

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

Date de présentation : 1 janvier 2016

Période visée : 1 janvier 2014 – 1 janvier 2016

Les renseignements relatifs au projet sont-ils exacts?

Oui Non

(Dans la négative, veuillez apporter les corrections nécessaires ci-dessous.)

PROJET

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

Numéro du dossier : RDCPJ 416161 - 11

Chercheur principal : G. Doré, Laval

Membres du groupe : L. Gosselin, Génie mécanique, Laval
D. Fortier, Géographie, Montréal

Collaborateurs :

Organismes d'appui : C.D.B. Hawkins, Yukon College – Yukon Research Centre
R. Erlandson, Administration régionale Kativik
C. Larrivée, Consortium Ouranos
P.R. Murchison, Highways and Public Works
J.M. Croteau, Colas Canada Inc
A. Guimond, Ministère des Transports du Québec
S. Mooney, Yukon Cold Climate Innovation Centre
M. Iwama, Nippo Corporation
K. Jones, Tetra Tech EBA Inc.
J. Coates, Kryotek Arctic Innovation Inc.
P. Therrien, WSP Canada inc.
G. Dionne, GHD (anciennement InspecSol)

Vos renseignements personnels ci-dessous sont-ils exacts?

Oui Non

(Dans la négative, veuillez apporter les corrections nécessaires ci-dessous.)

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

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.

Le programme de recherche en ingénierie Arquluk met l'accent sur le développement de solutions rentables pour la conception et la gestion d'infrastructures de transport construites sur le pergélisol. Il est donc nécessaire d'avoir une meilleure compréhension des facteurs qui contribuent à la dégradation du pergélisol; d'améliorer les techniques d'investigation pour identifier le pergélisol sensible au dégel; et de développement des 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, basées 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 trois 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

Durant les premières années de recherche, le programme Arquluk a évolué et les trois thèmes ont été réorganisés, tout en gardant comme cible les objectifs initiaux.

Tous les projets sont maintenant débutés ou terminés. Le calendrier du programme montre, en date du 1^{er} janvier 2016, les projets terminés (vert pâle) et en cours (vert), suivant la nouvelle organisation des thèmes de recherche. Les motifs hachurés représentent les projets qui bénéficient d'autres sources de financement qu'Arquluk. Puis, la zone grise représente le congé parental de l'étudiante menant ce projet de doctorat.

Project / activity	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1- Amélioration des connaissances						
- Suivi des sites d'essai						
- Développement de paramètres d'ingénierie						
2- Identification et caractérisation						
a. Méthode géophysique et thermique		Stage	MSc			
b. Analyse de profils				MSc		
c. Essais oedométriques		MSc				
d. Comportement mécanique des sols maginalement gelés				MSc		
3- Développement de techniques d'adaptation						
a. Stabilisation thermique (albédo)		Stage	MSc	MSc		
b. Conception tenant compte de la neige				MSc		
c. Conception du drainage				PhD		
d. Gestion du risque				PhD		
e. Mitigation et adaptation					PhD	
Rapports (E: étape; F: final)			E		E	F

Comme le montre le tableau, les deux projets de conception (neige et drainage), qui étaient précédemment dans le thème 1, ont été déplacés dans le thème 3. En effet, ces projets ne font pas uniquement améliorer les connaissances des facteurs qui influent sur la performance des chaussées construites sur un pergélisol sensible (objectif 1), mais ils produiront également des outils et guides d'adaptation. Le thème 1 sert donc plutôt à fournir des données au thème 3.

Progrès réalisés dans le thème 2

Les quatre projets du thème 2 répondent à l'objectif 2, soit l'amélioration des techniques d'investigation pour identifier le pergélisol sensible. Un projet est actuellement terminé et les trois autres le seront dans la première moitié de l'année 2016.

• Projet 2a

Utilisation de la gravimétrie et du profilage thermique pour la détection de glaces massives et de sols riches en glace en zone de pergélisol.

Ce projet de maîtrise, codirigé par Daniel Fortier de l'Université de Montréal, a débuté en janvier 2013 et est réalisé par **Benoît Loranger**.

Il comprend deux volets soit, l'utilisation d'une méthode géophysique de détection de massifs de glace enfouie par microgravimétrie, et l'analyse de températures sous la surface du terrain afin d'y déceler des anomalies thermiques. Le 2^e volet (profilage thermique) ne semblant pas être concluant, les efforts ont été dirigés vers la méthode microgravimétrie qui a pour but de détecter des anomalies entre des matériaux de masse volumique différente dans le sol. Des relevés sur le terrain ont été accomplis à l'aide d'un gravimètre à Dry Creek au Yukon. À l'été 2014, la contribution en nature du partenaire Kryotek a permis de valider la présence de massifs de glace enfouis, grâce des forages effectués à ce site. De plus, l'étudiant a profité d'une collaboration avec Thomas Ingerman-Nielsen, chercheur du groupe Artek de la Technical University of Denmark, pour faire des relevés sur un site de polygones à coins de glace déjà bien documenté, au Groenland. L'étudiant est actuellement en rédaction et devrait terminer son mémoire en début d'année 2016.

• Projet 2b

Profils de chaussées : Effet du gel saisonnier et de la dégradation du pergélisol.

Ce projet a d'abord fait l'objet d'un court stage (**Céline Carreau**) à l'hiver 2013 et constitue maintenant le projet de maîtrise de **Laurie-Anne Grégoire** depuis l'été 2014.

Ce projet comporte deux volets distincts, soit la caractérisation de l'évolution de la dégradation du pergélisol et la problématique des dégradations reliées au gel saisonnier au Québec, réalisé en collaboration avec la Chaire de recherche i3c. Dans le cadre du programme Arquluk, seulement le premier volet est traité. Le projet utilise l'Indice de Rugosité Internationale (IRI), qui mesure le confort au roulement à l'aide d'un modèle mécanique relatif aux déviations verticales par rapport à un profil parfaitement droit. L'IRI a été mesuré à l'aide d'un profilomètre manuel (Surpro), sur trois sections d'un kilomètre de long sur l'autoroute de l'Alaska au Yukon, en avril (gel maximum) et en septembre (dégel maximum) 2015. Les données ont ensuite été filtrées pour différencier les longueurs d'onde : les courtes sont comprises entre 0,7 et 2,8 m et représentent des dégradations en surface, tels des fissures ou des rapiécages; tandis que les longues, entre 11,3 et 45,2 m, représentent plutôt des dégradations en profondeur donc liées à l'instabilité du pergélisol. Les analyses des données de terrain ont permis d'obtenir des différences d'IRI entre septembre et avril et montrent une dominance des courtes longueurs d'onde où il y avait des rapiécages (dégradations de surface); une dominance des grandes longueurs d'onde aux endroits où des dégradations en profondeur liées au pergélisol instable étaient observables et; un IRI négatif, donc une chaussée en meilleure condition en septembre qu'en avril, là où il n'y a pas de problématique reliée au pergélisol. Les résultats obtenus ont permis de déceler des tendances relatives aux problématiques reliées au pergélisol. Il faudrait avoir un plus grand nombre de sites d'étude pour créer un outil utilisable pour détecter les endroits affectés par l'instabilité du pergélisol. Il est prévu que l'étudiante dépose son mémoire en avril 2016.

- **Projet 2c**

- Développement d'un carottier œdométrique.*

- Ce projet de maîtrise est complété. Il a été réalisé par **Cédric Flécheux**, sous la codirection de Louis Gosselin, du Département de génie mécanique de l'Université Laval, qui a grandement collaboré à la supervision du design mécanique du carottier.

- La caractérisation d'un pergélisol sensible au dégel n'est actuellement possible que par le biais d'échantillonnage par forage, opération difficile et coûteuse en régions éloignées. Ce projet a donc développé un carottier œdométrique pour mesurer in situ les propriétés de consolidation du pergélisol. Au lieu de récupérer des échantillons gelés et de les transporter dans un laboratoire, le système d'essai permet le dégel du sol dans le carottier et la mesure de ses propriétés de consolidation sous une contrainte verticale choisie. Le projet a permis de construire un prototype, auquel un brevet est associé. Les essais sur le terrain n'ont pu être réalisés, puisque les essais en laboratoire ont menés à plusieurs améliorations du prototype et l'étudiant devait terminer sa maîtrise. Toutefois, seulement quelques modifications seront nécessaires pour rendre le carottier utilisable sur le terrain.

- **Projet 2d**

- Comportement mécanique de sols marginalement gelés.*

- Débuté à l'été 2014, ce projet de maîtrise est réalisé par **Mathieu Durand-Jézéquel**.

- L'étalement des remblais par rotation et fluage des épaulements est un problème important en régions de pergélisol. Le problème, relativement bien documenté dans la littérature, est généralement attribué au fluage des épaulements sous le poids statique du remblai. Peu d'informations sont disponibles sur l'effet de la charge dynamique induite par le passage répété des véhicules lourds et des trains circulant sur ces remblais. L'objectif principal du projet est de quantifier l'effet de la charge déviatorique répétée sur le comportement mécanique des sols marginalement gelés et, valider si cette charge imposée par les véhicules lourds a une influence sur le fluage. Le montage innovateur développé en laboratoire pour réaliser les essais avec un grand contrôle des températures (-0,5 °C) a nécessité plusieurs ajustements. Il est possible que les objectifs soient revus pour se limiter au développement d'une méthodologie utilisant un appareil triaxial développé sur mesure, et ainsi permettre à l'étudiant de terminer sa maîtrise

dans des délais raisonnables.

Progrès réalisés dans le thème 3

Les cinq projets du thème 3 répondent à l'objectif 3, soit le développement des techniques d'adaptation pour les infrastructures de transport construites sur un pergélisol instable. Le thème 1, amélioration des connaissances actuelles sur la dégradation du pergélisol et ses effets sur les infrastructures de transport, fournis des données à la réalisation de ces projets. Un projet de maîtrise est complété et deux autres le seront à l'été 2016.

- **Projet 3a (2 projets)**

- *Évaluation des revêtements routiers à albédo élevé en contexte nordique.*

- *Stabilisation thermique des infrastructures de transport construites sur pergélisol instable à l'aide de surface à albédo élevé.*

Le premier projet de maîtrise, réalisé par **Simon Dumais**, a montré des possibilités d'étendre les recherches au-delà du mandant initial. Suivant l'intérêt des partenaires impliqués, ainsi que leur bonne contribution en nature, un stage de 6 mois (**Jade Haure-Touzé**) a été effectué sur le sujet et une seconde maîtrise (**Caroline Richard**) est actuellement en cours.

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. Le premier projet de maîtrise a permis de développer un modèle pour calculer les températures de surface des revêtements routiers en fonction de leur albédo, permettant d'évaluer rapidement la pertinence d'utiliser un revêtement à albédo élevé à partir des températures de surface et de la pénétration du dégel. Le projet a également déterminé les propriétés techniques des revêtements à albédo élevé garantissant une utilisation efficace, durable et sécuritaire de ces produits dans un contexte nordique. Le projet de stage a développé une relation entre l'albédo et l'âge du revêtement à plusieurs mesures sur le terrain et a exploré les différences d'albédo suivant le type de granulats. L'objectif principal de la maîtrise en cours est de développer une approche de stabilisation thermique des infrastructures de transport construites sur un pergélisol instable, basée sur l'utilisation de revêtement à albédo élevé. L'étudiante effectue actuellement l'analyse des données recueillies aux trois sites d'essais, soit à la Forêt Montmorency (Québec), à Salluit (Nunavik) et sur l'autoroute de l'Alaska (Yukon). Elle réalise également des modélisations thermiques, à l'aide du logiciel SVHeat, pour déterminer des profondeurs de dégel en fonction des caractéristiques d'un site et de l'albédo de la surface. Les gestionnaires pourront ainsi utiliser la hauteur du remblai (rechargement) et l'albédo pour faire la stabilisation thermique. Il est prévu qu'elle termine son projet au printemps 2016.

- **Projet 3b**

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

Ce projet de maîtrise, codirigé par Daniel Fortier de l'Université de Montréal, a débuté en janvier 2014 et est réalisé par **Florence Lanouette**.

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; ceci afin de développer un outil d'ingénierie guidant la conception et la gestion des infrastructures de transport. La réalisation de cet objectif a impliqué l'analyse du régime thermique dans le remblai et dans le sol, à la piste d'atterrissage de Tasiujaq au Nunavik, de même que les mesures de la hauteur et des températures de neige en bordure de piste et aussi le long de l'autoroute de l'Alaska au Yukon. Les données collectées aux deux sites d'essais servent à développer et à calibrer un modèle thermique 2D réalisé sur le logiciel TEMP/W à partir duquel le comportement mécanique des remblais pourra être évalué. L'étudiante devrait compléter le projet au printemps 2016.

- **Projet 3c**

Développement d'une méthode pour la conception de systèmes de drainage à faible impact sur le pergélisol pour les infrastructures de transport linéaires.

Ce projet de doctorat est cofinancé par le programme ADAPT. Il est réalisé par **Julie Malenfant-Lepage** et codirigé par Daniel Fortier de l'Université de Montréal. Il est à noter que l'étudiante qui a débuté le projet en janvier 2014, était en congé parental de mai 2015 à janvier 2016.

Une des causes principales de la dégradation des remblais construits sur pergélisol est la chaleur transférée aux remblais et au sol d'infrastructure par le ruissellement de surface et par les eaux souterraines. Cette dégradation réduit les capacités structurelles et fonctionnelles de la route et, dans certains cas, peut entraîner la rupture des remblais. Le projet vise à développer une méthode de conception du drainage le long des infrastructures linéaires qui tient compte de la chaleur transférée au pergélisol. Cette approche permettra de déterminer la géométrie du système de drainage et le nombre optimal de passages (ponceaux) à considérer pour une section donnée de l'infrastructure pour minimiser l'impact sur le pergélisol. Le projet implique la mesure de l'influence du débit et de la température de l'eau sur les températures du sol et les flux de chaleur à trois sites expérimentaux situés au Groenland (mesures réalisées à l'été 2014), au Yukon (mesures réalisées en 2015 et à venir en 2016) et à Salluit au Nunavik (mesures à venir à l'été 2016). Les données serviront à calibrer un modèle thermique en deux dimensions qui sera développé à l'aide du logiciel SVHeat.

- **Projet 3d**

Développement d'outils de gestion du risque.

Ce projet de doctorat a été débuté en janvier 2014, par **Heather Brooks**. Il est en codirection avec Michel Allard du département de géographie, et en collaboration avec Ariane Locat du département de génie civil et de génie des eaux, tous deux de l'Université Laval.

La conception des infrastructures de transport linéaires construites sur pergélisol, ainsi que les sommes allouées à leur entretien, utilisent actuellement des procédés qualitatifs. L'objectif de ce projet est de mettre au point une méthodologie d'analyse quantitative du risque pour les infrastructures de transport construites sur le pergélisol. La méthode prendra en considération les aléas qui peuvent affecter la viabilité de la structure ainsi que les conséquences que peuvent entraîner le mauvais fonctionnement ou l'interruption de service sur les coûts d'opération et sur les populations qui dépendent de l'infrastructure. La méthode sera fondée sur une évaluation quantitative du risque géotechnique associée à une infrastructure linéaire construite sur le pergélisol en utilisant une approche probabiliste et sur une évaluation des conséquences. Le développement d'un outil pratique d'évaluation du risque utilisable par les gestionnaires des infrastructures de transport en régions nordiques est en cours de développement. L'outil d'analyse développé sera validé sur des sites bien documentés, tel l'aéroport d'Iqaluit au Nunavut et la route Dempster au Yukon.

- **Projet 3e**

Développement des stratégies et techniques de mitigation pour adapter les remblais construits sur pergélisol sensible au dégel.

Ce projet de doctorat a débuté à l'été 2015 et est mené par **Xiangbing Kong**. Il est actuellement partiellement financé par le Yukon Highways and Public Works via le Yukon Research Centre, et du financement additionnel devrait s'ajouter dans la prochaine année. Ce projet n'était initialement pas dans le programme de recherche, mais la disponibilité d'un étudiant et l'apport financier additionnel a permis de l'intégrer, puisque sa problématique rejoint totalement celle du thème 3, soit de développement des techniques d'adaptation des infrastructures de transport construites sur pergélisol sensible au dégel. En effet, l'objectif de ce projet est de déterminer le champ d'application de chaque technique développée et de produire un arbre de décision pour aider à choisir la meilleure méthode à appliquer compte tenu du

contexte et des besoins locaux. Un modèle thermique par éléments finis à deux dimensions, réalisé avec SVHeat, sera utilisé pour simuler la distribution de température dans la section transversale du remblai de route et dans le sol d'infrastructure. Cette modélisation permettra de comparer l'efficacité des différentes techniques d'adaptation en fonction de leurs paramètres de conception et ainsi d'optimiser, au besoin, la conception de ces méthodes d'atténuation.

Par ailleurs, les rencontres annuelles avec les partenaires servent à faire le point et à échanger sur les différents projets. 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). En 2015, une seule rencontre a eu lieu à Québec profitant de la présence de plusieurs partenaires à la conférence GéoQuébec et offrant le service de vidéo conférence pour ceux à distance.

Finalement, des comités de projet ont été formés afin de permettre aux partenaires de mieux s'investir dans les projets qui les intéressent particulièrement. Les rencontres ont lieu à l'Université Laval et le service de vidéo conférence est offert pour les partenaires ne pouvant se déplacer. Ces comités permettent aux partenaires de se prononcer sur les orientations du projet, et d'orienter les résultats en fonction des besoins des utilisateurs. L'apport des partenaires assure également que les résultats seront accessibles et facile d'utilisation.

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.).

Titulaire du programme

Il 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.

Membres du groupe

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

Attachée de recherche

Elle 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.

Technicien

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

Partenaires

Ils participent à l'orientation des activités scientifiques du programme. Ils assistent également les travaux du programme par des avis techniques et en fournissant des services et du matériel spécialisés.

Étudiants gradués (maîtrise et doctorat)

Ils participent à l'orientation de leurs projets, réalisent les projets, rédigent des rapports et des publications scientifiques et présentent leurs résultats (rencontres et conférences).

Stagiaires et auxiliaires de recherche

Ils 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
Julie (PhD. génie civil)	1,5	50	50
Heather (PhD. génie civil)	2	80	60
Xiangbing (PhD. génie civil)	0,5	75	0
Cédric (MSc. génie civil)	2,5	100	100
Benoît (MSc. génie civil)	3	100	100
Simon (MSc. génie civil)	1,5	100	100
Florence (MSc. génie civil)	2	100	100
Caroline (MSc. génie civil)	1,5	100	100
Laurie-Anne (MSc. génie civil)	1,5	100	0
Mathieu (MSc. génie civil)	1,5	100	100
Céline (stagiaire étrangère 1 ^{er} cycle)	0,15	100	100
Floriane (stagiaire étrangère 1 ^{er} cycle)	0,25	100	100
Jade (stagiaire étrangère 1 ^{er} cycle)	0,5	100	100
Christian (technicien)	3,5	5	0
Sylvain (technicien)	3,5	5	0

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.)
Accepté/Publié	7		5
Présenté		37	

- 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 :

Dumais S., Doré G. (2016) sous presse. An albedo based model for the calculation of pavement surface temperatures in permafrost regions. *Cold Regions Science and Technology*, Vol. 123, March, pp 44-52.

Dumais S., Doré G. (2015). Surface temperatures calculation method for high albedo road surfaces in permafrost regions. Dans le compte-rendu de la 68e Conférence Canadienne de Geotechnique et 7e Conférence sur le Pergélisol, Septembre 20-23, Québec, Québec.

Lanouette, F., Doré, G., Fortier, D., Lemieux, C. (2015). Influence of snow cover on the ground thermal regime along an embankment built on permafrost: In-situ measurements. Dans le compte-rendu de la 68e Conférence Canadienne de Geotechnique et 7e Conférence sur le Pergélisol, Septembre 20-23, Québec, Québec.

Brooks, H., Doré, G., Locat, A., Lemieux, C. (2015). Quantitative Risk Analysis of Linear Infrastructure: State of the Practice and Research Plan. In proceedings of the International Conference on Cold Regions Engineering, July 19-22, Salt Lake City, Utah, USA.

Flécheux, C., Doré, G., Gosselin, L., Lemieux, C. (2015). Development of a Core Barrel for an In Situ Measurement of the Thaw Consolidation Behavior of Permafrost. In proceedings of the International Conference on Cold Regions Engineering, July 19-22, Salt Lake City, Utah, USA.

Loranger B., Doré G., Fortier D., Lemieux C. (2015) Massive Ice and Ice-Rich Soil Detection by Gravimetric Surveying at Dry Creek, Southwestern Yukon Territory, Canada. In proceedings of the International Conference on Cold Regions Engineering, July 19-22, Salt Lake City, Utah, USA.

Richard, C., Doré, G., Lemieux, C., Bilodeau, J-P., Haure-Touzé, J. (2015). Albedo of Pavement Surfacing Materials: In Situ Measurements. In proceedings to the International Conference on Cold Regions Engineering, July, Salt Lake City, USA.

Exposés à l'occasion de conférence ou affiches :

EXPOSÉS

Brooks H. et Doré G. (2015). Quantifying Probability of Occurrence of Thaw Depth: Iqaluit Airport, Nunavut. ArcticNet Annual Meeting, Vancouver, December 10.

Dumais S., Doré G. (2015). Surface temperatures calculation method for high albedo road surfaces in permafrost regions. 68e Conférence Canadienne de Geotechnique et 7e Conférence

sur le Pergélisol, Septembre 20-23, Québec, Québec.

Brooks, H., Doré, G., Locat, A., Lemieux, C. (2015). Quantitative Risk Analysis of Linear Infrastructure: State of the Practice and Research Plan. International Conference on Cold Regions Engineering, July 19-22, Salt Lake City, Utah, USA.

Doré, G., Flécheux, C., Gosselin, L., Lemieux, C. (2015). Development of a Core Barrel for an In Situ Measurement of the Thaw Consolidation Behavior of Permafrost. International Conference on Cold Regions Engineering, July 19-22, Salt Lake City, Utah, USA.

Loranger B., Doré G., Fortier D., Lemieux C. (2015). Massive Ice and Ice-Rich Soil Detection by Gravimetric Surveying at Dry Creek, Southwestern Yukon Territory, Canada. International Conference on Cold Regions Engineering, July 19-22, Salt Lake City, Utah, USA.

Richard, C., Doré, G., Lemieux, C., Bilodeau, J-P., Haure-Touzé, J. (2015). Albedo of Pavement Surfacing Materials: In Situ Measurements. International Conference on Cold Regions Engineering, July 19-22, Salt Lake City, Utah, USA.

Loranger B. et Doré G. (2015). Massive Ice and Ice-Rich Soil detection by gravimetric surveying at Dry Creek, south-western Yukon Territory, Canada. 6th Annual Workshop of the Network of Expertise on Permafrost, Transport Canada, Nunavik, Québec, June 15-17.

Grégoire L.-A. et Doré G. (2015). Analyse des profils longitudinaux des chaussées pour caractériser la dégradation du pergélisol et du gel saisonnier. Colloque GRINCH - Groupe de recherche en ingénierie des chaussées. Université Laval, Québec, 26 mai.

D-Jézéquel M. et Doré G. (2015). Comportement mécanique des sols marginalement gelés. Colloque GRINCH - Groupe de recherche en ingénierie des chaussées. Université Laval, Québec, 26 mai.

Loranger B. et Doré G. (2015). Détection de glace massive et de sols riches en glace par sondage gravimétrique à Dry Creek, Yukon, Canada. Colloque GRINCH - Groupe de recherche en ingénierie des chaussées. Université Laval, Québec, 26 mai.

Richard C. et Doré G. (2015). Techniques de protection du pergélisol: Revêtements à albédo élevé. Colloque GRINCH - Groupe de recherche en ingénierie des chaussées. Université Laval, Québec, 26 mai.

Lanouette F. et Doré G. (2015). Techniques de protection du pergélisol: Dimensionnement des pentes. Colloque GRINCH - Groupe de recherche en ingénierie des chaussées. Université Laval, Québec, 26 mai.

Brooks H. et Doré G. (2015). Développement d'outils de gestion du risque. Colloque GRINCH - Groupe de recherche en ingénierie des chaussées. Université Laval, Québec, 26 mai.

Grégoire L.-A. et Doré G. (2015). Profils longitudinaux des chaussées : effet du gel saisonnier et de la dégradation du pergélisol. Association Québécoise des Transports. Montréal. 30 mars – 1^{er} avril.

Loranger B., Doré G., Fortier D. (2015). Détection de glace massive et de sols riches en glace par sondage gravimétrique à Dry Creek, Territoire du Yukon, Canada. Colloque annuel du Centre d'études nordiques, 12-13 février, Université Laval, Québec, QC, Canada.

Dumais S. et Doré G. (2014). Thermal Stabilization of Embankment Built on Permafrost Using High Albedo Surfaces. ISPE - International Symposium on Permafrost Engineering, Chine, August 22-24.

Lanouette F. et Doré G (2014). Design procedure taking into account accumulation of snow along embankment. 5th Annual Workshop of the Network of Expertise on Permafrost, Transport Canada, Dawson, Yukon, June 4-6.

Doré G. et Flécheux C. (2014). Développement d'un carottier pour la caractérisation in situ du pergélisol. 49e Congrès annuel de l'Association québécoise des transports. Québec, 31 mars - 2 avril.

Dumais S. et Doré G. (2014). Utilisation des revêtements à albédo élevé pour la stabilisation thermique des remblais nordiques. 49e Congrès annuel de l'Association québécoise des transports. Québec, Québec, 31 mars - 2 avril.

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

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

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

AFFICHES

Lanouette, F., Doré, G., Fortier, D., Lemieux, C. (2015). Influence of snow cover on the ground thermal regime along an embankment built on permafrost: In-situ measurements. Dans le compte-rendu de la 68e Conférence Canadienne de Géotechnique et 7e Conférence sur le Pergélisol, Septembre 20-23, Québec, Québec.

Brooks H., Lemieux C., Doré G et Lemieux C. (2015). Analyse quantitative des risques des infrastructures linéaires allant de propriétés géotechniques aux impacts sociaux. Colloque annuel du Centre d'études nordiques, 12-13 février, Université Laval, Québec, QC, Canada.

Grégoire L-A., Doré G., Martel N., Lemieux C., (2015). Analyse des profils longitudinaux des chaussées pour caractériser la dégradation du pergélisol et du gel saisonnier. Colloque annuel du Centre d'études nordiques, 12-13 février, Université Laval, Québec, QC, Canada.

Lanouette F., Doré G., Fortier D., Lemieux C. (2015). Procédure de conception tenant compte de l'accumulation de neige le long d'un remblai. Colloque annuel du Centre d'études nordiques, 12-13 février, Université Laval, Québec, QC, Canada.

Richard C., Doré G. et Lemieux C. (2015). L'albédo des produits utilisés comme revêtement de surface. Colloque annuel du Centre d'études nordiques, 12-13 février, Université Laval, Québec, QC, Canada.

M-Lepage J., Doré G., Ingeman-Nielsen T. et Fortier D. (2015). L'utilisation de la résistivité pour caractériser les profils d'écoulement d'eau en terrain pergélisolés. Colloque annuel du Centre d'études nordiques, 12-13 février, Université Laval, Québec, QC, Canada.

Brooks H., Doré G. (2014). Quantitative Risk Analysis of Linear Infrastructure from Geotechnical Properties to Societal Impacts. Symposium Ouranos, Québec, 4-5 décembre.

Dumais S. et Doré G. (2014). High albedo surfaces for thermal stabilization of road embankment built on permafrost. Association des Transports du Canada, Montréal, 28 sept-1^{er} oct.

Fécheux C., Doré G. et Gosselin L. (2014). Development of a core-barrel for an in situ characterization of permafrost. 4^{ème} Conférence européenne sur le pergélisol - EUCOP4, Evora, Portugal, 18-21 juin.

Dumais S. et Doré G. (2014). High albedo surfaces for thermal stabilization of road embankment built on permafrost. 4^{ème} Conférence européenne sur le pergélisol - EUCOP4, Evora, Portugal, 18-21 juin.

Dumais S. et Doré G. (2014). Effet de l'albédo sur les températures superficielles des revêtements routiers. Colloque annuel du Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, 12-13 février.

Fécheux C., Doré G. et Gosselin L. (2014). Développement d'un carottier pour la caractérisation du pergélisol. Colloque annuel du Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, 12-13 février.

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, Université Laval, Québec, 7-8 mai.

Flécheux C., Doré G., Gosselin L. (2013). Développement d'un carottier pour la caractérisation du pergélisol. Colloque annuel du Centre d'études nordiques, Université Laval, 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. 15^e 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.) :

MÉMOIRES DE MAÎTRISE

Dumais S. (2014). Évaluation des revêtements routiers à albédo élevé en contexte nordique. Mémoire de maîtrise, Faculté des sciences et de génies, Université Laval, Québec, 162 p.

Flécheux C. (2015). Développement d'un carottier pour la caractérisation in situ du pergélisol. Mémoire de maîtrise, Faculté des sciences et de génies, Université Laval, Québec, 181 p.

ARTICLES SANS COMITÉ DE LECTURE

Lemieux C., Doré G. et collaborateurs (2013). Préservation des infrastructures de transport dans le Nord canadien: Programme Arquluk. AQTTr 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.

MÉDIA (entrevue radio)

Lemieux, C. et M-Lepage J. (2013). Les défis des changements climatiques: Arquluk, programme de recherche en ingénierie nordique. Le Boréal Hebdo animé par Caroline Nepton Hotte, CBC North, diffusé les 9 et 10 novembre.

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
Demandes de brevet en instance	-	-	-	-	-
Nombre de brevets obtenus	-	1	-	-	1

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 :

Brevets obtenus :

Core drill and method of performing in-situ consolidation testing of permafrost soil
US61/918,329

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

- 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

Les résultats obtenus jusqu'à maintenant ont d'abord été transférés aux partenaires du programme lors de rencontre, via l'intranet du site web Arquluk ou par courriel. Les résultats ont également été partagés lors de présentations et articles dans des conférences regroupant les utilisateurs et décideurs liés aux infrastructures construites sur le pergélisol.

Le programme a fourni un modèle de calcul des températures de surface en fonction de l'albédo, permettant d'évaluer rapidement la pertinence d'utiliser un revêtement à albédo élevé. Les deux projets portant sur les matériaux de revêtement à albédo élevé sont menés en étroite collaboration avec deux partenaires privés. Les étudiants ont collaboré au développement de matériaux de revêtement adaptés aux environnements froids et éloignés et ont donc fourni aux partenaires les spécifications techniques requises, tant pour améliorer les produits, qu'au niveau de la logistique et de l'application. Le programme a également favorisé les échanges et collaborations entre les deux partenaires privés et un partenaire public intéressé par cette technologie.

De plus, un prototype de carottier pour effectuer des mesures in situ de consolidation au dégel du pergélisol, a été créé et un brevet y est associé. Nous travaillons en collaboration avec le partenaire Kryotek pour effectuer les derniers ajustements au carottier et les essais sur le terrain. Ensuite, la perspective de commercialiser cet équipement sera étudiée. Il est à noter que la présentation de ce carottier à la Conférence en ingénierie des régions froides (ASCE), au Utah en 2015, a suscité beaucoup d'intérêt et a été qualifié de "percée" (*breakthrough*) dans le domaine de l'ingénierie nordique.

Finalement, les projets en cours fourniront des méthodes et outils pour aider à l'identification du pergélisol sensible au dégel, ainsi que pour améliorer l'analyse et la conception des infrastructures de transport dans le nord canadien et ainsi assurer leur pérennité. Les résultats de ces projets seront également transmis aux décideurs et utilisateurs, toujours dans le but de partager les nouveaux outils et méthodes disponibles.

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.

Le Yukon Research Centre a dû retirer sa contribution en espèces (30 000\$ / année) couvrant 2015-2016 et 2016-2017, pour des raisons financières. Ce partenaire poursuivra tout de même sa contribution en nature (5 000\$ / année) jusqu'à la fin du programme. Des demandes de subvention ont été faites auprès d'autres organismes pour combler l'écart financier créé par cette situation.

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 : 7
 Les partenaires ont participé à la recherche.

6.3 Décrivez la participation des partenaires et commentez leur collaboration.

Les partenaires ont participé aux rencontres annuelles qui visent à faire état de l'avancement du programme, discuter des ajustements à apporter à l'orientation des activités scientifiques et discuter de la mise-en-œuvre des résultats de recherche.

De plus, les partenaires membres des comités de suivi de projet ont révisé la revue de littérature et le plan de travail des projets qui les concernent. Ils ont également aidé à assurer que les résultats obtenus répondent, du mieux possible, aux besoins des utilisateurs. Leur apport est essentiel à l'implémentation des produits de la recherche.

Certains partenaires ont également fourni leurs installations, participé aux travaux de terrain et à la formation d'étudiants. Les partenaires ont été 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
En espèces	407 890 \$	377 890 \$
En nature	90 000 \$	105 000 \$

- 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. (30 000\$) et Nippo Corporation (20 000\$) ont fourni des échantillons et des produits de revêtement à albédo élevé pour effectuer des essais sur le terrain, et ce incluant les frais de transport. Ils ont également participé aux installations sur le terrain, et ainsi formé l'étudiante qui travaille sur le projet de traitement d'entretien. De plus, la contribution de Colas Canada inclut une portion Recherche et Développement de produit suivant les spécifications techniques requises. En date de ce rapport, les deux partenaires ont entièrement fourni leur contribution en nature pour le programme, même que Nippo Corporation a contribué au-delà de l'entente initiale (5 000\$ / année).

Le Yukon Research Center (10 000\$) continue sa contribution en nature malgré le retrait de la portion financière. Avec le Cold Climate Innovation Center (10 000\$), ils ont procuré des espaces de rangement pour le matériel de terrain, l'accès à leurs laboratoires, ainsi qu'à une

salle de conférence pour la rencontre annuelle avec les partenaires de l'ouest en 2014 et ce, dans leurs locaux du Yukon College, à Whitehorse au Yukon.

Le partenaire public, Yukon Highways and Public Works (20 000\$), a continué à procurer un soutien logistique lors des travaux de terrain effectués au Yukon et à collecter et fournir des données pour les projets réalisés au Yukon. En 2014, ce partenaire a même construit une section d'essai de revêtement à albédo élevé, en collaboration avec un partenaire privé qui a fourni le produit. Cette section sert grandement au projet actuellement en cours.

Le partenaire Kryotek Arctic Innovation Inc. a fourni l'intégralité de sa contribution en nature (25 000\$) pour le programme Arquluk, lors de la réalisation de forages à l'été 2014, pour le projet d'identification de masses de glace enfouies, par méthode gravimétrique (projet 2a). Pour ce projet, une contribution en nature supplémentaire a été faite par la compagnie Scintrex qui a prêté sans frais, le gravimètre servant à faire les mesures au Yukon et au Groenland en 2014.

La contribution en nature du partenaire Tetra Tech EBA Inc. n'a pas été utilisée lors de la période couverte par ce rapport, pour permettre la fabrication de matériel servant à effectuer des mesures sur le terrain. Le montant total restant (16 697\$) sera donc entièrement utilisé dans les prochains mois.

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.

Veuillez fournir l'information financière suivante :

Poste budgétaire	Budget pour la période couverte (tel qu'il est indiqué dans la proposition initiale)	Dépenses réelles pour la période couverte, jusqu'à la date de présentation du rapport	Dépenses prévues après la date de présentation du rapport jusqu'à la fin de la période couverte en cours	Dépenses prévues pour la période couverte par le prochain versement
Salaires et avantages sociaux				
Étudiants	175 740 \$	209 949 \$	19 828 \$	46 000 \$
Stagiaires postdoctoraux				
Adjoints techniques ou professionnels	82 435 \$	117 346 \$		30 000 \$
Autre (Avantages sociaux)		32 489 \$	1 000 \$	
Équipement et installations				
Achat ou location	2 000 \$			3 500 \$
Coûts de fonctionnement et d'entretien		33 054 \$		
Frais d'utilisation	6 000 \$			3 500 \$
Matériaux et fournitures				
Matériaux et fournitures	4 000 \$	29 333 \$		4 000 \$
Déplacements	90 196			
Conférences	6 608 \$			15 000 \$
Travail sur le terrain	80 718 \$	76 253 \$		28 000 \$
Collaboration et consultation	10 870 \$			13 000 \$
Frais de diffusion de la recherche				
Frais de publication	4 870 \$			4 200 \$
Autre (Séminaire, Atelier)	1 800 \$			2 400 \$
Autre (précisez)				
Frais indirects de recherche		38 081 \$		12 672 \$
Transfert		10 000 \$		
Total	375 041 \$	546 505 \$	20 828 \$	162 272 \$

Veuillez 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.)

D'abord, il est important de mentionner qu'il est difficile de concilier le système comptable de l'Université Laval avec le format de budget du CRSNG. En effet, du côté de l'université, la catégorie "Déplacements" regroupe tout en un seul item; la catégorie "Équipement et installations" inclut la location véhicule, donc une partie des dépenses liées aux travaux de terrain; puis, les frais de diffusion ne formant pas un item unique, il n'est pas possible de chiffrer les dépenses.

Le dernier rapport (janvier 2014) montrait moins de dépenses que le budget initialement prévu, puisque les projets n'étaient alors pas tous débutés. Cet écart se répercute donc sur la période visée par ce rapport, puisque tous les projets étaient en cours et ont donc générée plus de dépenses, tant au niveau des travaux sur le terrain, de l'achat/location de matériel, de déplacements pour présenter les résultats dans des conférences que de l'encadrement et la supervision. Cette augmentation soudaine des dépenses était attendue, tel que précisé en janvier 2014.

Les frais de transfert (10 000\$) correspondent au montant transféré à Daniel Fortier (Université de Montréal), membre du groupe, pour le travail réalisé par son équipe.

Le solde total de 73 559\$, observé en date du 31 décembre 2015 servira à couvrir les dépenses du 1^{er} janvier au 30 mars 2016. Il est à noter que ce solde inclut 30 000\$ pour le partenaire Yukon Research Centre qui correspond à l'avance octroyée par le service des finances de l'Université Laval pour la quatrième année du projet (2015-2016). Ce montant n'est donc pas disponible, puisque le partenaire a retiré sa contribution financière, et sera donc retirée du compte dans les prochaines semaines.