

EVIDENCE

OTTAWA, Tuesday, November 28, 2023

The Standing Senate Committee on Transport and Communications met with videoconference this day at 9 a.m. [ET] to study the impacts of climate change on critical infrastructure in the transportation and communications sectors and the consequential impacts on their interdependencies.

Senator Leo Housakos (Chair) in the chair.

[*English*]

The Chair: Welcome. I am Leo Housakos, senator from Quebec and chair of this committee. I invite my colleagues to briefly introduce themselves.

Senator Simons: Senator Paula Simons, Alberta. I come from Treaty 6 territory.

Senator Richards: Senator Dave Richards from New Brunswick.

Senator Quinn: Jim Quinn, New Brunswick.

Senator Clement: Bernadette Clement, Ontario.

Senator Cardozo: Andrew Cardozo, Ontario.

Senator Dasko: Donna Dasko, senator from Ontario.

[*Translation*]

Senator Miville-Dechêne: Julie Miville-Dechêne, Quebec.

[*English*]

The Chair: Thank you, colleagues. Today, we continue our study of the impact of climate change on critical infrastructure in the transportation sector and our study of issues facing Northern Canada.

For our first panel, I am pleased to welcome by videoconference Dr. Steve Kokelj, Senior Permafrost Scientist, Northwest Territories Geological Survey, Department of Tourism, Industry and Investment of the Government of the Northwest Territories, and Dr. Eva Stephani, a Permafrost Research Geographer, Alaska Science Center, U.S. Geological Survey. Dr. Stephani is appearing as an individual, and the views and opinions expressed are solely her own and not those of the U.S. Geological Survey or the University of Alaska-Fairbanks.

TÉMOIGNAGES

OTTAWA, le mardi 28 novembre 2023

Le Comité sénatorial permanent des transports et des communications se réunit aujourd’hui, à 9 heures (HE), avec vidéoconférence, dans le cadre de son étude sur l’incidence des changements climatiques sur les infrastructures essentielles dans les secteurs des transports et des communications et les répercussions corrélatives sur leurs interdépendances.

Le sénateur Leo Housakos (président) occupe le fauteuil.

[*Traduction*]

Le président : Bonjour. Je m’appelle Leo Housakos, sénateur du Québec et président du comité. J’invite mes collègues à se présenter brièvement.

La sénatrice Simons : La sénatrice Paula Simons, de l’Alberta. Je viens du territoire du Traité n° 6.

Le sénateur Richards : Le sénateur Dave Richards, du Nouveau-Brunswick.

Le sénateur Quinn : Jim Quinn, du Nouveau-Brunswick.

La sénatrice Clement : Bernadette Clement, de l’Ontario.

Le sénateur Cardozo : Andrew Cardozo, de l’Ontario.

La sénatrice Dasko : Donna Dasko, sénatrice de l’Ontario.

[*Français*]

La sénatrice Miville-Dechêne : Julie Miville-Dechêne, du Québec.

[*Traduction*]

Le président : Je vous remercie. Aujourd’hui, nous poursuivons notre étude sur l’incidence des changements climatiques sur les infrastructures essentielles du secteur des transports et sur les questions qui touchent le Nord canadien.

Pour notre premier groupe de témoins, nous avons le plaisir d’accueillir, par vidéoconférence, M. Steve Kokelj, scientifique principal du pergélisol, Inventaire géologique des Territoires du Nord-Ouest, ministère de l’Industrie, du Tourisme et de l’Investissement des Territoires du Nord-Ouest, et Mme Eva Stephani, chercheuse en pergélisol, Alaska Science Centre, United States Geological Survey. Elle compare à titre personnel; les opinions exprimées sont uniquement les siennes et ne devront pas être associées au United States Geological Survey, ni à l’Université de l’Alaska à Fairbanks.

Welcome. Thank you both for joining us. We will begin with opening remarks, five minutes each, by Dr. Kokelj, followed by Dr. Stephani.

Steve Kokelj, Senior Permafrost Scientist, NWT Geological Survey, Department of Industry, Tourism and Investment, Government of the Northwest Territories: Thank you very much. I speak to you from Chief Drygeese Territory, the traditional lands of the Yellowknives Dene and home of the North Slave Métis.

In my opening statement, I will briefly paint a picture of what permafrost is, how it varies across Canada's diverse northern landscape and why this is important to society. I will highlight why permafrost knowledge must be enhanced through the life cycle of an infrastructure project and, finally, touch on a few permafrost challenges and opportunities faced by Canada.

What is permafrost? It is defined as earth materials that remain frozen for at least two years. The shallow surface layer of soils that thaws and refreezes each year is called the active layer. Think of permafrost as the geological product of climate. It is the glue that holds northern landscapes together. It affects about half of Canada's landmass, influencing how water flows off the land, giving rise to distinct landforms and providing a foundation for our ecosystems and human activities, including traditional land use and infrastructure.

When the climate is stable or in a cooling trend, the term permafrost is most appropriate as it provides a stable, unseen foundation. However, as climate warms and the properties of permafrost conditions change, northern landscapes can become among the most dynamic settings in the world.

Permafrost is characterized in many ways, but only when all elements are considered together are we able to understand the environmental or societal consequences of its thawing, and plan and adapt in an informed manner. Permafrost can be described by the proportion of land it affects, its thickness and its temperature. In Arctic tundra regions, permafrost underlies the entire terrestrial landscape — referred to as continuous permafrost — and it is typically several hundred metres thick underlying the entire landscape. It has an average annual temperature of -6 degrees Celsius or lower. If we imagine moving southward from the Beaufort Sea coast, up the Mackenzie Valley, the permafrost temperatures become warmer, thinner, and eventually it occupies only the portions of the landscape where soil, vegetation and snow conditions favour cold ground conditions.

Je vous souhaite la bienvenue et vous remercie de votre présence parmi nous. Nous commencerons par les remarques préliminaires, 5 minutes par témoin : M. Kokelj, suivi de Mme Stephani.

Steve Kokelj, scientifique principal du pergélisol, Inventaire géologique des T.N.-O., ministère de l'Industrie, du Tourisme et de l'Investissement, Territoires du Nord-Ouest : Merci beaucoup. Je vous parle du territoire du chef Drygeese, sur les terres ancestrales des Dénés Yellowknives et où résident les Métis du Nord du lac des Esclaves.

Dans mes remarques préliminaires, je vais présenter brièvement ce qu'est le pergélisol, ainsi que ses différentes conditions selon les régions du Nord canadien. Je vais aussi expliquer en quoi il est important pour la société et pourquoi il faut améliorer nos connaissances sur le pergélisol tout au long des projets d'infrastructures. Je vais enfin aborder quelques problèmes liés au pergélisol et présenter quelques possibilités qui s'offrent au Canada.

Qu'est-ce que le pergélisol. Il s'agit de matériaux géologiques qui restent gelés pendant au moins deux ans. La mince couche superficielle du sol qui gèle et dégèle chaque année s'appelle le mollisol. Le pergélisol est le produit géologique du climat. C'est ce qui cimente les paysages nordiques. Le pergélisol s'étend sur près de la moitié de la masse continentale du Canada et influe sur l'écoulement des cours d'eau. Il donne lieu à des traits topographiques distincts et constitue l'assise même des écosystèmes et des activités humaines, notamment des infrastructures et de l'utilisation traditionnelle des terres.

Lorsque les conditions climatiques sont stables ou en période de refroidissement, le terme « pergélisol » est tout à fait approprié, puisqu'il s'agit d'une assise invisible stable. Toutefois, lorsque le climat se réchauffe et que les conditions du pergélisol changent, les territoires nordiques peuvent figurer parmi les milieux géologiques les plus dynamiques du monde.

Le pergélisol a bien des caractéristiques, mais on ne peut comprendre les conséquences sociales et environnementales de son dégel, les prévoir et s'y adapter de façon éclairée que lorsque toutes les conditions sont réunies. Le pergélisol peut se caractériser par son épaisseur, sa température et l'étendue du territoire touché. Dans la toundra de l'Arctique, le pergélisol, qui est alors qualifié de « continu », sous-tend l'ensemble du territoire. Habituellement, il fait plusieurs centaines de mètres de profondeur sur tout le territoire. Sa température moyenne est au plus de -6 degrés Celsius. Au sud de la mer de Beaufort, dans la vallée de Mackenzie, le pergélisol se réchauffe et s'amincit progressivement du nord au sud jusqu'à occuper seulement les zones où le sol, la végétation et la neige favorisent les conditions de froid au sol.

Differences in soils, moisture and vegetation can produce significant local variation in permafrost conditions. By extension, natural disturbance, such as fire or infrastructure development, which can alter all of these parameters, can play a significant role in affecting its stability.

Permafrost can also host ice that exceeds the volume of pore spaces in the soil. We call this excess ice. If this ice thaws, the ground will subside proportional to the volume of ice that the permafrost hosts. Ground ice can grow when permafrost first forms in a landscape. In addition, cold climate processes can cause the ice content of permafrost to grow significantly over time. Finally, in many northern regions of Canada, large volumes of ice leftovers from glaciation, and these are preserved within permafrost, together making vast landscapes across Northern Canada sensitive to disturbance or climate-driven thaw.

To understand permafrost, we must remember the whole is greater than the sum of the parts, the past matters and, finally, it is what is inside that counts. The climate and geological diversity of the Canadian North give rise to large variations in permafrost conditions, which means that terrain sensitivity and the consequences of thaw can vary greatly across the landscape. This has significant implications for human use because permafrost thaw means very different things for different places. Consequently, detailed knowledge of permafrost conditions is required to plan, design, review and construct major infrastructure projects, to inform community adaptation and to predict the future fate of permafrost.

Infrastructure projects yield an invaluable amount of permafrost data which, in conjunction with that produced by government monitoring, must be curated, managed and made publicly accessible. It is increasingly critical that knowledge on permafrost and infrastructure performance increase through operations and maintenance phase of major projects, along with technical and operational expertise in permafrost because, in a warming north, mitigation, adaptation and innovation are now matters of necessity to ensure resilient northern infrastructure and communities.

Through the challenges of climate change and permafrost thaw, there are significant opportunities for collaboration and co-developing knowledge with northerners at the centre. Infrastructure and community sustainability and monitoring provide focal points for capacity building and generating an applied permafrost knowledge base. Bringing together diverse perspectives and expertise can yield creative solutions, but this

La végétation, l'humidité et la nature du sol peuvent faire varier considérablement les conditions du pergélisol. Par extension, les perturbations naturelles, comme les incendies ou la construction d'infrastructures, qui peuvent modifier tous ces paramètres, peuvent contribuer beaucoup à réduire la stabilité de ces conditions.

Le pergélisol peut aussi contenir de la glace dont le volume dépasse celui des espaces interstitiels du sol. On parle alors de « glace excédentaire ». Si cette glace fond, le sol s'affaîsset proportionnellement au volume de glace que contient le pergélisol. La glace de sol peut prendre de l'expansion lorsque le pergélisol se constitue pour la première fois. Le climat froid peut aussi faire en sorte, avec le temps, que la quantité de glace augmente considérablement dans le pergélisol. Enfin, dans bien des régions nordiques du Canada, le pergélisol contient de grandes quantités de glace qui sont des vestiges de la glaciation. Tous ces facteurs rendent donc les vastes paysages du Nord très sensibles aux perturbations ou au dégel causés par les changements climatiques.

Pour bien comprendre ce qu'est le pergélisol, il faut savoir que le tout est plus grand que la somme des parties, que le passé est important et, finalement, que c'est l'intérieur qui compte. La diversité climatique et géologique du Nord canadien donne lieu à une grande variété de conditions du pergélisol. La sensibilité du sol et les conséquences du dégel peuvent donc varier beaucoup d'un lieu à l'autre. Du point de vue de l'activité humaine, les implications sont importantes puisque le dégel du pergélisol peut avoir des conséquences très variées selon le lieu. Pour planifier, concevoir, revoir et construire de grands projets d'infrastructures, pour savoir comment s'adapter aux changements et pour prévoir l'évolution du pergélisol, il faut donc avoir une connaissance approfondie des conditions du pergélisol.

Les projets d'infrastructure nous donnent une masse précieuse de données sur le pergélisol. Ces données, qui s'ajoutent à celles que produisent les programmes de suivi du gouvernement, doivent être gérées, organisées et diffusées. Il est donc de plus en plus urgent d'accroître nos connaissances sur le pergélisol et le comportement des infrastructures par l'entremise de la phase de fonctionnement et d'entretien des grands projets, et de développer une expertise technique et opérationnelle en matière de pergélisol, parce que, en raison du réchauffement des régions nordiques, il est maintenant nécessaire de prendre des mesures d'atténuation, d'adaptation et d'innovation qui permettront aux infrastructures et aux populations du Nord d'être résilientes.

Les défis à relever en raison des changements climatiques et du dégel du pergélisol donnent d'excellentes occasions de collaborer avec les habitants du Nord afin d'acquérir avec eux des connaissances. La durabilité et le suivi des infrastructures et des populations sont des vecteurs importants du développement des capacités et de la production d'une base de connaissances appliquées sur le pergélisol. La mise en commun de l'expertise et

requires venues for knowledge sharing among scientists, engineers, practitioners, contractors and traditional knowledge holders from across organizations, institutions and jurisdictions.

Finally, as a northern-based scientist, I feel there's an important space for programs and venues that foster this type of collaboration and co-development of applied permafrost knowledge and toward ensuring a resilient North. Thank you.

The Chair: Thank you, Dr. Kokelj. I turn it over to Dr. Stephani.

Eva Stephani, Permafrost Research Geographer, Alaska Science Center, U.S. Geological Survey, as an individual: Thank you for this invitation to appear before the committee. I understand that the committee's attention was drawn to our publication on engineering challenges for developing transportation infrastructure in Northern Canada, and it is in this context that I was invited to appear before this committee.

Please let me use this introduction as an opportunity to highlight some of the key messages. Building infrastructure on permafrost is a challenge in itself, and it is further exacerbated by global warming and extreme climatic events which are difficult to predict. Permafrost is sensitive to changes, especially when it is ice rich and warm where an area's building infrastructure typically changes the local terrain dynamics and affects the ground temperature. As a result, permafrost degradation along infrastructure is widespread throughout the circumpolar regions.

Build-and-maintain has been the main strategy for developing transportation infrastructure in permafrost regions. It involves allowing permafrost degradation and [Technical difficulties] to occur and maintaining serviceability by intensive maintenance to repair damages as they occur. Typically, it involves reduced levels of service, shorter life cycles, reduced comfort and safety and higher travel costs for road users. With climate change, however, we are observing an increase in permafrost degradation, including mass movements, and the traditional build-and-maintain approach is becoming no longer sustainable. Guidance on how to adapt to increased permafrost degradation near infrastructure is limited, including guidance on how to manage infrastructure affected by mass movements and how to effectively control drainage along linear infrastructure, which can be an important contributing factor to rapid permafrost thaw. Throughout circumpolar regions, we are thus observing a critical need to transition from a traditional, reactive, emergency-driven response to a preventive approach that will support the sustainability of our infrastructure system and its surrounding environment.

des différents points de vue peut favoriser l'émergence de solutions créatives, mais elle nécessite des espaces où les scientifiques, les ingénieurs, les spécialistes, les entrepreneurs et les détenteurs de connaissances traditionnelles de toutes les institutions pourront partager leur savoir.

En tant que scientifique du Nord, j'estime enfin qu'il y a beaucoup de place pour la création de programmes et de lieux qui favorisent cette collaboration et le développement commun de connaissances appliquées sur le pergélisol afin de garantir la résilience du Nord. Je vous remercie.

Le président : Merci, monsieur Kokelj. Je donne maintenant la parole à Mme Stephani.

Eva Stephani, chercheuse en pergélisol, Alaska Science Centre, U.S. Geological Survey, à titre personnel : Je vous remercie de m'avoir invitée à comparaître devant le comité. Je crois comprendre que le comité s'est intéressé à notre publication sur les problèmes d'ingénierie liés à la création d'infrastructures de transport dans le Nord canadien et que c'est ce qui explique qu'on m'a invitée à comparaître ici.

Permettez-moi d'abord de présenter les idées principales dont je vais parler. À la base, il est difficile de construire des infrastructures sur le pergélisol. Le réchauffement climatique et les phénomènes climatiques extrêmes, qui sont difficiles à prévoir, rendent la chose encore plus difficile. Le pergélisol est sensible aux changements, surtout lorsqu'il contient beaucoup de glace et qu'il se réchauffe, puisque les infrastructures d'une région modifient habituellement la dynamique du terrain et la température du sol. La dégradation du pergélisol près des infrastructures est donc un phénomène répandu dans les régions circumpolaires.

Dans les régions de pergélisol, la principale stratégie employée pour établir des infrastructures de transport a été la construction jumelée à l'entretien. Dans le cadre de cette stratégie, on permet au pergélisol de se dégrader et [Difficultés techniques], puis on maintient l'état de fonctionnement par d'importants travaux d'entretien qui permettent de réparer les dommages au fur et à mesure qu'ils se manifestent. Habituellement, cette stratégie entraîne un niveau de service restreint, un cycle de vie plus court, un niveau de confort et de sécurité moindre et des coûts plus élevés pour les utilisateurs des routes. Les changements climatiques accentuent toutefois la dégradation du pergélisol, en entraînant notamment des mouvements de terrain. La stratégie traditionnelle de construction jumelée à l'entretien est donc de moins en moins possible. L'information sur les mesures à prendre pour s'adapter à la dégradation de plus en plus importante du pergélisol près des infrastructures est limitée. On en sait peu, entre autres, sur la gestion des infrastructures touchées par des mouvements de terrain et sur l'écoulement efficace des eaux le long des infrastructures linéaires, ce qui peut être un facteur important du

To develop robust adaptation strategies, however, we need to improve our understanding of permafrost dynamics in varying environments. This involves recognizing permafrost dynamics in the natural environment but also how they are altered proximate to infrastructure due to permafrost infrastructure interaction and feedback. Understanding permafrost dynamics require the collection of field-based data to determine key permafrost characteristics such as its distribution, temperature and ground ice content.

Permafrost covers extended areas of the Canadian North, and field-based data, especially ground ice and temperature data, are relatively sparse. Collecting field-based data in order to advance our fundamental understanding of permafrost dynamics in the natural and permafrost infrastructure system, as well as creating conceptual frameworks of landscape evolution over the coming decades, is imperative to the effective management of transportation infrastructure in the regions of Canada. This also involves testing mitigation techniques in varying environments, as these methods are not generic and must be adapted to specific environments.

Infrastructure management in permafrost regions is challenging in many other ways. Notably, standards and guidelines for infrastructure design and construction on permafrost are limited. Several documents serve as strong references for design procurement and construction of infrastructure in southern Canada, and although most of them include sections on building in permafrost regions, they rarely provide the level of detail required for adequate thermal and mechanical design for structures on permafrost.

Qualification and training for professionals working in permafrost regions are also a challenge. Most civil engineering programs in Canadian universities do not include specific courses in permafrost engineering, and it is my understanding that there are currently no requirements from licensing agencies for professionals to complete a minimum training that would at least raise the awareness of the need for southern practices to be adapted to sensitive permafrost environments. In comparison, professional engineer licensing in Alaska requires the completion of the course “Arctic Engineering,” which is standardized content given under various formats, such as semester based, intensive, in person and online. The availability of specialized courses in permafrost science and engineering is also limited in Canadian universities. These courses develop based on personal initiative, and are often in specific university departments and

dégel rapide du pergélisol. Dans les régions circumpolaires, nous constatons donc qu'il est nécessaire de passer de l'approche traditionnelle, qui est réactive et axée sur les urgences, à une approche préventive, qui favorisera la durabilité du réseau d'infrastructures et de leurs environs.

Pour élaborer de solides stratégies d'adaptation, il faut toutefois mieux connaître la dynamique du pergélisol dans différents contextes. Pour cela, il faut comprendre la dynamique du pergélisol dans un milieu naturel, mais aussi la façon dont il se dégrade près des infrastructures en raison de l'interaction avec elles et de la rétroaction. Pour mieux comprendre la dynamique du pergélisol et en établir les principales caractéristiques, comme la distribution, la température et la quantité de glace de sol, il faut recueillir des données sur le terrain.

Le pergélisol s'étend sur de vastes régions du Nord canadien, et les données sur le terrain, surtout en ce qui concerne la glace de sol et les températures, sont assez rares. Pour pouvoir élaborer des cadres conceptuels de l'évolution du territoire au cours des prochaines décennies et gérer efficacement les infrastructures de transport dans les différentes régions du Canada, il est impératif de mieux comprendre la dynamique fondamentale du pergélisol en milieu naturel et dans un réseau d'infrastructures en recueillant des données sur le terrain. Il faut aussi mettre à l'essai des techniques d'atténuation dans différents milieux, car ces techniques ne sont pas universelles; elles doivent être adaptées aux différents milieux

La gestion des infrastructures dans les zones de pergélisol est difficile sur bien d'autres plans. Mentionnons entre autres que les normes et les lignes directrices sur la conception et la construction d'infrastructures sur le pergélisol sont peu nombreuses. Il existe plusieurs bons documents sur la conception, l'approvisionnement et la construction d'infrastructures dans le Sud du Canada. La plupart de ces documents comportent des sections sur la construction d'infrastructures dans une zone de pergélisol, mais elles donnent rarement assez de renseignements précis sur la conception thermique et mécanique de structures sur pergélisol.

La formation et la qualification professionnelle des personnes qui travaillent en zone de pergélisol posent aussi problème. La plupart des programmes de génie civil des universités canadiennes ne comprennent pas de cours spécialisé en génie du pergélisol. Je pense aussi que les organismes d'agrément n'obligent pas les professionnels à avoir suivi une formation minimale qui leur ferait au moins comprendre que les pratiques du Sud doivent être adaptées aux milieux sensibles du pergélisol. À titre de comparaison, en Alaska, pour devenir ingénieur agréé, il faut avoir suivi le cours « génie de l'Arctique », qui propose un contenu normalisé pouvant être présenté sous différentes formes, comme un cours donné sur un trimestre ou intensif, en personne ou en ligne. Peu d'universités canadiennes offrent des cours spécialisés sur le volet sciences et génie du pergélisol. Ces cours découlent d'initiatives personnelles. Ils sont souvent offerts dans

not well known beyond them. It is concerning to see that the limited experience of qualified personnel as well as the scarcity of guidelines and standards on permafrost engineering can still lead to poor design and premature failures.

In conclusion, our understanding of permafrost science and engineering has progressed intensely over the last decades, yet several knowledge gaps remain. The past and predicted temperature increases stress the necessity to advance our permafrost knowledge and to further adapt our strategies for developing and maintaining infrastructure in permafrost regions. Advancing our permafrost knowledge and developing new technologies are also essential to evaluate permafrost infrastructure interaction and validate impacts on infrastructure and the surrounding environment. We must improve our capacity to characterize the varying environments systems in Northern Canada and monitor changes over time. The comprehensive systemic approach that integrates interdisciplinary methods will help bridge gaps between disciplines and entities involved in infrastructure development, which is critical for assisting the ability of our infrastructure system.

Thank you.

The Chair: Thank you, Dr. Stephani.

I have a couple of quick questions before I turn it over to my colleagues. Can we reverse climate change, or do we just need to adapt to the realities as they currently exist? Has the federal government over the last few years done enough of the right things? Have they done the right things in terms of protecting and expanding our infrastructure capacity in the North?

Either of you can start it off.

Ms. Stephani: There is one federal initiative that I think should be mentioned that was very valuable, which is the Northern Transportation Adaptation Initiative, or NTAI, led by Transport Canada. I believe it started in 2009 — or something like that — and lasted for a decade or so. It was fostering collaboration between academics, the public sector and industry. It also brought experts together with young students. That was a very valuable initiative that funded some research projects and really helped advance our understanding of permafrost dynamics and interaction with infrastructure in Northern Canada.

Adaptation is obviously needed.

Mr. Kokelj: I would support Ms. Stephani's comment regarding the value of the NTAI. I wouldn't say it was a largely funded project, but one of its key elements was that it brought practitioners, engineers and scientists together, often in a northern venue. The opportunity for knowledge exchange among

des départements précis et sont peu connus hors de ces départements. L'expérience limitée du personnel qualifié et la rareté des lignes directrices et des normes sur le génie du pergélisol peuvent encore donner lieu à une mauvaise conception et à des défaillances prématuées, ce qui est très préoccupant.

En conclusion, depuis quelques décennies, nos connaissances sur le pergélisol ont beaucoup progressé dans les domaines des sciences et du génie, mais il existe encore plusieurs trous à combler. En raison des hausses de température qui ont déjà eu lieu et qui sont prévues, il est absolument nécessaire d'approfondir nos connaissances sur le pergélisol et d'adapter davantage nos stratégies de construction et d'entretien des infrastructures dans les zones de pergélisol. Il est aussi essentiel d'accroître nos connaissances dans ce domaine et d'élaborer de nouvelles technologies afin d'évaluer les interactions entre le pergélisol et les infrastructures et de valider leurs répercussions sur les infrastructures et le milieu environnant. Nous devons être mieux en mesure de caractériser les différents milieux du Nord canadien et de suivre l'évolution des changements. L'approche systémique globale, qui intègre des méthodes interdisciplinaires, aidera à établir des ponts entre les disciplines et les entités qui contribuent à la création des infrastructures. Tout cela est essentiel pour améliorer la capacité de nos infrastructures.

Je vous remercie.

Le président : Merci, madame Stephani.

J'aurais quelques petites questions avant de laisser la parole à mes collègues. Pouvons-nous renverser la tendance des changements climatiques? Devons-nous seulement nous adapter aux réalités actuelles? Le gouvernement fédéral en a-t-il fait assez ces dernières années? A-t-il fait ce qu'il fallait pour protéger et développer les infrastructures dans le Nord?

L'un ou l'autre d'entre vous peut commencer.

Mme Stephani : Selon moi, il faut mentionner une initiative fédérale qui a été très utile, à savoir l'Initiative d'adaptation des transports dans le Nord, que pilotait Transports Canada. Je pense qu'elle a été lancée en 2009 — ou à peu près — et qu'elle a duré une dizaine d'années. Cette initiative favorisait la collaboration entre les universités, le secteur public et l'industrie. Elle rassemblait aussi les spécialistes et les jeunes étudiants. Cette initiative très utile a permis de financer certains projets de recherche. Elle nous a aussi aidés à mieux comprendre la dynamique du pergélisol et ses interactions avec les infrastructures du Nord canadien.

Il faut évidemment des mesures d'adaptation.

M. Kokelj : Je suis d'accord avec Mme Stephani au sujet de l'utilité de l'Initiative d'adaptation des transports dans le Nord. Je ne dirais pas que beaucoup d'argent y était affecté, mais cette initiative a notamment permis de rassembler des spécialistes, des ingénieurs et des scientifiques, souvent dans des installations du

groups that might not always interact was afforded by an initiative like that. Therefore, the value wasn't just in the research they funded but in the spirit of working together to solve problems.

Regarding your question about whether we can reverse climate change: I'm not a climate modeller. Being a northerner, our primary preoccupation and priority is to have a knowledge base to adapt to the changes that are currently happening. What is imperative right now is building the capacity to adapt to the conditions we can expect in the coming decades. As somebody who is on the ground, that's a priority.

Senator Simons: Thank you very much to both of our witnesses for being with us. With the understanding that neither of you is a climate modeller, I wonder if you could speak a little bit about what the potential impacts are, if we continue to see this level of permafrost thaw. It is my understanding that scientists estimate there is something close to 1,700 billion metric tonnes of carbon sequestered in permafrost, and that if the Yedoma level loses its carbon, there could be dramatic increases in carbon emissions and presumably climate change impacts arising from that. What are the risks beyond runways and roads crumbling if we start to lose more of the permafrost layer?

Ms. Stephani: There are obviously local feedback impacts from permafrost degradation. But as you mentioned, there is a series of feedback that go beyond the footprints of infrastructure and affects globally our climate and the environment. Yedomas are very organic ice-rich deposits occurring in certain areas of Canada, Alaska and Russia. They are not as prevalent in North America compared to elsewhere, but they can, of course, release important greenhouse gases. So can other permafrost, and it is definitely a concern.

Mr. Kokelj: I would reiterate what Ms. Stephani said regarding some of the climate feedback. There is some nuances between how carbon in different landscapes will transform as permafrost thaws. The story is not as straightforward as what is portrayed. There is a lot of variability across the landscape in a lot of settings. These constituents that thaw become re-sequestered, so there is a need for research in that regard.

With respect to the consequences of thaw, both Ms. Stephani and I alluded to this, permafrost landscapes in some settings will transform. The actual configuration of the landscape will change if permafrost continues to thaw in the coming century, and we have to be able to anticipate those changes in those settings. In

Nord. Elle a permis de mettre en commun les connaissances de différents groupes entre lesquels il n'y a pas toujours beaucoup d'interaction. L'initiative ne s'est donc pas seulement avérée utile pour les travaux de recherche qu'elle a permis de financer, mais aussi pour l'esprit de collaboration qui en est ressorti.

Pour ce qui est de votre question à savoir s'il est possible de renverser la tendance des changements climatiques, je ne suis pas modélisateur des changements climatiques. Pour les gens du Nord, dont je fais partie, il s'agit d'abord et avant tout d'obtenir une base de connaissances qui nous permettra de nous adapter aux changements qui se produisent actuellement. Ce qui est primordial à l'heure actuelle, c'est de nous donner les moyens de nous adapter à ce à quoi nous devons nous attendre au cours des prochaines décennies. Pour les gens qui sont sur le terrain, c'est une priorité.

La sénatrice Simons : Madame et Monsieur, je vous remercie de votre présence parmi nous. Je sais que vous n'êtes pas modélisateurs des changements climatiques, mais je me demande si vous pourriez tout de même nous en dire un peu plus sur les possibles répercussions du dégel du pergélisol, s'il continue de fondre à ce rythme. À ma connaissance, selon les scientifiques, le pergélisol contiendrait près de 1 700 tonnes métriques de carbone séquestré. Si le carbone séquestré dans les yedomas s'échappait, les émissions de carbone pourraient radicalement augmenter, ce qui aurait sans doute des effets sur les changements climatiques. Au-delà des chemins et des routes qui s'affaissent, qu'est-ce qui risquerait d'arriver si nous commençons à perdre une partie plus importante du pergélisol?

Mme Stephani : La dégradation du pergélisol a évidemment des effets autogénératifs à l'échelle locale. Mais comme vous le dites, il y a une série d'effets qui vont au-delà des infrastructures et qui se répercutent sur l'ensemble du climat et de l'environnement. Les yedomas sont des dépôts organiques riches en glace, et on en trouve dans certaines régions du Canada, de l'Alaska et de la Russie. Il n'y en a pas autant en Amérique du Nord qu'ailleurs, mais ils peuvent quand même relâcher une quantité importante de gaz à effet de serre. Les autres types de pergélisol aussi, cela dit, et il s'agit d'une source d'inquiétude importante.

Mr. Kokelj : J'aimerais revenir sur ce que Mme Stephani vient de dire au sujet de la rétroaction climatique. La transformation du carbone dans différents types de sols peut varier légèrement au fur et à mesure que le pergélisol dégèle. Le phénomène n'est pas aussi simple qu'on le dit. Il y a beaucoup de variation selon le type de sol et l'environnement. Les constituants qui dégèlent sont réséquestrés, alors c'est sûr qu'il faudrait plus de recherche.

Pour ce qui est des conséquences du dégel, comme Mme Stephani et moi le disions tous les deux, il arrive que, dans certains contextes, le pergélisol se transforme. Le paysage lui-même risque de changer si le pergélisol continue de dégeler au cours des 100 prochaines années, et nous devons être capables de

other environments, those changes will be more subtle and in some cases they will be non-existent.

The challenge we have in communicating this is that it is a big deal. There is important feedback, but there is a lot of nuance that, when you have to manage these issues on the ground, as Canadians and as northerners, understanding that variability and the responses become really important. I hope that's helpful.

Senator Simons: We heard witnesses last week, talk about using tubes to either put ice, super-chilled water or cold air underground to keep the permafrost refrigerated. Can you talk about how those technologies work and whether they are practicable at scale?

Ms. Stephani: There are different types of mitigation techniques that can rely on different physical principles. Some will try to extract heat, some are more passive techniques, but I think the key point is that those methods are not generic. It's not one method that will work everywhere. That brings back what Mr. Kokelj was saying. There is a lot of variability in the landscape, nuances. We need to understand where those techniques work and in what type of environment. To be able to get there, we need to test more methods, collect data, monitor the changes to be able to come up with good recommendations on which techniques should be applied where. Obviously, there is also a cost related to those techniques which are usually much bigger than the typical build and maintain.

But again, in some circumstances, when climate change or just changes that are occurring with the local permafrost are too big, or if the infrastructure cannot sustain those changes, such as railways, then those mitigation techniques become a necessity.

Mr. Kokelj: That's a very good answer. I don't have much to add other than emphasizing that most of these solutions are scale-dependent. They're likely to solve problems at a local scale. Understanding where they work and where they don't work is important. The other point that is that with the development and implementation of these kinds of technologies, it becomes imperative that we are also testing their performance.

With a lot of infrastructure development at the operations and maintenance phase, the development is put in place. Sometimes when mitigation is applied, it becomes important to track how that mitigation is performing because these challenges aren't going away. When the question is asked 10 years from now, we have data and a solid understanding of what worked and what didn't.

prévoir ces changements. Ailleurs, il se peut que les changements soient plus subtils, voire inexistantes.

Le problème, c'est que la situation est grave, et c'est ce qui la rend difficile à communiquer. Les effets autogénératrices sont importants, mais quand il est question d'y trouver des solutions concrètes, il y a beaucoup de nuances que les Canadiens et les habitants du Nord doivent comprendre. C'est très important qu'ils comprennent les variations et les réactions qui se produisent. J'espère que mes précisions vous sont utiles.

La sénatrice Simons : La semaine dernière, certains témoins ont parlé d'utiliser des tubes pour introduire de la glace, de l'eau extrêmement froide ou de l'air froid dans le sol afin de préserver le pergélisol. Pouvez-vous nous expliquer le fonctionnement de ces technologies et nous dire si elles sont utilisables à grande échelle?

Mme Stephani : Il y a différents types de techniques d'atténuation, et chacune repose sur des principes physiques différents. Certaines cherchent à extraire la chaleur, d'autres sont plus passives, mais ce qu'il faut retenir, c'est que ces méthodes ne sont pas universelles. Il n'y en a aucune qui va fonctionner à tout coup. On en revient à ce que M. Kokelj disait. Il y a beaucoup de variation dans le sol, beaucoup de nuances. Nous devons déterminer les techniques qui fonctionnent dans tel ou tel milieu. Pour ce faire, nous devons tester d'autres méthodes, recueillir des données et faire le suivi des changements. Ce n'est qu'ensuite que nous pourrons recommander l'utilisation de telle technique dans tel contexte. Il y a évidemment des coûts associés à ces techniques, et ces coûts dépassent généralement les simples frais de construction et d'entretien.

Cela dit, dans certaines circonstances, quand le climat change, que les changements qui touchent le pergélisol sont trop importants ou que les infrastructures sont incapables de résister à ces changements, les techniques d'atténuation comme celles-là peuvent devenir une nécessité.

M. Kokelj : C'est une excellente réponse. Je n'ai pas grand-chose à ajouter sinon que la plupart de ces solutions sont ciblées. Elles risquent d'être efficaces à petite échelle. Il est donc primordial de savoir quand elles fonctionnent, ou pas. Sinon, maintenant que nous voyons de plus en plus de ces technologies, nous devons absolument en tester le rendement.

Pour beaucoup d'infrastructures qui en sont rendues à la phase de fonctionnement et d'entretien, on applique une technique donnée. Une fois qu'une technique d'atténuation est utilisée, il faut suivre son évolution, parce que le problème de départ, lui, ne disparaît pas. Quand on revient, 10 ans plus tard, on a alors les données et la perspective nécessaires pour savoir ce qui a fonctionné et ce qui n'a pas fonctionné.

[Translation]

Senator Miville-Dechêne: I'd like to hear something a bit more concrete. I follow what you're saying, but one of the things we've heard over and over is that roads, especially the ones built on permafrost, will be among the first casualties.

When you talk about mitigation measures and methods, if the permafrost melts, how will roads be built? Will those roads disappear? If so, how soon?

That can differ from one place to the next in the north, but how long do you think it will take for the permafrost to melt to the point that we can no longer have roads?

[English]

Ms. Stephani: There are several points in your question. First time I qualified to say when permafrost will disappear and when roads will disappear. There is that variability in the landscape and in infrastructure conditions that is really an omnipresent condition. We can have infrastructure built on relatively ice poor permafrost that will last for a long time, whereas some infrastructure is built on ice-rich and warmer permafrost, that is found more in the southern regions of permafrost. Those are more sensitive to changes and climate change, but also the changes that are occurring when we build infrastructure. Once we build infrastructure, we are collecting more snow, the drainage is modified so all those different dynamics are changing and affecting the infrastructure and the permafrost and vice versa.

We need to understand the methods that are used to build and the different types of mitigation techniques that are performing in different types of environments. In some scenarios, they are not needed, such as just mentioned when permafrost is ice-poor or relatively stable and the cost-benefit just doesn't make sense to implement those costly mitigation techniques.

But in other circumstances, especially when we talk about infrastructure that has limited tolerance to movement such as railways and pipelines, those we will see more often the need to implement those mitigation techniques that someone mentioned, the thermal syphons and so on. There is quite a range of techniques.

We are seeing with climate change mass movements that are occurring more and more.

There's a case here in Alaska of a landslide on a road that was being maintained. In one section, the landslide was moving very slowly. The road maintenance crews were able to continually repair the damage by filling and refilling, to the extent that it

[Français]

La sénatrice Miville-Dechêne : J'aimerais que l'on soit un peu plus concret. Je vous suis, mais une des choses qu'on a entendues de façon répétée, c'est que les routes, particulièrement celles construites sur le pergélisol, étaient les premières menacées.

Quand vous parlez de mesures d'atténuation et de méthodes, même s'il y a une fonte du pergélisol, quelles seraient les méthodes pour pouvoir construire des routes? Est-ce que ces routes vont disparaître? Si oui, dans combien de temps?

Ça peut être différent d'un endroit à l'autre dans le Nord, mais qu'est-ce que vous prévoyez comme fenêtre avant que le pergélisol fonde suffisamment pour qu'on ne soit plus capable d'avoir de routes?

[Traduction]

Mme Stephani : Il y a beaucoup d'éléments dans votre question. Pour commencer, je n'ai pas les compétences nécessaires pour dire quand le pergélisol et les routes vont disparaître. Cela dépend beaucoup de la qualité du sol et de l'état des infrastructures. Celles qui sont bâties sur un pergélisol relativement pauvre en glace vont durer plus longtemps, mais il y en a, surtout plus au sud, qui reposent sur un pergélisol plus chaud et riche en glace. Celles-là sont plus vulnérables aux changements, et pas seulement climatiques, aussi ceux qui se produisent au moment de la construction. Quand on bâtit une infrastructure, on enlève davantage de neige, le drainage change, ce genre de chose, et tous ces facteurs ont un effet sur l'infrastructure elle-même et sur le pergélisol.

Nous devons connaître les méthodes de construction et les techniques d'atténuation qui fonctionnent dans tel ou tel milieu. Dans certains cas, ces techniques peuvent être superflues, par exemple aux endroits où le pergélisol est pauvre en glace ou relativement stable, comme je viens de le dire, ou lorsque les coûts de mise en œuvre sont tellement élevés qu'ils en sont prohibitifs.

Dans d'autres circonstances, surtout lorsqu'il est question d'infrastructures qui tolèrent mal le mouvement, comme les rails et les pipelines, les techniques d'atténuation sont plus souvent nécessaires, y compris celle des siphons thermiques dont votre témoin vous parlait, mais il y en a beaucoup d'autres.

À cause des changements climatiques, nous observons de plus en plus de mouvements de terrain.

Ici en Alaska, par exemple, il y a eu un glissement de terrain sur une route où on faisait des travaux d'entretien. Dans un secteur, le sol progressait très lentement. Les travailleurs réparaient les dégâts au fur et à mesure en comblant et en

became impossible to do that, and the road just washed out. Now we are requiring a very expensive bridge to go across that landslide.

There is no generic response. It must be adapted to all those different types of conditions. We need to better understand that as well and to monitor how those techniques are working or not, as Mr. Kokelj highlighted.

Mr. Kokelj: That was a great response, Ms. Stephani, thank you.

Maybe I could put this into a tangible context for where I live. I am in Yellowknife. We're in discontinuous permafrost. It's warm. Last week, there was a project management conference here. Of course, we had the question, why is the road out of Yellowknife so poor for the first 100 kilometres? Of course, it's the geology and the permafrost context within which it is built. The next 300 kilometres are still on top of permafrost, but it's ice-poor and the road performs comparatively well.

In recent times, a new piece of infrastructure was built to one of the communities north of Yellowknife, and there were options. We have learned from the construction of the highway out of Yellowknife that a particular deposit there is very sensitive to thawing. When additional infrastructure was built, there were routing options. Avoidance of that particular sensitive terrain was implemented in the design of the new infrastructure.

This is really to give you a practical example of how we have built historical infrastructure without the same priority or emphasis on thinking about the likely loss of permafrost in many environments. That transition will require consistent mitigation and essentially resources to maintain the infrastructure. By having good geoscience knowledge at the planning phase, we can make better decisions. Sometimes that means a greater cost at the front end — a longer road or routing around sensitive areas — but, in the long run, those will be important decisions and strategies to adapt going forward.

Senator Miville-Dechêne: Thank you.

Senator Quinn: Thank you, witnesses, for being here today.

For both of you, could you give us an appreciation for what has happened over the last number of years in terms of the area of permafrost that was, how much degradation there has been today, and what the forecast is for further degradation in the coming years? Are we losing 5% a year? Can you give us some kind of quantitative indication of what is happening?

recomblant les vides, mais à un certain moment, c'est devenu impossible, et la route s'est affaissée. Aujourd'hui, nous avons besoin d'un pont extrêmement dispendieux pour franchir cette zone.

Il n'y a pas de solution universelle. Chaque technique doit être adaptée à l'ensemble des conditions sur place. Nous devons mieux le comprendre, mais nous devons aussi faire le suivi de ces techniques afin de voir ce qui fonctionne et ce qui ne fonctionne pas, comme le disait M. Kokelj.

M. Kokelj : Excellente réponse, madame Stephani, merci.

Je pourrais peut-être vous donner un exemple concret. Dans la ville où j'habite, Yellowknife, le pergélisol est discontinu. Il est chaud. La semaine dernière, il y a eu une conférence ici sur la gestion de projets. On nous a évidemment demandé comment il se faisait que, sur les 100 premiers kilomètres, la route qui sort de Yellowknife est aussi mauvaise. C'est bien sûr en raison de la géologie et du pergélisol sur lequel cette route a été bâtie. Les 300 kilomètres suivants sont aussi sur le pergélisol, mais celui-ci est pauvre en glace, alors la route est en meilleur état.

Dernièrement, il a fallu bâtir une infrastructure dans une localité au nord de Yellowknife, et plusieurs options étaient possibles. La construction de la route qui sort de Yellowknife nous a appris que dans le sol se trouve un dépôt qui est très sensible au dégel. Quand l'infrastructure en question a été construite, il a fallu réfléchir au chemin à prendre. Elle a donc été conçue pour éviter ce secteur.

Il s'agit d'un exemple concret qui montre que, jusqu'à présent, quand on construisait des infrastructures, on pensait moins à la disparition éventuelle du pergélisol. La transition va nécessiter en permanence des techniques d'atténuation, et il faudra beaucoup de ressources pour entretenir ces infrastructures. Si on a une bonne connaissance des données géoscientifiques dès la phase de planification, il est possible de prendre de meilleures décisions. Il peut arriver que ces décisions aient un prix, par exemple s'il faut allonger une route ou lui faire faire un détour pour éviter un secteur critique, mais à long terme, elles finiront par être avantageuses et déboucheront sur de meilleures stratégies d'adaptation.

La sénatrice Miville-Dechêne : Merci.

Le sénateur Quinn : Je remercie les témoins d'être ici aujourd'hui.

Pourriez-vous tous deux nous donner une idée de la façon dont le pergélisol a évolué ces dernières années? Comment son étendue a-t-elle changé? Quelle est l'ampleur de sa dégradation et comment prévoit-on qu'elle se poursuive au cours des prochaines années? En perdons-nous 5 % par an? Pouvez-vous nous donner une indication quantitative de ce qui se passe?

Ms. Stephani: Personally, I am not qualified to give you percentages on what will happen ahead, specifically. Like Mr. Kokelj, I live in the North but not as far north. Anchorage doesn't have as much permafrost as Mr. Kokelj's area. We, too, are seeing some changes happening, for sure. They seem to be accelerating, but to be able to quantify what's ahead, I'm not in a position to respond.

Mr. Kokelj: That is a challenging question. In terms of giving you numbers, again, I can't do that. I'm just not in a position to give you that type of answer. Perhaps stepping back and thinking about some of the products that we see from the science community can help contextualize this.

The distribution of permafrost is a function of climate. There are a lot of projections that display the distribution of permafrost and what it might look like in, say, 2100. That's a model; it's very generalized. It will tell us that the continuous permafrost line may move hundreds of kilometres northward.

There are a couple of things to keep in mind. The climate can change relatively quickly, but the permafrost responds at a much slower rate because ice must be converted to water. That's a gradual process. The rate of that process will vary across the landscape, even within the area where I live. Permafrost could be in bedrock and in sediments that host a lot of ice. In bedrock, permafrost can disappear very quickly.

Even within a region, that process will be gradual. The critical thing, I believe, at least over decadal time scales, is to understand how these different landscapes will respond through that transition. We can quantify those things by monitoring ground temperatures and also monitoring terrain responses.

The science community is building products to look at hotspots of change. Typically, if that's also linked with infrastructure performance, we can get a sense of where these hotspots are occurring. How is the infrastructure changing? Where do we need to focus our energy and effort in terms of developing mitigation and adaptation strategies? There is no one answer for the entire region as these changes occur.

Senator Quinn: This is a follow-up question to Dr. Kokelj. Thank you for indicating hotspot changes. You raised commentary, for example, on the road out of Yellowknife where conditions are not great. In these hotspots of change — because we're looking at critical infrastructure — are you aware of other critical pieces of infrastructure that are being affected by the loss of permafrost today?

Mme Stephani : Personnellement, je ne suis pas qualifiée pour vous donner des prévisions précises en pourcentages. Comme M. Kokelj, je vis dans le Nord, mais pas aussi loin. Il n'y a pas autant de pergélisol à Anchorage que dans la région de M. Kokelj. Nous voyons nous aussi des changements se produire, c'est certain. Ils semblent s'accélérer, mais je ne suis pas en mesure de quantifier ce qui nous attend.

M. Kokelj : C'est une question difficile. Je ne peux pas vous donner de chiffres non plus. Je ne suis pas en mesure de vous donner ce type de réponse. Peut-être qu'on pourrait réfléchir aux diverses analyses produites par la communauté scientifique pour mettre cette question en contexte.

La répartition du pergélisol est fonction du climat. Il existe de nombreuses projections de la répartition du pergélisol et de ce à quoi elle pourrait ressembler en 2100, disons. Il s'agit d'un modèle, c'est très général. Il nous indique que la limite du pergélisol continu pourrait se déplacer de centaines de kilomètres vers le nord.

Il y a deux choses à garder à l'esprit. Le climat peut changer relativement vite, mais le pergélisol réagit beaucoup plus lentement, car la glace doit être transformée en eau. Il s'agit d'un processus graduel. Le rythme de ce processus varie d'un endroit à l'autre dans le paysage, même dans la région où j'habite. Le pergélisol peut se trouver dans la roche-mère ou dans les sédiments qui contiennent beaucoup de glace. Dans la roche-mère, le pergélisol peut disparaître très vite.

À l'intérieur d'une même région, ce processus sera progressif. Je pense qu'il est essentiel de comprendre comment les différents paysages réagiront pendant la transition, au moins à l'échelle de la décennie. Nous pouvons quantifier ce genre de chose par l'observation des températures du sol et des réactions du terrain.

La communauté scientifique met au point toutes sortes d'outils pour étudier les points chauds de changements. En règle générale, si l'on examine l'état de l'infrastructure, en parallèle, on peut avoir une bonne idée des endroits où les points chauds se trouvent. Comment l'infrastructure change-t-elle? Où devrions-nous concentrer nos énergies et nos efforts dans nos stratégies d'atténuation et d'adaptation? Il n'existe pas de solution unique pour l'ensemble de la région au fur et à mesure que ces changements se produisent.

Le sénateur Quinn : J'ai une question complémentaire à poser à M. Kokelj. Je vous remercie d'avoir mentionné les points chauds de changements. Vous avez fait des commentaires, par exemple, sur la route qui part de Yellowknife, où les conditions ne sont pas terribles. Aux points chauds de changements, puisque nous nous intéressons aux infrastructures essentielles, y a-t-il d'autres infrastructures essentielles qui sont compromises par la perte de pergélisol à l'heure actuelle, selon vous?

Mr. Kokelj: In a general sense, yes. Could you add more? I'm not sure exactly what you're asking.

Senator Quinn: For example, you have mentioned the highway going out of Yellowknife and people observing the condition of that road. In the area where you live and in the North in general, are there other spots where transportation infrastructure is being affected? Are you aware of other areas where transportation infrastructure is being affected by the loss of permafrost, such that it is having detrimental effects on transportation in the North, which is dependent on the existence of permafrost for roads or landing strips or that type of thing?

Mr. Kokelj: Yes. The short answer is that is occurring in many areas and in many pieces of infrastructure across the Northwest Territories, Yukon, Nunavut, Alaska, where that is occurring.

Highway 3 from Yellowknife has areas that are particularly sensitive. In the Dempster Highway area, which connects southern Canada with the Beaufort Delta Region, particular areas are problematic because of the specific makeup of the permafrost.

The Inuvik Tuktoyaktuk Highway is a new road built over ice-rich permafrost. Again, changing permafrost conditions are affecting that road, but, also, as a new piece of infrastructure, it's evolving, and the permafrost is adapting to that new piece of infrastructure.

The short answer is yes. That story and what that looks like varies from place to place. Being able to have an understanding of mitigation methods and those costs becomes a really important piece going forward to plan, adapt or inform future design.

Maybe Ms. Stephani can add something regarding experiences in Alaska on that.

Ms. Stephani: Yes. I have the same reaction. There are so many examples where permafrost degradation is affecting the serviceability of infrastructure. We have several of them in Alaska and in Canada.

I have a great example that is worth mentioning. Over 20 years ago, there was an effort that began, led by the Ministry of Transport of Quebec with a leading researcher, Professor Michel Allard, that was studying the impact of permafrost and climate change on infrastructure in northern Quebec and in Nunavut. I believe it is still ongoing. There was a problem with severe permafrost degradation that was ongoing, and the build and maintain approach that was not sustainable.

Twenty years ago, people were noticing and taking action to try to understand what those changes were and how we can address them. They have been working on different mitigation

M. Kokelj : De manière générale, oui. Pourriez-vous préciser votre question? Je ne sais pas exactement ce que vous voulez savoir.

Le sénateur Quinn : Par exemple, vous avez parlé de l'autoroute qui part de Yellowknife et des observations qu'on peut faire sur l'état de cette route. Dans la région où vous vivez et dans le Nord en général, y a-t-il d'autres endroits où l'infrastructure des transports est touchée? Connaissez-vous d'autres endroits où l'infrastructure de transport est compromise par la perte de pergélisol, au point de nuire aux transports dans le Nord, qui dépendent de l'existence du pergélisol pour les routes ou les pistes d'atterrissement, entre autres?

M. Kokelj : Oui. La réponse courte, c'est que cela s'observe à bien des endroits et que beaucoup d'infrastructures sont touchées par le phénomène dans les Territoires du Nord-Ouest, au Yukon, au Nunavut et en Alaska.

Il y a des zones particulièrement sensibles le long de la route 3, qui part de Yellowknife. Il y a des sections de la route Dempster, qui relie le Sud du Canada à la région du delta de Beaufort, qui posent problème en raison de la composition particulière du pergélisol qui s'y trouve.

La route entre Inuvik et Tuktoyaktuk a été construite ces dernières années sur un pergélisol riche en glace. Là encore, l'évolution des conditions du pergélisol se répercute sur la route, mais comme c'est une nouvelle infrastructure, elle évolue, et le pergélisol s'y adapte.

Bref, la réponse est oui. La situation varie d'un endroit à l'autre. Il devient vraiment essentiel de connaître les méthodes d'atténuation et leurs coûts pour planifier et adapter les projets ou choisir entre différentes configurations possibles.

Peut-être que Mme Stephani peut ajouter quelque chose concernant l'expérience de l'Alaska à ce sujet.

Mme Stephani : Oui. J'ai la même réaction. Il y a tellement d'exemples où la dégradation du pergélisol compromet la viabilité de l'infrastructure. Il y en a plusieurs en Alaska et au Canada.

J'ai un excellent exemple qu'il vaut la peine de mentionner. Il y a plus de 20 ans, le ministère des Transports du Québec a lancé un projet dirigé par un éminent chercheur, le professeur Michel Allard, qui étudiait l'impact du pergélisol et du changement climatique sur les infrastructures dans le Nord du Québec et au Nunavut. La dégradation grave et constante du pergélisol posait déjà problème, et on voyait qu'il n'était pas viable de continuer de construire et d'entretenir l'infrastructure comme on le faisait.

Il y a 20 ans, on observait déjà le phénomène et on a pris des mesures pour essayer de comprendre la nature des changements et les solutions possibles. Les chercheurs ont étudié différentes

techniques as well and characterizing and understanding the type of permafrost in that specific environment.

Senator Dasko: Thank you to our witnesses for being here.

I've been listening to the discussion and issues around permafrost and hearing the anecdotes and stories about roads, rail and all of the difficulties. Since this committee is studying the impact of climate change on transportation, would it be true that there would be less impact when it comes to air transport infrastructure as opposed to rail and roads? Your examples come from those areas. Obviously, roads get wiped out, rail gets wiped out. Is it easier to mitigate the changes in air transport infrastructure, air landing strips and so on?

If that is true, would you think that northerners in the future, given the changes, would have to rely more on air transport in the future than they are now because of this?

Ms. Stephani: In one way, it may be easier to deal with permafrost degradation along airstrips because they are shorter than linear infrastructure such as railways, roads, pipelines and so on. That is the straightforward part.

The airstrips have a much lower tolerance to movement than roads. We will allow cars to go up and down on bumps that are created from sediments, frost and so on, but planes cannot sustain that. The size of the planes is also limited by the size of the airstrip and the impact of permafrost degradation. It is not as simple, I would say, but this is not my expertise.

I would empathize that those efforts that were taken over 20 years ago and are still ongoing in northern Quebec were focused mainly on the airstrips of those different villages. As Mr. Kokelj mentioned earlier, sometimes roads were built in areas that were actually more sensitive. If we had a different location for that road within the general area, it might resist changes better because the permafrost is not ice-rich or warm or whatever condition it is. We realize that some of those airstrips were actually in sensitive permafrost.

Moving infrastructure is not always viable either. That is where we get into the scenario of are we at the point that we need to move infrastructure or do we have mitigation techniques? The airstrips are definitely also affected by permafrost.

Mr. Kokelj: Thank you. Ms. Stephani's first point is what I was thinking. In terms of the actual length of a runway; it is a lot less than a road and easier to mitigate, but tolerances for movement are fewer. That means that there are innovation and

techniques d'atténuation, de caractérisation et d'analyse du pergélisol dans cet environnement précis.

La sénatrice Dasko : Je remercie nos témoins de leur présence.

J'écoute attentivement la discussion et les questions sur le pergélisol, et j'entends toutes sortes d'anecdotes et d'histoires concernant les routes, les chemins de fer et toutes les difficultés du genre. Puisque ce comité étudie l'incidence des changements climatiques sur les transports, auraient-ils moins d'incidence sur les infrastructures de transport aérien que sur les routes et les chemins de fer? Vos exemples proviennent de ces domaines. Il est évident que des routes et des chemins de fer sont détruits. Est-il plus facile d'atténuer les effets des changements sur l'infrastructure de transport aérien, les pistes d'atterrissement, etc.

Si tel est le cas, pensez-vous que les habitants du Nord devront à l'avenir compter davantage sur le transport aérien qu'ils ne le font aujourd'hui à cause des changements climatiques et de tout cela?

Mme Stephani : D'une certaine manière, il peut être plus facile de gérer la dégradation du pergélisol le long des pistes d'atterrissement parce qu'elles sont plus courtes que des infrastructures linéaires telles que les chemins de fer, les routes, les pipelines. Mais c'est moins simple qu'il n'y paraît.

Les pistes d'atterrissement ont une tolérance au mouvement bien moindre que les routes. Les voitures peuvent franchir les bosses créées par les sédiments, le gel, et le reste, mais pas les avions. La taille des avions est également limitée par la taille de la piste d'atterrissement et l'impact de la dégradation du pergélisol. Je serais portée à dire que ce n'est pas si simple, mais ce n'est pas mon domaine d'expertise.

Je souligne que les recherches entreprises il y a plus de 20 ans, qui se poursuivent toujours dans le Nord du Québec, portent principalement sur les pistes d'atterrissement dans les différents villages de la région. Comme M. Kokelj l'a mentionné plus tôt, certaines routes ont été construites dans des zones plus sensibles, en fait. Si on avait fait passer la route ailleurs dans la région, elle résisterait peut-être mieux aux changements parce que le pergélisol n'y est pas riche en glace ou chaud, quel que soit l'état dans lequel il se trouve. Nous nous rendons compte que certaines pistes d'atterrissement ont été aménagées sur un pergélisol sensible.

Il n'est pas toujours réaliste de déplacer ces infrastructures non plus. Il faut se demander s'il vaut mieux déplacer une infrastructure ou utiliser des techniques d'atténuation. Les pistes d'atterrissement sont elles aussi fragilisées par le pergélisol.

M. Kokelj : Je vous remercie. Je pensais au premier point qu'a présenté Mme Stephani. Un tarmac, c'est bien moins long qu'une route, et il est plus facile d'atténuer sa dégradation, mais il tolère moins bien le mouvement, ce qui veut dire qu'il faut

observation that needs to be made. There needs to be a big investment in that.

I do not know that I have much to add. I do not study transportation specifically. The viability of air travel versus road travel is just not something that I can comment on.

Ms. Stephani, on a couple of occasions, brought up the work in Nunavik, and I would like to empathize a point made earlier; a lot of these jurisdictional strategies for adaptation and mitigation and so forth, they become the responsibilities of a regional government. This idea of having a venue and a way to bring practitioners and scientists together from different jurisdictions becomes a valuable thing. There are solutions that different areas come up with where that knowledge transfer becomes important. Airports are one example where there has been really good work done in one region, and being able to ensure that permeates across different jurisdictions is valuable. Other than that, I have nothing else to add.

Senator Dasko: Thank you.

Senator Cardozo: Thank you to both of the witnesses. This has been an interesting education in permafrost, something that I did not understand much about.

I have one question in regard to the terms you both used, either the permafrost being ice-poor or ice-rich. Could you explain that more? Isn't permafrost ice already?

Ms. Stephani: Mr. Kokelj mentioned a little bit about that. We have the porosity of sediment which can be filled with water and then it freezes and there is ice in the porosity. In some widespread scenarios, there is excess ice and that is more ice than the porosity. We can have big ice situations and in some situations more ice than soil in the ground.

The type of ground ice will be very variable within small areas. We can recognize some types of typical ice in typical environments but, again, there is a lot of variability.

One of the big circumpolar challenges that several of us are working on — “us” excludes me — is the difficulty to map permafrost ground ice because we don't have a tool. There are some geophysical tools which allow us to see some subsurface conditions. We don't have a tool that will allow us to measure, quantify and recognize the amount of ground ice over extended areas.

Drilling and observing the type of ice — how much ice it is, how spatially distributed it is — is the most reliable technique but it is very time-consuming and expensive. There is definitely a big challenge that we all share across borders to understand

innover et observer son état. Cela nécessite de grands investissements.

Je ne pense pas avoir beaucoup à ajouter. Je n'étudie pas les transports en tant que tels. Je ne peux simplement pas commenter la viabilité du transport aérien par rapport au transport routier.

Mme Stephani a parlé à quelques occasions du travail qui se fait au Nunavik. J'aimerais en dire plus sur quelque chose qui a déjà été mentionné. Bon nombre des stratégies locales d'adaptation et d'atténuation deviennent la responsabilité d'un gouvernement régional. Il devient utile d'envisager une formule qui réunisse les praticiens et les scientifiques de différentes régions. Les solutions trouvées diffèrent d'une région à l'autre, si bien que le transfert de connaissances devient important. Les aéroports en sont un bon exemple; on fait de l'excellent travail dans une région, et il importe de s'assurer qu'on applique ces solutions dans d'autres régions. Sinon, je n'ai rien à ajouter.

La sénatrice Dasko : Je vous remercie.

Le sénateur Cardozo : Je remercie les deux témoins. Ces informations sur le pergélisol sont fort intéressantes. C'est un sujet que je connaissais mal.

J'ai une question sur des termes que vous avez tous les deux employés : le pergélisol riche en glace ou pauvre en glace. Pourriez-vous nous en dire plus? Le pergélisol n'est-il pas tout simplement fait de glace?

Mme Stephani : M. Kokelj en a parlé un peu. Les sédiments poreux peuvent se remplir d'eau, qui va ensuite geler. Cette porosité contient alors de la glace. À grande échelle, la quantité de glace va finir par excéder la quantité de matière poreuse. Dans certaines situations, il y a beaucoup de glace, il peut même y en avoir plus que de la terre dans le sol.

Le type de glace au sol variera beaucoup à l'intérieur même d'un petit secteur. Nous pouvons reconnaître certains types de glace dans leurs milieux typiques, mais encore là, il y a une grande variabilité.

Un des grands défis circumpolaires que nous travaillons à relever — je ne m'inclus pas en disant « nous » — consisterait à cartographier la glace dans le pergélisol, ce qui est très difficile parce que nous n'avons pas d'outil. Des outils géophysiques nous permettent de voir les conditions sous la surface. Cela dit, nous n'avons pas d'outil qui nous permet de mesurer, de quantifier et de reconnaître la glace dans le pergélisol à grande échelle.

Le forage et l'observation du type de glace — combien il y a de glace, comment elle est distribuée sur le plan spatial — constituent la technique la plus fiable, mais elle demande beaucoup de temps et d'argent. C'est vraiment un grand défi à

where the ice-rich permafrost is because that is where we see some big landscape changes happening.

Senator Cardozo: Permafrost is never just pure ice, pure water ice. It has always got an element of other earth in there, is that right?

Ms. Stephani: It depends. We can have a buried mass of ice, pure ice, remnants from the past glaciation. We can always have what we call ice wedges which is basically an inverted triangle.

If you see how clay will dry and it makes a polygonal shape pattern. In the permafrost area, especially in the northern parts, we can see those polygonal ice wedges, basically massive ice.

The Yedomas, mentioned earlier, are very big ice wedges that can be up to 70 metres tall, although those are not frequent in Canada.

Mr. Kokelj: To add to what Ms. Stephani said, for sure, you have permafrost, if we recall, which is just defined by temperature. It is really just frozen earth or materials that are maintained in a frozen state for multiple years. You can have permafrost in bedrock, technically, and if that permafrost goes above zero, there is virtually no consequence to the terrain or the stability of the terrain. Then the key is to understand the geological deposits that hose these different ice types. Understanding the proportion of ice and the material properties gives you a sense of how that land is going to respond to thawing.

One thing that I would add is, at a broad scale, the neat thing about permafrost and the development of this ice, particularly now that the top or the active layer of permafrost is getting thicker, is that there are landforms that develop that reveal the subsurface intrinsic properties of permafrost. We can use terrain mapping as a first order estimate of what is inside the ground. Throughout COVID we actually developed an online mapping project that involved students and researchers from across the North and Canada to start populating the landscapes and the land forms that characterize the permafrost in the Northwest Territories. That has given us a nice first-order estimate of what type of subsurface conditions we can expect on a very broad scale. We are not just mapping whether there is permafrost, yes or no, it is also what its intrinsic characteristics are.

Senator Cardozo: My sense is that the difference between permafrost and other land mass is that there has to be some level of liquid or water in there. The reason we're talking about it today is that it changes form over time depending upon temperature and all of that. Is that right?

relever, que nous partageons tous au-delà des frontières. Il faut comprendre où se situe le pergélisol riche en glace, parce que c'est là que le paysage changera le plus.

Le sénateur Cardozo : Le pergélisol ne contient pas seulement de la glace et de l'eau. Il contient toujours d'autres éléments terrestres, n'est-ce pas?

Mme Stephani : Cela dépend. Il peut y avoir une masse de glace pure souterraine, qui est un vestige de la glaciation. Il peut toujours y avoir ce que l'on appelle un coin de glace, qui est au fond un triangle inversé.

Quand la glaise sèche, elle va former un polygone. Dans le pergélisol, surtout dans les régions nordiques, on peut voir des coins de glace qui ressemblent à des polygones, de grandes formations de glace autrement dit.

Les yedomas, dont nous avons parlé, sont de très grands coins de glace qui peuvent faire 70 mètres de haut, mais ils sont rares au Canada.

M. Kokelj : Pour ajouter à ce que Mme Stephani a dit, bien sûr, je rappelle que le pergélisol est défini par la température seulement. Ce n'est vraiment que de la terre ou de la matière gelée pendant des années. En principe, il peut y avoir du pergélisol dans la roche-mère, et si le pergélisol monte au-dessus de zéro, il n'y a pratiquement aucune conséquence pour le terrain ou sa stabilité. Il est ensuite essentiel de comprendre comment les dépôts géologiques contribuent aux différents types de glace, quelle est la proportion de glace et quelles sont les propriétés des matières pour évaluer comment les terres vont réagir à la fonte des glaces.

J'ajouterais qu'à grande échelle, ce qui est intéressant à propos du pergélisol et du développement de la glace, surtout de nos jours alors que la couche supérieure ou active du pergélisol s'épaissit, ce sont les formes morphologiques qui apparaissent et qui révèlent les propriétés souterraines intrinsèques du pergélisol. Nous pouvons utiliser la cartographie du terrain pour faire une première estimation de ce que le sol renferme. Durant la COVID, nous avons lancé un projet de cartographie en ligne mettant à contribution des étudiants et des chercheurs du Nord et de tout le Canada pour commencer à cartographier les paysages et les reliefs qui caractérisent le pergélisol dans les Territoires du Nord-Ouest. Cet exercice nous a donné une bonne première évaluation des conditions souterraines auxquelles nous pouvons nous attendre à très grande échelle. Nous ne cartographions pas seulement les endroits où il y a ou non du pergélisol, nous nous intéressons aussi aux caractéristiques intrinsèques de celui-ci.

Le sénateur Cardozo : Si je comprends bien, la différence entre le pergélisol et d'autres formes de masses terrestres, c'est que le sol contient une certaine quantité de liquide ou d'eau. La raison pourquoi nous en parlons aujourd'hui, c'est que l'eau va changer de forme selon la température et tout, n'est-ce pas?

Mr. Kokelj: Yes and no. You can have permafrost with no water in it. You can have permafrost in bedrock. It is just material that is maintained below zero. The degree of water and the form of the ice that is within the permafrost dictates its response to thawing. Again, as Ms. Stephani was mentioning, a costly but important way of doing that in an engineering context is to obtain bore holes to get the material properties and the ice content of the permafrost. That is used in the design of the infrastructure.

Senator Cardozo: I have one more question on transportation. I get the point that you made to my colleagues in terms of an airport being a rather short land mass compared to roads. The one difference is that you cannot have too many potholes in a runway, whereas we put up with potholes on roads.

I want to know if you have heard or if you know anything about a couple of ideas that have come our way. One is about the use of airships or helicopters, as you would not need a runway and they can land just about anywhere.

Ms. Stephani: That falls outside of my qualifications to answer. Sorry.

Senator Cardozo: Same to you, Mr. Kokelj.

Mr. Kokelj: Yes, it does for me as well. Although I would say that there are folks who like to talk about options like airships. We have a geoscience forum here in Yellowknife each year, and often there is someone presenting on that concept. There are places to look, but unfortunately it is not with me and Ms. Stephani.

Senator Cardozo: Thank you.

The Chair: We have six minutes left and two senators on second round, so three minutes each.

[Translation]

Senator Miville-Dechêne: My question is for Mr. Kokelj. According to a study published in 2022 in Future Earth's *Anthropocene*, for transportation that requires the thickest layer of ice, the number of ice-free days will rise by 90%, 95% or 99% if the climate warms by 1.5 degrees, 2 degrees or 3 degrees, respectively.

In light of that study, does NWT have a plan to deal with that reality in terms of transportation?

M. Kokelj : Oui et non. Il est possible que le pergélisol ne contienne pas d'eau ou qu'il se situe dans la roche-mère. Ce ne sont que des matières maintenues sous zéro. Le degré de l'eau et la forme de la glace dans le pergélisol déterminent sa réaction au dégel. Comme Mme Stephani le mentionnait, un procédé d'ingénierie coûteux mais important consiste à réaliser des forages pour connaître les propriétés morphologiques et le contenu en glace du pergélisol. On s'en sert pour la conception de l'infrastructure.

Le sénateur Cardozo : J'ai encore une question sur les transports. Je comprends ce que vous avez dit à mes collègues pour ce qui est des tarmacs d'aéroport qui sont assez courts comparativement aux routes. La différence, c'est qu'il ne peut pas y avoir trop de nids-de-poule sur un tarmac, tandis nous les tolérons sur les routes.

Je veux savoir si vous avez déjà entendu parler de deux ou trois idées qui nous ont été soumises. L'une d'elles serait d'utiliser des dirigeables ou des hélicoptères, qui ne nécessitent pas de piste de décollage ou d'atterrissement et qui peuvent se poser à peu près n'importe où.

Mme Stephani : Je ne saurais vous répondre, car cette question va au-delà de mes compétences. Veuillez m'en excuser.

Le sénateur Cardozo : Je vous pose aussi la question, monsieur Kokelj.

M. Kokelj : C'est aussi en dehors de mon champ de compétence. Cependant, je dirai que certaines personnes aiment parler d'options comme les dirigeables. Chaque année, nous tenons un forum de géoscience ici, à Yellowknife, et il y a souvent quelqu'un qui y présente ce genre de concept. Il existe de l'information là-dessus, mais ce n'est malheureusement pas Mme Stephani et moi qui pourrons vous aider.

Le sénateur Cardozo : Je vous remercie.

Le président : Il nous reste six minutes, et deux sénatrices veulent prendre la parole dans ce deuxième tour. Elles disposeront donc de trois minutes chacune.

[Français]

La sénatrice Miville-Dechêne : Ma question s'adresse à M. Kokelj. Selon une étude publiée dans le magazine *Anthropocene* de Future Earth, en 2022, pour les transports qui nécessitent la couverture de glace la plus épaisse, le nombre de jours sans glace augmentera de 90 %, 95 % et 99 % s'il y a un réchauffement climatique de 1,5 degré, 2 degrés et 3 degrés, respectivement.

Est-ce que relativement à cette étude, il y a un plan dans les Territoires du Nord-Ouest, pour faire face à cette réalité dans les transports?

[English]

Mr. Kokelj: I think the question is that, with the decreasing viability of ice roads, is there a plan to deal with this in the transport sector of the GNWT?

Senator Miville-Dechêne: Of the territory.

Mr. Kokelj: Yes. This is a question for someone from the Department of Infrastructure. I apologize, but I cannot answer that.

Senator Miville-Dechêne: Thank you.

Senator Simons: I want to end on the question of mapping. The Northwest Territories is a huge expanse of land. It is not easy to map every inch of it by making bore holes. What needs to be done to get the baseline mapping that you were discussing up to scale? Having students work on it over COVID is different. What would you like to see the federal and Northwest Territories governments do to ensure make sure that we have adequate mapping so that we understand the scale of the problem and so that we have a base measure of where we are now in order to have some sense of what we're comparing it to, in the future?

Mr. Kokelj: Thank you for the question. I will do my best to answer this concisely so that Ms. Stephani has a chance to contribute.

There is the issue of scale. Canada is big. We need to know a little bit about everything. The example I gave you was to be able to give us better information on permafrost conditions at a very broad scale, but fundamentally, the key areas where we need information is along infrastructure corridors and sensitive environments around our communities. It is there where we need to invest in higher-resolution mapping techniques. We need baseline information, high resolution terrain models, we need good surficial maps and good surficial maps around communities — and this is under the purview of the geological surveys, be they territorial or federal. Those are the baseline data layers that we require to build models that will help us with planning activities.

There is also remote sensing, which allows us to assess and monitor change, which is an innovation component, but that work can't be done independently of people who are working on the ground. Those initiatives are very important, but it requires a bridge between a technological approach and a boots-on-the

[Traduction]

M. Kokelj : Je crois que vous me demandez si, compte tenu de la viabilité décroissante des routes de glace, le secteur des transports a un plan en la matière au gouvernement des Territoires du Nord-Ouest.

La sénatrice Miville-Dechêne : Oui, au gouvernement des Territoires.

M. Kokelj : Oui, en effet. Il faudrait poser cette question à un représentant du ministère de l'Infrastructure. Je suis désolé, mais je ne peux pas y répondre.

La sénatrice Miville-Dechêne : Merci.

La sénatrice Simons : Je voudrais terminer sur la question de la cartographie. Les Territoires du Nord-Ouest sont d'une immense étendue. Il n'est pas facile d'en cartographier chaque pouce en faisant des forages. Que faut-il faire pour que la cartographie de base dont vous avez parlé soit conforme? Faire participer des étudiants à des travaux pendant la COVID, c'est différent. Que souhaiteriez-vous que le gouvernement fédéral et le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest fassent pour s'assurer que nous disposons d'une bonne cartographie qui nous permettrait de comprendre l'ampleur du problème et d'avoir une mesure de base de notre situation actuelle pour pouvoir la comparer à l'avenir?

M. Kokelj : Je vous remercie de la question. Je vais faire de mon mieux pour y répondre de façon concise afin que Mme Stephani puisse aussi intervenir.

Il y a la question de l'échelle. Le Canada a une grande superficie. Nous devons en savoir un peu sur tout. L'exemple que je vous ai fourni visait à obtenir de meilleurs renseignements sur les conditions du pergélisol à une très grande échelle, mais fondamentalement, les secteurs clés où nous avons besoin d'obtenir de l'information se trouvent le long des corridors d'infrastructure et des milieux sensibles autour de nos collectivités. C'est là que nous devons investir dans des techniques de cartographie à plus haute résolution. Nous avons besoin d'information de base, de modèles de terrain à haute résolution, de bonnes cartes de surface et de bonnes cartes de surface autour des collectivités — ce qui relève des commissions géologiques, qu'elles soient territoriales ou fédérales. Ce sont là les couches de données de référence dont nous avons besoin pour concevoir des modèles qui nous aideront dans nos activités de planification.

Il y a aussi la télédétection, qui nous permet d'évaluer et de suivre les changements, ce qui est un élément d'innovation, mais ces travaux ne peuvent pas se faire sans les personnes qui travaillent sur le terrain. Ce sont des initiatives très importantes, mais il faut un lien entre une approche technologique et une

ground approach. I think that Ms. Stephani would likely have something to offer on the mapping as well.

Senator Simons: And that is where you would like to see federal investment.

Mr. Kokelj: Yes.

Ms. Stephani: I very much agree with what Mr. Kokelj just said. The key part is where we need to integrate field-based methods and then remote sensing to be able to do our analysis over extended areas. We definitely need to have more detailed field-based data collected. Those are really key to having a good understanding of conceptual models of each type of environment. Then we can recognize those different types of environments elsewhere with surface indicators using remote-sensing methods. Yes, across the border we are dealing with very similar challenges.

Senator Quinn: I have a short question for both witnesses. What are other circumpolar nations doing in this area? Are you aware of those who are more advanced in their approach to permafrost degradation?

Ms. Stephani: I think Russia — which is a sensitive topic, obviously — started way before us and there is a lot of literature, information and different ways of doing things, but it is very difficult to know what they are doing and read that literature since most of it is in Russian. Learning from some individuals who are living there and now working in the U.S., there are definitely things we can learn from there.

Even within Canada and the U.S. — Alaska, mainly — where there is permafrost, there is a lot of variability within our own region. There is a need to talk and to bridge the gap between all those different entities. We do need to talk to other countries, but internally, we already see efforts to foster collaboration and share our learning.

Mr. Kokelj: Ms. Stephani is right regarding places with a lot of experience. I think opportunities to exchange knowledge across jurisdictions become really important. As well, with what's happening in Russia, there are international components to the community that are looking to do research in Northern Canada. Canada needs to be in a position where we can leverage some of that expertise from groups — let's say from Norway or Germany — that are coming here and focus their efforts through collaboration to address problems that are important to northerners. I guess that requires policies and guidelines in terms of how research and collaboration are conducted because, obviously, being able to bring more fire power to the table to address the problems that are important to Canadians is key.

approche sur le terrain. Je pense que Mme Stephani aurait probablement quelque chose à dire au sujet de la cartographie également.

La sénatrice Simons : Et c'est à cet égard que vous souhaiteriez que le gouvernement fédéral investisse.

M. Kokelj : Oui.

Mme Stephani : Je suis tout à fait d'accord avec M. Kokelj. L'élément clé est d'intégrer des méthodes de terrain et la télédétection afin de pouvoir effectuer nos analyses sur des zones étendues. Nous devons absolument recueillir des données plus détaillées sur le terrain. Ces données sont essentielles pour bien comprendre les modèles conceptuels de chaque type d'environnement. Ensuite, nous pourrons reconnaître les différents types d'environnement ailleurs grâce à des indicateurs de surface en utilisant des méthodes de télédétection. Oui, de l'autre côté de la frontière, nous sommes confrontés à des défis très similaires.

Le sénateur Quinn : J'ai une brève question à poser aux deux témoins. Que font les autres nations circumpolaires dans ce secteur? Connaissez-vous des pays qui sont plus avancés dans leur approche concernant la dégradation du pergélisol?

Mme Stephani : Je pense que la Russie — un sujet évidemment délicat — a commencé bien avant nous et il existe une foule de documents, de renseignements et de façons de faire, mais il est très difficile de savoir ce que les Russes font et de lire cette documentation, car elle est rédigée en russe en grande partie. Je pense qu'il y a certainement des choses que peuvent nous apprendre certaines personnes qui vivent là en travaillant maintenant aux États-Unis.

Même au Canada et aux États-Unis — principalement en Alaska —, où il y a du pergélisol, il y a une grande variabilité dans notre propre région. Il est nécessaire de discuter et de combler le fossé entre toutes ces différentes entités. Nous devons discuter avec d'autres pays, mais au sein du pays, nous constatons que des efforts sont déjà déployés pour favoriser la collaboration et la mise en commun des connaissances acquises.

M. Kokelj : Mme Stephani a raison en ce qui concerne les endroits qui ont beaucoup d'expérience. Je pense que les possibilités d'échange de connaissances entre les pays deviennent vraiment importantes. De plus, compte tenu de ce qui se passe en Russie, il y a des composantes internationales de la collectivité qui veulent faire de la recherche dans le Nord du Canada. Le Canada doit être en mesure de tirer parti de l'expertise de groupes — disons de la Norvège ou de l'Allemagne — qui viennent ici et, par la collaboration, d'axer ses efforts sur les problèmes qui sont importants pour les habitants du Nord. Je suppose qu'il faudrait alors élaborer des politiques et des lignes directrices sur la manière de mener la recherche et le travail de collaboration, car évidemment, il est

The Chair: Dr. Stephani, and Dr. Kokelj, thank you for sharing your views with this committee today. Thank you for being with us this morning.

Honourable senators we are now continuing our study of the impacts of climate change on transportation and infrastructure in Northern Canada. For our second panel this morning, I am pleased to welcome Dr. Jackie Dawson, Canada Research Chair, Tier 1, Human and Policy Dimensions of Climate Change, Full Professor at the University of Ottawa and Scientific Director of the ArcticNet Network of Centres of Excellence of Canada. We also have with us Dr. Alex de Barros, Professor, Department of Civil Engineering at the University of Calgary, joining us via videoconference.

Welcome and thank you both for joining us. We will begin with opening remarks of five minutes each. Dr. Dawson, you have the floor.

Jackie Dawson, Canada Research Chair in the Human and Policy Dimensions of Climate Change, Full Professor, University of Ottawa, and Scientific Director, ArcticNet, as an individual: Thank you very much. It's a pleasure to be here. I am a bit jetlagged. I got in just after midnight from the U.K., so excuse me if I am a little off.

I will open my talk today by talking a little bit about climate change and how it is impacting our world. In brief, we are living in the effects of climate change right now and every day. We are no longer in the business of simply predicting future impacts. Just a few weeks ago, we momentarily surpassed the 2 degrees Celsius warming, a threshold that we all agreed globally was a major tipping point that we should not cross permanently.

We are already seeing heatwaves, ocean heatwaves, wildfires, hurricanes and tropical storms — et cetera. These events are accelerating and are costing us trillions of dollars in infrastructure damages. The fires that occurred in the Northwest Territories last summer, which caused mass evacuation down a single highway due to the remoteness of the Arctic region and the limited transportation infrastructure in the region, are only going to occur more in the future. That is just one example of what we're going to face.

essentiel de pouvoir disposer d'une plus grande puissance de feu pour s'attaquer aux problèmes qui sont importants pour les Canadiens.

Le président : Madame Stephani, monsieur Kokelj, merci d'avoir donné vos points de vue au comité aujourd'hui. Merci d'avoir témoigné ce matin.

Honorables sénateurs, nous poursuivons notre étude sur l'incidence des changements climatiques sur les transports et les infrastructures dans le Nord du Canada. Je suis heureux d'accueillir notre deuxième groupe de ce matin. Nous recevons Mme Jackie Dawson, titulaire de la Chaire de recherche du Canada, niveau 1, sur les dimensions humaines et politiques du changement climatique, professeure titulaire à l'Université d'Ottawa et directrice scientifique du Réseau de centres d'excellence ArcticNet; et M. Alex de Barros, professeur au Département de génie civil de l'Université de Calgary, qui témoigne par vidéoconférence.

Nous vous souhaitons la bienvenue et vous remercions de votre présence. Nous allons commencer par les déclarations préliminaires. Vous disposez de cinq minutes chacun. Madame Dawson, la parole est à vous.

Jackie Dawson, Chaire de recherche du Canada sur les dimensions humaines et politiques du changement climatique, professeure titulaire, Université d'Ottawa et directrice scientifique, ArcticNet, à titre personnel : Merci beaucoup. C'est un plaisir d'être ici. Je suis un peu déphasée par le décalage horaire. Je suis arrivée du Royaume-Uni juste après minuit, alors excusez-moi si je suis un peu perdue.

Je commencerai mon exposé aujourd'hui en parlant un peu des changements climatiques et de leurs répercussions sur notre monde. En gros, nous vivons les effets des changements climatiques en ce moment même tous les jours. Il ne s'agit plus ici de simplement prédire les conséquences futures. Il y a quelques semaines à peine, nous avons dépassé temporairement les 2 degrés Celsius de réchauffement, un seuil au sujet duquel nous avons tous convenu à l'échelle mondiale qu'il s'agissait d'un point de basculement majeur que nous ne devrions pas franchir de façon permanente.

Nous observons déjà des vagues de chaleur, des vagues de chaleur océanique, des incendies de forêt, des ouragans, des tempêtes tropicales — et cetera. Ces phénomènes s'accélèrent et nous coûtent des billions de dollars en dommages aux infrastructures. Les incendies comme celui qui s'est déclaré dans les Territoires du Nord-Ouest l'été dernier et qui a entraîné une évacuation massive sur une seule route parce que la région arctique est isolée et que les infrastructures de transport y sont limitées ne feront que se produire plus fréquemment à l'avenir. Ce n'est qu'un exemple de ce à quoi nous allons être confrontés.

Importantly, we need to plan for the effects of slow change and also the abrupt effects of extreme events. Those are two very different things that require two very different approaches.

To prepare for climate change and extreme climate events, we need to focus on climate-resilient infrastructure and also climate-resilient supply chains. These two things are reliant upon each other directly.

When reviewing the extent to which the Intergovernmental Panel on Climate Change, or IPCC, addresses climate change infrastructure and supply chains, it is quickly apparent that there is a lack of scientific understanding and a lack of published papers in these areas. A quick search of the word: "Infrastructure" in the most recent IPCC Working Group II report reveals that the word appears just over 2000 times in a document of 750,000 words. When you omit the table of contents and subtitles, et cetera, the word "Infrastructure" appears fewer than 1200 times, and when you link it to Canada, specifically, it appears fewer than 20 times.

What we do know is that direct, indirect and non-market economic damages from extreme events on infrastructure and economic sectors in Canada have increased in recent years. We also know that the number of extreme events with inflation-adjusted damages totalling more than US\$1 billion has rapidly increased in the U.S.

Continued investment in economic analysis, including a focus on loss and damage studies related to climate change infrastructure and supply chains, can help us reveal instances where certain investments may be required and where the cost of inaction may be more than the cost of those investments.

Before I conclude, I would like to turn our attention to the Arctic. Canada is an Arctic nation. Just over 40% of our landmass is in the Arctic. We are also, by far, the least developed in terms of Arctic infrastructure. Canada represents less than 5% of the total circumpolar GDP, while Russia represents over 75%. This is in large part due to investments in infrastructure.

At the same time, we are arguably the most advanced in terms of devolution and legislated rights for First Peoples, mainly Inuit, through several settled land claim agreements. This combination of facts, in my mind, puts us in an admirable situation for the future. What I mean by this is that it is not too late. We have the potential. We have a clean slate and the right structures in place to develop the region in innovative, equitable,

Il est important que nous nous préparions aux effets d'une lente transformation et aux effets brusques d'événements extrêmes. Il s'agit de deux choses très distinctes qui requièrent deux approches bien différentes.

Pour nous préparer aux changements climatiques et aux phénomènes climatiques extrêmes, nous devons miser sur des infrastructures et des chaînes d'approvisionnement résistantes au climat. Ces deux éléments dépendent directement l'un de l'autre.

Lorsque l'on examine la mesure dans laquelle le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, le GIEC, s'intéresse à la question des infrastructures et des chaînes d'approvisionnement par rapport aux changements climatiques, on s'aperçoit rapidement qu'il y a un manque sur le plan de la compréhension scientifique et de la publication d'articles sur le sujet. Une recherche rapide du mot « infrastructure » dans le dernier rapport du Groupe de travail II du GIEC révèle qu'il apparaît un peu plus de 2 000 fois dans un document de 750 000 mots. Si l'on ne tient pas compte de la table des matières, des sous-titres, et cetera, le mot « infrastructure » apparaît moins de 1 200 fois, et si l'on établit un lien avec le Canada, en particulier, il apparaît moins de 20 fois.

Ce que nous savons, c'est que les dommages économiques directs et indirects non liés au marché que causent les événements extrêmes sur les infrastructures et les secteurs économiques au Canada ont augmenté ces dernières années. Nous savons également que le nombre d'événements extrêmes dont les dommages s'élèvent à plus d'un milliard de dollars américains, après rajustement en fonction de l'inflation, a rapidement augmenté aux États-Unis.

Investir de façon continue dans des analyses économiques, y compris mettre l'accent sur des études relatives aux pertes et aux dommages liés aux changements climatiques concernant les infrastructures et les chaînes d'approvisionnement, peut nous aider à révéler des cas où certains investissements peuvent être nécessaires et où le coût de l'inaction peut dépasser le coût de ces investissements.

Avant de conclure, j'aimerais parler de l'Arctique. Le Canada est une nation arctique. Un peu plus de 40 % de sa masse continentale se trouve dans l'Arctique. Toutefois, le Canada est, et de loin, le pays le moins avancé sur le plan des infrastructures dans l'Arctique. Il représente moins de 5 % du PIB circumpolaire, alors que la Russie en représente plus de 75 %. C'est en grande partie en raison des investissements dans les infrastructures.

En revanche, notre pays est sans doute le plus avancé au chapitre de la dévolution et des droits conférés par la loi aux Premières Nations, principalement aux Inuits, grâce à la conclusion de plusieurs accords sur le règlement des revendications territoriales. Cette combinaison de faits nous place, à mon avis, dans une situation admirable pour l'avenir. Ce que je veux dire par là, c'est qu'il n'est pas trop tard. Nous avons

sustainable and self-determined ways that place climate resilience and indigenous self-determination at the forefront of our minds.

It is vital that we begin to discuss what climate-resilient Arctic infrastructure development looks like. Our typical per capita model for funding infrastructure will just not work in the Arctic, where the population base is incredibly low but where the potential for geopolitical tensions and economic opportunity are so incredibly high. We need an innovative approach in this regard.

The Canadian Arctic is dominated by the Arctic Ocean, and maritime transportation infrastructure is well known to be the most vulnerable to climate change impacts compared to other forms of transport infrastructure. This is significant, considering that shipping is fundamental for community resupply across the region, and also because almost 90% of all goods globally are moved by ship at some point. Importantly in the Canadian Arctic, this is even more so the case. The shipping industry is a very important and effective part of supply chain management.

Related to this, reductions in sea ice across the Arctic region has led to a 75% increase in shipping activity in recent years and an over 200% increase in kilometres travelled by those ships. Climate change may finally make John Franklin's dream of accessible global trade through the Arctic a reality.

We do expect increases in Arctic shipping to occur, but it may not be accessible for global trade until the medium-term future and certainly not before Russia's Northeast Passage becomes increasingly accessible. The potential delay in accessibility is due to the import of thick, multi-year ice that breaks up due to climate change in the Arctic Ocean and flows down into the Canadian Arctic Archipelago. Because of these well-known sea ice dynamics, some experts purport that the Northwest Passage will never be attractive for global maritime trade.

However, I disagree with this assessment and believe that while sea ice will continue to be a risk for maritime trade through the Northwest Passage, other external factors will play intervening roles, such as global economic trends, geopolitical tensions, innovations in ship design for ice breaking and propulsion and just overall political will.

la capacité. Nous repartons à neuf et nous disposons des structures voulues pour développer la région selon les principes de l'innovation, de l'équité, de la durabilité et de l'autodétermination en plaçant la résilience climatique et l'autodétermination des peuples autochtones au premier plan de nos préoccupations.

Il est essentiel que nous commençons à discuter de la forme que prendra le développement d'une infrastructure résiliente aux changements climatiques dans l'Arctique. Notre modèle habituel de financement des infrastructures par habitant ne fonctionnera tout simplement pas dans l'Arctique, où la population est très faible, mais où le potentiel de tensions géopolitiques et de possibilités économiques est très élevé. Nous avons besoin d'une approche novatrice à cet égard.

L'Arctique canadien est dominé par l'océan Arctique et il est bien connu que les infrastructures de transport maritime sont les plus vulnérables aux effets des changements climatiques comparativement aux autres types d'infrastructures de transport. Ce n'est pas sans importance étant donné que le transport maritime est fondamental pour le ravitaillement des collectivités dans la région, et aussi parce que près de 90 % de toutes les marchandises dans le monde sont transportées par bateau à un moment ou à un autre. Dans l'Arctique canadien, c'est encore plus vrai. Le secteur du transport maritime est un élément très important et efficace de la gestion de la chaîne d'approvisionnement.

Dans ce contexte, la réduction de la glace de mer dans la région arctique a entraîné une augmentation de l'activité maritime de 75 % au cours des dernières années et une augmentation du nombre de kilomètres parcourus par les navires de plus de 200 %. Les changements climatiques pourraient finalement faire du rêve de John Franklin, soit celui d'un commerce mondial accessible par l'Arctique, une réalité.

Nous nous attendons à ce que la navigation maritime augmente dans l'Arctique, mais ce ne sera peut-être accessible au commerce mondial qu'à moyen terme et ce ne sera certainement pas le cas avant que le passage du Nord-Est de la Russie ne devienne de plus en plus accessible. Si l'accès risque d'être retardé, c'est en raison de la glace épaisse de plusieurs années qui se brise en raison des changements climatiques dans l'océan Arctique et qui se dirige vers l'archipel de l'Arctique canadien. En raison de cette dynamique bien connue de la glace de mer, des spécialistes affirment que le passage du Nord-Ouest ne sera jamais attrayant pour le commerce maritime mondial.

Toutefois, je ne suis pas de cet avis et je crois que s'il est vrai que la glace de mer continuera à représenter un risque pour le commerce maritime par le passage du Nord-Ouest, d'autres facteurs externes interviendront, tels que les tendances économiques mondiales, les tensions géopolitiques, les innovations dans la conception des navires pour le déglaçage et la propulsion, et tout simplement la volonté politique en général.

Furthermore, the ongoing climate impacts in the South will drive maritime traffic to the North, including, for example, severe droughts that are happening right now around the Panama Canal, where they have experienced a 41% reduction in rainfall in October, leading to reduced water levels and a reduction in canal transits from 37 to 25 per day.

Indeed, science can be an important tool for diplomacy and investment in science. Multi-purpose infrastructure for science, economics and local well-being are welcome and very much needed in the Canadian Arctic, especially considering the fact that even like-minded countries, including some of our G7 allies, continue to deny Canadian sovereignty over our Northwest Passage.

I will end my remarks here. Thank you very much for your attention to this very important issue.

The Chair: Thank you, Dr. Dawson. Dr. de Barros, given the fact the chair is benevolent, I will give you seven minutes for opening statements as well, so feel free.

Alex de Barros, Professor, Department of Civil Engineering, University of Calgary, as an individual: Thank you very much. I don't think I'll need seven minutes, but I appreciate the gift.

Good morning, senators and panellists. I would like to thank the Standing Senate Committee on Transport and Communications for this opportunity to discuss my research on this very critical issue for our society.

The research we are discussing today, the one that I have been working on, has been commissioned and funded by the University of Calgary's School of Public Policy as part of a larger series on the Canadian northern corridor, a concept that would connect the nation's southern infrastructure to a new series of corridors across middle and Northern Canada. Its main goal was to assess the existing airport infrastructure, and air services to remote communities located in the notional corridors area of influence. A total of 146 remote communities were identified and assessed for ease of access to an airport, overall conditions of the airport infrastructure and availability of commercial air services.

In addition to the airport infrastructure assessment, we conducted weather analysis for a subset of those airports. Twenty-one airports uniformly distributed over the study area. The study covered a period between 2005 and 2022 and used hourly reports on cloud ceiling. Typically, visual operations at airports are restricted if the cloud ceiling is below 800 feet. Our study revealed no change in trends in the total number of hours during which airport operations are restricted due to the low

En outre, les répercussions climatiques actuelles dans le Sud pousseront le transport maritime vers le Nord, y compris, par exemple, les graves sécheresses qui se produisent actuellement autour du canal de Panama, où l'on a enregistré une réduction des précipitations de 41 % en octobre, ce qui a entraîné une baisse des niveaux de l'eau et une réduction du nombre de passages dans le canal de 37 à 25 par jour.

Bien entendu, la science peut être un outil important pour la diplomatie et les investissements dans les travaux scientifiques. Des infrastructures polyvalentes pour la science, l'économie et le bien-être local sont les bienvenues et s'avèrent très nécessaires dans l'Arctique canadien, surtout si l'on tient compte du fait que même des pays aux vues similaires, y compris certains de nos alliés du G7, continuent de nier la souveraineté du Canada sur notre passage du Nord-Ouest.

Je terminerai mes observations ici. Je vous remercie de l'attention que vous portez à cette question très importante.

Le président : Merci, madame Dawson. Monsieur de Barros, étant donné que le président est bienveillant, il vous accorde également sept minutes pour votre déclaration préliminaire, alors n'hésitez pas.

Alex de Barros, professeur, Département de génie civil, Université de Calgary, à titre personnel : Merci beaucoup. Je ne pense pas avoir besoin de sept minutes, mais je vous remercie de ce cadeau.

Bonjour, sénateurs. J'aimerais remercier le Comité sénatorial permanent des transports et des communications de me donner l'occasion de parler de mes travaux de recherche sur cette question qui est très importante pour notre société.

Les travaux de recherche dont je parle aujourd'hui, ceux qui sont en cours, ont été commandés et financés par l'École de politique publique de l'Université de Calgary dans le cadre d'une série de recherches sur le corridor nordique canadien, un concept qui consisterait à relier l'infrastructure du Sud de la nation à une nouvelle série de corridors dans le Canada central et septentrional. L'objectif principal était d'évaluer l'infrastructure aéroportuaire actuelle et les services aériens offerts aux collectivités éloignées qui se trouvent dans la zone d'influence des corridors théoriques. Au total, 146 collectivités éloignées ont été évaluées en fonction de la facilité d'accès à un aéroport, de l'état général de l'infrastructure aéroportuaire et de la disponibilité des services aériens commerciaux.

En plus d'évaluer l'infrastructure aéroportuaire, nous avons effectué une analyse météorologique concernant un sous-ensemble de ces aéroports. On parle de 21 aéroports répartis de façon uniforme dans la zone d'étude. L'étude couvre une période allant de 2005 à 2022, et des rapports horaires sur le plafond nuageux ont été utilisés. En règle générale, les opérations à vue aux aéroports sont limitées si le plafond nuageux est inférieur à 800 pieds. Notre étude n'a révélé aucun changement dans les

cloud ceiling. This is a very important finding. Although air operations may be affected by several other weather factors, cloud ceiling is not only one of the most important of these factors, but it is also correlated to them.

This concludes my opening remarks. I look forward to answering any questions you may have about this study. Thank you.

Senator Simons: I want to thank both of our witnesses, Dr. de Barros for getting up early and Dr. Dawson for staying awake. You have certainly kept me wide awake.

Dr. Dawson, we have heard from previous witnesses on the issue of supply chain resiliency in the North that last summer was particularly bad for the Western Arctic because of the fires, which meant the CN line that usually ends at Hay River is burnt out and couldn't get to Hay River and that the Mackenzie River water levels were so low, they couldn't use the barges they would usually move up from Hay River. Instead the answer had been to bring in things that were desperately needed, like fuel oil, via ocean routes from the North. So what you said resonated with me in the wake of that testimony.

What kind of investment would we need to make sure that the harbours and the ports that are now going to see perhaps volumes of travel they have never seen before, what can we do to make sure that maritime communities in the High North, whether they're in Nunavut or the Northwest Territories, are able to use that method of getting supplies in?

Ms. Dawson: Yes. I think this is one of the most important areas of focus. Also, shipping is one of the greenest forms of transport, so it aligns with our net-zero goals.

A lot, I would say. Our infrastructure is very limited. We have one deepwater port in the Arctic, although we have now invested in the Iqaluit port. Churchill is a problem simply because the rail line is constantly at issue because of the permafrost thaw.

We don't even have a small engine repair business in the Arctic, so if your resupply vessel breaks down, you have to rely on twinning or large industry.

tendances quant au nombre total d'heures pendant lesquelles les activités aéroportuaires sont restreintes en raison d'un plafond nuageux bas. Il s'agit là d'une constatation très importante. Bien que les opérations aériennes puissent être perturbées par plusieurs autres facteurs météorologiques, le plafond nuageux n'est pas seulement l'un des plus importants de ces facteurs, il y est également lié.

Voilà qui conclut ma déclaration préliminaire. Je me réjouis de pouvoir répondre à vos questions sur l'étude. Merci.

La sénatrice Simons : Je tiens à remercier nos deux témoins, c'est-à-dire M. de Barros de s'être levé tôt et Mme Dawson d'être restée éveillée. Vous m'avez certainement tenue parfaitement éveillée.

Madame Dawson, des témoins précédents nous ont dit, au sujet de la résilience de la chaîne d'approvisionnement dans le Nord, que l'été dernier avait été particulièrement difficile pour l'Arctique de l'Ouest en raison des incendies, car la ligne du CN qui se termine habituellement à Hay River a été la proie des flammes et n'a pas pu se rendre jusqu'à Hay River. De plus, les niveaux des eaux du fleuve Mackenzie étaient si bas qu'on n'a pas pu utiliser les barges qui partaient habituellement de Hay River. On a donc dû acheminer les produits dont on avait désespérément besoin, comme le mazout, par les routes océaniques dans le Nord. Ce que vous avez dit m'a donc interpellée en raison de ce témoignage.

De quels types d'investissements aurions-nous besoin pour nous assurer que les havres et les ports qui recevront peut-être maintenant des volumes de marchandises jamais vus auparavant et que les communautés maritimes du Grand Nord, qu'elles soient situées au Nunavut ou dans les Territoires du Nord-Ouest, soient en mesure de s'adapter à cette méthode d'acheminement des marchandises?

Mme Dawson : Oui. Je pense que c'est l'une des questions sur lesquelles il est très important de se concentrer. En outre, le transport maritime est l'une des formes de transport les plus écologiques, ce qui peut nous aider à atteindre nos objectifs en matière de carboneutralité.

Je dirais que nous aurons besoin d'investissements importants, car notre infrastructure est très limitée. Par exemple, nous n'avons qu'un seul port en eau profonde dans l'Arctique, bien que nous ayons maintenant investi dans le port d'Iqaluit. Churchill représente un problème simplement parce que la voie ferrée est constamment menacée à cause de la fonte du pergélisol.

Il n'y a même pas d'entreprise de réparation de petits moteurs dans l'Arctique, si bien que si notre navire de réapprovisionnement tombe en panne, il faudra compter sur le jumelage ou sur une grande industrie.

There is a lot of investment that is needed. But like the previous speaker mentioned earlier, we can't just invest in the whole thing. It's too big. We have to be very strategic. We have to look at historic data. We know where the ships are going. We know where the typical routes are. A lot of the work we have done is involved with Inuit communities to identify where the culturally significant marine areas are. It is really important.

We often think about the belugas, whales and the biology, and we should, but we also need to think, ask and speak with Inuit who know the region and the ice.

We need fairly significant investments in infrastructure if we want to be taking advantage of economic opportunities to reduce food prices. Climate change will allow us to bring in more ships, but we're not ready.

Senator Simons: What do we need to do to get ready?

Ms. Dawson: Your study is a good first step. People know where we need infrastructure. It's just so much money. Private-public partnerships are really important. I don't know why, but we seem to shy away from those. I've known many private sector companies that have bent my ear about how the federal government often doesn't match that, be it communications infrastructure or actual physical infrastructure and science infrastructure.

There is a lot of talk. As the previous speaker said, there are other countries that are throwing their ideas and money at us because they want to work in Canada because people no longer want to work in Russia currently. The opportunities are right now. We need to get ourselves organized and focusing on the North. We're an Arctic country, the Arctic is our front yard yet most of us have never been there. We forget about it.

Senator Simons: I'm from Edmonton and I flew to Ottawa yesterday. The gentleman beside me came from Tuktoyaktuk. I asked him how he got to Edmonton where he watched the Oilers wipe out another team. He was very happy. He described how, at one point, there were many more direct flights from Inuvik, even direct to Edmonton. It really made me think.

Part of the problem is infrastructure, part of the problem is changing weather conditions. But to what extent is it also airlines that have the capacity to fly, have cut their flights in the wake of COVID? I don't know if you can answer this question. Are there things that the government needs to be doing to subsidize or incentivize carriers to be active in the North?

Les investissements nécessaires sont considérables. Toutefois, comme l'a mentionné l'intervenant précédent, nous ne pouvons pas nous contenter d'investir de façon générale, car c'est trop vaste. Nous devons plutôt investir de façon très stratégique. Nous devons examiner les données antérieures. Nous savons où vont les navires et nous connaissons les itinéraires habituels. Nous avons beaucoup travaillé avec les collectivités inuites, afin de déterminer où se trouvent les aires marines importantes sur le plan culturel, car c'est très important.

Nous pensons souvent aux bélugas, aux baleines et à la biologie — et à juste titre —, mais nous devrions aussi parler et poser des questions aux Inuits, car ils connaissent la région et la glace.

Nous avons besoin d'investissements assez importants dans les infrastructures si nous souhaitons profiter des occasions économiques pour réduire le prix des denrées alimentaires. Le changement climatique nous permettra de faire venir plus de navires, mais nous ne sommes pas encore prêts.

La sénatrice Simons : Que devons-nous faire pour être prêts?

Mme Dawson : Votre étude représente une bonne première étape. Les gens savent où nous avons besoin d'infrastructures, mais il faut beaucoup d'argent. Les partenariats public-privé sont très importants. Je ne sais pas pourquoi, mais nous semblons les éviter. Des intervenants de nombreuses entreprises du secteur privé ne cessent de me répéter que le gouvernement fédéral n'investit pas les montants équivalents, qu'il s'agisse d'infrastructure de communication, d'infrastructure matérielle ou d'infrastructure scientifique.

De nombreuses discussions sont en cours. Comme l'a dit le témoin précédent, d'autres pays nous proposent leurs idées et leur argent parce qu'ils veulent travailler au Canada, car à l'heure actuelle, les gens ne veulent plus travailler en Russie. Il faut saisir ces occasions dès maintenant. Nous devons nous organiser et nous concentrer sur le Nord. Nous sommes un pays arctique, mais même si l'Arctique est à nos portes, la plupart d'entre nous n'y sont jamais allés. Nous l'oublions souvent.

La sénatrice Simons : Je viens d'Edmonton et j'ai pris l'avion pour Ottawa hier. Le passager à côté de moi venait de Tuktoyaktuk. Je lui ai demandé comment il s'était rendu à Edmonton, où il a vu les Oilers anéantir une autre équipe. Il était très heureux. Il m'a expliqué qu'à une certaine époque, il y avait beaucoup plus de vols directs à partir d'Inuvik, et même des vols directs vers Edmonton. Cela m'a vraiment fait réfléchir.

Une partie du problème est liée à l'infrastructure, et l'autre partie est liée aux conditions météorologiques changeantes. Mais dans quelle mesure les transporteurs aériens qui peuvent assurer ces liaisons ont-ils réduit leurs vols à la suite de la COVID-19? Je ne sais pas si vous pouvez répondre à cette question. Y a-t-il des choses que le gouvernement devrait faire pour subventionner

Mr. de Barros: I believe you have answered your own question. Airlines are businesses looking for profitable routes. If a route is profitable for them and will add value to their business network, they will definitely have that route operating.

If not, the only reason why they would do that is if they do get a financial or an economic incentive. Unfortunately, when we reviewed the existing policies for air transportation for remote communities in the North, we didn't really find any significant policies regarding those routes.

If you really need and want to provide commercial service to this community, I believe it is important that a government subsidize these routes. That will require further studies to determine what kind and level of subsidy you will provide.

Senator Miville-Dechêne: I have a question to follow up on Senator Simons's question: Is it realistic to think we are going to build new ports up there in the Arctic? I know you're a researcher, but considering the level of mitigation we have to do on roads, on everything — at the moment I understand barges go to the big boats and permit the merchandise to go on the land.

But really, are we discussing building new ports?

Ms. Dawson: We will never see something like Vancouver. There is a difference between that and small port infrastructure, small craft harbour infrastructure. Right now, a lot of the ships will anchor offshore and then bring material and even fuel in and then they reel out hoses. The vast majority of fuel spills we see are from those hoses.

It's a little bit of investment. I wouldn't advocate for the building of a whole bunch of ports. It is not feasible or necessary. We have a lot of injuries too for how we do resupply. I don't think it's feasible. We already invested in the Iqaluit Port, which I think is great. Tuktoyaktuk isn't a great place for a port. It is too shallow, so small infrastructure is what is necessary.

[*Translation*]

Senator Miville-Dechêne: In an article in the *High North News* that you co-authored, you reported on the implementation of low-impact shipping corridors in the north, low-impact marine transportation corridors that encourage marine vessels to use

les transporteurs ou les inciter à mener leurs activités dans le Nord?

M. de Barros : Je crois que vous avez répondu à votre propre question. Les transporteurs aériens sont des entreprises qui cherchent des itinéraires rentables. Si un itinéraire est rentable pour ces entreprises et qu'il apporte une valeur ajoutée à leur réseau commercial, elles l'exploiteront certainement.

Dans le cas contraire, elles ne le feront que si elles profitent d'une incitation financière ou économique. Malheureusement, lorsque nous avons examiné les politiques existantes en matière de transport aérien pour les collectivités éloignées dans le Nord, nous n'avons pas vraiment trouvé de politiques pertinentes pour ces itinéraires.

Si l'on souhaite réellement fournir un service commercial à ces collectivités et que l'on juge que c'est nécessaire, je pense qu'il est important qu'un gouvernement subventionne ces itinéraires. Cela nécessitera des études supplémentaires pour déterminer le type et le niveau de subventions à fournir.

La sénatrice Miville-Dechêne : J'ai une question qui fait suite à celle de la sénatrice Simons. Est-il réaliste de penser que nous construirons de nouveaux ports dans l'Arctique? Je sais que vous êtes chercheuse, mais compte tenu du niveau d'atténuation que nous devons exercer sur les routes, et tout le reste... Pour le moment, je crois comprendre que des barges transportent les marchandises des grands navires à la terre ferme.

Mais sommes-nous sérieusement en train de parler de la construction de nouveaux ports?

Mme Dawson : Nous ne verrons jamais quelque chose comme Vancouver. Il y a une différence entre ce port et l'infrastructure des ports pour petits bateaux. À l'heure actuelle, de nombreux navires jettent l'ancre au large, puis amènent des matériaux et même du carburant en utilisant des tuyaux. La grande majorité des déversements de carburant que nous observons proviennent de ces tuyaux.

Cela nécessitera des investissements. Je ne préconise pas la construction d'un grand nombre de ports, car ce n'est ni réalisable ni nécessaire. Nous avons aussi beaucoup de problèmes liés au réapprovisionnement. Je ne crois pas que ce soit faisable. Nous avons déjà investi dans le port d'Iqaluit, qui est un excellent port, selon moi. Tuktoyaktuk n'est pas l'endroit idéal pour un port, car les eaux sont peu profondes et il faudrait donc aménager une petite infrastructure.

[*Français*]

La sénatrice Miville-Dechêne : Dans un article paru dans le *High North News* que vous avez coécrit, vous faites état de la mise en place de couloirs de navigation à faible impact dans le Nord, c'est-à-dire des réseaux de transport maritime à faible

identified routes that pose less risk and minimize impact, especially in terms of climate change.

Do such corridors exist already? If so, are there financial implications or route changes? Obviously it won't help unloading, but what can you tell us about these corridors?

[English]

Ms. Dawson: Low-impact shipping corridors are a very good idea. In fact, other countries are following our lead on them. We have loosely established them based on scientific information.

To my understanding, we haven't used them to any great extent. Hopefully, they will be used for decision making, as you suggested. Where should we be investing in infrastructure based on these established corridors? That's exactly what we need to use to make these decisions.

The corridors don't imply any formal regulations. It is all informal, which is appreciated by the shipping industry because they need to make decisions based on safety, cost and these corridors. If you speak to them, they will avoid hunting haul-out areas or biologically rich areas if they safely can.

The issue is communicating these corridors. They exist on maps, papers and briefings but they have no teeth and I don't think that they're very well shared.

Senator Miville-Dechêne: What should be done? Regulations? Is it important enough to have regulation to make them mandatory or not?

Ms. Dawson: I wouldn't make them mandatory. I don't think that's in our best interest. It's a communications challenge. If I will be frank, in my mind there has been a lack of clarity around who leads them. Is it Canadian Hydrographic Service, Transport Canada, Canadian Coast Guard, who is leading? What are we doing with them?

We are scared to release them publicly because my understanding is if we make them formal, then we have a legal obligation to invest in infrastructure to support them. The idea is they stay informal to help guide decision making, but they won't be formalized, for example as in the Great Lakes. That is why they are called corridors and not shipping routes.

impact qui encouragent les navires à emprunter des itinéraires déterminés. Cela présente moins de risques et minimise les impacts, notamment sur le plan des changements climatiques.

Est-ce que ce genre de corridor existe déjà? Si c'est le cas, y a-t-il des répercussions financières ou des changements d'itinéraire? Évidemment, cela n'aidera pas le déchargement, mais que pouvez-vous nous dire sur ces corridors?

[Traduction]

Mme Dawson : Les couloirs de navigation à faible impact sont une très bonne idée. En fait, d'autres pays suivent notre exemple à cet égard. Nous les avons établis sur le fondement de renseignements scientifiques.

Je crois comprendre que nous ne les avons pas encore beaucoup utilisés. J'espère qu'ils seront utilisés pour la prise de décisions, comme vous l'avez suggéré. Ils serviront, par exemple, à déterminer les endroits où nous devrions investir dans les infrastructures. C'est exactement le type d'initiative que nous devons utiliser pour prendre ces décisions.

Ces couloirs ne sont visés par aucun règlement officiel. Tout est informel, et les intervenants de l'industrie du transport maritime en sont très heureux, car ils doivent prendre des décisions fondées sur la sécurité, les coûts et ces couloirs. Ils vous diront qu'ils éviteront les échoueries ou les aires riches en biodiversité s'ils peuvent le faire en toute sécurité.

Ce qui est difficile, c'est de faire connaître ces couloirs. Ils existent sur des cartes, dans des documents et dans le cadre de séances d'information, mais il est difficile de les faire respecter et je ne pense pas qu'on s'efforce de les faire connaître.

La sénatrice Miville-Dechêne : Que faut-il faire? Faudrait-il prendre des règlements? Ces couloirs sont-ils suffisamment importants pour que l'on prenne des règlements qui les rendront obligatoires?

Mme Dawson : Je ne les rendrais pas obligatoires, car je ne pense pas que ce serait dans notre intérêt. Le défi se trouve plutôt du côté des communications. Pour être honnête, je dirais qu'on n'a pas très bien établi qui est responsable de ces couloirs. Est-ce le Service hydrographique du Canada, Transports Canada ou la Garde côtière canadienne? Qui s'en occupe? Que faisons-nous avec ces couloirs?

Nous craignons de les faire connaître à grande échelle, car si je comprends bien, s'ils deviennent des couloirs officiels, nous serons tenus par la loi d'investir dans l'infrastructure nécessaire à leur fonctionnement. On s'assure donc qu'ils restent informels pour pouvoir les utiliser pour orienter la prise de décisions, mais ils ne deviendront pas officiels comme ceux des Grands Lacs, par exemple. C'est la raison pour laquelle on les appelle des couloirs et non des routes de navigation.

Senator Miville-Dechêne: Investing in infrastructure on corridors, what are we talking about?

Ms. Dawson: For example, along those corridors you may want to have areas of refuge, or you might warrant to have oil spill response equipment. I'm talking small investments not major infrastructure investments or even science investments, understanding we need more monitoring and we need to be monitoring where we are using those areas.

Senator Dasko: Thank you to our witnesses for being here today.

Professor Dawson, I want to follow up on some of your comments. I see that you are the Canada Research Chair in the Human and Policy Dimensions of Climate Change. I want to follow up on your comments about Russia. I think you said — correct me if I am wrong — in terms of the percentage, you were talking about the total GDP in the North, and you said that Canada is responsible for 5% of that and Russia for 70%.

I have always thought — I might have heard this but I want to ask you — is that partly because of forced labour in Russia? People are forced to live there, right? Can you expand on that, to any extent, please.

Ms. Dawson: To some extent. I am not an expert in this exact area.

I don't disagree. These numbers also fluctuate year to year depending on what is going on. Obviously, our countries operate in very different ways. To some degree, there are influencing factors. They are mining resources in ways that we are not. They charge for the use of the Northeast Passage; we do not. Yes, I would say that there is some lack of comparability in those numbers.

If you were just looking at the straight numbers in the circumpolar Arctic, by far, Russia is the biggest economic player according to these traditional numbers. I'm not saying that it is the best route, and I'm certainly not saying that we would follow it.

Senator Dasko: Yes. I am suggesting or saying that they have a larger population in their north, and that is where that starts; it begins with a much larger population.

Ms. Dawson: Absolutely, yes.

La sénatrice Miville-Dechêne : Lorsqu'on parle d'investir dans les infrastructures des corridors, de quoi parle-t-on exactement?

Mme Dawson : Par exemple, on peut vouloir créer, le long de ces corridors, des aires de refuge ou des installations où se trouve de l'équipement d'intervention en cas de déversement d'hydrocarbures. Je parle de petits investissements, et non d'investissements majeurs dans l'infrastructure ou même d'investissements dans la recherche scientifique, tout en n'oubliant pas que nous devons exercer une plus grande surveillance et que nous devons surveiller l'utilisation de ces aires.

La sénatrice Dasko : Je remercie les témoins d'être ici aujourd'hui.

Madame Dawson, j'aimerais revenir sur certains de vos commentaires. Je vois que vous êtes titulaire de la chaire de recherche du Canada sur les dimensions humaines et politiques du changement climatique. J'aimerais revenir sur vos commentaires concernant la Russie. Je crois que vous avez dit — et corrigez-moi si je me trompe —, lorsque vous parliez du PIB total de toute la région circumpolaire, que le Canada représente 5 % de ce PIB et que la Russie représente 70 % de ce PIB.

J'ai toujours pensé — et j'ai peut-être déjà entendu cela, mais j'aimerais vous poser la question — que c'est en partie à cause du travail forcé en Russie. Des gens sont forcés de vivre dans cette région, n'est-ce pas? Pouvez-vous nous en dire plus, dans une quelconque mesure, sur cette situation?

Mme Dawson : Je peux vous en parler seulement dans une certaine mesure, car je ne suis pas une experte dans ce domaine.

Je ne conteste pas cela. Ces chiffres fluctuent également d'une année à l'autre en fonction de la situation. Il est évident que nos pays fonctionnent de manières très différentes. Dans une certaine mesure, il existe des facteurs déterminants. Ce pays mène des activités d'exploitation minière que nous ne menons pas. Il exige des frais pour l'utilisation du passage du Nord-Ouest, ce que nous ne faisons pas. Oui, je dirais que ces chiffres ne sont pas réellement comparables.

Si l'on s'en tient aux chiffres de l'Arctique circumpolaire, la Russie est de loin l'intervenant économique le plus important selon ces chiffres traditionnels. Je ne dis pas que c'est la meilleure façon de faire, et je ne dis certainement pas que nous devrions faire la même chose.

La sénatrice Dasko : Oui. Je laisse entendre ou je dis que ce pays a une population plus importante dans le Nord, et que c'est le point de départ. Tout commence avec une population beaucoup plus importante.

Mme Dawson : Oui, certainement.

Senator Dasko: I am just suggesting that I have read that a significant portion of the population is actually, what I would call “forced labour,” but maybe that is too strong.

Ms. Dawson: I am unsure. I would not doubt it. But I cannot comment. I am not an expert on Russian —

Senator Dasko: Yes. I have another question, and I would like your thoughts on this. I'm on the Standing Committee on National Security, Defence and Veterans Affairs, and we travelled north last year to Iqaluit, Inuvik, Tuktoyaktuk and other spots, and I wondered about your thoughts on the sovereignty and security issues raised by the opening of the waterways and how we might deal with that.

Ms. Dawson: That is a huge one. You could do a whole study on that.

Senator Dasko: Yes.

Ms. Dawson: It is important and has been tempered in previous years because we have not been going full forward looking for resources, but the United States has clearly said that they see the Northwest Passage as inland waters. I was speaking with the ambassador from Germany the other day, and they also take that position. It is a known position. My colleagues in the world of military science have suggested that it is not going to turn into anything significant, but there are unexpected things that happen.

I do see it as a challenge, mostly for people who live in the region, because it is harder to regulate vessels in an area that is considered international waters than it is in an area that is inland seas. Now, my understanding is that most of these vessels are following the regulations that Canada puts forward so that they are applying for permits even though they openly say, “We don't agree.” They are still following all of the regulations and requests that we have. So far, so good.

I do not see it as a good thing. We are going to see more and more ship traffic. There is no doubt in my mind.

Senator Dasko: Thank you.

Senator Cardozo: Dr. Dawson, I understand that you have thoughts on airships, and I wonder if you would share them with us in terms of their viability, as you understand it.

Ms. Dawson: Yes. They are thoughts. I'm sure that you have heard of Barry Prentice, the big name behind this idea for 20 or 30 years. This idea has been floating around for a very long time. Yes, exactly. I sat down with someone from the private sector.

La sénatrice Dasko : Je laisse simplement entendre que j'ai lu quelque part qu'une partie importante de la population est assujettie à ce que j'appellerais du « travail forcé », mais le mot est peut-être un peu trop fort .

Mme Dawson : Je n'en suis pas certaine, mais je n'en douterais pas. Toutefois, je ne peux pas faire de commentaires. Je ne suis pas une experte de la Russie...

La sénatrice Dasko : Oui. J'ai une autre question, et j'aimerais avoir votre avis. Je fais partie du Comité permanent de la sécurité nationale, de la défense et des anciens combattants et l'année dernière, nous avons voyagé dans le Nord, c'est-à-dire à Iqaluit, à Inuvik, à Tuktoyaktuk et dans d'autres endroits, et je me demandais ce que vous pensez des questions de souveraineté et de sécurité soulevées par l'ouverture des voies navigables et de la façon dont nous pourrions donner suite à ces enjeux.

Mme Dawson : C'est une question très importante. Vous pourriez mener une étude complète sur ce sujet.

La sénatrice Dasko : Oui, certainement.

Mme Dawson : C'est important, mais nous avons porté moins d'attention à cette question au cours des dernières années, car nous n'avons pas cherché activement des ressources, mais les États-Unis ont clairement indiqué qu'ils considéraient le passage du Nord-Ouest comme des eaux intérieures. Je parlais l'autre jour avec l'ambassadrice allemande, et son pays a adopté la même position. C'est une position bien connue. Mes collègues du milieu de la science militaire ont laissé entendre que cela ne déboucherait pas sur quelque chose d'important, mais des choses inattendues se produisent.

Je considère qu'il s'agit d'un défi, surtout pour les gens qui habitent dans cette région, car il est plus difficile de réglementer les navires dans une zone considérée comme des eaux internationales que dans une zone de mers intérieures. Je crois comprendre que la plupart de ces navires respectent les règlements établis par le Canada et qu'ils présentent des demandes de permis même s'ils disent ouvertement qu'ils ne sont pas d'accord. Ils continuent de respecter tous nos règlements et toutes les demandes que nous avons formulées, donc pour le moment, tout va bien.

Toutefois, je ne vois pas la situation d'un bon œil, car je suis convaincue que le trafic maritime va s'intensifier.

La sénatrice Dasko : Je vous remercie.

Le sénateur Cardozo : Madame Dawson, je crois savoir que vous avez une opinion sur les dirigeables, et j'aimerais que vous nous parliez de leur viabilité, telle que vous la concevez.

Mme Dawson : Oui. C'est seulement mon opinion. Je suis sûre que vous avez entendu parler de Barry Prentice, le grand promoteur de cette idée depuis 20 ou 30 ans. Cette idée circule depuis très longtemps, c'est vrai. Je me suis entretenue avec des

They are telling me that these ships are more viable now than they have ever been before. My questions were all about, "Well, we need a huge payload to make this useful because the carbon cost of these airships is significant compared to shipping." My personal perspective is that we're not there yet and that shipping is probably the better option at the moment.

I don't see them as viable options. There certainly are people who are arguing that they are.

Senator Cardozo: And they would be good for carrying people or goods?

Ms. Dawson: My understanding of the idea is that it would be good for carrying goods. We have seen the history of airships.

Senator Cardozo: Yes.

Ms. Dawson: It is mostly to try to solve some of the food insecurity issues in the North. We all know that the cost of food is enormous. But we are talking about major investments in airships at a time when the sea ice is melting, and we can actually already get more ships in more frequently. We need subsidies to ensure that the cost of food goes down, but we need to make sure that those get passed on to the communities and do not just stay with the ship or airship operators. I feel that it is trading one issue for another. I'm not a huge proponent of airships but many people are.

Senator Cardozo: Can you talk more about the low-impact corridors and what they are? Does that include being able to move ships that are not as deep as others or more barge-like things?

Ms. Dawson: Yes. There are primary shipping corridors and then there are secondary and tertiary ones.

They are basically voluntary. They are lines on a map that have identified safe routes for vessels based on historic routes, ecological and cultural sensitivity. They are guidelines only, showing where ships should and could go. I do not think they are not all mapped to modern-day standards.

It is also a way of prioritizing our Canadian Hydrographic Service, or CHS, resources to get those digital maps in those particular areas. There will be resupply routes. But one thing that concerns me is the tourism vessels: They purposely go off those

représentants du secteur privé. Ils m'ont dit que ces dirigeables sont plus fiables aujourd'hui que jamais auparavant. Mes questions portaient toutes sur le fait qu'il fallait avoir une énorme charge utile pour en valoir la peine, car le coût du carbone de ces dirigeables est considérable comparativement à celui du transport maritime. Personnellement, je pense que cette idée n'est pas encore au point et que le transport maritime reste probablement la meilleure option pour le moment.

Je ne considère pas les dirigeables comme des options viables, même s'il y a certainement des gens qui affirment le contraire.

Le sénateur Cardozo : Ces engins pourraient-ils transporter efficacement des passagers et des marchandises?

Mme Dawson : D'après ce que je comprends, ils serviraient à transporter des marchandises. Nous connaissons l'histoire des dirigeables.

Le sénateur Cardozo : Oui, en effet.

Mme Dawson : Il s'agit surtout d'essayer de résoudre certains problèmes liés à l'insécurité alimentaire dans le Nord. Nous savons tous que les prix des aliments sont très élevés. Mais nous parlons d'investissements majeurs dans les dirigeables à un moment où la glace de mer fond rapidement et un plus grand nombre de navires peuvent s'aventurer dans cette région plus fréquemment. Nous avons besoin de subventions pour faire baisser le coût de la nourriture, mais nous devons aussi nous assurer que ces subventions ont des retombées positives sur les collectivités et qu'elles ne profitent pas uniquement aux exploitants de navires et de dirigeables. J'ai l'impression qu'on ne ferait qu'échanger un problème contre un autre. Je ne suis pas une grande partisane des dirigeables, mais beaucoup de gens le sont.

Le sénateur Cardozo : Pouvez-vous nous en dire plus sur les couloirs de navigation à faible impact et nous expliquer comment ils fonctionnent? Est-ce que cela vise aussi les navires qui ne sont pas aussi profonds que d'autres ou qui ressemblent davantage à des barges?

Mme Dawson : Oui. Il existe des couloirs de navigation primaires, secondaires et tertiaires.

Leur utilisation est essentiellement volontaire. Ce sont des lignes qui ont été tracées sur une carte pour indiquer des parcours de navigation sûrs en fonction des routes historiques et de l'importance écologique culturelle de la région. Ce ne sont que des lignes directrices qui indiquent où les navires devraient et pourraient naviguer. Je ne crois pas que tous les couloirs ont été consignés sur des cartes selon les normes modernes.

C'est également une façon d'accorder la priorité aux ressources de notre Service hydrographique du Canada, le SHC, afin de que des cartes numériques de ces zones particulières soient créées. Il y aura des routes pour le ravitaillement. Je suis

routes because they want to avoid other ships and go to areas where there is sea ice and animals. Those are the vessels that concern me the most.

Senator Cardozo: Why do they concern you?

Ms. Dawson: Because they are avoiding known safe areas to go to other areas. Pleasure crafts or yachts is the fastest growing maritime sector in the Arctic. They do not need a lot of infrastructure. They can go where they want. They are the ones who are going to be most in need of search-and-rescue infrastructure and resources.

Senator Cardozo: Do you have any concern about their impact on the environment?

Ms. Dawson: To some degree, yes. But they are small vessels, so less so there. I'm more concerned about the cultural impact.

Senator Cardozo: Alex de Barros, I wonder if you have any comments on those issues that I just discussed with Dr. Dawson.

Mr. de Barros: I do not have a lot of expertise on airships either. I understand that there may be a market for them. I do not think that they will be replacing air transportation. For example, they will not be replacing aircraft for transportation of passengers just because of their speed, mainly, and also because of the safety issues, as Ms. Dawson just raised.

There may be a market for transportation of goods to remote places with difficult access not only to air transportation but also to shipping infrastructure. There is definitely a market.

Again, I am not an expert on that issue. I do believe that if there are remote communities where you don't have an airport infrastructure, and it would be very difficult and expensive to build one, airships would definitely be an option for transportation of goods but not people.

Senator Cardozo: Any thoughts on low-impact corridors if you have anything to add?

Mr. de Barros: I am really not an expert on that.

Senator Cardozo: Okay. Thank you very much.

Senator Richards: Thank you to our witnesses for being here. Senator Dasko asked my question, but I will ask it in a slightly different way. I do not expect a different answer, but would like to just ask the question.

inquiétée par les bateaux de tourisme, car ils s'écartent volontairement des routes pour éviter d'autres bateaux et se rendent dans des zones où il y a de la glace et des animaux. Voilà les bateaux qui m'inquiètent le plus.

Le sénateur Cardozo : Pourquoi ces bateaux vous inquiètent-ils?

Mme Dawson : Parce qu'ils évitent les zones sûres connues pour s'aventurer dans d'autres eaux. Les embarcations de plaisance ou les yachts constituent le secteur maritime qui croît le plus dans l'Arctique. Ils n'ont pas besoin de beaucoup d'infrastructures. Ils peuvent naviguer où ils veulent. Ce sont les bateaux qui feront le plus appel aux infrastructures et ressources de recherche et sauvetage.

Le sénateur Cardozo : Êtes-vous préoccupée par leur incidence sur l'environnement?

Mme Dawson : Dans une certaine mesure, oui. Mais pas tant que ça, puisque ce sont de petits bateaux. Je suis davantage préoccupée par leurs répercussions culturelles.

Le sénateur Cardozo : Monsieur de Barros, avez-vous des commentaires sur les sujets dont je viens de discuter avec Mme Dawson?

M. de Barros : Moi non plus, je ne connais pas bien les dirigeables. D'après ce que je vois, il pourrait y avoir un marché pour eux. Je ne pense pas qu'ils vont remplacer le transport aérien. À titre d'exemple, les dirigeables ne remplaceront pas les avions pour transporter les passagers, surtout à cause de leur vitesse, mais aussi à cause des questions de sécurité, comme vient de le dire Mme Dawson.

Il pourrait y avoir un marché pour le fret vers des endroits éloignés et d'un accès difficile par voie aérienne et maritime. C'est certainement une possibilité.

Je ne suis point expert sur la question. Il me semble que dans les collectivités éloignées qui n'ont pas l'infrastructure nécessaire pour un aéroport, et où il serait très difficile et coûteux d'en construire, les dirigeables seraient certainement un mode de transport possible pour les marchandises, mais pas les passagers.

Le sénateur Cardozo : Avez-vous quelque chose à ajouter sur les couloirs à faible impact?

M. de Barros : Ce n'est pas mon domaine d'expertise.

Le sénateur Cardozo : D'accord. Merci beaucoup.

Le sénateur Richards : Je remercie les témoins d'être des nôtres. La sénatrice Dasko a déjà posé ma question, mais je vais aborder le sujet un peu différemment. Je ne m'attends pas à une réponse différente, mais j'aimerais néanmoins poser la question.

Maybe we are too late with our structure because we have not insisted on our sovereignty. We have Russia right up to our back door — or front door, as you said — and we have China, who is mapping the corridor. We have the United States who simply negates our idea of sovereignty, and other northern nations as well. Maybe the infrastructure should have come before now. We cannot even fuel our planes. We get people from Alaska to do that for us.

With the idea of new shipping lanes and the need for new structure, shouldn't we have declared our sovereignty and insisted upon it 20 years ago?

Ms. Dawson: Yes, I think so. I think that I argued it 20 years ago. Since we're not there, I try to spin it positively in the sense that we've learned a lot in the last 20 years. We know how to invest in more sustainable, climate-resilient infrastructure now, and so in some ways we have a blank canvas. Also we have settled land claims, which many other Arctic nations do not have. I think that is a strength. In some ways, we can go forward in a more resilient way than we could have 20 years ago, but I am looking for silver linings.

Senator Richards: Thank you very much.

Senator Simons: I have a question for each of you. For Dr. Dawson, I want to talk about the dangers of spills. You mentioned the dangers of little refuelling spills, but if we are going to be moving large amounts of fuel through that corridor, we do not have the marine response to clean up spills. We talked about the need to build port and harbour infrastructure, but what else do we need to make sure that we're protecting something that is important and one of the last remaining pristine environments. "Pristine" is not the right word, but you know what I mean.

Ms. Dawson: I know what you mean. This is the million-dollar question. It is very hard to clean up fuel and spills in ice. It is very difficult. Right now we are not shipping large amounts of crude oil or anything through the Northwest Passage, and I would argue we probably shouldn't, but we certainly will be shipping different elements through there and we need infrastructure for that. Obviously, we can put in regulations in our own country about whether or not we engage in deep-sea mining or other things, but the reality is that if other countries do not do that, the way that the ice and ocean dynamics are, those things will flow into the Canadian Arctic regardless. American policies matter. That means we have to invest in local strength in that area. Most ships are equipped with booms and other cleanup materials, but if we have a major spill, yes, it is a big problem.

Il se peut que nous ayons pris trop de temps pour nous doter des infrastructures nécessaires, parce que nous n'avons pas suffisamment affirmé notre souveraineté. Nous avons la Russie comme voisin, comme vous l'avez dit, et il y a la Chine, qui est en train de cartographier le couloir. Ensuite, il y a les États-Unis qui ne font tout simplement que nier notre concept de la souveraineté, tout comme d'autres pays nordiques. Nous aurions peut-être dû construire les infrastructures dans le passé. Nous n'arrivons même pas à ravitailler nos avions. Nous avons recours à des entreprises d'Alaska pour le faire.

N'aurions-nous pas dû déclarer notre souveraineté avec insistance il y a 20 ans, compte tenu des nouveaux couloirs de navigation et du besoin de nouvelles infrastructures?

Mme Dawson : Je pense que oui. C'est ce que j'aurais fait, et c'est ce que j'avais dit il y a 20 ans. Puisque nous ne l'avons pas fait, j'essaie de présenter les choses de façon positive dans la mesure où nous en avons beaucoup appris au cours des 20 dernières années. Nous savons désormais comment investir dans une infrastructure plus durable et plus résistante au climat, ce qui fait qu'à bien des égards, tout est possible. De plus, nous avons réglé les revendications territoriales, ce que bon nombre d'autres pays arctiques n'ont pas fait. C'est une force. D'une certaine façon, nous pouvons avancer avec plus de résilience qu'il n'en aurait été possible il y a 20 ans, mais j'essaie de voir les choses de façon positive.

Le sénateur Richards : Merci beaucoup.

La sénatrice Simons : J'ai une question pour chacun d'entre vous. Madame Dawson, j'aimerais parler des dangers associés aux déversements. Vous avez évoqué les dangers des déversements mineurs lors du ravitaillage, mais si nous allons transporter de grands volumes de carburant le long du couloir, il faut savoir que nous n'avons pas la capacité maritime nécessaire pour nettoyer les déversements. Nous avons parlé du besoin de construire des infrastructures portuaires, mais que pouvons-nous faire à part cela pour protéger un environnement important, un des derniers environnements vierges. « Vierge » n'est peut-être pas le mot juste, mais vous me comprenez.

Mme Dawson : Je vous comprends. C'est LA question à laquelle nous devons répondre. Il est extrêmement difficile de nettoyer le carburant et les déversements sur la glace. En ce moment, nous ne transportons pas de grandes quantités de pétrole brut ou autres produits par le passage du Nord-Ouest, et je suis d'avis que nous ne devrions probablement pas le faire, mais c'est sûr que des marchandises seront transportées et qu'il faudra prévoir l'infrastructure nécessaire. Bien évidemment, le Canada peut réglementer l'exploitation minière en haute mer et d'autres activités, mais il reste que si d'autres pays n'encadrent pas ces activités, il y aura une incidence sur l'Arctique canadien à cause de la dynamique de la glace et de l'océan. Les politiques américaines ont des conséquences. Cela veut dire que nous devons renforcer nos capacités dans cette zone. La plupart des

We do have oil spill response equipment in different Inuit communities as well, but whenever I go up there, most people do not know how to use it or we do not have the key to the sea can, where the equipment is. Those are concerns. We need to get the communities off diesel. Again, it is this blank canvas for investing in a remote green energy infrastructure. We have to do that. We could be world-leading. If we had done it 20 years ago, we would be world-leading. Diesel is not a sustainable answer or for well-being. People are getting lung disease from the fumes.

We have to move our carbon equipment. We track black carbon from ships. We cannot do it from communities because there's so much contamination in the air that we can't capture it appropriately. We have to put our machines way offshore to capture that.

Senator Simons: Wow.

For Dr. de Barros on the question of air transport, we heard last week from Aaron Speer, the Vice President, Flight Operations for Canadian North, who said that they were facing 175 weather cancellations a month for their planes. You mentioned that is not in your analysis because of cloud levels. What should we make of the fact that they are having 175 weather cancellations a month? Do you foresee that those problems will increase as the climate becomes more volatile?

Mr. de Barros: Thank you for the question. Yes. There are two caveats to our conclusions here. First, we are not saying that there isn't climate change. That is not what our conclusion was. We just looked at the impact of climate change on a specific aspect of air operations, and we did not find evidence of impact.

Climate change can affect air operations in many other ways. There are many other weather factors that we need to look into when it comes to air operations. We need to look at runway visual range; surface conditions on the runways, especially including ice in the winter; precipitation, being snow and rain; visibility, which was already mentioned; and crosswinds are a very big issue for air operations. In our study, we did not actually look into any of that because of the limited resources that we had.

navires sont équipés de barrages flottants et d'autres équipements de nettoyage, mais s'il arrive un déversement d'envergure, nous aurons un gros problème.

Nous avons aussi de l'équipement pour les déversements de pétrole dans diverses collectivités inuites, mais lorsque je m'y rends, je me rends compte que la plupart des gens ne savent pas comment utiliser l'équipement ou encore non pas la clé pour le conteneur maritime, où est rangé l'équipement. C'est inquiétant. Nous devons éliminer l'utilisation du diésel dans les collectivités. Je reviens à cette possibilité que nous avons d'investir dans une infrastructure d'énergie verte pour les régions éloignées. Nous devons le faire. Nous pouvons être un chef de file mondial. Si nous l'avions fait il y a 20 ans, nous donnerions exemple à tout le monde. Le diésel n'est pas viable sur le plan de l'environnement ou de la santé. Les gens attrapent des maladies pulmonaires à cause de la pollution.

Nous devons déplacer nos capteurs de carbone. Nous surveillons le carbone noir des navires. Or, nous ne pouvons pas le faire depuis les collectivités. La contamination dans l'air est telle que notre équipement ne fonctionne pas correctement. Nous devons garder nos machines loin du littoral afin de pouvoir faire nos analyses.

La sénatrice Simons : Eh bien.

Monsieur de Barros, nous avons entendu la semaine dernière Aaron Speer, vice-président des Opérations aériennes de Canadian North. Il a parlé du transport aérien et a indiqué que les avions de sa société ont été cloués au sol 175 fois par mois à cause des conditions météorologiques. Or, vos analyses indiquent que ce n'est pas attribuable au niveau des nuages. Que devons-nous penser du fait que les vols sont annulés 175 fois par mois à cause des conditions météorologiques? Pensez-vous que le problème ne fera que s'aggraver au fur et à mesure que le climat devient plus volatile?

M. de Barros : Merci de la question. Effectivement, nos conclusions reposent sur deux conditions. Tout d'abord, nous ne disons pas qu'il n'y a pas de changement climatique. Ce n'est pas cela notre conclusion. Nous avons simplement examiné l'incidence du changement climatique sur un certain aspect des opérations aériennes, et nous n'avons pas trouvé de preuve attestant d'une incidence.

Le changement climatique peut avoir une incidence sur les opérations aériennes de bien d'autres façons. Il y a de nombreux autres facteurs météorologiques que nous devons examiner dans le cadre des opérations aériennes. Il faut regarder la portée visuelle et l'état de la surface des pistes, notamment la présence de glace l'hiver, les précipitations, à savoir la neige et la pluie, la visibilité, qu'on a déjà mentionnée, ainsi que les vents traversiers, qui sont un facteur énorme pour les opérations aériennes. Dans le cadre de notre étude, nous n'avons pas étudié ces facteurs à cause des ressources limitées dont nous disposons.

We did look at the cloud ceiling because it is probably the most important one when it comes to deciding whether an aircraft will be able to land or take off at an airport. From a cloud ceiling perspective, we did not find any impact in terms of the number of hours that an airport is open during the year.

Of course, that could also change. Climate and the weather conditions can change from one year to the next. We looked at a time period over 17 years starting in 2005. That is from when we had the data. Over these 17 years, considering all of the ups and downs of these weather conditions, we didn't find a pattern. We didn't find that it is getting worse on average, or that it is getting better.

Again, that does not mean the weather patterns are not changing. If you look at the past few years, there might have been a bigger impact than over those 17 years. If that is true — and this needs to be investigated — then what is going to be the impact of this weather as the climate changes over the next few years? It could be potentially very large. We need a deeper investigation into this.

We hoped that when we picked cloud ceiling as the parameter that we were going to study, we were actually thinking that we would see an impact and it would encourage and incentivize us to do a deeper study. I was intrigued when we didn't see that impact, especially because we know that weather effects tend to be related. Cloud ceiling tends to be lower when there is precipitation, when there is low visibility, and when the runway surface will be covered in water during the summer or ice during the winter. It is a significant finding, but it does invite us to actually do a deeper investigation.

The Chair: Thank you, colleagues, if there are no further questions then I would like to thank Dr. Dawson and Dr. de Barros for being with us this morning.

(The committee adjourned.)

Nous avons étudié le plafond nuageux, parce que c'est probablement le facteur le plus important lorsqu'on doit décider si un avion pourra atterrir ou décoller à l'aéroport. En ce qui concerne le plafond nuageux, nous n'avons pas observé d'incidence sur le nombre d'heures d'ouverture d'un aéroport sur une base annuelle.

Cette donne pourrait changer, bien sûr. Le climat et les conditions météorologiques peuvent changer d'une année à l'autre. Nous avons examiné une période de 17 ans à partir de 2005 pour laquelle nous avions des données. Sur les 17 ans, en observant les variations des conditions météorologiques, nous n'avons pas observé de tendances. Nous n'avons pas conclu que les conditions s'étaient aggravées en moyenne ni qu'elles s'étaient améliorées.

Encore une fois, cela ne veut pas dire que les conditions météorologiques ne changent pas. Si l'on regarde les dernières quelques années, il pourrait y avoir eu un plus grand impact que pendant la période de 17 ans étudiée. Si cela est vrai, il va falloir vérifier quel sera l'impact des conditions météorologiques au fur et à mesure que le climat change au cours des prochaines années. Il pourrait y avoir une incidence énorme. Nous devons faire des recherches là-dessus.

Lorsque nous avons choisi le plafond nuageux comme paramètre pour notre étude, nous espérions pouvoir observer une incidence qui nous pousserait à faire une étude plus approfondie. J'étais intrigué lorsque nous n'avons pas observé d'incidence, surtout parce que nous savions que les conditions météorologiques ont tendance à être interrelées. Le plafond nuageux a tendance à être plus bas lorsqu'il y a des précipitations, lorsque la visibilité est faible, et lorsque la surface des pistes est couverte d'eau l'été ou de glace l'hiver. C'est un constat important, et il nous pousse à approfondir nos recherches.

Le président : Chers collègues, merci. Si vous n'avez plus de questions, je vais remercier Mme Dawson et M. de Barros d'avoir été des nôtres ce matin.

(La séance est levée.)