

## Rapport d'étape – subvention de recherche et développement coopérative (RDC)

Date de présentation : 1 janvier 2014

Période visée : 1 avril 2012 – 1 janvier 2014

**Les renseignements personnels ci-dessous sont-ils exacts? (Veuillez cocher la réponse pertinente.)**

**Oui**  
 **Non** (Veuillez apporter les corrections nécessaires.)

Monsieur G. Doré  
Dép. de génie civil et génie des eaux  
Université Laval  
PAV ADRIEN-POULIOT BUREAU 1916  
1065 AV DE LA MEDECINE  
QUEBEC (QC) G1V 0A6

Tél. : (418) 656-2203  
Courriel : Guy.Dore@gci.ulaval.ca

**Les renseignements relatifs au projet sont-ils exacts?**

**Oui**  
 **Non** (Veuillez apporter les corrections nécessaires.)

**Titre du projet :** Preservation of Canada's northern transportation infrastructures: The ARQULUK program

**Numéro de dossier :** RDCPJ 416161 - 11

**Membres du groupe :**

L. Gosselin, Génie mécanique, Laval  
D. Fortier, Géographie, Montréal

**Collaborateurs :**

**Organismes d'appui :**

C.D.B. Hawkins, Yukon College  
M. Emudluk, Administration régionale Kativik (contact: Nathalie Jobin, njobin@krg.ca)  
G. Dionne, Inspec-Sol Inc.  
A. Bourque, Consortium Ouranos (contact: Larrivee.Caroline@ouranos.ca)  
P. Murchison, Highways and Public Works  
J.M. Croteau, Colas Canada Inc  
, WSP Canada Inc. **\*nouveau mandataire à confirmer par partenaire\***  
A. Guimond, Ministère des Transports du Québec  
S. Mooney, Yukon Cold Climate Innovation Centre  
K. Kougo, Nippo Corporation (contact: Masahiko Iwama, iwama\_masahiko@nippo-c.jp)  
J.P. Ruffel, Tetra Tech EBA Inc. (contact: kevin.jones@tetrattech.com)  
J. Coates, Kryotek Arctic Innovation Inc.

## 1. Progrès vers la réalisation des objectifs ou des étapes importantes

Dans l'encadré ci-dessous et en utilisant au plus cinq pages, veuillez fournir les renseignements suivants :

- une brève description des objectifs généraux du projet de recherche tels qu'ils figurent dans la demande de la subvention accordée;
- une description des progrès réalisés à l'égard de ces objectifs durant la période visée par le présent rapport;
- une description et une explication de tout écart par rapport aux objectifs initiaux et la présentation des prochaines étapes.

Les infrastructures de transport jouent un rôle vital dans la subsistance, le développement économique et la qualité de vie des populations habitant en régions nordiques. La construction des routes, des pistes d'atterrissage et de chemins de fer sur pergélisol affecte inévitablement le régime thermique des sols gelés et cause la dégradation thermique de ceux-ci. L'ampleur de la dégradation thermique dépend des méthodes de design employées et de l'étendue du pergélisol riche en glace ainsi que de la sensibilité au dégel de celui-ci. Lors de la fonte du pergélisol riche en glace, la chaussée subit d'importants tassements ce qui entraîne une perte significative au niveau des capacités fonctionnelles et structurales de l'ouvrage.

Le programme de recherche Arquluk met l'accent sur le développement de solutions rentables pour la conception et la gestion d'infrastructures de transport construites sur le pergélisol. Cela nécessite une meilleure compréhension des facteurs qui contribuent à la dégradation du pergélisol; l'amélioration des techniques d'investigation pour identifier le pergélisol sensible; et le développement d'outils d'ingénierie pour appuyer la conception et la gestion des infrastructures de transport dans le Nord canadien. Les objectifs sont:

- 1) Améliorer la connaissance des facteurs qui influent sur la performance des chaussées construites sur un pergélisol sensible;
- 2) Améliorer les techniques de détection et de caractérisation des sols et des remblais instables;
- 3) Élaborer des lignes directrices pour l'application de différentes stratégies de construction et de maintenance afin d'atténuer les problèmes de dégradation du pergélisol, découlant de la construction des chaussées et des changements climatiques basés sur le coût, la faisabilité et l'efficacité des solutions applicables;
- 4) Développer un cadre pratique ainsi que des outils de soutien pour la gestion des infrastructures de transport construites sur le pergélisol.

Pour répondre à ces objectifs, le programme est divisé en 3 thèmes structurés de manière à faciliter la participation des étudiants aux cycles supérieurs par l'intermédiaire de projets de maîtrise et de doctorat.

THÈME 1: Amélioration des connaissances actuelles sur la dégradation du pergélisol et ses effets sur les infrastructures de transport

THÈME 2: Identification et caractérisation des sols sensibles au dégel

THÈME 3: Développement des techniques d'adaptation pour les infrastructures de transport construites sur un pergélisol instable

Le calendrier du programme montre, en date du 1<sup>er</sup> janvier 2014, les projets en cours et ceux qui débiteront dans les prochains mois, suivant les 3 thèmes de recherche.

Projet / activité	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>1- Amélioration des connaissances</b>						
Suivi des sites d'essai				Maitrise		
Modélisation 2D						
Paramètres d'ingénierie					Doctorat	
<b>2- Identification et caractérisation</b>						
a. Méthodes géophysique et thermique			Maitrise			
b. Analyse de profils		Stage		Maitrise		
c. Essais oedométriques in situ	Maitrise					
d. Comportement mécanique des sols marginalement gelés						
<b>3- Techniques d'adaptation</b>						
a. Modélisation (labo. et num.)				Maitrise		
b. Traitements d'entretien						
c. Lignes directrices et stratégies					Doctorat	
Rapports (E: d'étape; F: final)			E		E	F

Le thème 1 répondra à l'objectif 1, soit améliorer la connaissance des facteurs qui influent sur la performance des chaussées construites sur un pergélisol sensible.

#### Projets du thème 1

Développement d'un outil d'ingénierie tenant compte de l'accumulation de neige en bordure de remblai.

Ce projet débute en janvier 2014 dans le cadre de la maîtrise de **Florence Lanouette**, sous la codirection de Daniel Fortier de l'Université de Montréal.

L'objectif du projet est de comprendre et de documenter l'impact de la rétention de chaleur dans le sol, due à l'accumulation de neige, sur la dégradation des remblais construits sur le pergélisol sensible au dégel; afin de développer un outil d'ingénierie guidant la conception et la gestion des infrastructures de transport. La réalisation de cet objectif implique la surveillance et l'analyse détaillées des régimes thermiques aux sites d'essais de Beaver Creek au Yukon et à Tasiujaq au Nunavik. Au site d'essais de Tasiujaq, il sera nécessaire d'améliorer l'instrumentation ainsi que d'installer une nouvelle section de référence pour remplacer l'ancienne fortement endommagée. Les données collectées aux deux sites d'essais serviront à développer et à calibrer un modèle thermique 2D à partir duquel le comportement mécanique des remblais pourra être évalué.

Gestion des eaux de surface et souterraines pour les infrastructures de transport en milieux pergélisolés.

Ce projet de doctorat de **Julie Malenfant-Lepage** est partiellement financé par le programme ADAPT.

Une des causes principales de la dégradation des remblais dans le nord du Canada est la chaleur transférée aux remblais et au sol d'infrastructure par le ruissellement de surface et par les eaux souterraines. Les observations d'événements provoquant la dégradation accélérée des

infrastructures nordiques suggèrent que l'eau liquide et ses effets de transport ont été grandement sous-estimés au cours des dernières années dans la science et l'ingénierie du pergélisol. Ces problèmes sont susceptibles de réduire les capacités structurelles et fonctionnelles de la route et même d'entraîner la rupture des remblais dans certains cas. Il est donc important d'étudier et de comprendre l'influence de l'eau sur les infrastructures de transport et de développer de nouvelles pratiques d'ingénierie face à la gestion de l'eau. Les objectifs de la recherche à attendre sont les suivants : 1) Améliorer la connaissance de l'écoulement d'eau souterraine et son influence sur la performance des chaussées construites sur un pergélisol sensible; 2) Élaborer des nouvelles stratégies de construction et d'entretien afin d'atténuer les problèmes de dégradation du pergélisol résultant de l'écoulement d'eau; 3) Développer une méthode géophysique qui permettra de détecter les réseaux d'écoulement souterrain sous la route; et 4) Effectuer une étude de faisabilité et de coûts-bénéfices des nouvelles techniques développées. Ce projet de recherche se fera sous la codirection de Daniel Fortier de l'Université de Montréal et avec la collaboration de Thomas Ingeman-Nielsen du Département de génie civil de la Technical University of Denmark. Trois sites expérimentaux, où des problèmes d'écoulement d'eau ont été répertoriés, ont été choisis: 1) le site expérimental de Beaver Creek sur l'autoroute de l'Alaska au Yukon, 2) la route d'accès à l'aéroport de Salluit au Nunavik et 3) les infrastructures routières du village de Sisimiut au Groenland.

Les projets du thème 2 répondent à l'objectif 2, soit l'amélioration des techniques d'investigation pour identifier le pergélisol sensible.

#### Projet 2a:

Utilisation de la géophysique gravimétrique et du profilage thermique pour la détection de glace massive dans les sols pergélisolés.

Ce projet a débuté en janvier 2013 et fait l'objet du projet de maîtrise de **Benoît Loranger**. Il s'effectue sous la codirection de Daniel Fortier de l'Université de Montréal.

Ce projet de recherche comprend deux volets soit, l'utilisation d'une méthode géophysique de détection de massifs de glace enfouies par microgravimétrie, et l'analyse de températures sous la surface du terrain afin d'y déceler des anomalies thermiques. La méthode microgravimétrique a pour but de détecter des anomalies entre des matériaux de masse volumique différente dans le sol. La glace étant environ la moitié de la masse volumique du sol environnant, il est à prévoir qu'il sera possible de détecter des anomalies négatives gravimétriques correspondant à la présence de glace enfouie. La méthode de détection d'anomalies thermiques sub-surfacique est un nouveau concept qui sera développé selon les données acquises sur le terrain. L'hypothèse de départ est que la température à 50 cm de profondeur soit influencée par la présence de corps de glace ou par un changement abrupt du contenu en glace présent dans le sol, et ce, près de la surface. Déjà deux visites de terrain ont été accomplies à l'été 2013, principalement à Dry Creek, au Yukon. Les données sont actuellement en cours d'analyse. À l'été 2014, il est prévu de valider ces données avec des forages fournis par le partenaire Kryotek. De plus, il y aura une campagne de terrain au Groenland en collaboration avec la Technical University of Denmark afin de coupler certaines méthodes géophysiques pour la finalisation du projet de maîtrise. Les mêmes techniques appliquées au Yukon seront aussi complétées pour avoir des données provenant d'un terrain avec une histoire géologique différente.

#### Projet 2b

Analyses de profils longitudinaux de chaussées existantes.

Ce projet a d'abord fait l'objet d'un court stage à l'hiver 2013 et constituera le projet de maîtrise de **Laurie-Anne Grégoire** qui débutera en mai 2014.

La détection précoce de la dégradation du pergélisol sous les routes et les pistes d'atterrissage existantes est un élément clé d'une bonne prise de décision dans le processus de maintenance et

de réhabilitation des remblais construits dans les zones de pergélisol. Les techniques d'analyse de profil se sont révélés être de bons outils pour la détection et la caractérisation des effets du gel sur les routes dans les zones de gel saisonnier. Les mêmes techniques, basées sur le filtrage du signal et sur l'analyse de la longueur d'onde, sont susceptibles de se révéler très efficaces dans l'identification précoce de la dégradation du pergélisol et la sélection de la stratégie d'atténuation appropriée. Les produits de recherche issue de ce projet aideront à localiser les zones sensibles au dégel le long d'un corridor de transport, à diagnostiquer les causes de la dégradation et à sélectionner la stratégie d'atténuation appropriée.

#### Projet 2c

Développement d'un carottier œdométrique.

Ce projet, débuté en janvier 2012, fait l'objet de la maîtrise de **Cédric Flécheux** actuellement en rédaction et s'effectue sous la codirection de Louis Gosselin, du Département de génie mécanique de l'Université Laval, qui a grandement collaborer à la supervision du design mécanique du carottier.

Lorsqu'un pergélisol riche en glace est identifié et localisé, le principal défi est de caractériser le dégel des sols sensibles afin d'évaluer le risque de la construction d'un nouveau remblai de transport ou du maintien d'un remblai déjà existant. Ceci n'est actuellement possible que par le biais de forage et d'échantillonnage des sols gelés. La récupération d'échantillons gelés non remaniés au cours des opérations de forage est très difficile et coûteuse en régions éloignées. L'objectif de ce projet est de développer un carottier œdométrique pour mesurer in situ les propriétés de consolidation du pergélisol. Au lieu d'essayer de récupérer des échantillons gelés, le système d'essai permettrait le dégel du pergélisol dans le carottier et la mesure de ses propriétés de consolidation sous une contrainte verticale choisie. Les activités suivantes du projet ont été réalisées:

- Un carottier œdométrique a été conçu en coopération avec le bureau de design du département de génie mécanique de l'Université Laval;
- Un prototype a été construit et une demande de brevet a été faite;
- La validation de la performance du carottier à l'aide d'un échantillon de sol riche en glace reconstitué dans une chambre froide du département de génie civil a été réalisé;
- Suite aux essais en laboratoire, des ajustements ont été apportés à la conception du carottier et celui-ci a été modifié.

Le thème 3 répondra aux objectifs 3 et 4, soit l'élaboration de lignes directrices, d'un cadre pratique et d'outils de soutien, pour l'application de différentes stratégies de construction et de maintenance des infrastructures de transport construites sur le pergélisol.

#### Projet thème 3a-b

Stabilisation thermique des infrastructures de transport utilisant des surfaces de revêtement à albédo élevé.

Ce projet, débuté en mai 2013, fait l'objet du projet de maîtrise de **Simon Dumais**.

Une des causes importantes de dégradation des chaussées construites sur pergélisol est l'absorption de chaleur par les surfaces revêtues. La chaleur absorbée par le revêtement foncé contribue à réchauffer le sol, ce qui entraîne la dégradation du pergélisol. Une solution envisagée pour contrer ce problème est l'utilisation de matériaux de revêtement à albédo élevé qui réduisent l'absorption de la radiation solaire. Ce type de matériau est présentement en voie de développement dans l'industrie pour réduire les effets d'îlots de chaleur en milieux urbains. L'objectif du projet est de collaborer au développement d'un matériau adapté à un environnement froid et éloigné et de développer une approche de stabilisation thermique d'un ouvrage routier basée sur l'utilisation de ce type de produit. Le projet implique la réalisation d'essais en laboratoire (janvier 2014) et sur le terrain (été 2013 et 2014: Yukon, SÉRUL-Québec et Nunavik) pour documenter la mise en oeuvre et les performances de cette approche. Le premier objectif a été de déterminer les propriétés des surfaces à albédo élevé garantissant une

utilisation durable et efficace de ces produits dans un contexte nordique. Ensuite, le projet a pour but de quantifier l'effet de l'albédo sur les températures de surface du revêtement à l'aide de modèles calibrés sur des planches d'essai réalisées sur le terrain. La dernière phase du projet sera de réaliser une planche d'essai au Nunavik, à l'été 2014, en installant cinq produits différents afin de les tester sur une plus grande échelle, ainsi que pour calibrer le modèle.

Projet thème 3c:

Développement d'un cadre pour la gestion des infrastructures de transport construites sur un pergélisol en dégradation.

Ce projet débute en janvier 2014 sous le projet de doctorat d'**Heather Brooks**.

Il répondra à l'objectif 4, soit le développement d'un cadre pratique pour la gestion des infrastructures de transport construites sur un pergélisol en dégradation.

Cette activité de recherche consistera à l'élaboration d'outils intégrés pour appuyer la gestion des infrastructures de transport dans les régions de pergélisol, en tenant compte du contexte local ainsi que des changements climatiques. Le cadre de gestion reposera sur des principes de gestion d'actifs de base largement documentés. La gestion d'actifs de chaussée est une combinaison d'activités intégrées permettant la maximisation de la valeur des actifs en transport.

Il comprend les activités principales suivantes :

- Inventaire des actifs et de leurs conditions;
- Quantification des risques
- Analyse des scénarios de mitigation
- Analyse des impacts sociaux et économiques.

Le programme Arquluk suit essentiellement le plan prévu lors de son acceptation par le CRSNG. Quatre écarts sont à signaler. Le premier est que faute de candidat au doctorat, le projet du thème 1 a été remodelé pour être réalisé par un projet de maîtrise, dont la modélisation sera assurée par l'équipe de **Daniel Fortier**, collaborateur du programme et co-directeur de l'étudiante. De plus, les résultats du projet de recherche cofinancé par le programme ADAPT (projet de doctorat de **Julie Malenfant-Lepage**) devrait permettre de rencontrer la plupart des objectifs. Le second écart est que le projet de maîtrise de Cédric Flécheux, portant sur le thème 2c, ne comportera pas d'essais sur le terrain, puisque les essais en laboratoire ont nécessités plusieurs améliorations du prototype et que l'étudiant terminera sa maîtrise dans les prochains mois. La possibilité de faire ces essais dans le cadre d'un autre projet, tel un projet de fin d'étude, sera évaluée. Troisièmement, le projet du thème 2d n'est toujours pas comblé. Ce retard dans le début du projet peut encore être comblé si un étudiant est trouvé dans les prochains mois. Sinon, le projet pourra alors être réalisé par des projets de fin d'études. Le dernier écart touche le thème 3a-b pour lequel le projet de maîtrise traitant des surfaces à albédo élevé (**Simon Dumais**) montre des possibilités de s'étendre au-delà du mandat initial. Il fait d'ailleurs l'objet d'un stage de 6 mois (**Jade Haure-Touzé**) qui débute en janvier 2014. La possibilité de pousser plus amplement ce thème est actuellement à l'étude.

Les étapes à venir sont le début des projets du thème 1 (Florence Lanouette, maîtrise), du thème 2b (Laurie-Anne Grégoire) et du thème 3c (Heather Brooks, doctorat). Le thème 1 comprendra des travaux de terrain au Nunavik à l'été 2014, ainsi que de la modélisation effectuée par l'équipe de Daniel Fortier, à l'Université de Montréal. Le thème 3c pourra rapidement profiter des résultats des autres projets, aidant à l'élaboration d'un cadre de gestion incluant des outils d'ingénierie. Les travaux de terrain se poursuivront à l'été 2014, pour le projet de Benoît Loranger (thème 2a) et de Simon Dumais (thème 3a-b). Le dépôt du mémoire de maîtrise ainsi que la réponse à la

demande provisoire de brevet pour le projet de Cédric Flécheux (thème 2c) sont attendus dans les prochains mois. Le recrutement pour trouver un candidat à la maîtrise pour réaliser le projet de comportement mécanique des sols marginalement gelés (thème 2d) se poursuivra.

Les projets les plus avancés, soit le 2c (carottier) et 3a-b (albédo) seront présentés au congrès annuel de l'Association québécoise des Transports (AQTr) en mars 2014. Ces projets ont également été soumis pour présenter à la Conférence européenne sur le pergélisol (EUCOP) qui aura lieu en juin 2014, ainsi qu'au International Symposium on Permafrost Engineering qui aura lieu en Chine, en août. Également, des projets réalisés avec d'autres sources de financement mais considérés comme associés à Arquluk de par leur apport au programme de recherche, seront également présentés à l'AQTr et ont aussi été soumis pour l'EUCOP.

Les rencontres annuelles avec les partenaires se poursuivront sous le même format, soit divisées en deux pour faciliter la participation de chacun. Elles ont lieu à Whitehorse, avec les partenaires de l'ouest (au printemps) et à Québec, avec les partenaires de l'est (à l'automne). Ces rencontres servent à faire le point et à échanger sur les différents projets.

Finalement, des comités de projet sont en cours de création. Cette formule permettra aux partenaires de mieux s'investir dans les projets qui les intéressent particulièrement. Ils pourront se prononcer sur les orientations du projet dès le début de celui-ci ce qui permettra d'orienter les résultats en fonction des besoins des utilisateurs. Leur consultation en fin de projet permettra également de rendre les résultats plus facilement utilisables.

## 2. Équipe de recherche

Donnez un aperçu de la participation et de la contribution scientifique au projet de chaque membre de l'équipe de recherche (chercheur principal, membres du groupe, collaborateurs, chercheurs provenant du secteur privé ou gouvernemental, attachés de recherche, stagiaires postdoctoraux, étudiants, etc.).

Le titulaire du programme voit à l'orientation des projets de recherche, à animer les échanges avec les partenaires, à la direction du personnel scientifique, à l'encadrement des étudiants, à la rédaction des rapports et à la rédaction des publications scientifiques.

Les collaborateurs participent à la direction des projets de recherche, à l'encadrement des étudiants en codirection et fournissent leur expertise.

La professionnelle de recherche coordonne le programme, communique avec les partenaires, participe à l'encadrement des étudiants, à la réalisation des projets expérimentaux, à la rédaction de rapports et de publications scientifiques.

Le technicien assiste les étudiants dans la préparation de montages scientifiques et dans la réalisation d'essais en laboratoire et sur le terrain.

Les partenaires participent à l'orientation des activités scientifiques du programme. Ils assistent également les travaux du programme par des avis techniques et par la fourniture de services et matériel spécialisés, ainsi que de leurs installations.

Les étudiants gradués (maîtrise et doctorat) participent à l'orientation de leurs projets, réalisent les projets, rédigent des rapports et des publications scientifiques.

Les stagiaires participent aux projets, aux expérimentations en laboratoire et sur le terrain, et à la rédaction de rapports scientifiques.

### 3. Formation

Inscrivez **chaque** stagiaire (notamment des étudiants de premier, deuxième ou troisième cycle, des stagiaires postdoctoraux, des attachés de recherche ou des techniciens) sur une ligne distincte du tableau ci-dessous et indiquez : a) le nombre d'années civiles pendant lesquelles le stagiaire a participé au projet, b) le pourcentage (%) de temps que chaque type de stagiaire a consacré au projet et c) le pourcentage (%) des fonds provenant de la subvention de RDC (contributions du CRSNG et de l'industrie). Si la rémunération d'un stagiaire est entièrement assurée par d'autres sources de financement, entrez 0 dans la colonne c – % des fonds provenant de la subvention de RDC. Vous pouvez ajouter des lignes au tableau, au besoin. (VEUILLEZ NE PAS INCLURE LES NOMS DE FAMILLE.)

Précisez le type de stagiaire (p. ex., maîtrise en science, doctorat)  (un stagiaire par ligne)	(a) Nombre d'années civiles pendant lesquelles le stagiaire a participé au projet	(b) % de temps que le stagiaire a consacré au projet	(c) % du salaire provenant de la subvention de RDC
Simon (maîtrise en génie)	1,5	100	100
Cédric (maîtrise en génie)	1,75	100	100
Benoît (maîtrise en génie)	1	100	100
Céline (stagiaire en génie)	0,2	100	100
Floriane (stagiaire en génie)	0,5	100	100
Julie (doctorat en génie)	1	30	30

### 4. Diffusion des résultats de la recherche et transfert des connaissances ou de la technologie

- 4.1 Dans le tableau ci-dessous, indiquez le nombre de publications, d'exposés à l'occasion d'une conférence et d'ateliers issus du projet de recherche appuyé par la subvention.

#### Publications, exposés à l'occasion de conférence, etc.

\_\_\_\_\_ Aucun jusqu'à maintenant

- **OU** -

État	Nombre de publications, d'exposés...		
	Articles dans une publication avec comité de lecture	Exposés à l'occasion de conférence ou affiches	Autres (incluant les rapports techniques, les articles sans comité de lecture, etc.)
<b>Accepté/Publié</b>	0	0	0
<b>Présenté</b>	0	8	2

- 4.2 Veuillez fournir les références bibliographiques relatives aux publications, aux exposés à l'occasion de conférence et aux ateliers dans les rubriques correspondantes. Dans le cas des publications, précisez si elles ont été présentées, acceptées ou publiées.



**Articles dans une publication avec comité de lecture :**

--

**Exposés à l'occasion de conférence ou affiches :**Présentations présentées

Malenfant-Lepage J., Doré G (2013) Arquluk program : preservation of Canada's northern transportation infrastructures. Pan-Territorial Permafrost Workshop, Yellowknife, November 5-7<sup>th</sup>.

Dumais S. et Doré G (2013) Thermal stabilization of transportation infrastructure using high albedo surfaces. 4<sup>th</sup> Annual Workshop of the Network of Expertise on Permafrost, Transport Canada, Fairbanks, Alaska, 8 juin.

Perier L. et Doré G. (2013) Study of thermal regimes around highway culvert. 4<sup>th</sup> Annual Workshop of the Network of Expertise on Permafrost, Transport Canada, Fairbanks, Alaska, 8 juin.

Flécheux C. et Doré G. (2012) Core-barrel development for in situ oedometric characterization of permafrost. 3<sup>th</sup> Annual Workshop of the Network of Expertise on Permafrost, Transport Canada, Pangnirtung, Nunavut, 29 mai.

Affiches présentées

Lemieux C., Doré G., Fortier D., Gosselin L. (2013) Programme Arquluk - Préservation des infrastructures de transport dans le Nord du Canada. Colloque du Centre d'études nordiques, Québec, 7-8 mai.

Flécheux C., Doré G., Gosselin L. (2013) Développement d'un carottier pour la caractérisation du pergélisol. Colloque du Centre d'études nordiques, Québec, 7-8 mai.

Lemieux C., Doré G., Fortier D., Gosselin L. (2012) Programme Arquluk - Préservation des infrastructures de transport dans le Nord du Canada. Symposium Ouranos, Montréal, 19-21 novembre.

Flécheux C., Doré G., Gosselin L. (2012). Development of a core-barrel for an in situ characterization of permafrost. Quinzième conférence internationale sur l'ingénierie des régions froides, Québec, 19- 22 août.

**Autres (y compris les rapports techniques, les articles sans comité de lecture, etc.) :**

Lemieux C., Doré G. et collaborateurs (2013) Préservation des infrastructures de transport dans le Nord canadien: Programme Arquluk. AQTr Route & Transport, édition spéciale: Les défis d'infrastructures en milieu nordique, vol 42, no 4, p.15-18.

Dumais S. et Doré G. (2013) Utilisation de surfaces à albédo élevé afin de contrer la dégradation du pergélisol sous les infrastructures de transport. Via Bitume, Vol. 8, no 3, octobre, p. 26-27.

#### 4.3 Brevets et licences

Dans le tableau ci-dessous, indiquez le **nombre** de brevets (les demandes en instance et les brevets obtenus) et de licences qui sont issus du projet de recherche appuyé par la subvention. (Fournissez les détails à la section 4.4.)

\_\_\_\_\_ Sans objet

**- OU -**

\_\_\_\_\_ Aucune demande en instance ou aucun brevet obtenu

Description	Nombre de brevets obtenus				
	CANADA	É.-U.	BE	AUTRE	TOTAL
<b>Demandes de brevet en instance</b>	-	1	-	-	1
<b>Nombre de brevets obtenus</b>	-	-	-	-	-

**Nombre de licences**  **(Fournissez les détails à la section 4.4.)**

- 4.4 Veuillez fournir les détails (notamment le titre de la demande, le numéro de la demande de brevet et le numéro du brevet) au sujet des demandes de brevet, des brevets et des licences susmentionnés dans les rubriques correspondantes.

##### **Demandes de brevet en instance :**

Core drill and method of performing in-situ consolidation testing of permafrost soil  
Demande provisoire de brevet déposée le 19 décembre 2013  
US61/918,329

##### **Brevets obtenus :**

##### **Licences : (titulaire de la licence, exclusive ou non-exclusive)**

Yukon Cold Climate Innovation Center

- 4.5 Décrivez comment les résultats obtenus jusqu'à maintenant sont transférés au secteur des utilisateurs et décrivez les perspectives d'exploitation commerciale ou industrielle.

##### **Perspectives de transfert des résultats au secteur des utilisateurs**

Comme aucun projet du programme de recherche Arquluk n'est encore terminé, peu de transferts de résultats ont été effectués jusqu'ici. Toutefois, le projet portant sur les matériaux de revêtement à albédo élevé est mené en étroite collaboration avec deux partenaires privés. L'étudiant collabore au développement de matériau adapté à un environnement froid et éloigné

et a donc fourni aux partenaires les spécifications techniques requises. Il est de plus en relation avec les partenaires pour aider à améliorer les produits suite à ses essais en laboratoire et sur le terrain. Dans le cadre de ce projet, l'étudiant a développé un utilitaire de calcul de températures superficielles des surfaces revêtues. Cet utilitaire est en cours de validation et sera bientôt disponible pour les utilisateurs.

Par ailleurs, le projet portant sur le développement d'un carottier oedométrique fait actuellement objet d'une demande provisoire de brevet. Un fois terminé, le prototype apportera une nouvelle façon de caractériser les sites en zones de pergélisol.

Ces deux projets seront d'ailleurs

De plus, les différents projets en cours, ou qui débiteront dans les prochains mois, fourniront des résultats importants de modélisation, d'outils d'ingénierie, de lignes directrices et de cadre pratique pour la gestion des infrastructures de transport construites sur pergélisol.

## 5. Problèmes survenus

Dans la liste ci-dessous, sélectionnez les principaux problèmes survenus au cours de la période visée par le présent rapport (cochez toutes les réponses pertinentes) :

- Problèmes d'ordre technique ou scientifique
- Problèmes d'orientation de la recherche ou des résultats
- Équipement ou installations
- Problèmes de dotation (y compris les étudiants)
- Problèmes de financement
- Un ou plusieurs partenaires ont mis fin à leur participation au projet
- Problèmes d'interaction avec un ou plusieurs partenaires
- Autre (précisez) \_\_\_\_\_

- OU -

Aucun problème n'est survenu au cours de la période visée par le présent rapport.

Décrivez brièvement les principaux problèmes indiqués ci-dessus et les mesures prises pour les résoudre.

Faute de candidat au doctorat le projet du thème 1 a été remodelé pour être réalisé dans le cadre d'une maîtrise en collaboration avec l'équipe de l'Université de Montréal qui assurera la modélisation. De plus, les résultats du projet de doctorat cofinancé par le programme ADAPT devrait permettre de rencontrer la plupart des objectifs.

Le problème de dotation touche également le projet du thème 2d qui est toujours à combler. Deux candidats étaient intéressés à réaliser ce projet dans le cadre d'une maîtrise, mais un s'est désisté avant de débuté et l'autre n'a malheureusement pas été accepté au programme de maîtrise avec mémoire en génie civil à l'Université Laval. Il est encore possible de réaliser ce projet si un étudiant est trouvé dans les prochains mois. Sinon, le projet pourrait alors être réalisé par des projets de fin d'études.

## 6. Collaboration les organismes d'appui

### 6.1 Qui a lancé ce projet de RDC?

- Le chercheur universitaire  
 Le partenaire industriel  
 Initiative partagée (université et industrie)  
 Autre (précisez) \_\_\_\_\_

### 6.2 De quelle manière les partenaires ont-ils participé directement au projet? (Cochez toutes les réponses pertinentes.)

- La participation des partenaires s'est limitée à une contribution en espèces.  
 Les partenaires étaient disponibles aux fins de consultation.  
 Les partenaires ont fourni les installations.  
 Les partenaires ont participé à la formation.  
 Les partenaires ont été formés par du personnel universitaire.  
 Les partenaires ont discuté du projet régulièrement avec l'équipe universitaire.  
 Nombre de réunions tenues au cours de la période visée par le présent rapport : 3  
 Les partenaires ont participé à la recherche.

### 6.3 Décrivez la participation des partenaires et commentez leur collaboration.

Les partenaires participent aux rencontres annuelles qui visent à voir l'état d'avancement du programme, discuter des ajustements à apporter à l'orientation des activités scientifiques du programme et discuter de la mise-en-œuvre des résultats de recherche. Certains partenaires ont fourni leurs installations (laboratoire), ont participé aux travaux de terrain, ainsi qu'à la formation d'étudiant. Les partenaires sont sollicités pour des avis techniques sur des sujets spécifiques à leur champ d'expertise, pour l'obtention de données et pour la fourniture de services spécialisés.

### 6.4 Avez-vous reçu le montant total en espèces que les partenaires s'étaient engagés à fournir pendant la période visée par le présent rapport?

- Oui  
 Non

### 6.5 Les partenaires ont-ils fourni une contribution en nature pendant la période visée par le présent rapport?

- Oui  
 Non

- 6.6 Pour les contributions en espèces et en nature reçues, entrez les montants ci-dessous, ainsi que le montant des contributions en espèces et en nature auquel les partenaires s'étaient engagés dans la proposition initiale. Si vous n'avez reçu aucune contribution en nature, inscrivez 0. Si les partenaires ne s'étaient pas engagés à fournir une contribution en nature, inscrivez s.o.

	Montant auquel s'étaient engagés les partenaires	Montant total reçu à ce jour
<b>En espèces</b>	310 000\$	310 000\$
<b>En nature</b>	90 000\$	81 000\$

- 6.7 Décrivez les contributions en nature reçues et expliquez les écarts entre les contributions en espèces et en nature auxquelles s'étaient engagés les partenaires et les contributions reçues, le cas échéant.

Les partenaires Colas Canada Inc. (20 000\$) et Nippo Corporation (13 000\$) ont fourni des échantillons et des produits de revêtement à albédo élevé pour effectuer des tests en laboratoire et sur le terrain, et ce incluant les frais de transport. Ils ont également participé aux installations sur le terrain, et ainsi formé l'étudiant qui travaille sur le projet de traitement d'entretien. Le partenaire Nippo Corporation a fourni une portion de sa contribution en nature prévue pour 2014 (3 000\$) car il est grandement impliqué dans le projet actuellement en cours.

Le partenaire Tetra Tech EBA Inc. (8 000\$) a fabriqué et fourni du matériel servant à effectuer des mesures sur le terrain. Une portion de la contribution en nature de l'année financière en cours reste à utiliser (2 000\$). Elle sera sensiblement encore utilisée en matériel.

Le Research Center (10 000\$) et le Cold Climate Innovation Center (10 000\$) du Yukon College ont tous deux hébergés deux étudiants dans leurs locaux à Whitehorse, de janvier à août 2013. Ils procurent également des espaces de rangement pour le matériel de terrain utilisé par le programme Arquluk au Yukon, l'accès à leurs laboratoires, ainsi qu'une salle de conférence et les services technologiques nécessaires lors de la rencontre annuelle avec les partenaires de l'ouest.

Le partenaire public, Yukon Highways and Public Works (20 000\$), procure un soutien logistique lors des travaux de terrain effectués au Yukon et fournit une assistance de terrain.

Le partenaire Kryotek Arctic Innovation Inc. n'a pas encore fourni sa contribution en nature car il est prévu d'utiliser la totalité de la contribution (25 000\$) pour réaliser des forages en 2014, pour le projet d'identification de masse de glace par méthode géophysique et thermique (projet 2a).

## 7. Information financière

L'objet de la présente section est de fournir davantage de détails propres au projet. Vous ne pouvez pas remplacer la présente section par formulaire 300.

Veillez fournir l'information financière suivante :

Poste budgétaire	Budget pour ce versement (tel qu'il est indiqué dans la proposition initiale)	Dépenses réelles pour ce versement, jusqu'à la date de présentation du rapport	Dépenses prévues après la date de présentation du rapport jusqu'à la fin de la période de versement en cours	Dépenses prévues pour la période visée par le prochain versement
<b>Salaires et avantages sociaux</b>				
Étudiants	125566	88634	34000	89174
Stagiaires postdoctoraux				
Adjointes techniques ou professionnels	120000	34554	20000	60000
Autre (précisez)				
<b>Équipement et installations</b>				
Achat ou location	40000	26507	20000	1000
Coûts de fonctionnement et d'entretien				
Frais d'utilisation	7000			3000
<b>Matériaux et fournitures</b>				
Matériaux et fournitures	35063	30245	4000	3879
<b>Déplacements</b>				
Conférences	12000	20713	10000	2000
Travail sur le terrain	69739		20000	45718
Collaboration et consultation	10000		5000	5000
<b>Frais de diffusion de la recherche</b>				
Frais de publication	4000	0		2000
Autre – Workshop	1000	1100	0	1000
<b>Autre (précisez)</b>				
Frais indirect de recherche		15245		
<b>Total</b>	424368	216998	113000	212771

Veillez fournir des explications détaillées pour tout écart constaté durant la période courante et dans le budget de l'année suivante. (Remarque : Les écarts de plus de 20 p. 100 par rapport au budget doivent être approuvés au préalable par le CRSNG.)

Les projets n'ayant pas tous débutés avant janvier 2014, un grand écart se fait sentir au niveau des dépenses, principalement pour les dépenses liées au déplacement pour effectuer du travail de terrain. Comme au moins trois projets débutent en 2014, il faut s'attendre à une augmentation soudaine des dépenses pour cette année. Les surplus observés à ce jour, viendront alors combler le budget initialement prévu pour 2014 et ainsi permettre de poursuivre tous les projets en cours.

Dans le même sens, aucune dépense n'est observée dans le poste budgétaire "Frais de publication", puisqu'aucun projet n'est terminé et donc prêt à publier. Des dépenses sont prévues dans ce poste en 2014.

Le grand écart observé dans le poste budgétaire "Adjoints techniques ou professionnels" est dû au fait que la majorité du salaire de la professionnelle de recherche durant l'année 2013 a été payé avec une autre source de financement, puisque ses tâches incluent également la coordination de tous les projets nordiques du groupe de recherche.

Il est à noter que le programme ADAPT qui cofinance le projet de doctorat du thème 1, et qui a assumé la majorité des dépenses de terrain de ce projet, se terminera en 2015. Le programme Arquluk devra alors assumer entièrement les dépenses.

Finalement, il faut tenir compte de la difficulté de concilier le système comptable de l'Université Laval avec le format de budget du CRSNG. Par exemple, la dépense de 15 245\$ de frais indirects de recherche qui ne coïncident avec aucun poste budgétaire. De plus, les dépenses inscrites dans la catégorie "Workshop" ont été retranchées des frais de déplacements qui ne sont pas subdivisés comme dans le format du CRSNG.