TROISIÈME RAPPORT THÉMATIQUE

Rapport n° 30/FRS/OBSARCTIC23
du 31 janvier 2024

Marché n° 2022 1050 132 841
notifié le 3 janvier 2023
réunion de lancement : 1er février 2023

Observatoire de l'Arctique

Note 1 – Quelle gouvernance arctique en temps de guerre russo-ukrainienne ?

Camille Escudé – CERI

Émilie Canova – Scott Polar Research Institute, Université de Cambridge

Note 2 – L'accélération du dégel du pergélisol : un enjeu stratégique circumpolaire irréversible et coûteux

Magali Vullierme – CEARC & OPSA

avec le soutien de la DGRIS

CEARC Cultures • Environnements Arctique • Représentations • Climat
Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines Université Paris-Saclay
Fondation pour la Recherche Stratégique
IRIS Institut de Relations Internationales et Stratégiques
AIRBUS Analyse de données satellitaires
ENSM École Nationale Supérieure Maritime

SOMMAIRE

NOTE 1 – QUELLE GOUVERNANCE ARCTIQUE EN TEMPS DE GUERRE RUSSO-UKRAINIENNE ? 5

INTRODUCTION 5

1. 1987-2022 : NAISSANCE… ET MORT DE LA GOUVERNANCE ARCTIQUE ? 7

1.1. La naissance de la gouvernance en Arctique fruit d'un changement de représentations des territoires arctiques à la fin de la Guerre froide 7

1.2. La fin de l'exceptionnalisme arctique en termes de gouvernance ? 7

2. LES INSTANCES CLASSIQUES DE GOUVERNANCE ENTRE BLOCAGE ET CONTINUITÉ 9

2.1. Le Conseil de l'Arctique entre pause et reprise 9

2.2. La Russie se retire du Conseil Euro-Arctique de Barents 10

3. UNE RECOMPOSITION DE LA GOUVERNANCE ARCTIQUE : DE NOUVEAUX FORMATS ET DE NOUVEAUX ACTEURS, ET UN RETOUR À LA DIPLOMATIE BILATÉRALE 11

3.1. Un déplacement du multilatéralisme à la haute mer et au niveau infrarégional .. 11

3.2. Une hausse de la diplomatie bilatérale aux dépends de la gouvernance régionale 12

3.3. Les conférences, un rôle croissant mais un opportunisme critiqué 13

4. LA GOUVERNANCE ARCTIQUE AU MIROIR D'UN RETOUR À UN CLIMAT DE GUERRE FROIDE ? 14

4.1. Un retour à une région partagée entre deux blocs militaires ? 14

4.2. Comment gouverner l'Arctique sans la Russie ? 15

CONCLUSION 17

BIBLIOGRAPHIE 18

NOTE 2 – L'ACCÉLÉRATION DU DÉGEL DU PERGÉLISOL : UN ENJEU STRATÉGIQUE CIRCUMPOLAIRE IRRÉVERSIBLE ET COÛTEUX 21

INTRODUCTION 21

1. LA FÉDÉRATION DE RUSSIE 24

2. L'ARCTIQUE NORD-AMÉRICAIN 27

2.1. Alaska 30

2.2. Canada 31

3. LE GROENLAND 32

4. LES ÉTATS SCANDINAVES 33

5. L'ISLANDE 33

CONCLUSION 34

BIBLIOGRAPHIE 35

Quelle gouvernance arctique en temps de guerre russo-ukrainienne ?

Camille Escudé
CERI

Émilie Canova
Scott Polar Research Institute,
Université de Cambridge

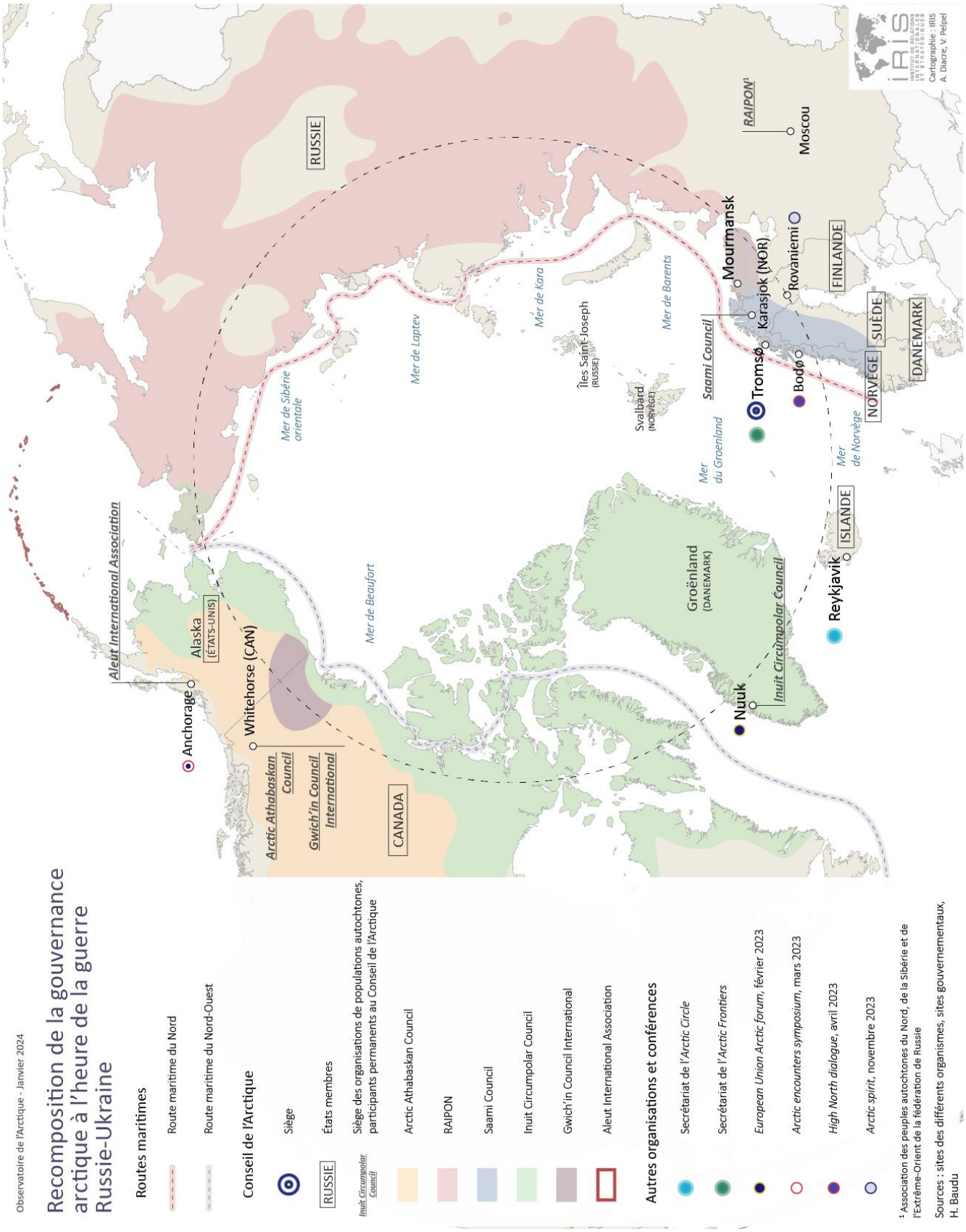
Introduction

Alors que l'année 2022 avait été marquée par une rupture, notamment des relations diplomatiques avec la Russie, 2023 est définie par une tentative de reprise du dialogue et la nécessité de redéfinir la gouvernance, y compris les pratiques diplomatiques impliquant des acteurs non étatiques. Avec la suspension du Conseil de l'Arctique (CA) – parmi d'autres forums de coopération – entre février 2022 et mai 2023, la coopération régionale a subi la perturbation la plus significative depuis la création du CA en 1996. Malgré la transition de la présidence du CA de la Russie à la Norvège, la réinstauration d'un haut niveau de communication circumpolaire reste difficile alors que la guerre en Ukraine perdure.

S'il existe une gouvernance en Arctique, ce n'est pas pour autant une quelconque forme de gouvernement. La gouvernance est définie ici comme le système d'organisations, d'institutions, d'arrangements, de processus et d'interactions entre les acteurs dans la région (Steinveg, 2023). La notion de gouvernance permet de mettre l'accent sur la multiplicité, la diversité des acteurs et leurs interactions continues. La gouvernance introduit l'idée de mécanismes flexibles, non standardisés, davantage un processus qu'un ensemble de règles et se définit tout d'abord par ses acteurs : experts scientifiques, ONG de défense de l'environnement comme WWF, entreprises comme celles présentes au sein du Conseil Économique de l'Arctique, diplomates, responsables politiques, organisations autochtones, etc. Chacun de ces groupes ne constitue d'ailleurs pas des entités homogènes et figées dans le temps et l'espace. Alors que les niveaux de gouvernance locale, infranationale, nationale, subrégionale, régionale et internationale se superposent, leurs interactions et enchevêtrements dessinent les contours d'un ensemble géopolitique : l'Arctique (Escudé, 2024).

Nous analysons donc à la fois la construction de liens interétatiques, mais aussi interpersonnels et l'organisation d'événements facilitant la coopération en Arctique (Landriault, 2020). En ce sens, 2023 a été avant tout une année de transformation de la gouvernance dans l'Arctique, avec une recomposition des acteurs et des formats afin de reprendre un dialogue *a minima* avec la Russie, vue comme le principal ennemi en Arctique.

Figure n° 1 : RECOMPOSITION DE LA GOUVERNANCE ARCTIQUE À L'HEURE DE LA GUERRE RUSSIE-UKRAINE



1. 1987-2022 : naissance… et mort de la gouvernance arctique ?

1.1. La naissance de la gouvernance en Arctique fruit d'un changement de représentations des territoires arctiques à la fin de la Guerre froide

« *Ce dont tout le monde peut être absolument certain est l'intérêt profond et certain de l'Union soviétique d'empêcher le Nord de la planète […] de devenir à nouveau une zone de guerre, ainsi que celui de former un véritable espace et de coopération fructueuse et de paix*. » Ces mots, prononcés le 1er octobre 1987 par Mikhaïl Gorbatchev, scellent un moment historique pour la région arctique (Gorbatchev, 1987). À Mourmansk, plus grande base militaire de la flotte russe et partie de l'Arctique la plus nucléarisée, l'homme d'État soviétique expose six propositions pour coopérer en Arctique. L'année 1987 marque donc un tournant dans les relations internationales en Arctique, avec ce discours qui pose les fondations des décennies de coopération et de paix qui vont suivre dans la région. Parmi la mosaïque des forums de coopération (Young, 2005) qui naissent dans les années suivantes, le Conseil de l'Arctique est l'organisation la plus importante. Il réunit depuis 1996 les huit États possédant des territoires au nord du cercle polaire arctique (Canada, Danemark grâce au Groenland, États-Unis, Finlande, Islande, Norvège, Suède, Russie), mais également des représentants de six organisations autochtones qui ont un statut de participant permanent. Les participants permanents sont consultés systématiquement, mais n'ont pas de droit de vote. Toutes les décisions y sont prises au consensus, pour laisser une place aux participants permanents dans le dialogue. Le CA accepte également des membres observateurs qui ont un statut uniquement d'observation, dont la France depuis 2000, mais également de plus en plus d'États (Chine, Inde, Corée du Sud, Japon depuis 2013) et d'organisations non gouvernementales et internationales. Le mandat du Conseil est fondé sur « *la protection de l'environnement et du développement durable* » (Arctic Council, 1996) et les questions de sécurité militaire sont explicitement exclues de ses compétences.

Le CA, proposé pour le prix Nobel de la Paix en 2020 (Jonassen, 2022), a contribué à assurer la paix pendant plus de 25 ans dans une région autrefois marquée par les divisions de la Guerre froide. 35 ans après le discours de Mourmansk, l'invasion de l'Ukraine par la Russie, géant arctique, donne un brusque coup d'arrêt à la coopération politique dans la région, et pose la question de son avenir. Si cette dernière marque sans doute la fin de l'exceptionnalisme arctique et un retour à un climat de Guerre froide, **elle pose surtout la question de l'avenir de la coopération arctique, dans sa forme et son contenu.**

1.2. La fin de l'exceptionnalisme arctique en termes de gouvernance ?

La littérature scientifique portant sur la géopolitique arctique voit s'opposer ce qu'on peut schématiser comme un conflit classique entre libéraux et réalistes (Pic et al., 2020). Les tenants du premier camp, vantant un « exceptionnalisme arctique » (Heininen et al., 2015) et soulignant la force de la coopération arctique malgré les tremblements géopolitiques ailleurs sur la planète, semblaient ces dernières années avoir pris le pas sur les pessimistes. La coopération arctique était saluée comme un succès inédit, les interactions entre les différents acteurs autrefois ennemis étant soutenues par un grand nombre de cadres institutionnels so-

lides. Nombre de chercheurs saluaient la stabilité de la région, notamment en raison des intérêts économiques, politiques, environnementaux et sociaux partagés par les huit États arctiques. Ni l'invasion de la Crimée en 2014 ni le refus inédit des États-Unis de signer la déclaration conjointe du CA en 2019 ne semblaient pour eux avoir altéré le climat de coopération régnant dans la région depuis la fin de la Guerre froide. Le discours du secrétaire d'État états-unien Mike Pompeo (2019) en marge de la réunion ministérielle de 2019 du CA avait pourtant rompu avec le climat habituellement consensuel, en fustigeant un réarmement agressif de Moscou dans la région. Lors de la même réunion ministérielle, les États-Unis avaient refusé de signer la déclaration commune faisant état des conséquences des changements climatiques. Les États-Unis de Trump avaient été alors montrés du doigt comme les mauvais élèves de la coopération arctique en regard de la bonne volonté des sept autres États membres à coopérer (Escudé, 2019). La réunion ministérielle de 2021, qui avait marqué le passage de la présidence tournante du Conseil à la Russie (Canova et al., 2021), et la nouvelle présidence Biden semblaient marquer un retour à la normale.

L'invasion de l'Ukraine par la Russie, le 24 février 2022, a dès lors désarçonné nombre d'observateurs de la région. Dans les jours suivant le début de la guerre, les réactions se sont multipliées dans les instances de coopération arctique. Le 3 mars 2022, les pays occidentaux du Conseil de l'Arctique, du Conseil nordique des ministres et du Conseil des États de la mer Baltique ont suspendu les activités avec la Russie. « *Compte tenu de la violation flagrante de ces principes par la Russie, nos représentants ne se rendront pas en Russie pour les réunions du Conseil de l'Arctique* », indique la déclaration commune de sept des huit États membres du CA (United States Department of State, 2022). Les « Arctic 7 », ou « *like-minded* » comme on nomme à présent les États arctiques « moins » la Russie, condamnent l'invasion de l'Ukraine et soulèvent « *les graves obstacles à la coopération internationale, y compris dans l'Arctique, que les actions de la Russie ont causés* ». À la suite de l'arrêt des activités du CA, les communiqués des populations autochtones se sont multipliés pour demander de ne pas oublier les engagements envers les participants permanents. Ainsi, la section russe du Conseil Saami a publié le 28 février un communiqué appelant à la coopération internationale (Russian section of the Saami Council, 2022). Quant à l'association des populations autochtones russes, « *Russian Association of Indigenous Peoples of the North* » (RAIPON), elle a soutenu officiellement l'invasion de l'Ukraine dans une lettre du 1er mars adressée au président Poutine (RAIPON, 2022).

Dans la foulée, le 8 mars a marqué la suspension des activités de la dimension nordique de l'Union européenne, et le 9 celle du Conseil Euro-Arctique de Barents. Ces instances existent toujours et continuent de fonctionner, pour l'instant sans la Russie. Dans les jours et semaines suivant l'invasion de l'Ukraine, les membres du Conseil de l'Arctique ont décliné leur invitation à la conférence « *Arctic Territory of Dialogue* » à Saint-Pétersbourg à la mi-avril. La conférence Arctic360 « *Strengthening the North American Arctic* » s'est tenue à Toronto du 9 au 11 mars sans la délégation russe et a été le lieu de vives critiques contre la Russie (Nilsen, 2022). Aucune personne affiliée à une institution russe n'était non plus au programme de la conférence « *Arctic Circle* » à Nuuk fin août 2022, ni à celle de Reykjavik en octobre 2022, et il est à parier que cette tendance se poursuivra encore longtemps.

Le 8 juin 2022, les pays occidentaux du Conseil de l'Arctique ont annoncé reprendre leurs activités au sein du Conseil, mais de manière « *limitée* », « *dans le cadre de projets qui n'impliquent pas la participation de la Fédération de Russie* » (United States Department of State, 2022). À ce titre, aucun des autres États membres ne se rendra en territoire russe pour assister

à des travaux préparatoires du CA et de ses organes subsidiaires, et toutes les réunions sont suspendues jusqu'à nouvel ordre. Cependant, la Russie demeure membre à part entière du Conseil, et n'en est pas exclue. **La question suivante se pose alors : la fin de l'exceptionnalisme arctique réside-t-il dans la suspension de la coopération avec la Russie au Conseil de l'Arctique ?**

2. Les instances classiques de gouvernance entre blocage et continuité

2.1. Le Conseil de l'Arctique entre pause et reprise

▶ Diplomatie norvégienne et rôle du secrétariat

Le 11 mai 2023 a marqué le passage de la présidence russe à la présidence norvégienne du CA. Des négociations ont eu lieu pendant de nombreux mois entre la Russie et la Norvège afin de trouver une solution pour que la réunion se déroule dans le respect du règlement intérieur du Conseil et des principes de la déclaration d'Ottawa, tout en la maintenant au plus bas niveau de représentation diplomatique possible. Le rôle du secrétariat du CA, responsable du respect de la déclaration d'Ottawa et des règles de procédure du CA, a été clé à cet égard. La réunion, exceptionnellement courte, s'est tenue à Salekhard, Russie et en visioconférence, moyen commode de contourner les incidents diplomatiques. La Russie a été le seul pays à envoyer un ministre en la personne de Sergueï Lavrov, tandis que la Norvège a été représentée par son *Senior Arctic Official* (SAO), qui est l'ambassadeur pour les affaires arctiques. Étant donné les circonstances, ce n'est pas une déclaration ministérielle qui a été signée mais un simple « *statement* » comme en 2019, et en l'absence de ministres, la réunion a simplement été appelée « 13ème réunion du Conseil de l'Arctique ». Le document signé conjointement est très court et se contente de « *reconnaître la fin de la présidence russe du Conseil de l'Arctique* » ainsi que « *le rôle historique et unique du Conseil de l'Arctique pour une coopération constructive, une stabilité et un dialogue entre les peuples de la région* ».

▶ La lente reprise des travaux au niveau technique et scientifique

L'objectif de la présidence norvégienne est d'assurer la survie du CA. Pour initier la reprise des travaux, de nombreuses stratégies diplomatiques ont dû être déployées en raison de la nature consensuelle du CA. La reprise des activités des groupes de travail est basée sur le rapport des SAO adopté en mai 2021 à la réunion ministérielle de Reykjavik et le plan stratégique du CA (2021 – 2030) qui ont été approuvés par les huit États arctiques avant le début de la guerre en Ukraine. Cependant depuis, plusieurs solutions pour envisager une reprise des travaux incluant théoriquement *tous* les États arctiques et Participants permanents ont été trouvées. En juin 2023, tous les présidents et secrétaires exécutifs des groupes de travail se sont réunis afin de planifier le travail qui sera entrepris au cours de la présidence. Il faut toutefois noter l'absence de représentants russes, les SAO n'étant pas invités et aucun président de groupe de travail n'étant russe. La réunion a marqué le début d'une vraie reprise des travaux et fin août, les États arctiques, en consultation avec les Participants permanents, ont approuvé les lignes directrices sur les modalités de la reprise des travaux. Ce fut une étape cruciale pour le Conseil : les groupes

de travail peuvent enfin lancer de nouveaux projets et reprendre leur collaboration avec les observateurs et les experts externes qui apportent une contribution essentielle aux projets du Conseil. En octobre, la Présidence norvégienne a ainsi organisé une réunion avec les six organisations des peuples autochtones ayant le statut de participant permanent au CA et une nouvelle initiative sur les feux de forêts a pu être lancée en octobre.

Autre signe de la résurrection du CA, de nouveaux SAO ont été nommés et les États observateurs se sont réunis en "format Varsovie" en octobre 2023, pour la première fois depuis 2019. Les États-Unis et le Canada ont nommé deux nouveaux SAO et les groupes de travail SDWG et EPPR ont également changé de présidence. Le format Varsovie est un format de réunion à l'initiative de la Pologne, observateur depuis 1998, pour améliorer le dialogue entre la présidence du CA, les États observateurs et l'Union européenne, et les groupes de travail du CA. Il se réunissait de manière *ad hoc*, souvent en marge de la réunion des SAO précédant les réunions ministérielles. La Pologne a de nouveau réuni ce format le 28 septembre 2023 en hybride. Les photos postées sur Twitter montrent la participation de l'UE, de l'Italie, de l'Allemagne, des Pays-Bas, de la Corée, de Singapour, du Royaume-Uni, et de la Chine. L'ambassadeur polonais pour l'Arctique, Piotr Rakowski, a exprimé sa volonté d'organiser une prochaine réunion en 2025 en amont de la ministérielle de fin de présidence norvégienne, signifiant ainsi ses espoirs pour la reprise effective des travaux et réunions politiques du CA. Par ailleurs, une réunion associant la présidence norvégienne et les deux prochains États à prendre la présidence, le Royaume du Danemark et la Suède, a eu lieu en novembre, signe que la reprise des activités du CA est envisagée dans la longue durée.

Cependant, aucune reprise du dialogue au niveau politique n'est pour l'instant envisagée et il n'y a pas eu de réunion de SAO depuis novembre 2021 à Salekhard. Ce sera la partie la plus épineuse pour la diplomatie norvégienne dans les mois qui viennent. Ce *statu quo* est un moyen d'éviter les questions de format : la Chine participera-t-elle si la Russie n'est pas invitée ? Nombreux sont ceux qui affirment qu'un Conseil de l'Arctique sans la participation de la Russie n'a pas de sens. Mais les États-Unis ou les pays européens et l'UE seront-ils présents si la Russie est invitée ? (Pic et Canova, 2022).

2.2. La Russie se retire du Conseil Euro-Arctique de Barents

Si la Russie ne s'est pas retirée du CA, elle s'est en revanche retirée du Conseil euro-arctique de la mer de Barents (CEAB), créé en 1993 pour faciliter les contacts transfrontaliers entre les régions les plus septentrionales de la Finlande, de la Suède, de la Norvège et du nord-ouest de la Russie. En temps normal, la Finlande aurait dû transférer la présidence à la Russie lors de la réunion ministérielle prévue le 24 octobre 2023 mais se trouvait dans l'impossibilité diplomatique de le faire compte-tenu de la cessation des activités du CEAB avec la Russie en condamnation de sa guerre contre l'Ukraine. Moscou a donc annoncé par un communiqué officiel du ministère des Affaires étrangères son retrait du Conseil. La déclaration attribue entièrement la responsabilité de l'effondrement de l'architecture de la coopération de la mer de Barents à ses « partenaires » nordiques et arctiques : « *Par la faute des membres occidentaux du conseil (Danemark, Islande, Norvège, Finlande, Suède, UE), [les activités du CEAB] sont quasiment paralysées depuis mars 2022. [...] Dans les conditions actuelles, nous sommes contraints d'annoncer le retrait de la Fédération de Russie du Conseil euro-arctique de la mer de*

Barents. Nous sommes convaincus que la conjoncture politique actuelle qui guide nos voisins du nord de l'Europe ne correspond pas aux intérêts à long terme des habitants de l'Arctique ».

Néanmoins le retrait de la Russie du CEAB n'a pas déclenché autant de débats dans les conférences et le monde académique. Lors de la conférence *Arctic Spirit* qui s'est tenue à Rovaniemi, Finlande en novembre 2023, l'accent a été mis sur les "succès" de la présidence finlandaise du Conseil Euro-Arctique de Barents (CEAB) mais encore une fois très peu sur le retrait de la Russie. L'attitude générale semble être de considérer ce départ comme un non-événement. Une solution a été trouvée pour continuer les travaux du CEAB malgré le départ d'un des membres fondateurs : une nouvelle structure de présidence transitoire a été annoncée durant la conférence de la Norvège, Suède et Finlande vont conjointement exercer une "*trio presidency*" pour un an (BEAC, 2023). Cependant cette solution, si elle maintient le Conseil en vie, le vide de sa raison d'être initiale. En effet, il avait été créé en 1993 à la suite du discours de Mourmansk, précisément pour promouvoir la coopération entre les régions de l'Europe du Nord et du Nord-Ouest de la Russie (Déclaration de Kirkenes, 1993).

3. Une recomposition de la gouvernance arctique : de nouveaux formats et de nouveaux acteurs, et un retour à la diplomatie bilatérale

Dans un contexte de quasi-paralysie du CA, d'autres mécanismes de coopération ont émergé ou ont refait surface. Trois phénomènes sont particulièrement visibles. Tout d'abord un déplacement du multilatéralisme circumpolaire à de nouveaux espaces ou à un niveau sub-étatique. Deuxièmement, on observe un retour à la diplomatie bilatérale entre États arctiques mais également avec des États non Arctiques ayant des intérêts dans la région. Enfin, le rôle des conférences et forums arctiques est partiellement venu combler la lacune au niveau circumpolaire.

3.1. Un déplacement du multilatéralisme à la haute mer et au niveau infrarégional

▶ L'*Arctic Mayor Forum*

Le forum des maires de l'Arctique a été officiellement lancé le 31 janvier 2023 à Tromsø, où le secrétariat est situé. Cette organisation comprenant pour l'instant quatorze communes membres vise à compléter l'absence du niveau local au sein du CA. La déclaration du Forum avait été signée en octobre 2021. Elle établit le Forum comme une organisation pan-arctique visant à assurer la présence des communautés élues (maires et autres élus) comme « leaders de la gouvernance arctique » et porter la voix des populations arctiques. Si entre 2019 et 2021 le comité exécutif comprenait une commune russe (Arkhangelsk), plus aucune ne fait partie du nouveau comité exécutif entre 2022 et 2024. Le ministère des Affaires étrangères norvégien a attribué un budget de 3 millions de couronnes norvégiennes (environ 275 000 €) pour trois ans pour le secrétariat. Cela consacre la volonté norvégienne de s'investir dans la coopération arctique, à tous les niveaux.

▶ L'accord sur la prévention de la pêche dans l'Océan Arctique Central

L'accord interdisant la pêche dans l'Océan Arctique Central, signé en 2018, est entré en vigueur en juin 2021. Dix parties ont signé et ratifié cet accord : le Canada, le Royaume du Danemark au nom du Groenland et des îles Féroé, les États-Unis, la Norvège, la Russie, la Chine, l'Islande, le Japon, la Corée du Sud et l'Union européenne. À l'occasion de la première Conférence des Parties (COP) en 2022, la présence russe avait été vue comme un moyen de renforcer les relations entre États arctiques et non arctiques, d'impliquer davantage les acteurs non arctiques et d'établir de nouveaux régimes qui contribuent à la gouvernance arctique.

La deuxième réunion COP s'est tenue en juin 2023 en Corée du Sud avec toutes les Parties. À ce stade de la mise en œuvre, le CAOFA établit en fait une zone protégée s'étendant sur toute la partie en haute mer de l'océan Arctique central, où toute pêche est interdite pour 16 ans. Sa tenue illustre un déplacement de la diplomatie multilatérale en dehors de la géographie, des acteurs et des formats traditionnels en Arctique. Le CAOFA a d'ailleurs fait l'objet de nombreux panels durant *Arctic Circle Assembly* 2023.

3.2. Une hausse de la diplomatie bilatérale aux dépends de la gouvernance régionale

La Commission européenne a ouvert en 2022 un bureau à Nuuk comme annoncé dans la dernière politique arctique de l'UE. Cependant, si la Cheffe de bureau a été nommée en 2022 en la personne de Rikke Søvsø Nielsen, le bureau n'avait, en février 2023, pas encore de lieu physique pour des questions juridiques et logistiques et l'ouverture reportée à l'été 2023. L'UE insiste sur le fait que c'est un bureau de la Commission et non une représentation diplomatique du Service européen de l'action extérieure, pour ne pas froisser les sensibilités danoises. En effet, le Groenland a quitté l'UE en 1985 et est depuis un PTOM (pays et territoire d'outre-mer) de l'UE car il fait partie du Royaume du Danemark. Dans ce contexte, le fait que la Cheffe du bureau soit danoise n'est sans doute pas un hasard et souligne la complexité de la « nouvelle scène diplomatique » à Nuuk. Par ailleurs, le Groenland a également ouvert une représentation en Chine et a désormais un représentant propre auprès de l'OTAN au sein de la délégation danoise.

En octobre, les États-Unis ont ouvert un poste diplomatique à Tromsø, le premier depuis 1994. Ce poste est unique car il ne s'agit ni d'une représentation consulaire ni d'une ambassade, mais d'une « présence diplomatique ». Il met l'accent sur la diplomatie économique, scientifique et le travail du CA, tout en étant qualifié de "non militaire" par l'ambassadeur américain à Oslo. Cette ouverture souligne l'intérêt stratégique croissant des États-Unis pour l'Arctique européen. En septembre, le ministère des Affaires étrangères norvégien a affecté une conseillère supplémentaire, Linda Solstrand Dahlberg, au Secrétariat du CA pour soutenir la Présidence norvégienne du Conseil.

Enfin, si la Russie ne prévoit pas de développer des forums alternatifs au CA, elle cherche à coopérer avec des pays non occidentaux dans la région arctique, notamment les membres des BRICS et de l'Organisation de coopération de Shanghai (Chine, Inde, Iran et pays d'Asie centrale). Cette coopération inclut la préservation des écosystèmes arctiques et la coopération

énergétique, y compris les énergies renouvelables. La Russie invite également des pays d'Amérique latine et du golfe Persique à coopérer dans la construction de la station internationale de recherche arctique « Snezhinka » en Sibérie. De plus, la Turquie et la Thaïlande sont des partenaires potentiels. Cette coopération non occidentale s'accompagne de la création d'une station scientifique internationale sur l'île norvégienne de Svalbard et de la formation du Consortium de recherche russo-asiatique pour la recherche en Arctique (RACAR).

3.3. Les conférences, un rôle croissant mais un opportunisme critiqué

Arctic Frontiers (AF) et *Arctic Circle Assembly* (ACA) restent les deux conférences qui attirent le plus grand nombre de participants en 2023. Lors d'AF en janvier 2023, les discussions se sont principalement concentrées sur l'avenir du CA en la présence de personnalités politiques nordiques et arctiques, se distinguant de l'atmosphère dramatique et tape-à-l'œil d'ACA 2022 qui se vantait d'être un forum où "la géopolitique de déroule en direct". On observe cependant des tendances similaires aux deux conférences, avec la visibilité croissante des directeurs de conférences. On peut aussi noter la tenue d'AF Scotland en mars 2023, première édition extra régionale d'AF sur le modèle d'ACA et de ses nombreux forums asiatiques. La rivalité entre les deux conférences s'accompagne d'une rivalité entre Tromsø (siège, entre autres, du CA et de l'*Arctic Mayor Forum* récemment créé) et Reykjavik (annonce de la création du centre Norduslod en octobre 2022) comme capitales de la gouvernance arctique. Le rôle accru des conférences et notamment de l'ACA dans la gouvernance de l'Arctique avait fait craindre un affaiblissement du rôle central du CA, en particulier grâce à la place importante donnée aux acteurs non arctiques et non étatiques dans les conférences. L'ACA 2023 s'est tenu du 19 au 21 octobre à Reykjavik. L'an dernier, les débats sur la potentielle mort du CA pendant la conférence avaient particulièrement irrité les diplomates arctiques. Il est donc intéressant de voir que cette année le CA semble avoir utilisé l'ACA à des fins de promotion de ses activités et du succès diplomatique de la reprise (limitée) de ses activités. Le secrétariat du CA au complet était présent et toutes les opportunités pour mettre en valeur la présidence norvégienne et les activités des groupes de travail ont été saisies : discours de la présidence norvégienne en plénière, réception à l'occasion du lancement de l'initiative contre les feux de forêts, présence d'un stand avec une sélection de goodies, brochures, nombreuses sessions sur les groupes de travail.

Par ailleurs, l'année 2023 a été riche d'autres conférences arctiques qui ont été autant d'occasions pour des rencontres diplomatiques informelles et formelles en marge du programme (Steinveg, 2021). L'UE a organisé l'*EU Arctic forum* à Nuuk en février. Le sommet Sami du Conseil Euro-Arctique de Barents s'est tenu pour la première fois au Parlement européen à Bruxelles dans le cadre de la présidence finlandaise du BEAC. La conférence *Arctic encounters symposium* s'est tenue en Alaska à Anchorage les 29-31 mars 2023. Enfin, en avril, la conférence *High North dialogue* s'est tenue à Bodo, Norvège. En novembre *Arctic Spirit* est venu clore le cycle de conférences 2023.

Si la coopération entre les gouvernements des « Arctic 7 » est restée forte, la pause du CA a entraîné la perte d'une plateforme politique permettant d'articuler une vision circumpolaire commune, dommageable notamment pour les peuples autochtones. Le CA étant la plateforme de gouvernance la plus inclusive à laquelle les représentants des peuples autochtones pouvaient participer, sa pause a signifié que les participants permanents avaient perdu une place

importante pour faire entendre leur voix, comme ils le font souvent remarquer durant les conférences. Celles-ci offrent certes un espace de dialogue mais qui n'a pas la même formalité et portée politique.

4. La gouvernance arctique au miroir d'un retour à un climat de Guerre froide ?

4.1. Un retour à une région partagée entre deux blocs militaires ?

Nikolay Korchunov, qui dirigeait la présidence russe du Conseil de l'Arctique et ambassadeur arctique auprès de Moscou, a regretté la mise en pause des activités du Conseil de l'Arctique (Dickie, 2022) et le débordement d'événements géopolitiques dans cette région. Mais alors que l'URSS faisait partie des instigateurs de la coopération arctique il y a 35 ans, on assiste aujourd'hui à l'isolement diplomatique le plus complet de la Russie sur la scène arctique, sans savoir si la crainte du débordement du conflit en Arctique soit justifiée.

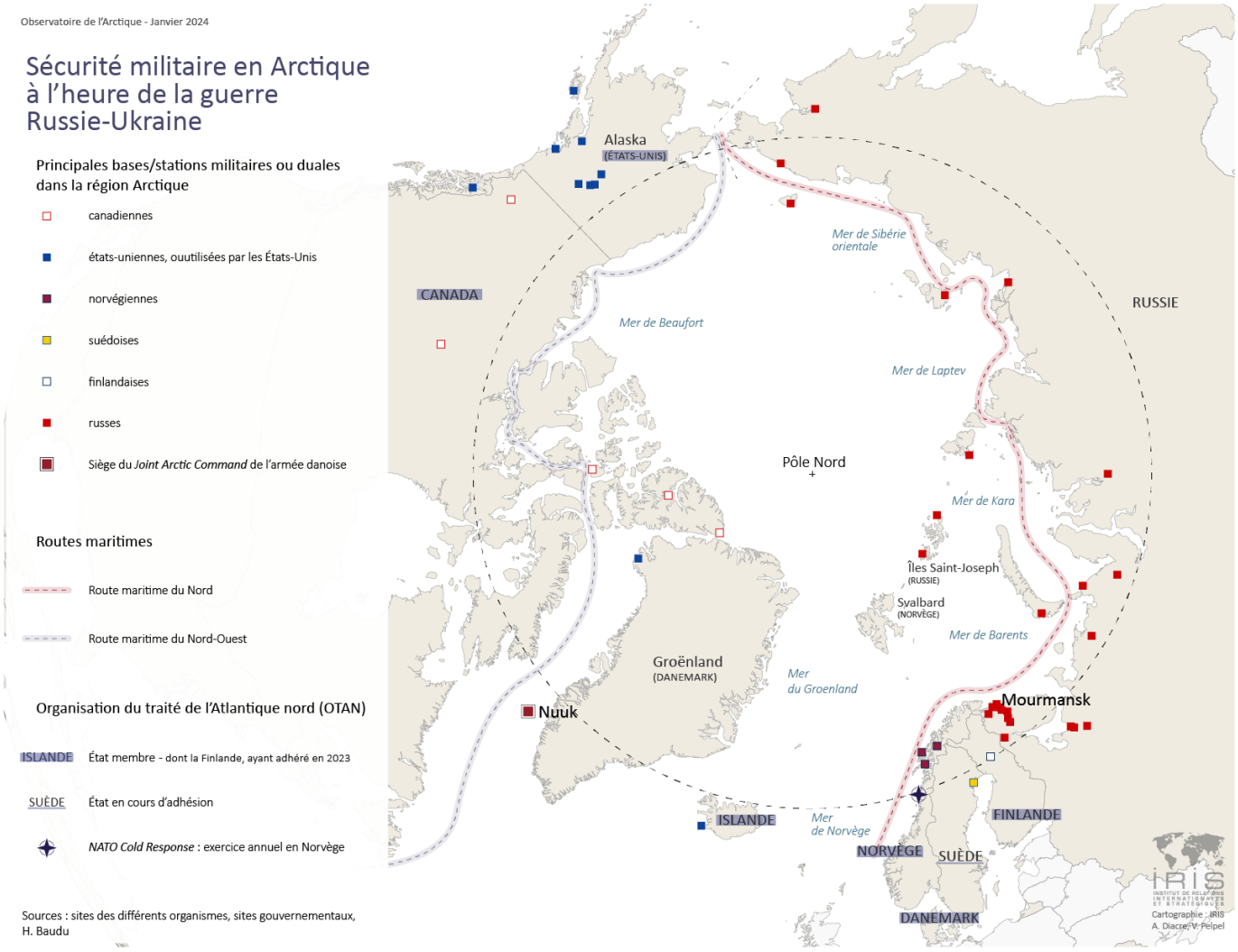
La seconde stratégie arctique de la Maison-Blanche a été publiée en octobre 2022, avec un écho significatif dans la mesure où la Russie n'est plus perçue comme un partenaire dans l'Arctique jusqu'à nouvel ordre. Auparavant, l'US Army avait publié en 2021 sa nouvelle stratégie « *Retrouver la domination de l'Arctique* » (2021) et plusieurs départements états-uniens ont publié des mises à jour de leur politique arctique. En parallèle, l'Arctique est la priorité de la nouvelle doctrine navale russe signée à l'été 2022 (2022) par Vladimir Poutine, avec la promesse faite dans ce document de renforcer les capacités militaires dans la région. Une des menaces principales identifiées pour la Russie est le rapprochement des infrastructures de l'OTAN des frontières du pays. 24h après que les troupes russes ont pénétré en Ukraine, le Kremlin a prévenu la Finlande et la Suède de « *sérieuses conséquences militaires et politiques* » s'ils devenaient membres de l'OTAN – même si la position russe s'est adoucie depuis l'acceptation de l'adhésion. Alors que la Finlande et la Suède ont réévalué leur politique historique de neutralité et demandé l'adhésion à l'OTAN (accepté pour la Finlande et en suspens pour la Suède au moment de l'écriture de cette note), la Russie sera le seul pays du Conseil de l'Arctique à ne pas faire partie de l'Alliance militaire. Par ailleurs, le Danemark déjà membre de l'OTAN, mais qui avait un opt-out sur la politique de défense européenne, a également levé cet opt-out après le début de la guerre en Ukraine.

Après avoir été largement désinvesti dans l'après-Guerre froide, l'Arctique était depuis plusieurs années un théâtre de remilitarisation avec notamment la réouverture ou la modernisation de la Flotte du Nord. La Russie a multiplié les exercices militaires, comme dans la mer de Barents juste avant l'invasion du 24 février (Wormdal, 2022). L'OTAN poursuit en miroir ses entraînements biannuels réguliers avec « *Cold Response* » en Norvège par exemple qui en mars 2022 a réuni 30 000 soldats d'une trentaine de pays de l'alliance atlantique (OTAN, 2022).

Si on ne détecte pas pour l'instant d'indices menant à un conflit direct en Arctique, des signaux faibles de non-coopération sont en effet visibles, que l'on pense aux réinvestissements militaires états-unien (Harris, 2022) et canadien (Radio Canada, 2022) dans la région ou aux exercices militaires de l'OTAN (OTAN, 2022) ou aux menaces hybrides (Kertysova et Gricius, 2023).

Les conséquences sont une militarisation des discussions qui font oublier les autres problèmes de l'Arctique (sociaux, climatiques…), un retour sur un équilibre basé sur la dissuasion et la menace, et non plus sur la transparence et la coopération.

Figure n° 2 : SÉCURITÉ MILITAIRE EN ARCTIQUE À L'HEURE DE LA GUERRE RUSSIE-UKRAINE



4.2. Comment gouverner l'Arctique sans la Russie ?

Alors que le Conseil de l'Arctique est pour l'instant paralysé, l'idée d'établir un « Conseil des 7 de l'Arctique » a pour autant été écartée. La Russie reste un acteur incontournable de la scène politique et économique régionale. 53% du littoral arctique est russe, et la moitié de la population arctique est russe. Le conflit russo-ukrainien et ses conséquences posent cependant la question du déplacement des instances de la coopération arctique hors des formats traditionnels comme le Conseil de l'Arctique. Il est certain que Moscou a des intérêts à protéger dans cette région (Escudé, 2019) riche en gaz, minerais et terres rares, qui représente entre 10 et 20% de son PIB et de ses importations. Sa volonté de poursuivre le développement économique de l'Arctique russe est plus forte que jamais, mais les sanctions occidentales posent la question des partenaires dans les projets d'extraction et le développement de la Route maritime du Nord.

La guerre entre la Russie et l'Ukraine augmente aux yeux des observateurs occidentaux le risque de voir Pékin devenir le partenaire commercial privilégié de Moscou en Arctique. Il devient plus difficile de dénoncer son discours de « *near-Arctic state* » (État quasi-arctique) autrefois ridiculisé et même vilipendé dans le discours de Mike Pompeo de 2019 qui mettait en garde contre les actions chinoises jugées belliqueuses dans l'Arctique. L'exode de capitaux, de technologies et d'acheteurs de Russie pourrait non seulement marquer une dépendance accrue de la Russie à l'égard de la Chine dans le développement des ressources arctiques (Eiterjord, 2022), mais aussi des opportunités pour de nouveaux acteurs : Inde, Émirats arabes unis, pays de l'Asie du Sud Est.

Alors que le Conseil de l'Arctique continue ses activités qui n'impliquent pas la participation de la Russie, cette dernière demeure toutefois engagée avec l'Occident dans la gouvernance de l'espace maritime de l'Arctique par l'entremise de conventions légales comme la Convention des Nations Unies pour le Droit de la Mer. En outre, les lieux de la coopération se déplacent et se diversifient. Les forums, séminaires et conférences comme « *Arctic Frontiers* » en Norvège, « *Arctic Circle* » en Islande se maintiennent, accueillant des participants beaucoup plus divers : entreprises, représentants d'États non arctiques, d'ONG, etc., mais sans représentants officiels de la Fédération de Russie.

Dans le contexte de la guerre en Ukraine, certains acteurs considérés comme des « outsiders » voient l'occasion de prendre une place accrue. C'est le cas de l'Union européenne, qui n'a jamais réussi à obtenir un rôle d'observateur formel au Conseil de l'Arctique. Alors que l'Arctique européen est l'un des quatre théâtres où l'Europe rencontre la Russie (les autres étant la mer Baltique, la mer Noire et la région de l'Ukraine), l'UE a réaffirmé récemment son engagement en Arctique comme une nécessité géopolitique, avant même 2022 (Canova et al., 2022). Jusqu'à présent, l'UE a été réticente à promouvoir un rôle accru y compris en termes de sécurité dans le Nord. Le contexte de militarisation accrue de la Russie, mais aussi l'intérêt croissant de la Chine peuvent lui donner alors l'occasion de devenir un acteur majeur dans la région. Cependant, cela sera limité par l'impossibilité de changer le cadre du CA et par la place de l'OTAN dans les questions de sécurité. Pour l'instant l'UE a choisi de s'affirmer par la promotion de ses programmes de développement régionaux et le financement de la recherche qu'elle met en avant dans les conférences.

Les discussions autour du CA sont centrées depuis la pause sur le maintien de l'institution et les questions d'évolution de la structure de l'organisation ont été mises au second plan, notamment celle des observateurs. Dans les circonstances actuelles, il est difficile d'envisager de parvenir à un consensus sur cette question ou même d'entamer une discussion. Or cette question des observateurs englobe un aspect supplémentaire au-delà du débat de longue date sur leur nombre, à savoir le rôle limité qu'ils jouent au sein du Conseil. Sa suspension a conduit des observateurs extérieurs à s'interroger sur sa pertinence et son utilité (UK Parliament, 2023) et à s'inquiéter de l'émergence de forums *ad hoc* alternatifs ou de cercles de discussion exclusifs. Il s'agit notamment de groupes tels que le format de Varsovie où des États observateurs européens et asiatiques partageant des perspectives communes, ou un dialogue croissant entre la Russie et les BRICS, notamment la Chine.

Ainsi, une question fondamentale se pose : pourquoi les États arctiques ont-ils tous exprimé leur ferme engagement à préserver l'institution ? Même la Russie n'a jamais explicitement indiqué qu'elle souhaitait quitter le Conseil, même si elle a exprimé certaines réserves quant

aux modalités futures de sa participation (TheArctic.ru, 2023). Au cours de ses vingt-sept années d'existence, le Conseil est progressivement devenu le forum central et clé de l'Arctique. Sa structure, qui accorde un rôle central aux États arctiques et aux participants permanents, combinée à son processus décisionnel fondé sur le consensus, leur permet d'exercer une influence significative sur les questions arctiques. Ainsi, la pause de l'AC a eu des conséquences néfastes sur les plans politique et scientifique.

Compte tenu de l'intérêt croissant de la communauté internationale pour la région, les acteurs de l'Arctique, qu'il s'agisse des États ou des peuples autochtones, veulent garder la main sur les questions relatives à l'Arctique. Le CA joue un rôle clé à cet égard. Le danger serait alors d'essayer de le maintenir tel quel à tout prix, sans revoir les objectifs de la coopération. Le Conseil a évolué et s'est adapté à des contextes internationaux changeants depuis sa création : le moment est venu de réfléchir à nouveau à son évolution possible alors que la gouvernance arctique change.

Conclusion

La question de la continuité de la gouvernance arctique se pose dans cette ambiance où le géant arctique qu'est la Russie semble seul contre les sept autres pays de la région et doit trouver des soutiens ailleurs – en Chine entre autres. Le gel des instances officielles de coopération comme le Conseil de l'Arctique, le maintien d'autres comme les forums *Arctic Circle* et *Arctic Frontiers*, et le renforcement des liens entre Russie à présent isolée dans la région avec la Chine, sont autant de facteurs qui déplacent les contours de la gouvernance arctique dans sa forme et son fond.

Ainsi, l'année 2023 a été marquée par des défis significatifs et des transformations dans le domaine de la gouvernance arctique. La suspension du Conseil de l'Arctique et d'autres forums de coopération a perturbé la coopération régionale, rendant difficile la restauration d'une communication de haut niveau. Au début du conflit, il faut rappeler que l'ambassadeur de la Suède au Canada avait demandé que la Russie soit exclue du Conseil de l'Arctique : « *Avec la présence de la Russie au Conseil de l'Arctique, nous espérions qu'elle partage nos valeurs et nos standards, mais visiblement nous avons échoué.* » (Houdassine, 2022) Les « Arctic 7 » accusent Moscou d'avoir enfreint les « *principes fondamentaux de souveraineté et d'intégrité territoriale* », fondés sur le droit international. Malgré des relations diplomatiques tendues avec la Russie, la nécessité d'un dialogue circumpolaire a entraîné une redéfinition des pratiques de gouvernance, y compris celles impliquant des acteurs non étatiques et une reprise de dialogue au sein du CA au plus bas niveau possible.

La communauté scientifique est le lieu de débats sur les formats de coopération dans ce contexte de tensions. Pour la chercheuse Elizabeth Buchanan (2022), la pause des activités du Conseil est avant tout une posture morale à court terme qui met en péril toute tentative de discuter des enjeux essentiels à long terme dans la région. Elle nomme ainsi la place des acteurs extérieurs, la question des plateaux continentaux ou de la gestion des ressources, et enfin le changement climatique, l'urgence absolue alors que depuis les trente dernières années, la région arctique s'est réchauffée quatre fois plus vite que le reste du monde. Critiquée par des collègues sur les réseaux sociaux, Elizabeth Buchanan a rappelé que depuis la création

du Conseil de l'Arctique, Washington a envahi l'Irak, l'Afghanistan, la Somalie, le Yémen et la Syrie sans réaction pour autant des autres acteurs arctiques. Dans une interview dans *High North News* (Edvardsen, 2022), le chercheur finlandais Timo Koivurova déplore que d'importantes aires de coopération comme le climat passent au second plan alors que c'est justement pour lui la principale menace à la sécurité en Arctique.

Dans ce contexte, de nouveaux formats de coopération ont émergé, tels que l'*Arctic Mayor Forum*, visant à combler le vide de niveau local au sein du Conseil de l'Arctique, et des réunions de haut niveau impliquant les observateurs du Conseil de l'Arctique en « format Varsovie » se sont reformées. Ces développements reflètent un déplacement de la gouvernance vers des initiatives plus ciblées et de nouveaux acteurs. En fin de compte, la gouvernance arctique continue d'évoluer en réponse aux défis géopolitiques, environnementaux et sociaux.

Bibliographie

Arctic Circle. « 2022 Arctic Circle Greenland Forum ». Consulté le 16 janvier 2023. https://www.arcticcircle.org/forums/arctic-circle-greenland-forum.

Arctic Council. « Ottawa Declaration », 1996. https://oaarchive.arctic-council.org/handle/11374/85.

———. « Reykavik Strategic Plan 2021-2023 », 2021.

———. « The Arctic Council Celebrates 25 Years of Arctic Cooperation ». Arctic Council. Consulté le 29 novembre 2021. https://arctic-council.org/news/arctic-council-celebrates-25-years-of-arctic-cooperation/.

Buchanan, Elizabeth. « The Ukraine War: Arctic Council Steps into Unchartered Territory ». Arctic Circle, 15 mars 2022. https://www.arcticcircle.org/journal/arctic-council-steps-into-unchartered-territory.

Canova, Emilie, Camille Escudé-Joffres, Andreas Raspotnik, et Florian Vidal. « European Policies in the Arctic: National Strategies or a Common Vision? » In *Arctic Fever: Political, Economic & Environmental Aspects*, édité par Anastasia Likhacheva, 305-32. Singapore: Springer Nature, 2022. https://doi.org/10.1007/978-981-16-9616-9_12.

Canova, Emilie et al. « L'Arctique, nouveau Moyen-Orient ? 5 points pour déconstruire un mythe ». *Le Grand Continent* (blog), 2019. https://legrandcontinent.eu/fr/2019/11/05/arctique-moyen-orient-5-points-pour-deconstruire-un-mythe/.

———. « Présidence russe au Conseil de l'Arctique : le réveil d'un géant ». *Le Grand Continent* (blog), 31 mai 2021. https://legrandcontinent.eu/fr/2021/05/31/presidence-russe-au-conseil-de-larctique-le-reveil-dun-geant/.

Deshayes, Pierre-Henry. « Arctic warming three times faster than the planet, report warns ». Phys.org, s. d. https://phys.org/news/2021-05-arctic-faster-planet.html.

Dickie, Gloria. « Russian officials call Arctic Council boycott "regrettable" – ArcticToday ». Arctic Today, 4 mars 2022. https://www.arctictoday.com/russian-officials-call-arctic-council-boycott-regrettable/.

Edvardsen, Astri. « Hard Security Focus May Once Again Come to Dominate the Arctic, Researcher Fears ». High North News, 29 mars 2022. https://www.highnorthnews.com/en/hard-security-focus-may-once-again-come-dominate-arctic-researcher-fears.

Eiterjord, Trym. « What Does Russia's Invasion of Ukraine Mean for China in the Arctic? » The Diplomat, 25 mars 2022. https://thediplomat.com/2022/03/what-does-russias-invasion-of-ukraine-mean-for-china-in-the-arctic/.

Escudé, Camille. « Coopération politique et intégration régionale en Arctique (1996-2019) : construction d'une région ». Thèses, Institut d'Études Politiques de Paris, 2020. https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-02980869.

———. *Géopolitique de l'Arctique*. Presses Universitaires de France, 2024. https://www.fnac.com/a18762177/Camille-Escude-Geopolitique-de-l-Arctique.

———. « L'administration Trump, trouble-fête de la réunion ministérielle du Conseil de l'Arctique – Le Grand Continent ». *Le Grand Continent*, 9 mai 2019. https://legrandcontinent.eu/fr/2019/05/09/ladministration-trump-trouble-fete-de-la-reunion-ministerielle-du-conseil-de-larctique/.

———. « Les régions de l'Arctique entre États et sociétés ». *Géoconfluences*, 2019. http://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/dossiers-regionaux/arctique/articles-scientifiques/regions-arctiques-entre-etats-et-societes.

Gorbachev, Mikhail. « Mikhail Gorbachev's speech in Murmansk at the ceremonial meeting on the occasion of the presentation of the order of Lenin and the gold star to the city of Murmansk ». *Murmansk, Russia, October*, 1987. https://www.barentsinfo.fi/docs/Gorbachev_speech.pdf.

Headquarters, Department of the Army. « Regaining Arctic Dominance The U.S. Army in the Arctic », 19 janvier 2021.

Heininen, Lassi, Heather Exner-Pirot, et Joël Plouffe. « Governance and Governing in the Arctic ». In *The Arctic Yearbook 2015*, 2015.

Hohmann, Sophie. « L'Arctique russe, reconquête d'un front pionnier ? » *Hérodote* 166-167, nº 3-4 (2017): 261-76. https://doi.org/10.3917/her.166.0261.

Houdassine, Ismaël. « La Russie, grande absente de la conférence Arctic360, accapare les discussions – Regard sur l'Arctique ». Regard sur l'Arctique, 10 mars 2022. https://www.rcinet.ca/regard-sur-arctique/2022/03/10/russie-la-grande-absente-de-la-conference-arctic360-accapare-les-discussions/.

Jonassen, Text Trine. « The Arctic Council Nominated for the Nobel Peace Prize ». *High North News*, 2 février 2022. https://www.highnorthnews.com/en/arctic-council-nominated-nobel-peace-prize.

Kertysova, Katarina, et Gabriella Gricius. « Countering Russia's Hybrid Threats in the Arctic ». European leadership networ, k2023. https://www.europeanleadershipnetwork.org/report/countering-russias-hybrid-threats-in-the-arctic/.

Knecht, Sebastian. « New Observers Queuing Up: Why the Arctic Council Should Expand – and Expel ». *The Arctic Institute* (blog), 20 avril 2015. https://www.thearcticinstitute.org/new-observers-queuing-up/.

Landriault, Mathieu. « Diplomatie ». *L'année Arctique*, Observatoire de la Politique et de la Sécurité en Arctique (OPSA), 2020.

Mann, Michael. « Exclusive Interview with Michael Mann, EU's Ambassador at Large for the Arctic/Special Envoy for Arctic Matters ». Groupe d'études géopolitiques. Consulté le 1 décembre 2021. https://geopolitique.eu/en/2021/01/18/exclusive-interview-with-michael-mann-eus-ambassador-at-large-for-the-arctic-special-envoy-for-arctic-matters/.

Muxel, Anne. *Croire et faire croire: Usages politiques de la croyance*. PRESSES DE SCIENCES PO, 2017.

Nilsen, Thomas. « Arctic Council "in Pause Mode" as Seven of Eight Member States Condemn War ». The Independent Barents Observer, 3 mars 2022. https://thebarentsobserver.com/en/arctic/2022/03/arctic-council-pause-mode-seven-eight-member-states-condemn-war.

OTAN. « Exercice Cold Response 2022 – Les forces des pays de l'OTAN et des pays partenaires à l'épreuve du froid en Norvège ». NATO, 7 mars 2022. https://www.nato.int/cps/fr/natohq/news_192351.htm.

———. « News: Fin de l'exercice Cold Response 2022 en Norvège : en direct du terrain », 5 avril 2022. https://www.nato.int/cps/fr/natohq/news_194434.htm.

Pic, Pauline. « La nouvelle doctrine des USA de Trump dans l'Arctique ». *Le Grand Continent* (blog), 10 mai 2019. https://legrandcontinent.eu/fr/2019/05/10/la-nouvelle-doctrine-des-usa-de-trump-dans-larctique/.

Pic, Pauline, Camille Escudé-Joffres, et Florian Vidal. « Les politiques de l'Arctique – Introduction : l'Arctique, défis et perspectives pour la gouvernance du XXIe siècle ». *Études internationales* 51, nº 1 (2020). https://www.erudit.org/fr/revues/ei/2020-v51-n1-ei06200/.

Pic, Pauline, et Emilie Canova. 2023. « The Arctic Council in Transition: Challenges and Perspectives for the New Norwegian Chairship ». *The Arctic Institute – Center for Circumpolar Security Studies*, 13 juin 2023. https://www.thearcticinstitute.org/arctic-council-transition-challenges-perspectives-new-norwegian-chairship/.

Pompeo, Mike. *Looking North: Sharpening America's Arctic Focus*. Rovaniemi, Finlande, 2019. https://www.state.gov/looking-north-sharpening-americas-arctic-focus/.

Quinn, Eilis. « Lack of consensus punts Arctic Council observer applications to future ministerial – Eye on the Arctic ». Eye on the Arctic, 2021. https://www.rcinet.ca/eye-on-the-arctic/2021/05/21/lack-of-consensus-punts-arctic-council-observer-applications-to-next-ministerial/.

Radio Canada, Zone Politique-. « La Marine canadienne et ses alliés se déploient en Arctique ». Radio-Canada.ca. Radio-Canada.ca, 8 février 2022. https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1902788/marine-canada-operation-nanook-exercice-arctique.

RAIPON. « RAIPON Supports the Decision of President Putin to Start the War in Ukraine ». Indigenous Russia, 1 mars 2022. https://indigenous-russia.com/archives/19434.

Raspotnik, Andreas. *The European Union and the Geopolitics of the Arctic*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing Ltd, 2018.

Russian section of the Saami Council. « The Russian section of the Saami Council has issued a statement regarding the current situation in Russia ». Sámiráđđi, 27 février 2022. https://www.saamicouncil.net/news-archive/statement-by-the-russian-side-of-the-saami-council-regarding-the-current-situation-in-russiaa.

Steinveg, Beate. *Arctic Governance Through Conferencing: Actors, Agendas and Arenas*. Frontiers in International Relations. Cham: Springer International Publishing, 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-031-23332-6.

TheArctic.ru *Russian Foreign Ministry does not rule out Russia's withdrawal from Arctic Council,* 2023, May 12th. Available at: https://arctic.ru/international/20230512/1022359.html. Accessed: June 6th, 2023

The governments of Canada, the Kingdom of Denmark, Finland, Iceland, Norway, Sweden, and the United States. « Joint Statement on Limited Resumption of Arctic Council Cooperation – United States Department of State », 8 juin 2022. https://www.state.gov/joint-statement-on-limited-resumption-of-arctic-council-cooperation/.

The White House. « National Strategy for the Arctic Region », octobre 2022. https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/10/National-Strategy-for-the-Arctic-Region.pdf.

UK Parliament. *New Polar Research Sub-Committee explores UK's relationship to Arctic environment*, 21 February 2023. Available at: https://committees.parliament.uk/committee/62/environmental-audit-committee/news/186297/new-polar-research-subcommittee-explores-uks-relationship-to-arctic-environment/. Accessed: June 6th, 2023

United States Department of State. « Joint Statement on Arctic Council Cooperation Following Russia's Invasion of Ukraine », 3 mars 2022. https://www.state.gov/joint-statement-on-arctic-council-cooperation-following-russias-invasion-of-ukraine/.

Wormdal, Bård. « Varsel om russisk test av missiler for atombomber i Barentshavet: – Et klart politisk signal til USA ». NRK, 18 février 2022. https://www.nrk.no/tromsogfinnmark/varsel-om-russisk-test-av-missiler-for-atombomber-i-barentshavet_-_-et-klart-politisk-signal-til-usa-1.15860702.

Young, Oran R. « Governing the Arctic: From Cold War Theater to Mosaic of Cooperation ». *Global Governance* 11, nº 1 (2005): 9-15.

L'accélération du dégel du pergélisol : un enjeu stratégique circumpolaire irréversible et coûteux

Magali Vullierme
CEARC & OPSA

Introduction

Sol composé de sédiments, de roches et de glace, dont la température demeure inférieure ou égale à 0 °C pendant au moins deux années consécutives, le **pergélisol** fait partie intégrante de la géologie des régions arctiques. En surface, la couche active gèle et dégèle en fonction des saisons, selon un cycle naturel qui est maintenant perturbé par les changements climatiques (Westerveld, Kurvits, Schoolmeester, *et al.,* 2023).

Dans sa forme **terrestre**, le pergélisol peut être **permanent** (ou « continu **»)**, **discontinu**, **sporadique** ou **isolé**, en fonction de la proportion du sol gelé en permanence (Westerveld, *et al.,* 2023, p. 13). Dans les zones de pergélisol permanent, au moins 90 % du sol est composé de pergélisol alors que dans les zones discontinues, il est présent dans 50 à 90 % des sols. La transition entre zones permanentes et discontinues suit, grossièrement, le passage de la toundra à la végétation boréale subarctique (la fameuse « limite des arbres »). Dans les zones discontinues, la température annuelle moyenne du sol est supérieure à –2 °C. Enfin, les zones sporadiques, composées de 10 à 50 % de pergélisol, ou isolées, composées de moins de 10 % de pergélisol, sont inégalement réparties (*Ibid*.). L'épaisseur du pergélisol varie, selon ces zones, de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres de profondeur. Le pergélisol **sous-marin** s'est quant à lui formé lors de la dernière Ère Glacière, lorsque le niveau des mers et des océans était de 100 mètres plus bas. Comme le pergélisol terrestre, le pergélisol sous-marin est composé de sédiments et de roches gelés et peut contenir ou non de la glace. Bien que moins étendu que le pergélisol terrestre, le pergélisol sous-marin se retrouve également majoritairement dans le nord de la Sibérie et jusqu'en Alaska et au Nord-ouest du Canada (voir Figure 3). Si son épaisseur est majoritairement inférieure à 200 mètres, les modélisations suggèrent qu'il peut s'étendre jusqu'à plus de 700 mètres dans certaines parties des mers de Laptev, de Kara et de Sibérie orientale (*Ibid*. p. 13 ; pp. 80-81).

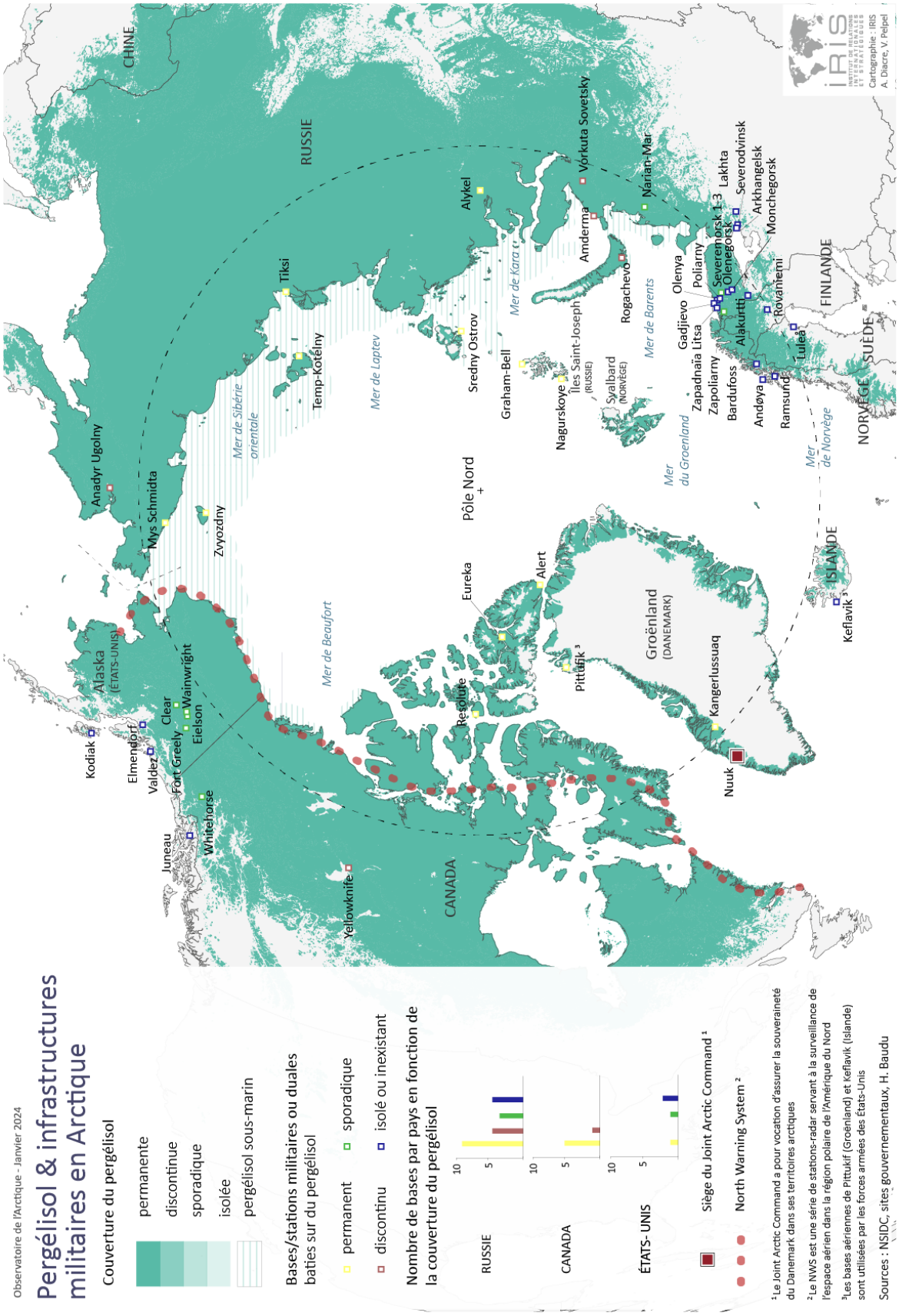
Avec les changements climatiques, la couche active du pergélisol terrestre dégèle pendant une période temporelle plus longue et à une profondeur plus importante (University of Guelph, 2019 ; Martinez-Mendez, 2021 ; Mawad, 2021 ; Schneider von Deimling, Lee, Ingeman-Nielsen, Westermann, *et al*., 2021). Ce dégel, qui est déjà grandement avancé dans les régions subarctiques, comme à Yakutsk, va s'étendre vers le Nord et aura des impacts directs et indirects.

Pour ces premiers, nous pouvons mentionner la dégradation et l'effondrement des infrastructures, l'érosion côtière et les déplacements de villages (*The Moscow Times*, 2019; Delaunay & Vullierme, 2019 ; Westerveld, *et al.,* 2023, p. 79). Pour ces seconds, nous pouvons mentionner la destruction ou la modification de l'écosystème, la libération d'agents pathogènes et de gaz toxiques (Zheng, Overeem, Wang & Clow, 2019 ; Boren, 2020 ; Bourzac, 2019; Organisation des Nations unies, 2020 ; Timofeev, Bahtejeva, Mironova, *et al.*, 2019 ; Turetsky, Abbott, Jones, *et al.,* 2019 ; Vullierme, 2019, 2020a&2020c; Vullierme & Delaunay, 2019; Welch, 2020 ; Westerveld, *et al.,* 2023, pp. 20-21).

L'accélération du dégel du pergélisol aura un impact global et touchera aussi bien les aéroports, ports et routes, que les habitations civiles, bases militaires, stations radars et météorologiques ou que les infrastructures énergétiques telles que les mines, les champs d'hydrocarbures et, dans une moindre mesure, les câbles sous-marins. Pour tenter de diminuer cet impact, une solution est le placement de tubes réfrigérants, appelés « **thermosiphons** », sur certaines infrastructures. Cette technologie est notamment utilisée pour le site de gaz naturel liquéfié Yamal-LNG, en Russie, et pour l'oléoduc TransAlaska (« *TransAlaska Pipeline* »), en Alaska. Plantés à la verticale, les thermosiphons extraient la chaleur du sol pour empêcher le réchauffement de la couche active du pergélisol. Bien qu'efficace, les thermosiphons restent encore trop onéreux pour être utilisés à grande échelle (Westerveld, *et al.,* 2023). Or, en 2017 plus de 60 % des communautés (dont 46 % sont côtières) et 70 % des infrastructures arctiques sont construites sur du pergélisol (Jungsberg, Turunen, Heleniak, *et al.,* 2019). En 2023, environ 5 millions de personnes, réparties dans 1 162 communautés, vivent en zones de pergélisol circumpolaire. Si 90% d'entre elles comptent moins de 5 000 habitants, la quasi-totalité de ces personnes (soit 4 millions) vivent dans 123 grandes agglomérations de 5 000 à 360 000 habitants, situées en grande majorité dans l'Arctique russe (Westerveld, *et al.,* 2023). Selon une autre étude, publiée dans *Nature* en 2022, 30 à 50 % des infrastructures circumpolaires et 500 villes ou communautés arctiques sont menacées par le dégel du pergélisol à l'horizon 2050 (Hjort, Streletskiy, Doré, *et al*., 2022). Toutefois, le pergélisol étant inégalement réparti, son dégel n'aura pas la même ampleur selon les sous-régions arctiques. **Si les infrastructures dans l'Arctique européen seront les moins affectées, ce chiffre devrait avoisiner les 80% dans l'Arctique russe**, étant donné qu'environ 65 % de son territoire est situé sur des zones de pergélisol (Staalesen, 2021a). Ensuite, vient l'Arctique Nord-américain – composé de l'Alaska, du Yukon, des Territoires-du-Nord-Ouest, du Nunavut, du Nunavik, du Nunatsiavut et du Nord du Labrador – dont 80% de la surface totale est constituée de pergélisol. Puis, viennent le Groenland, les pays scandinaves et l'Islande. Par ailleurs, bien que tous les États circumpolaires exploitent des mines, seuls la Fédération de Russie, l'État de l'Alaska, le Canada et le Groenland ont des opérations minières localisées sur du pergélisol. En Russie, le secteur minier (fer, alliage, métaux précieux etc.), combiné au secteur pétrolier, représente 60 % du produit intérieur brut régional de l'Arctique russe (Westerveld, *et al.,* 2023, p. 119).

Quid, plus spécifiquement des infrastructures militaires circumpolaires ? Localisées pour la plupart le long des côtes, **les infrastructures militaires ou duales (qui englobent, en l'espèce, les bases, les stations météorologiques, de recherche ou d'entraînement, les aéroports) sont menacées, tout autant que les infrastructures civiles, par l'accélération du dégel du pergélisol et par l'érosion côtière** qui en résulte. Nous concentrerons notre analyse sur ces infrastructures pour dresser un portrait circumpolaire des enjeux les concernant.

Figure n° 3 : PERGÉLISOL ET INFRASTRUCTURES MILITAIRES EN ARCTIQUE



Source : Iris, avec Magali Vullierme, janvier 2024.

La carte ci-dessus répond à deux objectifs croisés. Tout d'abord, nous souhaitions illustrer la couverture et le type de pergélisol pour l'ensemble des sous-régions arctiques. Ensuite, nous souhaitions montrer les variations de vulnérabilité des infrastructures militaires ou duales circumpolaires. Notons que l'intégralité de ces infrastructures n'a pas pu être représentée, par soucis de lisibilité. Côté canadien par exemple, les patrouilles de Rangers canadiens, réservistes des Forces armées canadiennes, ne sont pas représentées sur cette carte. Or, il y a près d'une patrouille par communauté de l'Arctique canadien. Les petites bases du *Joint Arctic Command* localisées sur la côte Est du Groenland ne sont également pas représentées.

Afin de montrer ces enjeux, nous présenterons l'ensemble des sous-régions arctiques par ordre décroissant de vulnérabilité. Nous commencerons par les régions les plus menacées, à savoir la Fédération de Russie, l'Alaska et le Canada, et finirons par celles qui seront moins impactées, à savoir le Groenland, les États scandinaves et l'Islande.

1. La Fédération de Russie

La Fédération de Russie est la plus à risque, tant pour le pergélisol terrestre que pour le pergélisol sous-marin (Westerveld, *et al.,* 2023, p. 80). Or, c'est aussi l'État arctique le plus peuplé, avec de très grosses villes situées non loin de la Route Maritime Nord, comme Mourmansk (298 000 habitants) et Norilsk (178 000 habitants), et de grosses villes subarctiques, comme Yakutsk dont la population atteint 308 000 habitants (Westerveld, *et al.,* 2023).

Selon une étude, plus de 70 % des infrastructures (Jungsberg, Turunen, Heleniak, *et al.,* 2019) et 45 % des champs d'extraction d'hydrocarbures de l'Arctique russe sont construits sur du pergélisol (Hjort, Karjalainen, Aalto, *et al.,* 2018). D'ici 2050, plus de 36 000 bâtiments, 13 000 kilomètres de routes et 100 aéroports feront face à un risque très élevé de dommages (Hjort, *et al.,* 2018). Cette fragilité est exacerbée par une érosion côtière très importante. (Quinn, 2022). En effet, les côtes russes perdent annuellement 7 000 hectares, mettant en risque les infrastructures tant civiles que stratégiques : ports, installations électriques et gazoducs sous-marins (Leganger Bronder, 2021).

En 2021, Aleksander Kozlov, alors ministre des Ressources Naturelles de la Fédération, tire la sonnette d'alarme. Après avoir déclaré que « *65 % du territoire russe est situé dans la zone de pergélisol, mais cela n'est mentionné dans aucun document du programme fédéral, malgré le fait que la zone de pergélisol est un élément vital de l'environnement naturel, dont dépendent le paysage, la végétation et le littoral* », il ajoute que plus de 40 % des fondations et des structures des bâtiments sont déjà déformées par ce phénomène qui complique également les constructions de routes et de voies ferrées (Staalesen, 2021b). Pour Kozlov, cette accélération du dégel du pergélisol cause 23 % des défaillances des systèmes techniques de l'Arctique russe et empêche le fonctionnement de presque 29 % des installations de production de pétrole et de gaz. Des chercheurs russes ont estimés que cette dégradation du pergélisol coûtera, d'ici 2050, environ « *cinq mille milliards de roubles (58 milliards d'euros), soit environ 25 % du budget fédéral total de la Russie* ». Par ailleurs, toujours selon la même source, le déversement de 21 000 tonnes de diesel dans la péninsule de Taymyr en 2020 s'est produit à cause du dégel du pergélisol situé sous un important réservoir de pétrole (Staalesen, 2020). Selon une estimation de chercheurs de l'Institut russe de la cryosphère, la frontière de la zone de pergélisol

s'est déjà déplacée de plus de 30 km vers le Nord au cours des 40 dernières années et jusqu'à 500 kilomètres carrés de terre disparaissent chaque année dans l'océan Arctique (Portnov, Smith, Mienert, *et al.,* 2013). Pour Dmitri Drozdev, directeur de l'Institut russe de la cryosphère, ce processus est irréversible (Matytsin, 2015 ; Staalesen, 2015).

Les infrastructures militaires ou duales de l'Arctique russe seront donc doublement impactées, par l'érosion côtière et par l'accélération du dégel du pergélisol. En effet, si l'on regarde la Figure 3, la plupart des bases sont situées proches des côtes.

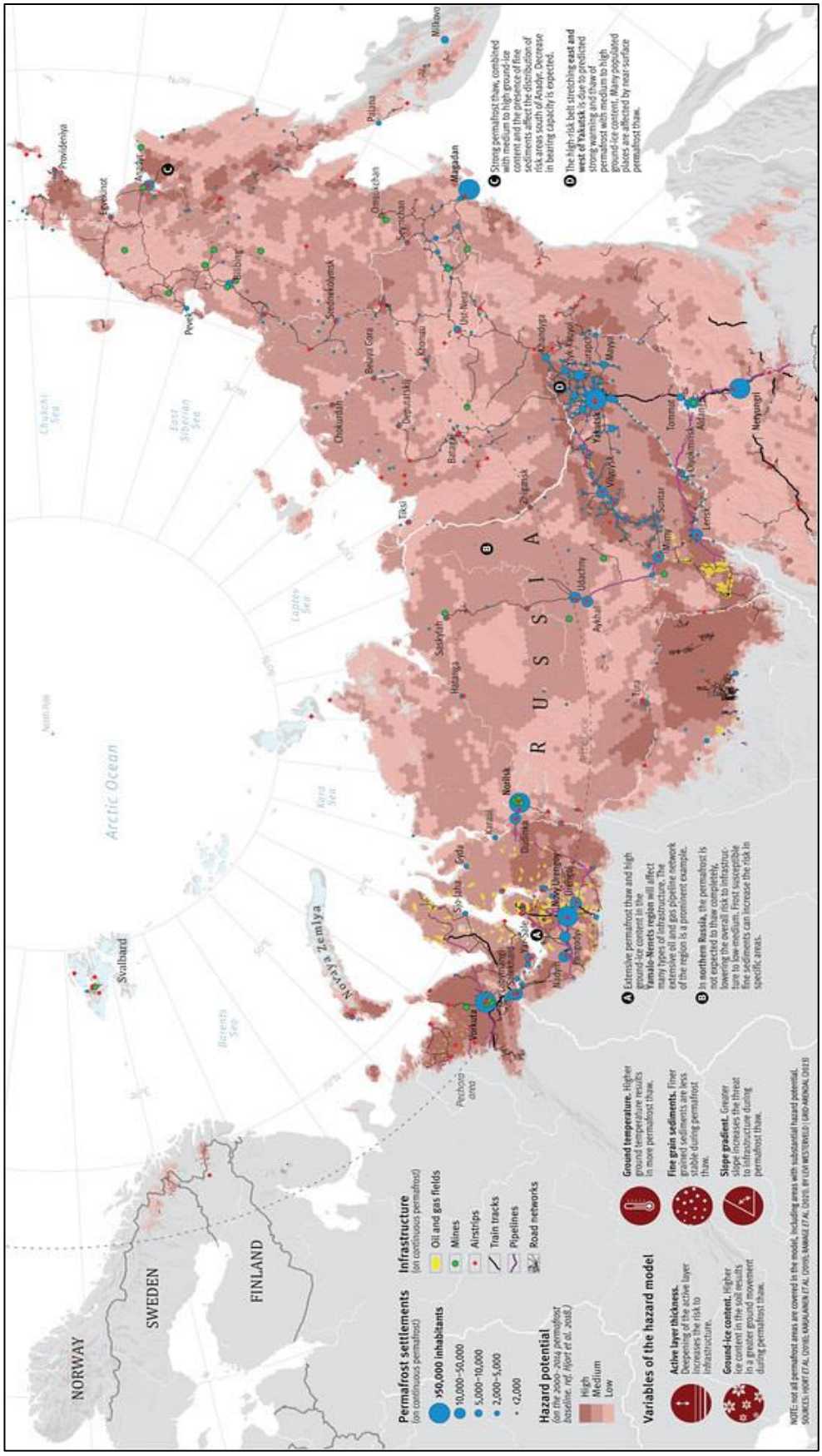
À moyen terme, la zone la moins impactée de Russie sera celle située toute à l'Ouest, à la frontière avec la Finlande et la Norvège. En effet, les dix bases militaires matérialisées en bleues sont construites hors des zones de pergélisol ou sur des zones de pergélisol isolé. Il s'agit de Zapadnaïa Litsa, Gadjievo, Olenya, Poliarny, Olenegorsk, Monchegorsk, Alaku, Lakhta, Serverodvinsk et Arkhangelsk. Ainsi, seules Zapoliarny et Severemorsk 1-3, en vert, sont construites sur du pergélisol sporadique.

La péninsule de Yamal, région avec la plus grande activité économique de l'Arctique russe, doit être considérée comme la zone qui sera le plus impactée. Elle est d'ailleurs classée comme zone à risque « fort » à « moyen » sur la Figure 4. La base Rogachevo de Nouvelle-Zemble et les bases continentales d'Amderma et de Vorkuta Sovetsky sont situées sur des zones de pergélisol discontinu. Par ailleurs, les deux premières, situées sur la côte, sont sujettes à des risques potentiels élevés de dégâts. Narian-Mar, située sur une zone de pergélisol sporadique, sera *a priori* moins touchée. Cette zone est également le berceau de nombreux champs oléifères et gaziers et d'oléoducs (Yamal-LNG) et accueille de gros centres de populations (Vorkuta, Novy Urengoy, Norilsk et Dundinka).

Si l'on continue à suivre la côte vers l'Est, les bases continentales d'Alykel, de Tiksi et de Mys Schmidta, et les bases insulaires de Nagurskoye, de Graham-Bell, de Sredny Ostrov, de Temp-Kotelny et de Zvyodny sont situées sur des zones de pergélisol permanent. La dernière base, Anadyr Ugolny, est construite sur une zone de pergélisol discontinu.

Cela étant souligné, il est important de préciser que les zones de pergélisol permanent, catégorisées comme des zones à risque « moyen » à « faible », ne sont épargnées ni par l'accélération du dégel du pergélisol ni par l'érosion côtière. Tiksi en est le parfait exemple. Située à l'embouchure de la Lena, Tiksi 1 est une ville construite non loin d'une base militaire (appelée « Tiksi 3 »). L'aéroport (« Tiksi 2 ») pour y accéder est un aéroport militaire et l'accord des autorités fédérales est donc nécessaire pour y atterrir. J'ai eu l'occasion de faire un terrain de dix jours là-bas en juillet 2019. Lors de ce terrain, nous devions recueillir la parole des habitants de Tiksi concernant leur perception du dégel du pergélisol. Nous avons pu nous entretenir avec une quarantaine d'habitants russes et autochtones. Or, lors de ces entretiens, il a été évoqué à deux reprises la fermeture de l'aéroport de Tiksi à cause de la dégradation des pistes d'atterrissages. Prise par l'Armée, cette décision n'avait pas été accompagnée d'explications et les habitants de Tiksi n'avaient pas été prévenus. Ces sources humaines mentionnaient, sans certitude, l'année 2008. Je n'ai pas pu recouper cette information mais j'ai identifié une source ouverte qui mentionne 2012 (Bermudez, Conley & Melino, 2020). Cette fermeture a duré d'octobre à fin décembre, période pendant laquelle le ravitaillement de la communauté se faisait en hélicoptère (de moindre capacité) ou par les routes de glaces, praticables en hiver. Ce phénomène pourrait s'accentuer, à Tiksi et ailleurs, avec le réchauffement climatique.

Figure n° 4 : RISQUES POTENTIELS POUR LES COMMUNAUTÉS ET LES INFRASTRUCTURES DE LA FÉDÉRATION DE RUSSIE ET DE L'ARCTIQUE SCANDINAVE



Source : *Arctic Permafrost Atlas*, GRID-Arendal, pp. 88-89 (Westerveld, Kurvits, Schoolmeester, *et al.*, 2023).

La carte ci-dessous, disponible en haute qualité ici, illustre le degré de risque pour les infrastructures russes et scandinaves face au dégel du pergélisol.

2. L'Arctique Nord-Américain

Après la Fédération de Russie, l'Arctique Nord-américain, composé à 80% par du pergélisol, est la sous-région arctique la plus menacée par l'accélération de son dégel. Plus précisément, le sol de l'Alaska est composé à 80% de pergélisol tandis que celui du Canada en est composé à 50%. Si l'on regarde la Figure 6, l'Ouest de cette région (Alaska, Yukon, Territoires-du-Nord-Ouest, Nunavut) et l'archipel arctique canadien sont les plus à risque car situés sur du pergélisol permanent et discontinu, tandis qu'à l'Est, le Nunavik, le Nunatsiavut et le Nord du Labrador sont surtout composé de pergélisol sporadique ou isolé.

Au total, une étude a estimé **les impacts économiques des dommages aux infrastructures de l'Arctique Nord-Américain et du Groenland liés à la dégradation du pergélisol à plus de 276 milliards de dollars américains au cours des 40 prochaines années**, si l'on suit le scénario d'émissions le plus élevé du Groupe d'experts intergouvernemental du l'évolution du climat (GIEC) (Westerveld, *et al.,* 2023, p. 86). Cette même étude souligne que la durée de vie des infrastructures sera écourtée ou qu'elles seront plus chères à entretenir. D'ici 2060, il est estimé que les coûts globaux augmenteront d'un tiers pour l'Alaska et pour le Canada. Parmi les infrastructures, celles dont l'entretien sera le plus élevé seront les oléoducs (+ 60 % d'augmentation des coûts), suivis des routes, des chemins de fer et des aéroports (+ 40 %), puis les bâtiments (+ 12 %) (*Ibid.*).

L'Arctique Nord-Américain compte près de 300 communautés, dont la moitié est en zones côtières. Parmi ces 300 communautés, 63 sont construites sur du pergélisol permanent, 69 sur du pergélisol discontinu et 168 sur du pergélisol sporadique (Westerveld, *et al.,* 2023). En 2023, une vingtaine de communautés de l'Arctique Nord-Américain sont déjà menacées par l'érosion côtière. Parmi elle, l'exemple de **Shishmaref** reste le plus connu. Communauté côtière de 600 habitants, Shishmaref, en Alaska, est submergée par les eaux. Elle a voté à plusieurs reprises pour une relocalisation dans les terres, dont la dernière en 2016, mais n'a pas les moyens pécuniaires pour le faire – une étude en a estimé le coût à 179 millions de dollars (Hofstaedter, 2019 ; Jungsberg & Heleniak, 2019 ; Henao, 2022).

Les **infrastructures routières** ne sont pas en reste. Une initiative du ministère fédéral des Transports du Canada, menée sur la période 2010-2020, a identifié de multiples risques causés par l'accélération du dégel du pergélisol (Stockton, Burn & Humphries, 2021). Cette étude établit notamment une première estimation pécuniaire des dégâts liés à ce phénomène en comparant les coûts d'entretiens (reconstruction et réhabilitation) des portions de la route de l'Alaska construites sur du pergélisol non dégradé à celles construites sur du pergélisol en dégradation. Ces dernières doivent être réhabilitées tous les 6 à 7 ans pour un coût annuel de 20 000 CAD, soit cinq fois plus que les autres (Dominie & Burn, 2021 ; Vullierme, 2021, p. 37).

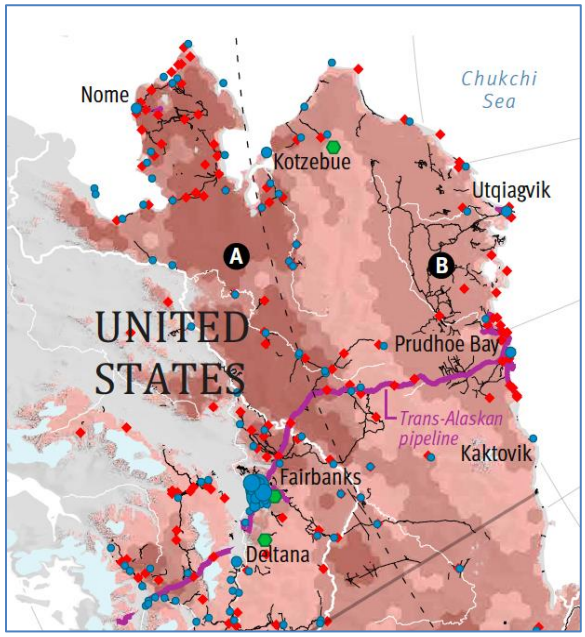
Figure n° 5 : DÉPENSES PAR KILOMÈTRE DE LA ROUTE DE L'ALASKA DANS DES ZONES DE PERGÉLISOL DÉGRADÉ OU NON

	Pergélisol dégradé	Pergélisol non-dégradé	Facteur de différenciation
Total	$1.44M	$963K	1.49
Reconstruction	$1.01M	$882K	1.25
Réhabilitation	$337K	$81K	4.17
Réhabilitation annuelle	$20K	$3.9K	4.96

Source : Dominie & Burn, 2021 (traduit par M. Vullierme).

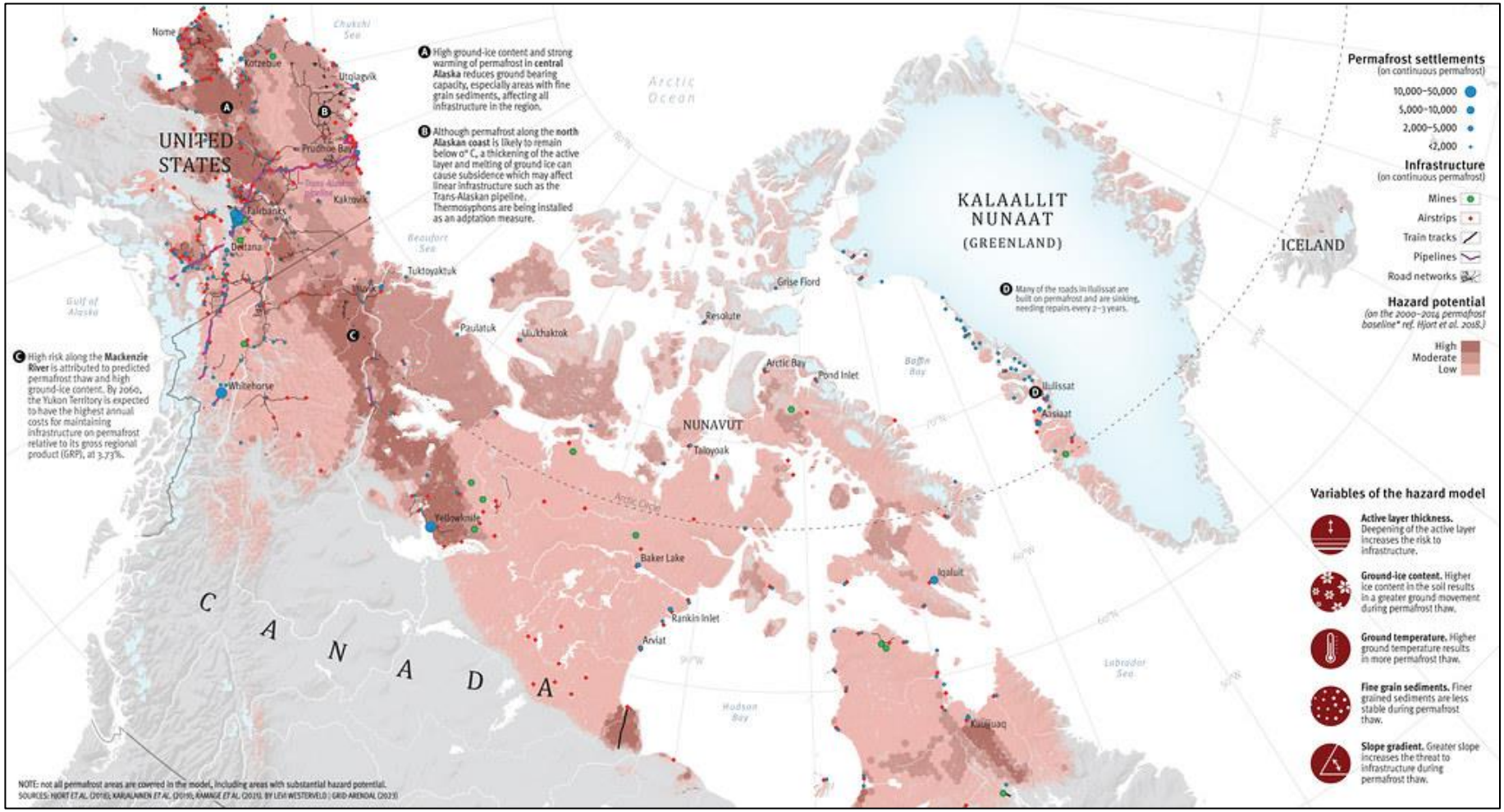
La route de Tuktoyaktuk, aussi appelée la « Inuvik-Tuktoyaktuk Highway » (or ITH), est également un bon exemple des défis rencontrés par cette accélération. Première route « tout-temps » allant jusqu'à la côte canadienne, ce projet de 300 millions de dollars canadiens a été approuvé en 2013 et sa construction a débuté en 2014. L'ITH court sur 138 kilomètres reliant Inuvik et Tuktoyaktuk en 2h30 de voiture, avec une vitesse limitée à 70 km/h. Sa construction a présenté de nombreux défis. Les zones de pergélisol étant impraticables pendant toute la période de dégel « naturel », lors des mois les plus chauds, les travaux se sont déroulés pendant les sept ou huit mois d'hiver. Plus de 600 personnes ont travaillé 24 heures sur 24, dans des températures allant de -15 à -57 degrés. Pour permettre la continuité de la route, huit ponts d'une durée de vie estimée à 75 ans ont été construits, trente à quarante employés sont dédiés, en permanence, à sa maintenance et le gouvernement territorial prévoit un budget d'entretien annuel de 1,7 million de dollars. Inaugurée le 15 novembre 2017, elle a été fermée en mai 2018 pendant trois semaines à cause du dégel du pergélisol (Delaunay & Vullierme, 2019, p. 243).

ZOOM FIGURE 6 ÉTATS-UNIS (CF. CI-APRÈS)



Enfin, les **infrastructures pétrolières ou gazières sont également menacées par ce phénomène,** surtout pour l'Alaska qui tire la moitié de ses revenus de l'exploitation pétrolière. Si la région de Nome, catégorisée comme une zone à risque « élevé », est la plus menacée, Fairbanks et ses environs, situés au sud du cercle polaire, le sont également. Or, cette région est traversée en partie par l'oléoduc TransAlaska, qui relie le champ oléifère de Prudhoe Bay au port maritime de Valdez. Le tracé de cet oléoduc passe, du Nord au Sud, par des zones classées à risques « moyen », puis « faible », puis « moyen », puis « élevé » (à l'approche de Fairbanks), avant de repasser en zone à risque nul ou faible, puis, à l'approche de Valdez, par des zones classés « risque moyen / élevé ». La fin de son tracé, à Valdez, passe par des zones à risques nul ou faible. Ainsi, si toutes les parties de l'oléoduc ne seront pas menacées par l'accélération du dégel du pergélisol, certaines restent sensibles. Afin d'y remédier, des thermosiphons y ont été posés, comme dans la péninsule de Yamal, pour empêcher la dégradation des sols parcourus par l'oléoduc.

Figure n° 6 : RISQUES POTENTIELS POUR LES COMMUNAUTÉS ET LES INFRASTRUCTURES EN AMÉRIQUE DU NORD ET À KALAALLIT NUNAAT



Source : *Arctic Permafrost Atlas*, GRID-Arendal, pp. 86-87 (Westerveld, Kurvits, Schoolmeester, *et al.,* 2023).

La carte ci-dessus, disponible en haute qualité ici, illustre le degré de risque pour les infrastructures d'Amérique du Nord et du Groenland face au dégel du pergélisol.

2.1. Alaska

Les infrastructures militaires d'Alaska vont rencontrer les mêmes problématiques. Au total, huit bases sont réparties sur son territoire. Deux bases des Forces aériennes – Clear (Denali Borough) et Eielson (North Pole) ; deux forts de l'armée de Terre – Wainwright (Fairbanks) et Greely (Delta Junction) ; trois bases des Garde-côtes – le Commandement du soutien intégré de Kodiak, l'Unité de sécurité maritime de Valdez et la base de Juneau ; et une base conjointe Elmendorf-Richardson à Anchorage (Vullierme, 2020b).

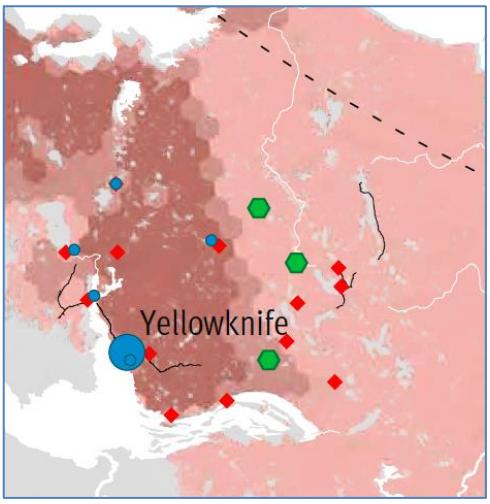
Quatre de ces bases sont implantées sur des zones de pergélisol sporadique. En effet, les bases de Clear et Eielson et les forts Wainwright et Greely sont implantés sur des zones classées risque « moyen » à « élevé ». Située à Anchorage, la base conjointe Elmendorf-Richardson est à la frontière entre une zone de pergélisol isolé et une zone hors pergélisol, dans une zone à risque nul à « faible ». Les bases des garde-côtes sont, elles, implantées au sud des zones de pergélisol (Kodiak, Valdez et Juneau), dans des zones à risque nul à « faible ».

Parmi les trois bases les plus importantes, accueillant une moyenne de 6 000 militaires, **Fort Wainwright est construit sur du pergélisol sporadique.** Or, une professeure de l'Institut géophysique de l'Université de l'Alaska à Fairbanks (UAF) a étudié la communauté de Wainwright, ainsi que celles de Point Lay, Kaktovik et Utqiaġvik, toutes situées en Alaska. Selon ses estimations, basées sur le scénario d'émissions le plus élevé du GIEC, la température du sol dans ces communautés augmentera de 10 à 14 degrés entre 2020 et 2100. Avec le dégel du pergélisol, cette augmentation entraînera un affaissement de la surface du sol et une érosion côtière qui conduiront, à leur tour, à de vastes inondations d'eau de mer dans ces communautés (Houdassine, 2021).

Signe de la prise au sérieux de ce phénomène, le Département de la Défense a, dès 2019, souligné sa volonté de « prendre des mesures » pour assurer la pérennité de ses infrastructures, notamment par le financement de recherches sur les effets du pergélisol. En effet, selon la Stratégie arctique de 2019, il est « *essentiel de prévoir où le dégel du pergélisol se produira pour maintenir les opérations d'entraînement dans l'Arctique et évaluer les défis imminents de la gestion de l'environnement* » (Vullierme, 2020b).

2.2. Canada

ZOOM 1 FIGURE 6 CANADA



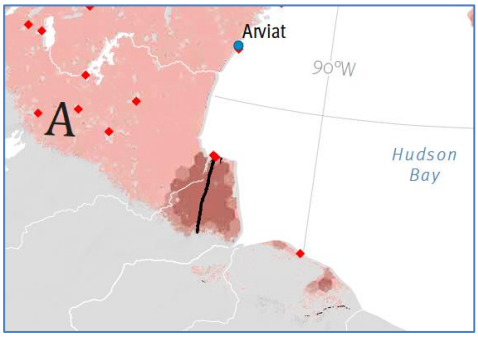
Au Canada, **les bases et stations militaires ou duales sont toutes côtières et construites sur des zones de pergélisol permanent**, hormis celle de Yellowknife construite sur une zone de pergélisol discontinu. Resolute, Eureka et Alert sont localisées sur des zones considérées à risque « faible » ou inexistant.

Le quartier général de la Force opérationnelle interarmées (Nord) (FOIN), localisé à Yellowknife, est construit sur une zone à risque « élevé ». Cette base, située dans une région subarctique, peut donc être considérée comme la plus menacée par l'accélération du dégel du pergélisol au Canada. Soulignons également que l'aéroport d'Iqaluit, capitale du Nunavut, accueille les F-18 des Forces armées canadiennes sur ses pistes. Ainsi, tout dommage au quartier général de la FOIN et aux pistes d'atterrissages de cet aéroport aura un impact sur la force de projection et de ravitaillement du Canada dans le Nord.

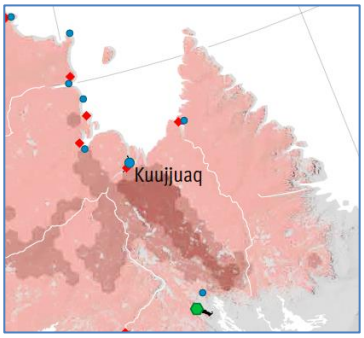
Par ailleurs, **les radars du Système d'Alerte Nord (*North Warning System*),** qui fait partie intégrante du NORAD, sont situés le long des côtes canadiennes, **sur du pergélisol permanent.** S'ils ne seront pas impactés, dans un premier temps, par l'accélération du dégel du pergélisol, ces radars seront menacés par l'érosion côtière et les inondations qui en résultent. Ce phénomène est déjà bien documenté en mer de Beaufort, proche de Tuktoyaktuk, où un chercheur estime que 30 à 40 mètres de côtes peuvent disparaître dans la mer chaque année (McKendy, 2018 ; Murray, 2019 ; Krol, 2023). Il reviendra vraisemblablement au gouvernement fédéral canadien d'assumer leurs entretiens, dont le coût risque d'être très élevé.

Au total, notons que trois zones sont classées comme étant les plus à risques au Canada. Hormis la région autour de Yellowknife (zoom 1), on peut identifier la zone autour du chemin de fer de la baie d'Hudson, dans le nord du Manitoba (zoom 2), ainsi qu'un corridor situé au sud de Kuujjuaq, au Nunavik (zoom 3).

ZOOM 2 FIGURE 6 CANADA



ZOOM 3 FIGURE 6 CANADA



3. Le Groenland

Le Groenland sera moins impacté que ses voisins de l'Ouest par l'accélération du dégel du pergélisol. En effet, une grande partie du sol de l'île est composée de roches ou de calotte glacière. En revanche, si la plupart des maisons et immeubles sont construits sur de la roche, ce n'est pas le cas des routes et des aéroports qui reposent sur du pergélisol (Westerveld, *et al.,* 2023, p. 86). Par ailleurs, contrairement à d'autres sous-régions arctiques, 70 % de l'énergie du Groenland provient de sources renouvelables, et plus particulièrement de l'hydroélectricité. En 2022, les gouvernements du Groenland et du Danemark ont décidé la modernisation de la centrale hydroélectrique Buksefjorden, située à côté de Nuuk, et la création d'une sixième centrale dans le fjord de Kangersuneq. Ces projets devraient coûter jusqu'à 3,1 milliards de couronnes danoises (environ 480 millions de dollars) et permettraient au Groenland de produire 90 % de son énergie en hydroélectricité[1] (Schreiber, 2022). Or, ces infrastructures sont également menacées par l'accélération du dégel du pergélisol. Deux des plus grandes centrales hydroélectriques de l'île sont déjà concernées (Westerveld, *et al.,* 2023, p. 120).

Côté infrastructures militaires ou duales, la base militaire opérée par les États-Unis **Pituffik Air Space**, anciennement appelée « Thulé », est construite sur une zone à risque « faible » à inexistant. Plus au sud, à Nuuk, se trouve le quartier général du « **Joint Arctic Command** », un commandement territorial opérationnel conjoint qui permet à la Défense danoise d'opérer au Groenland et dans les îles Féroé. Les missions du *Joint Arctic Command* comprennent la surveillance, l'affirmation de la souveraineté et la défense militaire du Royaume du Danemark au Groenland, dans les Îles Féroé et dans ses eaux territoriales. Outre la recherche et sauvetage, le JAC est également chargé de la prévention de la pollution maritime, de l'inspection des pêches, d'études hydrographiques et du soutien aux missions scientifiques gouvernementales et à la société civile. Ce quartier général est construit sur une zone à risque « modéré » de pergélisol sporadique. Outre ce bâtiment, le *Joint Arctic Command* est implanté à Pituffik et à Kangerlussuaq, ainsi que dans quatre autres stations beaucoup plus petites : Station Nord, Daneborg, Mestersvig et Groennedal. Utilisées principalement par les membres de la patrouille Sirius, elles sont localisées le long de la côte est du Groenland sur des zones classées à risque « faible » à nul.

Parmi ces localisations, il est intéressant de s'attarder sur le cas de **l'aéroport de Kangerlussuaq**, qui était jusqu'à très récemment le premier aéroport de l'île. Construit en 1941 par l'Armée américaine pour gérer le ravitaillement de sa base de Pituffik (anciennement « Thulé »), l'aéroport de Kangerlussuaq a été transféré à la couronne danoise en 1992 pour la somme symbolique de 1 $US, à la condition, pour cette dernière, de le garder opérationnel[2]. Or, les premiers dommages aux pistes d'atterrissages remontent à 1973, lorsque la partie ouest s'est affaissée de 30 centimètres. Malgré des travaux plus importants et un repavement de la piste en 1988/1989, le phénomène a continué. En 2006, une section de 400 mètres de long s'était affaissée, parfois jusqu'à 40 centimètres. En 2013, des études ont conclu que la partie ouest

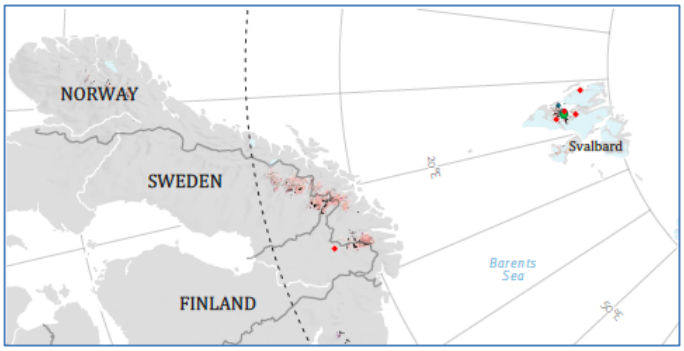
[1] Les énergies renouvelables ne représentent qu'une part relativement faible de la consommation énergétique du Groenland, 82 % provenant de celles-ci venant de combustibles fossiles (diesel, essence ou pétrole). En effet, comme dans la plupart des petites communautés de l'Arctique, les habitants utilisent les générateurs pour se chauffer.

[2] Ce transfert prévoit également le droit, qui semble aujourd'hui assez hypothétique, pour les Forces américaines, de réquisitionner et fermer l'espace aérien de Kangerlussuaq au trafic civil si les opérations militaires l'exigent.

de la piste s'enfonçait de 2,6 centimètres par an (Humpert, 2019). En 2015, les coûts de réparation étaient estimés par l'Autorité aéroportuaire nationale à 33 millions de dollars américains (McGwin, 2021). En 2019, face aux coûts des réparations des pistes, il a été décidé d'agrandir les aéroports de Nuuk et Ilulissat pour y rediriger la majorité des vols commerciaux, en prévision de la fermeture de l'aéroport de Kangerlussuaq à la plupart de ces vols à l'été 2024 (Humpert, 2019). En revanche, le ministère danois de la Défense a conclu un accord avec le gouvernement groenlandais pour continuer à utiliser l'aéroport de Kangerlussuaq, celui-ci étant fondamental pour ses activités militaires et ses activités de recherche et sauvetage.

4. Les États scandinaves

ZOOM 1 FIGURE 4 LE SVALBARD ET LA SCANDINAVIE



Si du pergélisol permanent est présent sur les côtes du Svalbard, ce n'est pas le cas du reste de la Norvège continentale, qui est localisée sur du pergélisol sporadique comme le reste de la Scandinavie.

Au Svalbard, l'épaisseur du pergélisol varie de moins de 100 mètres dans les zones de basse altitude à plus de 500 mètres dans les hautes montagnes (Westerveld, *et al.,* 2023, p. 189). Dans l'archipel, le pergélisol a été utilisé comme un atout pour construire la Réserve mondiale de semences. Creusée dans du pergélisol permettant de conserver ces semences, cette Réserve joue un rôle essentiel dans la protection de l'approvisionnement alimentaire mondial (*Ibid*., p. 38).

Sur le continent, les infrastructures des pays scandinaves, bien que construites sur du pergélisol, sont moins endommagées qu'en Russie et en Amérique du Nord. Cela est dû à la composition du pergélisol et à une meilleure maintenance de ces infrastructures (*Ibid*., p. 89). L'intégralité des bases militaires arctiques de Norvège, Suède et Finlande est construite sur des zones de pergélisol isolé ou hors-zone de pergélisol à risque « faible » à nul (Voir cartes 1, 2 et zoom ci-dessus).

5. L'Islande

L'unique base militaire localisée en Islande, à Keflavik, est opérée par les États-Unis. Elle est située en dehors de la zone de pergélisol et ne craint, selon les données actuelles, aucun risque lié à l'accélération du dégel du pergélisol (Voir cartes 1, 2 et zoom ci-contre).

ZOOM 1 FIGURE 6 ISLANDE

Conclusion

L'accélération du dégel du pergélisol, sol composé de sédiments, de roches et de glace faisant partie intégrante de la géologie des régions arctiques, est un enjeu circumpolaire qui touchera l'ensemble des sous-régions arctiques.

Face à cet enjeu, les États arctiques ne seront toutefois pas à égalité. La Fédération de Russie, dont 65% du territoire est composé de pergélisol, devrait faire face à des réparations estimées à 25 % de son budget fédéral total d'ici 2050 (soit 58 milliards d'euros). Les exploitations minières et pétrolières implantées sur son territoire pâtiront également de ce processus qualifié, dès 2015, d'« irréversible » par Dmitri Drozdev, alors directeur de l'Institut russe de la cryosphère. Dans l'Arctique nord-américain, recouvert à 80 % par du pergélisol, les dommages sont estimés à un tiers des coûts globaux d'ici à 2060, tant pour l'Alaska que pour le Canada. Si le réchauffement climatique n'est pas sérieusement ralenti et continue à suivre le scénario d'émissions le plus élevé du Groupe d'experts intergouvernemental du l'évolution du climat (GIEC), les impacts économiques des dommages aux infrastructures liés à l'accélération du dégel du pergélisol de l'Arctique nord-américain et du Groenland se chiffreront à plus de 276 milliards de dollars américains au cours des 40 prochaines années. Le Groenland, tout comme les pays scandinaves et l'Islande, devraient toutefois être moins impactés. Ces derniers connaîtront tout de même des enjeux liés à des destructions d'infrastructures et à l'érosion côtière.

Les solutions d'adaptation pour faire face à ce phénomène sont peu nombreuses. Qu'elles soient techniques (comme les thermosiphons) ou politique (déplacement de population, fermeture d'infrastructures routières, aéroportuaires ou portuaires), elles auront toutes un coût humain et financier conséquent.

Bibliographie

Bermudez, J.S., Conley, H.A. & Melino, M. (2020). Ice Curtain: Tiksi Airbase—Many Russian Announcements, Little Equipment, The Ice Curtain, Bringing Transparency to the Arctic, *Center for Strategic and International Studies*, 26 Mars 2020.

Boren, Zach. (2020). The Permafrost Pandemic: Could the Melting Arctic Release a Deadly Disease?. *Unearthed*, 3 juillet 2020.

Bourzac, K. (2019). Permafrost Thaw Spurs Methane Emissions. *Chemical & Engineering news (c&en)*, 29 juin.

Delaunay, M. & Vullierme, M. (2019). Les défis des infrastructures face aux mutations de l'Arctique. In Escudé, C. (dir.), Les régions de l'Arctique, Coll. Clés concours, Paris, Editions Atlande, 2019, pp. 237-246.

Dominie, S. & Burn, C. (2021). The Cost of Thawing Permafrost, Alaska Highway, Southwest Yukon, Canada. In Stockton, Burn & Humphries, Transport Canada's Northern Transportation Adaptation Initiative (NTAI) 2011-2021, p. 8

Henao, L. A. (2022). Climate Migration: How one Alaska Village Resists Despite Threats, *Anchorage Daily News*, 30 octobre 2022.

Hjort, J. Karjalainen, O., Aalto, J., Westermann, S., Romanovsky, V.E., Nelson, F.E., Etzelmüller, B. & Luoto, M. (2018). « Degrading permafrost puts Arctic infrastructure at risk by mid-century », *Nature communications*, 2018.

Hjort, J., Streletskiy, D., Doré, G. *et al*. (2022). Impacts of permafrost degradation on infrastructure. Nat Rev Earth Environ 3, 24–38 (2022).

Hofstaedter, E. (2019). Amid an Erosion Crisis, Shishmaref Takes Small Steps Toward Expansion. *Knom*, 28 juin.

Houdassine, I. (2021). Les villes côtières arctiques de l'Alaska seront de plus en plus touchées par d'importantes inondations, selon une experte, *Regard sur l'Arctique,* 21 décembre 2021.

Humpert, M. (2019). Permafrost Thaw Will Force Greenland's Kangerlussuaq Airport to Close to Most Commercial Traffic in 2024, *Arctic Today*, 5 décembre 2019.

Jungsberg, L., Turunen, E., Heleniak, T., Wang, S., Ramage, J. & Roto, J. (2019). « Atlas of population, society and economy in the Arctic », Nordregio Working Paper, n° 3, Nordregio, Stockholm, Suède, 2019.

Jungsberg, L. & Heleniak, T. (2019). Thawing permafrost threatens the Arctic populations. *Nordregio*, 2 octobre.

Krol, A. (2023). Le réchauffement de l'Arctique comme si vous y étiez, *La Presse Canada*, 26 décembre 2023.

Larsen, J.N., Anisimov, O.A., Constable, A., Hollowed, A.B, Maynard, N., Prestrud, P. Prowse, T.D. & Stone, J.M.R. (2014). « Polar Regions », in Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, Presses universitaires de Cambridge, 2014, p. 1567-1612.

Leganger Bronder, P. (2021). Russia's Arctic coast loses 7,000 hectares annually due to Climate changes. *The Barents Observer*, 27 Décembre 2021.

Martinez-Mendez, Paloma. (2021). La fonte du permafrost entraîne des problèmes majeurs dans l'Arctique canadien. RCINet, 25 janvier 2021.

Matytsin, V. (2015). Expert: the territory of Russia is annually reduced by the size of Andorra due to coastal erosion. TASS, 9 novembre 2015. https://tass.ru/sibir-news/2417561

Mawad, Tony Frangie. (2021). Arctic Roads and Runways Face the Prospect of Rapid Decline. Bloomberg CityLab, 2 juillet 2021.

McGwin, K. (2021). Kangerlussuaq Runway Repairs to Begin in 2023. *Arctic Today*, 22 janvier 2021, https://www.arctictoday.com/kangerlussuaq-runway-repairs-to-begin-in-2023/

McKendy, J. (2018). Changements climatiques : l'érosion des côtes arctiques peut atteindre 40 mètres par année. Gouvernement du Canada, 28 février 2018.

Murray, W. (2019). A Vanishing Land : Canada's Arctic Feels Impact of Climate Change as Coastline Disappears Into the Sea, *True North Journal*, août 2019.

Organisation des Nations unies. (2020). Prévenir de prochaines pandémies : les zoonoses et comment briser la chaîne de transmission. Rapport du programme pour l'environnement, 6 juillet 2020.

Portnov, A., Smith, A.J., Mienert, J., Cherkashov, G., Rekant, P., Semenov, P. Serov, P., Vanshtein, B. (2013). Offshore permafrost decay and massive seabed methane escape in water depths >20m at the South Kara Sea shelf, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 3962–3967.

Quinn, Ellis. (2022). 30-50 % of Critical Northern Infrastructure could be at High Risk by 2050 due to warming, says study. The Barents Observer, 13 janvier 2022. https://thebarentsobserver.com/en/climate-crisis/2022/01/30-50-critical-northerninfrastructure-could-be-high-risk-2050-due-warming

Schneider von Deimling, T., Lee, H., Ingeman-Nielsen, T., Westermann, S., Romanovsky, V., Lamoureux, S., Walker, D. A., Chadburn, S., Trochim, E., Cai, L., Nitzbon, J., Jacobi, S., and Langer, M. (2021). Consequences of permafrost degradation for Arctic infrastructure – bridging the model gap between regional and engineering scales, *The Cryosphere*, 15, 2451–2471.

Schreiber, M. (2022). Denmark to Fund Major Hydropower Projects in Greenland, *Arctic Today*, 17 mars 2022.

Staalesen, Atle. (2015). Russia losing Arctic lands. *The Barents Observer*, 10 novembre 2015.

Staalesen, Atle. (2020). Warning From Eco Inspectors: More Tundra oil Reservoirs Could Collapse. *The Barents Observer*, 12 juin 2020. https://thebarentsobserver.com/en/ecology/2020/06/warning-eco-inspectors-more-tundra-oil-reservoirs-could-collapse

Staalesen, Atle. (2021a). More Than 60% of Russian Territory is Permafrost. Now it is Melting. *The Barents Observer*, 14 mai 2021.

Staalesen, Atle. (2021b). More than 40% of buildings in northern Russia affected by permafrost changes, says Natural Resources minister. *The Barents Observer*, 28 juin 2021.

Stockton, E.J., Burn, C.R., and Humphries, J. (Eds.). (2021). Transport Canada's Northern Transportation Adaptation Initiative (NTAI) 2011-2021. Carleton University, Ottawa.

The Moscow Times (2019). Russian Cities at Risk as Climate Change Accelerates Permafrost Thaw Report. 3 octobre.

Timofeev, V., Bahtejeva I., Mironova, R., Titareva, G., Lev I., Christiany D., Borzilov, A., Bogun, A. et Vergnaud, G.. (2019) Insights from *Bacillus anthracis* strains isolated from permafrost in the tundra zone of Russia. *PLoS ONE* 14(5): e0209140.

Turetsky, M., Abbott, B., Jones, M., Anthony, K., Olefeldt, D., Schuur, E., Koven, C., McGuire, D., Grosse, G., Kuhry, P., Hugelius, G., Lawrence, D., Gibson, C. et Sannel, B. (2019). Permafrost collapse is accelerating carbon release**.** *Nature,* 569(7754): 32.

University of Guelph (2019). Rapid permafrost thaw unrecognized threat to landscape, global Warming researcher warns. *ScienceDaily*, 30 avril.

Vullierme, M. (2019). Evolution des dimensions de sécurité humaine en 2019 : Quel bilan pour les communautés arctiques ?. In Landriault, M. (Dir), L'Année Arctique 2019, Observatoire de la Politique et la Sécurité de l'Arctique, 2019, pp. 26-33.

Vullierme, M. (2020a). L'accélération du dégel du pergélisol : impacts stratégiques et défis logistiques circumpolaires. In Vullierme, M. (dir.), Réalités opérationnelles de l'environnement arctique – Approches transdisciplinaires et transsectorielles des impacts du changement climatique dans les sous-régions arctiques, Etude n° 74, Paris, Institut de Recherche Stratégique de l'Ecole Militaire, juin 2020, pp. 83-96.

Vullierme, M. (2020b). L'accélération du dégel du pergélisol en Alaska, une menace pour les infrastructures militaires, Les Amériques, *Les carnets du temps*, n°138, CERPA, Paris, novembre 2020, pp. 26-29.

Vullierme, M. (2020c). Impacts de la COVID-19 sur les dimensions de sécurité humaine en 2020. In Landriault, M. (Dir), L'Année Arctique 2020, Observatoire de la Politique et la Sécurité de l'Arctique, 2020, pp. 34-43.

Vullierme, M. (2021). La sécurité humaine : évolution des risques à la sécurité environnementale en 2021. In Landriault, M. (Dir), L'Année Arctique 2020, Observatoire de la Politique et la Sécurité de l'Arctique, 2020, pp. 32-41.

Vullierme, M. (2022). La sécurité humaine arctique en 2022. In Vullierme, M. & Delaunay, M. (dirs). (2022). L'Année Arctique 2022, Observatoire de la Politique et la Sécurité de l'Arctique, 2022, pp. 48-59.

Vullierme, M. (2023). La sécurité humaine arctique en 2023. In Vullierme, M. & Delaunay, M. (dirs). (2023). L'Année Arctique 2023, Observatoire de la Politique et la Sécurité de l'Arctique, 2023, pp. 45-61.

Vullierme, M. & Delaunay, M. (2019). Enjeux contemporains de l'Arctique américain. In Escudé, C. (dir.), Les régions de l'Arctique, Coll. Clés concours, Paris, Editions Atlande, 2019, pp. 67-78.

Welch, Craig. (2020). The Arctic's thawing ground is releasing a shocking amount of dangerous gases. National Geographic. 5 février 2020.

Westerveld, L., Kurvits, T., Schoolmeester, T., Mulelid, O. B., Eckhoff, T. S., Overduin, P. P., Fritz, M., Lantuit, H., Alfthan, B., Sinisalo, A., Miesner, F., Viitanen, L.-K., and the NUNATARYUK consortium (2023). Arctic Permafrost Atlas. GRID-Arendal, Arendal. Available at https://www.grida.no/publications/998.

Zheng, L., Overeem, I., Wang, K. & Clow, G. (2019). Changing Arctic River dynamics cause localized permafrost thaw. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 124, 2324–2344.