

**Colloque du CEN 2014**

**Programme long**

**12 février**

17 :00-18 :45	<p><b>Lancement du livre : <i>Changements climatiques et biodiversité du Québec : vers un nouveau patrimoine naturel</i></b> par <b>Dominique Berteaux</b> avec la coll. de Nicolas Casajus et Sylvie de Blois</p> <p>Hall d'entrée, Centre Eau, Terre, Environnement de l'INRS, 490 rue de la Couronne, Québec, G1K 9A9</p>
---------------	--

19 :00-21 :00	<p><b>Conférence grand public – organisée conjointement par le CEN et l'Association étudiante du Centre Eau Terre Environnement (AECETE) de l'INRS-ETE</b></p> <p><b><i>Dave Barber</i></b> – <i>Understanding both the geophysical and thermodynamic state of a rapidly changing Arctic seascape</i></p> <p>Auditorium de l'ENAP, 555 rue Charest-Est, Québec, G1K 9E5</p>
---------------	---

**13 février**

**Auditorium de l'ENAP, 555 rue Charest-Est, Québec, G1K 9E5**

8 :00	Accueil et inscriptions
-------	-------------------------

8 :30	Mot de bienvenue – <b>Monique Bernier</b> , <i>Directrice adjointe du CEN</i>
-------	---

8 :40	<p><b>CONFÉRENCE PLENIÈRE</b></p> <p><b>Joël Pagé</b> – <i>Le développement durable appliqué au milieu arctique : l'exemple de Mine Raglan</i></p>
-------	--

9 :30	<b>Marie-Ève Larouche</b> - <i>Caractérisation et étude du régime thermique du pergélisol naturel et industriel à Mine Raglan, Nunavik</i>
-------	--

9 :50	<b>Martin Grenon</b> – <i>Conception géomécanique des ouvrages miniers en milieux nordique et arctique</i>
-------	--

<b>10 :10</b>	<b>Pause-café</b>
---------------	-------------------

10 :40	<b>Michel Sliger</b> - <i>Caractérisation éco-géomorphologique du pergélisol, Beaver Creek (Yukon) : implications pour les infrastructures routières sur pergélisol</i>
--------	---

11 :00	<b>Richard Fortier</b> - <i>Étude des impacts des changements climatiques sur les eaux souterraines dans un bassin versant pergélisolé près d'Umiujaq au Nunavik</i>
--------	--

11 :20	<b>Alexandre Normandeau</b> - <i>Morpho-sédimentologie de canyons sous-marins sans apport sédimentaire (Pointe-des-Monts, Estuaire du Saint-Laurent)</i>
--------	--

11 :40	<p><b>Discours express</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Marc-André Ducharme</li> <li>2. Simon Dumais</li> <li>3. Yannick Duguay</li> <li>4. Simon Massé</li> </ol>
--------	---

11 :55	<b>Dîner (à vos frais, au restaurant le Boudoir-Lounge, 441 rue du Parvis)</b>	
	<b>CONFÉRENCE PLENIÈRE</b>	
13 :15	<i><b>Jrène Rahm</b> – Sivunitsatinnut ilinniapunga: La pratique de l'archéologie et de la photographie par les jeunes comme tremplin vers les études postsecondaires</i>	
14 : 00	<i><b>Natasha Roy et Céline Dupont</b> - Dynamique Homme-environnement au nord-est de l'Islande depuis le Petit Âge glaciaire : une approche interdisciplinaire</i>	
14 :20	<i><b>Marie-Janick Robitaille</b> - Variations séculaires du niveau d'eau des lacs de la Jamésie, Québec Nordique</i>	
14 :40	<b>Pause</b>	
15 :00	<b>Discours express</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gabriel Joyal</li> <li>2. Pascal Royer-Boutin</li> <li>3. Joanie Tremblay</li> <li>4. Tobias Schneider</li> </ol>
15 :15	<i><b>Lorélei Guéry</b> - Comprendre l'hétérogénéité individuelle et populationnelle : influence de l'Oscillation Nord Atlantique sur les eiders à duvet nichant dans l'arctique</i>	
15 :35	<i><b>Laurence Provencher-Nolet</b> - Détection des changements à court terme de la toundra arbustive près d'Umiujaq, Nunavik</i>	
15 : 55	<b>Discours express</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hugues Dorion</li> <li>2. Pascale Ropars</li> <li>3. Mélissa Paradis</li> <li>4. Nathalie Thériault</li> </ol>
16 :10	Aperçu du film <i>Plant Gathering Project</i> par <b>José Gérin-Lajoie</b>	
16 : 15	Mot de clôture – <b>Najat Bhiry</b> , Directrice du CEN	
<b>Centre Eau Terre Environnement de l'INRS, 490 rue de la Couronne, Québec, G1K 9A9</b> <b>Aire de repos - 3<sup>ème</sup> étage</b>		
16 :30	Séance d'affiches et cocktail	
18 :30	Projection du film <i>Plant Gathering Project</i> par José Gérin-Lajoie et Iphigénie Marcoux-Fortier	

## COLLOQUE DU CEN 2014 PROGRAMME - COMMUNICATIONS ORALES

### **ÉTUDE DES IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES EAUX SOUTERRAINES DANS UN BASSIN VERSANT PERGÉLISOLÉ PRÈS D'UMIUAQ AU NUNAVIK**

Fortier, R.(1,2), J.-M. Lemieux(1,2), J. Molson(1,2), R. Therrien(1), M. Ouellet(3) et J. Barth(4)

(1)Département de géologie et de génie géologique, Université Laval, Québec (Québec), G1V 0A6, (2)Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec (Québec), G1V 0A6, (3)Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, Québec (Québec), G1R 5V7, (4)Lehrstuhl für Angewandte Geologie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, GeoZentrum Nordbayern, Erlangen, Allemagne

Dans le cadre du déploiement du réseau de surveillance des eaux souterraines au Québec (RSESQ) pour le suivi des impacts des changements climatiques, un sous-réseau, nommé le réseau Immatsiak, a été installé dans un petit bassin versant de 2 km<sup>2</sup> en zone de pergélisol discontinu près de la communauté inuite d'Umiujaq au Nunavik. Au total, neuf puits d'observation des eaux souterraines ont été aménagés dans le bassin versant et instrumentés avec des capteurs de pression. Deux des puits se trouvent dans un premier aquifère perché dans une unité superficielle de sables littoraux et pré-littoraux alors que les autres puits sont dans un aquifère profond dans des sables et graviers fluvio-glaciaires. Ce second aquifère est semi-confiné par des îlots de pergélisol dans une unité de silts marins peu perméables. Les températures de l'air et du sol à différentes profondeurs dans des trois autres puits sont aussi mesurées. Ce réseau est complété par trois stations climatologiques et un système de jaugeage automatique de l'exutoire du bassin versant. Une carte des dépôts quaternaires a été produite par interprétation de photographies aériennes et un modèle numérique de terrain obtenu d'un levé LiDAR aéroporté est aussi disponible. Des travaux de terrain ont été effectués à l'été 2013 pour brosser un premier portrait hydrogéologique et géochimique des eaux souterraines du bassin versant grâce à des essais de pompage et l'échantillonnage de l'eau. Un modèle géologique tridimensionnel du bassin versant dans un environnement pergélisolé sera éventuellement conçu à partir de la synthèse des informations disponibles qui proviennent de plusieurs études géocryologiques, géotechniques et géophysiques. L'écoulement des eaux souterraines dans ce modèle géologique sera simulé tout en tenant compte de différents scénarios de changements climatiques pour anticiper les impacts du réchauffement

climatique sur la dynamique des eaux souterraines en régions nordiques.

### **THE PLANT GATHERING PROJECT: CRÉER DES PONTS ENTRE LE SAVOIR TRADITIONNEL CRI (EYU) ET LA SCIENCE VIA UN CAMP MULTI-GÉNÉRATIONS**

Gérin-Lajoie, J.(1), E. Hébert-Houle(1), E. Lévesque(1), Whapmagoostui First Nation(2) et Centre d'études nordiques

(1)Département des sciences de l'environnement & Centre d'études nordiques, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Québec, G9A 5H7, (2) Whapmagoostui First Nation, Whapmagoostui, Québec, J0M 1G0

The Plant Gathering Project est né d'une volonté de partager et de se réunir autour des thématiques des plantes nordiques et des changements climatiques, avec la communauté crie de Whapmagoostui, la communauté crie la plus au nord du Québec, située sur la côte est de la baie d'Hudson, juste au-dessus du 55<sup>e</sup> parallèle. Nos objectifs étaient de: 1) promouvoir les échanges entre le Centre d'études Nordiques (CEN) et les communautés locales à sa station de recherche de Kuujuarapik/Whapmagoostui; 2) encourager le transfert du savoir traditionnel entre les aînés locaux et les jeunes; et 3) intéresser les jeunes aux sciences naturelles dans un contexte culturel favorable, sur le territoire. Après avoir consulté les communautés crie et inuite au printemps et au début de l'été 2013, nous avons finalement organisé un séjour sur le territoire avec la communauté crie dans un premier temps, en collaboration avec un coordonnateur local cri. Une expérience similaire aura lieu avec la communauté inuite à l'été 2014. Nous avons passé cinq jours sur le territoire, du 5 au 9 août 2013, sur la côte au sud de Whapmagoostui, à environ 3 heures de bateau. Nous étions un groupe de 18 personnes, soit quatre aînés, cinq jeunes, cinq assistants de camp, un coordonnateur local, deux chercheuses et une cinéaste. Différentes approches furent utilisées au cours de ce séjour: démonstrations de préparations d'herbes médicinales par les aînés, visite de différents habitats, collection de plantes montrée aux aînés, narration d'histoires liées à l'acquisition du savoir sur les plantes, activités collectives de chasse lors des déplacements, entrevues individuelles et de groupes sur la perception des changements climatiques et ateliers d'initiation aux sciences naturelles avec les jeunes. À notre retour, une activité a été organisée avec les jeunes afin de recueillir leurs impressions de cette expérience ainsi que leurs préoccupations face aux changements climatiques actuels et futurs. Ce projet a été riche en échanges à plusieurs niveaux : multigénérationnels, transculturels et

entre deux systèmes de savoir complémentaires, soit le savoir traditionnel cri (Eeyu) et les sciences naturelles. Nous considérons qu'il était essentiel de s'adapter aux besoins et au rythme de la communauté et de travailler en étroite partenariat pour assurer le succès d'une telle entreprise. Une des principales retombées de cette initiative a été d'éveiller l'intérêt des jeunes aux sciences naturelles. En effet, suite à ce camp, une des jeunes participantes a décidé de reprendre ses études post-secondaires qu'elle avait abandonnées et de s'inscrire dans le programme Arts and Science au collège Algonquin. Un documentaire de 21 minutes a été coproduit par la nation crie de Whapmagoostui et le Centre d'études nordiques sur cette merveilleuse aventure.

### **CONCEPTION GÉOMÉCANIQUE DES OUVRAGES MINIERS EN MILIEUX NORDIQUE ET ARCTIQUE**

Grenon, M., J.K. Mukendi, A. Landry et C. Boudreau

(1)Département génie des mines, métallurgie et matériaux et Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, QC G1V 0A6

La conception d'ouvrages miniers à ciel ouvert ou souterrains repose sur la connaissance des propriétés géomécaniques des massifs rocheux. Ces propriétés ont un impact considérable sur la rentabilité économique des projets miniers et doivent être caractérisées et prises en compte adéquatement pour maximiser la sécurité des travailleurs. Sur le plan environnemental, la stabilité à long terme des ouvrages miniers est un enjeu important lors de restauration des sites miniers. Actuellement, peu de projets miniers sont en exploitation en milieu nordique et arctique. Le contexte géomécanique de ces environnements est peu connu dans une perspective d'exploitation minière. Cette présentation exposera les résultats de travaux de recherche récents réalisés sur des sites miniers en exploitation et en développement dans le nord québécois. Ils permettront d'améliorer notre compréhension de ces environnements rocheux et d'optimiser la conception des ouvrages miniers dans ce milieu.

### **COMPRENDRE L'HÉTÉROGÉNÉITÉ INDIVIDUELLE ET POPULATIONNELLE : INFLUENCE DE L'OSCILLATION NORD ATLANTIQUE SUR LES EIDERS À DUVET NICHANT DANS L'ARCTIQUE**

Guéry, L.(1,2), K. E. Erikstad(4,5), S. Are(4,5), G. Gabrielsen(3), G. Gilchrist(6) et J. Bêty(1,2)

(1)Université du Québec à Rimouski (2)Centre d'Études Nordiques, Université Laval, (3)Institut Polaire Norvégien (4)Université de Tromsø, Norvège, (5)Norwegian Institute for Nature Research, Norvège, (6) National Wildlife Research Centre, Ottawa.

Les changements climatiques font peser des menaces importantes sur la biodiversité mondiale en induisant des déclin rapides de population ou des extinctions, en particulier dans les régions arctiques. Communément admise mais rarement mise en évidence, la manière dont les individus et les populations réagissent aux fluctuations climatiques diffère et ces hétérogénéités pourraient fortement influencer les effets du réchauffement sur les populations. Par conséquent, pour comprendre et prédire la réponse de la faune aux changements climatiques en cours, il est nécessaire d'étudier et de prendre en compte les différences entre les populations et entre les individus. Les eiders à duvet (*Somateria mollissima*) sont des canards marins connus pour être sensibles aux fluctuations climatiques, notamment à l'Oscillation Nord Atlantique (ONA). Des données de capture-recapture à long terme ont été collectées et analysées dans deux colonies arctiques (Canada) et subarctique (Norvège). Nous mettons en évidence que non seulement les populations répondent différemment à l'ONA hivernal; mais la prise en compte de l'hétérogénéité interindividuelle au sein de chacune des populations module également notre compréhension de l'impact des fluctuations climatiques sur des populations d'oiseaux nichant dans des écosystèmes menacés.

### **CARACTÉRISATION ET ÉTUDE DU RÉGIME THERMIQUE DU PERGÉLISOL NATUREL ET INDUSTRIEL À MINE RAGLAN, NUNAVIK**

Larouche, M.-È. et Allard, M.(1)

(1)Département de Géographie et Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6

La présence du pergélisol et les conditions climatiques rigoureuses imposent des conditions particulières à l'exploitation minière dans l'Arctique. Aussi bien les opérations minières que les approches pour la protection de l'environnement doivent être adaptées en conséquence. Au Nunavik, Mine Raglan exploite un important gisement de nickel en zone de pergélisol continu. Avant l'ouverture de la mine en 1995, très peu de connaissances existaient sur les caractéristiques du pergélisol et son régime thermique dans la région de Katinnik. Une importante base de données a été colligée en compilant et en validant les données climatiques et les mesures de températures du pergélisol que possède la mine suite à l'installation de câbles à thermistances sur son territoire, tant dans le terrain naturel que dans la halde à résidus. Appuyée par les reconstructions climatiques NARR, l'analyse des données climatiques disponibles, montre qu'un réchauffement des températures moyennes de l'air est en cours. Cependant, son impact sur les températures du sol est moins marqué qu'ailleurs au Nunavik, probablement en raison de l'altitude élevée et de la continentalité du site. La cartographie de la géologie de surface et l'observation des formes périglaciaires ont permis de mieux caractériser les propriétés du pergélisol dans la

région. Parmi les facteurs locaux qui gouvernent le régime thermique du pergélisol, le till mince et le roc densément fracturé favorisent un regel tardif de la couche active en automne et un dégel rapide au printemps à cause de l'infiltration de l'eau dans la structure. L'analyse des profils thermiques de la halde à résidus à texture fine (silt) démontre par ailleurs que la température à l'intérieur de celle-ci est non-uniforme. Le pergélisol est présentement en voie d'y prendre de l'expansion à la suite de son exposition au climat très froid et en raison du gradient thermique dans le sous-bassement rocheux.

### **MORPHO-SÉDIMENTOLOGIE DE CANYONS SOUS-MARINS SANS APPORT SÉDIMENTAIRE (POINTE-DES-MONTS, ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT)**

Normandeau, A.(1), P. Lajeunesse (1), G. St-Onge (2), P. Francus (3), D. Bourgault (2)

(1)Département de géographie, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6, (2)ISMER-UQAR, Rimouski, Québec, G5L 3A1, (3)INRS-ETE, Québec, Québec, G1K 9A9.

L'activité des canyons sous-marins est définie par la fréquence de courants gravitaires qui modifie leur architecture. En général, l'apport de sédiments est le principal facteur qui influence leur activité. Des études récentes ont toutefois démontré que des processus océanographiques tels que des cascades d'eau dense et des ondes internes peuvent aussi éroder et déposer des particules dans les canyons. Au large de Pointe-des-Monts, l'activité d'une série de canyons sous-marins a été étudiée afin de comprendre les facteurs qui déclenchent les courants gravitaires. Des données bathymétriques acquises en 2007 ont permis d'observer la présence de mégarides dans le thalweg des canyons. D'autres données acquises en 2012 ont démontré que les crêtes des mégarides s'étaient déplacées vers l'amont. De plus, des carottes de sédiments prélevées à même les cônes sous-marins ont révélé la présence de sable alors que les sédiments à cette profondeur sont typiquement constitués de silt fin. Les profils de densité, de susceptibilité magnétique et de granulométrie de ces carottes sont caractérisés par des faciès présentant un classement normal à inverse. L'analyse de lames minces révèle des sédiments essentiellement composés d'agrégats de silts arrondis et de particules grossières. La signature sédimentaire des carottes correspond à celle généralement associée à des courants hyperpycniaux. Or, les canyons de Pointe-des-Monts ne sont alimentés par aucune source de sédiments, qu'elle provienne d'une rivière, des courants littoraux ou de la remobilisation des sédiments sur le plateau côtier. Ces résultats suggèrent donc que d'autres mécanismes sont en jeu. Une hypothèse est que ces structures sédimentaires sont dues au déferlement d'ondes internes qui, sous certaines conditions, remettent en suspension les sédiments déjà présents dans les canyons et

qui évoluent en courant de turbidité. Le déplacement récent des mégarides soutient cette hypothèse puisque seuls des processus océanographiques peuvent modifier l'architecture des canyons en l'absence d'apport sédimentaire.

### **LE DÉVELOPPEMENT DURABLE APPLIQUÉ AU MILIEU ARCTIQUE : L'EXEMPLE DE MINE RAGLAN**

Pagé, J.(1)

(1)Directeur du développement durable à Mine Raglan, Glencore, [www.mineraglan.ca](http://www.mineraglan.ca)

Située à la hauteur du 62e parallèle, au Nunavik, Mine Raglan opère quelques-unes des mines de métaux de base parmi les plus riches au monde. Isolée de toutes ressources immédiates, la minière a su développer des pratiques et des procédés adaptés au milieu arctique dans lequel elle évolue depuis maintenant plus de 15 ans. Leader en développement durable, Mine Raglan collabore avec divers partenaires privés et publics afin d'améliorer constamment sa résilience face aux défis que comporte l'arctique, tant aux niveaux opérationnel, environnemental que sociétal. Pour répondre à ces enjeux, l'approfondissement de la compréhension du milieu arctique est un élément essentiel. De ce fait, Mine Raglan soutient différents projets de recherche lui permettant de préserver le milieu, notamment en procédant à des suivis environnementaux, à l'application de processus novateurs aux problématiques arctiques, de même qu'à l'implantation de solutions technologiques. La recherche et l'innovation sont des clés indissociables aux succès passés, actuels et futurs de Mine Raglan. Les collectivités inuites locales représentent également une composante incontournable du développement de Mine Raglan. De par l'Entente Raglan, signée en 1995, et d'autres mécanismes de communication, l'entreprise conserve un dialogue continu et ouvert avec les communautés du Nunavik. Elle intègre également de nombreux employés inuits au sein de sa main-d'œuvre, permettant l'enrichissement interculturel du milieu. La création de valeur commune et le développement de la capacité communautaire sont des piliers stratégiques pour assurer la bonne collaboration entre Mine Raglan et ses partenaires du Nunavik.

### **DÉTECTION DES CHANGEMENTS À COURT TERME DE LA TOUNDRA ARBUSTIVE PRÈS D'UMIUJAQ, NUNAVIK**

Provencher-Nolet, L.(1,3), M. Bernier(1,3) and E. Lévesque(2,3)

(1)Institut National de la Recherche Scientifique, Québec, Québec, G1K 9A9, (2)Département de chimie-biologie, UQTR, Trois-Rivières, Québec, G9A 5H7, (3)Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6

Le Québec subarctique subit depuis le milieu des années 1990 une hausse des températures moyennes annuelles. Une

des conséquences notables de ce réchauffement est le changement marqué dans l'étendue, la composition et la distribution de la végétation. Les arbustes à feuilles caduques sont particulièrement touchés et réagissent par une croissance verticale accrue et par une densification du couvert. Plusieurs études relatent une hausse de l'activité photosynthétique à une échelle globale voir régionale par télédétection (ex. Myeni et al.1997; Olthof et al, 2008), mais peu d'informations existent sur les taux d'arbustification à l'échelle locale et sur la distribution spatiale des changements. L'objectif de cette étude est ainsi d'évaluer s'il y a eu des changements de végétation au cours des 20 dernières années dans la région d'Umiujaq au Nunavik, puis d'identifier, de quantifier et de spatialiser ces changements. Pour ce faire, l'analyse de séries de photographies aériennes couleurs à très haute résolution spatiale (15cm), acquises par le Gouvernement du Québec et couvrant les années 1994 et 2010, permet de produire deux cartes de végétation détaillées de la région. Une approche par segmentation multi-résolution et par classification basée-objet, mieux adaptée à la haute résolution des images, est utilisée grâce au logiciel de traitement d'images eCognition. L'application d'une technique de détection de changement post-classification permet de superposer les cartes thématiques obtenues afin d'identifier et de quantifier l'ampleur des changements survenus sur le territoire à l'étude. La production d'une carte «avant-après» permet aussi de spatialiser la nature des changements détectés. Enfin, la superposition de cette dernière avec un MNT lidar à 1m de résolution spatiale permet de voir s'il existe une relation entre les changements observés et les caractéristiques topographiques locales (altitude, degré et orientation de la pente).

#### **SIVUNITSATINNUK ILINNIAPUNGA: LA PRATIQUE DE L'ARCHÉOLOGIE ET DE LA PHOTOGRAPHIE PAR LES JEUNES COMME TREMPLIN VERS LES ÉTUDES POSTSECONDAIRES**

Rahm, J.(1), P. Desrosiers(2), T. Weetaluktuk(3), and D. Gendron(2)

(1)Département de psychopédagogie, Université de Montréal, Québec, (2)Avataq Cultural Institute, Montréal, Québec, (3) Avataq Cultural Institute, Inukjuak, Québec

Cette communication portera sur un projet de recherche, Sivunitsatinnuk ilinniapunga (pour notre futur, je vais à l'école), qui implique une exploration des possibilités d'éducation postsecondaire à travers trois volet d'activités éducatives. Premièrement, une école de fouilles archéologiques a eu lieu l'été passé à Qikirtajuaq (île Smith), une activité rendue possible principalement grâce à une collaboration avec la Commission scolaire Kativik et le soutien d'Air Inuit et du projet ARUC. Cette collaboration est aussi à la base de la Semaine de l'archéologie (4ième

édition cette année) à Avataq au printemps, deuxième volet éducatif du projet. Cette activité donne la chance à un groupe d'étudiants ayant participé à la fouille de rencontrer des gens travaillant dans le domaine de la culture et d'acquérir des connaissances leur permettant d'envisager une carrière dans ce domaine. Un autre objectif est de donner la chance aux jeunes de voir comment les artefacts sont conservés et entreposés après la fouille. Des musées, des universités et des collèges font partie des institutions qui sont visitées durant cette semaine. Le troisième volet implique un projet de photographie participative mené par les jeunes, qui se terminera avec une exposition photo. Les jeunes de l'école de fouille ainsi que plusieurs élèves des classes du primaire et du secondaire de l'école Tukisiniarvik et leurs enseignants ont participé à la prise de photos et de vidéos suivant trois thèmes : l'archéologie, l'environnement, et la communauté. En novembre nous avons visité l'école durant une semaine et donné des ateliers sur l'archéologie dans les classes en plus de procéder avec les jeunes à une sélection de photos pour l'exposition en parascolaire. L'apport d'un tel projet exploratoire sera discuté, en termes de la visibilité de la jeune génération et de leur empowerment, qui pourrait se traduire dans des aspirations éducatives nouvelles.

#### **VARIATIONS SÉCULAIRES DU NIVEAU D'EAU DES LACS DE LA JAMÉSIE, QUÉBEC NORDIQUE**

Robitaille, M-J.(1), Y. Bégin(1) et É. Boucher(2)

(1)Centre Eau-Terre-Environnement, Institut National de la Recherche Scientifique et Centre d'études nordiques, Québec, Québec, G1K 9A9; (2)Département de géographie, Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec, H3C 3P8

Les registres instrumentaux servant à évaluer les apports en eau pour la production hydro-électrique au Québec sont de relative courte durée (moins de 40 ans) et les stations d'enregistrement sont peu nombreuses et distribuées de façon sporadique. Un examen d'ensemble des hydrogrammes révèle que la période entre 1963 et 1982 a été marquée de hautes eaux, alors qu'entre 1983 et 2005, la faible hydraulité a inquiété les producteurs d'énergie. Comme ces grandes variations sont consistantes dans le temps et l'espace, elles répondent certainement à des conditions naturelles qu'il faut chercher à comprendre. S'agit-il de variations négatives ou positives autour d'une tendance séculaire ou d'un véritable changement de régime? Pour cerner cette question, on doit allonger la période instrumentale au moyen de données indirectes en utilisant des archives naturelles. Cette recherche vise à utiliser les indicateurs dendrochronologiques et géomorphologiques de variations de niveaux de trois lacs du Haut-Boréal québécois pour évaluer la tendance des apports en eau à l'échelle des derniers siècles. Objectifs: L'objectif général de

la recherche est de déterminer l'historique et la tendance des variations de niveau d'eau des lacs Mirabelli, Miron et Ouescapis. Il s'agit de lacs de superficie moyenne dont le temps de réponse aux variations hydro-climatiques permet l'inscription des niveaux d'eau sur les rives par des formes de terrain révélatrices et des marqueurs dendrochronologiques. Méthodologie: 1) Une typologie des indicateurs sera élaborée et un plan d'échantillonnage stratifié en fonction de la géomorphologie et des formations écologiques riveraines sera établi. 2) Le matériel récolté fera l'objet d'une analyse fine en laboratoire (cartographie thématique, dénombrement et mesure des cernes d'arbres, analyse densitométrique). 3) Le traitement des données comportera l'établissement de chroniques séculaires à résolution annuelle au moyen des indicateurs dendrochronologiques, leur calibration au moyen des registres instrumentaux et la reconstitution quantitative des niveaux d'eau conséquente.

#### **DYNAMIQUE HOMME-ENVIRONNEMENT AU NORD-EST DE L'ISLANDE DEPUIS LE PETIT ÂGE GLACIAIRE : UNE APPROCHE INTERDISCIPLINAIRE**

Roy, N.(1), Dupont-Hébert, C.(2), N. Bhiry(1) et J. Woollett(2)

(1)Centre d'études nordiques et Département de géographie, Université Laval, Québec, G1V 1A0, (2)Centre d'études nordiques et Département des sciences historiques, Université Laval, Québec, G1V 0A6

Les écosystèmes terrestres de l'Islande ont subi plusieurs modifications liés aux changements climatiques au cours du dernier millénaire dont le Petit Âge glaciaire (PAG: 1550-1850 AD). Bien que le climat soit considéré comme le principal facteur des changements environnementaux observés, l'Homme a pris part à ces changements bien avant le PAG. L'arrivée des Norrois (871-930 AD) a exacerbé la transformation du paysage. L'exploitation intensive du bouleau, le développement d'un système agricole et l'introduction du bétail domestique (ex: mouton) ont tous joué un rôle majeur dans la métamorphose du paysage islandais. La région d'étude, la ferme de Svalbarð, est située dans la région du Þistilfjörður, au nord-est de l'Islande. Cette ancienne ferme est considérée comme l'un des plus grands lieux d'élevages de moutons de la région et a été utilisée de façon continue depuis au moins le milieu du 11<sup>e</sup> siècle. Plusieurs fermes temporaires et/ou secondaires ont autrefois occupé les terres de Svalbarð dont la ferme de Hjalmarvík. Selon les résultats zooarchéologiques préliminaires, les changements économiques de cette ferme résulteraient davantage d'une réorganisation politico-économique à l'intérieur du district plutôt que d'un stress climatique. La question qui se pose est: dans quelle mesure l'Homme a pu modeler son environnement et ses stratégies économiques pour s'adapter aux changements climatiques ou pour répondre à un besoin spécifique? Dans le but de

retracer la réponse des communautés rurales islandaises aux changements environnementaux passés, une approche interdisciplinaire combinant la paléoécologie, la chronostratigraphie et la zooarchéologie a été appliquée à la ferme de Hjalmarvík pour la période correspondant au PAG. Les résultats intégrés permettent de reconstituer les schèmes d'établissement et d'exploitation des ressources et d'évaluer l'impact du climat sur le choix des stratégies d'adaptation. Enfin, ils démontrent la pertinence d'une approche intégrée et multidisciplinaire dans l'étude des relations complexes entre l'Homme et son environnement en milieu nordique.

#### **CARACTÉRISATION ÉCO-GÉOMORPHOLOGIQUE DU PERGÉLISOL, BEAVER CREEK (YUKON) : IMPLICATIONS POUR LES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES SUR PERGÉLISOL**

Sliger, M.(1,2) et Fortier, D.(1,2,3)

(1)Département de géographie, Université de Montréal, Montréal, Québec, H2V 2B8, (2)Centre d'études nordiques, Université Laval, 2405, rue de la Terrasse, Québec, Québec, G1V 0A6, (3)Institute of Northern Engineering, University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, Alaska 99775-5910, USA

La section de route test de l'Alaska Highway à Beaver Creek (Yukon) vise à tester l'efficacité de diverses méthodes de préservation du pergélisol sous-jacent. De récents travaux ont pointé la complexité du terrain d'étude comme un facteur pouvant potentiellement compromettre la qualité du suivi de performance des installations. L'ensemble du terrain environnant présente un aspect ondulé à pentes faibles. Il décrit une succession de buttes et de creux de faible amplitude (<15m); représentant la topographie générale d'une moraine de décrépitude mise en place suite au maximum d'extension glaciaire de Mirror Creek (>40ka). Depuis sa déglaciation, la longue morphogénèse du terrain a favorisé l'accumulation syngénétique de silt éolien et de matière organique. Au cours de l'Holocène, la spéciation des différentes unités géomorphologiques initiales a évolué en unités écologiques spécifiques. Au travers les différentes unités éco-géomorphologiques, la chaleur ainsi que l'eau adoptent maintenant des comportements bien spécifiques. Une cartographie éco-géomorphologique a été élaborée. Les caractéristiques statiques et dynamiques de la partie supérieure du pergélisol ont été mesurées durant les deux dernières années. Les résultats ont permis de poser les trois hypothèses suivantes : 1) les variations de la température, de la stabilité et de la vulnérabilité du pergélisol sont étroitement liées aux unités éco-géomorphologiques, 2) la morphogénèse de chaque unité éco-géomorphologique est en relation rétroactive avec les qualités du pergélisol sous-jacent et, 3) dans un contexte de changement climatique ou de changement d'utilisation du terrain, la dégradation du pergélisol s'effectuera à des taux différents au sein des unités éco-géomorphologiques. Nos études démontrent que

les unités éco-géomorphologiques à l'interface infrastructure/pergélisol répondent de façon différentielle aux perturbations du terrain. À terme cette approche permettra de réaliser des cartes de vulnérabilité des infrastructures linéaires de transport en région de pergélisol et de développer des stratégies d'adaptation tenant compte des conditions éco-géomorphologiques locales.



**COLLOQUE DU CEN 2014**  
**PROGRAMME - COMMUNICATIONS PAR**  
**AFFICHES**

**INVESTIGATION CRYOHYDROGÉOPHYSIQUE  
D'UN BASSIN VERSANT PERGÉLISOLÉ À  
UMIUJAU AU QUÉBEC NORDIQUE (# 25)**

Banville, D.(1,3), R. Fortier. (1,3), C. Dupuis(1) et D. Fortier(2,3)

(1)Département de géologie et de génie géologique, Université Laval, Québec (Québec), G1V 0A6, (2)Département de géographie, Université de Montréal, Montréal (Québec), H3C 3J7, (3)Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec (Québec), G1V 0A6

Un réseau d'observation des eaux souterraines connu sous le nom Immatsiak a été installé récemment dans un petit bassin versant de 2 km<sup>2</sup> en zone de pergélisol discontinu près de la communauté inuite d'Umiujaq au Québec nordique. Ce réseau fournit une opportunité unique d'évaluer les impacts des changements climatiques et de la dégradation du pergélisol sur la qualité et la disponibilité des eaux souterraines comme source potentielle d'eau potable. Le principal objectif de l'investigation cryohydrogéophysique est de produire un modèle géologique tridimensionnel du bassin versant à partir d'une approche géophysique basée sur l'utilisation de plusieurs méthodes complémentaires. Ce modèle géologique servira à simuler numériquement l'impact du réchauffement climatique sur la dégradation du pergélisol et l'écoulement des eaux souterraines. Des travaux de terrain ont été effectués à l'été 2013 pour brosser un portrait cryohydrogéophysique préliminaire des dépôts quaternaires pergélisolés du bassin versant à l'aide de deux méthodes géophysiques: des profilages de polarisation provoquée et des sondages électromagnétiques transitoires. Des coupes cryohydrostratigraphiques de très bonne qualité ont été produites à partir de l'inversion des profilages de polarisation provoquée. Cependant, des résultats mitigés ont été obtenus avec la méthode électromagnétique car les signaux recueillis étaient contaminés par un signal parasite causé par la polarisation du milieu. Grâce à des tests réalisés cet automne dans la région de Portneuf, il est possible d'éliminer ce signal parasite en modifiant la configuration expérimentale. Lors des travaux de terrain prévus à l'hiver et à l'été 2014 comprennent: de nouveaux sondages électromagnétiques transitoires, des profils de géoradar, de la tomographie de sismique réfraction, des profilages de polarisation provoquée et de résistivité par couplage capacitif. Ces cinq méthodes ont des avantages et des limitations propres qui les rendent complémentaires pour investiguer les différents environnements géologiques du bassin versant. Cette approche géophysique permettra d'atteindre les objectifs ambitieux de ce projet.

**ÉVOLUTION COUPLÉE DE LA NEIGE, DU  
PERGÉLISOL ET DE LA VÉGÉTATION  
ARCTIQUE ET SUBARCTIQUE (# 26)**

Barrere, M.(1,2), F. Domine(3), D. Sarrazin(4) et S. Morin(2)

(1)Département de géographie, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6, (2)CNRM-GAME/CEN, Saint Martin d'Hères, France, (3)Takuvik Joint International Laboratory, Université Laval, Québec, Canada, (4)Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6

Une des conséquences du changement climatique est la modification du couvert végétal, ce qui affecte les propriétés physiques de la neige, notamment son pouvoir isolant. Cet effet peut fortement altérer le régime thermique du pergélisol et accélérer ou ralentir son dégel. Afin de quantifier ces phénomènes, nous avons installé des stations de mesure de la conductivité thermique de la neige dans deux endroits proches d'Umiujaq, présentant des végétations de type toundra arbustive et taïga. La température et la teneur en eau du sol sont également mesurées, ainsi que les variables météorologiques destinées à forcer des modèles de neige et de surface continentale. Les résultats sur l'année 2013 montrent des grandes différences dans les propriétés physiques de la neige des deux sites d'étude. En limitant l'érosion éolienne de la neige, la végétation de taïga favorise la formation d'un manteau neigeux épais et le développement de givre de profondeur à faible conductivité thermique, aux dépens de croûtes de neige ventées à forte conductivité thermique. Ainsi, la neige de taïga a tendance à limiter le refroidissement hivernal du sol, alors que le gel du sol de toundra est très marqué. Nous avons aussi effectué des simulations à l'aide du modèle de neige Crocus, forcé par les données de réanalyse ERA-Intérim. En prenant en compte les effets de la végétation sur la compaction de la neige, les sorties de modèle montrent l'importance de ces effets sur les propriétés physiques de la neige, et les conséquences sur le régime thermique du sol. En conclusion préliminaire, nous pouvons déjà affirmer que le régime thermique du pergélisol est très dépendant du couvert végétal, à cause d'une rétroaction neige-végétation-pergélisol très positive. L'augmentation du nombre de mesures nous permettra d'améliorer un modèle numérique de surface continentale avec un module détaillé de neige. Ce modèle sera utilisé pour quantifier les rétroactions identifiées, et de prévoir plus précisément l'évolution du pergélisol.

## **LA GLACE DE GLACIER ENFOUÏE DANS LE PERGÉLISOL : CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE (# 35)**

Coulombe, S.(1), D. Fortier(1), et D. Lacelle(2)

(1)Département de géographie et Centre d'études nordiques, Université de Montréal, Montréal, Québec, H2V 2B8; (2) Département de Géographie, Université d'Ottawa, Ottawa, Ontario, K1N 6N5

La glace massive représente une catégorie distincte parmi les types de glace qu'il est possible de retrouver dans le pergélisol. La formation de la glace massive dans le pergélisol peut résulter de la cryosuction/ségrégation ou de l'enfouissement de portions de glacier par des sédiments d'origine diverses (e.g. mouvement de masse, fluvio-glaciaire). Il demeure difficile d'établir une distinction claire entre ces deux types de glace sur la base de simples observations géomorphologiques de terrain. Afin de déterminer des critères permettant d'identifier la glace de glacier enfouie dans le pergélisol, nous avons procédé à la caractérisation physico-chimique des cryostructures de glace massive observée à l'île Bylot, Nunavut. Combinée à une description cryostratigraphique, la glace est caractérisée par 1) l'analyse de la structure interne à partir de la scanographie (CT-scan); 2) la cristallographie à l'aide d'un polariscope ; 3) la signature isotopique (O, H) par équilibration H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>. Les résultats préliminaires ont permis l'identification de deux types de glace de glacier enfouie dans le pergélisol: 1) Glace de glacier provenant du métamorphisme de la neige: glace transparente à blanchâtre, larges cristaux (cm) orientés aléatoirement, bulles d'air à l'interface entre les cristaux et 2) Glace basale de glacier provenant du regel d'eau et de sédiments à la base du glacier: glace transparente, petits cristaux (mm), faible quantité de bulles d'air (< mm), petits agrégats (mm) composés de silt, sable et graviers suspendus dans la glace ou stratifiés en minces bandes (mm). Les cryostructures de la glace massive étudiée à l'Île Bylot présentent de très grandes similarités avec les cristaux et les faciès de la glace observées sur des glaciers de vallée modernes du haut-arctique (Île Bylot, Ellesmere, Alaska). Les résultats de cette étude permettront d'établir des critères diagnostiques afin de faciliter l'identification future de ce type de glace sur le terrain.

## **EVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DU PERGÉLISOL ALPIN MARGINAL AU SOMMET DU MONT JACQUES-CARTIER (1270 M, MASSIF DES CHIC-CHOCS, QUÉBEC) (# 27)**

Davesne, G.(1) and D. Fortier(1)

(1)Département de géographie et Centre d'études nordiques, Université de Montréal, Montréal, H2V 2B8

Les hauts plateaux du massif des Chic-Chocs s'apparentent à des microcosmes où les conditions topo-climatiques sont réunies pour qu'un écosystème semblable à celui des

régions de toundra arctique s'y développe. La présence d'un pergélisol alpin marginal a été attestée à la fin des années 1970 par Gray et Brown (1979, 1982) suite à l'installation d'un câble à thermistances dans un forage de 30 mètres. À cet égard, les hauts plateaux du massif des Chic-Chocs, et en particulier le Mont Jacques-Cartier (plus haut sommet du sud du Québec avec 1270 m), constituent un observatoire scientifique unique pour étudier les bouleversements qui affectent les milieux froids. Ce projet de recherche a pour objectifs de dégager les paramètres de contrôle du pergélisol alpin présent au Mont Jacques-Cartier, ainsi que d'en comprendre les réponses face aux changements climatiques récents. Cette démarche est primordiale pour ensuite anticiper son évolution future et dresser un diagnostic des impacts potentiels que sa dégradation impliquerait sur l'équilibre précaire du géosystème alpin du sommet. Grâce aux 35 années de données thermiques fournies par le câble à thermistances - faisant du Mont Jacques-Cartier le site disposant d'un des plus longs suivis thermiques du pergélisol en Amérique du Nord - le réchauffement récent du pergélisol et l'approfondissement de la couche active ont pu être clairement établis. Depuis décembre 2012, le suivi continu des températures de surface du sol (GST) par 20 capteurs installés sur le plateau sommital a permis de dégager le rôle des paramètres environnementaux (e.g. végétation, géomorphologie, nature du sol, topographie) et climatiques (e.g. température de l'air, couvert de neige, vent, radiation solaire) sur l'évolution spatio-temporelle du pergélisol. L'étude fait notamment un focus sur le rôle du couvert nival dont la très faible épaisseur sur le plateau sommital est un facteur majeur expliquant la présence d'un pergélisol au Mont Jacques-Cartier.

## **RECHERCHE FONDAMENTALE ET APPLIQUÉE SUR LE PERGÉLISOL : UNE VISION D'ENSEMBLE (# 28)**

De Grandpré, I.(1,2), Fortier, D.(1,2,3)

(1)Département de géographie, Université de Montréal, Montréal, Québec, H2V 2B8, (2)Centre d'études nordiques, Université Laval, 2405, rue de la Terrasse, Québec, Québec, G1V 0A6, (3) Institute of Northern Engineering, University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, Alaska 99775-5910, USA

Les changements climatiques affectent les environnements périglaciaires de façon importante. Cependant, l'évolution climatique des milieux nordiques ainsi que ses conséquences sur les écosystèmes et l'activité humaine sont très différents d'un endroit à l'autre. Dans cette optique, le laboratoire de géomorphologie et de géotechnique des régions froides a opté pour une approche globale en étudiant la dynamique des géosystèmes circumpolaires de l'hémisphère nord (Canada, Alaska, Russie) le long de transects d'importances (5000 km Nord-Sud et plus de 6000 km Est-Ouest). Ainsi, les projets de recherche du laboratoire recouvrent différentes zones de pergélisol (sporadique, discontinu,

continu, de montagne, côtier) à travers différents géosystèmes (désert polaire, haut-arctique, subarctique, environnement boréal). Cette approche permet à la fois de résoudre des problématiques précises reliées aux différents sites d'étude tout en ayant une excellente perception des changements environnementaux qui affectent les différents types de pergélisol en fonction de l'histoire géologique et climatique locale. Les résultats obtenus à ce jour tendent à démontrer que chaque géosystème possède un comportement propre, et que des phénomènes similaires appliqués à ces différents environnements pourraient avoir des effets diamétralement opposés. Cette conclusion nous mène à pousser notre réflexion plus loin quant à l'interprétation de nos résultats et nous permettra de contribuer à la définition de nouveaux paradigmes de recherche en milieux froids.

### **DÉTECTION ET MODÉLISATION DES ÉVÈNEMENTS DE PLUIE SUR NEIGE DANS L'ARCTIQUE CANADIEN À PARTIR DE DONNÉES MICRO-ONDE PASSIVES MULTI-SOURCES (# 19)**

Dolant, C. et Langlois A.(1)

(1)Département de géomatique appliquée, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, J1K 2R1

Les événements extrêmes sont décuplés depuis quelques décennies avec l'apparition de vagues de chaleurs de plus en plus longues et intenses ainsi que l'apparition du phénomène de la pluie sur neige (Rain on Snow, ROS) modifiant le bilan énergétique et les propriétés physiques des surfaces enneigées et ayant des conséquences écologiques et hydrologiques sur la faune arctique par blocage de l'accès à la nourriture suite à la création d'une croûte de glace. Puisque les propriétés physiques de la neige se trouvent modifiées, il est utile de savoir si la neige humide est causée par la fonte ou par les ROS. Plusieurs études ont tenté de détecter les ROS à partir de télédétection, en utilisant des données micro-ondes passives étant donné la sensibilité des températures de brillance aux propriétés diélectriques de la neige (humidité, densité et température). Ces études ont permis de discriminer les différents stades métamorphiques de la neige. De plus elles mettent en avant l'effet de la neige mouillée sur les températures de brillance (Tb). Bien que concluantes, elles restent assez limitées par manque d'information liée aux données in situ. En effet pour observer une récurrence climatique il est nécessaire d'avoir des données météorologiques et des données sur les propriétés physiques de la neige en continue afin d'avoir la meilleure représentation possible du phénomène. Ce projet consiste à l'élaboration d'un algorithme satellite de détection du ROS dans l'Arctique canadien afin de connaître la tendance future. Une des problématiques est la discontinuité des données météorologiques qui ne permet pas un bon suivi des épisodes sporadiques de ROS. La

relation entre les ROS et les Tb nous permettra de détecter sur des images antérieures (SSMR, SSM/I, AMSR-E et AMSR) la présence ou non du ROS et savoir si celui-ci est en progression depuis 1978 ainsi que l'amélioration de la modélisation future.

### **DYNAMIQUE SPATIALE DE L'ÉPIDÉMIE DE LA TORDEUSE DES BOURGEONS DE L'ÉPINETTE SUR LA CÔTE-NORD : UNE APPROCHE DE TÉLÉDÉTECTION (# 14)**

Dorion, H.(1), M. Simard(1) et S. Daniel(2)

(1)Centre d'études nordiques et Département de géographie, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6, (2)Centre de recherche en géomatique, Département de géomatique, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6

Depuis 2006, la région de la Côte-Nord est affectée par une épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*, TBE). Les superficies forestières affectées doublent annuellement et l'épidémie de la TBE affecte maintenant la pessière noire à mousse plus intensément qu'autrefois. Bien que la biologie, l'écologie et l'épidémiologie de la TBE soient bien documentés, on cerne encore difficilement les facteurs qui contrôlent l'intensité des infestations à l'échelle régionale. Les objectifs de ce projet sont (1) de cartographier, à l'aide de l'imagerie satellitaire, l'étendue et la sévérité des infestations récentes de la TBE sur la Côte-Nord et (2) d'identifier les facteurs environnementaux expliquant l'intensité des infestations de la TBE à l'échelle du paysage. Des images Landsat acquises en 2005 (année pré-épidémie) et en 2013 (année du travail de terrain) ont été utilisées pour quantifier la défoliation cumulée et la mortalité des arbres causées par la TBE en utilisant une approche de détection des changements, c'est-à-dire en calculant les différences entre une image de base (2005) et une image pendant l'épidémie (2013) sur lesquelles des indices de végétation ont été préalablement calculés (dNBR, difference normalized burn index; MSI, moisture stress index; NDII, normalized difference infrared index). Cette carte de défoliation, validée par des données terrain (n = 77 sites), a permis de quantifier spatialement l'intensité des infestations. Cette variable a été à son tour mise en relation avec des variables de site (pente, exposition, altitude, dépôts de surface, etc.) et de paysage (topographie générale, types forestiers avoisinants, etc.) à l'aide d'analyses de régression. Une carte de défoliation validée par les données de défoliation observées sur le terrain a été produite à partir de l'image de différence de l'indice de végétation du MSI (ajustement modèle : pseudo-R<sup>2</sup>=0,65; p < 0,0001; validation modèle : R<sup>2</sup>=0,57; p < 0,0001). L'analyse par régressions des facteurs influençant l'intensité de la défoliation est actuellement en cours.

l'Université Laval, suivant le montage expérimental de Côté et Konrad (2005).

## **CARACTÉRISATION DU PERGÉLISOL PAR LE BIAIS D'UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE: ESTIMATION DE LA CONDUCTIVITÉ THERMIQUE À L'AIDE DE LA TOMODENSITOMÉTRIE (# 23)**

Ducharme, M-A.(1,2), M. Allard(1,2), J. Côté(3) et E. L'Hérault(2)

(1)Département de géographie, Faculté de foresterie, géographie et de géomatique, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6, (2)Centre d'études nordiques, Québec, Québec, G1V 0A6, (3)Département de génie civil et de génie des eaux, Faculté des sciences et de génie, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6

Des exigences structurales et thermiques sont à considérer lors des constructions nordiques et exigent une connaissance précise des propriétés thermiques et géotechniques du pergélisol. Ces propriétés sont également nécessaires afin d'alimenter les modèles de prédiction de dégel et de transfert de chaleur. Des études antérieures ont démontré le grand potentiel de la tomodensitométrie comme outil de mesure. L'utilisation du CT-scan permet de classer et de mesurer les volumes des composants du pergélisol, à savoir les sédiments (solide), la glace et les gaz (vide). Cette nouvelle technologie permet également la visualisation de l'organisation structurale du pergélisol (cryostructure). Une nouvelle approche pour mesurer la conductivité thermique du pergélisol est en cours de développement combinant des modèles de conductivité thermique éprouvés (Schwerdtfeger, 1963; Farouki, 1981; Côté et Konrad, 2005) et des analyses de tomodensitométrie. Les objectifs de mon étude sont : (1) présenter l'application d'une approche novatrice et non destructive par CT-scan pour estimer la conductivité thermique des échantillons de pergélisol non perturbés et (2) de valider les résultats calculés à partir de l'analyse d'image CT-scan avec un montage expérimental (fluxmètre) mesurant la conductivité thermique de l'échantillon. Je propose un modèle en trois étapes qui intègre le type de sol, la porosité de la glace (volume d'air inclus) et la cryostructure des échantillons pour évaluer le potentiel de la méthode proposée. Pour ce faire, 20 échantillons de pergélisol ont été extraits de divers environnements sédimentaires (glaciaire, marin, organique, etc.) dans les régions du Nunavik et du Nunavut. Les échantillons de carottes sont analysés en utilisant un scanner médical (Siemens Somatom 64 <sup>TM</sup>) à l'Institut National de la Recherche Scientifique (INRS) pour ainsi obtenir les données nécessaires aux modèles. Les tests de conductivité thermique sont réalisés au Laboratoire de géotechnique de

## **CARACTÉRISATION DE LA HAUTEUR DE LA VÉGÉTATION ARBUSTIVE EN MILIEU SUBARCTIQUE À L'AIDE DES SATELLITES RADARSAT-2 ET TERRASAR-X (# 15)**

Duguay, Y.(1,3), M. Bernier(1,3), E. Lévesque(2,3) et B. Tremblay(2,3)

(1)Institut National de la Recherche Scientifique, Québec, Canada, (2)Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Canada, (3)Centre d'études nordiques, Québec, Québec, G1V 0A6

L'augmentation de la strate arbustive observée dans les milieux arctiques et subarctiques depuis les dernières décennies est un phénomène complexe ayant des répercussions importantes sur ces environnements. La télédétection est utilisée depuis de nombreuses années pour cartographier l'étendue des divers types de couverts végétaux grâce à leurs propriétés de réflectance dans le spectre visible et proche infra-rouge. Par contre ces méthodes comportent certaines limites et ne permettent pas d'estimer adéquatement la croissance verticale des arbustes. Les satellites Radars à synthèse d'ouverture (RSO) permettent, entre autres, de fournir des informations sur la structure verticale des objets observés et sont considérés dans le cadre de cette étude pour l'estimation de la hauteur de la végétation arbustive. La zone d'étude couvre un territoire de 60 km<sup>2</sup> près du village d'Umiujaq au Nunavik. Des séries d'images RADARSAT-2 et TerraSAR-X ont été acquises entre octobre 2010 et avril 2012. Des campagnes de mesure terrain à l'été 2009 ont permis de recueillir des données sur les caractéristiques de la végétation. La rétrodiffusion radar est comparée aux mesures de hauteur de végétation pour évaluer la réponse du signal en fonction de la polarisation, de l'angle d'incidence, de la fréquence de l'onde et la date d'acquisition. Les résultats préliminaires démontrent que RADARSAT-2 (fréquence plus faible) présente une meilleure sensibilité à la hauteur de végétation, surtout en polarisation croisée (HV). L'effet du couvert nival qui recouvre la végétation en hiver est relativement faible, le signal radar affiche une légère diminution de la sensibilité ainsi qu'une perte de corrélation avec la hauteur de végétation. Le signal en bande X (TerraSAR-X) semble saturer plus rapidement en présence de végétation plus haute. Des analyses complémentaires permettront de comprendre l'effet de la nature et de l'état du sol sur le signal afin d'élaborer une méthode d'estimation de la hauteur de la végétation à l'aide de données RSO.

## **STABILISATION THERMIQUE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT UTILISANT DES SURFACES DE REVÊTEMENT À ALBÉDO ÉLEVÉ (# 24)**

Dumais, S. et G. Doré(1)

(1)Département de génie civil et Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6

Les surfaces de revêtement routier à albédo élevé peuvent être utilisées afin de réduire l'absorption de chaleur par la surface de la route, et ainsi limiter les dégradations du pergélisol sous-jacent. Dans le cadre du programme de recherche en ingénierie nordique Arquluk de l'Université Laval, deux planches d'essai ont été réalisées et instrumentées en 2012 à Beaver Creek au Yukon et en 2013 à la Forêt Montmorency au Québec. Plusieurs surfaces à albédo élevé y ont été appliquées et instrumentées à l'aide de thermistances. Les données thermiques obtenues pour ces deux sites d'essai seront présentées afin de démontrer l'efficacité des surfaces à albédo élevé. À partir de ces données, des suggestions d'intervention ont été élaborées afin de stabiliser les remblais routiers nouveaux et existants construits sur pergélisol. L'auteur présentera des exemples d'intervention à l'aide de modélisation réalisée sur le logiciel TEMP/W. Ces exemples démontreront l'influence des surfaces à albédo élevé sur le régime thermique au sein des remblais routier et sur le pergélisol. Enfin, l'auteur présentera quelques recommandations techniques liées aux propriétés des surfaces à albédo élevé pour les chaussées revêtues.

## **DÉVELOPPEMENT D'UN CAROTTIER POUR LA CARACTÉRISATION IN-SITU DU PERGÉLISOL (# 36)**

Flécheux, C.(1), G. Doré(1) et L. Gosselin(2)

(1)Département de Génie Civil, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6, (2)Département de Génie Mécanique, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6

En milieu pergélisolé, les modifications environnementales telles que la construction d'infrastructures et les changements climatiques ont des répercussions sur le régime thermique du sol et peuvent entraîner une dégradation de ses propriétés mécaniques. La connaissance des caractéristiques du pergélisol est donc primordiale pour faire les bons choix lors des projets de construction, faire avancer les techniques de conception d'infrastructures et anticiper les éventuels problèmes liés aux changements climatiques. Actuellement, la mesure de la consolidation de fonte des sols gelés demande la mise en place d'une logistique lourde qui inclut notamment le prélèvement de carottes de sol et leur transport dans leur état d'origine pour analyse en laboratoire. L'objectif de ce projet, dans le cadre

du programme Arquluk (recherche en ingénierie du pergélisol), est de faciliter l'exécution des campagnes d'évaluation du tassement de fonte des sols gelés, en développant un outil de forage capable de réaliser ces essais in-situ. En partenariat avec le département de Génie Mécanique de l'Université Laval, un prototype a été construit. L'apparence extérieure de l'invention est celle d'un carottier avec tarière double. Il est modulaire pour faciliter le nettoyage ou le remplacement de ses composants et produit des carottes de trente centimètres de long. La fonte de la carotte de sol et son drainage, se font sur ses vingt premiers centimètres. La pression de drainage est choisie par l'utilisateur. L'eau drainée est évacuée en surface et le tassement de la carotte est lisible en surface. Toutes les actions décrites précédemment se font lors du forage, in situ. Les tests réalisés dans des barils de glace pure et de pergélisol synthétique ont permis de faire évoluer la conception initiale du carottier puis d'évaluer sa capacité de carottage ainsi que la fiabilité des essais de tassement de fonte. Cette invention est actuellement en instance de brevet.

## **RÉSEAUX SOCIAUX CHEZ DES BREBIS DU MOUFLON D'AMÉRIQUE (# 7)**

Gagné-Delorme, A.(1), M. Festa-Bianchet (1) et F. Pelletier (1)

(1)Département de biologie, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, J1K 2R1

L'organisation sociale nous renseigne sur les traits comportementaux adaptatifs qui ont été sélectionnés et, de ce fait, sur l'évolution des sociétés animales. Dans le cadre de cette étude, nous comparons des réseaux sociaux chez les femelles du mouflon d'Amérique (*Ovis canadensis*) selon trois types de données : composition de groupes, interactions sociales et fréquence d'événements de proximité entre individus. Pour ce faire, toutes les brebis en âge de se reproduire dans la population de Ram Mountain en Alberta ont été munies de colliers enregistrant des événements de proximité lorsque des individus sont à moins de 1,5 mètre. Nous sommes intéressés à savoir si l'utilisation d'une nouvelle approche pour enregistrer des interactions entre animaux, les colliers de proximité, concorde avec les méthodes plus traditionnelles pour étudier les systèmes sociaux en générant des réseaux sociaux. Avec la fréquence d'événements de proximité, nous voulons également identifier les facteurs expliquant les associations préférentielles entre les individus. Parmi les variables d'intérêt on retrouve l'âge, le rang de dominance, le statut reproducteur et le niveau d'apparentement. En identifiant les déterminants de la socialité, nous identifions les pressions évolutives qui ont façonné la structure sociale chez cet ongulé hautement grégaire.

## RÉPARTITION SPATIALE ET SUCCÈS REPRODUCTEUR DES OISEAUX DE PROIE NICHANT AU NORD-OUEST DE L'ÎLE DE BAFFIN, DANS UN CONTEXTE DE DÉVELOPPEMENT MINIER (# 8)

Galipeau, P.(1,2), J. Bêty(1,2) et A. Franke(3)

(1)Département de biologie, chimie et géographie et Centre d'études nordiques, Université du Québec à Rimouski, Québec, G5L 3A1(2) Centre d'études nordiques (3) Institut circumpolaire canadien

En tant que prédateurs au sommet de la chaîne alimentaire, les oiseaux de proie influencent le fonctionnement des écosystèmes et contribuent au maintien de la biodiversité des milieux nordiques. Dans l'Arctique, les facteurs environnementaux déterminant la répartition spatiale des rapaces sont toutefois peu connus. De plus, plusieurs types de changements environnementaux pourraient affecter leur habitat de reproduction dans un futur rapproché. On observe une croissance importante du développement industriel dans plusieurs régions propices à la reproduction des oiseaux de proies de l'Arctique. Notre projet vise à développer une nouvelle aire d'étude s'étendant sur plus de 10000 km<sup>2</sup>, au nord-ouest de l'île de Baffin, à Mary River, Nunavut. Cette zone est associée à un développement industriel minier de grande envergure. Notre principal objectif à court terme est d'améliorer la connaissance de l'écologie de la reproduction des rapaces dans cette région et de fournir des informations détaillées sur la répartition spatiale et le succès reproducteur des populations de faucon pèlerin (*Falco peregrinus*), de faucon gerfaut (*F. rusticolus*), de harfang des neiges (*Bubo scandiacus*) et de buse pattue (*Buteo lagopus*). Depuis 2011, un suivi est effectué durant l'été pour localiser les sites de reproduction et mesurer le succès reproducteur des oiseaux. Nous espérons ainsi décrire les patrons de répartition et identifier les facteurs qui influencent la sélection des sites de nidification et le succès reproducteur de ces espèces afin de construire des modèles qui expliquent et prédisent leur répartition à grande échelle spatiale. Ces modèles seront mis à la disposition des collaborateurs de l'industrie et agences gouvernementales pour améliorer la gestion et la conservation de ces espèces dans les régions particulièrement touchées par des perturbations environnementales. Notre projet s'insère dans le cadre d'une vaste étude qui examine l'écologie des rapaces arctiques dans le contexte des changements climatiques et du développement industriel.

## ICEMAP-250 : CARTOGRAPHIE AUTOMATISÉE À HAUTE-RÉSOLUTION DE LA PRÉSENCE DE GLACE (# 20)

Gignac, C.(1,2), É. Nadeau(1), M. Bernier(1,2), K. Chokmani(1,2), J. Poulin(1) et Y. Gauthier(1)

(1)Laboratoire de Télédétection, INRS-ETE, Québec, Québec, G1K 9A9, (2)Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6

Afin d'être en mesure de mieux comprendre et faire face aux impacts des changements climatiques sur la couverture de glace, il est capital que les décideurs aient accès à des outils adéquats leur permettant de suivre l'évolution du couvert et ce, à des échelles spatiales et temporelles fines. Parmi les outils existants, la cartographie basée sur l'imagerie satellitaire permet d'avoir un état des lieux et de faire un suivi temporel des conditions de glace. Les cartes réalisées à partir d'images MODIS, basées sur l'algorithme IceMAP (Hall et al. 2001), présentent une résolution fine (1km) ce qui constitue un avantage lors de la réalisation d'études à l'échelle locale. Le temps de revisite journalier de MODIS assure une fine résolution temporelle. Nous proposons d'adapter l'approche IceMAP afin de permettre l'atteinte d'une résolution spatiale de 250m. La méthode présentée repose sur le calcul de régressions linéaires entre les valeurs du « Normalized Difference Snow Index » (NDSI) et les valeurs de températures de surface de la glace (IST) au 1km. Physiquement, l'hypothèse posée est la suivante : « Plus on observe de neige au sein d'un pixel, plus la température de ce dernier risque d'être froide ». L'application préalable d'une désagrégation spatiale sur les données optiques (Luo et al. 2008) permet le calcul du NDSI à 250m. Ces valeurs sont ensuite injectées dans les équations de régression linéaire, permettant ainsi la création d'un jeu de données de températures de surface au 250m. La présence de glace est ensuite vérifiée via une approche de seuillage sur les valeurs de réflectances dans la bande rouge [ $>0,11$ ], sur le NDSI [ $>0,4$ ] et sur l'IST [ $<271,4K$ ]. Les résultats d'IceMAP-250 permettront d'effectuer un suivi de la dynamique du couvert de glace à l'échelle locale, ce qui, dans le contexte actuel de changements climatiques, est d'une grande pertinence.

## QUANTIFICATION DU PROCESSUS DE THERMO-ÉROSION DE LA GLACE MASSIVE DU PERGÉLISOL À PARTIR D'UN COIN DE GLACE INSTRUMENTÉ (ILE BYLOT, NU, CANADA) (# 29)

Godin, E. et D.Fortier (1,2)

(1)Département de Géographie, Université de Montréal, Montréal, QC, H2V 2B8, (2) Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec (Québec) Canada, G1V 0A6

Quarante-quatre ravins de thermo-érosion pouvant atteindre quelques centaines de mètres fractionnent la terrasse de polygones à coins de glace se trouvant dans la vallée du Glacier C-79. Ce fractionnement augmente le drainage des zones humides et modifie la connectivité hydrologique à l'échelle du bassin versant. Les transferts thermiques convectifs de l'eau de fonte vers la glace mènent à la formation de tunnels et au ravinement du pergélisol. La quantification de la convection thermique au sein des coins de glace permet de fournir des vitesses de thermo-érosion empiriques pour ce type d'environnement. Des expériences de thermo-érosion semi-dirigées ont été menées sur le terrain en 2013 sur (1) une surface de coin de glace tronquée et (2) dans une fissure ouverte de coin de glace. Des tiges graduées ont été installées et une quantité d'eau paramétrée s'est écoulée sur les surfaces de glace testées. Le débit et la température de l'eau ont été obtenus, ainsi que la vitesse d'ablation de la glace. Le coefficient de transfert de chaleur convectif a pu être calculé à partir de ces mesures. L'objectif de recherche est de quantifier le processus de thermo-érosion à partir des mesures obtenues sur le terrain et de les comparer à des données traitées avec un modèle numérique thermique, d'autres tests effectués en laboratoire et des valeurs tirées de la littérature. Les deux contextes d'expérimentation se produisent fréquemment lors des processus entraînant le développement des ravins. La détermination empirique du coefficient de transfert de chaleur convectif permettra de mieux modéliser numériquement le processus de thermo-érosion de la glace et ainsi de mieux estimer la réponse des champs de polygones à coins de glace aux changements des conditions de température du pergélisol et de ruissellement de surface dans le futur.

## **CARTOGRAPHIE DES RISQUES ET CAPACITÉ D'ADAPTATION DES COMMUNAUTÉS DU YUKON, CANADA (# 30)**

Benkert, B.(1), K. Kennedy(2), D. Fortier(3,4), A. Lewkowicz(5), G.Doré(4,6), et K. Grandmont(3,4)

(1)Northern Climate ExChange, Yukon Research Centre, Yukon College, YT, Canada, (2)Yukon Geological Survey, YT, Canada, (3)Département de géographie, Université de Montréal, QC, Canada, (4)Centre d'études nordiques, (5)Department of Geography, University of Ottawa, ON, Canada, (6)Département de génie civil et des eaux, Université Laval, QC, Canada

Les changements du climat représentent un défi important pour les collectivités du Nord, où les impacts du réchauffement climatique sont déjà ressentis dans plusieurs communautés. Le développement de stratégies d'adaptation constitue donc un moyen pour réduire les risques associés aux modifications des environnements nordiques causées par les changements climatiques. Ce projet étudie les risques liés à la dégradation du pergélisol et leurs impacts sur les paysages contemporains pour l'aménagement de

communautés du Yukon, dont Dawson, Mayo et Burwash Landing. Dans le but de produire des cartes de risques pour les collectivités, la méthodologie consiste d'abord à évaluer la vulnérabilité des sites étudiés en prenant en compte la géologie de surface, la topographie, l'hydrologie et les conditions du pergélisol, qui sont ensuite combinés à des projections de variabilité climatique (L'Hérault et al., 2013; Allard et al., 2010). Sur le terrain, des forages et des sondages superficiels permettent une analyse de la composition du sol et une caractérisation sommaire des conditions du pergélisol. Puis, des profils au géoradar et des relevés de résistivité électrique sont réalisés afin de déterminer l'étendue spatiale du pergélisol dans les zones à l'étude. Subséquemment, ces données sont utilisées en conjonction avec les résultats des analyses géotechniques réalisées en laboratoire sur les échantillons de sol (par ex. granulométrie, tassement au dégel) afin d'évaluer la sensibilité du pergélisol au dégel. Sur la base de ces données, une cartographie des risques est réalisée, présentant différentes classes de risques en fonction des conditions spécifiques du terrain et des risques géologiques potentiels contemporains et futurs. Les outils cartographiques produits au terme de ces travaux servent de guides pour l'évaluation de la vulnérabilité aux changements climatiques et pour l'intégration des connaissances scientifiques dans le processus de planification municipale et d'adaptation des communautés nordiques. L'Hérault E. et al. (2013). Rapport final. Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, Canada, 80 pp.; Allard, M. et al. (2010). Rapport final Salluit : s'adapter et croître. Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, Canada, 53 pp.

## **INFLUENCE DU CLIMAT SUR LE GAIN DE MASSE ESTIVAL DES AGNEAUX ET DES JUVÉNILES CHEZ LE MOUFLON D'AMÉRIQUE (# 9)**

Guillemette, S., F. Pelletier et M.Festa-Bianchet(1,2)

(1)Département de biologie, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, J1K 2R1, (2)Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, QC G1V 0A6

Les fluctuations temporelles en climat peuvent avoir des effets importants sur le développement des organismes et ultimement, affecter leur fitness. Chez les ongulés alpins et nordiques, la survie hivernale des jeunes est souvent conditionnelle à l'atteinte d'une masse suffisante à la fin de l'été. Les jeunes individus sont particulièrement sensibles aux variations de ressources alimentaires. Ainsi, le climat pourrait indirectement influencer leur gain de masse estival par des effets sur la végétation, puisqu'ils dépendent d'une courte saison de croissance de la végétation pour accumuler une masse automnale leur permettant de survivre aux hivers rigoureux. Le but de ce projet est donc d'investiguer : 1) Les corrélations entre l'oscillation décennale du Pacifique

(PDO; un indice de climat global), le NDVI (un paramètre représentatif de la biomasse végétale), puis différents paramètres d'azote fécal. 2) L'effet du PDO sur le gain de masse estival et la survie des agneaux et des juvéniles. Pour ce faire, j'utiliserai 40 ans de données du suivi à long terme des mouflons à Ram Mountain (Nagneaux= 807, Njuvéniles =558). Ce suivi individuel détaillé me permettra en plus de considérer l'effet de la densité de population, de l'identité maternelle et de la date de naissance. Cette étude permettra donc de déterminer de quelle façon le climat se répercute sur les variables environnementales à notre aire d'étude et comment il influence le gain de masse estival des jeunes et se répercute sur leur survie hivernale. Cette étude est aussi un test de l'efficacité du PDO à prévoir différents paramètres écologiques de la population étudiée.

### **MORPHO-STRATIGRAPHIE DE MOUVEMENTS DE MASSE SOUS-MARINS EN CHARLEVOIX, ESTUAIRE MOYEN DU SAINT-LAURENT : POTENTIELLES INTERACTIONS AVEC LA CÔTE? (# 4)**

Joyal, G.(1), P. Lajeunesse(1), Locat, J.(2) et Turmel, D(2)

(1)Département de géographie et Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6, (2)Département de géologie et de génie géologique, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6

La région de Charlevoix possède une longue séquence sédimentaire quaternaire et a été soumise à plusieurs séismes historiques de magnitude supérieure à M 5. En milieu marin, un complexe de mouvements de masse identifié dans les secteurs de Cap-au-Corbeau et de St-Irénée pourrait être lié aux séismes historiques et également présenter un risque de rétrogression vers le trait de côte. Nous présentons ici des résultats issus d'échosondeurs multifaisceaux (Reson Seabat 8101, 250 kHz), de sonar bathymétrique interférométrique (GeoAcoustic GeoSwath, 250 kHz) et de profileurs de sous-surface (Applied Acoustics Squid 2000; Locat et al., 2011) acquis entre 2011 et 2012 à bord des navires de recherche N/R Louis-Edmond-Hamelin et N/R Coriolis II. Ces données ont permis de cartographier la morphologie complète de surface et les structures internes des mouvements de masse subaquatiques situés à moins de 70 mètres de profondeur. En milieu terrestre, des levés LiDAR aéroportés complètent la couverture géomorphologique 3D à haute résolution. Cette nouvelle cartographie intégrée terre-mer à haute résolution a permis de définir: 1) les zones de rétrogression maximale des glissements; 2) les éléments géomorphologiques dans les zones sous-marine très peu profondes qui témoignent d'une continuité marine-terrestre des complexes de mouvements de masse subaquatiques et 3) le risque d'interactions potentielles entre les glissements sous-marins et le domaine terrestre selon la nature du trait de côte et la morphologie de la zone

infralittorale. En plus, elle permet d'identifier les processus impliqués dans la remobilisation sédimentaire récente par des mouvements de masse en Charlevoix. Dans ce secteur à fort développement touristique axé sur la zone côtière, il est essentiel d'identifier les liens potentiels entre les mouvements de masse sous-marins et la zone côtière dans le but de mieux cartographier le risque associé aux mouvements de masse sous-marins.

### **LA PREMIÈRE CARTOGRAPHIE À HAUTE RÉOLUTION DE LACS ARCTIQUES: PALÉO-ENVIRONNEMENTS ET PALÉO-SISMICITÉ HOLOCÈNES À CAPE BOUNTY (ÎLE MELVILLE, NUNAVUT) (# 12)**

Joyal, G. (1), A. Normandeau (1) P. Lajeunesse (1), P. Francus (2), S. Lamoureux (3)

(1)Laboratoire de géomorphologie marine (LGM), Centre d'études nordiques & Département de géographie, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6, (2) Institut national de recherche scientifique, Centre Eau-Terre-Environnement (INRS-ETE), Québec, Québec, G1K 9A9, (3) Environmental Variability and Extremes Laboratory (EVEX) & Department of geography, Queen's University, Kingston, Ontario, K7L 3N6

Plusieurs études récentes ont montré le grand potentiel des techniques d'hydroacoustique marine, notamment la bathymétrie multifaisceaux, appliquées aux reconstitutions paléo-environnementales et des catastrophes naturelles dans les bassins sédimentaires lacustres. L'utilisation combinée de données bathymétriques à haute résolution ainsi que des profils de sous-surface permet respectivement de cartographier précisément la géomorphologie et les unités sismo-stratigraphiques des bassins lacustres, en plus de déterminer des zones précises d'échantillonnage par carottage de chaque unité sédimentaire. Cependant, une telle approche n'a jusqu'à maintenant jamais été employée dans l'étude de lacs arctiques. Une mission entreprise à l'été 2013 sur East Lake, sur l'Île Melville dans l'Ouest de l'Archipel arctique canadien, a permis de cartographier pour la première fois un lac arctique à haute résolution spatiale (1 m) avec un sonar bathymétrique interférométrique (250 kHz) et d'acquérir des données sismo-stratigraphiques à l'aide d'un profileur de sous-surface (CHIRP 12 kHz). Les levés hydroacoustiques ont été réalisés à bord d'une embarcation gonflable de type zodiac, où étaient déployés en alternance les deux systèmes d'acquisition. Les résultats préliminaires de cette mission montrent un grand potentiel pour l'acquisition rapide de données de grande qualité pour l'analyse 1) des processus de mouvements de masse, de leur répartition et de leur chronologie ainsi que 2) des unités sédimentaires et de l'évolution postglaciaire des bassins lacustres arctiques en lien avec les facteurs climatiques. La phase 2 de ce projet aura lieu à l'été 2014 et permettra de compléter la couverture cartographique d'East Lake, retardée à cause de la présence de glace sur le lac à la fin de l'été 2013, et de cartographier le deuxième lac du secteur,



West Lake. Enfin, cette approche combinant l'hydroacoustique marine à la récolte de carottes de sédiments dans les lacs arctiques propose de nouvelles avenues de recherche, notamment grâce à la possibilité de réaliser des cartes bathymétriques détaillées et de cartes d'isopaques basées sur la collecte d'échantillons rigoureusement géopositionnés.

### **CONDITION CORPORELLE ET REPRODUCTION DANS L'ARCTIQUE: LES FAUCONS PÈLERINS EN MEILLEURE CONDITION POST-MIGRATOIRE SE REPRODUISENT PLUS HÂTIVEMENT (# 10)**

Lamarre, V.(1), A. Franke(2), O. Love(3) et J. Bêty(1)

(1)Département de chimie, biologie et géographie, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, Québec, G5L 3A1; (2) Institut circumpolaire canadien, Université d'Alberta, Edmonton, Alberta, T6G 2H8; (3) Département des sciences biologiques, Université de Windsor, Windsor, Ontario, N9B 3P4

Chez les espèces migratrices se reproduisant dans des environnements saisonniers, on observe généralement un déclin des performances reproductrices au cours de la saison (ex. nombre de jeunes produits plus faible chez les reproducteurs tardifs), soulignant l'importance de la phénologie de la reproduction dans de tels environnements. Certains modèles théoriques et évidences empiriques chez les oiseaux migrateurs suggèrent que la condition corporelle à l'arrivée sur l'aire de reproduction peut influencer les décisions reproductrices, telles la date de ponte et la taille de couvée. L'objectif principal de notre étude est de vérifier l'effet de la condition corporelle pré-reproductrice des faucons pèlerins (*Falco peregrinus*) femelles nichant dans l'Arctique canadien sur la phénologie de la reproduction. Notre aire d'étude est située près de Rankin Inlet au Nunavut. Dans cette population, la probabilité de survie des oisillons diminue drastiquement avec la date d'éclosion, suggérant une forte influence de la phénologie de la reproduction sur le succès des individus. Les femelles adultes sont capturées suite à leur arrivée printanière sur l'aire de reproduction et avant le début de la reproduction. La masse corporelle et différents indices de la condition physiologique (corticostérone, triglycérides, acide  $\beta$ -hydroxybutyrique, glycérol) sont mesurés. Nous disposons de données de capture de 26 femelles pour la période 2012-2013. Nos résultats suggèrent que les individus en moins bonne condition post-migratoire (pré-reproductrice) retardent le début de leur reproduction et initient la ponte plus tardivement. Puisque les rapaces sont généralement considérés comme des reproducteurs sur revenu, l'acquisition de ressources lors des dernières étapes de la migration et suite à l'arrivée sur l'aire de reproduction est probablement déterminante pour les décisions reproductrices. Nos résultats permettent de mieux comprendre l'influence de la condition corporelle sur les

décisions reproductrices des oiseaux de proies nichant dans des environnements fortement saisonniers et favorisent notre compréhension des impacts potentiels des changements environnementaux sur la faune arctique.

### **RECONSTITUTION DE LA DYNAMIQUE VÉGÉTALE DE LA BÉRINGIE À LA FIN DU PLÉISTOCÈNE ET À L'HOLOCÈNE À PARTIR DU YEDOMA DE LA RIVIÈRE ITKILLIK (ALASKA) (# 39)**

Lapointe Elmrabti, L.(1-2-3), J. Talbot (1-3), M. Kanevskiy (4), J. Strauss (5), Y. Shur (4) et D. Fortier (1-2-3-4)

(1)Département de géographie, Université de Montréal, Montréal, QC, Canada, (2)Centre d'étude nordique, Université Laval, QC, Canada, (3)ArcticNet, Université Laval, QC, Canada. (4) Institute of Northern Engineering, University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, AK, USA, (5)Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Allemagne.

Le yedoma de la rivière Itkillik en Alaska (69 ° 34 ' N, 150 ° 52'W) fait partie de la région vaguement définie de la Béringie, qui était en grande partie exempte de glace au cours de la dernière période glaciaire. La Béringie est connue pour avoir joué le rôle de refuge pour certaines espèces d'arbres et arbustes boréaux au Pléistocène. Cependant, plusieurs incertitudes demeurent concernant la paléocologie du Nord-Est de la Béringie, en particulier l'ampleur et la dynamique du biome disparu tundra-steppe. L'exposition, d'une hauteur de 33 m et formée à la fin du Pléistocène et à l'Holocène (48000 à 5000 14C BP), contient des sédiments éoliens en grande partie intacts. Elle offre donc une occasion unique d'examiner une séquence de végétation à long terme dans un environnement de haute latitude et de relier la végétation avec la sédimentologie et cryostratigraphie de la région. En raison de la très faible concentration de pollen dans les sédiments, nous avons utilisé une méthode d'extraction basée sur la séparation par densité (sodium polytungstate (SPT)). Nos résultats indiquent un type de végétation de tundra-steppe, caractérisé par l'abondance de Cyperaceae et Gramineae. La séquence pollinique du yedoma de la rivière Itkillik fournira un point de comparaison avec d'autres sites localisés dans le cercle circumpolaire, notamment en Sibérie, où les yedomas sont l'une des structures les plus caractéristiques de l'environnement périglaciaire froid et sec de l'Arctique. Les implications de nos résultats pour les reconstructions climatiques locales à l'aide de fonctions de transfert sont discutées.

## **ORGANISATION SOCIALE DU CHAMOIS (*RUPICAPRA RUPICAPRA*) (#6)**

Larose, M. et M. Festa-Bianchet(1)

(1)Département de biologie, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, J1K 2R1

La technique des réseaux sociaux est une nouvelle approche qui permet de quantifier l'organisation sociale tout en identifiant les variables responsables de cette organisation. La variabilité en structure sociale est importante pour l'écologie comportementale, la biologie évolutive et la conservation. Ce projet de recherche vise à quantifier et à interpréter l'organisation sociale du chamois des Alpes (*Rupicapra rupicapra*). En intégrant la composition des groupes, les interactions sociales ainsi que les liens d'apparentement génétique, la construction d'un réseau social permettra de quantifier si et comment ces variables affectent l'organisation sociale. Pour ce faire, depuis 2007, 66 mâles et 127 femelles ont été capturés et marqués dans le Parco Naturale Alpi Marittime (Italie). Le premier objectif sera de déterminer si les femelles forment des groupes sociaux stables à travers les années. En second lieu, au moyen de microsatellites, une analyse génétique d'apparentement précisera les liens génétiques entre les individus. Ceci permettra de vérifier si les femelles sont philopatrices et si elles s'associent surtout avec des individus de proche parenté. Finalement, l'étude de ces réseaux permettra d'améliorer la compréhension de la socialité chez cet ongulé alpin.

## **DYNAMIQUE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE DES EMBÂCLES DE BOIS MORT DE LA RIVIÈRE NEIGETTE (BAS-SAINT-LAURENT) (# 1)**

Massé, S. et T. Buffin-Bélanger(1)

(1)Département de biologie, chimie et géographie et Centre d'études nordiques, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, Québec, G5L 3A1

Les embâcles de bois mort constituent une problématique commune à de nombreuses rivières de l'Est-du-Québec. Dans la rivière Neigette, les embâcles de bois sont très nombreux et suscitent des inquiétudes pour la sécurité des infrastructures dans les municipalités de St-Donat et de St-Anaclet-de-Lessard. En effet, les embâcles entraînent des problèmes majeurs d'érosion et exacerbent les débordements en période de crue. Pour mieux comprendre le rôle hydrogéomorphologique des embâcles de bois mort en rivière de même que leurs dynamiques spatiales et temporelles, un suivi des paramètres physiques de chaque embâcle et une caractérisation morphologique du corridor fluvial ont été réalisés sur une période de 2 ans. L'étude souligne le rôle des paramètres hydrogéomorphologiques du chenal (pente, largeur, puissance spécifique) sur la distribution longitudinale des embâcles de bois mort. Le

contexte morphosédimentaire de la rivière Neigette et les interactions entre le chenal et sa plaine alluviale essentiellement forestière semblent expliquer la diminution de l'amont vers l'aval du nombre d'embâcles de bois mort. L'analyse comparative des données extraites des inventaires des embâcles de bois mort met en évidence leur variabilité spatio-temporelle. En l'espace d'une année, on constate que 35 nouveaux embâcles ont été formés et que 18 ont été évacués du système fluvial. L'ensemble des résultats suggère une forte variabilité spatiale et temporelle des embâcles de bois mort de la rivière Neigette. À la lumière de ces connaissances, il est nécessaire d'opter pour une approche de gestion qui considère le dynamisme des embâcles de bois mort et leur rôle hydrogéomorphologique afin d'atténuer les risques d'inondation et d'érosion dans le corridor de la rivière Neigette.

## **OPTIMISATION DES TRAVAUX DE RESTAURATION DU LIT MINEUR EN LOIRE MOYENNE, FRANCE (# 5)**

Nabet, F.(1), E.Gautier(2), S.Grivel(3)

(1)Université Paris 1 panthéon Sorbonne, France; (2)Laboratoire de Géographie physique de Meudon, France; (3)Université d'Orléans, France.

Depuis 1995, le lit de la Loire a fait l'objet de travaux de restauration et d'entretien. Ces interventions s'inscrivent dans le cadre du Plan Loire Grandeur Nature, elles visent : la protection des riverains contre les risques d'inondation, la préservation du patrimoine écologiques et l'enrayement de l'enfoncement de la ligne d'eau à l'étiage. La présente étude concerne un linéaire du lit de la Loire moyenne d'environ 85 km. Nous avons tenté à travers une analyse géomorphologique de mettre en évidence l'impact de ces travaux sur l'évolution des bras secondaires et des ouvrages fluviaux (chevrette, épis) et de proposer un protocole d'analyse pour optimiser les interventions de restauration au sein du lit mineur. Le Système d'Information Géographique (SIG) mis en place pour faciliter l'analyse spatiale en superposant et en comparant les différentes couches d'informations. Cet outil permet la création d'une base de données topographique. Cette dernière est complétée par l'exploitation de photos à haute résolution spatiale prise au moyen d'un ballon captif. Le croisement de ces deux approches met en évidence l'influence du couvert végétal sur l'évolution morpho-sédimentaire des chenaux secondaires. Les gestionnaires du fleuve peuvent ainsi intégrer aisément dans leurs bases de données de nouvelles informations permettant une gestion optimale du corridor fluvial.

## **L'ACCÈS À LA NOURRITURE DU CARIBOU DANS L'ARCTIQUE CANADIEN : LA SPATIALISATION DU MODÈLE DE CARACTÉRISATION DU COUVERT NIVAL SNOWPACK (# 11)**

Ouellet, F. et A. Langlois (1,2)

(1)Département de géomatique appliquée, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, J1K 2R1, (2)Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6.

Qu'est-ce qui se dessine pour l'avenir du caribou dans l'Arctique canadien ? Quel est l'impact des changements climatiques sur son mode de vie ? Par le biais de mon projet de recherche de maîtrise, je tenterai d'apporter un élément important d'analyse à ces questions, celui de l'accès à la nourriture du caribou de Peary, l'espèce de caribou la plus septentrionale. Pour ce faire, je m'intéresse à la caractérisation du couvert nival, sous la forme de divers paramètres. Par exemple, la présence de couches de glace à travers le couvert nival peut restreindre, voire empêcher complètement le caribou d'avoir accès à la nourriture au sol ; mais de quelle façon évolue un tel type de couches dans le temps dans un contexte de changements climatiques ? Mon projet de recherche se concentre donc sur la caractérisation du couvert nival dans l'espace et dans le temps, à l'aide du modèle suisse SNOWPACK. Originellement conçu pour l'étude des avalanches, ce modèle sera analysé et utilisé pour modéliser puis spatialiser la caractérisation du couvert nival à une échelle régionale dans l'Arctique canadien, ce qui n'a pas encore été fait avec le modèle. Ultimement, une analyse spatio-temporelle sur l'accès à la nourriture dans le futur pour le caribou de Peary sera menée, dans l'optique d'aider à l'analyse de l'évolution future des populations de caribous, cela en collaboration avec Environnement Canada, l'instigateur du projet.

## **LES RELATIONS GÉOMORPHIQUES ET HYDROLOGIQUES ENTRE LE DÉVELOPPEMENT DE « WATER TRACKS » ET DE SOLS EN MOSAÏQUE DANS UNE PENTE DU HAUT ARCTIQUE (# 38)**

Paquette, M.(1,3), D.Fortier(1,3) et W.F. Vincent(2,3)

(1)Département de géographie, Université de Montréal, Montréal, Québec H3C 3J7, (2)Département de biologie, Université Laval, Québec, Québec G1V 0A6, (3)Centre d'études nordiques.

Dans les milieux cryo-conditionnés, les sols en mosaïque représentent une des démonstrations les plus classiques de conditions périglaciaires. Cette étude se concentre sur le rôle de ces sols en mosaïques et de leur transition au fil des pentes sur l'organisation de l'écoulement dans un désert polaire, à l'île Ward Hunt, Nunavut (83.1°N, 74.2°O). Nous avons mesuré les débits et les sédiments en suspension dans la portion grossière d'un canal non-incisé (water track), formé dans les sols en mosaïque, que nous avons par la

suite comparé aux mesures prises dans un ruisseau devant une combe à neige (rill), afin de déterminer les potentiels d'érosion et de transport de ces deux systèmes d'écoulement. Afin de mesurer la manière dont l'eau se rend et s'éloigne du ruisseau, nous avons enregistré l'humidité dans le sol et la profondeur de la nappe phréatique le long d'un transect perpendiculaire à la pente et traversant un water track. Les water tracks se forment dans la continuité des réseaux et des coulées triées. Ces water tracks sont partiellement ou complètement végétalisés et font partie d'un réseau de canaux primaires et secondaires qui sont actifs uniquement lors des périodes de fonte de neige. Ce réseau, qui inclut les coulées triées et non-triées, influencent la quantité de sédiments transportés, augmentant la quantité de sédiments suspendus de presque un ordre de grandeur (moyenne de 7.8x plus élevé). Le réseau permet également d'outrepasser des portions de la pente lors de la distribution de la saturation, qui se retrouve loin du water track original et de sa zone hyporhéique. En général, nos résultats impliquent que le cheminement hydrologique des eaux de fonte peut être fortement influencé par la microtopographie générée par des processus de triage. Lorsque les écoulements sont canalisés en water tracks, les formes sont amplifiées par le délavage des particules fines en écoulement souterrain, une forme de « piping » probablement contrôlé par le dégel de la couche active. Cette recherche démontre l'importance des processus géomorphologiques locaux sur l'organisation hydrologique, les régimes d'humidité dans le sol et les transferts de sédiment dans un environnement du Haut Arctique.

## **DÉVELOPPEMENT DE LA STRUCTURE VERTICALE DU BOULEAU GLANDULEUX : IMPACTS SUR LE COUVERT NIVAL ET LA TEMPÉRATURE AU SOL**

Paradis, M. (1,2), Stéphane Boudreau (1,2), Esther Lévesque (1,3)

(1)Département de biologie, Université Laval, Québec, Québec G1V 0A6, (2) Centre d'études nordiques, (3) Département des sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Québec, G9A 5H7

L'expansion de la strate arbustive en réponse aux changements climatiques récents a été observée à de nombreuses reprises à l'échelle circumpolaire. Au Québec subarctique, ce phénomène est principalement associé au bouleau glanduleux, espèce pour laquelle on a observé une densification des peuplements et une expansion dans les milieux toundriques. Une des conséquences appréhendées de l'expansion de la strate arbustive serait une dégradation accélérée du pergélisol. Un port arbustif développé permettrait en effet d'accumuler plus de neige, isolant ainsi le sol en saison hivernale. La dégradation du pergélisol résulterait également en une activité accrue des micro-organismes, ce qui pourrait engendrer une boucle de rétroaction positive en augmentant la disponibilité des

nutriments pour la croissance des espèces arbustives. L'objectif de ce projet de recherche est donc de reconstruire le développement et de caractériser la structure verticale du bouleau glanduleux afin de mieux comprendre la relation entre les caractéristiques du port arbustif de cette espèce, l'accumulation du couvert nival et la température au sol. À Umiujaq, au Nunavik, des peuplements de bouleau glanduleux montrant différents degrés de développement de la structure verticale ont été échantillonnés de façon stratifiée (strate de 10 cm). On note ainsi une similarité quant à la structure et à la disposition de la biomasse dans les peuplements. En effet, la biomasse ligneuse tend à être plus importante à la base de ceux-ci, cependant la biomasse foliaire est plus grande dans les strates les plus hautes. La densité des tiges, leur diamètre et la longueur des axes seront évalués dans chacune des strates verticales et des analyses dendrochronologiques seront effectuées. Finalement, des capteurs de température ont aussi été installés afin d'évaluer l'évolution du couvert nival durant l'hiver 2014.

### **ÉTUDE DU RÉGIME THERMIQUE AUTOUR DES PONCEAUX CONSTRUITS SUR LE PERGÉLISOL (# 31)**

Périer, L. et Doré, Guy(1,2)

(1)Département de Génie Civil, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6, (2)Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6.

Dans les régions nordiques, les constructions d'infrastructures routières sur pergélisol font parties des enjeux importants. Un des principaux facteurs à prendre en compte lors de la conception des ouvrages est le régime thermique du sol. Le long de l'Alaska Highway au Yukon, plusieurs problèmes d'instabilité ont été observés. Ici, nous nous attarderons sur ceux observés aux abords des ponceaux. En effet, ils peuvent subir une distorsion, les joints se dégradent et ceci entraîne la circulation de l'eau hors de la conduite donc l'accélération de la dégradation du pergélisol. Aussi, en autorisant la libre circulation de l'eau et de l'air à travers la conduite, de grandes perturbations thermiques sont créées. Le pergélisol fond, perd de sa capacité portante et crée des tassements différentiels problématiques. Le suivi thermique de 2 ponceaux de l'Alaska Highway sera présenté. Le ponceau du site expérimental de Beaver Creek et le ponceau « Border Culvert » au km 1894,7 ont été instrumentés aux fins du projet. La conception d'un modèle thermique en 2D sur TEMP-W, grâce aux observations notées sur le terrain, complète le suivi thermique et permet d'évaluer et de quantifier l'influence de plusieurs paramètres de conception sur le régime thermique, notamment le débit de l'eau, la température de l'eau et du sol et le diamètre du ponceau.

### **CROISSANCE DU BOULEAU GLANDULEUX AU QUÉBEC SUBARCTIQUE : INFLUENCE RELATIVE DES FACTEURS RÉGIONAUX ET LOCAUX (# 17)**

Ropars, P.(1) et S. Boudreau(1)

(1)Centre d'études nordiques et Département de biologie, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6

L'expansion de la strate arbustive est un phénomène fréquemment observé en régions subarctiques. Bien qu'elle soit attribuée au réchauffement climatique récent, peu d'études ont spécifiquement établi un lien entre la croissance des arbustes et le climat. L'objectif de cette étude est donc d'évaluer l'influence des facteurs climatiques sur la croissance radiale et axiale du bouleau glanduleux (*Betula glandulosa* Michx.), une espèce arbustive en expansion, dans différents environnements de l'écotone forêt boréale-toundra (sommets, terrasses et combe à neige). Pour ce faire, 135 individus (15 individus par site, 3 sites par type d'environnement) ont été récoltés afin d'évaluer leur croissance radiale au collet et identifier ses déterminants climatiques. De plus, une analyse de tiges a été réalisée sur les deux branches principales des mêmes individus afin d'identifier les patrons temporels de la croissance axiale. Pour les terrasses et les sommets, la croissance radiale est positivement corrélée aux températures moyennes des mois de juillet, août (année en cours) et septembre (année précédente), ainsi qu'aux précipitations du mois de mars. Le signal climatique moins clair des combes à neige suggère que ces dernières sont contrôlées par des facteurs agissant à une échelle plus locale. La courte saison de croissance associée à l'important couvert de neige pourrait en être la cause. La croissance axiale des bouleaux glanduleux retrouvés dans les trois types d'environnement est significativement plus forte à partir de la décennie 1990 et ce, indépendamment de l'année d'émergence des branches. Cette augmentation concorde avec la hausse des températures enregistrées dans la région. La croissance axiale est maximale pour les individus de bouleau glanduleux retrouvés dans les combes à neige, suivis par ceux colonisant les terrasses et les sommets. Le réchauffement récent des températures permet donc à *B. glandulosa* de soutenir une croissance accrue, mais l'allocation des nouvelles ressources est modulée par les conditions locales.

### **EFFETS DES CYCLES DE LEMMINGS SUR LE SUCCÈS REPRODUCTEUR D'OISEAUX UTILISANT DIFFÉRENTES STRATÉGIES ANTI PRÉDATEURS DANS L'ARCTIQUE CANADIEN (# 13)**

Royer-Boutin, P.(1), J. Bêty(1), D. Berteaux(1) et G. Gauthier(2)

(1)Département de biologie, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, Québec, G5L 3A1, (2)Département de biologie, Université Laval

Dans l'Arctique canadien, les oiseaux nichant au sol pendant l'été présentent généralement des taux de succès de nidification qui varient énormément d'une année à l'autre. Pour en découvrir les mécanismes, nous testons l'hypothèse des proies alternatives : les fluctuations du succès reproducteur seraient liées aux cycles d'abondance de lemmings qui auraient un impact sur le comportement et l'abondance des prédateurs partagés avec les oiseaux, comme le renard arctique. En dépit de son importance dans le fonctionnement de la toundra arctique, les données empiriques permettant de soutenir cette hypothèse, et les mécanismes sous-jacents, sont très limitées. De plus, il est probable que les effets indirects des lemmings sur la faune aviaire puissent varier selon les espèces. L'objectif général de notre projet est d'étudier les effets des cycles de lemmings sur le succès reproducteur d'oiseaux utilisant différentes stratégies antiprédateurs. Nous disposons de plus de neuf ans de suivi de nidification de différentes espèces (incluant limicoles, passereaux et oies des neiges), effectué à la station de recherche de l'île Bylot (Nunavut). De plus, des caméras ont été déployées pour identifier les principaux prédateurs des différentes espèces d'oiseaux. Un suivi détaillé de la population de renard arctique a aussi été effectué en parallèle. Nos résultats montrent une relation positive entre le taux de survie des nids et l'abondance de lemmings mesurée la même année pour toutes les espèces, mais cette relation semble varier pour certaines espèces. L'abondance de lemmings l'année précédente semble aussi influencer le succès des oiseaux, particulièrement celui des oies. D'une espèce d'oiseau à l'autre, les différences de stratégies antiprédateurs et dans l'importance qu'ont les réponses fonctionnelle et numérique du renard arctique pour ces espèces pourraient expliquer ces résultats. Toutefois, d'autres facteurs estimant le taux d'activité des renards semblent moins bien expliquer le succès reproducteur des oiseaux.

## SEASONAL DRIVERS OF ZOOPLANKTON PIGMENTATION IN SUB-ARCTIC FRESHWATER SYSTEMS (# 2)

Schneider, T.(1,2), W. F. Vincent(1,3) et M. Rautio(1,2)

(1)Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6, (2)Département des sciences fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi, Saguenay, Québec, G7H 2B1, (3)Département de biologie, Université Laval, Québec, Québec, G1V 0A6

Zooplankton in high-latitude freshwater habitats are often intensely colored. The red color in copepods is mainly caused by the carotenoid astaxanthin, which can be present in free form or be esterified with fatty acids. Carotenoids in copepods have been associated with indirect

photoprotection; i.e., they quench reactive oxygen species produced during exposure to solar ultraviolet radiation (UVR). In high-latitude aquatic ecosystems, no studies have included year-round sampling to understand the seasonal relationships between pigmentation and water column UVR. Our aim here is to identify the driving factors for zooplankton carotenoid accumulation in subarctic freshwaters. We visited a lake and a shallow pond in NW Finland (69 °N) multiple times during one year including the ice-covered winter season. Water and zooplankton samples were taken along with UVR measurements to examine the differential importance of food availability, zooplankton lipid content and UVR exposure for astaxanthin accumulation on a seasonal scale. First results show that at both sites, astaxanthin di-esters represented the largest fraction of carotenoid pigments. However, the seasonal pigmentation pattern differed among the two sites. In the lake, total astaxanthin concentration decreased during summer until late August [ $1.4 \pm 0.3 \mu\text{g (mg dry mass)}^{-1}$ ], then increased during fall and throughout the ice-covered period ( $6.8 \pm 0.8 \mu\text{g mg}^{-1}$  in May), possibly indicating preparatory accumulation for ice-breakup, which occurs during the maximum annual intensity of UVR in June. In the pond, which freezes solid during winter, copepods had relatively low concentrations throughout July ( $4.6 \pm 1.1 \mu\text{g mg}^{-1}$ ) but then increased their astaxanthin content during late summer and fall ( $9.3 \pm 1.2 \mu\text{g mg}^{-1}$  soon after ice formation), suggesting that factors other than UVR are responsible for pigment accumulation. Thus, although in both waters copepods showed their highest pigmentation under the ice, the seasonal pattern was likely controlled by different physio-ecological processes due to disparate life-cycle strategies.

## ANALYSE DU RÉSEAU NIVOMÉTRIQUE À L'EST DU CANADA (# 21)

Sena, Y. N.(1,2), Chokmani, K.(1,2), Gloaguen, E.(1) et Bernier, M.(1,2)

(1)Institut national de la recherche scientifique Centre - Eau Terre Environnement 490, rue de la Couronne Québec (Québec) G1K 9A9, (2)Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, QC G1V 0A6

Les stations climatologiques, plus particulièrement les stations nivométriques sont les sources primaires de données sur la neige. Le réseau de stations nivométriques est conçu de façon à saisir la variabilité spatiale des paramètres physiques de la neige. Ainsi, les données des stations permettent d'évaluer les ressources en eau, de procéder à des prévisions hydrologiques et de mieux gérer les réserves des barrages hydroélectriques. Au Canada, sur le plan opérationnel, le réseau de stations (nivométriques et climatiques) est très optimisé et apporte des solutions réelles aux objectifs fixés (météorologie, hydrologie, etc.). Cependant, il est insuffisant pour une étude climatique et

régionale. En effet, les méthodes de spatialisation sont confrontées aux irrégularités spatiales du réseau (sous-densité au nord, sur-densité au sud). Par ailleurs, l'analyse de la variabilité spatiale du couvert nival montre l'existence de plusieurs structures différentes selon l'échelle d'observation (locale et régionale). Il est donc primordial de faire une étude critique du réseau nivométrique existant à la lumière de l'analyse de la variabilité spatiale de l'ÉEN. Pour ce faire, la présente étude a pour objectif général d'analyser le réseau nivométrique existant sur la base de l'étude de la variabilité spatiale de l'équivalent en eau de la neige dans l'Est du Canada. Pour y arriver, il s'agira de 1) mener une analyse de la capacité du réseau à modéliser la structure de la variabilité spatiale du phénomène de la neige et 2) d'étudier la densité et la répartition spatiale du réseau nivométrique à la lumière de l'analyse de la variabilité spatiale de l'ÉEN. Dans un premier temps, la modélisation de la structure de la variabilité spatiale de l'ÉEN sera évaluée par le variogramme, et en second lieu, la densité et la répartition spatiale des stations nivométriques seront analysées par la statistique multi-variées et la courbe de Lorenz. À l'échelle considérée, une réorganisation optimale du réseau sera proposée.

### **AMÉLIORER LA SIMULATION DE L'ALBÉDO DU COUVERT NIVAL EN ZONES ARCTIQUES ET SUBARCTIQUES AVEC LE SCHÉMA DE SURFACE CLASS (# 22)**

Thériault, N.(1), Royer, A.(1), Langlois, A.(1), Brown, R.(2) et Harvey, R.(3)

(1)Département de géographie, Université de Sherbrooke, Québec, J1K 2R1, (2)Climate Research Division, Environment Canada, Toronto, ON, Canada, (3)Ouranos, Montréal, QC Canada et Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, Environment Canada@Ouranos, Montreal, QC, Canada

L'Arctique a été confronté, au cours des 100 dernières années, à une augmentation des températures moyennes presque deux fois plus rapide que celles du reste du globe. Le bilan d'énergie de surface de ces régions dépend étroitement des variations de l'albédo des surfaces, en particulier des surfaces enneigées. Ce projet vise à améliorer la représentativité des simulations de l'albédo de la neige du schéma de surface canadien « CLASS » dans le nord-est du Canada. Puisque CLASS est intégré au MRCC (Modèle Régional Canadien du Climat) et au GCM (Modèle Climatique Global), il sera attendu que les simulations du climat seront plus adaptées aux conditions de surface. CLASS est un schéma multicouche qui simule des paramètres de la cryosphère, du sol et de la végétation. Il considère l'albédo de la neige de manière empirique, ce qui peut entraîner des biais plus importants dans la simulation du climat que pour un modèle physique. Pour améliorer les simulations d'albédo, deux approches sont utilisées : 1) améliorer la paramétrisation des valeurs prescrites dans le

calcul actuel de l'albédo, et 2) ajouter un calcul plus physique de l'albédo basé sur la taille des grains de neige (SSA (Specific Surface Area) de la neige). C'est par des comparaisons entre les simulations et les mesures in-situ qu'une analyse de sensibilité du modèle et qu'une amélioration des calculs actuels de CLASS sera possible. Ensuite, pour intégrer une paramétrisation plus physique, le module multicouche CLASS\_SSA modifié est utilisé pour effectuer un calcul d'albédo selon la surface spécifique des grains de neige et un calcul semi-empirique suggéré par Gardner & Sharp (2010). Ces améliorations sont validées avec des valeurs d'albédo mesurées in situ à différentes stations météorologiques (Baie-James, Goose Bay et à l'Université de Sherbrooke) et par télédétection (capteur satellitaire MODIS).

### **HISTORIQUE À LONG TERME DES FEUX DE FORÊT DE LA SAPINIÈRE DE L'ÎLE BONAVENTURE (# 18)**

Tremblay, J.(1), M. Fréreau(2) et M. Lavoie(1,2)

(1)Département de géographie, Université Laval, Québec, (2)Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec.

Les chablis et les épidémies d'insectes défoliateurs sont les principales perturbations qui régissent la dynamique des sapinières des régions maritimes. Bien que peu fréquents, des feux peuvent aussi survenir à l'occasion, mais on ne connaît l'historique à long terme (sur plusieurs centaines et milliers d'années) des feux de ces sapinières. À la demande de la Société des établissements de plein air du Québec (SÉPAQ), nous avons reconstitué l'historique des feux ayant eu lieu sur l'île Bonaventure à l'aide d'une analyse pédoanthracologique. Située à l'extrémité est de la péninsule gaspésienne, il s'agit d'une petite île (4,1 km<sup>2</sup>) faisant partie du parc de l'Île-Bonaventure-et-du-Rocher-Perché et dont le couvert forestier consiste en une sapinière à épinette blanche. Au sein d'une place-échantillon de 500 m<sup>2</sup> sous forêt, 50 échantillons de sol minéral d'un volume de 750 cm<sup>3</sup> chacun ont été récoltés à l'aide d'une sonde pédologique. Tous les charbons de taille supérieure à 2 mm ont été dénombrés et identifiés grâce aux caractéristiques anatomiques du bois. Au total, seuls sept charbons de bois ont été trouvés et datés au 14c SMA. Les datations 14C de ceux-ci ont livré des âges s'échelonnant entre 7780 et 8400 ans AA étalonnée. L'identification anatomique des charbons indique qu'il s'agit de feuillus. Ces résultats suggèrent que des feux sont survenus sur l'île pendant l'Holocène inférieur. Par contre, celle-ci ne semble pas avoir été touchée par le feu depuis 7700 ans, ce qui marquerait l'époque de formation de la véritable sapinière. Depuis ce temps, la sapinière se serait maintenue par l'intermédiaire des chablis et probablement des épidémies d'insectes.

## **DÉGRADATION RAPIDE DU PERGÉLISOL PAR THERMO-ÉROSION ET RAVINEMENT : IMPLICATIONS POUR LE GÉOSYSTÈME PÉRIGLACIAIRE (# 32)**

Veillette, A., D., Fortier, E., Godin, S., Coulombe, et G. Létourneau(1,2)

(1)Département de Géographie Environnementale et laboratoire de géomorphologie et géotechnique des régions froides, Université de Montréal, Québec, H3T 1J4, (2)Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec.

La dégradation du pergélisol par thermo-érosion et ravinement dans un environnement de polygones à coins de glace est un phénomène géomorphologique rapide qui engendre d'importantes modifications du paysage. Les ravins de thermo-érosion changent la connectivité hydrologique au sein du bassin versant et altèrent de façon permanente les flux de matière (e.g. eau, sédiments, nutriments, carbone) et d'énergie (thermique, cinétique) au sein du géosystème (Fortier et al., 2007; Godin et Fortier, 2012). Afin de mieux comprendre le développement spatio-temporel des ravins, nous avons effectué le suivi des taux d'érosion des zones ravinées et mesuré certaines variables environnementales-clés (topographie, granulométrie, humidité, température du sol et de l'eau) sur le terrain. Cette étude cherche à répondre à la question de recherche suivante : quelles sont les tendances et patrons de recul des ravins de thermo-érosion de différents environnements sédimentaires (éolien, organique, colluvial), et quelles sont les variables environnementales clés liées à ces taux d'érosion. Les objectifs de l'étude visent à 1) mesurer les taux d'érosion de trois environnements sédimentaires différents; 2) définir la variabilité du processus de recul en fonction des différents environnements sédimentaires et 3) identifier les variables environnementales ayant un rôle clé dans le processus de recul des ravins de thermo-érosion en fonction de chaque environnement sédimentaire. Afin de répondre à cette question, des mesures de terrain ont été prises lors de l'été 2013 à l'Île Bylot, dans la vallée du glacier C-79, au sein de champs de polygones à coins de glace syngénétiques. Les données de température, d'humidité, de profondeur du front de dégel et de taux de recul de 3 ravins de thermo-érosions d'origine sédimentaire différente (éolien, organique et colluvial) permettront de déterminer l'amplitude de paramètres physiques clés associés au taux de recul dans chacun des environnements sédimentaires. De plus, des données géographiques acquises à l'aide d'un GPS différentiel permettront une représentation spatiale du phénomène de ravinement au cours des trois dernières années (2011-2013). Le traitement statistique des données se fera au moyen d'analyses en composantes principales, permettant de mettre en relief l'importance relative des variables environnementales étudiées. Cette étude permettra de déterminer la réponse géomorphologique des environnements sédimentaires à l'étude aux processus de

thermo-érosion et de ravinement du pergélisol, en plus d'identifier l'importance relative de différentes variables environnementales dans l'activité de ces processus.

## **MOUVEMENTS DE MASSE PAR SOLIFLUXION ET DYNAMIQUE SYNGÉNÉTIQUE DU PERGÉLISOL DU HAUT ARCTIQUE, ILE WARD HUNT, HAUT ARCTIQUE CANADIEN (# 33)**

Verpaelst, M.(1,2) et D. Fortier(1,2)

(1)Département de géographie, Université de Montréal, Montréal, Québec, H3C-3J7, (2)Centre d'études nordiques, Université Laval, QC G1V 0A6.

Sur l'île Ward Hunt au Nunavut, plusieurs lobes de solifluxion déforment les sédiments et entraînent un mouvement de masse vers le bas de pente. Considérant l'approfondissement récent de la couche active dû aux changements climatiques, l'apport accru de matière sédimentaire en bas de pente entraîne une modification de la dynamique du pergélisol. Il est suggéré que le mouvement des lobes de solifluxion entraîne le développement syngénétique du pergélisol et l'aggradation de la glace en bas de pente. Cette zone riche en glace contribuerait à ralentir la dégradation du pergélisol en réponse aux changements climatiques, ceci en raison de l'important effet de chaleur latente représenté par le volume de glace formé. Les objectifs de l'étude sont de caractériser la cryostratigraphie des lobes de solifluxion, afin de déterminer si le déplacement en masse des sédiments entraîne l'aggradation de glace et le développement syngénétique du pergélisol en bas de pente. Pour se faire, la cryostratigraphie des lobes de solifluxion est examinée à l'aide de carottages dans le pergélisol et de profils géophysiques au géoradar. Les volumes des différentes composantes du pergélisol (sédiments, glace, matière organique et gaz) sont déterminés par tomographie assistée par ordinateur et les propriétés géotechniques du pergélisol sont mesurées en laboratoire. Dans le but de déterminer la distribution tri-dimensionnelle de la glace dans le sol et de reconstituer en détail la géomorphologie des lobes de solifluxion, une numérisation 3D ainsi qu'un relevé topographique par points ont été effectués à l'aide d'une station spatiale VX de Trimble. Les résultats préliminaires de l'étude, qui seront présentés via une description des cryostructures, une analyse tomographique, des profils géophysiques au géoradar et une numérisation 3D, rendent compte de l'incidence des lobes de solifluxion sur la cryostratigraphie du pergélisol qui varie en fonction de la présence, de l'absence et de la morphologie de ce dernier.

## **QUANTIFICATION DE L'ADVECTION DE CHALEUR PAR ÉCOULEMENT SOUTERRAIN DANS LA COUCHE ACTIVE DU PERGÉLISOL: SIMULATION EN LABORATOIRE (# 34)**

Veuille, S.(1, 2, 3), D. Fortier (1, 2,3, 4, 5), M. Verpaelst (1, 2, 3), M. Sliger (1, 2, 3) et G. Davesne (1, 2, 3)

(1)Département de géographie, Université de Montréal, Montréal, Qc., (2)Geocryolab, Laboratoire de géomorphologie et de géotechnique des régions froides, Université de Montréal, Montréal, Qc., (3)Centre d'études Nordiques, Université de Laval, Québec, Qc., (4)Institute of Northern Engineering, University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, Ak., (5)Department of Civil and Environmental Engineering, University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, Ak.

La transmission de chaleur par convection est plus efficace que par conduction. Dans les zones à pergélisol l'advection de chaleur par écoulement souterrain demeure peu étudiée malgré des études récentes montrant son influence sur la réponse thermo-mécanique du pergélisol (de Grandpré et al. 2012). Pour saisir cette dynamique, il est important de quantifier cet apport de chaleur pour savoir à partir de quel seuil les transferts de chaleur convectifs deviennent significatifs par rapport aux transferts de chaleur conductifs. Cette quantification doit prendre en compte l'influence des paramètres de transferts de chaleur conductifs et convectifs fondamentaux (débits, température d'air, d'eau, de sol) qui régissent l'intensité de ces deux formes d'échange de chaleur. Sur le terrain ces paramètres restent difficiles à mesurer, alors que la simulation en laboratoire permet un meilleur contrôle expérimental. Plusieurs expériences ont été menées afin de quantifier les échanges de chaleur dans deux cellules de plexiglas simulant du pergélisol. L'une favorisait les échanges conductifs, l'autre les échanges conducto-convectifs. Ces cellules ont été soumises à différentes conditions externes qui variaient d'un test à l'autre : température d'air, température d'eau, débit. Les autres paramètres influençant les échanges thermiques (conductivité thermique, contenu en eau...) sont connus. L'objectif visé est à terme de déduire une fonction déterminant l'efficacité d'extraction de chaleur de la convection par rapport à la conduction. Les résultats sont par ailleurs confrontés à des modèles numériques thermiques purement conductifs. Les écarts par rapport à la théorie, c'est-à-dire les modèles, seront ainsi à attribuer principalement à l'apport thermique d'un écoulement d'eau sur un sol en condition de dégel. De Grandpré, I. et al. (2012) Canadian Journal of Earth Sciences 49 (8): 953-962.

## **L'HISTOIRE D'ÉTABLISSEMENT DE SVALBARD, ISLANDE : PERSPECTIVES ARCHÉOLOGIQUES SUR LA RÉSILIENCE D'UNE COMMUNAUTÉ ENTRE LE 10E ET LE 21 SIÈCLES (# 40)**

Woollett, J.(1, 2), N. Bhiry (1,3), N. Roy (1,3), C. Dupont-Hébert (1,2), P. Adderley (4)

(1)Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, G1V 0A6, (2)Département d'histoire, Université Laval, Québec, G1V 0A6, (3)Département de géographie, Université Laval, Québec, G1V 0A6, (4)Biological and Environmental Sciences, University of Stirling, Stirling, Scotland, UK FK9 4LA

Cette présentation résumera des résultats de cinq saisons de recherches sur le terrain concernant l'histoire de l'établissement humain et de pratiques économiques de la région de Svalbard (Pistilfjörður, nord-est de l'Islande) pendant lesquelles plus de 250 sites archéologiques ont été identifiés et documentés. Ces sites représentent l'histoire complète de l'occupation humaine de la région, entre le 10e et le 21e siècle. Ils comprennent, notamment, des fermes majeures, des fermettes de locataires, des stations d'élevage de moutons et des établissements de pêche. Un survol des tendances de longue durée de l'histoire de l'occupation de Svalbard sera présenté comprenant des discussions concernant la distribution spatiale et chronologique des sites ainsi que leurs fonctions économiques. Nos recherches démontrent des phases multiples d'expansion de l'occupation de la région, suivi par des phases de contraction et d'abandon. Par ailleurs, le rôle de certains sites dans la structure économique des communautés a été transformé de façon significative. Les phases les plus dramatiques de transformation de l'établissement humain de Svalbard semblent d'avoir eu lieu pendant le 13e et 17e siècle. Le rôle des changements climatiques (notamment des phases de refroidissement) dans ces changements sera discuté.



