

Sentinelle
Nord



LUMIÈRE SUR LE NORD
ENVIRONNEMENT | SANTÉ | INNOVATION

RAPPORT D'ACTIVITÉS
2019-2020



UNIVERSITÉ
LAVAL

Avec sa stratégie Sentinelle Nord, l'Université Laval s'appuie sur son excellence en recherche nordique ainsi qu'en optique et photonique pour mener des recherches transdisciplinaires, développer de nouvelles technologies, former une nouvelle génération de chercheurs transdisciplinaires et améliorer notre compréhension de l'environnement nordique ainsi que de son impact sur l'être humain et sa santé.



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

Canada



Sentinelle Nord bénéficie du soutien financier des Fonds de recherche du Québec.

Québec

Fonds de recherche – Nature et technologies
Fonds de recherche – Santé
Fonds de recherche – Société et culture

LUMIÈRE SUR LE NORD
ENVIRONNEMENT | SANTÉ | INNOVATION

RAPPORT D'ACTIVITÉS
2019-2020



Des étudiant(e)s en chimie, en biophotonique, en génie physique et en génie mécanique travaillent à développer un nano-outil fluorescent portatif pour l'identification de contaminants dans les aliments traditionnels nordiques.

Table des matières

VISION	4
MOT DE LA DIRECTION	5
APERÇU DU PROGRAMME	6
RECHERCHE	8
FORMATION	20
PARTENARIATS ET COLLABORATIONS	24
COMMUNICATION ET RAYONNEMENT	28
COMMUNAUTÉ SENTINELLE NORD	34



Vision

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

Mot de la direction

La dernière année a été prolifique pour Sentinelle Nord, comme en témoignent le financement de plusieurs nouveaux projets de recherche, le recrutement de jeunes chercheuses et chercheurs prometteurs, le déploiement d'initiatives de formation expérientielles pour notre communauté étudiante, et la signature d'ententes de collaboration avec certaines des meilleures universités au monde. Notre communauté continue de croître et de se diversifier avec plus 700 membres de 40 départements de l'Université Laval qui travaillent dans un esprit de convergence et d'innovation avec plus de 350 collaboratrices, collaborateurs et partenaires de 20 pays. En 2019-2020, nos équipes ont livré plus de 700 communications et publications scientifiques, dont une centaine d'articles évalués par les pairs dans les meilleures revues, pour la plupart disponibles en libre accès.

Tout en illustrant les faits saillants et les résultats qui émergent de notre programme de recherche transdisciplinaire, ce rapport d'activités témoigne du formidable élan pris par Sentinelle Nord depuis le lancement de nos activités de recherche et de formation en 2017.

En janvier 2020, nos accomplissements ont été évalués par un groupe d'experts internationaux dans le cadre de l'évaluation de mi-parcours du programme par Apogée Canada. Motivés par une évaluation très positive et l'octroi d'une prolongation de 2 ans, nous entamons la seconde phase du programme qui se déploiera au moins jusqu'à l'automne 2025.

Malheureusement, la pandémie mondiale qui a perturbé nos vies a également freiné certaines de nos activités de recherche et de formation, notamment celles déployées dans les régions et communautés nordiques, qui demeurent inaccessibles. Malgré cette période d'incertitude, la majorité de nos membres poursuivent leurs travaux, et nous adaptons nos initiatives de formation, de transfert de connaissances et de communication à notre nouveau monde virtuel. Plusieurs équipes se joindront au programme à la suite de la sélection des projets soumis dans le cadre de notre second appel à projets majeur de 10 millions de dollars lancé à l'automne 2019.

Durant cette prochaine phase de Sentinelle Nord, nous souhaitons plus fortement favoriser la production de résultats scientifiques à fort impact, soutenir la nouvelle génération de jeunes chercheuses et chercheurs, consolider la culture de recherche transdisciplinaire que nous avons implantée, et constituer un héritage durable à notre institution s'appuyant sur nos centres et instituts de recherche. En travaillant en étroite collaboration avec nos partenaires du nord et du sud, au Québec, au Canada et à l'étranger, nous sommes déterminés à poursuivre notre mission de rapprocher les disciplines et de repousser les frontières du savoir en vue d'une meilleure compréhension de l'environnement nordique et de son impact sur la santé, tout en consolidant le rôle de chef de file de l'Université Laval dans la convergence des domaines de recherche qui informent et soutiennent le développement durable du Nord.



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



Yves De Koninck

Codirecteur scientifique de Sentinelle Nord

Directeur du Centre de recherche CERVO



Marcel Babin

Codirecteur scientifique de Sentinelle Nord

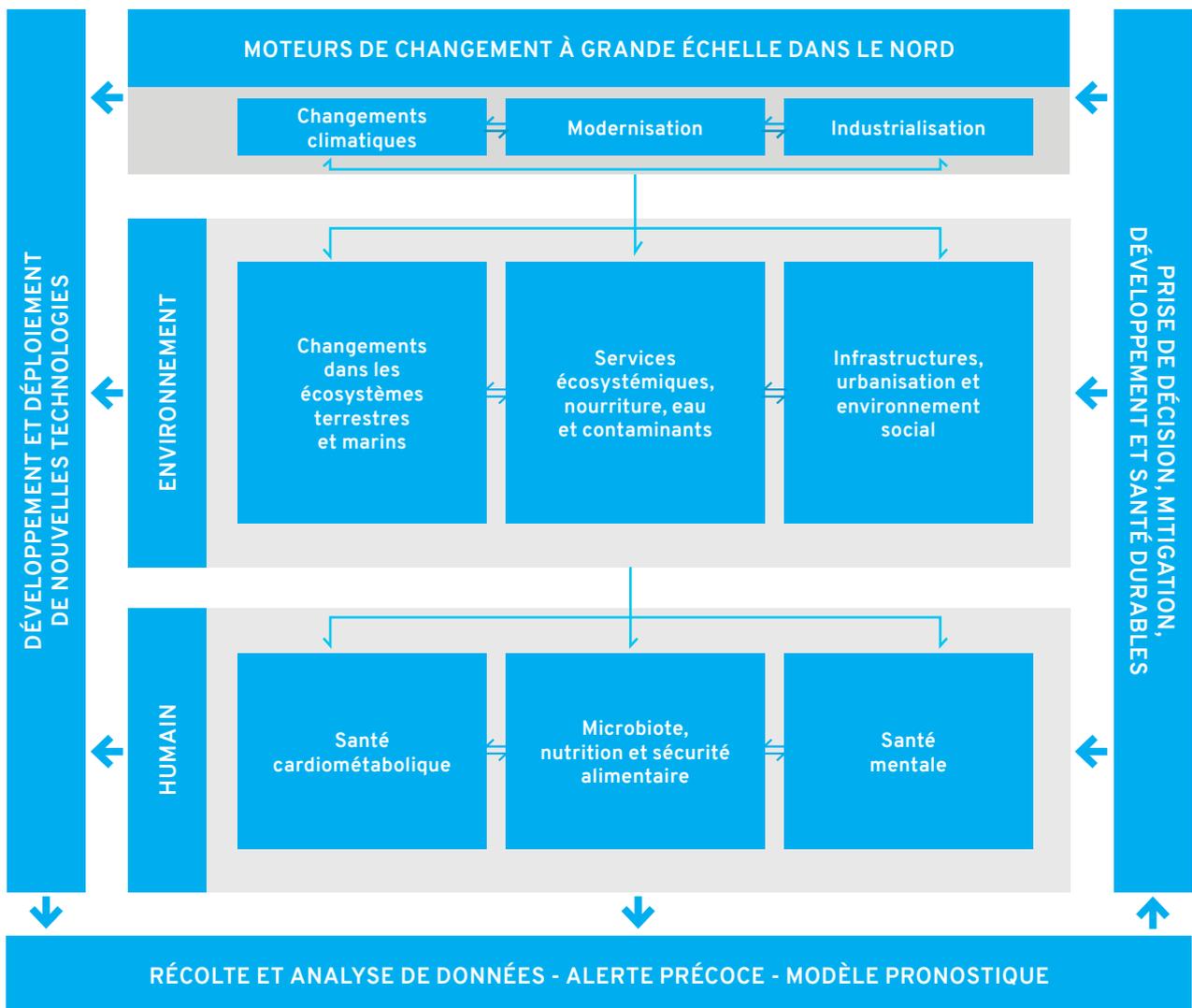
Lauréat de la CERC sur la télédétection de la nouvelle frontière arctique du Canada

Aperçu du programme

Dans un contexte d'accélération des changements climatiques et du développement socio-économique dans les régions arctiques et subarctiques, Sentinelle Nord contribue à générer le savoir nécessaire pour suivre la transformation des milieux nordiques, du microbiote aux écosystèmes, et s'y préparer. Les équipes de recherche développent des technologies de pointe, des modèles pronostiques et des stratégies d'intervention visant la santé et le développement durables.

CADRE CONCEPTUEL

Toutes les initiatives de recherche, de formation et de partenariat du programme sont déployées en fonction du cadre conceptuel de Sentinelle Nord.



Sentinelles Nord déploie son programme dans une optique de convergence, favorisant le rapprochement d'expertises de chercheuses et de chercheurs de haut niveau et de centres de recherche reconnus de l'Université Laval et d'ailleurs, unis pour développer de nouvelles technologies et des approches innovantes pour affronter des problématiques nordiques.

FAIRE AVANCER LA RECHERCHE EN CONVERGENCE

50+



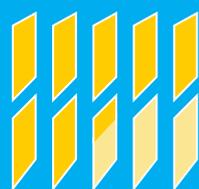
équipes transdisciplinaires

175+

professeur(e)s de 40 départements de l'Université Laval

DIFFUSER LES RÉSULTATS POUR L'ASSIMILATION DES CONNAISSANCES ET L'INNOVATION

1200+ communications scientifiques



213

révisées par les pairs / 338 publications



2.09

Indice des publications hautement interdisciplinaires



1.00 Référence mondiale

FORMER LA NOUVELLE GÉNÉRATION DE SCIENTIFIQUES POUR LE NORD

385



étudiant(e)s diplômés et postdoctorant(e)s

75+



bourses d'excellence octroyées

FAVORISER DES PARTENARIATS ET DES COLLABORATIONS

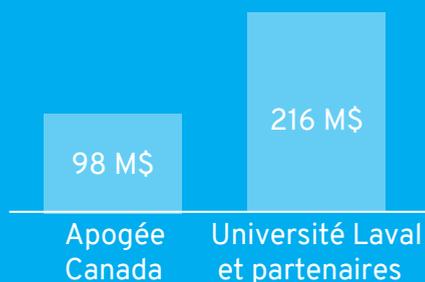
350+

collaborations au Canada et à l'étranger



2.2:1

Financement de recherche mobilisé





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

Recherche

À LA CROISÉE DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA SANTÉ ET DE L'INNOVATION TECHNOLOGIQUE

Le programme encourage la formation d'équipes et de projets de recherche concertés axés sur la découverte, la transdisciplinarité, l'innovation technologique, la collaboration, et les partenariats nationaux et internationaux. Sentinelle Nord s'appuie sur une convergence de domaines de recherche stratégiques dans lesquels l'Université Laval assume un leadership national et international déjà reconnu, dont les sciences nordiques et de l'Arctique, l'optique-photonique, le microbiome et la santé cardiométabolique, et les neurosciences.



PLACE À LA RECHERCHE TRANSFORMATRICE

De 2017 à 2020, le programme a atteint son objectif de mobiliser une communauté de recherche dynamique aux collaborations innovantes, avec la mise en place de 4 unités mixtes internationales, de 10 chaires de recherche et de 43 projets de recherche qui regroupent plus de 1000 personnes de l'Université Laval et de l'étranger.

Unités mixtes internationales

Sentinelle Nord finance des unités mixtes internationales de recherche (UMI), associées aux 4 chaires d'excellence en recherche du Canada de l'Université Laval, qui permettent au programme de s'appuyer sur les travaux d'équipes d'exception et de consolider des collaborations internationales avec des organisations de pointe dans la poursuite de ses objectifs de recherche et de développement technologique.



UMI Takuvik
Centre national
de la recherche
scientifique
France
Directeur: Marcel Babin



Consiglio Nazionale
delle Ricerche

UMI de recherche chimique et
biomoléculaire du microbiome
et ses impacts sur la santé
métabolique et la nutrition
Conseil national
de la recherche
Italie
Directeur: Vincenzo Di Marzo



UNIL | Université de Lausanne

UMI de recherche
en neuro-développement
et psychiatrie de l'enfant
Université de Lausanne
Suisse
Directeur: Pierre Marquet



UMI Québec-Brazil
Photonics Research
Université d'État
de São Paulo
Brésil
Directeur: Younès Messaddeq



Faits saillants

- L'augmentation de la vitesse des courants de surface de l'océan Atlantique serait responsable des récentes intrusions vers le pôle d'une espèce phytoplanctonique d'écosystèmes tempérés, confirmant « l'Atlantification » biologique et physique de l'océan Arctique.
- La combinaison de mesures *in situ* à grande échelle et d'un échantillonnage de couverture de glace de mer de grande empreinte (télédétection, imagerie aérienne) permet une estimation plus précise de la productivité primaire phytoplanctonique.
- L'endocannabinoïdome joue un rôle essentiel dans l'obésité (lien entre le microbiote intestinal, la communication intestin-cerveau et le métabolisme de l'hôte).
- Les *L-Lactate* seraient d'importantes molécules pour l'étude des pathologies du système nerveux grâce à leurs propriétés paradoxales qui potentialisent et protègent les réseaux neuronaux.
- Une première impression 3D de verres de phosphate et de chalcogénure permettra d'explorer de nouvelles fonctionnalités du verre et de la fibre optique.
- La relation entre les informations fonctionnelles et structurelles du corps humain est révélée grâce à la méthode d'imagerie cellulaire tomographique précise permettant de voir les structures cellulaires et sous-cellulaires en 3D.
- Une preuve de concept a démontré le potentiel de fabrication de nouveaux systèmes microfluidiques HP/HT affichant une transparence allant du proche UV au moyen IR pour la spectroscopie et le dépistage rapide *in situ*.

Communications sélectionnées

- Oziel et coll. Faster Atlantic currents drive poleward expansion of temperate phytoplankton in the Arctic Ocean. *Nature Communications*.
- Massicotte et coll. Sensitivity of phytoplankton primary production estimates to available irradiance under heterogeneous sea ice conditions. *Journal of Geophysical Research Oceans*.
- Randelhoff et coll. Pan-Arctic ocean primary production constrained by turbulent nitrate fluxes. *Frontiers in Marine Science*.
- Forte et coll. Obesity affects the microbiota-gut-brain axis and the regulation thereof by endocannabinoids and related mediators. *International Journal of Molecular Sciences*.
- Manca et coll. Germ-free mice exhibit profound gut microbiota-dependent alterations of intestinal endocannabinoid signaling. *Journal of Lipid Research*.
- Jourdain et coll. Dual action of *L-Lactate* on the activity of NR2B-containing NMDA receptors: From potentiation to neuroprotection. *Nature: Scientific Reports*.
- Liu et coll. Simultaneous dual-contrast three-dimensional imaging cells via optical diffraction tomography and fluorescence. *Photonics Research*.
- Baudet et coll. 3D-printing of arsenic sulfide chalcogenide glasses. *Optical Materials Express*.
- Ari et coll. Anodic bonding of mid-infrared transparent germanate glasses for high pressure-high temperature microfluidic applications. *Science and Technology of Advanced Materials*.

Chaires de recherche Sentinelle Nord

Depuis 2017, 10 professeures et professeurs d'exception ont été recrutés à l'Université Laval comme titulaires des chaires de recherche Sentinelle Nord avec l'appui de plusieurs partenaires. Ces jeunes chercheuses et chercheurs sont au cœur d'équipes dynamiques qui contribuent déjà de façon importante au succès du programme et enrichissent les forces de recherche de l'Université Laval.



Modélisation mathématique des systèmes et des réseaux complexes
Antoine Allard
Physique, génie physique et optique



Géochimie des milieux aquatiques
Raoul-Marie Couture
Chimie



La lumière pour sonder le vivant et l'environnement
Antoine Godin
Psychiatrie et neurosciences



Les relations avec les sociétés inuit
Caroline Hervé
Anthropologie



Économie et santé du cerveau
Marie-Pier Isabelle
Économie



Neurobiologie moléculaire des troubles de l'humeur
Benoît Labonté
Psychiatrie et neurosciences



Impact des migrations animales au sein des écosystèmes arctiques
Pierre Legagneux
Biologie



Approches écosystémiques de la santé
Mélanie Lemire
Médecine sociale et préventive



La neurobiologie du stress et de la résilience
Caroline Ménard
Psychiatrie et neurosciences



Le réseau de surveillance des virus de l'influenza chez les oiseaux migrateurs du Grand Nord
Gary Wong
Microbiologie-infectiologie et immunologie



Faits saillants

- La sélénonéine (composé de sélénium nouvellement identifié) a été retrouvée en grande quantité dans la peau de bélugas et chez la population inuite du Nunavik qui en consomme: des études suggèrent que la sélénonéine contribuerait à diminuer la toxicité du méthylmercure.
- L'exposition aux composés perfluorés à longue chaîne est en augmentation au Nunavik; ces résultats soulignent l'importance de réglementations strictes à l'échelle internationale pour ces contaminants afin de protéger la grande qualité nutritionnelle et l'importance culturelle des aliments traditionnels en Arctique.
- Les caractéristiques des espèces (taille, masse corporelle) influencent les interactions prédateurs-proies et expliquent l'architecture des chaînes alimentaires naturelles qui sous-tendent la stabilité et le fonctionnement des écosystèmes.
- La mesure des concentrations dissoutes des éléments de terres rares dans les sédiments du delta du Mackenzie suggère que ces éléments répondent aux changements saisonniers dans les conditions d'oxydoréduction; les concentrations mesurées sont 10 fois plus élevées au printemps qu'à l'automne.
- Le besoin de plus de services publics au Nunavik et la volonté d'acquérir une plus grande autonomie politique témoignent d'une ambiguïté qui est éclairée à travers l'analyse des relations historiques entre les Inuits et les gouvernements.
- Les femmes inuites occupent 83 % des postes dans les services de justice au Nunavik et proposent un modèle de la justice basé sur l'harmonie sociale.
- Les pathologies neurovasculaires induites par le stress devraient être prises en compte dans le traitement de la dépression.

Communications sélectionnées

- Achouba et coll. Selenoneine is a major selenium species in beluga skin and red blood cells of Inuit from Nunavik. *Chemosphere*.
- Little et coll. Determinants of selenoneine concentration in red blood cells of Inuit from Nunavik (Northern Québec, Canada). *Environment International*.
- Cordier et coll. Association between exposure to persistent organic pollutants and mercury, and glucose metabolism in two Canadian Indigenous populations. *Environmental Research*.
- Brose et coll. Predator traits determine food-web architecture across ecosystems. *Nature Ecology and Evolution*.
- Hervé. Services publics et autonomie chez les Inuit du Nunavik (Arctique québécois). Perspectives ontologiques sur la gouverne des communs sociaux. *Anthropologie et Sociétés*.
- Hervé et coll. Les femmes inuit œuvrant au sein des services de justice au Nunavik. Rapport.
- Dudek et coll. Molecular adaptations of the blood-brain barrier promote stress resilience vs. depression. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.
- Dudek et coll. Neurobiology of resilience in depression: Immune and vascular insights from human and animal studies. *European Journal of Neurosciences*.

Chantiers thématiques

Lancés en 2017 à la suite du premier appel à projets majeur de Sentinelle Nord, les 21 projets de recherche initiaux du programme sont regroupés au sein de 3 chantiers thématiques qui favorisent la collaboration et la transdisciplinarité.



Chantier thématique 1

Décoder les interrelations entre les systèmes complexes du Nord

Ce sont plus de 40 chercheuses et chercheurs avec 80 membres des communautés étudiante et postdoctorale qui explorent les systèmes nordiques à l'aide de puissants modèles numériques ainsi que d'une nouvelle génération de capteurs optiques afin d'acquérir une meilleure compréhension des systèmes complexes du Nord et de leur logique interne, qui dépend, entre autres, de leurs interactions mutuelles.

Faits saillants

- Les interactions trophiques influencent la structure phylogénétique et fonctionnelle des communautés d'herbivores vertébrés de l'Arctique.
- Augmentation du risque de mortalité du caribou due à la modification de son habitat par les épidémies de tordeuses des bourgeons de l'épinette qui sont sujettes à s'accroître avec les changements climatiques.
- Relation observée entre les variations de turbidité, la température atmosphérique et les précipitations dans la dynamique du transport sédimentaire dans les environnements pergélisolés de la vallée Tasiapik (Nunavik).
- Mesure en continu de la qualité de l'eau à l'aide de capteurs à source autonome d'énergie : développement d'une alimentation électrique autonome basée sur une pile combustible microbienne de bactéries contenues dans le sol nordique.
- Détection de gaz à effets de serre avec des capteurs intégrés en photonique sur silicium : l'effet de la lumière lente a été démontré dans un guide d'onde de silicium segmenté et une première émission laser a été observée pour un laser dans le proche infrarouge conçu avec une couche de silicium standard.
- Fabrication d'une fibre multi-cœurs hybride verre-polymère et caractérisation d'un capteur distribué de contraintes directionnelles pour les systèmes d'interrogation autonomes de capteurs pour l'étude du pergélisol.

Communications sélectionnées

- Speed et coll. Trophic interactions and abiotic factors drive functional and phylogenetic structure of vertebrate herbivore communities across the Arctic tundra biome. *Ecography*.
- Sergeant. Arctic river streamflow records: A potential indicator to predict permafrost dynamics at a regional scale. *Arctic Week conference*.
- Albers et coll. Parameter sensitivity analysis of a two-dimensional cryo-hydrogeological numerical model of degrading permafrost near Umiujaq (Nunavik, Canada). *Hydrogeology Journal*.
- Zarabadi et coll. Toggling *Geobacter sulfurreducens* metabolic state reveals hidden behaviour and expanded applicability to sustainable energy applications. *Sustainable Energy & Fuels*.
- Amirdehi et coll. A high-performance membraneless microfluidic microbial fuel cell for stable, long-term benchtop operation under strong flow. *ChemElectroChem*.
- Gervais et coll. Design of slow-light subwavelength grating waveguides for enhanced on-chip methane sensing by absorption spectroscopy. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*.
- Ahmadi et coll. Comprehensive modeling and design of Raman lasers on SOI for mid-infrared application. *Journal of Lightwave Technology*.
- Zhang et coll. Fatigue performance of type I fibre Bragg grating strain sensors. *Sensors*.



Chantier thématique 2

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

Plus de 50 chercheuses et chercheurs avec 140 membres des communautés étudiante et postdoctorale développent et utilisent de nouvelles technologies et des capteurs optiques pour étudier la propagation de la lumière à travers espaces et substrats, ses interactions avec la matière, et son influence sur la physiologie et les biorythmes.

Faits saillants

- Capteurs et méthodologies développés pour la biophilie en milieu extrême: déclaration d'invention et processus de brevet, et tenue d'un atelier de déploiement de capteurs avec la communauté d'Inukjuak.
- Captation *in situ* de vidéos inédites documentant les mouvements et l'activité des lemmings sous la neige avec des caméras adaptées utilisant le proche infra-rouge.
- Le réseau moléculaire métabolique de *Fragilariopsis cylindrus* apparaît robuste face aux perturbations cellulaires grâce à sa flexibilité probablement issue de son adaptation aux conditions extrêmes et changeantes de l'Arctique.
- Développement d'une sonde miniaturisée permettant la mesure de la radiance spectrale à l'intérieur de la glace de mer.
- Impression de cellules photovoltaïques organiques avec une conversion énergétique de 15 %, avantageuse pour les instruments portables utilisés dans les conditions extrêmes de l'Arctique.
- Détection du méthane dans le Nord: développement d'une source laser puissante avec spectre étroit et longueur d'onde centrale accordable autour d'une raie d'absorption.
- Conception d'un LiDAR 3D multispectral sous-marin pour le suivi à distance des substrats arctiques à intérêt biologique, comme les fonds marins et la surface inférieure de la glace de mer.

Communications sélectionnées

- Lalande et coll. Spatial representations of melanopic light in architecture. *Architectural Science Review*.
- Kalhor et coll. Using near infrared for studying lemming subnival behavior in the High Arctic. *Proceedings*.
- Poirier et coll. What guides lemmings' movements through the snowpack? *Journal of Mammalogy*.
- Lavoie et coll. Genome-scale metabolic reconstruction and *in silico* perturbation analysis of the polar diatom *Fragilariopsis cylindrus* predicts high metabolic robustness. *Biology*.
- Perron et coll. New tools for optical measurements in sea ice. *Polar Marine Science Gordon conference*.
- Yuan et coll. Single-junction organic solar cell with over 15 % efficiency using fused-ring acceptor with electron-deficient core. *Joule*.
- Lapointe et coll. Nonlinear increase, invisibility, and sign inversion of a localized fs-laser-induced refractive index change in crystals and glasses. *Light: Science & Applications*.
- Jamet et coll. Going beyond standard ocean color observations: Lidar and polarimetry. *Frontiers in Marine Science*.
- Roudjane et coll. Detection of neuromuscular activity using new non-invasive and flexible multimaterial fiber dry-electrodes. *IEEE Sensors Journal*.
- Vincent. Arctic climate change: Local impacts, global consequences, and policy implications. *The Palgrave Handbook of Arctic Policy and Politics*.



Chantier thématique 3

Microbiomes : sentinelles de l'environnement et de la santé dans le Nord

Avec l'objectif de déterminer les rôles des microbiomes dans l'écosystème humain-environnement dans le Nord, plus de 75 chercheuses et chercheurs ainsi que 140 membres des communautés étudiante et postdoctorale développent, entre autres, des capteurs photoniques ainsi que des méthodes de capture et d'analyse d'un large éventail de données microbiologiques dans les écosystèmes terrestres et marins, les aliments et les humains.

Faits saillants

- Un nouveau groupe de bactéries, les *Candidate phyla radiation*, pourrait jouer un rôle biogéochimique clé dans le cycle du carbone et du méthane dans les environnements aquatiques, selon une analyse génomique.
- Brevet déposé pour l'EcoChip, plateforme multicapteurs sans fil pour la surveillance environnementale.
- Une variabilité significative des concentrations d'oméga-3 et de caroténoïdes a été observée pour la faune benthique entre les villages du Nunavik.
- Diversité génétique des populations d'ombles chevaliers variant selon la région du Nunavik et adaptation à l'environnement dulcicole et marin: ce résultat pourrait aider les décideurs locaux et régionaux dans la gestion des pêches et la conservation de l'omble chevalier.
- Détection du mercure fiable, efficace et transposable dans un instrument portable en régions nordiques: étude du comportement d'une nouvelle sonde sensible au mercure à base de thionocarbonate et de fluorescéine.
- Impact des contaminants microbiens dans les habitations du Nord sur les mécanismes régulant l'inflammation pulmonaire et amplification des réponses immunitaires.
- Démonstration d'applications thérapeutiques du microbiote intestinal pour la désintoxication du corps des polluants organiques persistants.
- Les polyphénols pourraient être bénéfiques contre les maladies cardiométaboliques: rôle des interactions hôte-microbiote.

Communications sélectionnées

- Vigneron et coll. *Candidate Phyla Radiation* bacteria are potential catalysts of carbon transformation in a thermokarst lake ecosystem. *Limnology and Oceanography*.
- Vigneron et coll. Microbial community structure and methane cycling potential along a thermokarst pond-peatland continuum. *Microorganisms*.
- Lemire. Unexpected linkages between the coastal ocean and Inuit health. *Gordon Research Conference on Marine Polar Science*.
- Dallaire et coll. Population structure and genomic evidence for local adaptation to freshwater and marine environments in anadromous Arctic Char (*Salvelinus alpinus*) throughout Nunavik, Canada. *BioRxiv*.
- Picard-Lafond et coll. Revealing the hydrolysis mechanism of a Hg²⁺-reactive fluorescein probe: Novel insights on thionocarbonated dyes. *ACS Omega*.
- Choi et coll. Potential therapeutic applications of the gut microbiome in obesity: From brain function to body detoxification. *International Journal of Obesity*.
- Anhê et coll. Host-microbe interplay in the cardiometabolic benefits of dietary polyphenols. *Trends in Endocrinology & Metabolism*.

INNOVER POUR LA RECHERCHE

Réalisant toutes les étapes nécessaires à la conception d'une nouvelle technologie, du développement à l'opération des capteurs et des systèmes, l'équipe de la plateforme technologique de développement d'instruments a travaillé en collaboration avec plus d'une dizaine de projets de recherche de Sentinelle Nord dans la dernière année. Les membres mettent leurs expertises au service de la communauté et participent ainsi activement à l'avancement des connaissances et à l'étude des milieux nordiques (ex.: module de communication satellite, prototypes pour le suivi des mammifères et des oiseaux migrateurs, sonde limnologique).



Les développements technologiques réalisés jusqu'à présent sont de classe mondiale. Le financement d'Apogée a permis à Sentinelle Nord de progresser dans le développement de technologies potentiellement transformatrices qui présentent déjà un grand potentiel dans l'Arctique et au-delà.

[Rapport du groupe d'experts internationaux à la suite de l'évaluation de mi-parcours de Sentinelle Nord](#)



La plateforme technologique de développement d'instruments offre des infrastructures de pointe et une riche expertise à la communauté de Sentinelle Nord.

DE NOUVEAUX PROJETS POUR LE NORD

Ce sont 4 nouveaux projets de recherche qui ont été lancés en août 2019 à la suite d'un appel à projets ciblé muni d'un budget de 2 millions de dollars sur 3 ans. Tous les projets rassemblent des expertes et des experts de différentes disciplines, travaillant en étroite collaboration avec des communautés et organisations inuites pour traiter des enjeux de l'eau potable, du logement, de la sécurité alimentaire et des événements météorologiques extrêmes.



Atlas des meilleures pratiques pour des milieux de vie durables et culturellement adaptés au Nunavik

Chercheurs principaux: Geneviève Vachon, Architecture; Michel Allard, Géographie, ULaval

Outil en ligne d'anticipation hâtive des événements météorologiques extrêmes au Nunavik

Chercheurs principaux: Richard Fortier, Géologie et génie géologique; Thierry Badard, Géomatique, ULaval

Système d'alerte précoce pour la gestion et la surveillance de l'eau potable

Chercheurs principaux: Manuel J. Rodriguez, Aménagement du territoire et de développement régional; Daniel Nadeau, Génie civil et génie des eaux, ULaval

Recherche participative sur la production alimentaire et la nutrition dans l'Inuit Nunangat

Chercheurs principaux: Patrice Dion, Phytologie; Caroline Hervé, Anthropologie, ULaval

DE LA RECHERCHE EN PARTENARIAT

Sentinelle Nord s'allie avec d'autres institutions au Québec et à l'étranger pour soutenir des projets en partenariat et maximiser les collaborations transdisciplinaires. En 2019-2020, des appels à projets conjoints avec l'Institut nordique du Québec ont permis de lancer 7 nouveaux projets de recherche impliquant des chercheuses et chercheurs de plusieurs universités québécoises dans une perspective de développement et de santé durables du Nord du Québec.



Dynamique du territoire ancestral innu à travers l'étude morpho-sédimentaire et socio-culturelle du lac-réservoir Manicouagan

Chercheur principal: Patrick Lajeunesse, Géographie, ULaval

Élucider les liens entre l'environnement marin et les qualités nutritives du béluga et des bivalves à Quaqaq

Chercheurs principaux: Mélanie Lemire, Médecine sociale et préventive, Jean-Éric Tremblay, Biologie, ULaval

Habitation et transition énergétique au Nunavik: Mieux comprendre les enjeux humains, techniques et environnementaux

Chercheur principal: Louis Gosselin, Génie mécanique, ULaval

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

Chercheuse principale: Isabelle Laurion, Écologie aquatique et bio-optique, INRS-ÉTÉ

Utilisation de biopsies liquides pour le monitoring de l'état de santé des écosystèmes marins côtiers

Chercheur principal: Yves St-Pierre, Immunologie moléculaire, INRS-IAF

Interactions côtières du Nunatsiavut: Climat, environnement et stratégies de subsistances des Inuits du Labrador

Chercheur principal: James Woollett, Sciences historiques, ULaval

Solutions technico-sociales pour étendre l'utilisation des énergies renouvelables vers d'autres régions du Nunavik

Chercheur principal: Jasmin Raymond, Hydrogéologie, INRS

Les équipes des projets incluant des chercheuses et chercheurs de l'UiT The Arctic University of Norway (UiT) ou de l'Université Côte d'Azur (UCA), lancés en 2018-2019, ont poursuivi leurs activités de recherche dans la dernière année.

Bâtiments à consommation énergétique nette zéro dans le Grand Nord

Chercheurs principaux: Louis Gosselin, Génie mécanique, ULaval; Raymond Riise, Construction, énergie et technologie des matériaux, UiT

Caractérisation de la variabilité du champ lumineux sous les glaces océaniques de l'Arctique à l'aide de véhicules autonomes sous-marins et aériens

Chercheurs principaux: Marcel Babin, Biologie, ULaval; Jørgen Berge, Biologie marine et arctique, UiT

Effet de la lumière et de la température sur l'activité du Calanus dans l'Arctique

Chercheurs principaux: Louis Fortier, Biologie, ULaval; Malin Daase, Biologie marine et arctique, UiT

Application de l'intelligence artificielle à l'identification automatique de traits fonctionnels du zooplancton à partir d'images à haute résolution

Chercheurs principaux: Frédéric Maps, Biologie, ULaval; Eric Debreuve, Biotechnologies, UCA

Caractérisation d'huiles essentielles et de nouveaux produits naturels issus de la nordicité

Chercheurs principaux: Normand Voyer, Chimie, ULaval; Xavier Fernandez, Chimie, UCA

Compréhension des mutations changeantes du développement du microbiome

Chercheurs principaux: Arnaud Droit, Médecine moléculaire, ULaval; Guillaume Sandoz, Biologie, UCA

Évaluation des risques émergents pour la santé des populations humaines circumpolaires dans l'Arctique

Chercheurs principaux: Pierre Ayotte, Médecine sociale et préventive, ULaval; Torkjel M. Sandanger, Médecine communautaire, UiT

Indice de coloration rouge du Calanus, de l'intelligence artificielle à l'analyse d'images

Chercheurs principaux: Frédéric Maps, Biologie, ULaval; Sünnje Basedow, Biologie marine et arctique, UiT

Rôle des horloges circadiennes dans la synchronisation saisonnière dans l'Arctique

Chercheurs principaux: Johann Lavaud, Biologie, ULaval; David Hazlerigg, Biologie marine et arctique, UiT

Développement de dispositifs photoniques pour la génération d'impulsions lasers moyen infrarouge adaptées à la spectroscopie gazeuse à distance

Chercheurs principaux: Martin Bernier, Physique, génie physique et optique, ULaval; Bernard Dussardier, Photonique, UCA

Mélatonine produite par les pinéaloctes; effets de la photopériode sur l'homéostasie énergétique et les dysfonctionnements métaboliques

Chercheurs principaux: Denis Richard, Médecine, ULaval; Carole Rovère, Pharmacologie moléculaire et cellulaire, UCA

UiT / THE ARCTIC UNIVERSITY OF NORWAY

UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR 



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

Sentinelle Nord déploie une stratégie de formation novatrice pour attirer et former les meilleurs étudiantes et étudiants du Canada et de l'étranger, contribuant ainsi au développement d'une relève scientifique prête à résoudre les problématiques complexes du Nord en mutation dans une dynamique de transdisciplinarité.



DES FORMATIONS EXPÉRIENTIELLES UNIQUES

Sentinelle Nord permet aux communautés étudiante et postdoctorale des quatre coins du monde de s'immerger dans l'univers de la recherche nordique avec des formations expérientielles uniques. Le programme offre aussi de nombreux ateliers qui favorisent le développement de compétences d'avenir telles que la pensée complexe, la résolution de problèmes, la créativité, l'adaptabilité, la communication et la responsabilité sociale.

En 2019-2020...

140+ participant(e)s ont approfondi leurs connaissances sur le Nord en changement dans le cadre des écoles doctorales internationales de Sentinelle Nord.

30+ expert(e)s de renommée internationale ont collaboré à ces formations de pointe axées sur la collaboration transdisciplinaire.



Étudiant(e)s, postdoctorant(e)s, professionnel(le)s et mentor(e)s ont bonifié leurs compétences lors d'une formation expérientielle en milieu nordique. L'implication des communautés locales crie et inuite dans le déploiement de cette école a grandement favorisé les échanges multiculturels et le succès de la formation.

En 2019-2020, les trois écoles doctorales internationales **Ingénierie du pergélisol appliquée aux infrastructures de transport** (Inuvik, Territoires du Nord-Ouest), **Microbiomes arctiques: molécules, microbes, écosystèmes et santé** (Whapmagoostui-Kuujuarapik, Nunavik) et **Réseaux complexes: les réseaux du Nord, structure et fonction** (Québec) ont permis aux participantes et participants de collaborer avec leurs pairs d'autres disciplines, de développer des connaissances théoriques et pratiques, ainsi que d'échanger avec les communautés nordiques.

Sentinelle Nord a de plus collaboré et participé activement à des initiatives locales, nationales et internationales, dont la formation Initiation à la recherche et aux enjeux nordiques de l'Institut nordique du Québec, ainsi que les écoles d'été Frontiers in Neurophotonics (Centre de recherche CERVO) et North American Summer School on Photonic Materials (Centre d'optique, photonique et laser).

DES BOURSES ET STAGES POUR PROPULSER LA RELÈVE

Sentinelles Nord encourage les candidates et candidats qualifiés à entreprendre ou à poursuivre des activités de recherche dans une dynamique de transdisciplinarité grâce à des bourses d'excellence et à des bourses de soutien à la mobilité étudiante, facilitant ainsi le partage de connaissances et d'expériences au-delà des frontières. En avril 2019, un nouveau fonds de soutien à la mobilité des postdoctorantes et postdoctorants a vu le jour pour permettre aux bénéficiaires d'effectuer un séjour hors Québec, favorisant les collaborations de recherche internationales.



Les nouveaux boursiers et boursières d'excellence ont été présentés lors de la Réunion scientifique Sentinelle Nord 2019.



L'Association étudiante de Sentinelle Nord (AÉSN) vise à améliorer l'intégration et l'expérience des étudiantes et étudiants de Sentinelle Nord en offrant des occasions de réseautage entre la communauté étudiante, les chercheuses et chercheurs, et les partenaires. Par sa participation à l'élaboration et à la diffusion des activités de Sentinelle Nord, l'AÉSN contribue au succès de la stratégie de formation.

En 2019-2020, l'AÉSN a organisé un défi transdisciplinaire qui a mis à l'épreuve des étudiantes, étudiants, postdoctorantes et postdoctorants d'une vingtaine de disciplines, alliant leurs forces complémentaires pour résoudre une problématique technique concrète axée sur les enjeux du Nord.



Félicitations aux gagnant(e)s du défi transdisciplinaire : Audrée Gilbert (MBA gestion des entreprises), Floriane Bretheau (Médecine moléculaire et neurosciences), Pascal Paradis (Physique) et Catherine Gravel (Sciences et technologies des aliments).

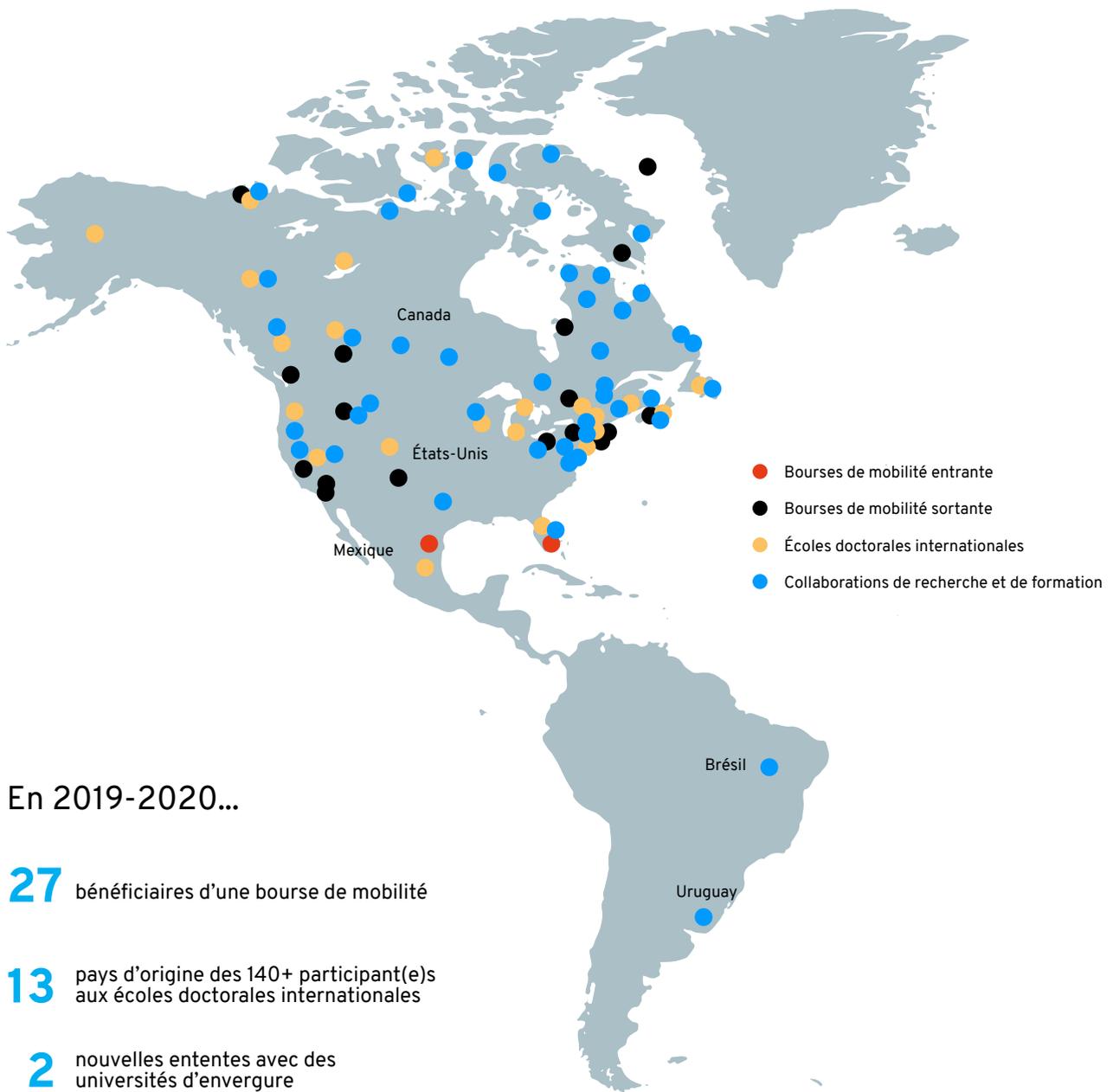


Les collaborations entre les communautés nordiques et les chercheur(-euse) contribuent à l'atteinte de résultats pour un Nord durable.

Partenariats et collaborations

DES RELATIONS SYNERGIQUES POUR LA RECHERCHE ET LA FORMATION

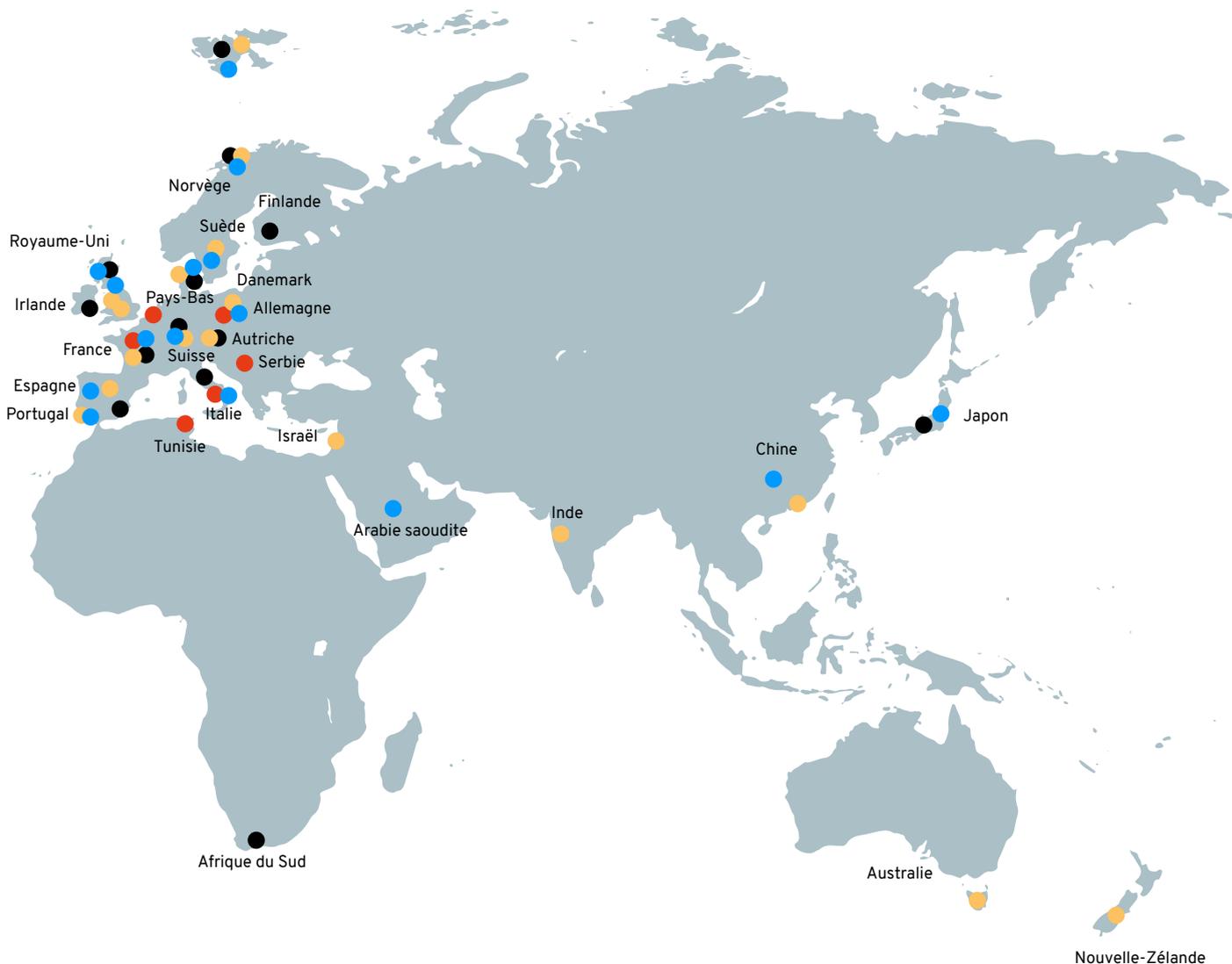
Pour ses activités de recherche et de formation, Sentinelle Nord s'appuie sur un réseau de collaborateurs nordiques, académiques, publics et privés soutenu par les nombreux centres et regroupements de recherche actifs au sein du programme. Les collaborations sont basées sur la volonté de travailler avec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



DES COLLABORATIONS À L'INTERNATIONAL

Depuis sa création, Sentinelle Nord encourage la recherche transdisciplinaire avec des partenaires universitaires, publics et privés, en plus d'organisations autochtones et nordiques, et ce, au Canada et à l'étranger. Plus de 350 collaboratrices et collaborateurs de 300 institutions enrichissent le programme par leurs expertises.

Plusieurs de ces collaborations s'insèrent dans les 4 unités mixtes internationales soutenues par Sentinelle Nord avec des centres de recherche et des universités de la France, du Brésil, de la Suisse et de l'Italie, ainsi que dans les 11 projets financés conjointement avec l'UiT The Arctic University of Norway (Norvège) et l'Université Côte d'Azur (France).



Eugénie Brouillet, Vice-rectrice à la recherche, à l'innovation et à la création de l'Université Laval, et Jean Chambaz, Président de Sorbonne Université, ont signé une lettre d'intention de partenariat privilégié en décembre 2019.

DE NOUVELLES ENTENTES AVEC DE GRANDES UNIVERSITÉS

Au cours de la dernière année, Sentinelle Nord a aidé l'Université Laval à établir des partenariats avec des universités françaises au sommet des palmarès mondiaux dans le but d'allier les talents complémentaires des institutions pour aborder des enjeux internationaux.

À la suite de la visite d'une délégation de Sorbonne Université à Québec en avril 2019, une lettre d'intention de partenariat privilégié a été signée lors d'une visite des membres de la haute direction de l'Université Laval et de Sentinelle Nord à Paris en décembre 2019.

Une entente de partenariat stratégique a également été conclue avec l'Université PSL (Paris Sciences & Lettres) afin de consolider les collaborations entre les institutions, notamment en océanographie des mers glacées et en neurosciences.



La Réunion scientifique Sentinelle Nord est l'occasion de partager les avancées de la recherche afin d'améliorer notre compréhension de l'environnement nordique et de son impact sur l'être humain et sa santé.

Sentinelle Nord Sentinelle North

Mélanie Lemire
Département de médecine
et préventive



Communication et rayonnement

UNE MOBILISATION POUR LA DIFFUSION ET LA VALORISATION DES CONNAISSANCES

Les initiatives de communication de Sentinelle Nord s'insèrent dans une planification stratégique qui vise à mettre en lumière la recherche transdisciplinaire et innovatrice, la formation et la stratégie institutionnelle de l'Université Laval. La diffusion des connaissances ainsi que le rayonnement du programme sont le fruit de la contribution d'une communauté engagée, des publications des chercheuses et chercheurs, et de nombreuses activités nationales et internationales.



PLEINS FEUX SUR LA RECHERCHE

Publications et communications scientifiques

Au cours des dernières années, les équipes de Sentinelle Nord ont uni leurs forces pour générer des savoirs et des avancées technologiques qui mènent à une meilleure compréhension de l'environnement nordique en changement et de son impact sur la santé. Alors qu'une majorité d'équipes de recherche financées en 2017 ont atteint un stade avancé de leurs projets, les résultats et les publications scientifiques se multiplient.

En 2019-2020...

700+ publications et communications scientifiques, dont plus de 100 articles scientifiques ainsi que plus de 500 communications orales et par affiche.

La communauté de recherche dans les médias

De récentes avancées scientifiques ont attiré l'attention de médias au Canada et à l'étranger. La présence de chercheuses et de chercheurs dans les journaux, à la télévision ou à la radio permet d'accroître la diffusion des connaissances à un large public.

En 2019-2020...

70+ parutions dans les médias

- Le dollar américain dicte le destin du caribou, *ICI Québec, Radio-Canada*
- Des recherches pour lutter contre la contamination d'aliments consommés dans le Nord, *Espaces autochtones, Radio-Canada*
- Microbes in the Canadian Arctic, *Nunataryuk News*
- Pole-to-pole study of ocean life identifies nearly 200,000 marine viruses, *Science News, Science Daily*
- Could climate change help the Arctic's kelp flourish? Researchers are trying to find out, *CBC News*
- Plonger dans l'étude des lacs de thermokarst, *Le Devoir*
- L'océan arctique, berceau de la diversité virale, *Le Monde*
- Entrevue avec Sylvain Moineau, un microbiologiste qui a joué un rôle fondamental dans la compréhension de CRISPR-Cas9, *Découverte*
- Un projet architectural qui ne laisse personne de glace, *Le Fil*

ENGAGEMENT POUR LE LIBRE ACCÈS

Sentinelle Nord et l'Université Laval s'engagent à promouvoir le libre accès dans le cadre du mouvement mondial de soutien à la diffusion de l'édition savante et de la science ouverte afin de démocratiser le savoir.

213

publications
Sentinelle Nord
évaluées par
des pairs

60%

des publications
Sentinelle Nord
disponibles en
libre accès

Référence
mondiale
37%

■ Sentinelle Nord a créé un fonds d'auteur pour ses équipes de recherche afin d'aider à couvrir leurs frais de publication d'articles en libre accès et d'encourager les publications d'étudiant(e)s aux cycles supérieurs et de postdoctorant(e)s comme 1^{er} auteur.

■ Corpus^{UL}, le dépôt institutionnel de l'Université Laval, préserve la littérature scientifique et y permet un libre accès de façon simplifiée.

Sentinelle Nord 

Le libre accès accroît la visibilité et l'impact de la recherche, stimule la collaboration interdisciplinaire et l'innovation, et favorise la diversité et l'égalité d'accès aux connaissances scientifiques pour contribuer à faire progresser et à améliorer la société.

DIFFUSION DES CONNAISSANCES

Que ce soit par la participation à des congrès d'envergure, la transmission des savoirs à leurs pairs ou la dissémination des connaissances aux différents acteurs touchés par les résultats de recherche, les chercheuses et chercheurs ainsi que les membres des communautés étudiante et postdoctorale de Sentinelle Nord sont nombreux à s'impliquer pour rendre la science accessible en diffusant leurs connaissances.

La convergence pour répondre à l'urgence

En unissant leurs forces en écologie, en santé des populations et en infectiologie, les équipes des trois chaires de recherche Sentinelle Nord dirigées par les professeurs Pierre Legagneux, Mélanie Lemire et Gary Wong ont démontré, en mai 2020, l'absence du coronavirus chez l'oie des neiges, un gibier contribuant de façon importante à la sécurité alimentaire dans le Nord. Cette étude a permis de répondre aux préoccupations de leurs partenaires autochtones. Les résultats ont d'ailleurs été communiqués rapidement à la population en collaboration avec les autorités locales.



L'eau potable, de la source au robinet

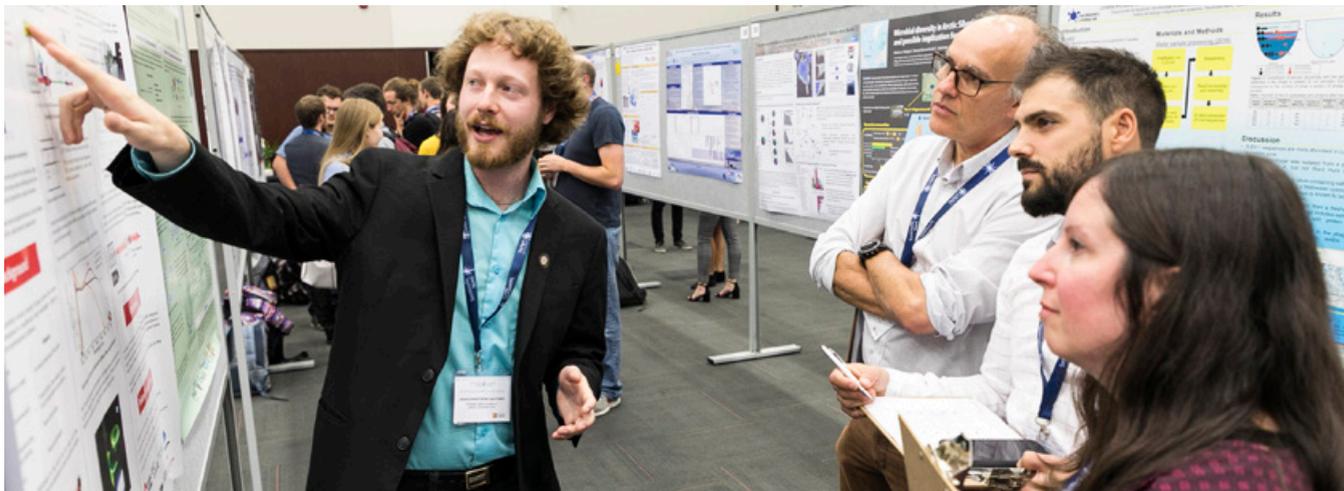
Dans le cadre de son projet de recherche sur les stratégies de gestion et de surveillance de l'eau potable au Nunavik, Stéphanie Guilherme, postdoctorante, a eu l'occasion d'offrir différentes activités d'apprentissage à l'école secondaire de Kangiqsualujjuaq et de Salluit, au Nunavik, de la vulgarisation scientifique de son projet à la manipulation d'échantillons d'eau pour la qualité de l'eau. Ce thème a d'ailleurs été exploité par la suite lors d'une journée d'activités portant sur l'eau potable dans le cadre du programme Expo-Sciences à Salluit en février 2020.

La biophilie en climat extrême

Sous la direction de Claude Demers et d'André Potvin, des étudiantes et étudiants à la maîtrise professionnelle ainsi qu'au doctorat ont pris part à un atelier de codesign et de programmation participative avec la communauté de Cambridge Bay (Nunavut), dans le cadre de leur recherche sur l'optimisation de la biophilie en climat extrême par l'architecture. Depuis 2019, maintes activités ont été offertes pour échanger et partager les savoirs, du déploiement de capteurs avec des jeunes inuits du secondaire à Inukjuak (Nunavik), à la présentation en inuktitut des résultats aux élèves de l'école primaire d'Innalik. De plus, trois bourses d'initiation à la recherche ont été octroyées à de jeunes inuits.

Réunion scientifique Sentinelle Nord

Du 26 au 28 août 2019, la communauté de recherche de Sentinelle Nord a discuté des problématiques nordiques avec des collaboratrices et collaborateurs nationaux et internationaux lors de la Réunion scientifique Sentinelle Nord qui a réuni 400 personnes.



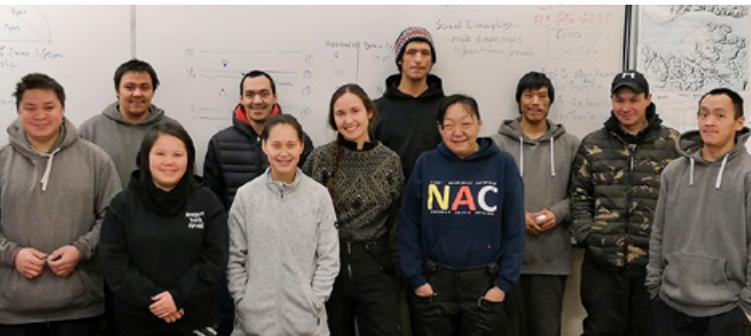
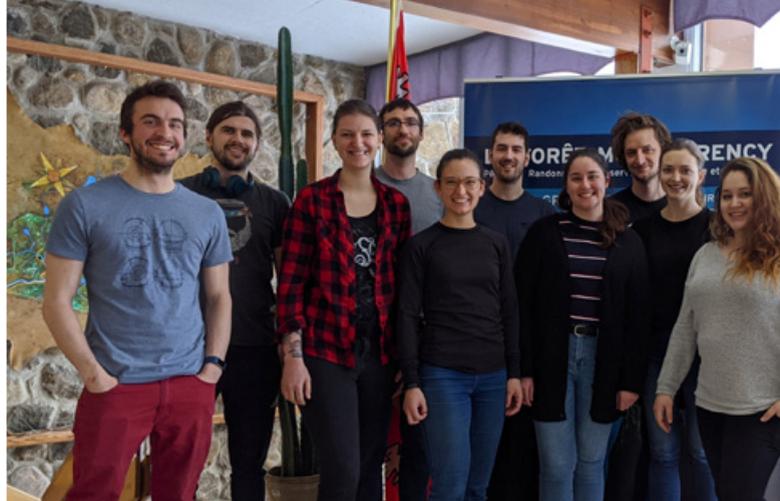
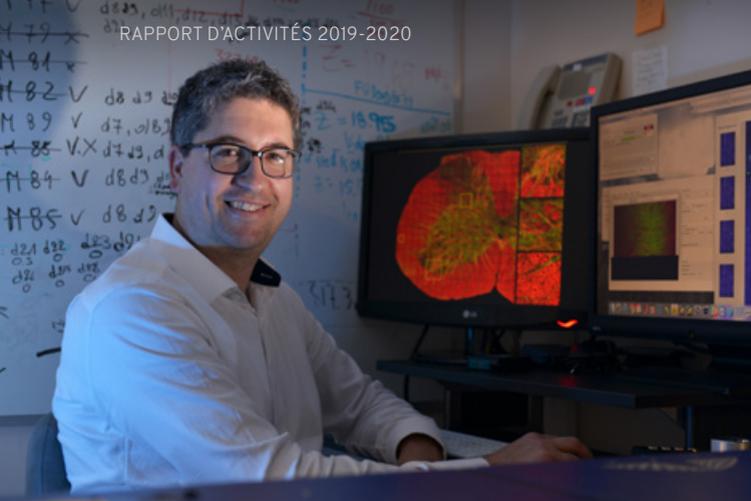
Les sessions d'affiches sont des moments phares de la Réunion scientifique Sentinelle Nord.

Femmes en sciences et génie

Dans le cadre de la Journée internationale des femmes et des filles de sciences le 11 février 2020, Sentinelle Nord et ses partenaires ont tenu un événement rassembleur destiné aux intervenantes et intervenants des milieux universitaire et professionnel pour discuter de la place des femmes en sciences et génie, et faire la lumière sur les pratiques à privilégier pour façonner des milieux plus inclusifs, plus performants et tournés vers l'avenir. Sous la présidence d'honneur de la rectrice de l'Université Laval, Sophie D'Amours, l'activité a été un réel succès, avec plus de 200 personnes sur place ou en webdiffusion.



Conformément aux politiques de l'Université Laval et d'Apogée Canada, Sentinelle Nord s'engage à ne tolérer aucune sorte de discrimination et à favoriser un milieu équitable, diversifié et inclusif où des personnes aux origines, sexes, orientations sexuelles et âges diversifiés peuvent s'épanouir et réaliser leur plein potentiel.



La communauté de recherche et ses collaborateur(-trice)s sont au cœur du programme de Sentinelle Nord.



Communauté Sentinelle Nord

UN RÉSEAU POUR L'INNOVATION

La stratégie Sentinelle Nord regroupe des centaines de personnes de l'Université Laval qui travaillent avec leurs partenaires d'organisations et de communautés nordiques, d'organismes fédéraux et provinciaux ainsi que du secteur public et privé du Canada et de l'étranger pour améliorer notre compréhension de l'environnement nordique et de son impact sur l'être humain et sa santé. Ce vaste réseau se mobilise pour développer des projets novateurs et déployer des initiatives pour favoriser la recherche, la formation et le transfert de connaissances.



CHERCHEUR(-EUSE)S ET COLLABORATEUR(-TRICE)S – UNIVERSITÉ LAVAL

Près de 200 chercheur(-euse)s de 40 départements de l'Université Laval travaillent en convergence au sein des différents projets de recherche de Sentinelle Nord.

AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL

Cloutier, Geneviève
Rodriguez-Pinzon, Manuel J.

ANTHROPOLOGIE

Bourdages-Duclos, Sarah
Hervé, Caroline

ARCHITECTURE

Blais, Myriam
Casault, André
Demers, Claude
Després, Carole
Potvin, André
Vachon, Geneviève

BIOCHIMIE, MICROBIOLOGIE ET BIO-INFORMATIQUE

Boissinot, Maurice
Charette, Steve
Culley, Alexander
De Koninck, Paul
Duchaine, Caroline
Frenette, Michel
Hardy, Simon
Lagüe, Patrick
Moineau, Sylvain
Paquet, Marie-Ève
Trudel, Luc

BIOLOGIE

Archambault, Philippe
Babin, Marcel
Bernatchez, Louis
Boudreau, Stéphane
Côté, Steeve
Derome, Nicolas
Fortier, Louis
Fortin, Daniel
Gauthier, Gilles
Johnson, Ladd
Landry, Christian
Lavaud, Johann
Legagneux, Pierre
Levasseur, Maurice
Lovejoy, Connie
Maps, Frédéric
Massé, Guillaume
Moore, Jean-Sébastien
Saulier-Talbot, Émilie
Suskiewicz, Matthew
Tremblay, Jean-Éric
Tremblay, Jean-Pierre
Villarreal Aguilar, Juan Carlos
Vincent, Warwick F.

BIOLOGIE MOLÉCULAIRE, BIOCHIMIE MÉDICALE ET PATHOLOGIE

Bilodeau, Steve

CHIMIE

Boudreau, Denis
Couture, Raoul-Marie
Dominé, Florent
Greener, Jesse
Johnson, Paul A.
Larivière, Dominic
Leclerc, Mario
Morin, Jean-Francois
Ritcey, Anna
Voyer, Normand

CHIRURGIE

Mathieu, Patrick

DROIT

Krolik, Christophe

ÉCONOMIQUE

Doyon, Maurice
Isabelle, Mariopier

GÉNIE CIVIL ET GÉNIE DES EAUX

Anctil, François
Doré, Guy
Locat, Ariane
Nadeau, Daniel

GÉNIE ÉLECTRIQUE ET GÉNIE INFORMATIQUE

Bélanger, Louis N.
Deschênes, Jean-Daniel
Fortier, Paul
Gosselin, Benoit
Lalonde, Jean-François
LaRochelle, Sophie
Laurendeau, Denis
Maldaque, Xavier
Miled, Amine
Rusch, Leslie Ann
Shi, Wei

GÉNIE MÉCANIQUE

Bégin-Drolet, André
Campeau-Lecours, Alexandre
Gosselin, Louis
Lehoux, Nadia
Ruel, Jean

GÉOGRAPHIE

Allard, Michel
Antoniades, Dermot
Berthold, Étienne
Bhiry, Najat
Cloutier, Danielle
Desbiens, Caroline
Gagnon, Justine
Lajeunesse, Patrick
Lasserre, Frédéric
Pienitz, Reinhard

GÉOLOGIE ET GÉNIE GÉOLOGIQUE

Fortier, Richard
Lemieux, Jean-Michel
Molson, John
Therrien, René

GÉOMATIQUE

Badard, Thierry
Pouliot, Jacynthe

INFORMATIQUE ET GÉNIE LOGICIEL

Lavolette, François
Pomerleau, François

KINÉSIOLOGIE

Després, Jean-Pierre
Tremblay, Angelo

MANAGEMENT

Garand, Denis J.

**MATHÉMATIQUES
ET STATISTIQUE**

Doyon, Nicolas
Rivest, Louis-Paul

MÉDECINE

Agharazii, Mohsen
Boulet, Louis-Philippe
Chahine, Mohamed
Di Marzo, Vincenzo
Dupré, Nicolas
Flamand, Nicolas
Maltais, François
Marette, André
Marsolais, David
Maziade, Michel
Morissette, Mathieu
Paulin, Roxane
Puymirat, Jack
Richard, Denis
Silvestri, Cristoforo
Théberge, Julie

MÉDECINE DENTAIRE

Grenier, Daniel

MÉDECINE MOLÉCULAIRE

Corbeil, Jacques
Droit, Arnaud

**MÉDECINE SOCIALE
ET PRÉVENTIVE**

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

**MICROBIOLOGIE-INFECTIOLOGIE
ET IMMUNOLOGIE**

Bergeron, Michel
Lévesque, Roger
Ouellette, Marc
Papadopoulou, Barbara
Richard, Dave
Wong, Gary

NUTRITION

Levy, Emile
Raymond, Frédéric
Veilleux, Alain
Vohl, Marie-Claude

**OPHTALMOLOGIE
ET ORL-CHIRURGIE
CERVICO-FACIALE**

Hébert, Marc

PÉDIATRIE

Bélanger, Richard

PHARMACIE

Barbier, Olivier
Calon, Frédéric
Picard, Frédéric
Soulet, Denis

**PHYSIQUE, GÉNIE PHYSIQUE
ET OPTIQUE**

Allard, Antoine
Allen, Claudine
Bernier, Martin
Côté, Daniel
Després, Philippe
Desrosiers, Patrick
Dubé, Louis J.
Galstian, Tigran
Lavoie-Cardinal, Flavie
Messaddeq, Younès
Piché, Michel
Thibault, Simon
Vallée, Réal

PHYTOLOGIE

Desjardins, Yves
Dion, Patrice
Dorais, Martine
Dudonné, Stéphanie
Rocheffort, Line

**PSYCHIATRIE
ET NEUROSCIENCES**

De Koninck, Yves
Godin, Antoine
Kriz, Jasna
Labonté, Benoit
Lévesque, Martin
Marquet, Pierre
Ménard, Caroline
Mérette, Chantal
Parent, André
Parent, Martin

PSYCHOLOGIE

Forget-Dubois, Nadine
Jackson, Philip
Muckle, Gina

RÉADAPTATION

Batcho, Charles
Blanchette, Andréanne
Bouyer, Laurent
Lamontagne, Marie-Ève
Massé-Alarie, Hugo
McFadyen, Bradford
Mercier, Catherine
Routhier, Francois
Roy, Jean-Sébastien

SCIENCES ANIMALES

Bailey, Janice
Vandenberg, Grant

SCIENCES DES ALIMENTS

Angers, Paul
Roy, Denis

**SCIENCES DU BOIS
ET DE LA FORÊT**

Blanchet, Pierre
Desrochers, André

SCIENCES HISTORIQUES

Woollett, James

SCIENCES INFIRMIÈRES

Gagnon, Marie-Pierre

SCIENCES POLITIQUES

Rodon, Thierry
Therrien, Aude

CENTRES ET REGROUPEMENTS DE RECHERCHE INTERINSTITUTIONNELS – UNIVERSITÉ LAVAL

Les équipes de recherche de Sentinelle Nord travaillent en étroite collaboration avec de nombreux centres et regroupements de recherche interinstitutionnels de l'Université Laval.

Amundsen Science	Centre interdisciplinaire en modélisation mathématique de l'ULaval	Le laboratoire d'écologie benthique de Johnson
Centre d'étude de la forêt	Centre québécois sur les matériaux fonctionnels	Québec-Océan
Centre d'études nordiques	Centre thématique de recherche en neurosciences	Regroupement pour l'étude des environnements partagés intelligents répartis
Centre d'optique, photonique et laser	CentrEau	Regroupement québécois de recherche sur la fonction, l'ingénierie et les applications des protéines
Centre de recherche CERVO	Groupe de recherche en ambiances physiques	Réseau de centres d'excellence ArcticNet
Centre de recherche de l'Institut universitaire en cardiologie et pneumologie de Québec	Groupe de recherche en apprentissage automatique de l'ULaval	Ressources aquatiques Québec
Centre de recherche du CHU de Québec	Groupe de recherche en écologie buccale	UMI de recherche chimique et biomoléculaire du microbiome et ses impacts sur la santé métabolique et la nutrition (ULaval-CNR, Italie)
Centre de recherche en aménagement et développement	Groupe interdisciplinaire de recherche sur les banlieues	UMI de recherche en neuro-développement et psychiatrie de l'enfant (ULaval-Université de Lausanne, Suisse)
Centre en chimie verte et catalyse	Institut de biologie intégrative et des systèmes	UMI Québec-Brazil Photonics Research (ULaval-UNESP, Brésil)
Centre de recherche en données massives	Institut Hydro-Québec en environnement, développement et société	UMI Takuvik (ULaval-CNRS, France)
Centre de recherche en géomatique	Institut national de santé publique du Québec	
Centre de recherche en infectiologie	Institut nordique du Québec	
Centre de recherche sur l'aluminium	Institut sur la nutrition et les aliments fonctionnels	
Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Capitale-Nationale	Institut universitaire en santé mentale de Québec	
Centre interdisciplinaire de recherche en réadaptation et intégration sociale		

CHAIRES DE RECHERCHE PARTICIPANTES – UNIVERSITÉ LAVAL

Près de 40 chaires de recherche se joignent au programme de Sentinelle Nord à travers divers projets.

CHAIRES D'EXCELLENCE EN RECHERCHE DU CANADA (CERC)

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

CERC sur l'innovation en photonique dans le domaine de l'information et des communications (Younès Messadeq)

CERC sur la neurophotonique (Pierre Marquet)

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

CHAIRES DE RECHERCHE DU CANADA (CRC)

CRC en activité physique, nutrition et bilan énergétique (Angelo Tremblay)

CRC en biologie cellulaire évolutive (Christian Landry)

CRC en biophotonique (Daniel Côté)

CRC en biotechnologies des cultures lactiques d'intérêt laitier et probiotique (Denis Roy)

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

CRC en cristaux liquides et biophotonique comportementale (Tigran Galstian)

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

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

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

CRC en génomique médicale (Jacques Corbeil)

CRC en Silicon Photonics (Wei Shi)

CRC en Smart Biomedical Microsystems (Benoit Gosselin)

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 douleur chronique et les troubles cérébraux associés (Yves De Koninck)

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 agents 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 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 sur l'interaction charges lourdes/climat/chaussées (i3c) (Guy Doré)

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

Chaire de recherche industrielle CRSNG-Produits forestiers Anticosti en aménagement intégré des ressources biologiques forestières de l'île d'Anticosti (Steeve Côté)

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

Chaire de recherche industrielle du CRSNG en gestion et en surveillance de la qualité de l'eau potable depuis les bassins versants jusqu'au robinet du citoyen (Manuel J. Rodriguez-Pinzon)

Chaire de recherche industrielle du CRSNG-Alcoa sur la modélisation avancée des cuves d'électrolyse et l'efficacité énergétique (MACE3) (Louis Gosselin)

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 cardiometabolique (Jean-Pierre Després)

COLLABORATIONS

Plus de 350 collaborateur(-trice)s de plus de 300 institutions universitaires, publiques et privées du Canada et de l'étranger collaborent aux projets de recherche et de formation de Sentinelle Nord.

INSTITUTIONS DE RECHERCHE ET UNIVERSITAIRES

Allemagne

Université d'Iéna
Université de Bayreuth
Institut Alfred Wegener
Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology

Arabie Saoudite

Université des sciences et technologies du roi Abdallah

Australie

Matrix Mathematical Research Institute

Brésil

Université d'État de São Paulo
Université de São Paulo
Université fédérale de Goiás
Université fédérale de Pernambuco
Université fédérale du Minas Gerais

Canada

Centre d'expérimentation et de développement en forêt boréale
Centre d'initiation à la recherche et d'aide au développement durable
Centre de neurophotonique
Centre de recherche du CHUS/INTER
Centre de recherche du Yukon
Centre de recherche sur les milieux insulaires et maritimes
Centre national de la recherche scientifique
Collège Aurora
Institut de recherche Aurora
Institut de recherche du Nunavut
Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail
Institut de technologie agroalimentaire
Institut national de la recherche scientifique
Origins of Balance Deficits and Falls research cluster
Université Carleton
Université Concordia
Université d'Ottawa
Université Dalhousie
Université de Calgary
Université de l'Alberta
Université de la Colombie-Britannique
Université de la Saskatchewan
Université de Montréal
Université de Sherbrooke
Université de Victoria
Université de Waterloo
Université du Manitoba
Université du Nouveau-Brunswick
Université du Québec à Chicoutimi
Université du Québec à Montréal
Université du Québec à Rimouski
Université du Québec à Trois-Rivières
Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue
Université Laurentienne
Université McGill

Université McMaster
Université Memorial de Terre-Neuve
Université Mount Allison
Université TÉLUQ
Université Trent
Université Wilfrid-Laurier

Chine

Université de Chine, Centre Sud

Danemark

Université de Copenhague
Université technique du Danemark

Espagne

Université de Barcelone

États-Unis

Institut de recherche Nevada Desert
Institut de Santa Fe
Institut de technologie du Massachusetts
Institut national de santé mentale
Institut océanographique de Woods Hole
Université A&M du Texas
Université d'État polytechnique de Californie à Pomona
Université de Californie à Davis
Université de Californie du Sud
Université de Californie, San Diego
Université de Cincinnati
Université de Delaware
Université de l'Orégon
Université de la Floride centrale
Université de Miami
Université de Pennsylvanie
Université de Stanford
Université de Washington
Université du Colorado, Boulder
Université du Maine
Université du Michigan
Université du Montana
Université du Vermont
Université Duke
Université Florida Atlantic
Université Lehigh
Université Northeastern
Université Northwestern

Finlande

Université de Turku

France

Centre national de la recherche scientifique
Centre national de recherches météorologiques
École nationale supérieure d'architecture de Nantes
Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
Institut national de la santé et de la recherche médicale
Institut polaire français
La Rochelle Université
Université catholique de Louvain
Université Côte d'Azur

Université d'Évry
 Université de Bordeaux
 Université de Bretagne Occidentale
 Université de Lille
 Université de Pau et des pays de l'Adour
 Université de Rennes
 Université de Strasbourg
 Université Grenoble Alpes
 Université Savoie
 Sorbonne Université

Italie

Conseil National de Recherche
 Institut des sciences de la production alimentaire
 Université de Cagliari
 Université de Pise

Japon

Institut National de Recherche Polaire
 Université de Kyoto

Norvège

Fram Centre
 Institut national de la santé publique
 Institut norvégien de recherche sur l'air
 Institut norvégien de recherche sur l'eau

Institut polaire de Norvège
 UiT - The Arctic University of Norway
 Université du Svalbard
 Université norvégienne de sciences et de technologie
 Université norvégienne pour les sciences de la vie

Portugal

Université de Lisbonne

Royaume-Uni

Centre pour l'hydrologie et l'écologie
 Institut marine d'Écosse
 Université de Lancaster
 Université de York

Suède

Université de Gothenburg
 Université de Lund
 Université suédoise des sciences agricoles

Suisse

Centre hospitalier universitaire vaudois
 École polytechnique fédérale de Lausanne
 Université de Lausanne

Uruguay

Université de la République

INSTITUTIONS PUBLIQUES

Canada

Administration régionale Kativik
 Affaires autochtones et du Nord Canada
 Agence spatiale canadienne
 Agriculture et agroalimentaire Canada
 Assemblée des Premières Nations
 Association des chasseurs, des pêcheurs et des trappeurs du Nunavik
 Centre de justice de proximité du Nunavik
 Centre de recherche industrielle du Québec
 Centre de santé Inuulitsivik
 Centre de santé Tulattavik
 Comité nutrition et santé du Nunavik
 Commission de la santé et des services sociaux des Premières Nations du Québec et du Labrador
 Commission scolaire Kativik
 Conseil de gestion des ressources fauniques de la région marine du Nunavik
 Conseil de recherches en sciences humaines
 Conseil national de recherches Canada
 Corporation régionale Inuvialuit
 Corps de police régional Kativik
 Direction régionale de santé publique de l'Abitibi-Témiscamingue
 Direction régionale de santé publique de la Côte-Nord
 Direction régionale de santé publique de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine
 Environnement et Changement climatique Canada
 Fonds de recherche du Québec
 Gouvernement du Nunatsiavut
 Grand Conseil des Cris
 Infrastructure Canada

Institut de surveillance de la biodiversité de l'Alberta
 Kitikmeot Inuit Association
 Maison de la famille Ilagitsuta
 Ministère de l'Économie et de l'Innovation
 Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur
 Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles
 Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
 Ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta
 Ministère de la Santé du Nunavut
 Ministère de la Santé et des Services sociaux
 Ministère de la Voirie et des Travaux publics - Yukon
 Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation
 Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
 Ministère des Relations internationales et de la Francophonie
 Ministère des Transports
 Municipalité de Cambridge Bay
 Municipalité de Kangiqsualujjuaq
 Musée canadien de la nature
 Office municipal d'habitation Kativik
 Organisation des chasseurs et trappeurs Mittimatalik
 Ouranos
 Parcs Canada
 Parcs Nunavik
 Pêches et Océans Canada
 Programme de lutte contre les contaminants dans le Nord
 Programme du plateau continental polaire
 Recherche et développement pour la défense Canada
 Régie régionale de la santé et des services sociaux du Nunavik

Relations Couronne-Autochtones et Affaires du Nord

Canada
 Réseau de communications Eeyou
 Réseau provincial de recherche en
 adaptation-réadaptation
 Ressources naturelles Canada
 Santé Canada
 Savoir polaire Canada
 Sécurité publique Canada
 Service canadien de la faune
 Service canadien des forêts
 Service canadien des glaces
 Services aux Autochtones Canada
 Société d'habitation du Québec
 Société du Plan Nord
 Société Makivik
 Transports Canada
 Ville de Québec

Chine

Conseil des bourses d'études de Chine

États-Unis

Argans Inc.
 Institut pour la modélisation des maladies
 NASA
 Sanctuaire de Hawk Mountain

France

Centre national d'études spatiales
 Commission européenne - Horizon 2020
 Météo France

Royaume-Uni

Musée d'histoire naturelle de Londres

Suède

Conseil suédois pour la recherche

Suisse

Synapsy

INSTITUTIONS PRIVÉES

Allemagne

Airbus Defence and Space
 Informus
 Schott AG

Canada

Agilent Technologies
 Air Inuit
 BD Biosciences
 Bliq Photonique
 C Core
 Canards illimités Canada
 Consortium de recherche et innovations en
 bioprocédés industriels au Québec
 Consortium photonique de l'industrie canadienne
 Coopérative Forestière Ferland-Boilleau
 CorActive
 Domaine de l'Île-aux-Oies
 Doric Lenses
 Explora Technologies
 Exploramer
 FlowJEM

Franatech

Fruit d'Or
 Gas Plume Imaging Canada
 Gibio
 Groupe A/Annexe U
 Kongsberg Maritime
 LogR Systems inc.
 Leica
 Matrix Solutions Inc.
 MXHX inc.
 Mine Raglan
 Mitacs
 Peaxy
 Pfizer
 Ponts Jacques Cartier et Champlain incorporée
 Realtech
 Reformar
 Scientifica LLC
 Sea-Bird Scientific
 SiliCycle
 Sintra Inc.
 SyntBioLab Inc.
 Telops
 TeraXion
 Thorlabs

Danemark

Velux

États-Unis

BeamSea LLC
 IFOS Inc.
 Teledyne Webb Research

Norvège

Akvaplan-niva
 Calanus AS

AUTRES INSTITUTIONS

Brésil

Fondation de recherche de São Paulo

Canada

Action Conservation du Bassin Versant du Lac
 Bromont
 Canadian MSK Rehab Research Network
 Fondation CERVO
 Fondation de l'Université Laval
 Fondation Institut universitaire de cardiologie et de
 pneumologie de Québec
 Institut national d'optique
 Observatoire global du Saint-Laurent
 Organisation internationale de recherche sur le cerveau
 Réseau photonique du Québec
 Réseau québécois de recherche sur la douleur
 Société internationale de recherche sur la posture et
 la marche
 Transbiotech

Espagne

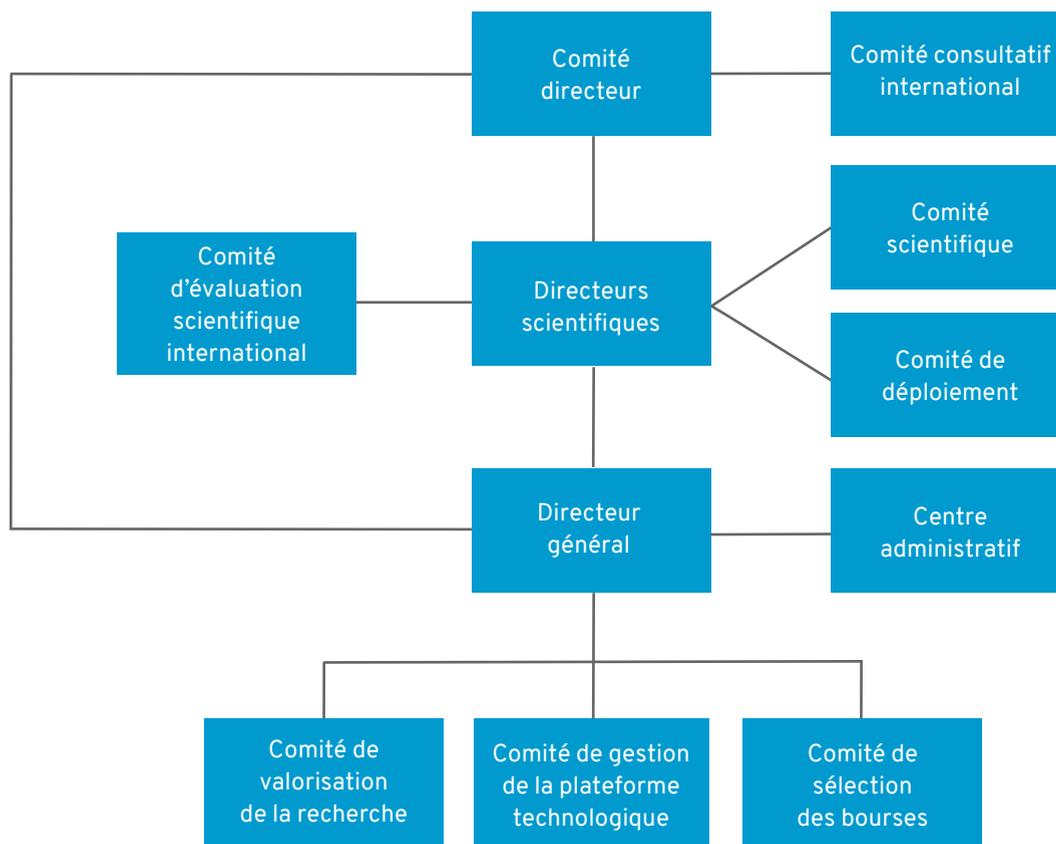
Instituto de Ceramica y Vidrio

Suisse

Fondation de Préfargier

GOVERNANCE

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 quant à ses objectifs, à ses indicateurs de performance et à ses livrables. Il prend les décisions quant aux recommandations formulées par les directeurs scientifiques, le directeur général et tous les comités de Sentinelle Nord.

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

Rénald 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 de Sentinelle Nord et directeur du Centre de recherche CERVO

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 Géliveau, doyen de la Faculté des sciences sociales

Julien Poitras, doyen de la Faculté de médecine

Denis Roy, doyen de la Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation

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

Centre administratif

Marie-Andrée Bellavance, coordonnatrice aux opérations

Michèle Desgagnés, agente de secrétariat

Martin Fortier, directeur général

Sophie Gallais, coordonnatrice aux opérations

Marie-France Gévry, coordonnatrice des programmes de formation

Keith Lévesque, directeur adjoint

Ahmed Lidam, coordonnateur aux finances

Béatrice Saint-Cricq, partenariats et transfert technologique

Jérôme St-Charles, chargé de communication et édimestre

Daphné Trottier, chargée de communication

Comité exécutif de l'Association étudiante de Sentinelle Nord 2019-2020

Mohamed Bahdine, représentant du chantier thématique 1

Marc-Antoine Bansept, vice-président socioculturel

Audrey Laberge-Carignan, présidente

Valérie Langlois, vice-présidente aux communications

Alexis Lebrun, vice-président socioculturel

Félix Lévesque-Desrosiers, représentant du chantier thématique 2

Catherine Marois, secrétaire

Crédits photographiques

Jeffrey Kerby 00-46

Keith Lévesque 1

Pubphoto.ca 3-17-23-29-33-34-35

Martin Fortier 4

Mesa Schumacher 7-31

Marc Robitaille 9-34

Pierre Coupel 13-21-22-33-34-35

Doug Barber 14

Ariel Estulin 15

Louise Leblanc 17

Mark Aspland 25

Mathilde Poirier 34

Antoine Gervais 34

Chantal Langlois 34

Weronika Murray 35

D. Small 35

Carla Greco 35

Thierry Gosselin 45



Conception graphique par



Sentinelle
Nord



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

T.: 418 656-3090

info@sn.ulaval.ca
sentinellenord.ulaval.ca

