


Centre d'études nordiques

Rapport d'activités du CEN

2018 . 2020



Fonds de recherche
Nature et
technologies

Québec 



° Table des matières

Le CEN est un centre de recherche financé par le programme des regroupements stratégiques du Fonds de recherche Nature et technologie du FRQNT



Équipe de rédaction:

Sandrine Hugron
Mickaël Lemay
Claudia Zimmermann

Révision:

Richard Fortier
Gilles Gauthier
Éliane Duchesne

Conception et graphisme:

Sandrine Hugron
Claude April

Mot de la direction	2	Le CEN: chef de file en recherche nordique	19
Portrait du CEN	5		
Notre mission	6	2018-2020, en bref...	20
Notre vision	6	Pergélisol	22
L'équipe	8	Neige	24
L'équité la diversité et l'inclusion: une priorité!	10	Lacs et milieux aquatiques	26
		Végétation	28
		Faune	30
		Des composantes en synergie!	32
Des infrastructures en appui à la recherche nordique	13	Le CEN: un milieu de formation unique et mobilisateur!	35
Réseau Qaujisarvik	14	La formation de la relève : au coeur de la mission du CEN	36
Réseau SILA et Nordicana D	16	Le CEN est activement impliqué auprès des communautés nordiques	38

° Mot de la direction

Estimables membres et partenaires du CEN,

C'est sous le signe du changement que la direction du CEN est heureuse de vous partager son rapport d'activités 2018-2020. Le premier changement que vous noterez est la forme de ce nouveau rapport d'activités qui se veut beaucoup plus dynamique avec des exemples de réalisations appuyés de photographies qui frappent l'imagination. La période de 2018 à 2020 a également été marquée par plusieurs changements significatifs dans l'équipe du CEN. En effet, **Najat Bhiry** a complété en août 2018 ses deux mandats de trois ans à titre de directrice du CEN et elle a été remplacée par **Richard Fortier**. Nous profitons de ce mot de la direction pour remercier chaleureusement tous les efforts de Najat à la direction du CEN de 2012 à 2018. Ensuite, plusieurs membres du personnel de longues dates nous ont également quitté, dont notamment **Christine Barnard**, **Luc Cournoyer** et **France Lévesque**. Nous les remercions chaleureusement pour leur dévouement et le travail accompli!

Le géographe visionnaire **Louis-Edmond Hamelin**, Directeur-Fondateur du CEN, nous a quitté le 11 février 2020 à l'âge vénérable de 96 ans. Reconnu comme le père de la Nordicité, il a imprégné le CEN de sa philosophie; soit de

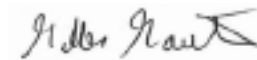
Faire le Nord (contributions au développement durable du Nord), Savoir le Nord (production de connaissances) et Dire le Nord (diffuser les connaissances sur le Nord). En son hommage, le CEN a créé la bourse du Fondateur pour souligner des contributions des membres-étudiant.e.s du CEN à sa philosophie.

En terminant, comment pouvons-nous passer sous silence le contexte actuel qui prévaut depuis mars 2020 et qui a chamboulé toutes les sphères d'activité à l'échelle planétaire? La recherche nordique a été particulièrement affectée par la pandémie actuelle. En effet, afin de protéger les communautés éloignées du Nord, les activités de recherche nordique ont été interrompues en 2020. Par conséquent, le CEN a dû se résoudre à fermer temporairement le réseau *Qaujisarvik*. Face à ces bouleversements, les membres du CEN ont dû faire preuve de résilience. Ces personnes ont usé de leur capacité d'adaptation, soit en modifiant leurs projets de recherche, soit en mettant en veilleuse les projets existants ou en faisant appel à nos ami.e.s dans les communautés nordiques. En effet, en étant sur place, ces partenaires ont pu réaliser de précieuses mesures de terrain pour plusieurs de nos équipes. Un grand merci pour cette aide inestimable!

Nous vous souhaitons une bonne lecture!



Richard Fortier, ing. Ph.D.
Directeur du CEN



Gilles Gauthier, Ph.D.
Directeur scientifique

Direction du CEN



Najat Bhiry
Directrice du CEN
(2012-2018)



Richard Fortier
Directeur du CEN
(2018-en cours)



Gilles Gauthier
Directeur scientifique
(2016-en cours)



Milla Rautio
Directrice adjointe
(2018-2020)



Joël Bêty
Directeur adjoint
(2013-en cours)

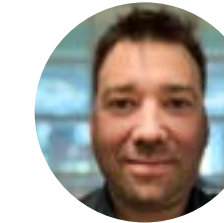


Esther Lévesque
Directrice adjointe
(2020-en cours)

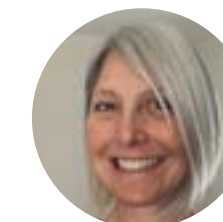
Coordination scientifique



Christine Barnard
(2008-2019)



Mickaël Lemay
(2019-en cours)



Marie-José Naud
(2014-2020)



PHOTO: SAMUEL GAGNON

Portrait du CEN



° Notre mission

La mission du **CEN** est de contribuer au développement durable des régions nordiques en améliorant notre compréhension de ces environnements et notre capacité de prédiction des changements qui les affectent. En partenariat avec les milieux scientifiques, gouvernementaux, autochtones et industriels à l'échelle nationale et internationale, le **CEN** génère des connaissances fondamentales et appliquées en vue de développer un savoir-faire adapté aux régions nordiques et de proposer des stratégies d'adaptation aux impacts des changements en milieu froid. Le **CEN** forme du personnel de recherche hautement qualifié, aptes à faire face aux défis que pose le double contexte du réchauffement climatique et du développement socio-économique accéléré du Nord. Le **CEN** co-produit des connaissances avec les communautés nordiques afin de contribuer à l'éducation et au bien-être socio-culturel ainsi que de répondre à des préoccupations locales.

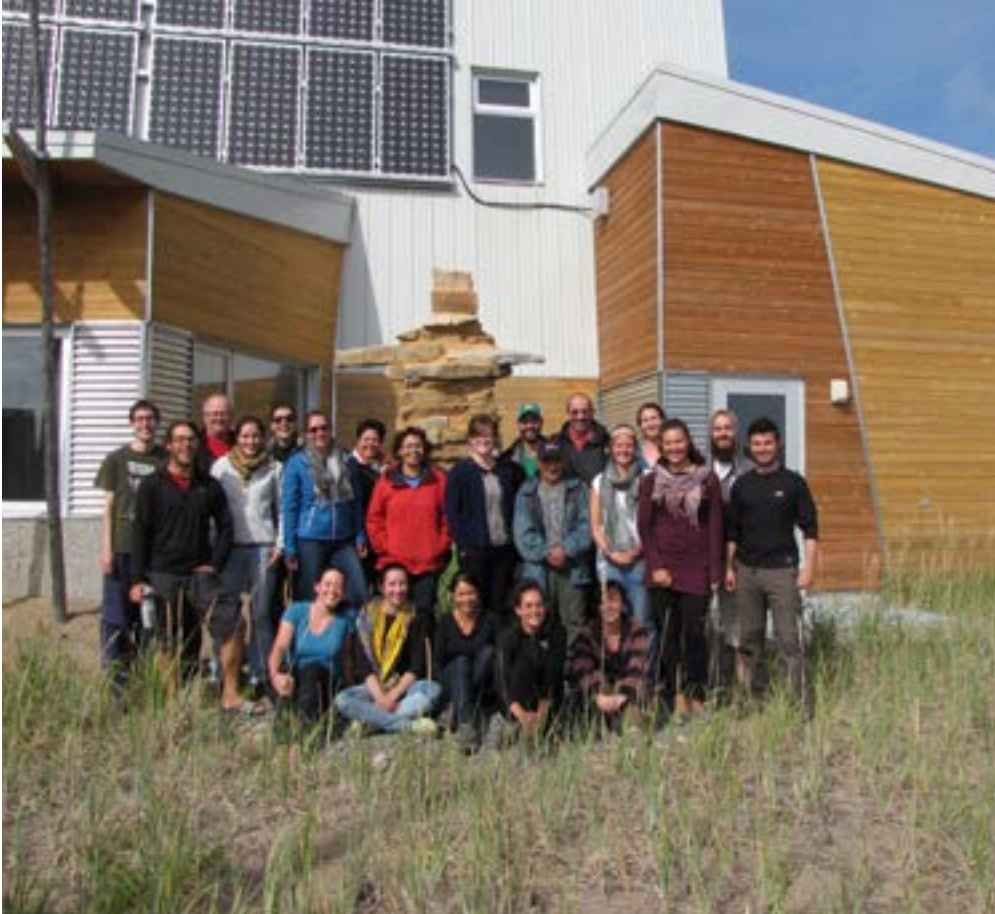


PHOTO: NAJAT BHIRY

° Notre vision

Développer la recherche en partenariat en se basant sur l'engagement soutenu et à long terme des communautés nordiques, des universités et des centres de recherche du Québec pour collaborer à la co-création, à la co-gestion et à la diffusion de la recherche orientée vers les besoins du développement durable du Nord.

Composition du CEN

279 76

Étudiant.e.s Chercheur.e.s

49 statut régulier
27 statut collaborateur

73 Collaborateurs
Collaboratrices
externes

6 25

Membres honoraires Stagiaires au postdoctorat



Institutions

11

Universités

U. Laval UQAM
UQAR UQAC
INRS U. de Moncton
UQTR U. Concordia
U. de Sherbrooke U. McGill
U. de Montréal

1 Institution gouvernementale

Environnement et Changements climatiques Canada

1 Cégep

Cégep FX-Garneau

1 Musée

Musée Canadien de la nature

Recherche

16 20

Chaires de recherche Laboratoires

9 Stations de recherche nordique

+ 1 navire
Louis-Edmond-Hamelin

° L'équipe

Personnel de recherche et personnel technique



Claudia Zimmermann
(2008-en cours)



Denis Sarrazin
(1999-en cours)



Carl Barrette
(2020-en cours)



Luc Cournoyer
(1993-2020)



Étienne Godin
(2019-en cours)



Guillaume Labrecque
(1998-en cours)

Responsables de stations



Sydney Arruda
(2018-2019)



Patrick Lacerte
(2019-2021)



Jeannie Annanack
(2018-en cours)

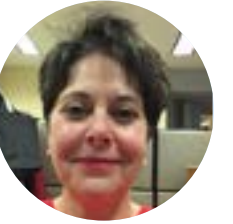


Eleonora Townley
(2018-en cours)

Administration



Kelly Breton-Jacques
Secrétaire de gestion
(2016-en cours)



France Lévesque
Adjointe administrative
(2011-2019)

L'expertise du personnel du CEN est reconnue!

En 2020, Denis Sarrazin, professionnel de recherche au CEN et responsable du réseau *SILA*, a obtenu la 2^{ème} place au Prix d'excellence des professionnels et professionnelles de recherche attribué par le FRQNT. Depuis plus de 20 ans, Denis a installé plus de 90 stations d'acquisition de données du réseau *SILA* et il gère ce réseau dont les données sont utilisées non seulement par les membres du CEN, mais aussi par toute la communauté scientifique québécoise, canadienne et internationale. Félicitations Denis pour ce prix fort mérité!

° L'équité la diversité et l'inclusion: une priorité!

Le CEN considère la diversité d'expériences, de perspectives, de préoccupations et de pensées comme un moteur vital de créativité et d'excellence en recherche. Il est essentiel que la communauté du CEN évolue dans un espace inclusif, accueillant, responsabilisant et égalitaire afin qu'elle puisse contribuer de façon significative au développement de connaissances et de solutions innovantes aux enjeux environnementaux et sociétaux nordiques actuels.

Le CEN s'efforce d'être un chef de file dans l'application des principes d'équité, de diversité et d'inclusion (ÉDI) dans la science nordique. Le CEN s'engage activement à promouvoir l'équité, la diversité et l'inclusion dans toutes ses activités de recherche, de formation et de rayonnement à travers et au-delà de sa communauté. Pour formaliser ses engagements, le CEN a développé en 2020 un plan d'action en matière d'ÉDI avec des objectifs mesurables qui reflètent ses valeurs.

Actions concrètes du CEN pour promouvoir l'ÉDI

2018

Mise en place d'un code de conduite dans certains laboratoires et stations de recherche

2019

Adhésion du CEN au groupe de travail «Peuples autochtones» du Réseau interuniversitaire québécois Équité Diversité et Inclusion

Participation d'Esther Lévesque au balado 20% où des femmes en recherche et en technologie se racontent

2020

Animation d'un cercle de parole et discussion: femmes et personnes non-binaire en milieu isolé

Formation ÉDI à la communauté étudiante lors de la rencontre printanière

2020 (suite)

Formation sur la réalité des peuples autochtones et expériences de co-création de la recherche avec les communautés

Trois séances de vidéo Vox Pop sur l'inclusion dans la recherche nordique organisées dans le cadre de la conférence Arctic Change 2020 et de l'initiative « Inclusion dans la recherche nordique » codirigées par le Réseau de centres d'excellence (RCE) ArcticNet

Modification des formulaires d'adhésion et d'inscription aux événements pour tenir compte des critères ÉDI

Développement d'un plan d'action ÉDI

Principaux objectifs du Plan d'action ÉDI

1. **Diversité**: Recenser, inviter et valoriser la diversité d'expériences et de perspectives au sein du CEN
2. **Culture**: Favoriser l'inclusion et le sentiment d'appartenance de l'ensemble des membres et partenaires du CEN
3. **Recherche**: Accroître la pertinence et les retombées de la recherche en science environnementale nordique en intégrant différentes perspectives à l'ensemble du processus scientifique



PHOTO: DENIS SARRAZIN

Des infrastructures en appui à la recherche nordique



° Réseau Qaujisarvik

De 2018 à 2020, plusieurs événements ont marqué le **réseau Qaujisarvik** qui est géré par le **CEN**. En 2018, la station de recherche *Sukuijarvik* (place des sciences en Inuktitut) à Kangiqsualujuaq a été inaugurée et elle est devenue la 9^{ème} station de recherche du réseau. C'est également en 2018 que le premier comité conjoint nordique a été mis en place pour la station de recherche de Whapmagoostui-Kuujuarapik. Ce comité est composé de membres du **CEN** et des communautés Crie et Inuite qui se réunissent deux fois par année pour discuter de la gestion de la station et des défis auxquels font face les deux communautés ainsi que pour s'assurer l'acceptabilité sociale des projets du **CEN**. Le rôle du comité est également d'identifier des opportunités de co-produire des projets de recherche entre les scientifiques et la communauté. Une retombée directe de ce comité a été le développement d'un projet de restauration des sites perturbés de la communauté en utilisant une plante indigène qui pousse dans les dunes de Kuujuarapik pour minimiser l'érosion éolienne et les problèmes de santé liés à la poussière (voir p.40-41 du présent rapport).

Salluit



Rivière Boniface



Umiujaq



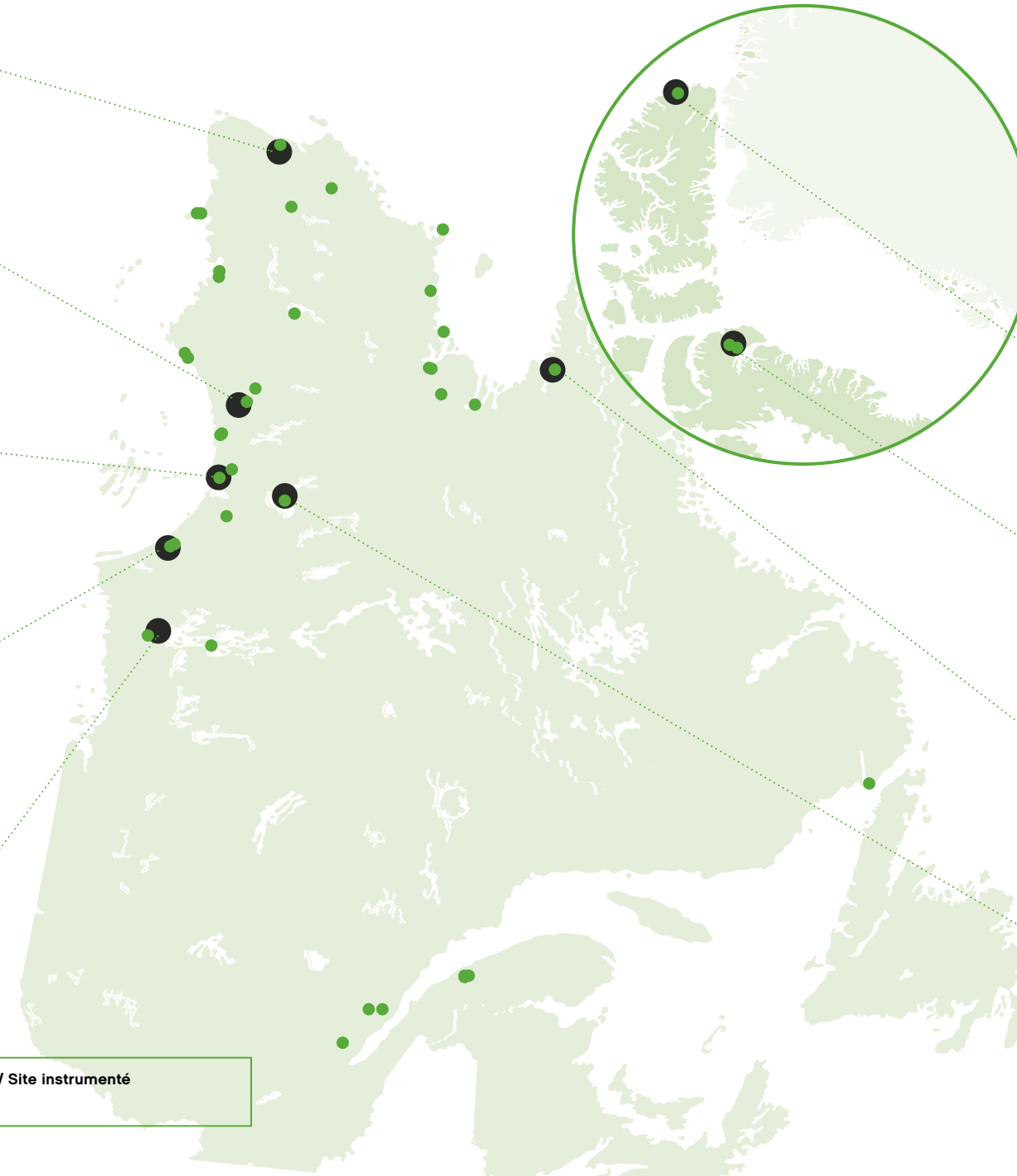
Whapmagoostui-Kuujuarapik



Radisson



● Station climatologique / Site instrumenté
● Station de recherche



Île Ward Hunt



Île Bylot



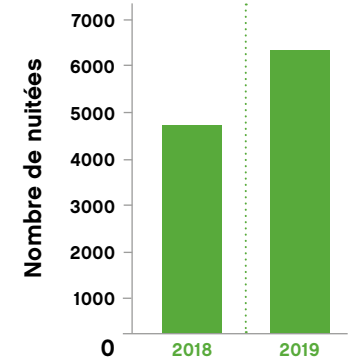
Kangiqsualujuaq



Lac à l'Eau-Claire



En 2018 et 2019, les stations de recherche du **CEN** ont connu des années d'achalandage record et elles ont accueilli des équipes qui provenaient du Québec, du Canada et de près d'une vingtaine de pays différents.



En 2020, la pandémie mondiale de COVID-19 a entraîné la fermeture quasi complète du réseau Qaujisarvik puisqu'il était impossible pour les membres du **CEN** de poursuivre leurs recherches dans le Nord afin de protéger les populations vulnérables.

Réseau INTERACT

Avec son réseau Qaujisarvik, le **CEN** joue un rôle central dans le réseau INTERACT (International Network for Terrestrial Research and Monitoring in the Arctic). Grâce à ce partenariat, les membres du **CEN** ont accès à 89 stations de recherche partout en Arctique.



° Réseau *SILA* et Nordicana D

Vers une modernisation du réseau *SILA*

Le **réseau *SILA*** (climat en Inuktitut) est un réseau d'observatoires permanents des changements climatiques et environnementaux en milieu nordique. En 2020, il comptait 114 stations environnementales réparties sur un gradient nord-sud de plus de 3500 km, entre Québec et l'île de Ward Hunt, au Nunavut. À tous les étés, [Denis Sarrazin](#) et [Carl Barrette](#) (depuis 2020) assurent l'entretien des stations, l'ajout ou le retrait d'équipements ainsi que la calibration, la récupération des données, la validation et la diffusion des données. Par ailleurs, les données climatiques de 6 stations sont disponibles en temps réel à partir du [site web du CEN](#) et le nombre de stations avec la capacité d'accès en temps réel à leurs données devrait croître au courant des prochaines années.

Nordicana D: Un outil de partage de données en ligne en pleine croissance

Durant la pandémie de COVID-19, de nombreuses équipes de recherche ont profité du ralentissement de la recherche sur le terrain pour analyser et publier leurs données. En 2020, ce n'est pas moins de 55 numéros de **Nordicana D** qui ont été publiés ou mis à jour avec l'assistance d'[Étienne Godin](#). Les publications comprennent des jeux de données sur le climat du réseau *SILA*, la faune, le pergélisol, l'eau douce, la glace, la neige, la végétation et d'autres données environnementales nordiques, y compris des images de changement de paysage prises par des caméras automatisées.

Nordicana D constitue aussi un outil de recherche de premier plan pour le [Consortium canadien pour l'interopérabilité des données arctiques \(CCADI\)](#) dont la mission est de développer des protocoles d'interopérabilité pour les données nordiques. CCADI est une initiative majeure et multiuniversitaire qui est financée par la Fondation canadienne pour l'innovation et dont le **CEN** fait partie.

PHOTO: DENIS SARRAZIN





PHOTO: ANDRÉANNE BEARDSSELL

Le CEN: chef de file en recherche nordique



◦ 2018-2020, en bref...

886 Articles révisés
par les pairs

123 Rapports
de recherche

71 Chapitres
de livre

7 Livres

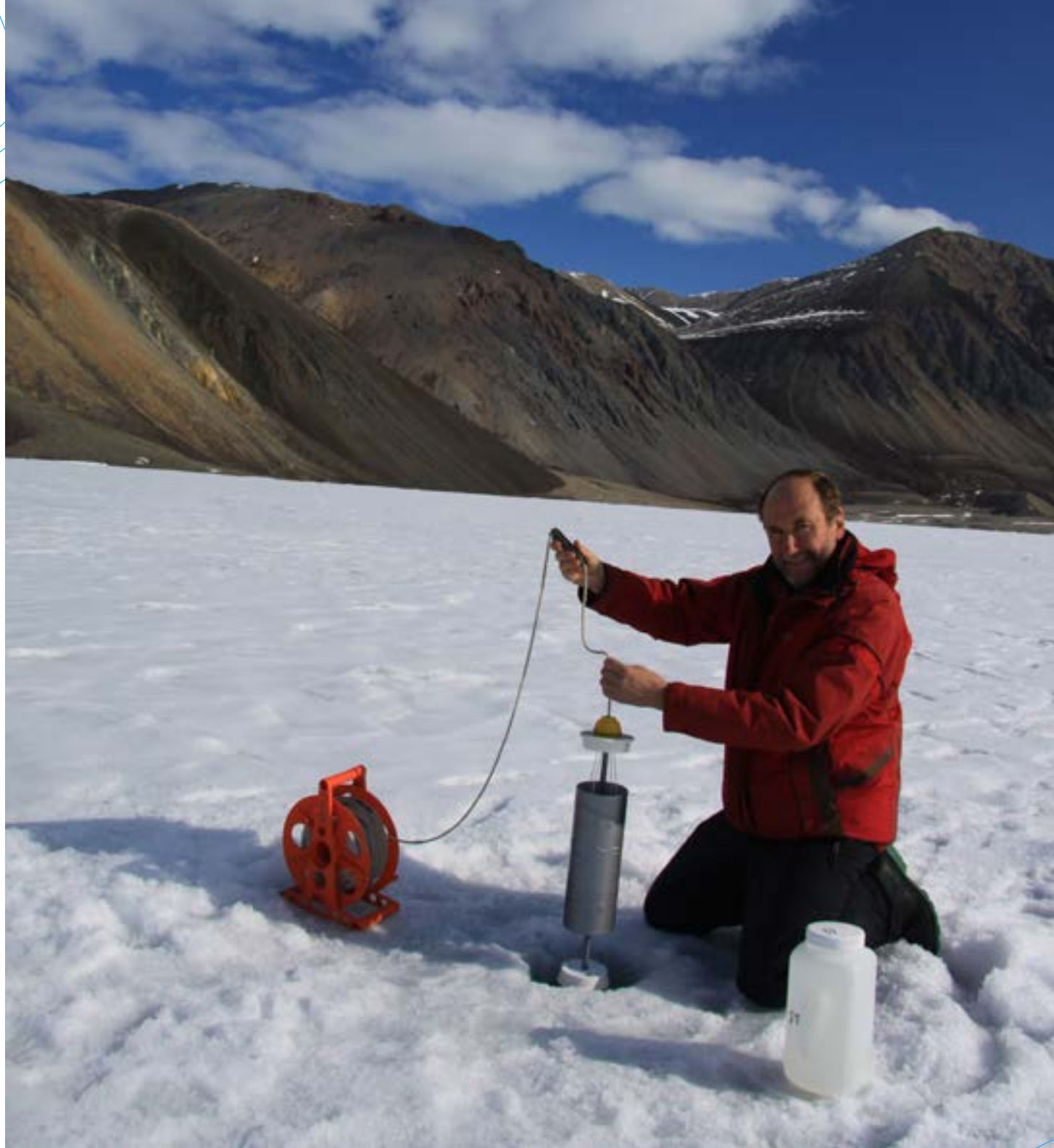
Conférences

1310 scientifiques

101 invitées

Grâce à ses infrastructures et au dynamisme de ses membres, le **CEN** est un leader, reconnu sur le plan national et international, en matière de recherche pluridisciplinaire et interinstitutionnelle sur les milieux nordiques terrestres. Il catalyse les collaborations et l'innovation en recherche nordique au sein du réseau interuniversitaire et avec ses divers partenaires à l'intérieur et à l'extérieur du Canada. Les travaux de recherche des membres du **CEN** portent sur des enjeux qui sont considérés prioritaires par de nombreux organismes internationaux et gouvernementaux. Les recherches du **CEN** touchent toutes les composantes des environnements continentaux nordiques afin de comprendre le fonctionnement des géosystèmes, d'évaluer les impacts des changements climatiques et d'élaborer des stratégies d'adaptation.

PHOTO: DENIS SARRAZIN



Des carrières honorées

Serge Payette a été nommé membre de l'Ordre du Canada en 2020 pour ses travaux scientifiques sur les conséquences des changements climatiques sur la flore nordique du Québec et du Labrador.→

◀ **Warwick F. Vincent** a reçu en 2019 l'Helmholtz International Fellow Award pour ses travaux de recherche sur l'effet des changements climatiques sur les géosystèmes et les écosystèmes nordiques.

En 2019, **Monique Bernier** devient la première femme à recevoir la prestigieuse médaille d'or Larry Morley décernée par la Société canadienne de télédétection qui souligne la contribution exemplaire de cette chercheuse au secteur de la télédétection au Canada comme scientifique, professeure et par son implication fédératrice dans plusieurs organisations dont l'Association québécoise de télédétection.

° Pergélisol

La présence du pergélisol continu, discontinu ou sporadique est un élément important qui caractérise certains géosystèmes nordiques. Le réchauffement climatique entraîne la dégradation du pergélisol et ultimement son dégel, ce qui affecte les autres composantes naturelles comme la neige, les milieux humides, la faune et la végétation, mais cela a aussi des répercussions sur les communautés nordiques au niveau, par exemple, de la stabilité des bâtiments et de l'eau potable.

Le dégel du pergélisol pourrait amplifier le réchauffement climatique

Le dégel du pergélisol a pour effet d'exposer des réserves de carbone qui étaient emmagasinées dans le sol gelé depuis des dizaines de milliers d'années. Au contact de l'oxygène, ce carbone s'oxyde, s'échappe dans l'atmosphère et contribue au réchauffement climatique. Une nouvelle étude publiée dans **Nature Climate Change**, dont un des auteurs est **Oliver Sonnentag**, suggère que l'émission de carbone à cause de la dégradation du pergélisol pourrait augmenter en saison hivernale de 41% si les émissions de gaz à effet de serre causées par les activités humaines persistent à leur niveau actuel.

De meilleures connaissances sur le cycle de l'eau dans une région de pergélisol discontinu

Lorsque le pergélisol dégèle, l'eau de fonte de la glace de sol alimente les nappes phréatiques qui présentent un bon potentiel pour être exploitées comme sources d'eau potable par les communautés nordiques. Ces phénomènes sont pourtant complexes et ont été peu étudiés par le passé. Dans cette optique, les chercheurs du **CEN**, **Jean-Michel Lemieux**, **Richard Fortier**, **John Molson** et **René Therrien** ainsi que 5 membres de la communauté étudiante du **CEN** ont publié dans la revue **Hydrogeology** une collection de six articles qui décrivent le cycle de l'eau dans une région où le pergélisol est discontinu. Les travaux présentés pourront servir de guide pour évaluer le potentiel d'exploitation des ressources en eaux souterraines ou pour élaborer des plans de caractérisation des aquifères dans des environnements similaires.

PHOTO: DENIS SARRAZIN



Une augmentation globale de la température du pergélisol

Selon une étude internationale sur l'évolution des températures dans le pergélisol menée par le réseau GTN-P, dans laquelle sont intégrées les données de suivi climatique du **CEN** pour l'est de l'Amérique du Nord et dont fait partie le chercheur **Michel Allard**, l'augmentation de la température moyenne du pergélisol observée depuis le milieu du 20^{ième} siècle s'est poursuivie avec une hausse de 0,29 +/- 0,12 °C entre 2007 et 2016 dans toutes les régions aux hautes latitudes. Ce réchauffement du pergélisol s'explique par l'augmentation des températures de l'air. Dans les régions subarctiques de pergélisol discontinu, l'accroissement de la couverture de neige au sol et l'arbustation sont des facteurs écologiques importants qui s'ajoutent à la hausse des températures pour accélérer le dégel du pergélisol. Cette étude a été publiée en janvier 2019 dans **Nature Communications**.

La neige est l'une des caractéristiques emblématiques des environnements nordiques. Elle influence directement les autres composantes des géosystèmes, comme la présence du pergélisol, la croissance des plantes et l'habitat des animaux. Avec les changements climatiques, l'épaisseur, les caractéristiques ainsi que la durée de la couverture du manteau neigeux deviennent de plus en plus variables. L'étude de la neige et de ses caractéristiques pose un défi de taille en raison de l'immense superficie à couvrir et de l'environnement hostile et peu accessible. Pour ces raisons, plusieurs scientifiques se sont tournés vers des outils technologiques comme la télédétection satellitaire et les modèles, en conjonction avec des mesures terrain, pour dresser un portrait du manteau neigeux nordique et évaluer l'impact des changements climatiques sur cette composante sensible.

Une nouvelle base de données satellitaire sur les cycles de gel/dégel du sol

En 2018, [Michaël Prince](#), [Alain Royer](#), [Alexandre Langlois](#) et [Alexandre Roy](#) ont publié une nouvelle **base de données sur le suivi des cycles de gel/dégel au sol** à partir d'observations satellitaires par micro-ondes à basse fréquence. Cette base



PHOTO: ALEX MAVROVIC

de données couvre les 3,7 années de la vie du satellite Aquarius entre 2011 et 2014 sur l'ensemble des hautes latitudes (> 50° N) de l'hémisphère Nord. Dans un article publié dans la revue **Earth System Science Data** en 2018, ces auteurs ont comparé les cycles de gel/dégel générés à partir de la base de données Aquarius avec un indice produit par la NASA à partir de données micro-onde à plus haute fréquence. Cette comparaison, qui n'avait jamais été faite auparavant, met en évidence des différences dans les cycles de gel à l'automne et de dégel au printemps. Dans le cadre de ce projet, l'équipe a aussi participé à l'étalonnage et la validation du produit gel/dégel du satellite SMAP lancé par la NASA en 2015 et publié dans la revue **Remote Sensing of Environment** en 2018.

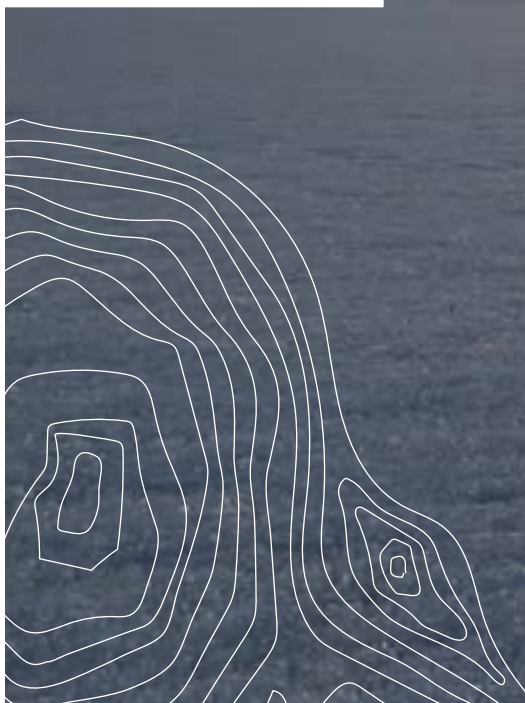


PHOTO: PASCHALE N. BÉGIN

Des photographies 3D des grains de neige!

Pendant plus de 6 mois, [Alexandre Langlois](#), [Alain Royer](#), [Alexandre Roy](#) et leur équipe ont réalisé des reconstitutions en 3D de plus de 160 000 grains de neige. Pour ce faire, ils ont conçu une nouvelle technique de photogrammétrie où des photographies des grains de neige sont réalisées sous une illumination angulaire avec des lumières LED. Les ombres ainsi projetées sont digitalisées et permettent de reconstruire la forme des grains de neige. Cette technique novatrice, présentée dans la revue **Frontiers in Earth Science** en 2020, permet de mesurer plusieurs caractéristiques de la neige.

° Lacs et milieux aquatiques

Les lacs constituent des écosystèmes complexes qui sont sensibles aux changements environnementaux. Le réchauffement climatique entraîne une hausse de la température de l'eau et l'augmentation du ruissellement qui proviennent du dégel du pergélisol. Ces changements ont le potentiel de modifier l'écologie des lacs nordiques.

Les microorganismes des lacs nordiques sous la loupe !

Le dégel du pergélisol crée des lacs thermokarstiques qui sont un véritable bouillon de culture microbienne. Bien que ces lacs soient gelés la majeure partie de l'année, l'écologie microbienne sous la glace demeure méconnue. Pour remédier à cette situation, [Adrien Vigneron](#), [Connie Lovejoy](#), [Alexandre Culley](#) et [Warwick F. Vincent](#) ont comparé les communautés microbiennes d'un de ces lacs en été et en hiver. Dans un article publié dans **Frontiers in Microbiology** en 2019, l'équipe rapporte que les communautés estivales et hivernales sont très distinctes. Leurs analyses démontrent qu'en hiver les lacs thermokarstiques continuent d'émettre du carbone dans l'atmosphère en raison de la dominance des micro-organismes méthanogènes.

Le dégel du pergélisol entraîne une augmentation de la matière organique dissoute

Afin de déterminer l'impact de la dégradation du pergélisol sur les étangs nordiques, [Milla Rautio](#), [Isabelle Laurion](#), [Warwick F. Vincent](#) et [Maxime Wauthy](#) ont étudié 253 étangs distribués dans 14 régions circumpolaires. Leur étude, publiée dans **Limnology and Oceanography Letters** en 2018, a montré que, dans les régions où le pergélisol se dégrade, 93% des apports en matière organique dissoute étaient d'origine «terrestre» comparativement à 36% pour les mares non affectées par ce processus de dégel. Ces apports importants en matières organiques dus au dégel du pergélisol sont une version «extrême» d'un phénomène qui est observé partout dans le monde: le brunissement des lacs.

Les lacs du Nord du Québec hypersensibles au changement climatique

[Émilie Saulnier-Talbot](#), [Dermot Antoniadis](#) et [Reinhard Pienitz](#) ont analysé les communautés de diatomées et de chironomides prélevées dans plus d'une centaine de lacs le long de deux transects nord-sud d'environ 1000 km. Cette étude, qui a été publiée en 2020 dans le journal **Global Change Biology**, prédit, qu'au Québec, les lacs situés entre le 52^{ième} et le 55^{ième} degré de latitude seront les premiers à être affectés par les bouleversements climatiques.



PHOTO: RACHEL GUINDON



Les lacs, une brève introduction

En 2019, Warwick F. Vincent a publié un ouvrage de référence sur la limnologie (la science des lacs). Ce livre, intitulé **Les lacs, Une brève introduction**, présente les principales caractéristiques des lacs et leur écologie à l'aide d'exemples de partout à travers le monde, y compris de nombreux exemples nordiques.

° Végétation

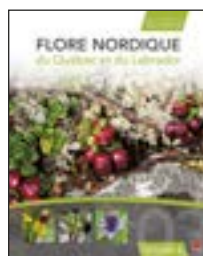
Le réchauffement de l'atmosphère, les changements de disponibilité en eau et la dégradation du pergélisol entraînent une modification de la végétation nordique. Ce changement de la végétation peut avoir des conséquences sur la faune qui utilise les plantes dans les différentes étapes de leur cycle de vie et sur les personnes habitant le Nord, dont le mode de vie est intimement lié à leur environnement.

Une tendance au verdissement de la toundra arctique

Depuis 1985, les données satellitaires et de terrain (dont plusieurs qui proviennent d'équipes du CEN) ont montré une tendance globale, quoiqu'inégale, à un verdissement de l'Arctique. Ceci est particulièrement bien démontré dans la récente étude publiée en 2020 dans **Nature Communications**, à laquelle [Gilles Gauthier](#) a contribué et qui couvre pour la première fois toutes les régions arctiques. De leur côté, [Esther Lévesque](#), [Jean-Pierre Tremblay](#), [Laurent Lamarque](#) et [Maxime Tremblay](#) se sont joints à une centaine de scientifiques de tout le monde arctique afin de déterminer les facteurs qui expliquent ce verdissement. Cette étude, publiée dans **Nature** en 2018, montre un lien entre le verdissement de l'Arctique et l'augmentation des températures de l'air et du sol ainsi que le contenu en eau du sol en été.

De nouveaux outils pour les botanistes nordiques

L'identification des plantes nordiques peut être une tâche ardue pour les botanistes, car peu d'ouvrages de référence existent spécifiquement pour les régions nordiques. Deux membres du CEN ont consacré une bonne partie de leur carrière afin de répondre à cette lacune et ils ont récemment publié le fruit de leurs travaux. En 2018, [Serge Payette](#) et l'équipe de l'Herbier Louis-Marie ont publié le **troisième volume de la Flore nordique du Québec et du Labrador**. Cet ouvrage remarquable se consacre à la flore des plantes vasculaires des milieux boréal, subarctique et arctique. En 2019, [Line Rochefort](#) a co-écrit un livre sur l'identification des sphaignes, des espèces importantes des biomes tourbeux, boréaux et arctiques. Cet ouvrage, intitulé **Les sphaignes de l'Est du Canada: Clé d'identification visuelle et cartes de répartition**, contient une clé dichotomique d'identification visuelle des sphaignes, unique en son genre, qui permet de démystifier le jargon utilisé par les bryologistes.



La restauration des tourbières: un franc succès!

Le groupe de recherche en écologie des tourbières, dirigé par [Line Rochefort](#), a développé une technique pour la restauration des tourbières après l'extraction de la tourbe. Une trentaine d'années après les premiers essais, le temps des bilans est arrivé! Selon une étude publiée en 2018 dans **Global Change Biology**, cette méthode de restauration permet de rétablir la fonction de séquestration du carbone en environ une décennie. Une seconde étude, publiée dans **Restoration Ecology** en 2019 par [Line Rochefort](#), [Sandrine Hugron](#) et [Méline Guêné-Nanchen](#), a démontré que les sites donneurs (des tourbières naturelles utilisées pour la récolte des plantes pour la restauration) se régénèrent en environ 5 ans. Finalement, les chercheuses et leur équipe ont montré, dans une étude publiée en 2020 dans **Global Ecology and Conservation**, que plus de 80% des espèces de plantes vasculaires qui sont réintroduites lors de la restauration s'établissent avec succès.

Un article de Dominique Arseneault parmi les 10 découvertes de l'année 2019 de Québec Science

L'article intitulé *Stronger influence of anthropogenic disturbance than climate change on century-scale compositional changes in northern forests* a été publié dans **Nature Communications** et démontre que les perturbations causées par les activités humaines ont une plus grande influence sur la dynamique des forêts nordiques que n'importe quel effet attribuable aux changements climatiques.

Le cycle de vie de la faune nordique peut être fortement affecté par des changements qui surviennent dans différentes composantes des écosystèmes. Par exemple, le réchauffement climatique peut modifier les caractéristiques du paysage, de la neige ou de la végétation, et ainsi affecter l'alimentation ou les déplacements des animaux. Il est très important d'étudier les interactions entre la faune et leur milieu, car de nombreux animaux jouent un rôle important dans l'alimentation des communautés nordiques.

Le déplacement des animaux nordiques sous la loupe

Une équipe formée de [Pierre Legagneux](#), [Gilles Gauthier](#), [Joël Bêty](#), [Dominique Berteaux](#), [Dominique Fauteux](#) et [Dominique Gravel](#) ont combiné une approche de modélisation innovante avec les suivis écologiques à long terme réalisés à la station de recherche du CEN à l'Île Bylot pour démontrer comment les migrations saisonnières des prédateurs et des proies peuvent expliquer les cycles énigmatiques de populations dans l'Arctique. Les résultats de cette étude ont été publiés dans la revue [Philosophical Transactions of the Royal Society](#) en 2020.

[Steeve Côté](#), [Sabrina Plante](#), [Julien Richard](#) et l'équipe de Caribou Ungava ont capturé et équipé avec des colliers émetteurs plus de 510 caribous entre 2009 et 2015. L'étude des déplacements de ces animaux, publiée en 2018 dans [Biological Conservation](#), a permis d'établir que les caribous avaient tendance à éviter tous les types de perturbations humaines (sauf les emprises hydroélectriques). Globalement, c'est jusqu'à 38% de la superficie des habitats de qualité pour le caribou qui étaient perdus à cause de cet évitement.

Pour leur part, [Dominique Berteaux](#), [Joël Bêty](#), [Gilles Gauthier](#) et leurs équipes ont mis en commun leurs données de suivi des mouvements d'animaux sauvages avec celles d'une centaine d'autres scientifiques afin de constituer une «vaste et unique» base de données sur les déplacements des animaux arctiques. En provenance d'appareils miniaturisés qui ont été installés sur des individus de 86 espèces animales lors des trois dernières décennies, ces données peuvent être utilisées pour évaluer l'influence des changements climatiques sur le comportement des animaux. Dans un article publié dans la prestigieuse revue [Science](#), ces scientifiques montrent comment cette base de données permet de détecter des changements récents dans la phénologie des migrations des oiseaux et les dates de reproduction des caribous dans l'Arctique.



PHOTO: FRÉDÉRIC LESMERISES

Tout sauf un baiser

Cette photographie d'Andréanne Beardsell, a été retenue finaliste pour le concours «La preuve par l'image» de l'ACFAS en 2019



Combiner les savoirs autochtones et scientifiques pour une meilleure compréhension du caribou

[Dominique Berteaux](#) et [Catherine-Alexandra Gagnon](#) ont démontré que les observations des chasseurs autochtones pouvaient être utilisées pour déterminer l'influence de diverses variables climatiques sur l'état de santé des caribous. Leur étude, publiée dans [Journal of Applied Ecology](#) en 2020, permet entre autres de démontrer que les conditions de neige, la température du printemps et l'intensité du dérangement par les insectes sont des facteurs déterminants de l'état de santé des caribous.

° Des composantes en synergie!

Les différentes composantes des écosystèmes s'influencent mutuellement et la compréhension globale des milieux nordiques nécessite des études multidisciplinaires. Par exemple, l'augmentation du couvert arbustif provoque une plus grande captation de la neige, ce qui isole le sol en hiver, réduit la profondeur du gel et accélère ultimement le dégel du pergélisol. Plus récemment, [Florent Dominé](#), [Gilles Gauthier](#), [Dominique Fauteux](#) et [Mathieu Barrère](#) ont constaté, dans une étude publiée dans [Arctic Science](#), que les événements fréquents de gel-dégel et de pluie sur neige, qui entraînent un durcissement de la neige, étaient liés à une croissance moins importante des populations de lemmings durant l'hiver.

Prédire les changements dans les écosystèmes nordiques

Le [projet Gradient nordique](#) mobilise plus de la moitié des membres du CEN et intègre plusieurs composantes clés des écosystèmes nordiques, dont le pergélisol, la neige, les milieux humides et aquatiques, la flore et la faune. Une première synthèse a permis d'identifier la localisation géographique et la sensibilité relative de systèmes

naturels actuellement proches de seuils critiques et susceptibles de basculer vers un nouvel état dans un contexte de réchauffement. Cette initiative structurante et mobilisatrice valorise les données récoltées depuis plus de 60 ans par les membres du CEN le long d'un gradient latitudinal de 3500 km et elle contribue à améliorer notre capacité à anticiper les conséquences du réchauffement climatique sur les milieux nordiques et les services écosystémiques qui en découlent.

Un projet circumpolaire codirigé par le CEN

En raison du réchauffement climatique, les environnements arctiques sont en pleine mutation. Quelles seront les conséquences pour les terres, les écosystèmes et les gens du Nord? C'est la question centrale de [T-MOSAIC: Observatoires terrestres multidisciplinaires pour l'étude des connexions arctiques](#). Ce projet sous les auspices du Comité international des sciences de l'Arctique (IASA) est co-dirigé par l'Université de Lisbonne, au Portugal, et le CEN, avec la participation de scientifiques de 15 pays. Le CEN a coparrainé cinq ateliers internationaux de T-MOSAIC, en Europe, en Russie et au Canada. Ce projet est organisé en 12 groupes d'action sur des sujets qui vont des gaz à effet de serre et des microbiomes aux infrastructures de l'Arctique et aux enjeux des communautés du Nord.



PHOTO: DAVID GASPARD

La dynamique forestière influencée par les populations locales

Une étude, publiée en 2018 dans [Écoscience](#) par [Isabel Lemus-Lauzon](#), [Najat Bhiry](#), [Dominique Arsenault](#), [James Woollet](#) et [Ann Delwaide](#), souligne l'importance de prendre en considération l'effet des perturbations d'origine humaine dans l'étude de la dynamique forestière. En effet, sur leur site d'étude au Labrador, l'équipe a constaté que l'augmentation de la demande pour les fourrures entre les années 1920 et 1940 et les mouvements de populations entre les années 1950 et 1970 ont eu un impact considérable sur la dynamique du paysage forestier dans la région.



PHOTO: CEN

**Le CEN: un milieu
de formation unique
et mobilisateur!**



° La formation de la relève : au coeur de la mission du CEN

Entre 2018 et 2020 :

147

Étudiant.e.s
à la maîtrise

132

Étudiant.e.s
au doctorat

54

Mémoires
de maîtrise

40

Thèses
de doctorat

Le CEN forme du personnel de recherche hautement qualifié et sensibilisé aux enjeux nordiques. En effet, la majorité des personnes étudiantes membres du CEN réalisent des campagnes de terrain dans le cadre de leurs études au CEN. Bon nombre de projets de recherche sont réalisés en collaboration avec des organisations régionales, provinciales, fédérales, autochtones ou avec l'industrie. De plus, dans le cadre de leurs séjours sur le terrain, les membres de la communauté étudiante ont souvent l'occasion d'interagir avec les membres des communautés nordiques afin d'échanger leurs perspectives et partager les résultats de leurs projets.

Un balado avec les élèves du secondaire

En parallèle à leurs travaux de terrain à Salluit et Kangiqsujuaq, deux étudiantes au doctorat, [Sophie Dufour-Beauséjour](#) et [Valérie Plante](#), ont organisé plusieurs activités avec les écoles primaires de ces deux communautés et elles ont animé des kiosques d'informations à la Coop de Kangiqsujuaq. Elles ont également réalisé un **minibalado** avec des élèves du secondaire sur le thème du rapport au territoire dans le contexte des changements climatiques.



PHOTO: VILMANTAS PRESKIENIS

° Le CEN est activement impliqué auprès des communautés nordiques

Fidèle aux valeurs et à la vision de son fondateur, le CEN a toujours été impliqué auprès des communautés nordiques et, plus particulièrement, en ce qui concerne le partage des connaissances et la formation des gens du Nord. Le CEN entretient d'ailleurs des liens privilégiés avec les nations Inuites (au Nunavik, Nunavut et Nunatsiavut) et amérindiennes (Cris, Innus) et s'affaire activement à soutenir les populations nordiques par la cocréation de projets de recherche qui touchent les différentes problématiques soulevées par nos partenaires nordiques.

PHOTOS: JOSÉ GÉRIN-JAJOIE



Impliquer la communauté dans les suivis environnementaux

Depuis 2016, les jeunes de la communauté de Kangiqsualujuaq sont impliqués dans un programme de suivi environnemental communautaire, intitulé *Imalirijit*, (ceux qui étudient l'eau en Inuktitut), pour étudier la qualité de l'eau de la rivière George et de ses ressources comestibles. Ce projet est issu d'une consultation menée en 2015 où la communauté avait identifié son désir de caractériser la rivière George avant le début des opérations d'une mine de terres rares en amont de son bassin versant. En formant des jeunes de ce village tant en sciences environnementales qu'en savoirs Inuits, ce projet représente une plateforme d'échanges unique à laquelle plusieurs membres du CEN contribuent dont, notamment, *Esther Lévesque* et *José Gérin-Lajoie*.

En 2018, l'équipe d'*Imalirijit* et le Youth Committee de la communauté de Kangiqsualujuaq ont obtenu le prestigieux prix inspiration Arctique d'une valeur de 466 000\$. Grâce à ce prix, *José Gérin-Lajoie*, *Gwyneth MacMillan*, *Geneviève Dubois* et *Xavier Dallaire*, avec l'assistance des gérantes de la station du CEN à Kangiqsualujuaq, *Eleonora Townley* et *Jeannie Annanack*, ont pu mettre en place en 2019 le programme *Nunami Sukuijainiq* (Notre science sur le territoire en

Inuktitut). Ce programme consiste en des camps science et culture sur l'écologie arctique, en incluant le milieu marin et l'écologie hivernale, afin de stimuler et de nourrir l'intérêt des jeunes Inuits du Nunavik pour les sciences naturelles et les carrières en sciences. En favorisant une relation avec la communauté basée sur la confiance et la co-construction, ce programme a ouvert des portes à de nouveaux axes de recherche où d'autres membres du CEN participent, dont *Marc Amyot*, *Alexandre Roy*, *Jean-Sébastien Moore*, *Philippe Archambault* et *Marianne Falardeau-Côté*.

PHOTOS: JOSÉ GÉRIN-JAJOIE



PHOTOS: JOSÉ GÉRIN-JAJOIE

José Gérin-Lajoie: Une source d'inspiration pour les jeunes scientifiques

En 2019, José Gérin-Lajoie, professionnelle de recherche à l'UQTR, a été récompensée par le prix Mentore de l'année remis par l'APECS (*Association of Polar Early Career Scientists*). Ce prix souligne son leadership participatif non seulement auprès des scientifiques en début de carrière, mais aussi auprès des membres des communautés nordiques. Félicitations José pour cet honneur pleinement mérité!



Des outils pour l'adaptation au dégel du pergélisol

Les chercheurs du CEN en science et génie du pergélisol (**Michel Allard**, **Guy Doré** et **Daniel Fortier**) ont élaboré une méthode intégrée qui combine des technologies de pointe pour la caractérisation des propriétés du pergélisol et l'analyse des risques naturels pour développer des méthodes de mitigation de la dégradation du pergélisol et assurer le développement durable des communautés Inuites. Des cartes des conditions de pergélisol, de risques naturels et de potentiel de construction en appui à l'aménagement du territoire ont été livrées à 13 villages du Nunavik et à l'Administration Régionale Kativik. Des solutions innovatrices en génie du pergélisol (remblais et bermes à convection, drains de chaleur, plans de drainage) ont aussi été élaborées, appliquées et validées par des mesures de suivi pour mitiger la dégradation du pergélisol sous les pistes d'atterrissage et les routes à cause du réchauffement climatique dans 9 sites au Nunavik. Suite à ces travaux et au partage de connaissances avec les partenaires, le Nunavik est devenu une région modèle d'adaptation dans le monde arctique. Au Nunavut, l'équipe a appuyé scientifiquement l'élaboration d'un concept autochtone de construction de route légère en bois pour véhicules tout terrain afin



PHOTO: MARTIN FORTIER

de prévenir la dégradation du pergélisol dans le parc territorial Kugluk. Elle a aussi animé un programme de formation de personnel Inuit en matière de suivi des conditions de pergélisol et de changement climatique. En collaboration avec l'Université du Yukon (F. Calmels), l'équipe participe à la caractérisation du pergélisol le long de la *Dempster Highway* et de l'*Alaska Highway* qui sont des axes routiers majeurs.

Lutter contre la poussière avec les plantes

Le couvert végétal dans les villages Inuits est souvent dégradé ce qui crée parfois d'importantes tempêtes de poussière et occasionne de sérieux problèmes respiratoires au sein des communautés. En 2012 et 2013, les terrains de la station de recherche de Whapmagoostui-Kuujuarapik ont été végétalisés en transplantant l'élyme des sables, une plante indigène du secteur.

Constatant le succès de l'établissement de la végétation aux abords de la station, les deux communautés ont sollicité le CEN pour revégétaliser des terrains à la garderie Crie et à l'école Inuite. En 2019, l'équipe de **Stéphane Boudreau** a ainsi travaillé avec des étudiantes des deux communautés locales afin de leur enseigner les techniques de transplantation. Les deux semaines qui ont été nécessaires pour réaliser les travaux ont été l'occasion d'un partage de connaissances et d'un échange culturel autant enrichissant pour l'équipe scientifique que pour les jeunes.



PHOTO: NICOLÒ GIORDANO

Un article de Jasmin Raymond parmi les 10 découvertes de l'année 2019 de Québec Science

L'article, également rédigé par Nicolò Giordano, s'intitule *Alternative and sustainable heat production for drinking water needs in a subarctic climate (Nunavik, Canada): Borehole thermal energy storage to reduce fossil fuel dependency in off-grid communities* a été publié dans **Applied Energy**. Dans cet article, il est démontré qu'il est possible d'emmagasiner dans le sol de la chaleur produite l'été grâce à de l'énergie provenant des panneaux solaires et de l'utiliser pour combler jusqu'à 50% des besoins de chauffage des bâtiments en hiver.

La géothermie pour chauffer une piscine communautaire au Nunavik

À l'automne 2020, la communauté de Kuujuaq, en collaboration avec l'équipe de **Jasmin Raymond**, a procédé à l'installation d'un système de pompe à chaleur géothermique pour chauffer la piscine communautaire. Ce projet pilote permettra de démontrer que l'énergie géothermique, une forme d'énergie renouvelable qui est utilisée pour la première fois en climat subarctique, peut être exploitée à plus grande échelle au bénéfice des communautés nordiques.



Les réalisations et les activités présentées dans ce rapport sont rendues possibles, en grande partie, grâce au financement Regroupement Stratégique du Fond de recherche Nature et technologies



Le CEN compte des membres dans 11 Universités





Centre d'études nordiques

2405 rue de la Terrasse, Pavillon Abitibi-Price
Université Laval, Québec, QC, G1V 0A6
courriel: cen@cen.ulaval.ca
Téléphone: 418-656-3340