PLEIN NORD

FAIRE FACE AUX COÛTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES POUR LES INFRASTRUCTURES DU NORD

CANADIAN CLIMATE INSTITUTE
L'INSTITUT CLIMATIQUE DU CANADA

JUIN 2022

Arviat, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos iii

Remerciements v

Sommaire vi

Infographie : L'adaptation transformationnelle. x

1. Introduction 1

2. Contexte 4

L'importance des infrastructures dans le Nord 5

Le déficit d'infrastructures du Nord 9

Les fondations coloniales des infrastructures du Nord 11

Les changements climatiques dans le Nord 14

Adaptation et préparation aux changements climatiques dans le Nord 17

3. Méthodes 18

Modélisation des répercussions et des coûts 20

Expériences vécues et répercussions sur les collectivités 24

4. Répercussions climatiques sur les aéroports 26

5. Répercussions climatiques sur les routes permanentes et les routes d'hiver 35

6. Répercussions climatiques sur les bâtiments 44

7. Perspectives nordiques sur la question des répercussions climatiques 51

8. Conclusions et recommandations 56

Conclusions 57

Recommandations 60

Glossaire 65

Références 68

ᓯᕗᒧᑦ

ᐅᑭᐅᑦᑕᖅᑐᓕᐊᑦᓇᖅ: ᑲᒪᒋᔭᕆᐊᖃᑦᓂᖅ ᓯᓚᐅᑉ ᐊᓯᙳᖅᐸᓪᓕᐊᓂᖕᒐᓄᑦ ᐊᑭᓕᐅᑎᐅᔭᕆᐊᓕᖕᓂᒃ ᐅᑭᐅᑦᑕᖅᑐᑦᒥ ᓴᓇᔭᐅᓯᒪᔪᓂᒃ ᐱᓕᕆᐊᖃᑦᒪᑕ ᓇᓗᓇᐃᔭᐃᓗᑎᒃ ᖃᓄᐃᓕᐅᕈᑎᐅᔭᕆᐊᓕᖕᓂ ᐃᓄᖕᓄᑦ ᑲᓇᑕᐅᑉ ᐅᑭᐅᑦᑕᖅᑐᖕᒐᓃᑦᑐᓄᑦ ᑭᓯᖃᑦᑎᐊᙱᓗᐊᑦᑎᓪᓗᒋ ᐅᓗᕆᐊᓇᕐᓯᕙᓪᓕᐊᑎᓪᓗᒍ ᓯᓚᐅᑉ ᐊᓯᙳᖅᐸᓪᓕᐊᓂᖕᒐᓄᑦ. ᐅᓇ ᒪᕿᐃᓕᖕᒐᖅ ᐅᓗᕆᐊᓇᕈᑎ ᐊᒃᑐᐃᓂᖃᕐᔭᕐᓂᖕᒐᓂᒃ ᐋᓐᓂᐊᖃᖅᑕᐃᓕᓂᒃᑯᑦ, ᐊᑦᑕᓇᖅᑐᒦᑦᑕᐃᓕᓂᕐᒧᑦ, ᑮᓇᐅᔭᓕᐅᕈᑎᐅᔪᓄᑦ, ᐊᒻᒪ ᐃᓄᐃᑦ ᐃᓕᖅᑯᓯᖕᒐᓂᒃ ᐅᑭᐅᑦᑕᖅᑐᓕᒫᒥᑦ, ᐱᓗᐊᑦᑐᒥ ᓄᓇᖃᖅᑐᑐᖃᕐᓄᑦ ᐃᓄᖕᓄᑦ.

ᐅᓂᒃᑳᓕᐅᕐᓂᕐᒧᑦ ᑎᑎᕐᖅᑎᒋᔭᐅᔪᑦ ᓄᓇᖃᖅᓯᒪᔪᑦ ᐊᒻᒪᓗ ᐃᖅᑲᓇᐃᔭᕐᓯᒪᔪᑦ ᑲᓇᑕᐅᑉ ᐅᑭᐅᑦᑕᖅᑐᖕᒐᓂᒃ ᑭᓯᐊᓂᓕ ᓇᓕᐊᒃ ᐅᑭᐅᑦᑕᖅᑐᑦᒥᐅᑕᐅᙱᑦᑐᖅ. ᓄᓇᖃᖅᑳᖅᓯᒪᓇᑕᓗ.ᑐᑭᓯᕙᓪᓕᐊᑦᓗᑎ ᐱᑦᑯᑎᒋᔭᐅᔭᕆᐊᓖᑦ ᐃᒡᓗᐃᑦ ᐊᔾᔨᒋᙱᒻᒪᒋᑦ ᐅᑭᐅᑦᑕᖅᑐᑦᒥᐅᓄᑦ, ᐅᔾᔨᕆᓂᖅᐅᕙᓪᓕᐊᑎᓪᓗᑕ ᑖᓐᓇ ᐅᖃᐅᓯᐅᔪᖅ ᓇᖕᒥᓂᖅ ᐅᓂᒃᑳᓕᐊᕆᔭᐅᔭᕆᐊᖃᑦᓂᖕᒐᓂᒃ ᓴᓂᑦᑎᐊᖕᒐᒍᑦ ᐃᒪᐅᑉ ᐃᓗᐊᓂ: ᓯᓚᐅᑉ ᐊᓯᙳᖅᐸᓪᓕᐊᓂᖕᒐᓄᑦ ᐊᑭᓕᐅᑎᐅᔭᕆᐊᓕᖕᓂᒃ ᓯᓚᐅᑉ ᐊᓯᙳᖅᐸᓪᓕᐊᓂᖕᒐᓄᑦ ᑲᓇᑕᐅᑉ ᐱᑯᑎᖕᒋᓐᓂᒃ. ᐱᒻᒪᕆᐊᓗᓚᐅᑦᒪᓐ ᐅᕙᑦᑎᓐᓄ ᓄᓇᖃᖅᑳᖅᑐᑦ ᑎᒍᒥᐊᖅᑎᐅᓂᖕᒋᓐᓂᒃ ᐅᑭᐅᑦᑕᖅᑐᑦᒥ ᐃᓚᒋᔭᐅᑎᑕᐅᓗᓂ ᐅᕙᓂ ᖃᐅᔨᓴᕐᓂᕐᒥᒃ ᐱᕙᓪᓕᐊᑎᑦᑎᔾᔪᑎᐅᓂᑯᓂᒃ ᑕᒪᐃᓐᓂ ᓄᓇᖃᖅᑳᖅᑐᑦ ᐱᓇᓱᐊᖅᑕᖕᒋᓐᓂ ᐊᒻᒪᓗ ᐊᑐᖅᑕᐅᔪᓐᓇᕐᔭᕐᑐᓂᒃ ᐱᑯᑎᓄᑦ ᐊᖅᑭᒋᐊᕈᑎᐅᔪᓐᓇᕐᑐᓂᒃ ᐱᓕᕆᐊᖃᕐᓂᕐᒧᒍ.

ᐱᓕᕆᖃᑎᖃᕐᓯᒪᒐᑦᑕ ᐅᓄᕐᑐᓂᒃ ᓄᓇᖃᖅᑳᖅᑐᑦ ᐱᔪᓐᓇᐅᑎᖕᒋᓐᓂᒃ ᑎᒍᒥᐊᖅᑎᐅᔪᓂᒃ ᐊᒻᒪ ᐅᑭᐅᑦᑕᖅᑐᕐᒥ ᐃᑲᔫᑎᖃᖅᑎᑦᑎᔨᐅᔪᓂᒃ ᐊᕐᕌᒍᓕᖅᑐᓂᒃ ᒪᕿᖕᓂ ᑐᕐᒐᖃᖅᓱᑎᒃ ᐊᑐᕈᓐᓇᖅᑐᒃᑯᑦ ᐃᓯᒪᒋᔭᖕᒋᓐᓂᒃ ᖃᐅᔨᔭᖕᒋᓐᓂᓪᓗ ᐊᒻᒪ ᐱᐊᓂᒍᑎᒋᔭᖕᒋᓐᓂᒃ ᐊᒻᒪᓗ ᐃᓯᒪᓕᐊᓇᔭᖕᒋᓐᓂᒃ ᐅᓂᒃᑳᓕᐅᕈᒪᓪᓗᑎᒃ.ᑐᓴᐅᒪᑎᑦᑎᓂᒃᑯᑦ ᐊᑐᕐᓯᒪᔭᖕᒋᓐᓂᒃ, ᖃᐅᔨᒪᔭᖕᒋᓐᓂᓪᓗ ᐊᒻᒪ ᐱᓕᕆᐊᖃᓕᒪᓂᖕᒋᓐᓄᑦ, ᐱᔪᓐᓇᐅᑎᓂᒃ ᑎᒍᒥᐊᖅᑎᐅᔪ ᐊᒻᒪ ᐃᑲᔫᑎᖃᖅᑎᑦᑎᔨᐅᔪᑦ ᐅᕙᑦᑎᓐᓂ ᐃᑲᔪᓚᐅᕐᑐᑦ ᐊᖅᑭᒃᓱᐃᕙᓪᓕᐊᓂᕐᒥᒃ ᑐᑭᓯᒃᑲᓐᓂᕈᑎᓂᒃ ᒫᓐᓇ ᐅᑭᐅᑦᑕᖅᑐᕐᒥ ᐱᕐᑯᑎᒋᔭᐅᔪᑦ ᐊᑯᑦᑐᔫᑎᐅᓂᖕᒋᓐᓂᒃ ᐊᒻᒪᓗ ᐊᒃᑐᐃᔾᔪᑎᖃᓐᓂᐅᔪᓐᓇᖅᑐᓂᒃ ᓯᓚ ᐅᖅᑰᓯᕙᓪᓕᐊᓂᖕᒐᓄᑦ.

ᖃᐅᔨᒪᔪᒍᑦ ᑐᓴᔪᓐᓇᓚᐅᕐᓂᕗᑦ ᐱᒋᐊᕈᑎᑐᐃᓐᓇᐅᓂᖕᒐᓂᒃ, ᑭᓯᐊᓂᓕ ᖃᐅᔨᒪᔪᒍᑦ ᐅᓄᒃᑲᓐᓂᖅᑐᐊᓗᖕᓂ ᐅᓂᒃᑳᓂ ᑐᓴᓇᐊᖃᕐᓂᑦᑎᓐᓂᒃ.ᐅᒃᐱᕈᓯᒃᑲᑦᑕ ᐱᓪᓚᓇᐅᓂᖕᒐᓂᒃ ᑕᒪᒃᑯᐊ ᒐᕙᒪᓕᓇᓂᒃᑯᑦ ᖃᓄᐃᓕᐅᕈᑎᐅᔪᑦ ᓄᓇᖃᖅᑳᖅᑐᑦ ᒐᕙᒪᖕᒐᓂᒃ ᐅᖃᖅᑲᑎᖃᕐᓗᑎᒃ ᑐᑭᓯᓯᒪᔪᓐᓇᕐᓂᐊᕐᒪᑕ ᐱᓇᓱᐊᖃᑦᑎᓐᓄᑦ ᖃᓄᐃᓕᐅᕈᑎᐅᔭᕆᐊᖃᖅᑐᑦ ᓄᓇᓕᖕᓂ ᐊᒻᒪᓗ ᐱᓕᕆᖃᑎᒌᖕᓂᒃᑯᑦ ᐋᖅᑭᒃᓱᐃᓗᑎᒃ ᑕᒪᒃᑯᓄᖕᒐ ᐋᖅᑭᒃᓱᔾᔪᑎᒃᓴᓂᒃ

Ndòo

Dii Gwits'at: Nanh Gwiniik'òo diinagòo'ee ejùk t'eenjaa jii zheh, taii, vik'iighè' aadrii, Geenjit gwidaatł'oo tr'igwinah'ii nits'òo goo'aii gatr'igwaandak Canada Nanh Gwiniik'òo gwiiyeendoo diinagòo'ee ejùk t'eenjaa gwik'iighè' jii zheh, taii, vik'iighè' aadrii, diits'atgwighàa t'igwįį'ee neesrigwiją hch'uh.Jii neekaii gwizhit srii gwandàih, gwiizuu ch'i', nits'oo tr'igwindaii ts'àt diinigwįį'ee Nanh Gwiniik'òo gwideetoh tthak, iisrits'at Dinjii Zhuh, Ineekaii, Teenjir Nilii kat.

Canada Nanh Gwiniik'òo, gwideetoh jii juudìn kat gwidinehtł'èe' gidinuutł'oo guulàt Canada Nanh Gwiniik'òo t'igiinch'ù' ts'àt gwitr'it t'igugwah'inh, gòo ihłee Nanh Gwiniik'òo gwits'at iidilii kwaa.Dinjii Zhuh, Ineekaii, Teenjir Nilii kat gàa iidilii kwaa.Gwiiyeendoo srits'àt gah'iidindaii zheh, taii, vik'iighè' aadrii iisrits'àt ejùk Nanh Gwiniik'òo Gwidinji' Kat guuveenjit diits'atgwighàa go'aii, gwiiyeendoo ts'àt gwinaa'ii jii gwizhit tr'igįįkhii khè' gwidinehtł'èe' jii gwinjik Chuu T'eh: Jii diinagòo'ee ejùk t'eenjaa Canada kat zheh, taii, vik'iighè' aadrii geenjit gwidaatł'oo. Dinjii Zhuh, Ineekaii, Teenjir Nilii kat gwiiyeendoo guuchidhaa'ee dàgwìdįį'e' zhit Jii Nanh Gwiniik'oo guk'andehtr'inahtii gwizhit giteelyaa jii Dinjii Zhuh, Ineekaii, Teenjir Nilii kat kheenjit-niint'aii tr'iheelyaa ts'àt gwiiyeendoo gwiniint'aii ts'àt jii zheh, taii, vik'iighè' aadrii gwits'àt tr'itr'heendal.

Dinjii Zhuh, Ineekaii, Teenjir Nilii kat leii dàgwìdįį'e' Kat ts'àt Nanh Gwiniik'òo Gwidinji' Kat gwizhit giinlii ts'àt khaii neekaii gwinòo gwizhit guuvah jii gwidinehtł'èe' nihkhaa Geenjit gwitr'it tr'igwiłtsaii łǫǫhàh agidanh gah'iidindaii gwizhit, gwichiilagoo'dhat leii, ts'àt dagwiheedya'aa gwiiniidhan.Jii nihts'àt nihtatr'ìndaii nihk'it tr'igwindaii zhit, gahtr'idandaii, ts'àt łǫǫhàh iisrits'àt gahdandaii, jii Kat dàgwìdįį'e' giinlii ts'àt juudìn kat gwizhit giinlii kat nikhwits'àt gwitr'it hàh tr'iginiinjik ts'àt guuk'iighè' gwiiyeendoo gah'iidindaii jii jùk Nanh Gwiniik'òo jii zheh, taii, vik'iighè' aadrii gwitł'at ts'àt nanh gwiniidhaa hàh nihłi'ejùk diinagòo'ee ejùk t'igwinjih.

Gah'iidindaii oodhidhaacheii gwiitsał gwidik gwizrih, gòo, tth'aih hèe gwindàk leii tr'ehdeetth'ak go'aii.Akòo gwik'iinjiidizhit adachoo nihłi'ejùk gwizhit kat tthak nihkhaa nihts'àt nit'soo go'aii gahtr'idandaii eenjit Dinjii Zhuh, Ineekaii, Teenjir Nilii adachoo kat hàh jii zheh, taii, vik'iighè' aadrii diits'atgwighàa dagoonch'uu kaiik'it leii gwa'an ts'àt nihkhah' geenjit gwitr'it gwiinzii t'ugugwah'ah'aa.

nîkanasinahikêwin

kîwêtinohk-isi: kâ-mâmîskowîpahk ôma kîwêtinohk atoskêwin ôma kitâpahtamok ôma kîwêtinohk mâna kâ-wîkihk kânata môya mâna mistahi kâ-ayâhk wâwêyis ôma kâ-mâmiskociwîpahk mâna ôma.nîso ôhi mitoni pakamiskâkowak mitho-mâcihôwinihk, mithowâthawinihk, atoskîwinihk, îkwa nîhithawîwinihk-isi ôtî kîwîtinohk, wâwêyis ithiniwak.

kîyâm âta âtiht ôki omasinahikîwak kî-wîkowak mîna kî-âtoskîwak misiwî-kîwîtiohk kânata, môtha ohci kîcinâc kîwîtinohk.môtha mîna nîyinân ithiniwak.athîwâk ôma kâ-âti-nanistohtamâhk ôma kâ-isi-athiman

ôma ohci ithiniwak ohci kîwîtinohk, nawac mâci-nistohtînân ôma ka-pîyak astîk mâsinahikan kotak mîna *atâmipêhk: tânisi kâ-itakîhtêk ôma kâ-mâmîskociwîpahk ohci kânata*. poko mîna ka-sohkastêk ôma ôki ohci ithiniwak kathâtihk kîwîtinohk kâ-ôcîcik mîna ka-akimihcik ôma kâ-wî-nanitonikêhk îkotî nawâc ithiniwak ka-nohkôtâwak ôma ka-paminisotwâw îkwa ka-miskwîtamâsowak ôhi ohci nîkânihk kâwî-nakiskâkik.

mîscît âsay pîkiskwîhâwak ôki ithiniwak îkwa kîwîtinohk ohci âsay ôtî nîso-askiya ôhi osâm môtha î-nôhtî-patahamihk kîkiway mîna kahkiyaw ka-pîtâkosit asithiniw ôma masinahikan, pîkiskwîwina îkwa tânisi î-isi-nitawihtamihk.kîpsin ôma ka-wîthamihk, nanistohtamowin, îkwa askiy pimohtîwin, ôki kâkî-mîkositwâw ôma askiy îkota ka-wîcihitâwak athiwâk nanistohtamowin ôma kâ-wîkihk kîwîtinohk îkwa kîkway î-manîsihk kîspin ôma athiwâk kâwî-mâmîkociwîpahk.

nikiskithinân ôma môtha mistahi ôma kâ-kiskîthitamâhk, mâka, mistahi âcimowina îtakona ôtê nîkân. nitâpowakîthinân ôma ôki kahkiyaw onîkânîwak poko ka-wîtapimâtwâw nîhithaw-onîkânîwak ka-nistohtâkik kîkwaya ôhi kâ-manîsitwâw îkwa mîna poko ka-mâmawi-atoskâtahkik ôhi ka-mitho-pathik kîkway.

Avant-propos

Le rapport ***Plein Nord : faire face aux coûts des changements climatiques pour les infrastructures du Nord*** cherche à décrire les défis qui se présentent aux habitants du Nord du Canada : des infrastructures inadéquates sous la menace croissante des changements climatiques. Ce double péril guette la santé, la sécurité, les moyens de subsistance et les cultures des populations du Nord, et particulièrement des Autochtones.

Bien que certains des auteurs aient vécu et travaillé dans le Nord du Canada, aucun de nous ne porte l'appellation d'habitant du Nord ou d'Autochtone. Plus nous avancions dans la compréhension des défis uniques que doivent relever les habitants du Nord en matière d'infrastructures, plus nous réalisions que le sujet méritait de faire l'objet d'un rapport distinct, en plus de *Submergés : les coûts des changements climatiques pour l'infrastructure au Canada*. Pour nous, il était important que les Autochtones, en tant que détenteurs de droits dans le Nord, soient inclus dans cette étude d'une façon qui favorise à la fois leur autodétermination et la recherche de solutions durables aux problèmes d'infrastructures.

Nous avons communiqué activement avec de nombreux détenteurs de droits autochtones et intervenants du Nord ces deux dernières années, en vue de développer leurs perspectives de manière authentique dans les constats, les conclusions et les recommandations de notre rapport. En nous faisant part de leurs expériences, de leurs connaissances et de leur expertise, ces détenteurs de droits et autres intervenants nous ont aidés à mieux comprendre le déficit actuel d'infrastructures dans le Nord et les répercussions climatiques qui s'y ajoutent.

Nous reconnaissons cependant que malgré nos efforts pour être à l'écoute, nous n'avons pu qu'effleurer la surface de ce dossier, et que de nombreux autres récits méritent d'être entendus. Nous croyons essentiel que tous les ordres de gouvernement communiquent directement avec les communautés autochtones pour comprendre les problèmes d'infrastructures qu'elles doivent relever et trouver les solutions nécessaires en concertation avec elles.

Pond Inlet, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

REMERCIEMENTS

Auteurs

Dylan G. Clark, associé de recherche principal, Institut climatique du Canada

Dena Coffman, associée de recherche, Institut climatique du Canada

Ryan Ness, directeur, Adaptation, Institut climatique du Canada

Isabelle Bujold, assistante de recherche, Institut climatique du Canada

Dale Beugin, vice-président, Recherche, Institut climatique du Canada

Groupe d'experts pour le rapport du comité Adaptation

Ashlee Cunsolo, doyenne fondatrice, École des études arctiques et subarctiques, campus du Labrador, Université Memorial

Brian Horton, directeur, Centre de recherche sur les changements climatiques, Université du Yukon

Ian Mauro, directeur général, Prairie Climate Centre

Deborah McGregor, Chaire de recherche du Canada en justice environnementale autochtone, Université York

Enooyaq Sudlovenick, candidate au doctorat, Université du Manitoba

Réviseurs externes

Colleen Healey, directrice, SIJJA Consulting, Iqaluit (Nunavut)

Antoni Lewkowicz, professeur émérite, Département de géographie, environnement et géomatique, Université d'Ottawa

Steve Roddick, analyste principal, Resilient North Consulting; ancien conseiller municipal, Whitehorse

Équipes de consultants en recherche

Knut Kitching, The Firelight Group

Jordan Tam, The Firelight Group

Catherine Baxendale, The Firelight Group

Rachel Olsen, The Firelight Group

Brent Boehlert, Industrial Economics, Inc.

James Neumann, Industrial Economics, Inc.

Jason Price, Industrial Economics, Inc.

Charles Fant, Industrial Economics, Inc.

Paul Chinowsky, Resilient Analytics et Université du Colorado à Boulder

Jacob Helman, Resilient Analytics

Cette publication n'aurait pas été possible sans le temps et l'expertise des personnes ayant participé aux entrevues menées par The Firelight Group.

Aide à la production

Conception et mise en page : Laurie Barnett, Graphic Designer

Information design by Voilà: chezVoila.com

Traduction : Edgar

Page couverture : Alex Wittholz

Photos : Bird's Eye Inc.

Avis de non-responsabilité : Ce rapport est le résultat d'un processus collaboratif rassemblant des membres du personnel et des experts de l'Institut climatique du Canada, des réviseurs externes, et des détenteurs de droits et des intervenants engagés. Il ne reflète pas forcément les opinions des personnes et des organisations qui y ont contribué. L'Institut climatique assume la responsabilité de toute erreur potentielle.

Creative Commons : Publié par l'Institut climatique du Canada sous une licence Creative Commons. Le matériel peut être reproduit en tout ou en partie à des fins non commerciales, avec un lien vers l'original. L'autorisation des détenteurs des droits d'auteur est nécessaire pour reproduire les photos.

Mention de source : Clark, Dylan G., Dena Coffman, Ryan Ness, Isabelle Bujold et Dale Beugin (2022). *Plein Nord : faire face aux coûts des changements climatiques pour les infrastructures du Nord*, Institut climatique du Canada, Ottawa (Ontario).

Ce projet a été réalisé avec le soutien financier de :

Environment and Climate Change Canada | Environnement et Changement climatique Canada

Arviat, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

SOMMAIRE

Le Nord du Canada fait face à une double menace : des infrastructures inadéquates soumises à un climat qui se réchauffe rapidement. *Plein Nord*, la première grande évaluation des coûts des changements climatiques pour les infrastructures dans tout le Nord canadien, conclut que tous les ordres de gouvernement devraient dès maintenant établir des politiques et réaliser des investissements pour se préparer aux répercussions des changements climatiques sur les infrastructures nordiques.

Malgré le rôle essentiel des infrastructures dans le Nord, la région fait déjà face à des lacunes majeures dans ce secteur. Les infrastructures inadéquates sont une menace pour la santé, le bien-être et les moyens de subsistance des habitants de toute la région, particulièrement pour les Autochtones. La précarité de logement se fait plus sentir dans le Nord que nulle part ailleurs au Canada. La majorité des communautés nordiques dépendent de génératrices au diesel pour s'alimenter en électricité et n'ont pas accès à un service fiable d'Internet haute vitesse. Il est souvent nécessaire de s'envoler vers le Sud du pays pour recevoir des soins médicaux avancés, et le prix de la nourriture et d'autres biens peut y être de deux à cinq fois plus élevé que dans les régions méridionales en raison d'infrastructures de transport déficientes.

Et comme si ce n'était pas assez, le climat du Nord du Canada se réchauffe trois fois plus vite que la moyenne mondiale. La fonte du pergélisol, la multiplication des phénomènes météorologiques extrêmes et l'imprévisibilité des conditions de neige et de gel accentuent les problèmes d'infrastructure existants, avec des conséquences dévastatrices pour les résidents.

Pendant les deux dernières années, l'Institut climatique du Canada a recueilli des données auprès de détenteurs de droits, de gouvernements et d'autres interlocuteurs locaux pour évaluer le coût des répercussions associées aux changements climatiques pour les infrastructures nordiques. Plein Nord dresse une liste des constats qui en découlent, notamment :

- les toutes premières projections sur la fonte du pergélisol pour l'ensemble de la région et l'estimation des coûts des dommages aux infrastructures locales;
- des projections sur la viabilité des routes hivernales;
- des témoignages directs sur les répercussions sociales et culturelles des défaillances et des bris d'infrastructures liés au climat;

- une estimation des coûts et des avantages associés à des mesures d'adaptation progressives et transformationnelles des infrastructures pour prévenir ou retarder les répercussions des changements climatiques.

Les dommages aux infrastructures qui découlent de la fonte du pergélisol augmentent rapidement dans tout le Nord canadien (Yukon, Territoires du Nord-Ouest, Nunavut, Nunavik et Nunatsiavut, ainsi que les régions nordiques de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, de la Saskatchewan, du Manitoba et de l'Ontario). Les pistes d'atterrissage, les routes et les fondations de bâtiment subiront les ravages de la fonte du pergélisol, les routes hivernales deviendront moins sûres et moins résistantes en raison d'hivers tempérés et la hausse du niveau de la mer et les inondations menaceront la survie de certaines communautés.

Notre analyse montre que des investissements rapides dans l'adaptation des infrastructures peuvent réduire les coûts et prévenir l'interruption des services essentiels. Toutefois, l'adaptation progressive des infrastructures à elle seule ne saurait suffire; les répercussions des changements climatiques ne font qu'exacerber des décennies, sinon des siècles, de mauvaise planification, de sous-investissements et de négligence. Le développement des infrastructures pour l'avenir du Nord demande aussi une adaptation transformationnelle. Dans bien des cas, il faudra consulter les habitants locaux pour repenser adéquatement la façon dont les services d'infrastructures sont fournis et pour soutenir l'éducation et les réseaux de transmission des connaissances entre les communautés.

Nous recommandons quatre types de mesures non seulement pour réduire les coûts des changements climatiques et leurs répercussions sur les infrastructures nordiques, mais aussi pour jeter les bases du développement d'infrastructures plus fonctionnelles, adéquates et résilientes.

- **FINANCEMENT** : Le gouvernement fédéral devrait allouer de nouvelles ressources financières au soutien des infrastructures du Nord et restructurer les programmes de financement des infrastructures existants pour augmenter leur accessibilité et leur utilité pour les gouvernements locaux.
- **INFORMATION** : Le gouvernement fédéral devrait soutenir les gouvernements provinciaux, territoriaux et autochtones dans l'élaboration et l'actualisation d'une information exacte et pratique sur les risques climatiques pour les infrastructures propres à la région nordique. Ces données devraient mettre de l'avant de l'information utile aux décideurs et aux communautés autochtones du Nord.
- **INNOVATION** : Tous les ordres de gouvernement devraient miser sur le remplacement des infrastructures et leur transformation (progression dite « par bonds ») plutôt que sur la réparation et la protection lorsque ces approches se révèlent plus efficaces, plus efficientes et plus durables pour pérenniser les services.
- **RÉGLEMENTATION** : Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux devraient actualiser les politiques, les règlements, les normes et les codes en matière d'infrastructure de sorte qu'ils tiennent explicitement compte des répercussions complexes et importantes liées aux changements climatiques dans le Nord et qu'ils garantissent la résilience des nouvelles infrastructures.

La colonisation et le racisme étant parmi les premières causes de la vulnérabilité des infrastructures face aux changements climatiques, ces quatre recommandations se fondent sur le principe directeur de l'autodétermination : toutes les politiques en matière de développement et d'adaptation des infrastructures devraient être mises en œuvre dans le respect des principes décrits dans le rapport final de la Commission de vérité et réconciliation du Canada. Par des partenariats et des collaborations équitables avec les peuples autochtones, les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux ont l'occasion de fondamentalement repenser la manière dont les infrastructures sont bâties dans le Nord afin de mieux répondre aux besoins de ces communautés.

Sommaire

L'invasion de l'Ukraine par la Russie en février 2022 a braqué les projecteurs sur les questions de sécurité nordique et de défense nationale. Les investissements et les politiques de défense qui découleront de ces considérations ont le potentiel de régler certains problèmes existants et de bâtir la résilience du Nord. Toutefois, à moins que le Canada n'apprenne de ses erreurs passées, ces politiques pourraient aussi exacerber les inégalités infrastructurelles entre le Nord et le Sud, ravir le pouvoir aux peuples autochtones et augmenter la vulnérabilité du Nord aux changements climatiques. Notre analyse souligne le caractère central des infrastructures et de l'adaptation aux changements climatiques dans toutes les évaluations des menaces qui pèsent sur les régions nordiques.

Depuis trop longtemps, beaucoup d'habitants du Nord sont privés d'infrastructures de haute qualité fiables et fonctionnelles. Le climat changeant plus rapidement dans le Nord du Canada que nulle part ailleurs en Amérique du Nord, cette situation ne fera que s'aggraver. Tous les ordres de gouvernement doivent agir pour transformer les infrastructures nordiques inadéquates et vulnérables et les rendre adéquates et résilientes, afin d'aider les habitants du Nord à s'assurer un avenir sûr, sain et prospère.

La baie de Groswater, Nunatsiavut. Photo : Bird's Eye Inc.

L'adaptation transformationnelle

est essentielle pour remédier au déficit d'infrastructures du Nord et à l'aggravation des répercussions climatiques.

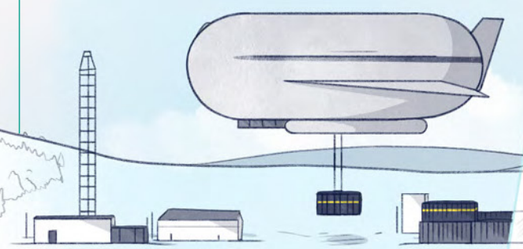
Les habitants du Nord sont privés des infrastructures sûres et fiables que le reste du Canada tient pour acquises. Le réchauffement climatique crée à la fois le besoin et l'occasion de repenser entièrement la construction d'infrastructures dans le Nord, pour le Nord.

EFFET DOMINO : Le manque d'infrastructures de transport fiables peut se répercuter sur la disponibilité et le coût des aliments achetés et sur l'accès à la nourriture traditionnelle (viande, poisson et baies).

« Jusqu'à il y a quelques années, nous avions une seule chambre à glace, celle de la côte, qui n'est malheureusement plus utilisable. Elle continuait à accumuler de l'eau même après l'avoir enfermée dans une boîte et bien isolée. »

TRANSPORT SÛR ET FIABLE

Les systèmes de transport doivent être repensés pour acheminer les fournitures là où les habitants en ont besoin, même dans un environnement constamment bouleversé par les changements climatiques.



Avec le réchauffement, plus de la moitié des **ROUTES D'HIVER** pourraient devenir inutilisables dans les 30 prochaines années. La fonte du pergélisol cause la fissuration et l'effondrement des routes permanentes.

« La glace s'amincit de plus en plus. Ces deux dernières années, on a à peine pu apporter le carburant, car la glace n'était pas assez épaisse. »

COLLECTIVITÉS PROSPÈRES

Ces collectivités ont un système de transport et d'entreposage des aliments fiable et un accès à la nourriture traditionnelle.

La fonte du pergélisol et les phénomènes météorologiques extrêmes déforment et fissurent les **PISTES D'ATTERRISSAGE**, et l'érosion du pergélisol menace leur capacité à supporter le poids des avions.

« La piste d'atterrissage est ici... Et toute cette zone, c'est un marécage. Donc, la zone est surveillée parce qu'elle s'enfonce sous l'effet de la fonte du pergélisol depuis bon nombre d'années. »

AÉROPORTS FIABLES

Pour mieux assurer les services de santé et la livraison de fournitures, les aéroports doivent être adaptés à un environnement changeant.

La fonte du pergélisol cause des dommages aux **RÉSIDENCES ET AUX BÂTIMENTS** et endommage les tuyaux et les conduites de gaz.

« Ma maison s'est déplacée. Les cloisons sèches se sont fissurées. Une fenêtre s'est fissurée à deux reprises. Nous l'avons donc remplacée deux fois à cause du déplacement de la maison. »

MAISONS ET BÂTIMENTS HABITABLES

Les logements doivent faire l'objet de mesures d'adaptation comme des thermosiphons ou des fondations à structure spatiale, et refléter les valeurs culturelles et les besoins des résidents.

Avec les politiques et le financement appropriés, l'adaptation transformationnelle a le potentiel de remédier d'un coup au déficit d'infrastructures existant et à l'intensification des changements climatiques.

CANADIAN CLIMATE INSTITUTE | L'INSTITUT CLIMATIQUE DU CANADA

Toutes les citations sont tirées du rapport 2022 de Firelight | Design et illustrations par Voilà: chezVoila.com

Notre recherche sur les coûts associés aux changements climatiques comprend les rapports suivants :

2020

LA POINTE DE L'ICEBERG
AUTOMNE 2020

Si nous considérons les coûts des changements climatiques comme un iceberg à l'horizon, ce rapport d'introduction fait un zoom sur la pointe de l'iceberg – les dangers connus et mesurables – ainsi que sur les contours de ce qui se trouve sous l'eau.

LES COÛTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES POUR LA SANTÉ
PRINTEMPS 2021

Un examen plus approfondi des coûts liés à la santé et des possibilités d'adaptation, fondé sur notre analyse des coûts engendrés par les problèmes de santé liés à la chaleur, à la maladie de Lyme et aux changements de la qualité de l'air. Le rapport comprend une discussion sur les impacts sur la santé mentale et d'autres coûts plus difficilement quantifiables.

SUBMERGÉS
AUTOMNE 2021

Une analyse ciblée sur les coûts des infrastructures et les possibilités d'adaptation, construite autour de notre modélisation des impacts induits par le climat sur les inondations, les infrastructures de transport et les systèmes électriques. Nous approfondissons également la manière dont les changements climatiques affectent les infrastructures du Nord, notamment en explorant les impacts sur les individus et les communautés que les études économiques négligent souvent ou laissent de côté.

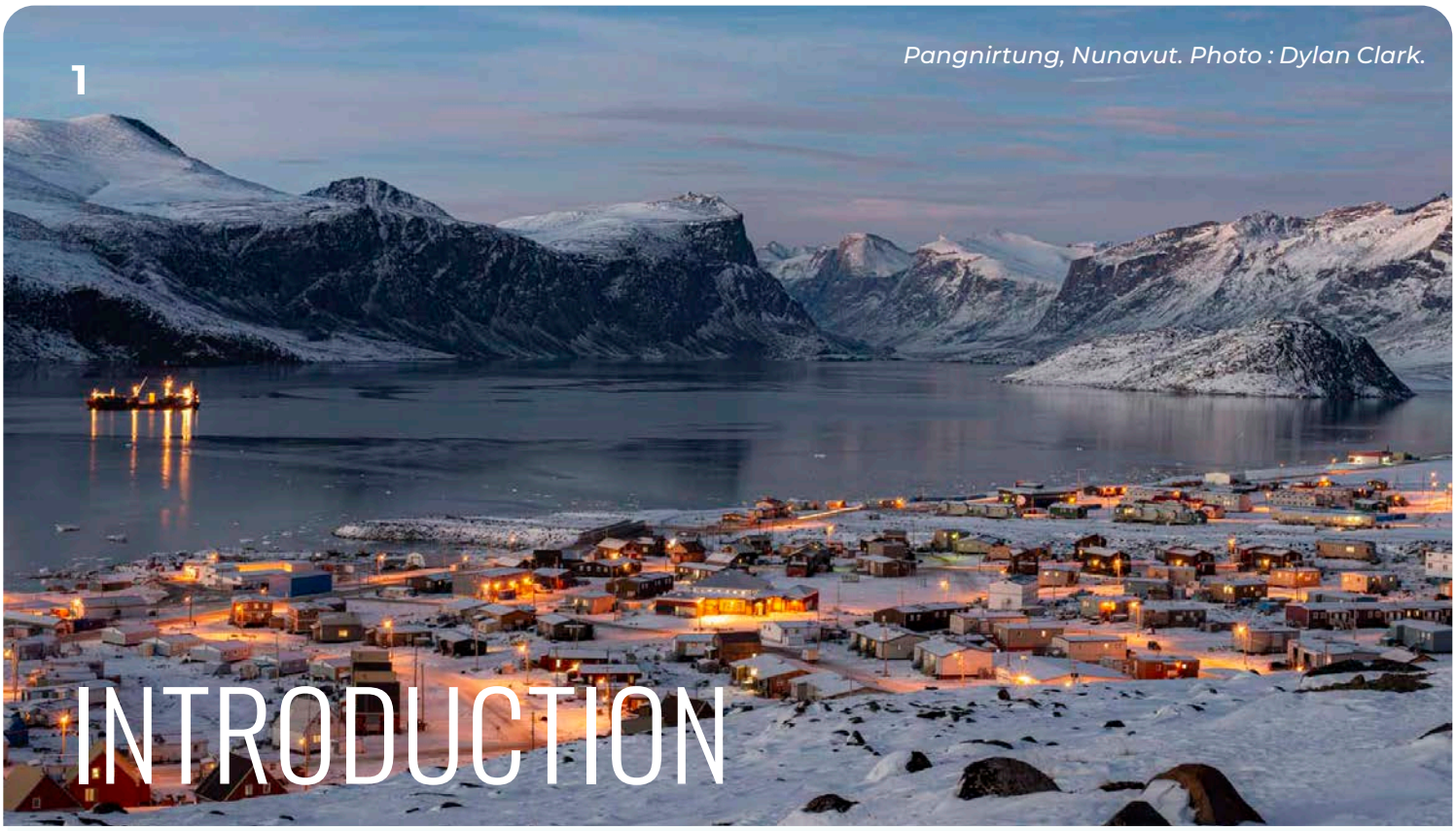
PLEIN NORD
PRINTEMPS 2022

Une analyse du mauvais état des infrastructures du Nord, de la façon dont elles mettent les collectivités en danger et de la nécessité de faire progresser les politiques et les investissements pour mieux servir les habitants du Nord et préparer les infrastructures de la région aux effets des changements climatiques.

MACROÉCONOMIQUE
AUTOMNE 2022

À l'aide d'une modélisation macroéconomique nationale des impacts potentiels des changements climatiques sur les secteurs et les actifs vulnérables, ce rapport décrit les implications des changements climatiques sur la productivité et le bien-être économique.

2023



Pangnirtung, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

1

INTRODUCTION

Outre leur rôle central dans le quotidien des habitants du Nord, dont des Inuits, des membres des Premières Nations et des Métis, les infrastructures du Nord du Canada peuvent jouer un rôle vital. Mais malgré leur importance capitale, elles présentent de sérieuses lacunes dans la région. Et maintenant que les changements climatiques accélèrent, le Nord du Canada se réchauffe trois fois plus vite que la moyenne mondiale, une menace sérieuse pour les infrastructures et la population qui en dépend.

Il est crucial que les administrations nordiques, autochtones et fédérale préparent et réparent les infrastructures du Nord pour les protéger des répercussions croissantes des changements climatiques. Trois obstacles majeurs nuisent à la résilience des infrastructures dans le Nord du Canada :

1. **En raison du déficit d'infrastructures dans le Nord, celles-ci échouent régulièrement à répondre aux besoins les plus simples des habitants du Nord.** Ces derniers n'ont pas accès à des infrastructures de même qualité que les autres Canadiens. Par exemple, la précarité de logement est plus élevée dans le Nord que partout ailleurs au pays, la plupart des habitants du Nord n'ont pas accès à des services fiables de santé et de transport, et beaucoup de collectivités n'ont pas l'Internet haute vitesse.

2. **Malgré la force et la résilience culturelles des nombreux peuples autochtones du Nord, l'historique de préjudices racistes et coloniaux continue de nuire à la préparation et à l'adaptation aux changements climatiques** (Ford et coll., 2015; Ready et Collings, 2020). Par le passé, les gouvernements ont établi des politiques sociales et économiques visant à restreindre et à détruire le savoir et les cultures autochtones (Commission de vérité et réconciliation du Canada, 2015). Encore aujourd'hui, d'importantes décisions sur les infrastructures sont prises à Ottawa, sans consultation réelle des peuples autochtones du Nord.

3. **Les changements climatiques sont plus rapides et dangereux dans le Nord qu'ailleurs au Canada.** Ces 50 dernières années, la température moyenne de la Terre a augmenté de 0,8 °C. Au Canada, elle a augmenté de 1,7 °C, et dans le Nord, de 2,3 °C, soit presque trois fois plus que l'ensemble de la planète

(Bush et Lemmen, 2019). Enfin, le Nord est exposé à des dangers climatiques uniques, comme la fonte du pergélisol et l'évolution des conditions des glaces de mer, qui peuvent avoir des conséquences dévastatrices pour les collectivités et les moyens de subsistance du Nord.

Ce rapport s'inscrit dans la série *Coûts des changements climatiques* de l'Institut climatique du Canada, laquelle vise à quantifier et à mesurer certains des plus gros coûts associés aux changements climatiques au Canada, notamment en infrastructures. Compte tenu des enjeux urgents et uniques du Nord, il s'attarde plus précisément aux répercussions et aux coûts pour les infrastructures de cette région. Il donne suite au rapport *Submergés* de 2021, qui évalue plus globalement les menaces pour les infrastructures du Canada. Le présent rapport porte sur les répercussions des changements climatiques propres au Nord sur les infrastructures, comme les effets de la fonte du pergélisol sur les routes, les aéroports, les résidences et les autres bâtiments.

Selon notre analyse, les infrastructures – et donc les habitants – du Nord sont fortement exposées et vulnérables aux dangers climatiques. Les répercussions sont toutefois variables : certaines zones essuient déjà des bris d'infrastructures et des coûts liés à la fonte du pergélisol; d'autres, plus au nord où le climat est plus froid, ont peut-être encore du temps pour se préparer, mais pourraient aussi vivre les pires changements à long terme.

Pour certains types d'infrastructures, comme les bâtiments et les pistes d'atterrissage, la modernisation et la remise à neuf permettraient de retarder ou de réduire les coûts et les dommages, assurant la continuité des services essentiels aux habitants du Nord. Cependant, même si l'on réduit considérablement les émissions mondiales et qu'on adapte les infrastructures pour les protéger, certains systèmes nordiques existants ne pourront pas raisonnablement survivre à long terme et devront être repensés.

Par conséquent, les mesures d'adaptation du Nord devront comprendre des nouvelles technologies ou approches plus durables et écologiques pour remplacer les infrastructures difficiles à conserver. Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux devront collaborer plus étroitement avec les habitants et les gouvernements autochtones du Nord pour concevoir des infrastructures résilientes au climat favorisant un bien-être, une prospérité et une autodétermination durables.

Par ailleurs, l'invasion russe de l'Ukraine en février 2022 a attiré beaucoup d'attention sur la sécurité et la défense nationale au Canada, avivant l'urgence de traiter les questions soulevées dans cette analyse. Les politiques et les investissements en défense ont le potentiel de diminuer le déficit d'infrastructures et d'accroître la résilience à l'évolution rapide du climat, mais peuvent aussi exacerber les inégalités entre le Nord et le reste du pays, la perte d'autonomie des peuples autochtones et la vulnérabilité aux changements climatiques. Notre analyse souligne les pièges et les occasions en jeu.

La suite du rapport est structurée comme suit :

- **LA SECTION 2** situe le contexte de l'étude. Elle dresse l'état des lieux des infrastructures du Nord, des conséquences anticipées des changements climatiques, du rôle de l'adaptation et des origines coloniales des infrastructures.
- **LA SECTION 3** explique nos méthodes : les dommages et les coûts des changements climatiques, ainsi que les avantages de l'adaptation, ont été estimés à l'aide d'une modélisation du climat et des infrastructures. Nous avons aussi mené des entrevues descriptives avec des habitants du Nord, qui brossent un portrait plus complet des conséquences des dommages infrastructurels et des mesures d'adaptation qui sont ou devraient être prises (Firelight, 2022).
- **LES SECTIONS 4 À 7** présentent les constats de notre analyse pour chaque grande catégorie

d'infrastructures (routes, aéroports, résidences et autres bâtiments) et mettent en avant les opinions des peuples autochtones et des décideurs du Nord.

- **LA SECTION 8** résume nos conclusions sur les conséquences continues des changements climatiques dans le Nord, décrit les adaptations possibles pour réduire les répercussions climatiques, et recommande des politiques et des mesures pour rendre les infrastructures nordiques plus résilientes à ces conséquences continues.

Arviat, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

2

CONTEXTE

Pour les besoins de ce rapport, le *Nord* comprend le Yukon, les Territoires du Nord-Ouest, le Nunavut, le Nunavik (Québec) et le Nunatsiavut (Terre-Neuve-et-Labrador), de même que les régions nordiques de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, de la Saskatchewan, du Manitoba et de l'Ontario (figure 1). Cette définition est conforme à celle utilisée dans le Cadre stratégique pour l'Arctique et le Nord du Canada (RCAANC, 2019). Lorsqu'il y a lieu, nous utilisons aussi le terme *Inuit Nunangat* pour parler des quatre régions inuites du Canada : le Nunavut, le Nunavik, le Nunatsiavut et la région désignée des Inuvialuit. Toutefois, nous reconnaissons que le Nord peut se définir de plusieurs façons, que ses cultures et écosystèmes sont diversifiés et que les nations et l'histoire autochtones transcendent les frontières coloniales (tableau 1).

Figure 1

Le Nord

Dans le présent rapport, le Nord du Canada comprend toutes les régions au nord du 55e parallèle. L'Inuit Nunangat (partie hachurée sur la carte) compte pour presque 50 % de cette zone.

Tableau 1

Population du Nord

Catégorie ou territoire	Yukon	TNO	Nunavut	Nunavik	Nunatsiavut	Nord des provinces à l'ouest du Québec
Population en 2016	35 874	41 786	35 944	13 188	3 189	404 743
Nombre total de localités	16	31	25	14	5	54
Nombre de localités accessibles par avion	1	14	25	14	5	8

L'importance des infrastructures dans le Nord

Comme ailleurs au Canada, les infrastructures assurent de nombreux services essentiels dans le Nord : logement (essentiel à la sécurité), routes et sentiers, et approvisionnement en eau et en électricité. Lorsque les infrastructures sont endommagées, détruites ou délabrées, les collectivités sont privées de services vitaux, le commerce et l'activité économique sont interrompus, et la santé de la population est compromise.

Mais les conséquences des défaillances sont souvent beaucoup plus grandes dans le Nord du Canada (Huot et coll., 2019). Il est rare que les usines de traitement de l'eau et les centrales électriques y aient des mécanismes d'urgence (Bureau du vérificateur général du Canada, 2017; ITK, 2020; Sohns et coll., 2019). Les bris d'infrastructures peuvent donc rapidement engendrer des situations potentiellement mortelles (Funston, 2014). Par exemple, de nombreuses collectivités dépendent des routes d'hiver et toutes saisons pour accéder aux soins médicaux, à de la nourriture et au carburant. Si le Sud du Canada dispose de réseaux routiers complexes, dans le Nord, il n'y a souvent qu'une voie d'accès dans chaque localité accessible par la route. Dès lors, la fermeture d'une route en cas de force majeure (glissement de terrain, incendie, inondation, dégravoiement) peut vite engendrer des pénuries dans les épiceries, une rupture de l'accès aux soins médicaux d'urgence et la diminution des stocks de carburant.

Les infrastructures du Nord sont profondément interconnectées; le bris de l'une d'entre elles peut entraîner une réaction en chaîne. Par exemple, pour qu'un aéroport demeure fonctionnel et sécuritaire, il a besoin d'avions et de pistes d'atterrissage, mais aussi d'alimentation électrique pour l'éclairage et d'une route pour les personnes, les fournitures et le carburant, souvent livré dans les localités. Une panne de courant ou la fermeture d'une route peuvent donc constituer des obstacles majeurs au fonctionnement d'un aéroport. On peut donner l'exemple de Pangnirtung, au Nunavut, où un incendie a détruit en 2015 la seule centrale électrique, mais où la piste d'atterrissage locale était trop courte pour que les avions puissent apporter des génératrices (CBC, 2015).

Dans le Nord, 68 localités ne sont accessibles à l'année que par voie aérienne, et de nombreuses autres dépendent fortement du transport aérien pour les soins médicaux d'urgence, la nourriture et les fournitures essentielles. La plupart des aéroports nordiques n'ont qu'une piste en gravier et n'ont pas l'équipement

nécessaire pour gérer les atterrissages en cas de vents traversiers ou de visibilité réduite (Debortoli et coll., 2019). Même les techniciens chargés de réparer des infrastructures essentielles ont parfois des difficultés à se rendre sur les lieux d'un bris (Clark et Kanduth, 2022).

Comme la plupart des collectivités n'ont ni médecin ni grand centre médical, les résidents dépendent de l'avion pour la majorité des urgences médicales (Young et coll., 2016). Si l'aéroport d'une localité est hors service en raison d'une tempête, d'une panne ou d'une piste endommagée, les résidents perdent alors souvent l'accès aux soins avancés en réanimation. En raison d'un équipement de surveillance météorologique inadéquat dans les aéroports, 29 % des transports médicaux d'urgence ont été retardés ou annulés ces dernières années (Bureau du vérificateur général du Canada, 2017). Les aéroports jouent un rôle crucial dans l'organisation de cliniques (transport des médecins) et dans le transport de matériel médical comme des produits sanguins. Certains habitants du Nord ont accès à des services de télésanté dans leur collectivité, mais l'Internet est lent, dispendieux et instable.

Les résidences et les autres bâtiments sont particulièrement importants pour les collectivités du Nord. Puisque les logements sûrs et abordables sont une denrée rare dans la région, il arrive qu'une même résidence abrite plusieurs générations. En outre, une proportion considérable des habitants du Nord occupe des logements hors marché (voir l'encadré A).

Les bâtiments non résidentiels des collectivités nordiques remplissent généralement plusieurs rôles vitaux. Par exemple, en plus de leur fonction principale, les établissements scolaires servent fréquemment de centres communautaires ou de refuges d'urgence, car ce sont souvent les plus gros bâtiments de l'agglomération. Les bâtiments sont aussi essentiels à la prestation de soins de santé dans de multiples collectivités. Les quelques hôpitaux au nord du 55e parallèle nord se trouvent dans des centres de santé régionaux comme Whitehorse, Yellowknife et Iqaluit. Malgré leur énorme zone de desserte, ces centres n'ont pas ou peu de redondance en cas de bris ou de restriction d'accès. S'ils venaient à devenir inhabitables ou inutilisables à cause de la fonte du pergélisol, d'une inondation ou d'une autre catastrophe, d'innombrables habitants du Nord se trouveraient à plusieurs heures de transport aérien du médecin ou de l'hôpital le plus près.

Whale Cove, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

Arviat, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

ENCADRÉ A

Les rôles et les responsabilités uniques des gouvernements dans la gestion des infrastructures nordiques

Les trois ordres de gouvernement contribuent au développement et à l'entretien des infrastructures dans le Nord autrement que dans le Sud du Canada. Ces différences dans la gouvernance et le financement des infrastructures doivent être prises en compte dans l'analyse des coûts futurs et des politiques d'adaptation. Voici les principales responsabilités de chaque gouvernement par rapport aux aéroports, aux routes et aux bâtiments.

LE GOUVERNEMENT DU CANADA

finance une plus grande partie des infrastructures septentrionales que méridionales. Bien qu'il ne possède que deux aéroports dans le Nord du Canada (Churchill et Kuujjuaq), son financement est crucial au fonctionnement et à la sécurité de tous les aéroports de la région (voir l'encadré D sur le financement des aéroports). Les fonds fédéraux – distribués par la Société canadienne d'hypothèques et de logement – sont aussi critiques pour l'offre de logements sociaux dans le Nord. Au Canada, seuls 13 % des locataires habitent de tels logements, mais au Nunavut, cette proportion grimpe à 84 %. Aux Territoires du Nord-Ouest, elle s'élève à 41 % et au Yukon, à 25 % (Statistique Canada, 2017). Dans certains cas (dans les régions nordiques des provinces), Services aux Autochtones Canada fournit des logements aux Premières Nations en vertu de la *Loi sur les Indiens*. Enfin, comme dans le Sud du pays, le gouvernement fédéral subventionne une bonne partie des grandes routes du Nord.

LES GOUVERNEMENTS PROVINCIAUX financent et entretiennent des aéroports, des logements et des routes dans la partie nord de leur territoire. Ils possèdent et exploitent environ 30 aéroports du Nord, en majorité en Saskatchewan, au Manitoba et à Terre-Neuve-et-Labrador. La construction de logements sociaux est généralement traitée de la même façon au nord et au sud. Cependant, la législation et les accords de revendications territoriales au Nunavik (Québec) et au Nunatsiavut (Terre-Neuve-et-Labrador) placent davantage de responsabilités sur les provinces relativement à l'offre de logements. Les routes sont aussi gérées de façon semblable au nord et au sud, quoique les municipalités du Nord soient habituellement moins impliquées dans la construction et l'entretien des routes.

LES GOUVERNEMENTS TERRITORIAUX détiennent et exploitent la plupart des aéroports du Yukon, des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut, et possèdent et entretiennent la majorité des routes. La construction et l'entretien des logements sociaux dans les territoires sont principalement assurés par les sociétés de logement territoriales.

LES GOUVERNEMENTS AUTOCHTONES ET RÉGIONAUX sont parfois d'importants promoteurs du développement et de l'entretien des grandes infrastructures. Par exemple, comme le prévoit la Convention de la Baie James et du Nord québécois, le gouvernement régional de Kitivik (Nunavik) est responsable de l'exploitation et de la gestion des aéroports et des routes de la région. Au Yukon, certaines Premières Nations autonomes gèrent des programmes de logements sociaux, comme le Kwanlin Dün First Nation Market Housing Program.

LES GOUVERNEMENTS MUNICIPAUX ET DE HAMEAUX du Nord du Canada s'impliquent généralement moins dans le développement et la gestion des infrastructures que les grandes municipalités méridionales. Ils jouent néanmoins un rôle vital dans l'entretien des routes et des aéroports : plusieurs aéroports dans le nord des provinces sont détenus et gérés par les municipalités ou les administrations aéroportuaires locales. En outre, les municipalités ont une influence majeure dans les décisions d'aménagement du territoire qui jouent sur l'accessibilité et le coût des logements.

Pond Inlet, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

Le déficit d'infrastructures du Nord

Pendant des générations, le Nord s'est vu imposer des plans d'infrastructures aux objectifs étroits et au financement limité. Le grand déficit d'infrastructures en résultant se répercute négativement sur la vie, les moyens de subsistance, la santé et le bien-être des habitants du Nord. Et maintenant que la région se réchauffe trois fois plus vite que la moyenne du monde, ses infrastructures déjà inadéquates seront confrontées à des risques uniques et potentiellement dévastateurs si le déficit n'est pas comblé de façon à tenir compte de la rapidité et de l'importance de ces changements climatiques.

Les collectivités du Nord n'ont pas accès aux mêmes infrastructures de qualité et services essentiels que le reste du Canada (CNDEA, 2016), un déficit qui se répercute sur chacun des principaux types d'infrastructures :

- **LOGEMENT** : Partout dans le Nord, les coûts gonflés de la construction et du transport, la courte saison de la construction, la forte croissance de population et le taux de pauvreté extrême ont exacerbé la pénurie de logements. Au Nunavut, plus de la moitié des ménages sont surpeuplés – moins d'une chambre à coucher par occupant –, malgré une moyenne nationale inférieure à 10 % (Statistique Canada, 2017). Les logements surpeuplés et inadéquats peuvent représenter une grande menace pour la santé des résidents. Par exemple, au Canada, la tuberculose est 300 fois plus prévalente chez les Inuits que chez les non-Autochtones (Vachon et coll., 2018; Patterson et coll., 2018). L'inadéquation des logements nuit aussi à d'autres aspects du bien-être, dont la sécurité personnelle et la santé mentale (Kilabuk, 2019; ITK, 2019).
- **EAU POTABLE** : Dans l'Inuit Nunangat, 80 % des collectivités n'ont pas l'eau courante et dépendent de camions-citernes (ITK, 2020). Or, ce mode d'approvisionnement est vulnérable aux conditions météorologiques et aux retards, et il arrive que l'eau soit contaminée pendant le transport. Par exemple, il est arrivé qu'à Igloolik les camions n'aient pas réussi à filtrer certains parasites de l'eau potable, et qu'un avis d'ébullition ait dû être émis (CBC News, 2015). À Clyde River, lorsque l'usine de traitement de l'eau est tombée hors service, les deux camions-citernes du hameau n'ont pas su combler la demande, causant une pénurie qui a forcé la fermeture de l'école et du centre de santé (Lochead, 2021).
- **TÉLÉCOMMUNICATIONS** : En 2019, aucun ménage du Yukon, des Territoires du Nord-Ouest, ni du Nunavut n'avait accès à une connexion Internet respectant la cible de vitesse universelle du gouvernement fédéral. Par contraste, plus de 90 % des ménages de la Colombie-Britannique et du Québec avaient accès à une connexion conforme (CRTC, 2020). Le fossé numérique se fait particulièrement sentir au Nunavut, où l'Internet le plus rapide (15 Mb/s) est huit fois plus lent que la moyenne nationale (ITK, 2021).
- **ÉNERGIE** : Au Nunavut, au Nunavik et au Nunatsiavut, aucune collectivité n'est reliée à un réseau électrique régional; aux Territoires du Nord-Ouest, seule une collectivité sur quatre est ainsi connectée (NTI, 2020; Karanasios et Parker, 2017). La plupart des collectivités hors réseau dépendent de génératrices au diesel, qui sont coûteuses et bruyantes et émettent beaucoup de gaz à effet de serre. Le propriétaire moyen du nord de l'Ontario reçoit une facture d'électricité deux fois plus élevée que celle du ménage canadien moyen (Lovekin et Heerema, 2019). La dépendance au diesel laisse les collectivités dépourvues – et les ménages sans chauffage ni électricité – en cas d'aléas météorologiques ou de retard de livraison.

- **TRANSPORT MARITIME** : Le transport maritime est essentiel à la livraison de marchandises, d'aliments non périssables et de carburant dans de nombreuses collectivités nordiques. Cependant, le Nord ne compte encore aucun port en eau profonde, le premier étant actuellement en construction à Iqaluit (Transports Canada, 2022b). Le manque d'infrastructures portuaires limite l'accès des collectivités et des entreprises du Nord à la nourriture, aux marchandises et aux transports abordables.
- **AÉROPORTS** : Les voyages aériens sont le seul mode de transport fiable à l'année pour environ la moitié des collectivités du Nord (gouvernement du Canada, 2021). Pourtant, de nombreux aéroports n'ont pas d'éclairage suffisamment adapté aux conditions de visibilité réduite pour permettre des atterrissages sécuritaires lorsqu'il fait noir ou mauvais (Bureau du vérificateur général du Canada, 2017). En moyenne, les pistes d'atterrissage du Nunavut ont une longueur inférieure à la moitié de celles des aéroports commerciaux méridionaux, et la plupart sont sans revêtement, de sorte que seuls les petits avions peuvent y atterrir sans danger (NTI, 2020). Toutefois, ces petits avions ne peuvent pas aller aussi loin ni supporter autant de poids que les plus grands, ce qui limite l'approvisionnement en fournitures essentielles.

Le déficit d'infrastructures se creuse, car de vieilles infrastructures sont mises hors service et la population du Nord connaît une croissance rapide qui accentue la demande. De 2006 à 2016, la population inuite de l'Inuit Nunangat a augmenté de 29 %; c'est presque trois fois la moyenne canadienne (ITK, 2018).

L'infériorité considérable des infrastructures n'est pas intrinsèque à la vie dans le Nord. D'autres pays circumpolaires arrivent à bâtir des infrastructures de plus grande qualité et à offrir des services plus fiables malgré des réalités similaires (froid extrême, courte saison de la construction, faible population répartie sur un grand territoire). En voici des exemples majeurs :

- **TÉLÉCOMMUNICATIONS** : Les collectivités d'autres pays nordiques ont accès à des services plus rapides et plus fiables, comme des réseaux de fibres optiques. Le débit Internet moyen en Alaska, bien qu'inférieur à celui de tous les autres États américains, est supérieur au débit maximal disponible au Nunavut (NTI, 2020). En 2009, le gouvernement danois a relié 93 % de la population du Groenland à un accès Internet haute vitesse en installant des câbles à fibres optiques sur le plancher océanique (ITK, 2021).
- **ÉNERGIE** : D'autres États circumpolaires travaillent à remplacer le diesel par des sources d'énergie plus fiables, propres et abordables dans les collectivités nordiques. Par exemple, l'Alaska a investi plus de 250 millions de dollars américains ces 10 dernières années pour bâtir des miniréseaux d'énergie renouvelable (Lovekin et coll., 2016). Au Groenland, 60 % à 70 % de l'énergie consommée provient de cinq centrales hydroélectriques (Mortensen et coll., 2017).
- **TRANSPORT MARITIME :** Sans ports en eau profonde, il est plus difficile de décharger du carburant et des fournitures dans chaque collectivité. Dans d'autres pays circumpolaires (Russie, Groenland, Finlande, Norvège), les collectivités nordiques sont desservies par de tels ports (Lasserre, 2022).

Les fondations coloniales des infrastructures du Nord

Il faut comprendre que les infrastructures du Nord du Canada sont le produit de l'histoire, de la géographie, des contextes culturels et des luttes pour la souveraineté et l'autodétermination dans la région. Elles ont longtemps servi à favoriser l'expansion coloniale et l'extraction de ressources plutôt qu'à répondre aux besoins des peuples autochtones qui habitent le Nord depuis des temps immémoriaux (Cruikshank, 1985; Castillo et coll., 2020). De bien des façons, le développement infrastructurel de la région est une histoire d'expansion coloniale et de racisme (LaDuke et Cowen, 2020; Baijius et Patrick, 2019). Les routes, les aéroports et les ports du Nord ont largement été construits par les colons et les gouvernements méridionaux pour stimuler l'économie et assurer la sécurité nationale, et les peuples autochtones ont été déménagés de force dans des agglomérations aux infrastructures de qualité inférieure ne répondant pas à leurs besoins physiques et culturels (figure 2).

Cet historique de préjudices racistes et coloniaux est responsable du manque d'infrastructures satisfaisantes et appropriées dans le Nord du Canada. Encore aujourd'hui, la rareté des établissements médicaux adéquats oblige les habitants – particulièrement les Autochtones – à quitter leur collectivité pour une période prolongée pour tout événement requérant des soins avancés, y compris un accouchement (Commission de vérité et réconciliation du Canada, 2015b). Le manque d'établissements dans les localités contraint les résidents à se déplacer vers le sud pour recevoir des soins.

Aujourd'hui encore, les gouvernements et les communautés autochtones ont très peu de contrôle sur les décisions concernant les infrastructures du Nord; ce sont souvent les gouvernements fédéral, territoriaux et provinciaux qui prennent ces décisions. Ce manque de contrôle et d'autonomie fait en sorte que les nouvelles infrastructures ne répondent pas toujours aux besoins réels du Nord, un défaut fatal qu'il faudra corriger si l'on espère les protéger de la menace des changements climatiques.

Pangnirtung, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

Figure 2

Événements importants dans le développement colonial des infrastructures du Nord du Canada

Dès l'arrivée des Européens au XVIIe siècle, la colonisation et le développement économique dans ce qu'on appelle aujourd'hui le Nord du Canada ont ignoré, exploité ou activement persécuté les Autochtones et leurs cultures. Des règlements des revendications territoriales commencent à rendre le pouvoir décisionnel aux communautés autochtones, mais les siècles d'autonomie étouffée, de colonialisme et de racisme se font encore sentir, notamment dans l'inadéquation des infrastructures et l'iniquité des processus décisionnels.

1600 à 1850 (environ)

Les explorateurs européens arrivent dans le Nord, suivis de chasseurs de baleines, de missionnaires et de commerçants de fourrures. Leur venue a des répercussions profondes sur les peuples autochtones, mais on ne note aucune présence ou attention coordonnée des pouvoirs impériaux.

1869

La Compagnie de la Baie d'Hudson vend la Terre de Rupert à la Couronne britannique, qui la cède ensuite au Canada. La transaction comprend aussi certaines parties du sud du Nunavut, et du nord de l'Ontario, du Québec, du Manitoba et de la Saskatchewan.

1896

La découverte d'or au Yukon déclenche la ruée vers l'or du Klondike, qui se solde par la création du territoire du Yukon en 1898. Les colons blancs affluent, et des infrastructures comme des routes et des chemins de fer sont rapidement construites pour les accueillir. La ruée prend fin vers 1905, puis le développement stagne pendant des décennies, laissant les communautés autochtones sans infrastructures essentielles (Morse, 2003).

Années 1860 à 1900

Les chasseurs de baleines commerciaux érigent des postes de traite ouverts à l'année dans l'est de l'Arctique (certains devenant des hameaux et des villes qui existent encore aujourd'hui), décimant les populations de mammifères marins et provoquant l'insécurité alimentaire et la famine chez les Inuits.

Début des années 1900 aux années 1990

Les pensionnats autochtones sont utilisés pour assimiler de force les enfants autochtones. Ce système tarde à arriver dans le Nord; les pensionnats sont en effet répandus dans le sud du pays dès 1900, mais n'apparaissent pas dans l'est de l'Arctique avant les années 1950 (Commission de vérité et réconciliation du Canada, 2015a).

Années 1940

Avant la Seconde Guerre mondiale, il n'existe pas de grandes routes au Yukon. Le territoire compte 5 000 habitants, dont environ 50 % d'Autochtones. En 1942, des soldats arrivent pour construire la route de l'Alaska en soutien aux efforts de guerre. En 1944, plus de 34 000 hommes travaillent sur cette route au Yukon, en Alberta et dans le nord de la Colombie-Britannique. En quelques mois, la population de la capitale du Yukon, Whitehorse, passe de moins de 1 000 à 20 000 personnes (Cruikshank, 1985). De nombreux Autochtones trouvent du travail pendant cette vague de prospérité, mais la plupart des emplois ne durent pas.

Le nombre d'élèves dans les externats augmente à mesure que de nouvelles écoles sont construites le long de la route. De 1942 à 1949, le nombre d'écoles au Yukon est multiplié par quatre, et le nombre d'élèves autochtones, par huit (Cruikshank, 1985). Une fois les enfants autochtones intégrés au système scolaire du territoire, les parents qui souhaitent avoir leur enfant avec eux pendant l'année scolaire doivent déménager dans des localités dotées d'une école.

1953

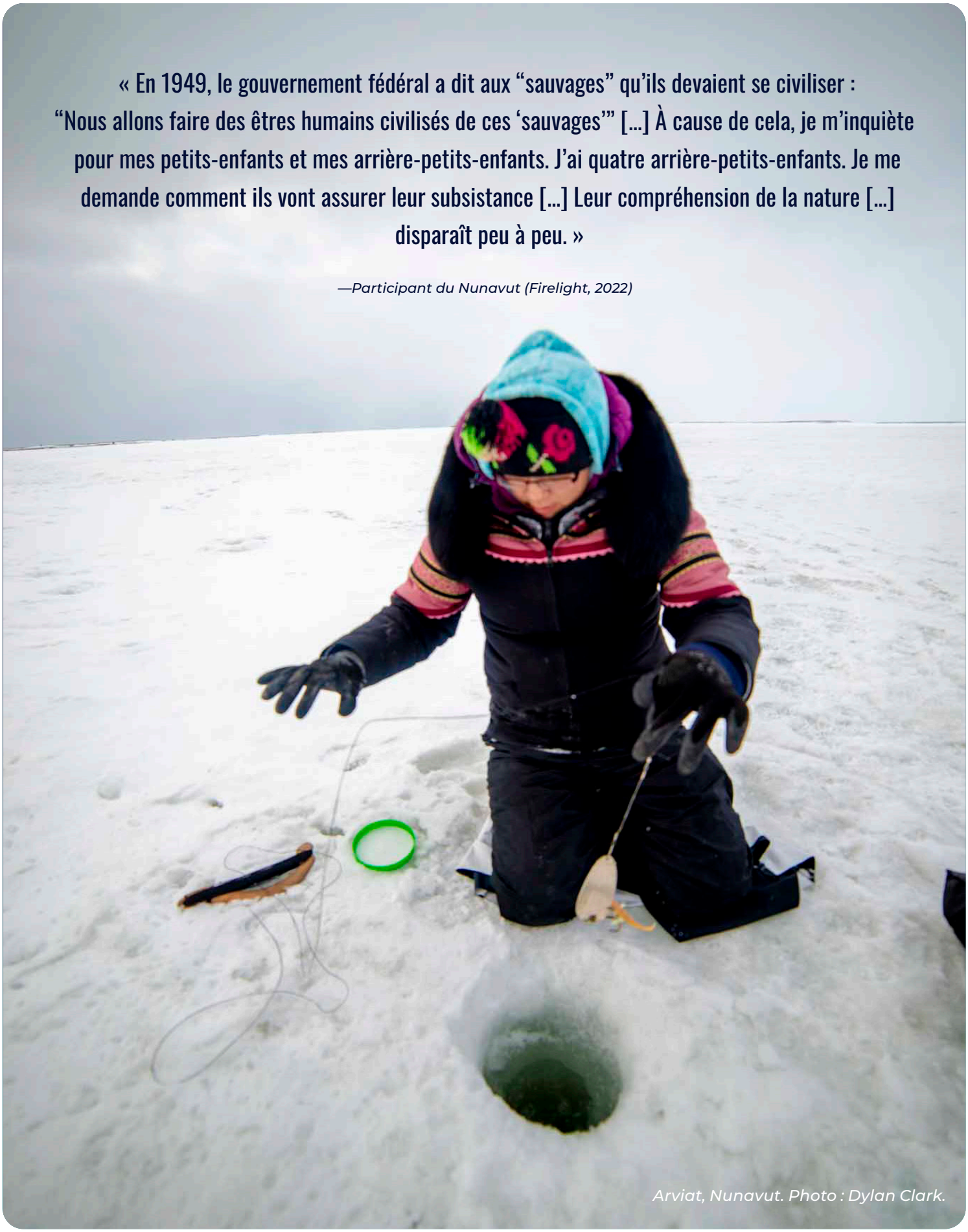
Les Inuits d'Inukjuak, dans le nord du Québec, sont déménagés de force sur les îles d'Ellesmere et Cornwallis. Le gouvernement canadien espère ainsi asseoir sa souveraineté et établir une présence dans le Nord pendant la Guerre froide. Les familles déplacées ne disposent pas d'infrastructures adéquates, un problème qui persiste 70 ans plus tard (Qikiqtani Inuit Association, 2014).

1975 à 1993

Une série d'accords de revendications territoriales sont signés, dont la Convention de la Baie James et du Nord québécois (1975), l'Accord-cadre définitif du Yukon (1992) et l'Accord sur les revendications territoriales du Nunavut (1993). Ces ententes marquent une percée majeure pour l'autodétermination et le droit à la terre des Autochtones. Certaines prévoient une compensation financière en échange de terres ou de ressources, ou établissent des structures de co-gouvernance; d'autres donnent aux gouvernements autochtones la propriété des infrastructures ou l'influence décisionnelle sur leur développement et leur entretien.

« En 1949, le gouvernement fédéral a dit aux “sauvages” qu’ils devaient se civiliser : “Nous allons faire des êtres humains civilisés de ces ‘sauvages’” […] À cause de cela, je m’inquiète pour mes petits-enfants et mes arrière-petits-enfants. J’ai quatre arrière-petits-enfants. Je me demande comment ils vont assurer leur subsistance […] Leur compréhension de la nature […] disparaît peu à peu. »

—Participant du Nunavut (Firelight, 2022)



Arviat, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

Les changements climatiques dans le Nord

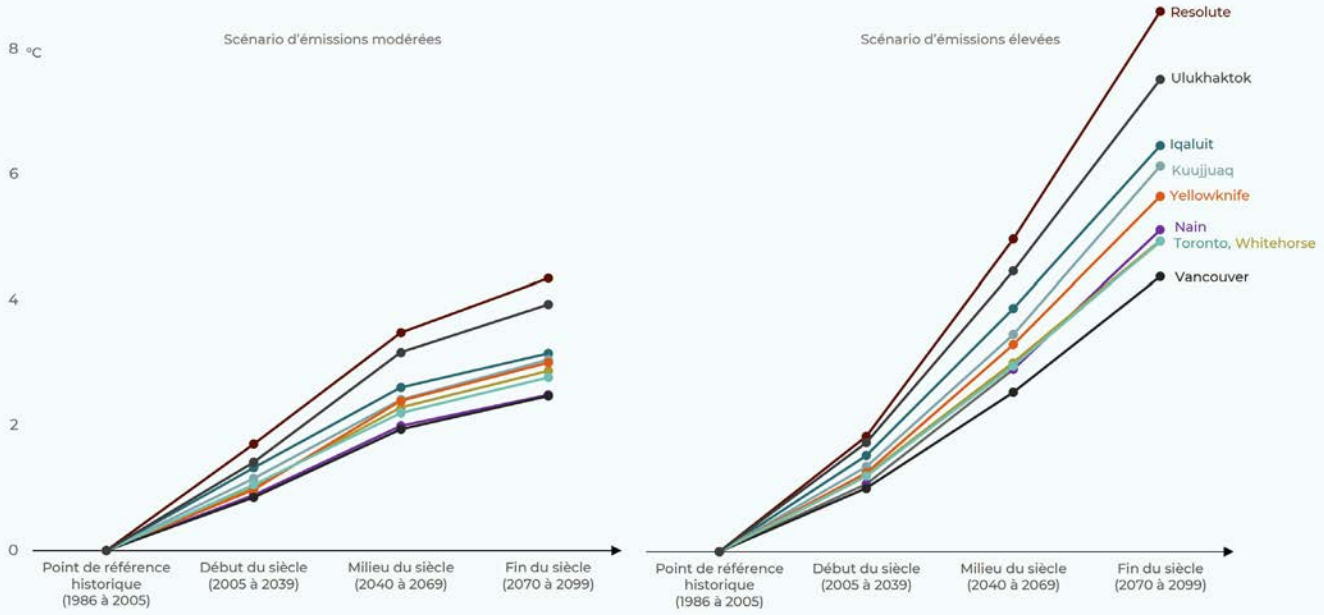
Les changements climatiques ont des répercussions plus rapides et graves dans le Nord qu'ailleurs au Canada (Bush et Lemmen, 2019). Selon une modélisation utilisant les années 1986 à 2005 comme période de référence, le Canada méridional, qui se réchauffe bien plus vite que la moyenne mondiale, pourrait voir sa température augmenter de 2,2 à 3,1 °C d'ici le milieu du siècle, et de 2,8 à 5,4 °C d'ici la fin du siècle. Les projections pour le Nord du Canada sont encore pires : 2,7 à 3,9 °C d'ici le milieu du siècle, et 3,5 à 6,7 °C d'ici la fin (figure 3). Si la tendance d'émissions actuelle se maintient jusqu'en 2100, de nombreuses collectivités du Nord risquent de voir la température annuelle augmenter de 7 °C par rapport aux moyennes récentes.

Ce réchauffement cause aussi des bouleversements majeurs des phénomènes météorologiques et de l'en-

Figure 3

Le Nord du Canada se réchauffe plus vite

Hausse projetée de la température annuelle moyenne dans les villes du Sud et du Nord du Canada



Source : Les données proviennent du Centre canadien des services climatiques et prennent appui sur un ensemble de 27 modélisations climatiques mondiales utilisées dans la phase 5 du Projet d'intercomparaison de modèles couplés (CMIP5). Les lignes sur la figure représentent la hausse projetée de la température annuelle moyenne par rapport à la période de référence (1986 à 2005).

« … nous sommes le 14 octobre, et normalement, on aurait de la neige. Mais il fait soleil et 8 °C. Nous n'avons pas eu de neige du tout, alors que d'ordinaire, le lac est gelé ici. »

—Participant des Territoires du Nord-Ouest (Firelight, 2022)

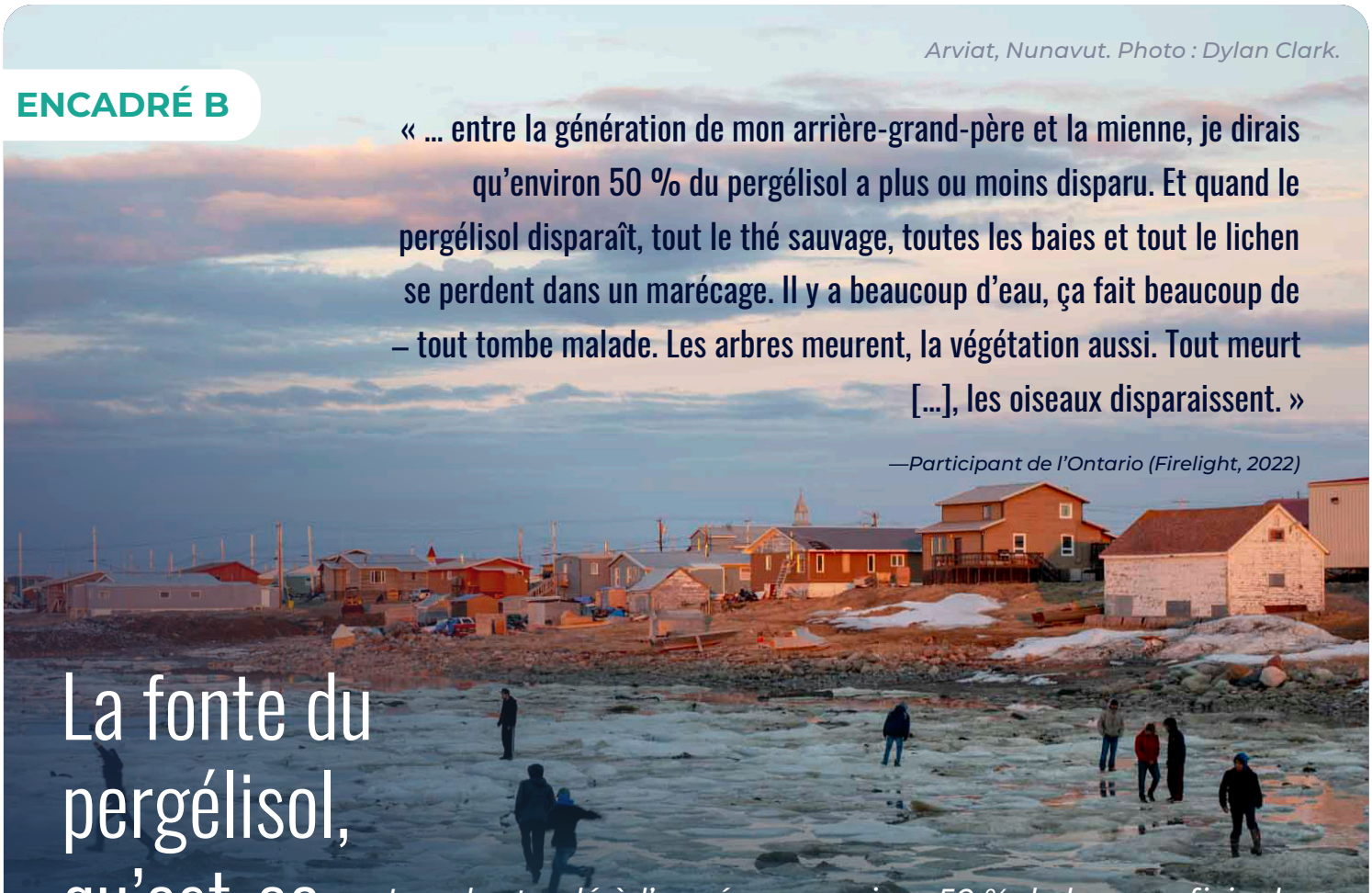
Dawson City, Yukon

Arviat, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

vironnement du Nord, comme la multiplication des précipitations extrêmes de pluie et de neige (Streicker, 2016). Les aînés et les détenteurs de savoir autochtones observent nombre de ces changements depuis des décennies (Ford et coll., 2018; Simonee et coll., 2021); ils ont décrit des perturbations sans précédent des régimes climatiques, dont des changements radicaux ou soudains de la direction du vent, la fonte des glaces de mer et le dérèglement de la faune et de la flore (Huntington et coll., 2017; Gearheard et coll., 2011; Streicker, 2016; Arctic Council, 2016)

De plus, les phénomènes météorologiques extrêmes évoluent rapidement dans le Nord (Underwood et Bertazzon, 2020). Par exemple, si les orages étaient autrefois rares, voire inexistants dans le Grand Nord, ils sont devenus chose courante depuis une dizaine d'années (Holzworth et coll., 2021). Cette hausse des orages et des coups de foudre risque d'engendrer davantage de feux incontrôlés dans l'Arctique (Masrur et coll., 2018; Chen et coll., 2021).

Les changements climatiques ont aussi des répercussions plus lentes sur le paysage du Nord. Le pergélisol disparaît rapidement, engendrant de nouveaux dangers (voir l'encadré B). La hausse du niveau des mers et la fonte des glaces de mer exacerbent l'érosion et l'inondation des agglomérations côtières, et le relèvement isostatique cause une chute du niveau des mers en d'autres endroits, rendant certains ports inutilisables (Underwood et Bertazzon, 2020). Les phénomènes météorologiques et ces répercussions plus lentes causent des dommages aux infrastructures, ce qui rend les déplacements plus dangereux et déprécie une partie du savoir autochtone traditionnel, fortement rattaché à la terre (Hjort et coll., 2018).



Arviat, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

ENCADRÉ B

« … entre la génération de mon arrière-grand-père et la mienne, je dirais qu'environ 50 % du pergélisol a plus ou moins disparu. Et quand le pergélisol disparaît, tout le thé sauvage, toutes les baies et tout le lichen se perdent dans un marécage. Il y a beaucoup d'eau, ça fait beaucoup de – tout tombe malade. Les arbres meurent, la végétation aussi. Tout meurt […], les oiseaux disparaissent. »

—Participant de l'Ontario (Firelight, 2022)

La fonte du pergélisol, qu'est-ce que c'est?

Le sol est gelé à l'année sur environ 50 % de la superficie du Nord du Canada (environ 2,5 millions de kilomètres carrés). Ce sol gelé, appelé pergélisol, s'étend à des centaines de mètres sous la surface par endroits et peut atteindre une température de -15 °C. Cependant, avec le réchauffement et l'augmentation des précipitations de pluie, le pergélisol de l'Arctique fond de plus en plus.

Lorsque le pergélisol fond, la terre, le gravier et le sable autrefois congelés commencent parfois à se déplacer, à s'affaisser ou à glisser (Radosavljevic et coll., 2016; AMAP, 2019). Cela peut causer de graves dommages aux routes, aux bâtiments, aux aéroports et aux autres infrastructures, auxquels le pergélisol sert souvent de fondation naturelle : les planchers et les murs se déplacent et se fissurent, les routes s'effondrent ou deviennent extrêmement cahoteuses, et les pistes d'atterrissage n'arrivent plus à supporter le poids des avions (Melvin et coll., 2016; Vogt, 2021). Outre les répercussions directes sur les infrastructures et les collectivités, la fonte du pergélisol perturbe aussi profondément les écosystèmes et les paysages du Nord, au grand détriment des personnes qui cultivent et arpentent la terre.

Adaptation et préparation aux changements climatiques dans le Nord

Dans les scénarios d'émissions modérées comme élevées, l'accumulation de gaz à effet de serre dans l'atmosphère continuera de perturber le climat du Nord pendant des décennies (figure 3). Il ne suffira donc pas de réduire les émissions pour prévenir les répercussions des changements climatiques sur les infrastructures du Nord; il faudra aussi prendre des mesures d'adaptation pour protéger les services des dangers climatiques, dans le cadre d'une initiative plus large pour accroître la résilience aux conséquences climatiques futures.

Le terme « **adaptation aux changements climatiques** » renvoie aux mesures visant à prévenir ou à réduire les répercussions d'un climat changeant et à tirer parti de ses avantages potentiels (GIEC, 2022; Smit et coll., 2000). L'adaptation aux dangers actuels et futurs est essentielle pour protéger les peuples, les collectivités et les moyens de subsistance du Canada (Ness et coll., 2021).

L'adaptation peut prendre plusieurs formes, de l'***adaptation progressive*** à l'***adaptation transformationnelle*** (Kates et coll., 2012). L'adaptation progressive sert à protéger et à préserver les systèmes d'infrastructures existants, tandis que l'adaptation transformationnelle est plus axée sur la prestation de services et les façons de repenser les infrastructures et les systèmes sociaux pour satisfaire le mieux aux objectifs. Les décisions d'adaptation sont particulièrement importantes dans le Nord, où les changements climatiques sont rapides et les infrastructures déjà déficientes; une mauvaise décision risquerait de gaspiller des ressources et de prolonger les vulnérabilités.

Voici quelques exemples d'adaptation progressive pour les infrastructures du Nord :

Employer des mesures d'adaptation matérielle pour renforcer et protéger les infrastructures et ralentir les bris causés par la fonte du pergélisol.

- Appliquer des méthodes de refroidissement passif pour prévenir ou freiner la fonte du pergélisol.
- Mettre à jour les codes et les normes de construction pour assurer la résilience des nouvelles infrastructures aux risques climatiques futurs.
- Élaborer des processus de surveillance et d'évaluation pour éclairer la décision de réparer ou de remplacer des infrastructures.

Voici des exemples d'adaptation transformationnelle :

- Déplacer des infrastructures en terrain plus stable.
- Repenser la prestation des services.
- Favoriser la sensibilisation et les réseaux communautaires de partage des connaissances pour conscientiser la population aux dangers climatiques.

Carcross, Yukon. Photo : Dylan Clark

3

MÉTHODES

L'étude se divise en quatre parties. Les trois premières reposent sur une modélisation des dommages et des coûts associés aux répercussions : 1) de la fonte du pergélisol sur les aéroports; 2) de la fonte du pergélisol et du réchauffement sur les routes permanentes et d'hiver; et 3) de la fonte du pergélisol sur les bâtiments. La quatrième partie porte sur les connaissances et les récits partagés par les Autochtones du Nord pendant les entrevues. Elle vise à approfondir notre compréhension des conséquences liées aux dommages causés par la fonte du pergélisol et les autres changements climatiques sur les cultures, les moyens de subsistance et le bien-être des Autochtones.

Les changements climatiques augmentent les risques de dommages aux infrastructures et d'interruptions de service partout dans le Nord. Les bris et les coûts associés à certains de ces risques peuvent être estimés, comme les répercussions sur les infrastructures évaluées dans le présent rapport. Toutefois, d'autres peuvent seulement être nommés et décrits, et pas encore modélisés ni projetés (figure 4). Enfin, il est possible que certains risques demeurent complètement inconnus.

Double Mer, Nunatsiavut: Le plan d'eau devant la motoneige est habituellement complètement gelé en avril ; en 2021, la glace a fondu très tôt. Photo : Bird's Eye Inc.

Figure 4

Répercussions connues et inconnues sur les infrastructures au Canada: l'iceberg des coûts climatiques

Un nombre croissant de recherches universitaires commence à faire la lumière sur ces risques, mais il ne sera peut-être jamais possible de comprendre complètement tous les impacts des changements climatiques. Compte tenu de cette incertitude, les choix en matière d'adaptation des infrastructures doivent permettre de renforcer la résilience à un large éventail de futurs potentiels et être flexibles et adaptables aux conditions changeantes. Il est important de noter que, dans de nombreux cas, les risques sont mieux compris par les systèmes de connaissances autochtones ou par les connaissances locales que par la science occidentale. Les informations contenues dans cette figure sont tirées de Streicker 2016 ; Arctic Council 2016 ; Ford et al. 2018 ; Bush et Lemmen 2019. Traduit avec www.DeepL.com/Translator (version gratuite)

RISQUES DANS LE NORD DU CANADA
dont nous pouvons commencer à calculer l'ampleur des répercussions et des coûts

Dommages aux bâtiments, aux routes et aux aéroports du Nord causés par la fonte du pergélisol

Raccourcissement ou disparition de la période praticable des routes d'hiver

Inondations plus fréquentes et graves dans certaines régions

RÉPERCUSSIONS CLIMATIQUES SUSCEPTIBLES DE TOUCHER LE NORD
dont on ne saisit pas toute la portée et l'ampleur

Répercussions sur les modes de vie, les cultures et les connaissances autochtones des perturbations irréversibles des paysages et des écosystèmes

Répercussions de la hausse du niveau des mers et de l'érosion côtière sur les collectivités côtières

Risque accru de glissement de terrain à cause de la fonte du pergélisol

Tornades, vagues de chaleur et coups de foudre plus importants et fréquents

Feux incontrôlés plus fréquents et répandus

Répercussions sur la santé des interruptions de soins, de la dégradation des logements et de l'insécurité alimentaire

RISQUES POUVANT AVOIR DES RÉPERCUSSIONS MAJEURES
à cause d'interactions et de processus complexes et très difficiles à prédire

Hausse de la circulation marine commerciale et militaire dans le Nord du Canada en raison du recul des glaces de mer

Perturbations climatiques des chaînes d'approvisionnement nationales et internationales rendant les aliments et le carburant plus rares et dispendieux

Effet domino en cas de défaillance d'infrastructures interconnectées (p. ex., livraisons de carburant menacées par la praticabilité écourtée des routes d'hiver)

Modélisation des répercussions et des coûts

Pour orienter notre analyse, nous avons parlé à des détenteurs de droits et des intervenants du Nord et épluché la littérature sur l'importance des différentes infrastructures nordiques et sur les menaces potentielles des changements climatiques. Nous avons ensuite défini trois types d'infrastructures clés –aéroports, routes permanentes et d'hiver, et résidences et bâtiments –, en fonction de leur importance pour les habitants du Nord, de la fiabilité des preuves reliant les changements climatiques aux coûts économiques, et des données disponibles. Nous reconnaissons que d'autres infrastructures majeures du Nord sont vulnérables aux changements climatiques, mais compte tenu des données et des outils d'analyse à notre disposition, les aéroports, les routes et les bâtiments nous offrent le meilleur aperçu des défis que représentent les changements climatiques pour les infrastructures nordiques.

Pour modéliser les répercussions des changements climatiques sur les infrastructures, il nous a d'abord fallu nous représenter le futur climat canadien. Les travaux sur les répercussions des changements climatiques se basent généralement sur des projections de l'évolution du climat mondial selon les émissions de gaz à effet de serre. Ces modèles ne permettent pas de représenter précisément le climat qui résultera d'une variation des émissions mondiales, mais prévoient plutôt un éventail de scénarios illustrant la complexité du système climatique mondial et l'incertitude quant aux choix de société déterminants pour les émissions de gaz à effet de serre.

Nous avons utilisé les données de sept modèles climatiques différents pour couvrir un large spectre de climats futurs au Canada. Les résultats à haute résolution de ces sept modèles proviennent de données du Centre canadien des services climatiques dont l'échelle a été réduite par le Pacific Climate Impacts Consortium (PCIC, 2019) [1]. Pour chaque modèle climatique, nous avons étudié deux scénarios d'émissions. Notre scénario d'émissions modérées correspond au scénario 4.5 des trajectoires représentatives de concentration (RCP), décrit dans le cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Il reflète la plupart des politiques internationales de réduction des gaz à effet de serre annoncées en 2020, qui permettraient de limiter le réchauffement à 2,5 °C dans le monde et à 4 °C au Canada d'ici la fin du siècle. Notre scénario d'émissions élevées correspond au scénario 8.5 des RCP du GIEC et projette un avenir où se maintiendrait la croissance mondiale actuelle des gaz à effet de serre, engendrant un réchauffement de 7,4 °C au Canada d'ici 2100.

Puisqu'il n'existe à ce jour aucune modélisation complète de la fonte du pergélisol au pays, nous avons travaillé avec des chercheurs spécialisés dans le domaine pour créer nos propres projections des risques d'aujourd'hui à l'an 2100 avec une résolution de 10 km sur 10 km pour l'ensemble du Nord (O'Neill et coll., 2020; Obu et coll., 2018). Nous avons ensuite calculé une cote de risque pour chaque cellule du quadrillage à partir des projections quotidiennes de l'évolution de la température et des estimations actuelles de la température du sol (Smith et Riseborough, 2002). Ces cotes ont servi à approximer la portée des réparations et des remplacements d'infrastructures nécessaires dans chaque cellule.

Enfin, nous avons utilisé le système de soutien à la planification des infrastructures pour estimer les coûts des réparations et des remplacements d'aéroports, de routes et de bâtiments associés à la fonte du pergélisol et au réchauffement (Melvin et coll., 2016; Ness et coll., 2021; Resilient Analytics, 2021). Le modèle de ce système superpose les données sur les risques liés au pergélisol

[1] Les sept modèles climatiques mondiaux utilisés sont les suivants : CCSM4, GFDL-CM3, GFDL-ESM2M, HadGEM2-AO, HadGEM2-ES, MIROC-ESM-CHEM et MRI-CGCM3. Le Centre canadien des services climatiques et le Pacific Climate Impacts Consortium ont fourni des projections quotidiennes à échelle réduite des températures et des précipitations de 2041 à 2100 avec une résolution d'environ 10 km sur 10 km pour l'ensemble du Canada (PCIC, 2019).

et à la température (dans le cas des routes d'hiver) aux renseignements sur l'emplacement et les caractéristiques des bâtiments, des routes et des aéroports (DMTI LightBox, 2020; Microsoft, 2019). Le tout a servi à analyser les dommages que risque de subir chaque infrastructure en raison des dangers climatiques futurs ainsi qu'à quantifier les coûts des éventuelles réparations 2.

Tous les coûts estimés dans nos résultats représentent l'écart avec les coûts historiques moyens de 1986 à 2005 et sont représentés en dollars canadiens non actualisés de 2019.

Nos estimations reflètent aussi l'écart de coût important entre le Sud et le Nord du Canada pour ce qui est des matériaux de construction et de la main-d'œuvre. Par exemple, la construction de logements dans l'Inuit Nunangat coûte en moyenne 250 $ à 530 $ par pied carré, contre 120 $ à 195 $ dans le reste du pays (ITK, 2019). Pour estimer le coût des réparations et des remplacements d'infrastructures dans le Nord, nous avons préparé un indice des prix permettant de calculer les coûts des travaux et des matériaux selon l'emplacement à partir de données sur le coût de la nourriture dans le Nord (Nutrition Nord Canada, 2020; Statistique Canada, 2016). Le rapport technique d'Industrial Economics, Inc. comprend des renseignements supplémentaires sur les méthodes.

L'analyse des routes d'hiver est légèrement différente de celle des autres infrastructures (aéroports, routes et bâtiments), car elles sont plus touchées par le réchauffement global que par la fonte du pergélisol. Pour modéliser les effets des changements climatiques sur la viabilité future des routes d'hiver, nous avons estimé la période de praticabilité des routes à partir de projections de la température ambiante quotidienne. Puisque la salinité et le mouvement de l'eau, la couverture de neige et le vent apportent une certaine incertitude, nous avons fait l'analyse avec deux seuils différents. Selon le seuil plus permissif, une route était non viable s'il n'y avait pas systématiquement une période de quatre mois dans l'année où la moyenne mobile de température demeurait inférieure à -5 °C. Selon le seuil plus strict, une route était non viable dès que la moyenne mobile d'une période de deux semaines excédait 5 °C (Boehlert et coll., 2021).

En plus de modéliser les répercussions associées à deux scénarios d'émissions mondiales de gaz à effet de serre, nous avons examiné les avantages et les économies potentielles des mesures d'adaptation visant à protéger les infrastructures de la fonte du pergélisol et des autres changements climatiques (voir l'encadré C). Les mesures d'adaptation modélisées varient selon le type d'infrastructure. Leurs applications sont décrites en détail dans l'analyse des résultats. Les mesures choisies ne sont évidemment pas les seules options viables; elles ont été sélectionnées parce qu'elles sont couramment utilisées dans le nord circumpolaire et pouvaient donc être modélisées avec assurance.

[2] Le modèle du système de soutien à la planification des infrastructures provient de l'Université du Colorado et a été utilisé dans des analyses similaires par l'État de l'Alaska et par l'Institut climatique (rapport *Submergés*).

Arctic Bay, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

ENCADRÉ C

Adaptation des infrastructures à la fonte du pergélisol

Plusieurs mesures d'adaptation matérielle peuvent aider à atténuer les répercussions de la fonte du pergélisol et à protéger les infrastructures bâties sur ou dans ce sol, du moins de façon temporaire.

À certains endroits, le refroidissement du sol – appelé *refroidissement passif* – constitue une approche efficace pour prévenir ou ralentir la fonte. Nous avons donc modélisé deux méthodes de refroidissement passif : l'extraction de chaleur des remblais pour les routes et les pistes d'atterrissage et l'installation de thermosiphons pour les bâtiments.

L'**extraction de chaleur des remblais** est utilisée dans le Nord pour empêcher la fonte du pergélisol sous les routes et les pistes d'atterrissage. On trouve notamment des remblais à convection d'air, construits de matériaux hautement poreux comme des roches et des galets. Cette approche tire parti de la circulation naturelle de l'air en hiver pour refroidir le côté des routes et des pistes d'atterrissage (Doré et coll., 2016). Le retrait de la neige s'accumulant sur le côté des routes et des pistes d'atterrissage en hiver aide aussi à prévenir la fonte en permettant à l'air de continuer à circuler.

Les **thermosiphons** sont des appareils de réfrigération qui extraient la chaleur du sol pour la relâcher dans l'air. Des tuyaux scellés sont installés à la verticale ou en forme de L, avec une extrémité dans le sol et l'autre au-dessus de la surface. Lorsque le sol est plus chaud que l'air, le liquide au bas du tube se transforme en gaz et prend de l'altitude, déplaçant la chaleur vers la surface (Conseil canadien des normes, 2020). Dans l'Initiative de normalisation des infrastructures du Nord (ININ), les thermosi-

phons sont l'un des principaux outils utilisés pour adapter les bâtiments des régions pergélisolées.

Lorsqu'il est irréaliste ou trop dispendieux de prévenir la fonte du pergélisol, parce que le réchauffement est trop rapide ou que le nombre d'infrastructures exposées est trop élevé, on peut choisir de stabiliser les structures en changeant le type de fondations. Nous avons donc modélisé un renforcement de la couche de base – une approche moins dispendieuse que les thermosiphons – là où les routes et les pistes d'atterrissage étaient à risque de se déplacer ou de s'affaisser modérément.

Le **renforcement de la couche de base** est une méthode consistant à ajouter plusieurs couches de tissu perméable aux remblais pour renforcer, protéger et drainer les sols et augmenter la résilience des infrastructures aux conséquences structurelles de la dégradation du pergélisol (Doré et coll., 2016).

Ces mesures d'adaptation ont fait leurs preuves : elles sont efficaces pour préserver le pergélisol et stabiliser les infrastructures dans le Nord. Cependant, leur installation et leur utilisation sont souvent extrêmement coûteuses, car il faut pratiquement reconstruire les infrastructures qu'elles visent à protéger. À l'heure actuelle, elles ne sont généralement utilisées que pour les infrastructures existantes qui sont extrêmement vulnérables, ou pour de nouvelles constructions commerciales et publiques de grande taille (bâtiments, routes et pistes d'atterrissage). On ne connaît aucune façon de réduire considérablement le risque de fonte du pergélisol sans remplacer les infrastructures actuelles.

Double Mer, Nunatsiavut. Photo credit: Bird's Eye Inc.

Notre modélisation fournit des estimations pratiques et détaillées des répercussions et des coûts potentiels de la fonte du pergélisol sous les infrastructures, mais nous avons tout de même dû y ajouter quelques hypothèses simplificatrices.

Notamment, puisqu'il y avait des lacunes importantes dans les données sur la taille et les caractéristiques du pergélisol et sur les coûts de la réparation d'infrastructures dans le Nord du Canada, nous avons dû utiliser d'autres données climatiques pour estimer ces éléments dans notre indice des dommages dus à la fonte du pergélisol. En outre, nos calculs des coûts emploient des données d'études précédentes réalisées en Alaska. Ainsi, notre analyse présente des projections utiles des coûts à l'échelle nationale et régionale, mais ne permet pas d'estimer précisément les répercussions et les coûts propres à chaque municipalité ou collectivité touchée.

De plus, nos estimations des coûts ne tiennent compte que des répercussions sur les infrastructures existantes; elles ne prédisent pas l'emplacement des infrastructures qui seront construites dans les prochaines années, malgré le grand nombre de nouvelles constructions nécessaires pour combler le déficit d'infrastructures du Nord. Cette omission est fréquente dans les études qui se penchent sur les répercussions économiques des changements climatiques. Or, le Nord du Canada connaît actuellement une croissance de population plus forte que partout ailleurs au pays, si bien que nos estimations sont presque assurément conservatrices. Par conséquent, les coûts des dommages engendrés par les changements climatiques seront probablement beaucoup plus importants – mais les avantages de l'adaptation aussi.

Des renseignements supplémentaires sur nos méthodes de modélisation sont disponibles dans le rapport technique en annexe (Boehlert et coll., 2021).

Expériences vécues et répercussions sur les collectivités

Une foule de risques climatiques pour les infrastructures sont impossibles à modéliser ou à quantifier en dollars, notamment les répercussions sur le bien-être des personnes et le tissu social des collectivités, la dégradation culturelle, les menaces pour la sécurité alimentaire et la perte d'écosystèmes et de paysages précieux. Afin de mieux refléter ces répercussions, nous avons collaboré avec The Firelight Group, une société autochtone d'experts-conseils ayant travaillé avec de nombreuses collectivités du Nord, pour examiner les façons dont la fonte du pergélisol et les autres répercussions du climat sur les infrastructures perturbent la vie des peuples autochtones. À ces fins, des entrevues ont été réalisées dans six collectivités du Nord en septembre et en octobre 2021 (Firelight, 2022).

Arctic Bay, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

Les résultats des travaux de Firelight nous ont permis de mieux comprendre les éventuelles répercussions sociales, culturelles et économiques des dommages climatiques aux infrastructures que nous avons modélisés. Les constats de Firelight sont présentés tout au long de ce rapport, sous forme de citations tirées des entrevues pour illustrer des perspectives importantes de personnes qui vivent les changements climatiques du Nord. L'analyse de Firelight se trouve dans le rapport complémentaire de l'organisme [disponible ici].

Les constats de Firelight, dans le présent rapport et dans le rapport complémentaire, ne représentent pas les expériences de tous les Autochtones du Nord. Les expériences vécues et les cultures sont nombreuses, et le nombre de participants est limité. Dès lors, les réponses reçues ne peuvent refléter toutes les façons dont les changements climatiques peuvent menacer les infrastructures du Nord et, par le fait même, le bien-être et les modes de vie.

Enfin, bien que ce rapport porte principalement sur les dommages aux infrastructures, il est important de souligner que les changements climatiques se répercutent sur les habitants du Nord d'une multitude d'autres façons. Malgré ces limites, les travaux de Firelight aident à démontrer l'étendue des pertes et des effets indirects de la fonte du pergélisol, au-delà des coûts de réparation et de remplacement des infrastructures.

Nos résultats sont présentés en quatre sections : une pour chacun des trois types d'infrastructures évaluées (aéroports, routes, et résidences et bâtiments), et une dernière pour présenter les témoignages d'habitants du Nord recueillis par Firelight et les commentaires des décideurs, détenteurs de droits et intervenants que nous avons consultés.

« Souvent, je pense aux changements que j'ai vus. [Les changements climatiques] perturbent vraiment tout, et pas seulement l'environnement; ils changent le paysage, ils changent les habitats [...], ils changent tout – les caribous, les oies. Et nous avons une nouvelle espèce d'arbre qui n'était pas là avant [...] Je pense à tous ces paysages transformés : tout est perturbé. »

—Ontario participant (Firelight 2022)

Rigolet, Nunatsiavut. Photo : Bird's Eye Inc.

Pangnirtung, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

4

RÉPERCUSSIONS CLIMATIQUES SUR LES **AÉROPORTS**

Les aéroports sont des infrastructures essentielles pour les communautés de l'ensemble du Nord du Canada; elles en dépendent pour le transport, la livraison d'aliments frais et certains services, notamment les soins médicaux. Pour les 68 communautés nordiques accessibles par avion, les aéroports sont particulièrement importants. La plupart d'entre elles se situent dans l'Arctique de l'Est (tableau 2); dans la région ouest, la plupart des communautés sont plutôt reliées par des routes. Au Nunavut, toutes les communautés sont desservies par avion seulement, alors qu'au Yukon, toutes sauf une sont accessibles par des routes praticables à l'année.

Notre analyse des aéroports traite des répercussions de la fonte du pergélisol et de la hausse des températures sur les pistes d'atterrissage. Au total, nous avons estimé les répercussions et les coûts des changements climatiques associés à 149 pistes d'atterrissage dans toute la région nordique. Nous avons aussi intégré des éléments d'analyse des effets du climat sur d'autres composants des systèmes de transport aérien, notamment les équipements de sécurité et les prévisions météorologiques.

Nous analysons les répercussions sur les pistes d'atterrissage bétonnées et gravelées. La plupart des pistes d'atterrissage nordiques et de celles dont nous traitons ici sont des pistes gravelées (tableau 2). Les quelques pistes d'atterrissage bétonnées du Nord, quoique plus coûteuses à construire que les autres, peuvent accueillir des avions plus imposants, capables de transporter

Tableau 2

Pistes d'atterrissage nordiques analysées

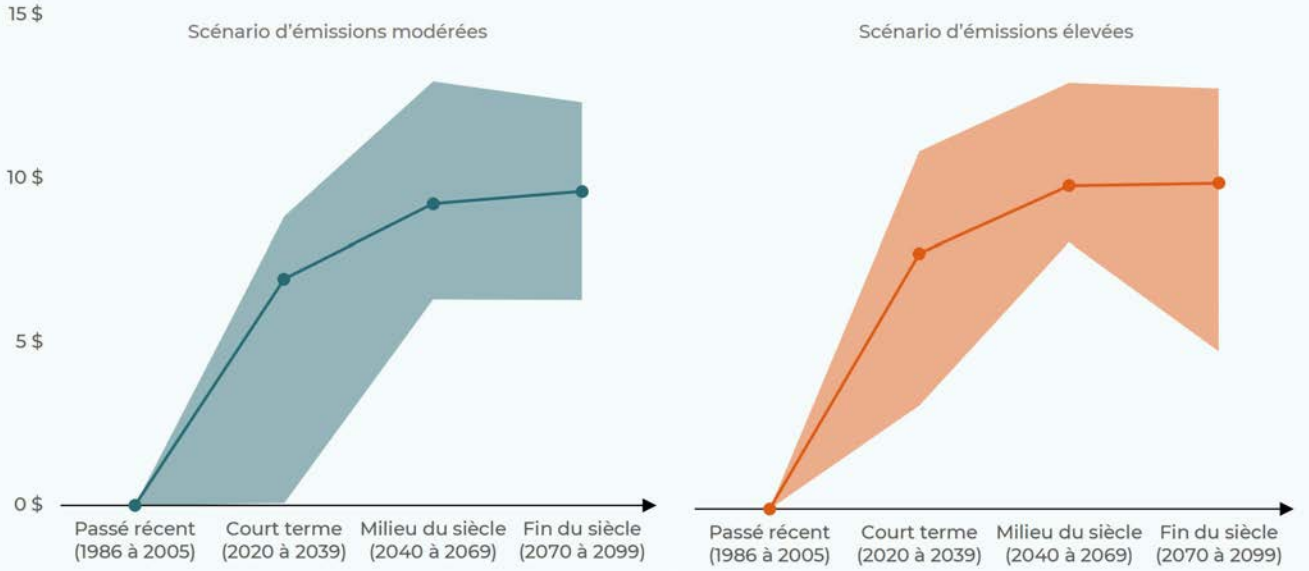
Province ou territoire	Nombre d'aéroports*	
	Pistes gravelées	Pistes bétonnées
Nunavut	23	2
Territoires du Nord-Ouest	22	6
Yukon	14	2
Nunavik	13	1
Nunatsiavut	5	0
Régions nordiques des provinces à l'ouest du Québec	29	32

* Ne représentent que les aéroports analysés dans le cadre de ce rapport, et non l'ensemble des aéroports du Nord. Les bandes d'atterrissage privées ne sont pas incluses dans le compte.

Figure 5

Les coûts des dommages aux pistes d'atterrissage connaissent une hausse fulgurante dans le Nord

Coûts annuels projetés des dommages aux pistes d'atterrissage, en millions de dollars canadiens de 2019



Dans nos figures, les lignes reflètent les valeurs médianes projetées de sept modèles climatiques mondiaux. Les zones colorées derrière chaque ligne montrent l'écart entre les valeurs maximale et minimale des modèles pour chacun des scénarios. Les données en bleu sarcelle se rapportent au scénario d'émissions modérées, et celles en orange, au scénario d'émissions élevées.

davantage de fret et de passagers. On les trouve dans les régions septentrionales de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, de la Saskatchewan, du Manitoba et de l'Ontario, ainsi que dans les capitales et les plaques tournantes aériennes régionales des territoires.

Tous les aéroports subissent les répercussions des changements climatiques sur leurs pistes d'atterrissage. Certains établissements aériens du Nord observent déjà les ravages de la fonte du pergélisol. En voici quelques exemples importants :

- Le gouvernement des Territoires du Nord-Ouest investit 22 millions de dollars pour protéger l'aéroport d'Inuvik des répercussions des changements climatiques et pour réduire le tassement du sol à la suite de la fonte déjà apparente du pergélisol (Infrastructure Canada, 2019).
- L'Aviation royale canadienne ne peut désormais plus faire atterrir régulièrement des avions de grande taille (ex. : C-130) dans certains aéroports du Nunavut en raison de l'effondrement et de la dégradation des pistes d'atterrissage.
- L'aéroport international d'Iqaluit a récemment consacré 300 millions de dollars à l'amélioration de ses installations, notamment en apportant des réparations majeures aux pistes d'atterrissage fissurées et déformées par la fonte du pergélisol (Wallace, 2019).

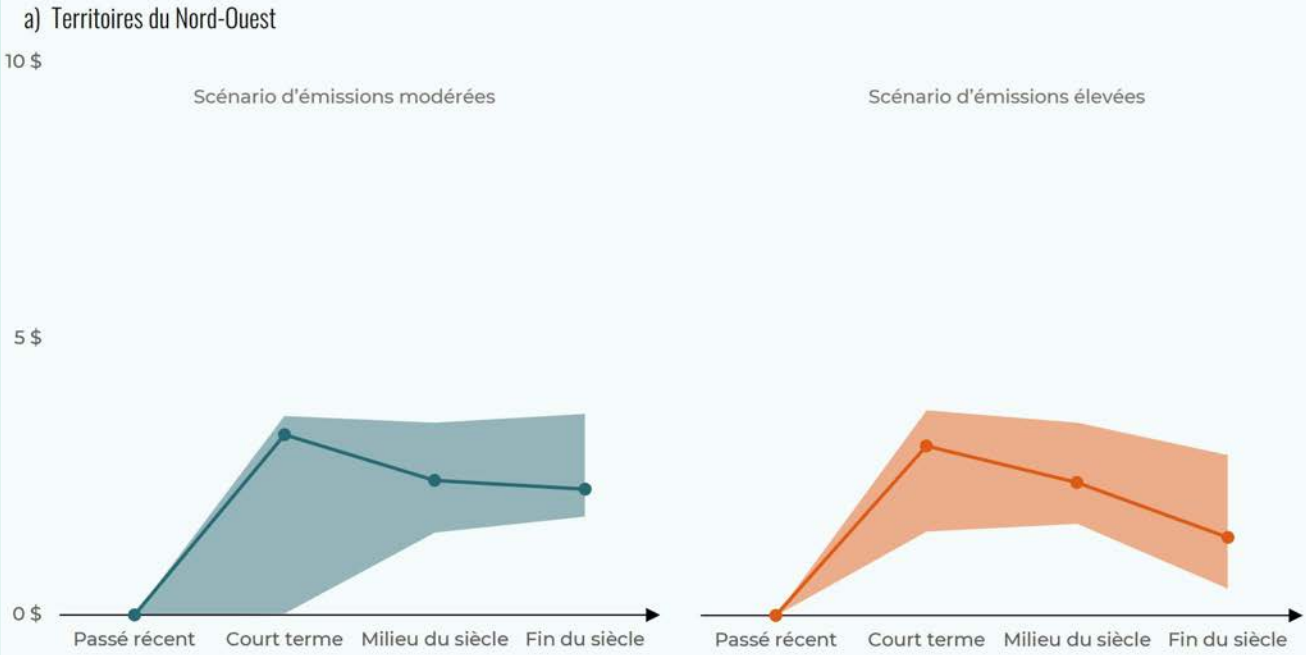
Sans mesures d'adaptation, le coût national des dommages aux pistes d'atterrissage à cause de la fonte du pergélisol est susceptible de continuer d'augmenter pendant encore 20 à 30 ans et de rester élevé jusqu'à la fin du siècle. Seulement en 2040, le coût médian projeté s'élève à 7 millions de dollars par année (figure 5).

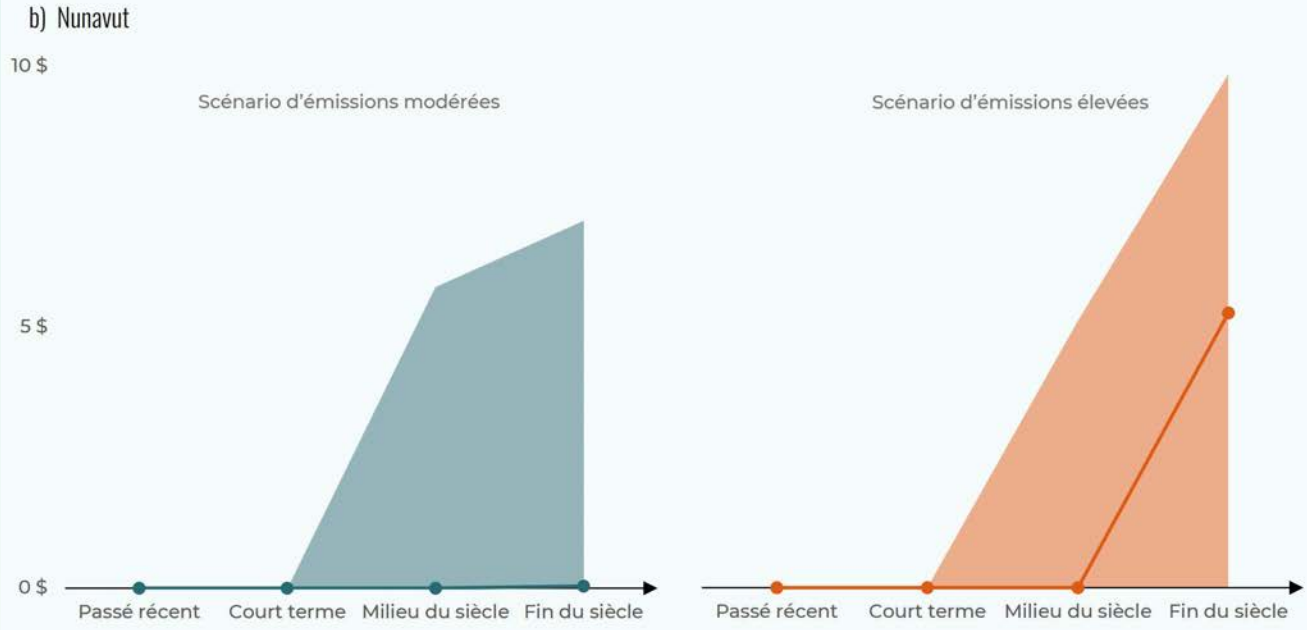
À court terme, c'est aux Territoires du Nord-Ouest que les coûts sont susceptibles d'être les plus élevés (figure 6), car la fonte du pergélisol y est plus rapide et davantage d'aéroports sont construits sur des terres qui fondent en été et qui gèlent en hiver (le Yukon compte moins d'aéroports bâtis sur du pergélisol). À court terme, nous

Figure 6

Les coûts des dommages climatiques aux pistes d'atterrissage sont inégaux dans le Nord

Coûts annuels projetés des dommages aux pistes d'atterrissage, en millions de dollars canadiens de 2019





projetons que sans mesures d'adaptation, le coût des dommages aux pistes d'atterrissage causés par la fonte du pergélisol aux Territoires du Nord-Ouest pourrait grimper de 3 millions de dollars par année par rapport à la fin du 20e siècle – soit environ 35 % des dépenses moyennes actuelles en immobilisations du territoire pour le transport aérien (Statistique Canada, 2019).

Dans un scénario d'émissions élevées, le pergélisol des Territoires du Nord-Ouest fondra rapidement, menant au dégel presque complet de ses couches supérieures avant la fin du siècle. Bien qu'à certains endroits les coûts en cas d'émissions élevées puissent être inférieurs aux coûts entraînés par des émissions modérées en raison d'une perte rapide du pergélisol (voir figure 4), notre analyse ne tient pas compte des coûts importants des dommages aux pistes d'atterrissage découlant d'autres menaces climatiques. Ces menaces, notamment la hausse des températures et des précipitations, seraient plus intenses et plus coûteuses dans un scénario d'émissions élevées. Nous abordons certains de ces risques dans la section suivante.

Les aéroports de l'Extrême Arctique pourraient ne subir de graves dommages que plus tard dans le siècle. Bien que le Nunavut compte plus d'aéroports que toute autre région, il enregistre aussi les températures moyennes les plus froides au Canada, ce qui retarde la fonte du pergélisol. Notre analyse projette donc que, dans un scénario d'émissions modérées, les coûts

Parry Channel, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

> « Voici la piste d'atterrissage. […] Construite par l'armée, évidemment. […] Et toute cette zone […] est en terrain marécageux. […] Tout ça est en train de s'enfoncer depuis des années maintenant à cause [de la fonte] du pergélisol. »
>
> *—Participant du Nunavut (Firelight, 2022)*

pour ce territoire resteront bas jusqu'à la fin du siècle. Dans un scénario d'émissions élevées, le Nunavut ne commencera à subir des répercussions importantes que dans la deuxième moitié du siècle. Cependant, une fois que ces effets se feront sentir, on estime que la facture des dommages qui en découleront pourrait s'élever à 5 millions de dollars annuellement (figure 6).

On n'a aussi que peu de certitudes en ce qui concerne l'ampleur des changements de température plus tard dans le siècle. Résultat : le spectre des répercussions potentielles est vaste. Ainsi, pour le Nunavut, l'un de nos modèles climatiques évalue une augmentation des coûts d'environ 10 millions de dollars par année; un autre prévoit plutôt des répercussions et des coûts négligeables.

Les aéroports nordiques font face à beaucoup d'autres menaces climatiques en plus de la fonte du pergélisol

En plus de la fonte du pergélisol, les changements dans les tendances météorologiques – températures, précipitations, direction du vent – auront aussi une incidence sur les coûts d'entretien et la fiabilité des aéroports.

La hausse des précipitations (pluie et neige) dans le Nord générera de nouveaux coûts d'entretien. La fréquence de déneigement et de resurfaçage des pistes d'atterrissage pourrait notamment augmenter (gouvernement du Nunavut, 2014). Les hivers nordiques seront de moins en moins froids; les températures oscilleront autour de zéro degré Celsius, plutôt que la normale bien en deçà, entraînant des cycles de gel et de dégel plus fréquents, ce qui accélérera la dégradation des pistes d'atterrissage, quelle que soit leur composition (Allard et coll., 2012).

Les températures plus douces demanderont aussi des pistes d'atterrissage plus longues pour accueillir les avions qui parcourent le Nord actuellement (Coffel et coll., 2017). En effet, l'air chaud étant moins dense que l'air froid, les avions devront atteindre une plus grande vitesse au sol pour avoir la portance nécessaire pour décoller, d'où la nécessité de longues pistes d'atterrissage. Comme les pistes d'atterrissage sont beaucoup plus courtes dans le Nord que dans le Sud, il pourrait être nécessaire de les allonger, opération souvent coûteuse. Les avions pourraient également devoir réduire le nombre de passagers ou la quantité de fret à leur bord par temps chaud.

Les changements climatiques modifient aussi la direction des vents dominants dans certaines régions nordiques. Les vents rendent la maîtrise des appareils au décollage plus difficile et peuvent aggraver les retards liés à la météo (Zhao et Sushama, 2020). Avec le temps, ces changements dans la direction des vents devraient réduire la fiabilité de certaines pistes d'atterrissage, notamment celles de l'aéroport d'Iqaluit, en raison de l'augmentation de vents traversiers. Dans d'autres régions nordiques, les conditions glacées pourraient se multiplier au cours de la prochaine décennie, à mesure que le réchauffement fait augmenter l'humidité dans l'atmosphère. Les aéroports pourraient ainsi devoir investir dans du nouvel équipement anti-glace, et la vaporisation de composés antigivrage sur les pistes d'atterrissage pourrait faire grimper les coûts d'entretien et accélérer la fonte du pergélisol.

À cause des changements climatiques, les phénomènes météorologiques extrêmes, notamment les orages, la grêle et même les tornades, pourraient se multiplier, et le Nord ne dispose pas de l'équipement aéronautique adéquat pour faire face à cette menace croissante (Brown et coll., 2020; Chen et coll., 2021). Il n'existe actuellement aucune couverture radar de la météo dans le Nord, et beaucoup d'aéroports n'ont pas l'équipement de sécurité de base (ex. : lumières). La fréquence accrue des conditions extrêmes et les capacités limitées en matière de prévision météo pourraient multiplier les interruptions imprévues des services aéroportuaires, diminuant encore la mobilité des personnes et des biens.

Les mesures d'adaptation peuvent réduire les coûts et garantir la fiabilité des aéroports pour les communautés

Notre analyse s'intéresse à certaines mesures d'adaptation, notamment le renforcement de la couche de base et l'extraction de chaleur des remblais, techniques largement utilisées dans les aéroports du Nord. Parmi les autres stratégies d'adaptation importantes (qui sortent toutefois du cadre de notre analyse), on compte la défaillance planifiée, la relocalisation d'aéroports, la construction de pistes d'atterrissage gravelées plutôt que bétonnées et l'amélioration des méthodes de prévision météorologique, des radars, des systèmes de navigation et de l'équipement de sécurité. En pratique, toutes les approches décrites ci-dessous devront être adaptées à chaque site.

Le renforcement de la couche de base et l'extraction de chaleur des remblais peuvent contribuer à réduire les répercussions et les coûts associés à la fonte du pergélisol dans les aéroports (voir encadré C), bien que les économies réalisées grâce à ces mesures varient. Au Nunavik, où l'on s'attend à ce que le pergélisol fonde plus tôt qu'ailleurs, des adaptations progressives pourraient réduire les coûts annuels nets de 74 à 88 % en moyenne, selon la trajectoire globale des émissions de gaz à effet de serre. Nous avons observé des économies semblables aux Territoires du Nord-Ouest et au Yukon (tableau 3). Au Nunavut, où les dommages sont attendus plus tard dans le siècle, le renforcement de la couche de base et l'extraction de chaleur des remblais pourraient réduire le coût des dommages de plus de moitié d'ici la fin du siècle dans un scénario d'émissions élevées. Les économies y seront moindres (particulièrement dans un scénario d'émissions modérées) parce que certaines ne seront réalisées qu'après 2100. Ces

Tableau 3

Aéroports du Nord et économies potentielles découlant des mesures d'adaptation

Région	Nombre d'aéroports	Économies annuelles avec des mesures d'adaptation (en millions de $)	
		Émissions modérées	Émissions élevées
Yukon	16	1,48	0,93
T.N.-O.	28	2,43	2,06
Nunavut	25	0,01	1,95
Nunavik	14	1,17	1,65
Nunatsiavut	5	0 (quantité négligeable de pergélisol)	0 (quantité négligeable de pergélisol)
Régions nordiques des provinces à l'ouest du Québec	61	1.74	1.17

constats sont parallèles à ceux d'études portant sur des sites particuliers, qui montrent un rendement du capital investi positif pour les mesures d'adaptation progressives (Brooks et coll., 2017).

Plusieurs mesures d'adaptation qui sortent du cadre de notre analyse, notamment la défaillance planifiée, la relocalisation des aéroports et la construction de pistes d'atterrissage gravelées plutôt que bétonnées, peuvent aussi constituer des outils précieux. Des études de cas réalisées au Nunavik et au nord de la Saskatchewan indiquent que ces options ont aussi le potentiel de réduire les coûts directs et indirects (George, 2006; Uzarowski et coll., 2018). En pratique, ces mesures devront être adaptées à chaque site et probablement combinées à d'autres mesures d'adaptation progressive et transformationnelle, en plus d'autres pratiques.

Certaines mesures d'adaptation pourraient régler des faiblesses et des problèmes de sécurité qu'on observe déjà dans les aéroports nordiques. Par exemple, l'amélioration des méthodes de prévision météorologique, des radars, des systèmes de navigation et de l'équipement de sécurité peut aider les aéroports à mieux faire face aux dangers climatiques (Bouchard, 2020). Toutefois, les structures de financement actuelles des aéroports constituent un obstacle majeur à la mise en œuvre de telles mesures (encadré D).

Les mesures d'adaptation peuvent réduire les risques d'interruption des services aéroportuaires, favoriser la sécurité régionale et garantir une réponse adaptée aux besoins essentiels des communautés nordiques (Dorough et coll., 2021). Nos modélisations des économies et des coûts potentiels ne reflètent que les dommages directs et ne tiennent pas compte de la valeur des retombées sociales et économiques des infrastructures, notamment l'accès à des soins médicaux essentiels, la sécurité alimentaire, l'activité économique et le transport d'équipement indispensable.

Whale Cove, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

Aéroport de Akulavik, Nunavik.

ENCADRÉ D

Les gouvernements nordiques font face à des obstacles au financement des aéroports

Les gouvernements du Nord du Canada peinent à entretenir les aéroports et à préparer adéquatement les pistes d'atterrissage et les aérogares face aux dangers climatiques, et ce problème découle en partie de faiblesses dans les structures de financement.

Au cours des 30 dernières années, le gouvernement fédéral a transféré la responsabilité de la plupart des aéroports aux gouvernements provinciaux et territoriaux. En 1995, il possédait et dirigeait la plupart des aéroports publics dans le Nord. En 2022, seuls deux aéroports nordiques sont sous la gouverne fédérale; les autres sont dirigés par les gouvernements provinciaux et territoriaux (Transports Canada, 2022a).

Transports Canada demeure responsable de la sûreté et de la sécurité du transport aérien, même si ce n'est plus le gouvernement fédéral qui possède et dirige la majorité des aéroports du Nord (Bureau du vérificateur général du Canada, 2017). En 2017, le Bureau du vérificateur général a évalué le travail et le leadership du gouvernement canadien relativement au transport aérien dans le Nord. La vérification a conclu que même si Transports Canada était au courant des besoins criants du Nord en matière d'infrastructures, il « n'avait pas joué le rôle de leadership nécessaire pour répondre à ces besoins en dirigeant des projets et en collaborant avec ses partenaires des provinces, des territoires et de l'industrie pour renforcer la sécurité et améliorer l'accessibilité et l'efficience des aéroports éloignés du Nord. »

Entre autres problèmes, le Programme d'aide aux immobilisations aéroportuaires géré par Transports Canada – l'une des principales sources de financement des coûts d'immobilisation pour les petits aéroports – a été systématiquement sous-financé. Depuis 1995, le Canada a versé 1,1 milliard de dollars aux aéroports admissibles, soit environ 30 millions de dollars par année en moyenne répartis dans tous les petits aéroports du pays (dont la plupart sont en régions méridionales). Selon le vérificateur général, toutefois, c'est plus de 100 millions de dollars qui seront nécessaires sur une période de trois ans juste dans le Nord (Transports Canada, 2021; Bureau du vérificateur général du Canada, 2017).

Même lorsque des programmes de financement existent, beaucoup d'administrations territoriales et municipales propriétaires et exploitantes d'aéroports dans le Nord ne peuvent s'en prévaloir. Seuls les aéroports certifiés par Transports Canada – preuve qu'ils ont atteint un certain seuil de sûreté – ou ceux qui sont sur le point de l'être peuvent faire une demande de financement par l'intermédiaire du programme fédéral. D'après nos observations, 30 % des aéroports de toute la région nordique n'ont pas encore reçu cette certification. C'est l'impasse : les gouvernements du Nord ont besoin de fonds pour améliorer la sûreté de leurs installations, mais parce que leurs aéroports ne remplissent pas les critères de sûreté, ils ne sont pas admissibles au financement.

Rigolet, Nunatsiavut. Photo : Bird's Eye Inc.

5

Route de Dempster au parc territorial de Tombstone, Yukon.

« La chaussée, surtout quand elle est neuve, devient très chaude et fait fondre ce qui se trouve sous sa surface; puis, elle s'effondre. Il y a plusieurs routes de la ville où c'est évident que certaines sections se sont effondrées. ... On en voit un peu partout. »

—Participant du Nunavut (Firelight, 2022)

RÉPERCUSSIONS CLIMATIQUES SUR LES **ROUTES PERMANENTES** ET LES **ROUTES D'HIVER**

Les routes praticables à l'année et les routes d'hiver permettent aux communautés de l'ensemble du Nord de se procurer des soins médicaux, de la nourriture et du carburant. Elles sont aussi essentielles à l'une des industries les plus importantes du Nord : l'extraction minière (encadré E). Dans toute la région, les entreprises minières entretiennent de nombreuses routes d'hiver pour assurer l'acheminement des fournitures et produits. Dans certains secteurs, les résidents et les membres des communautés se servent également de ces routes.

Les routes jouent un large éventail de rôles partout dans le Nord. Au Yukon, des routes permanentes relient toutes les communautés du territoire exceptée Old Crow, et la majorité d'entre elles sont bétonnées (tableau 4). Aux Territoires du Nord-Ouest, ces chaussées sont plus rares, et moins de communautés sont reliées par un réseau de routes praticables à l'année. Dans l'Arctique de l'Est (Nunavut, Nunavik et Nunatsiavut), les routes sont presque entièrement situées sur les terres municipales, et aucune route permanente ne relie les communautés.

Dans notre analyse des routes d'hiver, nous avons modélisé les répercussions et le coût des dommages dûs à la fonte du pergélisol aux routes bétonnées et gravelées dans l'ensemble du Nord et avons examiné l'incidence du réchauffement sur la viabilité des routes d'hiver. L'étude porte sur des routes d'hiver qui relèvent du système public et d'autres entretenues par des entreprises minières.

Sans mesures d'adaptation, des dommages et des perturbations majeures se poursuivront pendant des décennies

La fonte du pergélisol peut entraîner la dégradation, la fissuration et même l'effondrement des routes, les rendant parfois inutilisables.

Selon les projections, partout au Canada, la hausse rapide des températures dans des scénarios d'émis-

ENCADRÉ E

Les changements climatiques menacent toutes les infrastructures minières du Nord

« Les gouvernements responsables de la construction de ces routes veulent s'assurer que leur investissement sera rentable une fois [...] le projet terminé. Et je sais qu'ici, dans le Nord, le potentiel minier est immense. [...] Nous avons une mine tout juste à 50 kilomètres au nord de Whatì, qui est là depuis un bon moment. Ils avaient besoin de la route pour sortir leur production; c'est une jeune entreprise, qui a besoin d'investissements. [...] Mais le gouvernement regarde la situation et conclut [...] que oui, ça vaut la peine de construire une route. »

—*Participant des Territoires du Nord-Ouest (Firelight, 2022)*

L'industrie minière est prépondérante dans le Nord du Canada et occupe une place importante au sein des économies régionales. Au Yukon, le secteur représente près de 10 % du produit intérieur brut (PIB) du territoire et représente environ 1 500 emplois (Bureau des statistiques du Yukon, 2020; RNCan, s. d.). Les activités minières au Nunavut, parmi les plus imposantes de la région nordique et faisant venir plus de main-d'œuvre du Sud du pays que tout autre territoire du Nord canadien, génère environ 25 % du PIB yukonnais; le même secteur aux Territoires du Nord-Ouest génère, lui, 30 % du PIB territorial (Statistique Canada, 2021a).

Les routes, aéroports, ports et réseaux électriques sont autant d'infrastructures essentielles aux activités minières. Bien que le développement minier dans le Nord ait poussé les gouvernements à élargir le réseau d'infrastructures dans le passé, les installations de mauvaise qualité continuent de limiter la viabilité de l'industrie à beaucoup d'endroits.

Les changements climatiques ont une incidence sur les méthodes et les lieux d'exploitation sécuritaire des ressources dans le Nord du Canada. Non seulement la fonte du pergélisol affecte-t-elle le réseau de transport d'équipement et de minerai, mais elle introduit aussi des risques de contamination de l'environnement à grande échelle dans des situations où les infrastructures d'entreposage des résidus miniers, notamment les bacs de décantation, sont inadéquates (Golder, 2021). Le raccourcissement de la saison d'utilisation des routes d'hiver restreint la période où les mines peuvent fonctionner à plein régime et modifient les trajets d'exportation. Les répercussions climatiques sur le réseau électrique et les ressources d'eau potable demandent aussi une analyse approfondie des effets environnementaux et sociaux de l'industrie minière.

Tableau 4

Routes permanentes et routes d'hiver du Nord analysées dans ce rapport

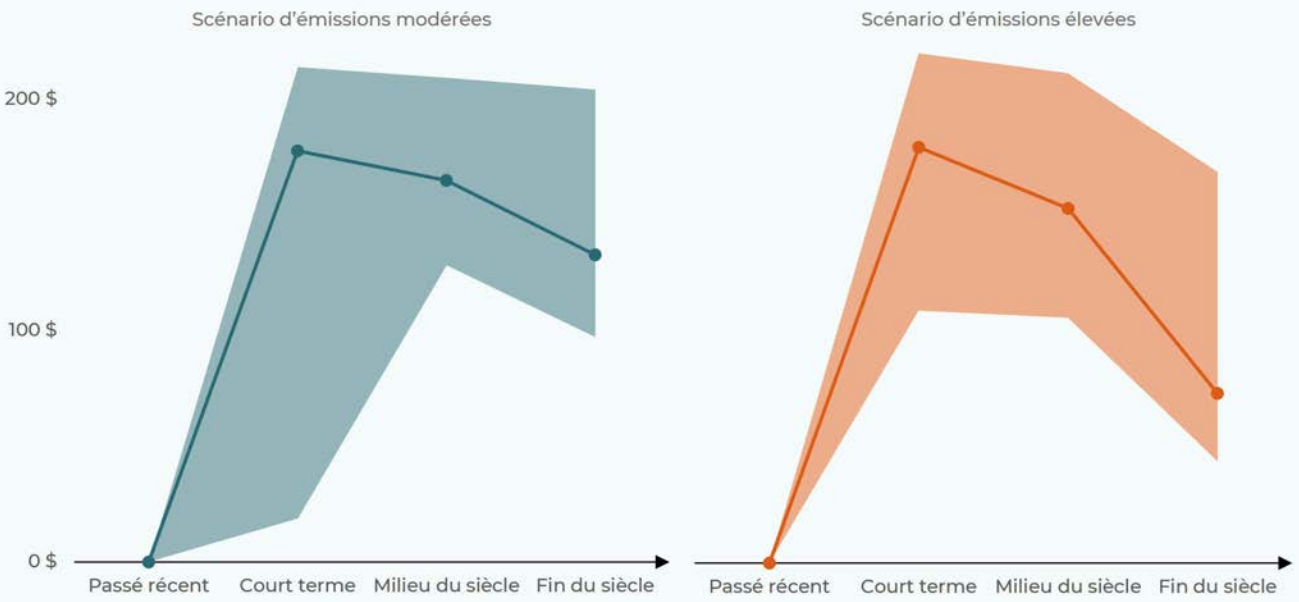
Région	Kilomètres de route permanente analysés (bétonnée et gravelée)	Kilomètres de route d'hiver analysés
Yukon	8 400	< 10
Territoires du Nord-Ouest	3 800	2 000
Nunavut	500	100
Nunavik	200	0
Nunatsiavut	25	0
Régions nordiques des provinces à l'ouest du Québec	42 000	6 200

Arviat, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

Figure 7

Les coûts de réparation et de remplacement des routes dans le Nord demeureront élevés jusqu'à la fin du siècle

Coûts annuels projetés des dommages routiers, en millions de dollars canadiens de 2019



sions élevées provoquera une augmentation rapide des coûts jusqu'à un pic marqué, puis un déclin vers la fin du siècle (figure 7). Cela s'explique par le fait que dans la plupart des régions nordiques (Yukon, sud des Territoires du Nord-Ouest, Nunavik et régions nordiques des provinces), le réchauffement plus rapide causé par des émissions élevées fera fondre presque entièrement les couches supérieures de pergélisol pendant les 80 prochaines années. Sans mesures d'adaptation, ces pics rapides de dommages et de coûts seront de plus en plus difficiles à gérer – tant pour les coûts d'immobilisation que pour ceux des réparations nécessaires pour maintenir ouvertes les routes.

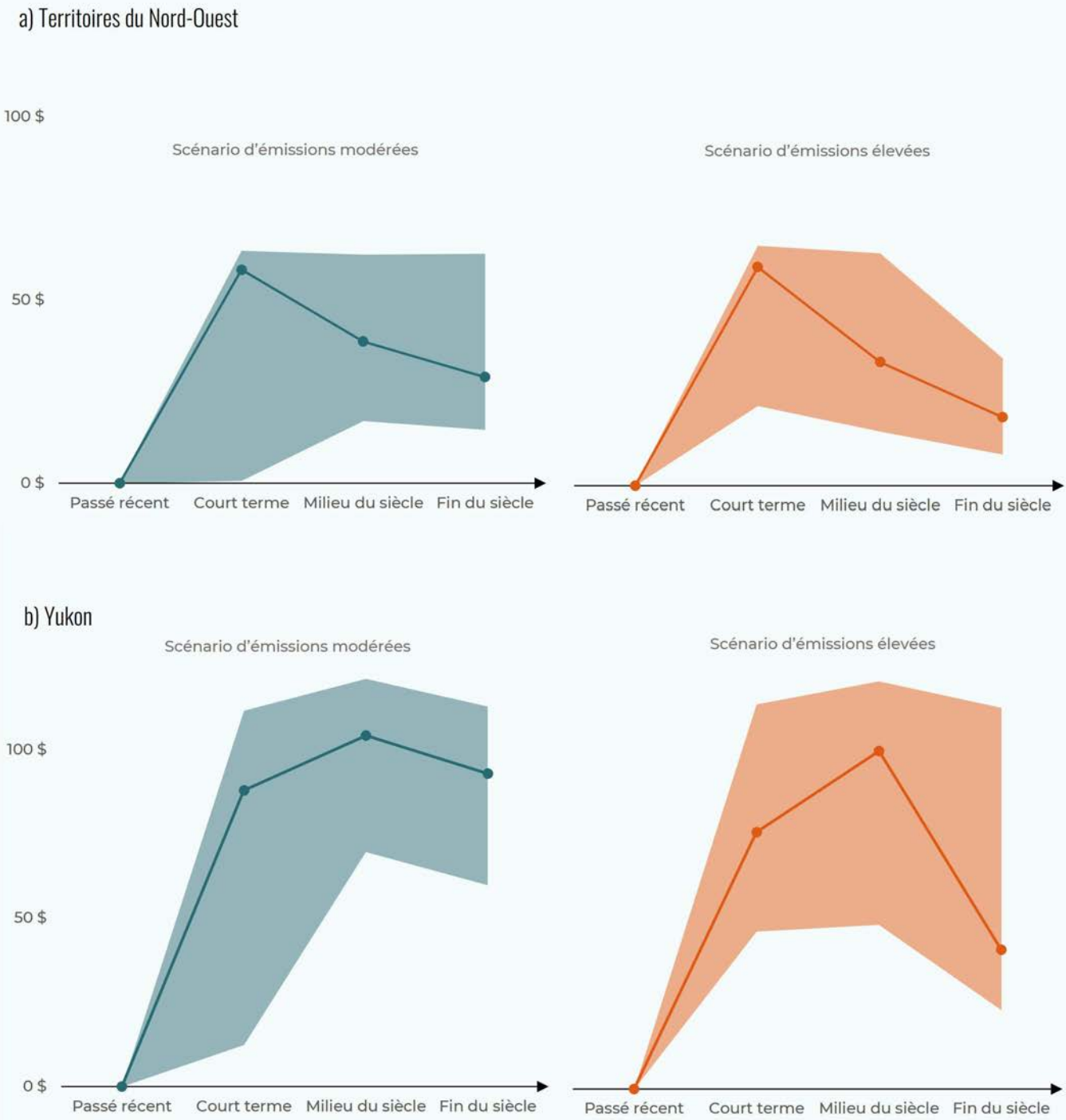
Notre analyse montre que les dommages coûteront moins cher par kilomètre pour les routes gravelées que pour les bétonnées; les routes de gravier sont généralement plus faciles à réparer ou à niveler lorsqu'endommagées par la fonte du pergélisol, alors que les routes bétonnées doivent généralement être remplacées ou mises hors service plus rapidement.

De toutes nos modélisations, ce sont les dommages aux routes permanentes et aux routes d'hiver qui entraînent les coûts les plus élevés au Yukon et aux Territoires du Nord-Ouest (figure 8). Au Yukon, nous projetons que sans mesures d'adaptation, le coût moyen des dommages routiers causés par la fonte du pergélisol (tant pour les routes bétonnées que gravelées) se situera entre 73 et 85 millions de dollars annuellement pendant les deux prochaines décennies. Pour mettre ces chiffres en contexte, cette projection représente 75 à 90 % des dépenses totales actuelles du territoire pour les routes (Statistique Canada, 2019). D'ici les années 2060, le coût des dommages routiers causés par la fonte du pergélisol pourrait dépasser de 26 % le budget actuel, et ce, même dans un scénario d'émissions modérées. Aux Territoires du Nord-Ouest, sans mesures d'adaptation, le coût projeté des dommages aux routes bétonnées et gravelées sera d'environ 55 millions de dollars par année pendant les prochaines décennies – environ 15 % des dépenses du territoire en immobilisations liées aux infrastructures en 2020 (gouvernement des Territoires du Nord-Ouest, 2020).

Figure 8

Les coûts annuels des dommages routiers pourraient excéder 50 millions de dollars aux Territoires du Nord-Ouest et 70 millions au Yukon

Coûts annuels projetés des dommages routiers, en millions de dollars canadiens de 2019



Nous projetons une multiplication de ces coûts dans les latitudes les plus élevées à mesure que les températures continueront d'augmenter. Bien qu'il y ait moins de routes aux Territoires du Nord-Ouest et au Nunavut, les dommages se poursuivront en cours de siècle, particulièrement dans un scénario d'émissions modérées où la fonte du pergélisol est plus lente.

Des mesures d'adaptation pour les routes bétonnées et gravelées peuvent faire économiser de l'argent et réduire le risque d'interruption des services

Nos modèles montrent que le renforcement de la couche de base et l'extraction de chaleur des remblais peuvent réduire les coûts liés aux réparations et au remplacement des routes dans certaines conditions en retardant la fonte du pergélisol.

Dans un scénario d'émissions modérées, si ces techniques sont utilisées sur des routes bétonnées, on pourrait réaliser des baisses de coûts de 38 à 42 % en moyenne au Yukon et aux Territoires du Nord-Ouest, selon l'emplacement. Au Yukon, sur les routes gravelées, ces mesures pourraient réduire les coûts nets de 27 %.

Toutefois, dans un scénario d'émissions élevées, il faudrait réaliser d'importants investissements en matière d'adaptation avant le milieu du siècle, ce qui pourrait réduire le coût des dommages de 23 %, mais sans rendement du capital investi.

En bref, le renforcement de la couche de base et l'extraction de chaleur des remblais ont des limites dans la pratique. Ces mesures d'adaptation peuvent certes retarder la fonte du pergélisol, mais dans un scénario d'émissions élevées, les températures dans beaucoup de régions augmenteront tellement que ces mesures ne pourront prévenir la fonte et ses dommages.

Notre modèle indique aussi que dans un scénario d'émissions élevées, le renforcement de la couche de base et l'extraction de chaleur des remblais pourraient en fait faire augmenter les coûts annuels d'entretien des routes gravelées d'environ 25 %. Dans ces situations, certaines méthodes (préfonte du pergélisol, reconstruction des routes) pourraient se révéler plus rentables et mieux protéger les services (Connor et coll., 2020).

Il y a des limites financières à ce type de mesures d'adaptation pour les routes sur pergélisol. En effet, l'extraction de chaleur des remblais et le renforcement de la couche de base sont coûteux et ne sont généralement déployés que sur des portions de route, aux emplacements les plus critiques. Dans notre analyse, par exemple, le scénario avec mesures d'adaptation suppose que le refroidissement à l'air des remblais n'est appliqué qu'aux 11 % de tronçons les plus critiques des routes gravelées primaires et secondaires construites sur du pergélisol. Une application plus étendue entraînerait des coûts supérieurs aux avantages.

Malgré leurs limites, les mesures d'adaptation progressive (renforcement de la couche de base et extraction de chaleur des remblais) ont tout de même une valeur pour les routes nordiques, car elles peuvent aider à prévenir à court terme les bouleversements sociaux et économiques qui découlent de l'endommagement du réseau routier. Toutefois, elles devraient être utilisées conjointement avec des mesures d'adaptation transformationnelle, telles que l'excavation du pergélisol et la fermeture et la relocalisation des routes, des investissements qui pourraient se révéler plus durables. Les mesures d'adaptation progressives sont plus efficaces dans un scénario d'émissions modérées, tandis que les mesures d'adaptation transformationnelle, par exemple la préfonte du pergélisol (fonte intentionnelle du pergélisol avant la construction d'une section de route, d'une piste d'atterrissage ou d'un bâtiment), pourraient se révéler plus judicieuses à long terme si un scénario d'émissions élevées se concrétise.

Les routes d'hiver sont de moins en moins praticables dans tout le Nord du Canada, et les possibilités d'adaptation sont limitées

L'hiver, lorsque les lacs et les rivières du Nord gèlent, la glace formée est souvent assez épaisse pour permettre la circulation de véhicules pendant quelques mois. Ces routes hivernales relient des communautés qu'on ne peut atteindre qu'en avion ou en bateau le reste de l'année. Cependant, elles demandent des températures systématiquement sous le point de congélation pour que la glace demeure assez solide pour soutenir les véhicules, et les changements climatiques menacent de raccourcir la saison d'utilisation des routes d'hiver, voire de la rendre complètement impossible à certains endroits.

Lorsque les routes d'hiver sont fermées, les communautés qui en dépendent risquent de manquer de produits de base (nourriture, carburant) et de ne plus avoir accès à certains services essentiels (Hori et coll., 2018). Les habitants de ces communautés planifient souvent des voyages pendant la saison hivernale pour renflouer leurs réserves de nourriture, de fournitures et de produits essentiels, et ainsi subsister pendant plusieurs mois (Firelight, 2022; Hori et coll., 2018). Si les routes d'hiver deviennent impraticables, les communautés seront forcées de se tourner vers le transport aérien et maritime, ou de construire des routes permanentes, très coûteuses, solutions qui gonfleront les coûts liés au transport, à la nourriture, au carburant et à d'autres produits, tant pour les personnes que pour les gouvernements (CBC, 2011; Maracle et coll., 2018; Brockman et Beers, 2018).

Partout dans le Nord, la plupart des routes d'hiver pourraient devenir non viables vers la moitié du siècle. Aux Territoires du Nord-Ouest, où l'on trouve le quart des routes hivernales du Nord canadien, plus de la moitié d'entre elles pourraient être impraticables d'ici 2050 et presque toutes le seraient en 2080 (figure 9). Nous avons observé une disparition similaire des routes d'hiver dans les régions nordiques de l'Ontario et du Manitoba. La plupart se trouvent dans les Territoires du Nord-Ouest, le Nord de l'Ontario et le Manitoba; un petit nombre sont au Yukon et au Nunavut.

Partout dans le Nord, la plupart des routes d'hiver pourraient devenir non viables vers la moitié du siècle. Aux Territoires du Nord-Ouest, où l'on trouve le quart des routes hivernales du Nord canadien, plus de la moitié d'entre elles pourraient être impraticables d'ici 2050 et presque toutes le seraient en 2080 (figure 9). Nous avons observé une disparition similaire des routes d'hiver dans les régions nordiques de l'Ontario et du Manitoba. La plupart se trouvent dans les Territoires du Nord-Ouest, le Nord de l'Ontario et le Manitoba; un petit nombre sont au Yukon et au Nunavut.

Pour illustrer les implications économiques de la perte des routes d'hiver, nous avons estimé le coût de leur remplacement par des routes permanentes. Ainsi, pendant les 20 prochaines années, il pourrait en coûter au moins 2 milliards de dollars aux Territoires du Nord-Ouest pour la construction de routes praticables à l'année – des dépenses d'infrastructures inédites pour le territoire. De plus, dans beaucoup d'emplacements, il est impossible de construire ce type de routes, donc même avec des fonds suffisants, il n'existe pas de solution de remplacement viable pour le réseau historique de routes d'hiver.

Certaines mesures d'adaptation peuvent aider à prolonger la viabilité des routes d'hiver, par exemple l'utilisation de prévisions météorologiques et la gestion de la circulation (Barrette et Lawrence Charlebois, 2018), la vaporisation des surfaces glacées pour augmenter leur épaisseur plus rapidement et l'installation d'estacades sur les rivières pour stimuler la formation de glace (Barrette et coll., 2018).

Au bout du compte, toutefois, même dans un scénario d'émissions modérées, et quelles que soient les mesures d'adaptation mises en œuvre, la plupart des routes d'hiver ne seront plus viables au milieu du siècle, excepté celles du haut Arctique. Il faut donc dépasser les solutions d'adaptation progressive pour prolonger la vie des routes d'hiver et repenser la conception et le développement des infrastructures de transport. Les communautés et les gouvernements devront trouver de nouveaux moyens de transport pour le carburant, la

« La construction [de la route permanente de Tlicho] est presque terminée, et il paraît qu'elle pourrait ouvrir bientôt. [...]Si jamais c'est le cas... [la communauté] serait très contente de ne pas avoir à payer le gros prix pour la nourriture et d'autres produits. »

—Participant des Territoires du Nord-Ouest (Firelight, 2022)

« Chaque année, la glace qui se forme n'est plus tellement épaisse, elle devient de plus en plus mince. Par exemple, l'an passé, on avait une épaisseur de glace de 18, 19, 20 pouces maximum. Avant, quand nous étions petits, elle pouvait atteindre entre 4 à 6 pieds de profondeur. L'année passée, et l'année d'avant, on a à peine réussi à faire venir le carburant, parce que la glace était trop mince. [...] La route doit être praticable vers la fin novembre pour pouvoir livrer le carburant à la communauté. Si la route d'hiver est fermée, il faudra probablement le faire livrer par avion, et alors, ça coûtera plus cher, évidemment. »

—Participant des Territoires du Nord-Ouest (Firelight, 2022)

« L'année passée, il n'y a pas eu de route d'hiver parce qu'il faisait trop chaud [...] tout ce qui se passe en ce moment avec les changements climatiques, ça nous affecte vraiment, et [...] le plus grand bouleversement dans notre vie à cause de la fonte du pergélisol [...], c'est la manière de faire venir les biens ici. »

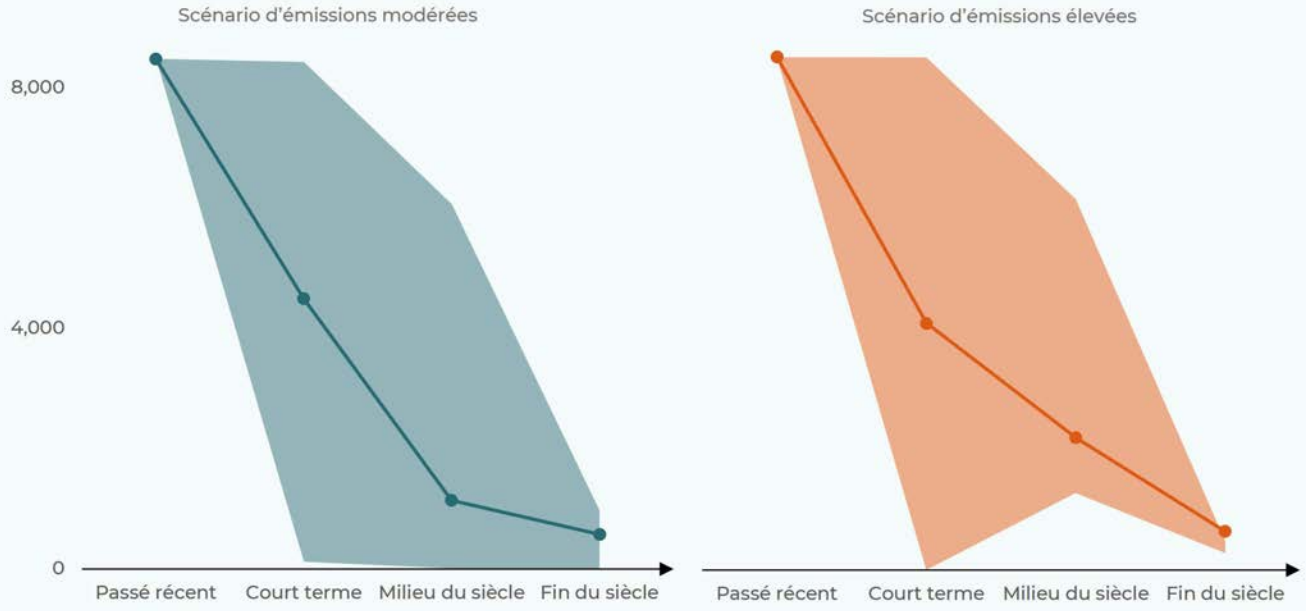
—Participant du Nord de l'Ontario (Firelight, 2022)

Route de glace Dettah, Grand Lac des Esclaves, Territoires du Nord-Ouest.

Figure 9

Plus de la moitié des routes d'hiver pourraient devenir impraticables dans les 30 prochaines années

Longueur projetée des routes d'hiver mises hors service chaque année, en kilomètres



nourriture et d'autres fournitures, et certaines chaînes d'approvisionnement pourraient devoir intégrer de plus en plus de produits locaux ou réduire leur demande de produits difficiles à transporter, dont les combustibles fossiles. Les mesures d'atténuation, notamment le remplacement de génératrices au diesel par des miniréseaux verts et l'électrification du transport dans le Nord pourraient aussi être utiles pour atteindre les objectifs d'adaptation du Nord.

Arviat, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

Yellowknife, Territoires du Nord-Ouest.

6

RÉPERCUSSIONS CLIMATIQUES SUR LES **BÂTIMENTS**

La fonte du pergélisol peut avoir des répercussions catastrophiques sur les bâtiments. Sous un bâtiment ou une maison, ce phénomène peut faire craquer les fondations, affaiblir la structure interne du bâtiment et endommager les tuyaux et les conduites de gaz. Une fois que la fonte du pergélisol attaque l'intégrité structurelle d'un bâtiment, la réparation et l'entretien de la structure peuvent devenir extrêmement coûteuses. Ces dommages pourraient aussi coûter très cher aux gouvernements, qui possèdent beaucoup de maisons et de bâtiments dans le Nord. Les entreprises et les particuliers propriétaires d'immeubles pourraient aussi devoir faire des réparations plus fréquentes et plus importantes, qui ne sont pas toujours couvertes par l'assurance.

Nous avons analysé les répercussions de la fonte du pergélisol sur les coûts de réparation et de remplacement de plus de 200 000 bâtiments commerciaux et résidentiels de tout le Nord du Canada. De ceux-ci, environ 90 000 (45 %) se trouvent actuellement en zone de pergélisol. Ils sont surtout situés aux Territoires du Nord-Ouest, au Nunavut et au Nunavik. Notre analyse n'a pas examiné les régions nordiques des provinces (sauf le Nunavik et le Nunatsiavut), puisqu'il s'y trouve relativement peu de bâtiments sur pergélisol, voire aucun. Les coûts ont été estimés en fonction d'un ensemble de décisions de réparation ou de remplacement pour chaque scénario et n'incluent aucun autre facteur d'usure ou de détérioration des bâtiments (voir tableau 5).

Les répercussions de la fonte du pergélisol sur les bâtiments nordiques seront inégales et progresseront vers le nord tout au long du siècle avec la hausse des températures

Sans mesures d'adaptation, le coût total des dommages aux bâtiments dans tout le Nord pourrait atteindre les 30 à 38 millions de dollars par année au milieu du siècle et les 38 à 76 millions de dollars par année à la fin du siècle. Notre analyse montre que dans un scénario d'émissions élevées, le réchauffement accéléré et la fonte du pergélisol causeront une hausse plus rapide des coûts et des dommages que dans un scénario d'émissions modérées (figure 10). Dans le premier scénario, le pergélisol près de la surface fondra entière-

Tableau 5

Exposition des bâtiments à la fonte du pergélisol dans tout le Nord du Canada

Scénario d'émissions	Réponse du gestionnaire du bâtiment	Nombre moyen de bâtiments par type de décision – 2050	Nombre moyen de bâtiments par type de décision – 2080
Scénario d'émissions modérées	Réparations minimales	94 %	93 %
	Réparation des fondations	6 %	7 %
	Reconstruction ou relocalisation	0	0
Scénario d'émissions élevées	Réparations minimales	93 %	88 %
	Réparation des fondations	7 %	9 %
	Reconstruction ou relocalisation	0	3 %

« Pour moi, la plus grande conséquence de la fonte du pergélisol, c'est sans doute que ma maison bouge, alors que [...] la fondation est toujours solide. Les murs de plâtre ont craqué, surtout autour des fenêtres. Et c'est la deuxième fois qu'une de mes fenêtres, orientée au nord, se casse. J'ai donc dû la remplacer deux fois [...] parce que la maison bouge. Eh oui, elle a bougé à ce point! [...]. Et ce n'est pas ici que c'est le pire! Certains bâtiments sont construits directement sur la roche. Je crois qu'il y a une couche de terre sous la mienne avant d'atteindre la roche... Mais ouais, ce n'est pas couvert par mon assurance, donc la solution? Je fais moi-même les réparations. »

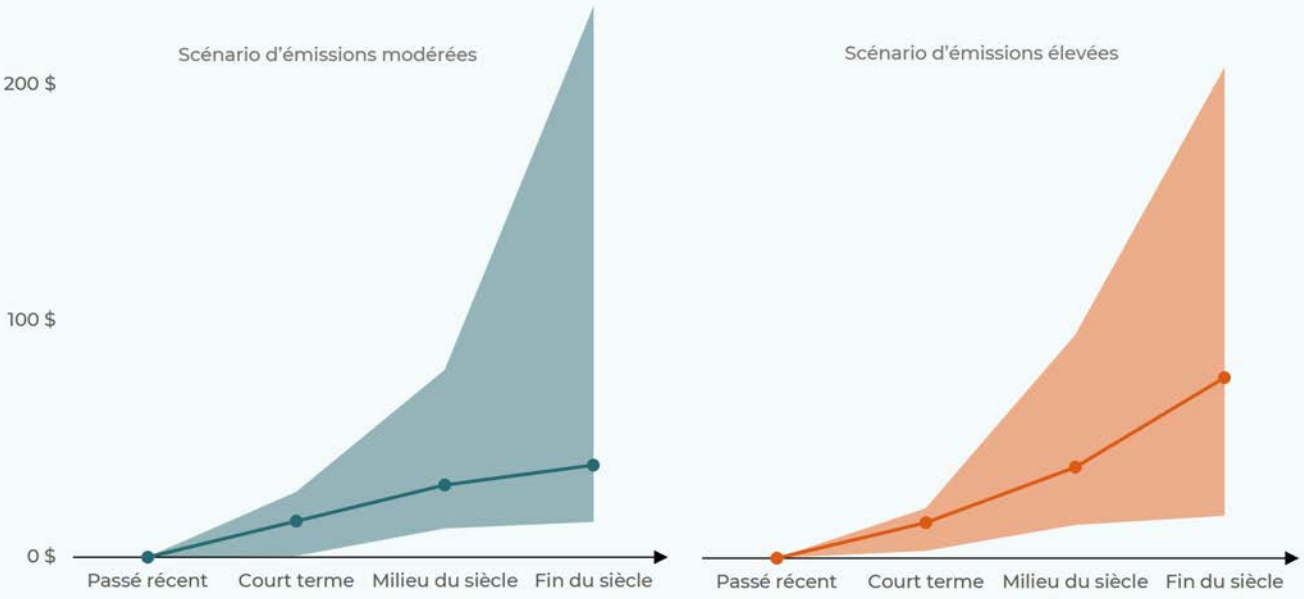
—Participant du Nunavut (Firelight, 2022)

Arviat, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

Figure 10

Une hausse des coûts des dommages aux bâtiments est à prévoir dans le Nord

Coûts annuels projetés des dommages aux bâtiments, en millions de dollars canadiens de 2019



ment avant la fin du siècle dans beaucoup de zones, ce qui provoquera ultimement une baisse des coûts et des dommages dans certaines régions. En moyenne, toutefois, les dommages et les coûts poursuivront leur ascension partout dans le Nord tout au long du siècle.

Le Nunavut et les Territoires du Nord-Ouest subiront en général les plus fortes répercussions et les coûts les plus élevés parce que ce sont eux qui comptent le plus de maisons et de bâtiments construits sur pergélisol. Toutes les autres régions nordiques n'ont que peu de bâtiments érigés sur ce type de sol.

L'adaptation des bâtiments pourrait prévenir des coûts et des dommages

L'adaptation des bâtiments, dont les maisons, à la fonte du pergélisol par l'installation de thermosiphons peut prévenir des défaillances de fondation majeures et réduire les besoins en réparations (voir encadré C).

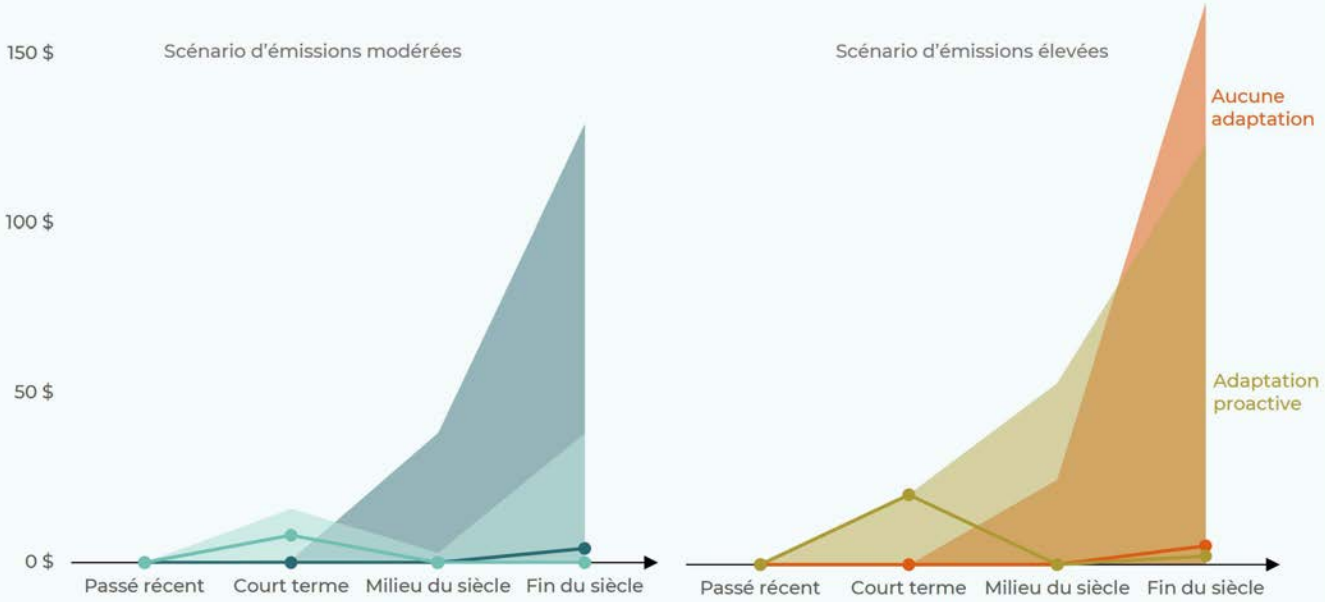
Notre analyse montre que l'utilisation ciblée de thermosiphons peut réduire considérablement les coûts. Nous avons modélisé l'utilisation de thermosiphons pour des bâtiments où l'on projette des dommages majeurs pour lesquels la seule solution envisageable serait la reconstruction. Partout dans le Nord, cette méthode d'adaptation pourrait entraîner des économies directes de 127 millions de dollars et réduire le coût des dommages de 78 % au cours du siècle dans un scénario d'émissions modérées, contre des économies de 33 millions de dollars et une réduction du coût des dommages de 33 % dans un scénario d'émissions élevées.

Au Nunavut, par exemple, l'adaptation pourrait être particulièrement efficace pour réduire les dommages aux bâtiments, si les mesures sont mises en œuvre dans un avenir rapproché (figure 11). Dans un scénario d'émissions modérées, la reconstruction de bâtiments et l'installation de thermosiphons pourraient réduire considérablement les risques associés au pire scénario – où les coûts projetés des dommages aux bâtiments sont les plus élevés – dans beaucoup de zones. Dans un scénario d'émissions élevées, il faudra investir davantage dans l'adaptation pour prévenir des dommages majeurs liés à l'augmentation rapide des tempéra-

Figure 11

L'adaptation peut réduire les dommages aux bâtiments causés par la fonte du pergélisol et les coûts associés au Nunavut

Coûts annuels projetés des dommages aux bâtiments, en millions de dollars canadiens de 2019



tures. Dans ce scénario, même si des mesures d'adaptation sont mises en œuvre à court terme, le coût de ces dernières dépassera initialement les coûts d'entretien et de réparation; toutefois, à la fin du siècle, elle auront permis de réduire le coût médian des dommages dûs à la fonte du pergélisol de 52 %.

Des solutions d'adaptation de haute technologie, par exemple l'installation de thermosiphons, pourraient ne pas être rentables dans certaines zones. D'autres mesures d'adaptation progressive (qui sortent du cadre de la présente analyse), notamment le renforcement des fondations à l'aide de pieux ou l'utilisation de fondations à structure spatiale pour supporter les bâtiments, pourraient s'avérer plus rentables. Dans les zones à haut risque de fonte du pergélisol, certaines mesures comme la préfonte du pergélisol, le recours à des fondations à structure spatiale et la planification en cas de défaillance des infrastructures pourraient être de meilleurs investissements à long terme.

La protection des maisons et des bâtiments communautaires contre la fonte du pergélisol par l'adaptation est bénéfique pour la santé, le bien-être et la culture

La fonte du pergélisol peut rendre les maisons et bâtiments communautaires moins sûrs et moins viables. Souvent les premiers signes de la fonte du pergélisol se manifestent dans les fenêtres et les portes, qui ne ferment plus correctement. À moins de remettre à niveau la fondation ou de freiner la fonte, ces dommages peuvent déstabiliser toute la structure, voire en causer l'effondrement. Ils peuvent aussi avoir des répercussions par ricochet sur le chauffage, l'humidité et les tuyaux. L'entrée d'air froid et la formation de moisissures peuvent avoir des conséquences négatives sur la qualité de l'air intérieur et sur la santé des occu-

pants. Des mesures d'adaptation, dont l'installation de thermosiphons (abordée plus haut), peuvent ralentir la progression des effets de la fonte du pergélisol sur les maisons et les bâtiments communautaires et protéger la santé et le bien-être de leurs occupants.

Le Nord est déjà confronté à une grave pénurie de logements adéquats. Même sans la pression additionnelle des changements climatiques sur les bâtiments, l'inflation des coûts de construction, de main-d'œuvre et de transport a créé une diminution du parc immobilier et un retard dans la réparation des logements. Au Nunavut, il manque 3 500 logements sociaux pour éliminer la surpopulation – l'équivalent de 30 % des 11 500 logements existants sur le territoire (ITK, 2019; NTI, 2020). Les dommages additionnels de la fonte du pergélisol sur les maisons existantes aggraveront encore ce manque à gagner; le nombre de logements devra augmenter encore plus rapidement, dans un contexte de pénurie de main-d'œuvre et de matériaux de construction dans la région. La mise en œuvre de mesures d'adaptation pour éviter les dommages pourrait aider à combler cette lacune majeure.

Les bâtiments communautaires sont des infrastructures vitales, à la fois espaces de partage des savoirs autochtones et lieux de rassemblement. Les dommages entraînés par la fonte du pergélisol pourraient présenter une menace importante à ces activités si les édifices publics deviennent inutilisables à cause d'une dégradation des fondations. Et malheureusement, la fonte du pergélisol n'est pas la seule menace climatique qui pèse sur le logement (encadré F).

« Quand on regarde le logement et les prix exorbitants actuels, on voit bien qu'il y a plus d'un seul facteur en cause; c'est la combinaison de tous les éléments qui fait monter les prix. Le fonçage de pieux, l'importation de matériaux et de main-d'œuvre. Le [coût du] transport qui a augmenté drastiquement. Ajoutez à cela le prix des matériaux de construction, le coût du carburant pour le transport. Tout ça ensemble, ça rend les logements encore plus inaccessibles. »

—Participant du Nunavut (Firelight 2022)

Dawson City, Yukon.

Palangrier près de Rigolet, Nunatsiavut. Photo : Bird's Eye Inc.

ENCADRÉ F

« Il y a plus d'inondations à l'embouchure de la rivière. [...] Les aînés disaient que le territoire était inondé tous les 30 ans à Winisk, mais juste depuis qu'on est déménagés, on a vu quatre inondations à Winisk. »

—Participant de l'Ontario (Firelight, 2022)

Les inondations : une autre menace pour les maisons du Nord

À cause de la hausse des températures, les inondations devraient être plus nombreuses, plus graves et plus imprévisibles aux quatre coins de la région nordique.

Les communautés côtières de la région désignée des Inuvialuit voient s'effriter leurs rivages à mesure que monte le niveau de la mer, rapprochant des dangers – comme les ondes de tempête – des bâtiments (Hatcher et Forbes, 2015). Dans d'autres communautés, la hausse des températures change les régimes des précipitations, de rupture des glaces et de fonte des neiges, provoquant des inondations qui menacent les bâtiments, les routes et les infrastructures de drainage (Lamoureux et coll., 2015).

Nous avons analysé le nombre de bâtiments menacés par une inondation intérieure aux Territoires du Nord-Ouest, au Nunavut, au Yukon et au Nunavik (tableau 6). Nous avons utilisé les données publiques sur les bâtiments et les inondations de JBA Risk Management – des données fréquemment utilisées par les assureurs pour évaluer le risque d'inondation des titulaires de police. Parmi les régions analysées, c'est le Yukon qui compte le plus haut pourcentage de bâtiments (dont des maisons) situés en plaines intérieures inondables à récurrence de 100 ans, suivi des Territoires du Nord-Ouest. D'autres renseignements sur le coût des inondations partout dans le Nord figurent dans le rapport de l'Institut climatique *Submergés* (figure 12).

Tableau 6

Pourcentage de bâtiments qui risquent des inondations selon les données du secteur de l'assurance

Région	Nombre total de bâtiments	Pourcentage en zone d'inondation à récurrence de 100 ans
Territoires du Nord-Ouest	13 235	13 %
Nunavik	29 530	7 %
Nunavut	2 788	6 %
Yukon	12 219	17 %

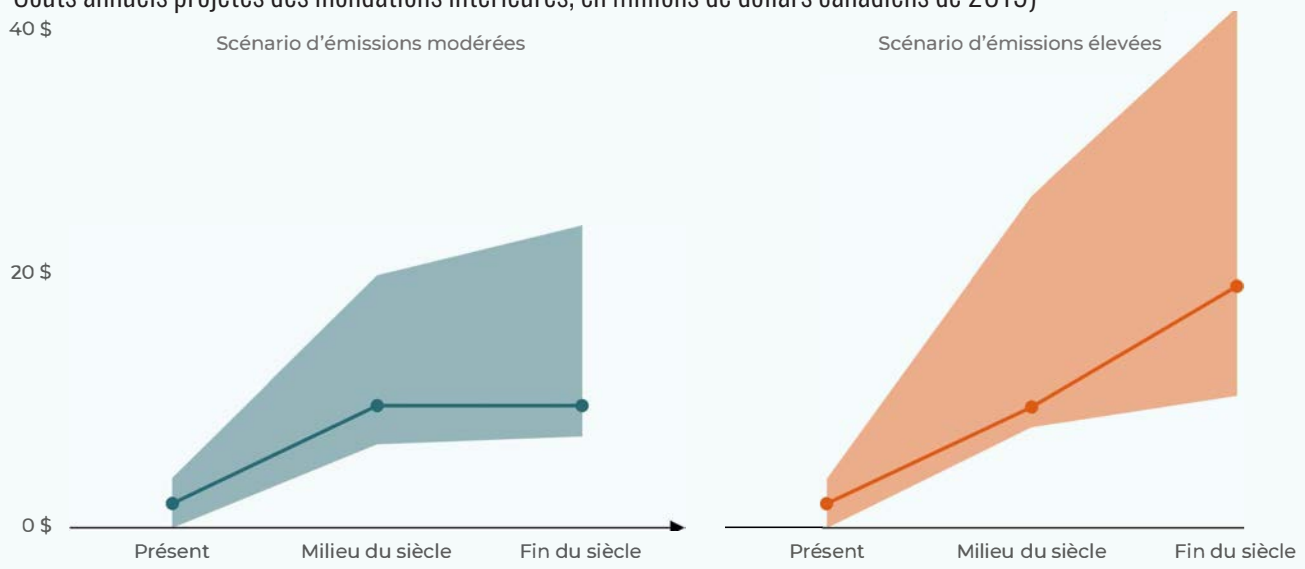
Les inondations et la hausse du niveau de la mer peuvent endommager les logements, déjà insuffisants dans beaucoup de communautés, ainsi que les sites historiquement et culturellement importants pour les peuples autochtones, notamment l'Île Herschel au Yukon (Radosavljevic et coll., 2016). Bien que la hausse du niveau de la mer ne représente pas nécessairement un risque pour beaucoup de communautés, une poignée d'entre elles situées en faible altitude sont extrêmement exposées. Par exemple, Tuktoyaktuk et Ulukhaktok, bâties sur du pergélisol qui fond, risquent l'inondation complète de leurs côtes, ce qui exigera potentiellement des centaines de millions de dollars pour assurer la protection de leurs côtes ou leur retrait stratégique.

Partout au Canada, le risque d'inondation est mal compris. Le manque d'information exacte sur les risques d'inondation partout dans le Nord représente un obstacle de taille à l'adaptation. Les cartes sont limitées et vétustes, et elles tiennent rarement compte des répercussions des changements climatiques futurs (Ness et coll., 2021). Cette lacune est encore plus marquée dans le Nord (voir figure 4). Toutes les communautés de la région nordique auront besoin de données exactes et actualisées sur les dangers d'inondation pour pouvoir se préparer et s'adapter adéquatement aux répercussions potentielles sur les infrastructures.

Figure 12

Les dommages dus aux inondations intérieures pourraient rapidement augmenter dans les territoires

Coûts annuels projetés des inondations intérieures, en millions de dollars canadiens de 2019)



Source : Rapport *Submergés* (Ness et coll., 2021)

Arviat, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

7

PERSPECTIVES NORDIQUES SUR LA QUESTION DES RÉPERCUSSIONS CLIMATIQUES

Les chiffres ne racontent qu'une version de l'histoire. La section suivante porte sur les principales préoccupations liées aux infrastructures dans le Nord et sur les stratégies d'adaptation ressorties de l'étude réalisée dans les communautés par le groupe Firelight et de nos séances de consultation auprès des détenteurs de droits et d'autres interlocuteurs. Nous avons aussi puisé dans la littérature pour étoffer les découvertes du groupe et examiner une plus grande étendue géographique.

À l'Institut climatique, les consultations avec des intervenants et des décideurs font partie du processus de tout projet de recherche majeur. Elles réalisées ont été particulièrement importantes pour le présent rapport; l'expérience des infrastructures et des changements climatiques que vivent les détenteurs de droits et les parties prenantes du Nord diffère de celle des habitants du reste du pays. Pour mieux comprendre les problèmes et les solutions potentielles, il nous fallait puiser l'information sur les infrastructures à la source, auprès des détenteurs de droits, des intervenants et des experts qui vivent et qui composent au quotidien avec les répercussions des changements climatiques.

La présente synthèse ne rend pas justice à l'expérience de chaque communauté. Bien que nous ayons pu obtenir la rétroaction de tous les gouvernements territoriaux et de beaucoup de gouvernements autochtones, nous n'avons pu échanger avec chaque organe de gouvernance autochtone de l'ensemble de la région. De plus, l'étude qualitative du groupe Firelight ne reflète qu'une fraction des perspectives et des connaissances de la grande diversité de peuples et de communautés autochtones nordiques.

Les personnes avec qui nous avons échangé ont souligné le fait que le Nord n'est pas une région uniforme – ses paysages, ses cultures, ses histoires et sa gouvernance composent un tableau diversifié. Les fonctions des infrastructures (routes, aéroports, bâtiments) diffèrent considérablement d'un endroit à l'autre, tout comme les responsabilités et rôles gouvernementaux à l'égard des

infrastructures et de l'adaptation climatique. Les économies régionales nordiques varient d'un océan à l'autre, et à certains endroits, le secteur privé joue un rôle très important dans la construction et l'entretien des infrastructures. Les politiques et mesures adoptées en réponse aux besoins infrastructurels et aux risques climatiques devront tenir compte de ces variations régionales.

Voici les quatre principaux thèmes qui se dégagent des recherches et de la consultation.

Les dirigeants autochtones et municipaux du Nord s'inquiètent de l'effet domino des changements climatiques, qui dépasse les seules infrastructures

On observe déjà les répercussions des changements climatiques sur la sécurité alimentaire, une préoccupation grandissante pour les dirigeants du Nord. Les travaux de Firelight décrivent l'effet sur la disponibilité et le prix de la nourriture en commerce qu'ont les effets de la fonte du pergélisol sur les infrastructures de transport. Les habitants du Nord ont signalé que le raccourcissement de la saison d'utilisation des routes d'hiver oblige beaucoup de communautés à un approvisionnement aérien en nourriture et en fournitures, synonyme d'une augmentation du prix des denrées (Human Rights Watch, 2020).

Pour les peuples autochtones, les changements climatiques affectent aussi de plus en plus la disponibilité d'aliments dans la nature (gibier, poisson et baies) et la sûreté des déplacements sur le territoire et la glace de mer (Ford et coll., 2019; Neufeld et Richmond, 2017; Naylor et coll., 2021). Des chercheurs ont découvert que les répercussions sur les systèmes de transport et les bâtiments entraînent par ricochet des dommages aux systèmes alimentaires naturels. Même si les pratiques de récolte ne sont pas les mêmes partout dans le Nord et dans les différentes communautés des Premières Nations, métisses et inuites, ces activités de subsistance supposent souvent le recours à des motoneiges, des VTT et des bateaux. Le transport maritime, routier et aérien est également essentiel à l'approvisionnement en carburant, en équipement et en pièces qui permettent de s'aventurer sur les terres. Les pénuries de carburant et les bouleversements du transport maritime réduisent l'accès aux sources alimentaires naturelles (Clark et coll., 2016).

La fonte du pergélisol perturbe également les méthodes d'entreposage et de partage de nourriture. Beaucoup creusent des celliers à même le pergélisol pour garder congelées les denrées alimentaires en été. Selon un participant d'Inuvialuit, les habitants du Nord dépendent de plus en plus de génératrices et d'appareils électriques pour conserver la nourriture. Les réseaux de partage de nourriture – pratique importante pour l'alimentation des membres des communautés et le renforcement des liens sociaux chez les Inuits et beaucoup de communautés des Premières Nations et métisses – sont touchés

« Il y a quelques années à peine, nous avions un cellier glacé [sous la terre] à notre cabane. […]En fait, nous en avions aussi un deuxième à la cabane du delta du Mackenzie, et nous l'entretenions régulièrement en y ajoutant de la neige fraîche. Celui qu'on a sur la côte est maintenant inutilisable, l'eau s'y accumule continuellement. […] Pourtant, on l'avait protégé et isolé. Il n'arrivait plus à garder la nourriture congelée, ou même simplement à une température stable, à cause des fluctuations de température. »

—Participant de la région désignée des Inuvialuit (Firelight, 2022)

par les fermetures de routes, les annulations de vols et les difficultés d'entreposage des aliments.

Les gouvernements autochtones, les municipalités et certains gouvernements territoriaux du Nord ont noté qu'en fait, les coûts directs de réparation et de remplacement des infrastructures ne représentent qu'une petite partie des coûts totaux des répercussions climatiques sur les infrastructures. Les coûts indirects d'infrastructures endommagées ou inadéquates, notamment le bouleversement des activités, les frais de santé et les conséquences sur la productivité, peuvent être encore plus importants. De plus, beaucoup de répercussions associées – pensons à l'insécurité alimentaire et à la perte d'accès à des lieux culturellement importants – ne sont pas quantifiables. Pour améliorer la gestion des coûts indirects et non chiffrables, les intervenants croient que les gouvernements doivent dépasser le format analytique traditionnel « coûts/avantages » (Samson, 2021).

Les administrations nordiques peinent à obtenir le financement, les ressources et les capacités nécessaires pour améliorer et adapter les infrastructures

Nos consultations ont révélé que les programmes fédéraux de financement infrastructurels ne sont pas conçus de façon à être accessibles aux administrations nordiques (territoriales, autochtones et municipales). Les ententes de partage des coûts constituent un obstacle de taille pour les gouvernements autochtones et territoriaux, particulièrement lorsque des fonds doivent être avancés pour préparer les propositions ou réaliser des études de faisabilité. Beaucoup de ces gouvernements n'ont pas les capacités nécessaires pour formuler d'ambitieuses demandes de financement au lourd processus. Les calendriers de conception et de mise en œuvre ne reflètent pas la réalité et l'importance de la participation des Autochtones, la brièveté de la saison de construction dans le Nord ni les limites gouvernementales en matière de capacités. De ce fait, les administrations nordiques ratent souvent des occasions de financement pourtant nécessaires ou ne font pas le poids dans la course aux programmes de financement face aux municipalités méridionales ou aux imposants gouvernements provinciaux.

Les habitants du Nord ont aussi déploré que les programmes de financement encouragent rarement le développement des capacités et la rétention des compétences techniques dans le Nord (ex. : construction, ingénierie, mécanique, planification). Le financement des infrastructures est connu pour n'être ni stable ni prévisible; dès que tarissent les fonds, les emplois spécialisés s'envolent. Les habitants du Nord spécialisés dotés d'une formation technique peinent souvent à trouver un emploi stable dans leur domaine chez eux. De ce fait, lorsqu'un financement cyclique fédéral est disponible, ce sont les compétences techniques qui n'y sont pas; on doit alors faire venir la main-d'œuvre du Sud, ce qui augmente les coûts des projets d'infrastructures à cause des frais de déplacement.

Les municipalités et les gouvernements autochtones consultés ont indiqué que les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux ne les consultaient pas systématiquement pour établir les priorités en matière d'investissements et de développement d'infrastructures. De plus, comme les savoirs locaux et autochtones ne se reflètent pas toujours dans la conception des projets, ceux-ci conviennent souvent mal aux besoins locaux et culturels et sont plus vulnérables aux dangers climatiques.

Les gouvernements territoriaux déplorent aussi le fait que le gouvernement fédéral les écarte des processus d'établissement des priorités en matière d'infrastructures et de décisions de financement (l'élaboration de politiques et de cadres stratégiques pertinents et la conception d'appels de financement et de projets stratégiques d'infrastructures, par exemple).

Pour beaucoup des personnes consultées, les changements climatiques posent des risques propres au Nord du Canada, notamment la fonte du pergélisol, la baisse du niveau de la mer (dans la région de la baie d'Hudson)

et la perte des routes d'hiver. À cause des vulnérabilités et des dangers différents de ceux du sud du pays, il est nécessaire de localiser l'information sur les risques climatiques qui sert à orienter les mesures d'adaptation. Nombre d'administrations territoriales, autochtones et municipales n'ont actuellement pas les ressources nécessaires pour générer des données climatiques pertinentes pour leur région. Celles qui existent sont rarement ramenées à une échelle locale convenant au Nord, ce qui rend difficile l'évaluation exacte des risques qui menacent les communautés. Les personnes, les entreprises et les gouvernements sont donc souvent inconscients de cette épée de Damoclès infrastructurelle. De plus, les codes, les normes et les pratiques de conception d'infrastructures ne reflètent pas toujours le risque proprement nordique des changements climatiques.

L'innovation au Nord ouvre déjà la porte à de nouvelles approches

Les peuples autochtones et les autres habitants du Nord se sont toujours adaptés aux changements environnementaux, et cette tendance se maintient face aux changements climatiques qui se font déjà sentir dans le Nord (Wenzel, 2009; Ford et coll., 2015). Comme le rapporte un participant de l'Ontario, des habitants du Nord misent déjà sur le jardinage et l'agriculture locale pour réduire leur dépendance à la coûteuse nourriture importée vendue en commerce (Ritchie, 2021). D'autres modifient leurs habitudes de chasse et de récolte et explorent de nouveaux endroits ou d'autres périodes de l'année.

Des chercheurs et des Inuits ont découvert que la technologie et l'équipement (ex. : appareils GPS, équipement de surveillance de la glace) peuvent aider à garantir la sécurité des personnes qui s'aventurent sur le territoire (Aporta et coll., 2005; Clark et coll., 2016). L'information sur les changements environnementaux circule aussi sur les réseaux communautaires et sociaux (Fox et coll., 2020; Bell et coll., 2014). Les gouvernements pourraient toutefois mieux appuyer et outiller ces stratégies d'adaptation, par exemple par des programmes de soutien à l'agriculture, de meilleures prévisions météorologiques et un soutien aux modes de transmission d'information culturellement appropriés (Clark et coll., 2016).

Les habitants du Nord en sont à repenser les façons de fournir les services essentiels pour s'adapter aux répercussions et aux menaces des changements climatiques. Ainsi, pour éliminer les obstacles qui entourent l'accès aux soins de santé dans le Nord, une équipe de médecins et de chercheurs élaborent des outils permettant d'assurer à distance des soins médicaux de qualité. On teste notamment l'utilisation de robots télécommandés pour l'évaluation des patients (Jong et coll., 2019; Adams et coll., 2021; Ellis et coll., 2020).

Les habitants du Nord en sont aussi à revoir la conception des infrastructures pour favoriser leur résilience et les adapter à leurs besoins. Par exemple, en étroite collaboration avec des intervenants inuits, une équipe de chercheurs et d'architectes a étudié la conception des aéroports et des bâtiments dans le Nord (White et coll., 2010). L'une des approches conceptuelles des aéroports au Nunavut consiste à intégrer des centres de santé communautaires aux aérogares, ce qui traduit l'importance du transport aérien dans les soins de santé nordiques (White et coll., 2010). L'équipe a aussi proposé de nouvelles façons de penser les centres de soins aux aînés de sorte à remettre la culture inuite et les approches holistiques

« Je fais des expériences dans mon jardin, pour ne pas avoir à acheter de la nourriture venue de la Californie ou du Mexique. […] Ça ressemble un peu à un projet de science; ici, on n'a à peu près que de la tourbe comme terreau, […] on ne peut pas faire pousser ce qu'on veut. […] Et l'année prochaine, je prévois avoir des poules pondeuses, pour ne pas avoir à acheter d'œufs. »

—Participant de l'Ontario (Firelight, 2022)

en matière de bien-être au centre de la conception des immeubles (Lola Sheppard et coll., 2017).

Une adaptation réussie demande des transformations qui s'attaquent directement aux causes de la vulnérabilité des infrastructures

De nombreux représentants d'industries, du secteur public et des gouvernements autochtones nous ont dit que des transformations seront nécessaires pour répondre au déficit d'infrastructures dans le Nord et protéger les personnes et les communautés contre les dangers climatiques.

L'éducation et la formation professionnelle sont un secteur essentiel qui devra évoluer profondément pour que l'on puisse bâtir la résilience des infrastructures et combler les lacunes. On nous a dit que l'accès tant aux programmes techniques qu'aux programmes d'éducation supérieure est limité dans la plupart des communautés. Avant que le Yukon College ne devienne l'Université du Yukon en 2020, le Nord canadien ne comptait aucun établissement universitaire. Au Nunavut, les étudiants n'ont accès à l'éducation supérieure que par l'intermédiaire de partenariats avec des universités hors région (NTI, 2020). L'éducation en ligne et à distance sont des options émergentes, mais la lenteur des connexions Internet empêche beaucoup d'habitants du Nord d'en profiter.

Des chercheurs et des habitants du Nord ont observé que les lacunes en matière d'éducation et de compétences s'expliquent souvent par le fait que les entreprises et les gouvernements font venir la main-d'œuvre du Sud, ce qui limite la capacité de bâtir et d'entretenir des infrastructures dans le Nord. Le caractère imprévisible des dépenses d'infrastructures fédérales et de secteurs volatils comme l'extraction minière contribuent à perpétuer le déficit de compétences; les habiletés et certifications nécessaires pour ériger et réparer des infrastructures sont dures à conserver dans bien des communautés nordiques. Les investissements insuffisants dans les infrastructures en éducation (écoles, Internet haute vitesse, sécurité alimentaire, accès à l'eau potable, etc.) ne font qu'exacerber ce cycle en multipliant les obstacles à la formation.

Les détenteurs de droits et les intervenants ont pointé du doigt d'autres causes importantes au déficit d'infrastructures et à la vulnérabilité de ces dernières aux changements climatiques, notamment les crises sanitaires actuelles qui accaparent les gouvernements, le roulement de personnel élevé au sein des organes de gouvernance nordiques et la petite assiette fiscale. Beaucoup des causes nommées reflètent les répercussions du colonialisme et du racisme qui continuent de se faire sentir.

Pond Inlet, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

8

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

À cause du réchauffement accéléré du Nord canadien, les habitants de la région goûtent déjà aux répercussions des changements climatiques, notamment sous la forme de défaillances d'infrastructures et d'interruptions de service. Les politiques, anciennes et modernes, ont fortement désavantagé les communautés nordiques dans la préparation et l'adaptation aux répercussions climatiques. Pour les peuples autochtones, ce désavantage est plus marqué encore par l'héritage du colonialisme, du paternalisme méridional et du racisme.

Il est temps de donner au Nord ce qui lui revient. Notre analyse montre que tous les ordres de gouvernements doivent établir des politiques et réaliser des investissements dès maintenant pour préparer les infrastructures nordiques aux répercussions des changements climatiques.

Photo : Bird's Eye Inc.

Conclusions

Cinq constats majeurs ressortent de notre évaluation des répercussions climatiques sur les infrastructures nordiques.

1 Sans interventions précises et ciblées, les changements climatiques ne feront qu'aggraver les lacunes actuelles dans les services d'infrastructures de base partout dans le Nord.

Même en ne tenant pas compte des répercussions futures des changements climatiques, l'insuffisance actuelle des infrastructures restreint déjà l'accessibilité des services essentiels pour les habitants du Nord, et particulièrement les Autochtones.

La dégradation des infrastructures dans le Nord entraîne des coûts exorbitants non seulement en argent, mais aussi en matière de culture, de santé et de bien-être, et, comme le montre notre analyse, les défaillances ne feront que s'aggraver à mesure que le climat continuera de changer. Notre modélisation montre que les coûts directs de ces changements pourraient se chiffrer en milliards de dollars juste en dommages aux aéroports, aux routes et aux bâtiments pendant les trois prochaines décennies. L'analyse met aussi en lumière de nombreux autres coûts qui ne peuvent être modélisés, mais qui pourraient avoir des répercussions plus importantes encore. Par exemple, l'exacerbation de la pénurie de logements sûrs et abordables partout dans le Nord à cause des changements climatiques pourrait avoir des répercussions majeures sur la santé des résidents. Les effets du climat sur les infrastructures aéroportuaires pourraient menacer l'accès aux soins médicaux d'urgence.

Même sans tenir compte des changements climatiques, le déficit d'infrastructures nordiques est un cercle vicieux. Ainsi, le manque de ports, de routes et d'aéroports fait grimper le coût du transport des matériaux nécessaires pour construire et maintenir les infrastructures. La rareté des établissements d'éducation fait en sorte que peu d'habitants du Nord acquièrent les compétences techniques pour travailler au développement des infrastructures, et la crise du logement rend difficile et coûteuse l'importation de main-d'œuvre du Sud. Pour combler le déficit nordique, il est nécessaire d'investir immédiatement et continuellement dans des infrastructures résilientes. Autrement, l'écart ne fera que se creuser, aggravant les inégalités infrastructurelles entre les communautés du Nord et du Sud et gonflant les coûts de construction d'infrastructures fonctionnelles dans les années à venir.

Ni le manque d'infrastructures au Nord ni la menace climatique qui pèse sur ces infrastructures ne se régleront d'eux-mêmes. Chacun des deux problèmes aggrave l'autre : c'est pourquoi il faut contrer les deux menaces en même temps. Des investissements en adaptation pourront aider à combler le déficit d'infrastructures par la conception, la localisation et la construction d'infrastructures fonctionnelles, fiables et résilientes dans un contexte de réchauffement climatique.

2 Les peuples autochtones du Nord font face à des menaces uniques, exacerbées par les défaillances d'infrastructures.

Dans le Nord, les peuples autochtones s'adaptent aux changements dans leur environnement depuis des temps immémoriaux et ont fait preuve d'une résilience extraordinaire devant la colonisation et la dépossession qui en a découlé. Cependant, le climat change aujourd'hui plus rapidement que jamais auparavant.

La colonisation et le racisme ont profondément ébranlé la capacité d'adaptation des peuples autochtones du Nord devant les défaillances et les déficits d'infrastructures. Dans le passé, les gouvernements ont élaboré des politiques économiques et sociales visant à anéantir les cultures autochtones, qui ont ravagé le tissu social, les connaissances et les institutions, pourtant essentiels à l'adaptation aux changements climatiques (Commission de vérité et réconciliation du Canada, 2015). Des années de sous-investissement systémique et de négligence de la part des instances méridionales ont miné la santé, le bien-être et la culture autochtones. Et un nombre incalculable de politiques et de programmes nordiques ont systématiquement ignoré l'apport des peuples autochtones, donnant lieu à des infrastructures qui ne reflètent ni leurs valeurs, ni leurs cultures, ni leurs réalités.

À ce jour, les processus de prise de décisions en matière d'infrastructure excluent encore souvent la participation réelle des détenteurs de droits autochtones et des gouvernements du Nord. Cette absence des Autochtones du Nord continue d'entraver la conception de programmes de financement adéquats et l'établissement de priorités réalistes en matière d'infrastructures, qui ne répondent pas aux besoins les plus immédiats.

3 Dans le Nord, les défaillances infrastructurelles découlant des changements climatiques se révéleront coûteuses et menaceront les services essentiels.

Les infrastructures du Nord sont de plus en plus exposées aux répercussions des changements climatiques. Des pistes d'atterrissage et les routes se fissurent à cause de la fonte du pergélisol, des routes d'hiver deviennent dangereuses ou impossibles à aménager, des fondations de bâtiments s'effondrent et la hausse du niveau de la mer et les inondations mettent en péril l'existence même de certaines communautés.

Lorsque les infrastructures sont endommagées ou détruites, les services essentiels s'en trouvent menacés. Les systèmes d'infrastructures sont particulièrement sensibles aux répercussions des changements climatiques partout dans le Nord; il n'y a souvent pas de solution de rechange et les services souffrent déjà de déficience chronique. Lorsqu'une section d'infrastructure lâche (ex. : panne dans une centrale

au diesel, piste d'atterrissage endommagée), les services de soins de santé ou l'accès à la nourriture peuvent rapidement s'en trouver compromis.

Les défaillances d'infrastructures dans le Nord sont aussi coûteuses, entre autres parce que les coûts directs de remplacement ou de réparation peuvent représenter plusieurs fois ceux qu'on voit dans le Sud du pays. Elles coûtent aussi plus cher en raison de l'importance des répercussions et des bouleversements et de l'effet domino des conséquences. La ville d'Iqaluit en a subi un exemple manifeste en 2021, alors que les réserves d'eau de la ville ont été contaminées par du carburant. L'état d'urgence de plusieurs mois a non seulement perturbé l'accès à l'eau potable dans presque toute la ville, mais a aussi causé un délestage des chirurgies à l'hôpital et nui à l'approvisionnement alimentaire.

4 Le manque de coordination entre les multiples ordres de gouvernement mine la résilience des infrastructures.

Tous les ordres de gouvernements jouent un rôle dans l'établissement de politiques et l'adoption de mesures pour réduire les risques d'interruption des services essentiels. À ce jour, il n'existe pas de cadre commun aux gouvernements autonomes des Inuits et des Premières Nations, à ceux des territoires et au gouvernement fédéral pour soutenir les infrastructures et les décisions concernant l'adaptation aux changements climatiques. Les divers ordres de gouvernement adoptent plutôt des stratégies et des initiatives d'adaptation d'infrastructures sans cohérence ni coordination.

5 Les mesures d'adaptation progressive sont à elles seules insuffisantes pour protéger les infrastructures des changements climatiques.

En regard des déficits d'infrastructures actuels dans le Nord et de la progression rapide des répercussions des changements climatiques, l'adaptation transformationnelle peut parfois se révéler plus payante que la seule adaptation progressive. Notre analyse montre que cette dernière peut ralentir ou retarder les coûts dans certains cas, mais ne fait souvent que reporter l'inévitable.

Les mesures d'adaptation transformationnelle sont l'occasion de changer fondamentalement les systèmes d'infrastructures qui ne sont plus fonctionnels – ou qui ne l'ont jamais été – pour les habitants du Nord et les peuples autochtones, en faisant le saut vers de nouvelles technologies qui fournissent de meilleurs services, plus adéquats et plus résilients. Toutefois, les mesures transformationnelles ne sont pas encore inscrites dans la pensée dominante du Nord en matière d'adaptation aux changements climatiques.

Arviat, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

The Ni le manque d'infrastructures au Nord ni la menace climatique qui pèse sur ces infrastructures ne se régleront d'eux-mêmes. Chacun des deux problèmes aggrave l'autre : c'est pourquoi il faut contrer les deux menaces en même temps.

Recommandations

Les changements climatiques mettent en péril les modes de vie, les moyens de subsistance, la santé et la sécurité des habitants du Nord. La meilleure façon de contrer cette menace est d'adopter une approche coordonnée à la fois pour combler le déficit infrastructurel et pour favoriser la résilience des futures infrastructures nordiques. C'est l'occasion d'harmoniser les politiques nordiques en matière d'infrastructures avec celles de la vision collective du Cadre stratégique pour l'Arctique et le Nord du Canada – « Des personnes et des communautés fortes et autonomes qui travaillent ensemble à bâtir une région arctique et nordique dynamique, prospère et durable » (RCAANC, 2019). L'ultime succès des efforts déployés pour préparer et réparer les infrastructures du Nord face aux changements climatiques se mesurera par la capacité des habitants du Nord d'avoir accès à des infrastructures fiables et par l'équité en matière de bien-être et de qualité de vie, et ce, dans un contexte où les répercussions climatiques n'iront qu'en s'aggravant. En contrepartie, un échec de l'adaptation pourrait mener à une augmentation rapide des coûts dans le Nord, et dans le pays en entier d'ailleurs, en raison non seulement des dommages et de la destruction des infrastructures, mais aussi des répercussions sur la santé et les modes de vie des communautés et des personnes.

À l'avenir, les nouvelles infrastructures devront être bâties de manière à combler les déficits de service et à suivre le rythme de la croissance des populations, à affronter les dangers climatiques et à répondre aux changements géopolitiques. Et parce que dans le passé elles n'ont pas été érigées en tenant compte des besoins des peuples autochtones, les décisions d'infrastructures, les processus de développement économique et les stratégies d'adaptation aux changements climatiques futurs devront respecter le droit à l'autodétermination autochtone.

Nous avons formulé quatre recommandations qui aideront à bâtir la résilience du Nord par de meilleures décisions en matière d'infrastructure. La colonisation et le racisme sont des causes profondes de la vulnérabilité des infrastructures face aux changements climatiques; chaque recommandation prend donc racine dans un principe directeur d'autodétermination et devrait être mise en œuvre dans cet état d'esprit.

PRINCIPE DIRECTEUR :

Toutes les politiques de développement et d'adaptation des infrastructures devraient être mises en **œuvre de manière à respecter les principes décrits dans le rapport de la Commission de vérité et réconciliation.**

Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux devraient établir des partenariats égalitaires avec les gouvernements et les communautés autochtones pour assurer un accès à des infrastructures fiables et équitables qui répondent aux besoins exprimés.

L'adaptation aux changements climatiques est l'occasion de renouveler et de transformer les infrastructures nordiques afin qu'elles servent mieux les peuples autochtones. Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux doivent développer les infrastructures au moyen de processus équitables et collaboratifs, en étroite collaboration avec les gouvernements autonomes et les organismes régionaux autochtones.

Par définition, les communautés et les gouvernements autochtones – aux priorités et aux besoins distincts et diversifiés – doivent avoir un pouvoir décisionnel en matière d'infrastructures. Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux doivent donc écouter, consulter et suivre les gouvernements et communautés autochtones, dès les premiers pas des projets infrastructurels et jusqu'à leur construction, leur exécution et leur adaptation continue.

Pangnirtung, Nunavut. Photo : Dylan Clark.

1. FINANCEMENT : Le gouvernement fédéral devrait allouer de nouvelles ressources financières au soutien des infrastructures du Nord et restructurer les programmes de financement des infrastructures existants pour augmenter leur accessibilité et leur utilité pour les gouvernements locaux.

Les programmes de financement des infrastructures existants ne sont pas adaptés aux gouvernements nordiques (territoires, municipalités, régions et communautés autochtones), car ils ne reflètent pas les réalités physiques, économiques ou sociales de la construction et de l'entretien des infrastructures dans le Nord. Les calendriers ne tiennent pas compte de la brièveté des saisons de construction ni de la complexité du transport des matériaux, les processus de demande peuvent alourdir le fardeau pour les capacités déjà limitées des collectivités locales, et le financement est intermittent. De plus, le financement total actuellement disponible pour les gouvernements nordiques est insuffisant pour combler le déficit d'infrastructures et pour adapter et entretenir les infrastructures existantes, sans parler de soutenir leur adaptation au réchauffement climatique.

Le gouvernement fédéral doit restructurer en profondeur ses programmes de financement de sorte que les gouvernements nordiques puissent les utiliser. Cela demande :

- un financement stable et prévisible, avec un horizon pluriannuel qui correspond aux priorités et aux calendriers de planification et de construction;
- des programmes de financement d'emplois à temps plein en plus de fonds d'immobilisation pour renforcer les capacités au sein des gouvernements nordiques;
- plus de souplesse dans les programmes de financement, notamment par des mécanismes tels que le renouvellement et le cumul. Les gouvernements territoriaux devraient aussi donner aux municipalités la latitude nécessaire pour renouveler leur financement pendant plusieurs années afin d'économiser en vue d'améliorations plus importantes aux immobilisations;
- une meilleure participation financière du fédéral aux programmes actuels de financement d'infrastructures dans le Nord et de nouveaux programmes qui soutiennent l'adaptation au climat des infrastructures existantes.

2. DONNÉES : Le gouvernement fédéral devrait aider les gouvernements provinciaux et territoriaux à établir et à tenir à jour une banque de données exactes et pratiques sur les risques climatiques pour les infrastructures du Nord, en priorisant l'information pertinente pour les décideurs et les communautés autochtones de la région.

Le manque de données sur les risques climatiques qui menacent les infrastructures nordiques fait qu'il est difficile de tenir compte des changements climatiques dans la conception ou l'adaptation d'infrastructures. Les gouvernements nordiques (territoires, municipalités, régions et communautés autochtones) manquent de données détaillées sur les risques météorologiques et climatiques actuels et futurs pour les infrastructures (routes, aéroports, bâtiments, services, ports, etc.); ils auraient notamment besoin d'une surveillance continue et de projections de la fonte du pergélisol, des feux incontrôlés, des changements dans le régime des vents et des orages.

Le gouvernement fédéral devrait soutenir financièrement et techniquement la cueillette de données sur l'évolution des conditions climatiques et les risques climatiques, et les projections des risques futurs. Toutefois,

il est important que les gouvernements nordiques et autochtones puissent se prononcer – et parfois prendre des décisions – sur la manière dont les données sont recueillies, modélisées, réduites à l'échelle locale, gérées et emmagasinées.

- Le gouvernement fédéral devrait fournir un financement durable, stable et prévisible pour que les communautés puissent suivre les répercussions climatiques à long terme. Les données climatiques à longue portée sont essentielles pour prendre des décisions rentables en matière d'infrastructures. Les données sur le climat et sur les risques climatiques qui ne font pas l'objet d'un suivi rigoureux étendu sur plusieurs années n'ont qu'une utilité minime.
- Le financement devrait couvrir l'éducation, la formation et l'acquisition de compétences de sorte que les communautés puissent se donner les moyens de surveiller et de recueillir les données dont elles ont besoin.
- Les gouvernements provinciaux et territoriaux devraient travailler en collaboration étroite avec les communautés nordiques et autochtones pour déterminer leurs besoins en matière de données sur les risques climatiques et leurs priorités de recherche.
- Les données devraient être adaptées à une échelle pertinente pour les communautés nordiques et autochtones. Cela implique de ramener les projections climatiques et les cartes détaillées des risques associés aux changements climatiques à l'échelle des communautés locales. De plus, les gouvernements devraient garantir l'accessibilité des données (transmission culturellement appropriée et disponibilité adaptée au service Internet dans le Nord) pour les résidents.
- L'information climatique servant à orienter l'adaptation dans le Nord devrait puiser dans les systèmes de connaissances occidentaux et autochtones afin de bénéficier des forces de chacun (ECCC, 2020).

3. INNOVATION : Tous les ordres de gouvernement devraient privilégier le remplacement des infrastructures et la progression transformationnelle par bonds plutôt que les réparations et la protection, dans la mesure où cette stratégie constitue une façon plus efficace et durable d'assurer les services.

L'un des grands défis sera de suivre le rythme rapide des changements climatiques et de leurs répercussions sur les infrastructures du Nord, même en disposant de ressources supplémentaires. La fonte du pergélisol endommage de plus en plus de bâtiments, les routes d'hiver sont de plus en plus impraticables et les systèmes de transport ne répondent plus aux besoins des populations qui en dépendent.

Pour obtenir les meilleures infrastructures possibles avec des ressources limitées, tous les ordres de gouvernement devront prendre des décisions infrastructurelles au moyen des données disponibles – notamment par la mise en place de systèmes de gestion des infrastructures qui tiennent compte des changements climatiques dans les décisions sur les activités, l'entretien et le remplacement à long terme (Fédération canadienne des municipalités, 2018). IL s'agit notamment de déterminer les situations où il est possible d'adapter les infrastructures existantes en vue de réduire les coûts et les bouleversements entraînés par des réparations fréquentes, mais aussi celles où il ne vaut plus la peine de réparer ou de protéger face à l'accélération des répercussions climatiques. Dans de tels cas, il peut se révéler à la fois plus rentable et moins perturbateur de les remplacer par des infrastructures conçues pour faire face aux conditions climatiques futures plutôt que de se livrer à d'éternelles réparations sur des constructions inadéquates.

- Les gouvernements territoriaux et fédéral devraient augmenter le recours à des mesures d'adaptation progressive (ex. : thermosiphons, extraction de chaleur des remblais, renforcement de la couche de base) pour protéger les infrastructures contre la fonte du pergélisol et d'autres changements climatiques. Toutefois, la décision de recourir à ce type de mesures devrait tenir compte de leurs coûts et de leurs avantages à long terme et, le cas échéant, prévoir des mécanismes de suivi de leur rentabilité.
- Les gouvernements devraient favoriser l'adaptation transformationnelle en développant des systèmes d'infrastructures de nouvelle génération, qui délaissent complètement les modèles traditionnels. Il pourrait s'agir par exemple, plutôt que de reconstruire une centrale au diesel, d'investir dans des miniréseaux d'énergie renouvelable pour stabiliser l'approvisionnement en électricité et améliorer la résilience des communautés nordiques face au manque de fiabilité des routes pour l'acheminement de carburant; ou alors, pour réduire la dépendance aux avions et aux aéroports et ne plus avoir à envoyer les patients dans le Sud pour consulter des spécialistes, d'améliorer la présence médicale à distance et les services de télésanté.
- Dans certains cas, la défaillance planifiée ou le retrait stratégique peut se révéler l'option la plus rentable lorsque le coût d'entretien des infrastructures actuelles dépasse largement ce qu'il en coûterait de les reconstruire ailleurs ou de modifier le moyen de prestation des services. Il est essentiel que ces décisions soient prises par les habitants du Nord. Dans des circonstances où la meilleure option est la défaillance planifiée, il pourrait y avoir d'excellentes possibilités d'adaptation transformationnelle.

4. RÉGLEMENTATION : Les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux devraient mettre à jour leurs politiques, leurs règlements, leurs normes et leurs codes relatifs aux infrastructures pour y intégrer explicitement les répercussions plus complexes et graves des changements climatiques dans le Nord et garantir la résilience des nouvelles infrastructures.

On continue de construire les infrastructures du Nord pour un climat qui n'existe plus. Dans les années à venir, beaucoup de nouvelles infrastructures seront nécessaires dans cette région pour préserver l'accessibilité des services de base (eau potable, logement, soins médicaux). Des changements aux réglementations peuvent garantir la pérennité des infrastructures face aux changements climatiques futurs.

- Les processus législatifs et les prises de décisions internes des gouvernements devraient inclure des analyses des risques climatiques physiques. Par exemple, les gouvernements et les organismes de réglementation devraient garantir la communication de ces risques dans les évaluations des répercussions sur l'environnement. Ils devraient aussi tenir compte des risques futurs d'inondation, de hausse du niveau de la mer et de fonte du pergélisol dans leur aménagement du territoire. Ces risques devraient également être intégrés aux processus de planification des immobilisations d'infrastructures et aux décisions d'investissements (ex. : analyses de risques d'inondation et de fonte du pergélisol dans tous les grands projets d'infrastructures).
- Les gouvernements territoriaux et provinciaux devraient élaborer des plans clairs qui dictent des normes et des codes obligatoires, tels que ceux élaborés dans le cadre de l'Initiative de normalisation des infrastructures du Nord, et ce, pour tous les projets d'infrastructures publics et privés destinés à fournir des services essentiels.
- Les normes, les codes et les règlements devraient refléter les meilleures données climatiques disponibles et s'inspirer autant des systèmes de connaissances occidentaux qu'autochtones.
- Les gouvernements devraient assurer une gestion adaptative de l'actualisation des codes et des normes

GLOSSAIRE

Adaptation : Mesures visant à limiter les pertes et les dommages causés par les changements climatiques actuels et attendus et à tirer parti de nouvelles possibilités.

Adaptation progressive : Stratégie d'adaptation visant à protéger et à préserver les systèmes existants. En sont des exemples courants les exigences de divulgation des risques matériels, les murs d'endiguement et les digues, et la suppression d'incendies. Concernant l'infrastructure, l'adaptation progressive cherche davantage à préserver les systèmes existants qu'à trouver des façons novatrices d'assurer les services (voir ***adaptation transformationnelle***).

Adaptation transformationnelle : Stratégie d'adaptation visant à réduire à long terme les causes fondamentales de la vulnérabilité aux changements climatiques, souvent caractérisée par des ajustements pansystémiques en prévision des changements climatiques et de leurs répercussions. Concernant l'infrastructure, l'adaptation transformationnelle vise davantage la recherche de stratégies novatrices pour assurer les services que la préservation des systèmes existants (voir ***adaptation progressive***).

Capacité d'adaptation : Forces, aptitudes et ressources dont dispose une personne, une collectivité, une société ou une organisation pour s'adapter aux changements climatiques.

Changements climatiques : Évolution du climat de la Terre, principalement causée par l'utilisation de combustibles fossiles, qui émettent des gaz emprisonnant la chaleur dans l'atmosphère. La principale manifestation en est un réchauffement de la planète, mais on observe aussi une hausse du niveau des mers, la fonte de champs de neige et de glace auparavant dits perpétuels, et l'accentuation des conditions météorologiques extrêmes.

Climat : Conditions météorologiques moyennes dans un endroit donné sur une longue période, généralement au moins 30 ans.

Colonialisme : Acquisition totale ou partielle du pouvoir politique sur une autre nation, que l'on colonise et exploite pour ses ressources économiques. Au Canada, le colonialisme est un processus persistant qui continue d'avoir des répercussions dévastatrices sur l'éducation, les cultures, les langues, la santé, le bien-être des enfants, l'administration de la justice, les débouchés économiques et la prospérité des peuples autochtones.

Dangers climatiques : Événement physique potentiel d'origine climatique susceptible d'entraîner des décès ou des blessures, ainsi que des pertes ou des dommages touchant les biens matériels, les infrastructures, la prestation de services ou les ressources environnementales. En raison des changements climatiques, on prévoit que la fréquence de certains dangers continuera d'augmenter.

Défaillance planifiée : Approche d'adaptation selon laquelle les gestionnaires d'actifs laissent des infrastructures se détériorer stratégiquement pour les mettre hors service une fois des systèmes plus résilients en place.

Déficit d'infrastructures : Pour les besoins de ce rapport, disparité entre les infrastructures septentrionales et méridionales du Canada attribuable au parc d'infrastructures inadéquat, aux investissements épars et inégaux et à l'accès inéquitable aux services dans le Nord (surtout par rapport au sud).

Détenteur de savoir autochtone : Personne qui possède des générations de savoir ancré dans les cultures, les langues, les systèmes de gouvernance et les expériences uniques des peuples autochtones.

Exposition : Présence d'humains, de moyens de subsistance, de ressources et de services environnementaux, d'infrastructures ou d'actifs économiques, sociaux ou culturels dans des endroits qui pourraient subir les conséquences négatives des changements climatiques.

Extraction de chaleur des remblais : Pratiques visant à empêcher la fonte du pergélisol sous les infrastructures routières. Les remblais routiers sont souvent des remblais à convection d'air, c'est-à-dire qu'ils sont construits de matériaux hautement poreux, comme des roches et des galets. Le retrait de la neige s'accumulant sur le côté des routes, des pistes d'atterrissage et des massifs en hiver aide aussi à prévenir la fonte en permettant à l'air de refroidir la surface du sol.

Gouvernement autonome : Structure officielle par laquelle les communautés autochtones contrôlent la gestion de leurs membres, de leurs terres et de leurs ressources ainsi que des programmes et politiques connexes. L'autonomie gouvernementale reconnaît les droits inhérents des peuples autochtones de créer et de gérer leurs propres institutions, lois et organes de gouvernance.

Habitant du Nord : Personne résidant dans le Nord (comprend les Autochtones et les colonisateurs).

Inuit Nunangat : Terre natale des Inuits, composée des quatre régions inuites du Canada : la région désignée des Inuvialuit, le Nunavut, le Nunavik et le Nunatsiavut.

Modèle climatique : Simulation climatique prenant appui sur des processus physiques documentés. Aussi appelés *modèles de circulation générale* (MCG), les modèles climatiques utilisent des équations mathématiques pour définir les interactions de l'énergie et de la matière à différents points de l'océan, de l'atmosphère et de la masse terrestre.

Nord du Canada : Yukon, Territoires du Nord-Ouest, Nunavut, Nunavik et Nunatsiavut, et régions nordiques (terres au-dessus du 55e parallèle nord) de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, de la Saskatchewan, du Manitoba et de l'Ontario. Dans ce rapport, ce terme désigne principalement les zones où l'on trouve actuellement du pergélisol. Toutefois, nous reconnaissons que le Nord peut se définir de plusieurs façons, que ses cultures et écosystèmes sont diversifiés et que l'utilisation et l'occupation des terres traditionnelles par les communautés autochtones s'étendent au-delà de ces délimitations bureaucratiques.

Pergélisol : Sol dont la température demeure inférieure à 0 °C pendant au moins deux années consécutives.

Progression par bonds : Fait, pour une nation ou une région, de passer outre aux stades de développement traditionnels et de sauter directement aux dernières technologies ou d'adopter un processus différent reposant sur des technologies ou des connaissances émergentes pour tirer parti de nouveaux avantages et débouchés.

Projections climatiques : Réponse simulée du système climatique à un scénario futur d'émissions ou de concentration de gaz à effet de serre et d'aérosols – dérivée de modèles climatiques. Les projections climatiques se distinguent des prévisions climatiques par leur dépendance au scénario d'émissions, de concentration ou de forçage radiatif utilisé, qui prend lui-même appui sur des hypothèses relatives, par exemple, aux éventuels développements socioéconomiques et technologiques.

Renforcement de la couche de base : Méthode consistant à ajouter plusieurs couches de tissu perméable aux remblais pour renforcer, protéger et drainer les sols et augmenter la résilience des infrastructures aux conséquences structurelles de la dégradation du pergélisol.

Répercussions : Effets sur les systèmes naturels et humains. Dans le présent rapport, ce terme désigne les effets des événements physiques, des catastrophes ou des changements climatiques.

Résilience : Capacité d'un système physique, social ou écologique et de ses composantes à anticiper et à absorber les effets d'une catastrophe, à s'y adapter et à s'en remettre de façon rapide et efficace.

Retrait stratégique : Relocalisation stratégique de personnes, de structures et de bâtiments pour les protéger d'un danger naturel. Souvent utilisée pour fuir la hausse du niveau des mers, les inondations et les feux incontrôlés, cette technique peut aussi prendre la forme d'un abandon stratégique visant à laisser les environnements naturels reprendre le dessus.

Risque : Possibilité que des conséquences surviennent lorsqu'un élément important est en jeu et que le résultat est incertain. On représente souvent le risque comme une combinaison de la probabilité d'une tendance ou d'un événement dangereux et des répercussions éventuelles de cette tendance ou de cet événement. Le risque découle de l'interaction entre vulnérabilité, exposition et danger. Dans le présent document, ce terme est surtout utilisé pour désigner les risques associés aux répercussions des changements climatiques.

Route d'hiver : Route saisonnière utilisée seulement en hiver – et reconstruite manuellement chaque année – qui traverse des terres, des lacs gelés et des rivières.

Thermosiphon : Appareil de réfrigération conçu pour garder le pergélisol au frais en extrayant la chaleur du sol pour la relâcher dans l'air. Les thermosiphons prennent généralement la forme de tuyaux scellés contenant un fluide sous pression mi-liquide, mi-gazeux. Les tuyaux sont installés à la verticale (une extrémité dans le sol et l'autre au-dessus de la surface).

Vulnérabilité : Mesure dans laquelle un système est soumis ou incapable de s'adapter aux effets négatifs des changements climatiques, y compris les variations du climat et les extrêmes climatiques.

RÉFÉRENCES

RNCan (Ressources naturelles Canada) (s. d.). *L'emploi dans le secteur des minéraux*. https://www.rncan.gc.ca/science-data/science-research/earth-sciences/earth-sciences-resources/earth-sciences-federal-programs/lemploi-dans-le-secteur-des-mineraux/16741#s2.

Adams, Scott J., Paul Babyn, Brent Burbridge, Rachel Tang et Ivar Mendez (2021). « Access to ultrasound imaging: a qualitative study in two northern, remote, Indigenous communities in Canada », *International Journal of Circumpolar Health*, vol. 80, nº 1. https://doi.org/10.1080/22423982.2021.1961392.

Allard, Michel, Mickaël Lemay, Carl Barrette, Emmanuel L'Hérault, Denis Sarrazin, T. Bell et G. Doré (2012). « Permafrost and Climate Change in Nunavik and Nunatsiavut: Importance for Municipal and Transportation Infrastructures », dans *Nunavik and Nunatsiavut: From Science to Policy. An Integrated Regional Impact Study (IRIS) of Climate Change and Modernization*, Michel Allard et Mickaël Lemay, éd., p. 171-197, ArcticNet Inc.

AMAP (Artic Monitoring and Assessment Programme) (2019). *Arctic Climate Change Update 2019: An Update to Key Findings of Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA) 2017*. https://www.amap.no/documents/doc/amap-climate-change-update-2019/1761.

Aporta, Claudio, Eric Higgs, David Hakken, Lisa Palmer, Mark Palmer, Robert Rundstrom, Bryan Pfaffenberger, George Wenzel et Thomas Widlok (2005). « Satellite Culture: Global Positioning Systems, Inuit Wayfinding, and the Need for a New Account of Technology », *Current Anthropology*, vol. 46, nº 5, p. 729-753.

Arctic Council (2016). *Arctic Resilience Report*, Marcus Carson et Garry Peterson, éd., Stockholm Environment Institute and the Stockholm Resilience Centre, Stockholm. https://oaarchive.arctic-council.org/handle/11374/1838.

Arnaquq-Baril, Alethea (2016). *Inuk en colère*, Office national du film du Canada, Toronto (Ontario).

Baijius, Warrick, et Robert J. Patrick (2019). « "We Don't Drink the Water Here": The Reproduction of Undrinkable Water for First Nations in Canada », *Water*, vol. 11, nº 5. https://www.mdpi.com/2073-4441/11/5/1079.

Barrette, Paul D., et Lawrence Charlebois (2018). *Winter Roads and Climate Adaptation: Prospective Solutions through R&D*, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). https://nrc-publications.canada.ca/fra/voir/td/?id=1b84a91c-edb6-4640-ada1-0126dd04f2b0.

Barrette, Paul D., Sean Ferguson, Vahid Pilechi et Naveed Khaliq (2018). *The Yukon River at Dawson City: Assessment of Factors Influencing Freeze-up and Ice Bridge Construction*, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario). https://nrc-publications.canada.ca/fra/voir/td/?id=787e9ae1-15f2-4cf9-849d-801e0d4aa974.

Basky, Greg (2021). « Equity in Focus: Iqaluit Water Contaminated, Tuberculosis on the Rise, Blood Ban Easing », *Canadian Medical Association Journal*, vol. 193, nº 44, p. E1706-E1707. https://doi.org/10.1503/CMAJ.1095970.

Bell, Trevor, Robert Briggs, Ralf Bachmayer et Shuo Li (2014). « Augmenting Inuit Knowledge for Safe Sea-Ice Travel — The SmartICE Information System », dans *2014 Oceans-St. John's,* p. 1-9. https://doi.org/10.1109/OCEANS.2014.7003290.

Boehlert, Brent, James E. Neumann, Jason Price, Charles Fant, Paul Chinowsky, Jacob Helman, Kenneth M. Strzepek et Jacqueline Willwerth (2021). *Costing Climate Change Impacts on Canada's Infrastructure*, préparé pour l'Institut climatique du Canada (auparavant l'Institut canadien pour des choix climatiques).

Bouchard, Christina (2020). *Arctic Airports and Aerodromes as Critical Infrastructure*, North American and Artic Defence and Security Network.

Brockman, Alex, et Randi Beers (2018). « N.W.T. Gov't Commits to Airlifting Some Cargo Affected by Barge Cancellation », *CBC News*, 5 octobre. https://www.cbc.ca/news/canada/north/nwt-barge-cancellation-airlift-1.4853166.

Brooks, Heather, Guy Doré et Chantal Lemieux (2017). *Quantitative Risk Assessment of the Iqaluit International Airport, Iqaluit, Nunavut*, Transports Canada.

Références

Brown, Daniel M., Bohdan Kochtubajda et Ryan K. Said (2020). « A Severe Thunderstorm Outbreak North of 70°N Over the Canadian Arctic Islands with Unusual Lightning Characteristics », *Atmosphere-Ocean*, vol. 58, nº 4, p. 231-242. https://doi.org/10.1080/07055900.2020.1792405.

Bureau des statistiques du Yukon (2020). *Données historiques sur l'emploi au Yukon, 2011-2020*, Whitehorse (Yukon). https://yukon.ca/fr/yukon-employment-historical-data-2011-2020.

Bureau du vérificateur général du Canada (2017). *Les infrastructures de l'aviation civile dans le Nord*, gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario).

Bush, Elizabeth, et Donald S. Lemmen, éd. (2019). *Rapport sur le climat changeant du Canada*, gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario). https://changingclimate.ca/CCCR2019/fr/.

Castillo, Victoria Elena, Christine Schreyer et Tosh Southwick (2020). « Highways and Social Change », dans *ECHO: Ethnographic, Cultural and Historical Overview of Yukon's First Peoples*, Institute for Community Engaged Research Press.

CBC (Canadian Broadcast Corporation) (2011). « Hercules Charter Means "Christmas" in Old Crow », *CBC News*, 28 février. https://www.cbc.ca/news/canada/north/hercules-charter-means-christmas-in-old-crow-1.1053336.

CBC (Canadian Broadcast Corporation) (2015). « Teamwork Helps Pangnirtung Residents Pull through Power Outage », *CBC News*, 11 avril. https://www.cbc.ca/news/canada/north/teamwork-helps-pangnirtung-residents-pull-through-power-outage-1.3029395.

Chen, Yang, David M. Romps, Jacob T. Seeley, Sander Veraverbeke, William J. Riley, Zelalem A. Mekonnen et James T. Randerson (2021). « Future Increases in Arctic Lightning and Fire Risk for Permafrost Carbon », *Nature Climate Change*, vol. 11, nº 5, p. 404-410. https://doi.org/10.1038/s41558-021-01011-y.

Clark, Dylan G., James D. Ford, Tristan Pearce et Lea Berrang-Ford (2016). « Vulnerability to Unintentional Injuries Associated with Land-Use Activities and Search and Rescue in Nunavut, Canada », *Social Science and Medicine*, vol. 169, p. 18-26. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2016.09.026.

Clark, Dylan, et Anna Kanduth (2022). *Renforcer la résilience des réseaux électriques canadiens pour un avenir carboneutre*, Institut climatique du Canada (auparavant l'Institut canadien pour des choix climatiques). https://climatechoices.ca/wp-content/uploads/2022/02/Resiliency-scoping-paper-FRENCH-Final.pdf.

CNDEA (Conseil national de développement économique des Autochtones) (2016). *Recommandations sur le développement d'infrastructures nordiques à l'appui du développement économique*. http://www.naedb-cndea.com/french/reports/recommandations-sur-le-developpement-dinfrastructures-nordiques.pdf.

Coffel, Ethan D., Terence R. Thompson et Radley M. Horton (2017). « The Impacts of Rising Temperatures on Aircraft Takeoff Performance », *Climatic Change*, vol. 144, nº 2, p. 381-388. https://doi.org/10.1007/s10584-017-2018-9.

Commission de vérité et réconciliation du Canada (2015a). *Pensionnats du Canada : l'expérience inuite et nordique – Rapport final de la Commission de vérité et réconciliation du Canada*.

Commission de vérité et réconciliation du Canada (2015b). *Truth and Reconciliation Commission of Canada: Calls to Action*. https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/british-columbians-our-governments/indigenous-people/aboriginal-peoples-documents/calls_to_action_english2.pdf.

Connor, Billy, Douglas J. Goering, Mikhail Kanevskiy et Erin Trochim (2020). *Roads and Airfields Constructed on Permafrost: A Synthesis of Practice*. https://dot.alaska.gov/stwddes/research/assets/pdf/000S927.pdf.

CRTC (Conseil de la radiodiffusion et des télécommunications canadiennes) (2020). *Rapport de surveillance des communications*, gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario). https://publications.gc.ca/collections/collection_2020/crtc/BC9-9-2020-fra.pdf.

Cruikshank, Julie (1985). *The Gravel Magnet: Some Social Impacts of the Alaska Highway on Yukon Indians*, Vancouver (Colombie-Britannique). https://trid.trb.org/view/231861.

Debortoli, Nathan S., Dylan G. Clark, James D. Ford, Jesse S. Sayles et Emilia P. Diaconescu (2019). « An Integrative Climate Change Vulnerability Index for Arctic Aviation and Marine Transportation », *Nature Communications*, vol. 10, nº 1. https://doi.org/10.1038/s41467-019-10347-1.

DMTI LightBox (2020). *CanMap® GIS Data for GIS Mapping Software*, DMTI Spatial. https://www.dmtispatial.com/canmap/.

Références

Doré, Guy, Fujun Niu et Heather Brooks (2016). « Adaptation Methods for Transportation Infrastructure Built on Degrading Permafrost », *Permafrost and Periglacial Processes*, vol. 27, nº 4, p. 352-364. https://doi.org/10.1002/PPP.1919.

Dorough, Dalee S., Bridget Larocque, Kaviq Kaluraq, Daniel Taukie, David Sproule et Whitney Lackenbauer (2021). *Voices from the Arctic: Diverse Views on Canadian Arctic Security*. https://www.naadsn.ca/wp-content/uploads/2021/01/20-nov-ArcticVoicesProceedings-upload.pdf.

ECCC (Environnement et Changement climatique Canada) (2020). *Science du climat 2050 : Faire progresser la science et le savoir sur les changements climatiques*, Gatineau (Québec). https://publications.gc.ca/collections/collection_2020/eccc/En4-414-2020-fra.pdf.

Ellis, Michael J., Ivar Mendez et Kelly Russell (2020). « Preliminary Clinical Algorithm to Optimise Remote Delivery of Paediatric Concussion Care in Canada's North », *International Journal of Circumpolar Health*, vol. 79, nº 1. https://doi.org/10.1080/22423982.2020.1832390.

FCM (Fédération canadienne des municipalités) (2018). *Guide : Comment élaborer une politique et une stratégie de gestion des actifs*. https://fcm.ca/fr/ressources/pgam/guide-comment-elaborer-politique-strategie-gestion-actifs.

Firelight (The Firelight Group) (2022). *The Impacts of Permafrost Thaw on Northern Indigenous Communities. Firelight Research Inc.*, Vancouver (Colombie-Britannique), préparé pour l'Institut climatique du Canada (auparavant l'Institut canadien pour des choix climatiques).

Ford, James D., D. Clark, T. Pearce, L. Berrang-Ford, L. Copland, J. Dawson, M. New et S. L. Harper (2019). « Changing Access to Ice, Land and Water in Arctic Communities », *Nature Climate Change*, vol. 9, nº 4, p. 335-339. https://doi.org/10.1038/s41558-019-0435-7.

Ford, James D., Graham McDowell et Tristan Pearce (2015). « The Adaptation Challenge in the Arctic », *Nature Climate Change*, vol. 5, p. 1046-1053. https://doi.org/10.1038/nclimate2723.

Ford, James D., Nicole Couture, Trevor Bell et Dylan G. Clark (2018). « Climate Change and Canada's North Coast: Research Trends, Progress, and Future Directions », *Environmental Reviews*, vol. 26, nº 1, p. 82-92. https://doi.org/10.1139/er-2017-0027.

Fox, Shari, Esa Qillaq, Ilkoo Angutikjuak, Dennis Joseph Tigullaraq, Robert Kautuk, Henry Huntington, Glen E. Liston et Kelly Elder (2020). « Connecting Understandings of Weather and Climate: Steps towards Co-Production of Knowledge and Collaborative Environmental Management in Inuit Nunangat », *Arctic Science*, vol. 6, nº 3, p. 267-278. https://doi.org/10.1139/as-2019-0010.

Funston, Bernard (2014). *Emergency Preparedness in Canada's North: An Examination of Community Capacity*. http://www.mun.ca/harriscentre/Emergency_Preparedness.pdf.

Gearheard, Shari, Claudio Aporta, Gary Aipellee et Kyle O'Keefe (2011). « The Igliniit Project: Inuit Hunters Document Life on the Trail to Map and Monitor Arctic Change », *Géographe canadien*, vol. 55, nº 1, p. 42-55. https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.2010.00344.x.

George, Jane (2006). « Climate Change Hits Roads and Airports in Nunavik », *Nunatsiaq News*, 8 septembre. https://nunatsiaq.com/stories/article/climate_change_hits_roads_and_airports_in_nunavik/.

GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig et coll., éd., Cambridge University Press, Cambridge.

Golder (2021). *Guide on Climate Change Adaptation for the Mining Sector*, L'Association minière du Canada. https://mining.ca/resources/guides-manuals/guide-on-climate-change-adaptation-for-the-mining-sector/.

Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest (2020). *Capital Estimates 2021-2022*. https://www.fin.gov.nt.ca/sites/fin/files/resources/2021-22_capital_estimates.pdf.

Gouvernement du Canada (2021). *Nutrition Nord Canada : Communautés admissibles*. https://www.nutritionnorthcanada.gc.ca/fra/1415540731169/1415540791407#tpc2.

Gouvernement du Nunavut (2014). *Division des aéroports du Nunavut – Évaluation des besoins en infrastructure sur une période de 20 ans : 2014-2034*, Iqaluit (Nunavut). https://assembly.nu.ca/sites/default/files/TD%2096-4(3)%20FR%20Nunavut%20Airports%2020-year%20Infrastructure%20Needs%20Assessment%202014-2034.pdf.

Hatcher, Scott V., et Donald L. Forbes (2015). « Exposure to Coastal Hazards in a Rapidly Expanding Northern Urban Centre, Iqaluit, Nunavut », *Arctic*, vol. 68, nº 4, p. 453-471. https://doi.org/10.14430/arctic4526.

Références

Hjort, Jan, Olli Karjalainen, Juha Aalto, Sebastian Westermann, Vladimir E Romanovsky, Frederick E Nelson, Bernd Etzelmüller, and Miska Luoto. 2018. "Degrading Permafrost Puts Arctic Infrastructure at Risk by Mid-Century." Nature Communications 9 (1). https://doi.org/10.1038/s41467-018-07557-4

Holzworth, Robert H., James B. Brundell, Michael P. McCarthy, Abram R. Jacobson, Craig J. Rodger et Todd S. Anderson (2021). « Lightning in the Arctic », *Geophysical Research Letters*, vol. 48, nº 7. https://doi.org/10.1029/2020GL091366.

Hori, Yukari, William A. Gough, Benita Tam et Leonard J. S. Tsuji (2018). « Community Vulnerability to Changes in the Winter Road Viability and Longevity in the Western James Bay Region of Ontario's Far North », *Regional Environmental Change*, vol. 18, nº 6, p. 1753-1763. https://doi.org/10.1007/S10113-018-1310-1.

Human Rights Watch (2020). *"My Fear Is Losing Everything": The Climate Crisis and First Nations' Right to Food in Canada*. https://www.hrw.org/report/2020/10/21/my-fear-losing-everything/climate-crisis-and-first-nations-right-food-canada.

Huntington, Henry P., Shari Gearheard, Lene Kielsen Holm, George Noongwook, Margaret Opie et Joelie Sanguya (2017). « Sea Ice Is Our Beautiful Garden: Indigenous Perspectives on Sea Ice in the Arctic », dans *Sea Ice*, David N. Thomas, éd., p. 583-599, John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/9781118778371.ch25.

Huot, S., H. Ho, A. Ko, S. Lam, P. Tactay, J. MacLachlan et R. K. Raanaas (2019). « Identifying Barriers to Healthcare Delivery and Access in the Circumpolar North: Important Insights for Health Professionals », *International Journal of Circumpolar Health*, vol. 78, nº 1. https://doi.org/10.1080/22423982.2019.1571385.

Infrastructure Canada (2019). *Le Canada aide à protéger l'aéroport Mike Zubko d'Inuvik contre les effets des changements climatiques*, gouvernement du Canada, Ottawa (Ontario). https://www.canada.ca/fr/bureau-infrastructure/nouvelles/2019/06/le-canada-aide-a-proteger-laeroport-mike-zubko-dinuvik-contre-les-effets-des-changements-climatiques.html.

ITK (Inuit Tapiriit Kanatami) (2018). *Inuit Statistical Profile 2018*. https://www.itk.ca/wp-content/uploads/2018/08/Inuit-Statistical-Profile.pdf.

ITK (Inuit Tapiriit Kanatami) (2019). *Inuit Nunangat Housing Strategy*. https://www.itk.ca/inuit-nunangat-housing-strategy/.

ITK (Inuit Tapiriit Kanatami) (2020). « Access to Drinking Water in Inuit Nunangat », *ITK Quarterly Research Briefing,* nº 2. https://www.itk.ca/wp-content/uploads/2020/12/ITK_Water_English_07.pdf.

ITK (Inuit Tapiriit Kanatami) (2021). « The Digital Divide: Broadband Connectivity in Inuit Nunangat », *ITK Quarterly Research Briefing,* nº 3. https://www.itk.ca/wp-content/uploads/2021/08/ITK_Telecomms_English_08.pdf.

Jong, Michael, Ivar Mendez et Robert Jong (2019). « Enhancing Access to Care in Northern Rural Communities via Telehealth », *International Journal of Circumpolar Health*, vol. 78, nº 2. https://doi.org/10.1080/22423982.2018.1554174.

Karanasios, Konstantinos, et Paul Parker (2017). « Recent Developments in Renewable Energy in Remote Aboriginal Communities, NWT, Canada », *Papers in Canadian Economic Development*, vol. 16, p. 41-53.

Kates, Robert W., William R. Travis et Thomas J. Wilbanks (2012). « Transformational Adaptation When Incremental Adaptations to Climate Change Are Insufficient », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 109, nº 19, p. 7156-7161. https://doi.org/10.1073/PNAS.1115521109.

Kilabuk, Elaine, Franco Momoli, Ranjeeta Mallick, Deborah Van Dyk, Christopher Pease, Alice Zwerling, Sharon Edmunds Potvin et Gonzalo G. Alvarez (2019). « Social Determinants of Health among Residential Areas with a High Tuberculosis Incidence in a Remote Inuit Community », *Journal of Epidemiology and Community Health*, vol. 73, nº 5, p. 401-406. https://doi.org/10.1136/JECH-2018-211261.

Labbé, Jolène, James D. Ford, Malcolm Araos et Melanie Flynn (2017). « The Government-Led Climate Change Adaptation Landscape in Nunavut, Canada », *Environmental Reviews*, vol. 25, nº 1, p. 12-25. https://doi.org/10.1139/er-2016-0032.

LaDuke, Winona, et Deborah Cowen (2020). « Beyond Wiindigo Infrastructure », *South Atlantic Quarterly*, vol. 119, nº 2, p. 243-268. https://doi.org/10.1215/00382876-8177747.

Lamoureux, Scott, Donald L. Forbes, Trevor Bell, Gavin K. Manson, A .C .A . Rudy, J. Lalonde, M. Brown, I. R. Smith, T. S. James et N. J. Couture (2015). « The Impact of Climate Change on Infrastructure in the Western and Central Canadian Arctic », dans *From Science to Policy in the Western and Central Canadian Arctic: An Integrated Regional Impact Study (IRIS) of Climate Change and Modernization*, G. A. Stern et A. Gaden, éd., p. 301-341, ArcticNet, Québec (Québec).

Références

Lasserre, Frédéric (2022). « Canadian Arctic Marine Transportation Issues, Opportunities and Challenges », *The School of Public Policy Publications*. https://doi.org/10.11575/sppp.v15i1.72626.

Lochead, David. 2021. "Not Just Iqaluit: Clyde River Experiencing Water Problems." Nunatsiaq News, November 26. https://nunatsiaq.com/stories/article/not-just-iqaluit-clyde-river-experiencing-water-problems/

Lovekin, Dave, Barend Dronkers et Ben Thibault (2016). *Power Purchase Policies for Remote Indigenous Communities in Canada: Research on Government Policies to Support Renewable Energy Projects*, Pembina Institute. https://www.pembina.org/reports/power-purchase-policies-for-remote-indigenous-communities.pdf.

Lovekin, Dave, et Dylan Heerema (2019) *Diesel, Renewables, and the Future of Canada's Remote Communities*, Pembina Institute. https://www.pembina.org/blog/remote-microgrids-intro.

Maracle, Tobi Jeans, Glenna Tetlichi, Norma Kassi et David Natcher (2018). « Caribou and the Politics of Sharing », dans *When the Caribou Do Not Come: Indigenous Knowledge and Adaptive Management in the Western Arctic*, Brenda Parlee et Ken J. Caine, éd., UBC Press, Vancouver (Colombie-Britannique).

Masrur, Arif, Andrey N. Petrov et John DeGroote (2018). « Circumpolar Spatio-Temporal Patterns and Contributing Climatic Factors of Wildfire Activity in the Arctic Tundra from 2001–2015 », *Environmental Research Letters*, vol. 13, n° 1, 014019. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa9a76.

Melvin, April M., Peter Larsen, Brent Boehlert, James E. Neumann, Paul Chinowsky, Xavier Espinet, Jeremy Martinich et coll. (2016). « Climate Change Damages to Alaska Public Infrastructure and the Economics of Proactive Adaptation », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, n° 2, p. E122-E131. https://doi.org/10.1073/pnas.1611056113.

Microsoft (2019). *Microsoft Releases 12 Million Canadian Building Footprints as Open Data*, Microsoft Bing Blogs [Communiqué], 13 mars. https://blogs.bing.com/maps/2019-03/microsoft-releases-12-million-canadian-building-footprints-as-open-data.

Morse, Kathryn. 2003. The Nature of Gold: An Environmental History of the Klondike Gold Rush. The Nature of Gold: An Environmental History of the Klondike Gold Rush. University of Washington Press https://doi.org/10.2307/25443112

Mortensen, Lucia, Anne Merrild Hansen et Alexander Shestakov (2017). « How Three Key Factors Are Driving and Challenging Implementation of Renewable Energy Systems in Remote Arctic Communities », *Polar Geography*, vol. 40, n° 3, p. 163-185. https://doi.org/10.1080/1088937X.2017.1329758.

Murray, Nick (2021). « Iqaluit's Water Crisis Has Cost the City $1.5 Million so Far », *CBC News*, 4 novembre. https://www.cbc.ca/news/canada/north/iqaluit-water-crisis-costs-city-1.6237366.

Naylor, Angus W., James D. Ford, Tristan Pearce, David Fawcett, Dylan Clark et James van Alstine (2021). « Monitoring the Dynamic Vulnerability of an Arctic Subsistence Food System to Climate Change: The Case of Ulukhaktok, NT », *PLoS ONE*, vol. 16, n° 9, 29 septembre. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258048.

Ness, Ryan, Dylan G. Clark, Julien Bourque, Dena Coffman et Dale Beugin (2021). *Submergés : les coûts des changements climatiques pour l'infrastructure au Canada*, Institut climatique du Canada (auparavant l'Institut canadien pour des choix climatiques). https://choixclimatiques.ca/wp-content/uploads/2021/09/Infrastructure-FRENCH-report-Sept-28.pdf.

Neufeld, Hannah T., et Chantelle A. M. Richmond (2017). « Impacts of Place and Social Spaces on Traditional Food Systems in Southwestern Ontario », *International Journal of Indigenous Health*, vol. 12, n° 1, p. 93-115. https://doi.org/10.18357/ijih112201716903.

NTI (Nunavut Tunngavik Ink) (2020). *Nunavut's Infrastructure Gap*, Iqaluit (Nunavut). https://www.tunngavik.com/files/2020/10/2020.10.20-Nunavuts_Infrastructure_Gap_Report_vf.pdf.

Nutrition Nord Canada (2020). *Coût du Panier de provisions nordique révisé pour l'exercice de 2019-2020*. https://www.nutritionnorthcanada.gc.ca/fra/1610462030814/1610462073967.

O'Neill, H. Brendan, Stephen A. Wolfe et Caroline Duchesne (2020). *Ground Ice Map of Canada*, Commission géologique du Canada, dossier public 8713, (version 1), Ressources naturelles Canada. https://doi.org/10.4095/326885.

Obu, Jaroslav, Sebastian Westermann, Andreas Kääb et Annett Bartsch (2018). « Ground Temperature Map, 2000-2016, Northern Hemisphere Permafrost », *Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, Bremerhaven, PANGAEA*. https:/doi.org/10.1594/PANGAEA.888600.

Références

Patterson, M., S. Flinn et K. Barker (2018). « Addressing Tuberculosis among Inuit in Canada », *Canada Communicable Disease Report*, vol. 44, nº 3/4, p. 82-85. https://doi.org/10.14745/CCDR.V44I34A02.

PCIC (Pacific Climate Impacts Consortium) (2019). *Statistically Downscaled Climate Scenarios*, Université de Victoria, Victoria (Colombie-Britannique). https://www.pacificclimate.org/data/statistically-downscaled-climate-scenarios.

Qikiqtani Inuit Association (2014). *Qikiqtani Truth Commission: Community Histories 1950-1975*, Inhabit Media Incorporated, Iqaluit (Nunavut).

Radosavljevic, Boris, Hugues Lantuit, Wayne Pollard, Paul Overduin, Nicole Couture, Torsten Sachs, Veit Helm et Michael Fritz (2016). « Erosion and Flooding—Threats to Coastal Infrastructure in the Arctic: A Case Study from Herschel Island, Yukon Territory, Canada », *Estuaries and Coasts*, vol. 39, nº 4, p. 900-915.

RCAANC (Relations Couronne-Autochtones et Affaires du Nord Canada) (2019). *Cadre stratégique pour l'Arctique et le Nord du Canada*, gouvernement du Canada. https://www.rcaanc-cirnac.gc.ca/fra/1560523306861/1560523330587.

Ready, Elspeth, et Peter Collings (2020). « "All the Problems in the Community Are Multifaceted and Related to Each Other": Inuit Concerns in an Era of Climate Change », *American Journal of Human Biology*, p. e23516. https://doi.org/10.1002/ajhb.23516.

Resilient Analytics (2021). *What is IPSS?* https://resilient-analytics.com/ipss.

Ritchie, Haley (2021). « Na-Cho Nyak Dun Farm Wins Arctic Inspiration Prize », *Yukon News*, 27 février. https://www.yukon-news.com/news/na-cho-nyak-dun-farm-wins-arctic-inspiration-prize/.

Samson, Rachel. 2021. "Cost-Benefit Analysis Is the Wrong Tool for Tackling Climate Change." Policy Options, November 1. https://policyoptions.irpp.org/magazines/november-2021/cost-benefit-analysis-is-the-wrong-tool-for-tackling-climate-change/

Sheppard, Lola, Mason White, Alex Bodkin et Sarah Gunawan (2017). *Eldercare Centre*, Lateral Office. http://lateraloffice.com/NU-ELDERCARE-CENTRE-2016-17.

Simonee, Natasha, Jayko Alooloo, Natalie Ann Carter, Gita Ljubicic et Jackie Dawson (2021). « Sila Qanuippa? (How's the Weather?) : Integrating Inuit Qaujimajatuqangit and Environmental Forecasting Products to Support Travel Safety around Pond Inlet, Nunavut in a Changing Climate », *Weather, Climate, and Society*, août. https://doi.org/10.1175/WCAS-D-20-0174.1.

Smit, Barry, Ian Burton, Richard J.T. Klein, and J. Wandel. 2000. "An Anatomy of Adaptation to Climate Change and Variability." Climatic Change 45 (1): 223–251. https://doi.org/10.1023/A:1005661622966

Smith, Mike W., et Daniel W. Riseborough (2002). « Climate and the Limits of Permafrost: A Zonal Analysis », *Permafrost and Periglacial Processes*, vol. 13, nº 1, p. 1-15. https://doi.org/10.1002/PPP.410.

Sohns, Antonia, James D. Ford, Mylene Riva, Brian Robinson et Jan Adamowski (2019). « Water Vulnerability in Arctic Households », *Arctic*, vol. 72, nº 3, p. 300-316. https://doi.org/10.14430/arctic68884.

Standards Council of Canada. 2020. "Northern Infrastructure Standardization Initiative: Building a Climate-Resilient Future with Northern Standards." https://www.scc.ca/en/nisi

Statistique Canada (2016). *Indice d'éloignement*, gouvernement du Canada. https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/catalogue/17260001.

Statistique Canada (2017). *Profil du recensement, Recensement de 2016*, nº 98-316-X2016001 au catalogue de Statistique Canada, Ottawa (Ontario).

Statistique Canada (2019). *Tableau 23-10-0264-01 Dépenses provinciales et territoriales détaillées de transport, par mode de transport, Transports Canada (x 1 000 000)*, gouvernement du Canada. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=2310026401&request_locale=fr.

Statistique Canada (2021a). *Tableau 36-10-0402-01 Produit intérieur brut (PIB) aux prix de base, par industries, provinces et territoires (x 1 000 000)*, gouvernement du Canada. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3610040201&request_locale=fr.

Statistique Canada (2021b). *Tableau 17-10-0005-01 Estimations de la population au 1er juillet, par âge et sexe*, gouvernement du Canada. https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=1710000501&request_locale=fr.

Streicker, John (2016). *Yukon Climate Change Indicators and Key Findings 2015*, Northern Climate ExChange, Yukon Research Center, Yukon College. https://www.yukonu.ca/sites/default/files/inline-files/Indicator_Report_Final_web.pdf.

Références

Transports Canada (2021). *Programme d'aide aux immobilisations aéroportuaires*, gouvernement du Canada. https://tc.canada.ca/fr/programmes/programme-aide-immobilisations-aeroportuaires.

Transports Canada (2022a). *Liste des aéroports appartenant à Transports Canada*, gouvernement du Canada. https://tc.canada.ca/fr/aviation/exploitation-aeroports-aerodromes/liste-aeroports-appartenant-transports-canada.

Transports Canada (2022b). *Liste des ports appartenant à Transports Canada*, gouvernement du Canada. https://tc.canada.ca/fr/transport-maritime/ports/liste-ports-appartenant-transports-canada.

Underwood, Fox, et Stefania Bertazzon (2020). « The Impacts of Climate Change on Health and Development in Canadian Arctic and Sub-Arctic Communities in the Twenty-First Century: A Systematic Review », dans *Extreme Weather Events and Human Health*, Rais Akhtar, éd., p. 27-40, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23773-8_3.

Uzarowski, Ludomir, Mark Musial et Rabiah Rizvi (2018). « Challenge of Permafrost Degradation Impact on Airport and Road Pavements », dans *Transportation Association of Canada Conference – Innovation and Technology: Evolving Transportation, TAC 2018*.

Vachon, J., V. Gallant et W. Siu (2018). « Tuberculosis in Canada, 2016 », *Canada Communicable Disease Report*, vol. 44, nº 3/4, p. 75-81. https://doi.org/10.14745/CCDR.V44I34A01.

Vogt, Nina (2021). *Influence of Permafrost Characteristics on Vegetation Change in Yukon and Northwest Territories, Canada*, mémoire de maîtrise, Université de l'Alberta. https://doi.org/10.7939/r3-pjcm-aj83.

Wallace, Kenyon (2019). « Beyond Frozen », *The Star*, 4 juillet. https://projects.thestar.com/climate-change-canada/nunavut/.

Wenzel, George (2009). « Canadian Inuit Subsistence and Ecological Instability—If the Climate Changes, Must the Inuit? », *Polar Research*, vol. 28, nº 1, p. 89-99. https://doi.org/10.1111/j.1751-8369.2009.00098.x.

White, Mason, Ceara Allen, Nikole Couchard et Joseph Yau (2010). *Health Hangars*, Lateral Office, Toronto (Ontario). http://lateral-office.com/HEALTH-HANGARS-2010.

Young, T. Kue, Susan Chatwood et Gregory P. Marchildon (2016). « Healthcare in Canada's North: Are We Getting Value for Money? », *Healthcare Policy*, vol. 12, nº 1, p. 59-70.

Zhao, Yijie, et Laxmi Sushama (2020). « Aircraft Takeoff Performance in a Changing Climate for Canadian Airports », Atmosphere, vol. 11, no 4, p. 418. https://doi.org/10.3390/atmos11040418.

D'AUTRES PUBLICATIONS DE L'INSTITUT :

LA POINTE DE L'ICEBERG :

Composer avec les coûts connus et inconnus des changements climatiques au Canada

SUBMERGÉS :

Les coûts des changements climatiques pour l'infrastructure au Canada

LES COÛTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES POUR LA SANTÉ :

Comment le Canada peut s'adapter, se préparer et sauver des vies

VERS UN CANADA CARBONEUTRE :

S'inscrire dans la transition globale

BALISER LE CHEMIN :

Légiférer nos objectifs climatiques en route vers 2050

11 FAÇONS DE MESURER LA CROISSANCE PROPRE :

Ouvrir la voie à la prospérité tout en progressant sur la question des changements climatiques et sur nos objectifs économiques et sociaux

institutclimatique.ca