



Ministère
des Transports

Québec



IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT MARITIME ET CÔTIER DU NUNAVIK : SOMMAIRE EXÉCUTIF

Rapport présenté au ministère des Transports du Québec

Résumé long

Juillet 2020



IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT MARITIME ET CÔTIER DU NUNAVIK : RÉSUMÉ LONG.

Rapport final

Mai 2020

COORDINATION DU PROJET

Geneviève Trudel, MTQ
Stéphanie Bleau, Ouranos

RÉALISATION ET CARTOGRAPHIE

Sonia Hachem, Ouranos
Stéphanie Bleau, Ouranos
Raphaël Desjardins, Ouranos

RÉVISION SCIENTIFIQUE

Antoine Boisson, Université Laval
Isabelle Charron, Ouranos
Hélène Côté, Ouranos
Julie Cunningham, Ouranos
Dany Dumont, UQAR
Yves Gauthier, INRS-ÉTÉ

RÉVISION LINGUISTIQUE

Nom de réviseur/use linguistique 1, Affiliation

TRADUCTEUR

Julien Sandiford (synthèse des connaissances et outils de transfert en anglais)

MISE EN PAGE

Prénom Nom, Affiliation

Titre du projet : Impact des changements climatiques sur l'environnement maritime et côtier du Nunavik : synthèse des connaissances

Numéro du projet : T2.1 (Action 28.2 PACC 2013-2020)

Citation suggérée : Hachem S. et Bleau S., (2020). *Impact des changements climatiques sur l'environnement maritime et côtier du Nunavik : sommaire exécutif*. Rapport présenté au Ministère des transports du Québec. Ouranos. Montréal. 12 p.

Les résultats et opinions présentés dans cette publication sont entièrement la responsabilité des auteurs et n'engagent pas Ouranos ni ses membres. Toute utilisation ultérieure du document sera au seul risque de l'utilisateur sans la responsabilité ou la poursuite juridique des auteurs.

REMERCIEMENTS

La présente synthèse des connaissances est une initiative du MTQ, réalisée dans le cadre de l'action 28.2 de la priorité 28 du Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC). Ce document vulgarisé a été financé par le Fonds vert 2020 et coordonné par Ouranos.

Les résultats des études présentées dans cet outil d'aide à la décision et de transfert des connaissances proviennent principalement de différents projets de recherche réalisés dans le cadre d'une initiative de recherche menée par le ministère des Transports du Québec, intitulée « Évaluation de l'impact des changements climatiques sur les infrastructures maritimes du Nunavik et solutions d'adaptation » démarrée en 2009 dans le cadre du Plan d'action sur les changements climatiques (PACC) 2006-2012 et se poursuivant dans le cadre du PACC 2013-2020.

Les auteurs reconnaissent la grande contribution des membres du comité de suivi ayant participé au bon déroulement du projet et aux différentes phases de révision servant à bonifier l'outil ; Anick Guimond (MTQ), Geneviève Trudel (MTQ), Laurie Beaupré (Makivik), Véronique Gilbert (ARK), Jean-Denis Bouchard (MSP), Julie Veillette (MELCC) et Frédérique Gosselin-Lessard (MTQ).

Les auteurs remercient également Isabelle Charron et Julie Cunningham de l'équipe mobilisation de connaissances et Hélène Côté de l'équipe science du climat et services climatiques en tant que réviseurs à l'interne d'Ouranos ainsi que les réviseurs scientifiques externes Antoine Boisson du CEN, Dany Dumont de l'ISMER et Yves Gauthier de l'INRS-ÉTÉ dont les commentaires et corrections ont permis de clarifier, de simplifier, d'alléger et de bonifier ce texte.

Cette initiative a mobilisé beaucoup d'acteurs de différentes organisations publiques gouvernementale régionale et locale ainsi qu'académiques et privés. Le MTQ et Ouranos souhaitent remercier les collaborateurs et mandataires suivants pour leur participation à cette initiative de recherche et développement en cours depuis 2009 :

- Administration régionale Kativik (ARK)
- Société Makivik
- Ministère de la Sécurité publique (MSP)
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC)
- INRS-ETE
- UQAR-ISMER
- CEN, Uvalal
- CIMA+
- Environnement Illimité Inc.
- LaSalle NHC



Ministère
des Transports

Québec



Fondsvert

INTRODUCTION

Le réchauffement climatique est très marqué en Arctique, où les températures ont augmenté de plus du double de la moyenne mondiale lors des deux dernières décennies. Le réchauffement climatique est encore plus marqué dans l'Arctique canadien, où les températures moyennes annuelles de l'air ont augmenté trois fois plus vite que la moyenne mondiale. Ce réchauffement est fortement ressenti dans les régions subarctiques telles que le Québec septentrional. Dans ce contexte et afin d'assurer une gestion optimale des infrastructures maritimes au Nunavik, le gouvernement du Québec, en collaboration avec l'administration régionale Kativik (ARK), souhaitait mesurer l'ampleur des changements susceptibles d'affecter son l'environnement maritime dans le futur.

Cet outil de diffusion et de transfert de connaissances regroupe les principaux résultats des travaux menés entre 2009 et 2020, coordonnés par le ministère des Transports du Québec (MTQ) sous le nom « Évaluation de l'impact des changements climatiques sur les infrastructures maritimes du Nunavik et solutions d'adaptation » dans le cadre du Plan d'action sur les changements climatiques (PACC) 2006-2012 et se poursuivant dans le cadre du PACC 2013-2020.

S'inspirant de la version plus détaillée de la synthèse des connaissances, ce sommaire exécutif-résumé cible, entre autres, les professionnels en changements climatiques (CC) et en aménagement du territoire et les gestionnaires municipaux. Ces derniers ont dorénavant à leur disposition un outil d'aide à la décision auquel ils pourront se référer lorsqu'il s'agira par exemple, de planifier l'occupation du territoire et d'entretenir des infrastructures ou des installations le long du littoral nordique. Il fournit aux usagers des informations spécifiques aux côtes de la baie d'Hudson, du détroit d'Hudson et de la baie d'Ungava. En somme, ce document vient en soutien aux processus décisionnels pour réduire de façon préventive, la vulnérabilité de la population face aux CC attendus en environnement côtier et ainsi servir à appuyer les solutions d'adaptation aux CC pour la région.

Ce sommaire exécutif court et vulgarisé résume le contenu détaillé de la synthèse des connaissances : Impact des changements climatiques sur l'environnement maritime et côtier du Nunavik. Les concepts scientifiques et techniques nécessaires aux mesures, analyses et obtention des résultats sont expliqués et vulgarisés dans un second document technique. Une série de présentations prévue auprès des usagers au courant de l'année et une affichelette vulgarisent davantage la synthèse des connaissances.

La première partie de cet outil de communication contextualise les projets en présentant succinctement la géographie, la démographie, l'économie et le climat futur du territoire du Nunavik. Ensuite, elle explique les aléas et leurs caractéristiques auxquels le littoral du Nunavik fait face. Une carte régionale est présentée qui répertorie les types de mesures utilisés dans les projets, leurs localisations et leurs périodes d'acquisition.

La seconde partie reprend les principaux résultats obtenus pour les différents aléas étudiés. Dans un premier temps, ils sont donnés pour le passé-récent et deux horizons futurs, pour l'ensemble du Nunavik, pour le niveau d'eau relatif, les niveaux extrêmes des ondes de tempêtes, les tempêtes, les vagues et les conditions de glace. Une deuxième carte localise les résultats de niveaux d'eau des ondes de tempêtes obtenus par simulations. Dans un second temps, des résultats spécifiques sont donnés pour les trois côtes du Nunavik.

La troisième partie donne des exemples d'intégration de ces résultats pour aider à la prise de décision face à l'adaptation.

CONTEXTE

Le territoire du Nunavik se situe entre les 55^e et 62^e parallèles. Quatorze communautés côtières, regroupant 13 000 résidents¹, Inuits et non Inuits, sont situées aux abords de la baie d'Hudson, du détroit d'Hudson et de la baie d'Ungava. Leur population connaît une importante hausse démographique, (quatre fois plus rapide que la population québécoise entre 2011 et 2016²) et les différentes ententes de développement socio-économiques du Nunavik entre les communautés inuites, la société Makivik, l'Administration Régionale Kativik (ARK) et le gouvernement du Québec s'accompagneront d'une augmentation de l'occupation du sol et du transport maritime (Comtois, 2020), se traduisant potentiellement pas la nécessité d'augmenter la taille des infrastructures marines et côtières ou d'en construire de nouvelles plus adaptées aux changements démographiques. Ces communautés éloignées sont reliées entre elles par les voies aériennes et maritimes ; aucune route ne relie les communautés entre elles ou au reste de la province. Le transport aérien assure le déplacement de personnes et de marchandises légères et le transport maritime assure l'acheminement des marchandises pondéreuses et non-périssables. L'accès à la mer est essentiel à la fois pour permettre la pratique des activités traditionnelles mais également pour assurer le développement économique. Pour organiser les déplacements sécuritaires sur la banquise en hiver ou sur les eaux libres de glaces, la connaissance des conditions climatiques et hydrologiques est essentielle à la population.

Le littoral du Nunavik est exposé à un réchauffement très important notamment marqué pendant la période 1987-2016 (Tableau 1). Pendant cette période, le Nunavik a connu une augmentation hivernale de 1,5°C par décennie, et une augmentation estivale de 0,5°C par décennie. Les projections climatiques indiquent que ce réchauffement se poursuivra durant au moins les 30 prochaines années. La région pourrait connaître des augmentations de températures de l'air annuelles de 4 à 5,1°C sur la période de 2046 à 2064, et de 4,1 à 7,5°C sur la période 2076 à 2100. Toutefois, c'est en hiver que le réchauffement serait le plus marqué avec des augmentations de 5,5 à 5,8°C, quand, en été, les augmentations seraient de 2,0 à 2,5°C, sur la période de 2046 à 2064, selon les scénarios RCP4.5 et RCP8.5 (voir encadré 1 de la synthèse des connaissances).

Au Nunavik, le réchauffement s'accompagne d'une hausse des précipitations totales (Tableau 1). Elles ont augmenté de 3% par décennie depuis les années 50 sur toute la région. Sur la période de 2046 à 2064, les précipitations moyennes annuelles pourraient augmenter de 20 à 35 %. Les précipitations extrêmes pourraient augmenter sur toute la région de 5 à 10 mm/jour respectivement pour les horizons 2046-2064 et 2076-2100, sous le RCP8.5. Si les précipitations totales ont augmenté, le réchauffement semble avoir contribué à un déclin des précipitations solides (neige, grêle, pluie verglaçante) totales, de 13%, entre 1980 et 2014. Ce déclin des précipitations solides serait plus élevé en octobre et novembre. La durée de l'enneigement serait aussi en déclin d'un mois avec le RCP4.5 et d'un à deux mois avec le RCP8.5, pour les deux horizons futurs.

¹ Recensement 2016 de Statistique Canada <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/index-fra.cfm>

² Entre 2006 et 2011 la population des 14 communautés du Nunavik a cru de 11.7% et entre 2011 et 2016, elle a cru de 12.7% (Recensement 2016 de Statistique Canada) alors que la population du Québec a cru de 4.9% et 2.8% respectivement (Institut de la statistique du Québec, 2019).

Tableau 1. Résumé des principales données climatiques au Nunavik

Donnée \ Scénario et Horizon	RCP4.5		RCP8.5	
	2046-2064	2076-2100	2046-2064	2076-2100
Tmoy air été (JJA)	↗ 2,0°C		↗ 2,5°C	
Tmoy air hiver (DJFM)	↗ 5,5°C		↗ 5,8°C	
Tmoy air année	↗ 4,0°C	↗ 5,1°C	↗ 4,1°C	↗ 7,5°C
Précip.maximales (mm/jour)			↗ 5	↗ 10
Moy annuelle des précip. quotidiennes (mm/jour)	↗ 0,33	↗ 0,37	↗ 0,39	↗ 0,69
Précip. moy annuelles (%)			↗ 20 à 35	
Durée de l'enneigement (jours)	↘ 23	↘ 31	↘ 31	↘ 63

Les changements climatiques causeront des modifications aux aléas hydrologiques auxquels le littoral du Nunavik est exposé. Les aléas hydrologiques (niveau d'eau, vagues, vents et glaces extrêmes) pourraient s'accroître dans le futur et provoquer une augmentation de la submersion et de l'érosion. Des dommages causés au milieu naturel (ie : disparition de la plage par submersion, érosion des falaises côtières), aux infrastructures et aux installations côtières (ie : submersion des bâtiments, affouillements des pieds des structures de protection) pourraient rendre difficile l'accès au territoire et les déplacements le long de la côte.

Les études des aléas ont examiné leurs variations en comparant les effets de la situation climatique du passé récent (1980 à 2010) avec ceux de la situation projetée sur deux horizons futurs- 2040 à 2069 et 2070 à 2099. Les aléas côtiers étudiés sont :

- la fréquence et l'intensité des tempêtes ;
- des niveaux d'eau totaux et les niveaux des ondes de tempêtes très élevés ou très bas ;
- la fréquence de fortes vagues ;
- l'augmentation de la durée de la saison sans glace (retard de formation et rapidité de fonte des glaces de mer et de rive) et la diminution de la concentration et de l'épaisseur atteinte ;

Les relations entre les différents aléas étudiés sont expliquées dans la synthèse technique.

Puis l'identification des caractéristiques des aléas (intensité, probabilité d'occurrence (ou récurrence), localisation spatiale (ou étendue) et de la durée possible de leurs effets ont permis de mieux comprendre leur nature, d'accroître la connaissance de leurs impacts sur le milieu exposé et d'anticiper les besoins découlant de leur manifestation. Pour se faire, il est important de recueillir des séries d'observations sur ces aléas perturbateurs permettant de nourrir les modèles utilisés pour produire des projections (synthèse technique). Aussi, dès 2009, des équipements de mesures sur différents sites du Nunavik ont été installés afin de recueillir les niveaux d'eau au large et sur la côte, la présence de la glace de rive et de mer, les hauteurs des vagues et les conditions météorologiques qui influencent ces aléas. Une carte synthèse régionale localise les communautés du Nunavik, les sites où les données ont été et sont encore acquises, les types de données acquises, le nom du réseau qui permet la maintenance des stations, qui collige et rend disponible les données, et la période d'acquisition de ces données (Figure 1). Cette figure révèle les nombreux efforts déployés, dans la dernière décennie, afin d'améliorer les connaissances sur l'environnement naturel du Nunavik. La carte montre les communautés pourvues de différents types d'appareils de mesures ayant permis l'acquisition d'un grand nombre de jeu de données sur une relativement longue période de temps (Kuujuarapik et Quaqtqaq) et les communautés pour lesquelles il n'y a pas d'installations de mesure (région maritime de la baie d'Ungava).

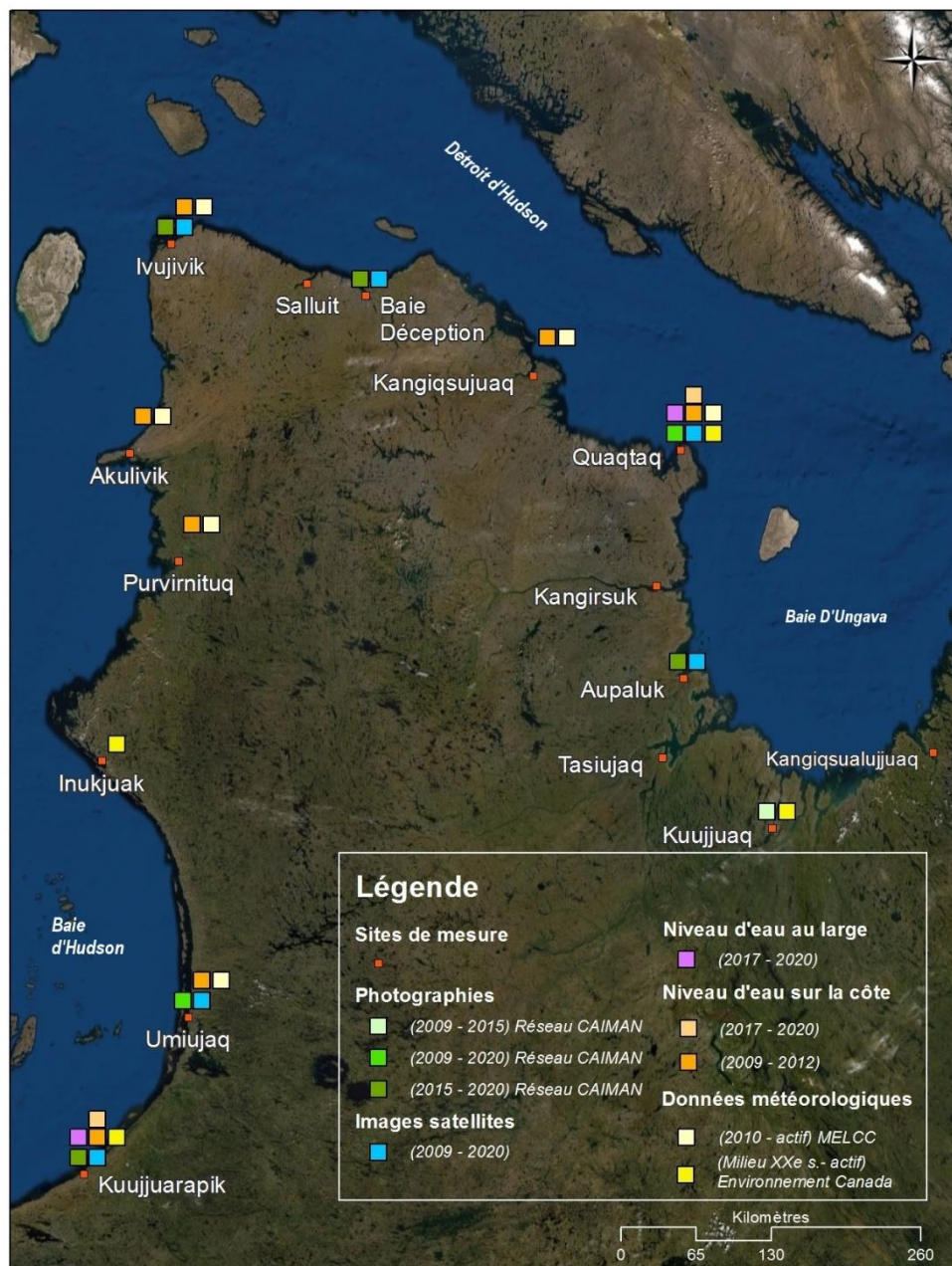


Figure 1. Localisation des données acquises pour les aléas étudiés au Nunavik, avec période d'acquisition et nom du réseau de maintenance. Les données proviennent de stations météorologiques (températures, vent et humidité), des marégraphes (niveau d'eau sur la côte), des houlographes (niveau d'eau au large), des caméras (photographie de la mer et de la côte) et des images Landsat et MODIS (images satellites).

Toutes les données mesurées (Figure 1) ont été traitées et utilisées pour valider les modèles hydroclimatiques qui ont permis d'obtenir des simulations pour les périodes du passé récent (1989-2009), du futur proche (horizon 2040-2069) et du futur lointain (horizon 2070-2099), (voir synthèse technique). Les résultats des simulations de concentration de glace sont disponibles dans l'atlas des conditions de glace de Senneville, produit en 2018. Les conditions de glace y sont répertoriées mensuellement pour des

horizons futurs. Les simulations sur les vagues et sur les tempêtes sont encore à l'étude et ne peuvent pas non plus figurer sur une carte. Une partie des résultats, obtenus pour les ondes de tempête, a été représentée sur la Figure 2.

Enfin, la conséquence (ou impact) de l'aléa sur la côte étant aussi influencée par la vulnérabilité du milieu, les facteurs de vulnérabilité naturels suivants ont été considérés :

- la géomorphologie de la côte et la présence d'îles au large,
- le type de sol (argilo-sableux ou rocheux)

Toutefois, la vulnérabilité résulte aussi d'une troisième catégorie, les facteurs sociaux, économiques ou environnementaux (Morin, 2008b). Une étude de vulnérabilité doit ajouter les caractéristiques des infrastructures et les caractéristiques des populations aux caractéristiques des aléas étudiées ici, pour être complète.

En résumé, les risques côtiers se localisent là où la probabilité d'occurrence d'un aléa se combine avec la présence de populations et d'infrastructures. Or au Nunavik, toutes les populations des quatorze communautés inuites, et les infrastructures de ces communautés et de la baie Déception, sont situées sur le littoral, à l'embouchure de rivières ou d'estuaire, dans des fjords ou des baies. Elles sont donc toutes potentiellement à risque. Une étude de risque peut être réalisée afin de s'assurer de leur niveau de risque.

Les premiers résultats des simulations des études menées par le MTQ, bien qu'encore partielles, ont été rendus possibles grâce à toutes les données acquises depuis les dix dernières années. Ils sont présentés dans la prochaine partie par aléa pour l'ensemble du Nunavik puis de façon plus spécifique pour les trois côtes, baie d'Hudson, détroit d'Hudson et baie d'Ungava.

Il n'est pas toujours possible d'offrir des conclusions aussi fiables et des incertitudes aussi bien quantifiées pour les répercussions des CC sur les aléas que celles fournies pour les températures car les aléas ne sont ni autant ni aussi bien étudiés. Ces questions seront abordées plus spécifiquement à plusieurs endroits dans la synthèse des connaissances (chapitre 1- section 6 pour en apprendre davantage et chapitre 3 - section 4 pour connaître les pistes de solutions envisageables). Les incertitudes sur les données des niveaux d'eau extrêmes ne sont pas quantifiées, les résultats doivent donc être utilisés avec précaution.

RÉSULTATS DES ÉTUDES MENÉES POUR LE MTQ³

Résultats obtenus dans l'ensemble du Nunavik



NIVEAU MARIN RELATIF

Le Nunavik pourrait connaître une baisse du niveau marin relatif de 40 à 90 cm selon les communautés et le scénario considéré.


À la fin du siècle, horizon 2070-2100, l'effet du rehaussement isostatique serait plus important que celui de l'élévation du niveau marin global, pour une grande partie du Nunavik.

- la hauteur maximale et la récurrence des phénomènes de niveaux d'eau extrêmes hauts seraient réduites.

³ Les principaux résultats sont affichés dans les encadrés de couleur.

- Les dommages à anticiper devraient être principalement attribuables aux niveaux d'eau extrêmes bas qui pourraient être encore plus bas et plus fréquents que dans le passé récent.

Au milieu du siècle, horizon 2040-2070, l'effet du rehaussement isostatique ne se fera pas sentir assez fortement pour compenser les effets des ondes de tempêtes.





LES ONDES DE TEMPÊTES

Les niveaux d'eau extrêmes pourraient s'élever ou diminuer jusqu'à ± 1 m. Leur fréquence pourrait augmenter d'ici le milieu du XXI^e siècle. La période, pendant laquelle les niveaux d'eau extrêmes pourraient être plus fréquents, pourrait être plus étendue dans l'année.

Les niveaux d'eau très élevés plus fréquents pourraient entraîner de l'érosion et des submersions plus fréquentes. En contrepartie, le retrait des eaux et des niveaux d'eau très bas pourraient provoquer la formation de plages. Le Tableau 2 et la Figure 2 résument les principaux résultats simulés pour les ondes de tempêtes.

Tableau 2. **Moyenne sur le Nunavik, période de retour et saisonnalité des niveaux extrêmes des ondes de tempêtes (décote et surcote).**

	Horizons	Ondes de tempêtes	
		 décote	 surcote
Moyenne des niveaux extrêmes de période de retour 100 ans sur tout le Nunavik	1980-2010	entre - 1 m et - 50 cm	entre + 68 cm et + 1,5 m
	2040-2069	↘ de 1,5 cm	↗ de 10 cm
	2070-2099	↘ de 6 cm	↗ de 10 cm
Période de retour des niveaux extrêmes qui ont actuellement une période de retour de 100 ans	2040-2069	50 ans	50 ans
	2070-2099	100 ans	100 ans
Saisonnalité (fréquence saisonnière)	2040-2069	↗ de juillet à août ↗ de décembre à janvier ↘ de février à mars	↗ d'août à février
	2070-2099	↗↗ de juillet à août ↘↘ de décembre à janvier	↗ d'octobre à février apparition en mars et en été

La Figure 2 présente deux cartes de synthèse régionale sur les résultats des simulations des niveaux d'eau extrêmes des ondes de tempêtes : (a) les décotes –les niveaux d'eau en dessous de la marée ou niveau zéro et (b) les surcotes –le niveau d'eau au-dessus de la marée. Les niveaux d'eau sont dits extrêmes lorsqu'ils atteignent des hauteurs maximales très rares, une fois tous les 100 ans. Sur ces cartes, les niveaux d'eau sont exprimés en centimètres (cm). Les niveaux de décotes et de surcotes, atteints pour la période de 1980 à 2009, sont décrits par le symbole rond qui varie du niveau le plus proche du niveau zéro cm (en **bleu**) vers le niveau le plus éloigné (en **rouge**). Pour les horizons futurs, les variations des niveaux extrêmes, c'est-à-dire le niveau extrême de l'horizon futur considéré moins le niveau extrême du passé récent, sont indiquées avec le symbole d'une flèche. La variation peut être positive, ce qui indique une augmentation. Elle est alors représentée par une flèche montante. La variation peut être négative, ce qui

indique une diminution. Elle est alors représentée par une flèche descendante. Si la variation est faible, de l'ordre de 0 à 5 cm, la flèche est bleue. Si la variation est modérée, de l'ordre de 5 à 10 cm, la flèche est verte. Si la variation est forte, de l'ordre de 10 à 15 cm, la flèche est orange. Enfin, si la variation est forte, de l'ordre de 15 à 20 cm, la flèche est rouge.

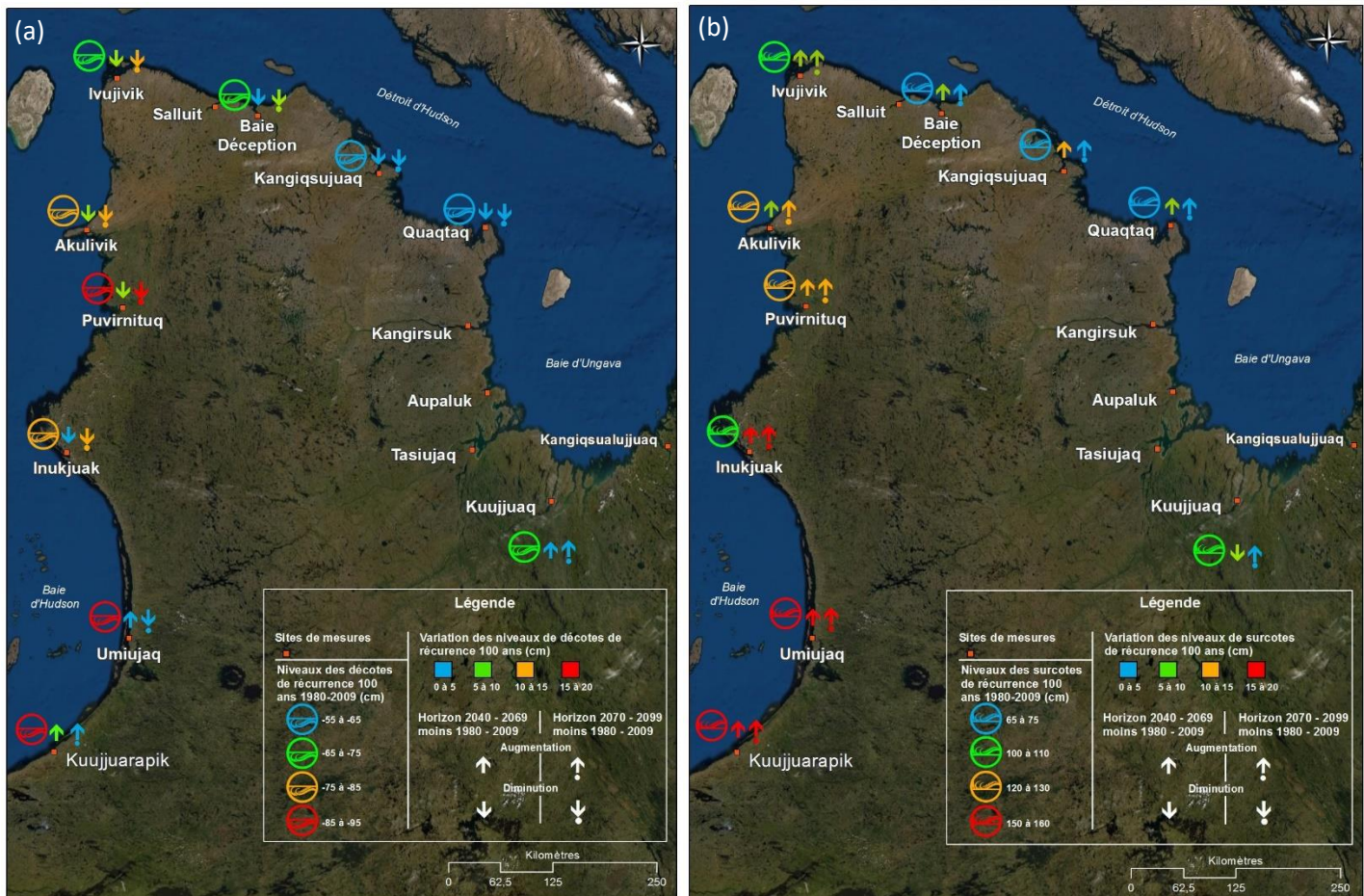



Figure 2. Niveaux extrêmes des ondes de tempête, de période de retour 100 ans, pour le passé récent 1980-2009 et variations des décotes (a) et des surcotes (b) pour les horizons 2049-2069 et 2070-2099.



TEMPÊTES

L'état actuel des connaissances ne permet pas d'affirmer quelle tendance les tempêtes pourraient suivre dans la baie d'Hudson.

Les changements dans le régime des tempêtes dans la baie d'Hudson sont encore méconnus, il est recommandé de les étudier avec les nouveaux modèles climatiques plus performants pour cette région (voir la synthèse technique). Les connaissances sur les tempêtes des milieux marins nordiques se concentrent principalement sur l'océan Arctique et sont développées grâce aux simulations de l'ensemble *CORDEX ARCTIC*. Bien que la baie d'Hudson et l'océan Arctique soient distincts, la présence de tempêtes,

pendant la période de formation des glaces de rive, lorsqu'elles sont instables et mobiles, a des conséquences décisives sur les environnements côtiers de ces deux cas. Par exemple,

- le déplacement des glaces poussées par les vents forts orientés vers la côte pourrait réduire davantage leur stabilité sur la rive.
- même sans changement significatif du régime de tempêtes, la réduction de la glace marine stable favorise :
 - l'augmentation des niveaux d'eau ainsi que de la hauteur et la vigueur des vagues, augmentant les risques de submersion et d'érosion lors du passage d'une tempête.
 - L'allongement de la période d'eau libre (sans glace marine) qui hausse le potentiel de dommages cumulatifs par des contraintes répétitives causées par les tempêtes qui se succèdent durant cette période.



CONDITIONS DE GLACE

Dans l'avenir, les glaces pourraient se former plus tard en automne et fondre plus tôt au printemps, conduisant à une période de couverture partielle de glace plus longue de plus de six semaines d'ici 2040-2070 et de plus de deux mois d'ici 2070-2100. L'augmentation de la mobilité des glaces pourrait conduire à une probabilité d'érosion par les glaces plus élevée.

L'amincissement de l'épaisseur moyenne de glace, à l'horizon 2040-2070, serait de l'ordre de 15 cm en novembre et de 80 cm en juin. Le couvert de glace aminci pourrait se briser si des vents forts et des niveaux d'eau élevés se produisaient en même temps.

- En hiver, la couverture complète de glace de mer stable, diminue le fetch (l'espace disponible qui permet au vent d'accélérer) et protège la côte contre l'érosion.
- Au printemps et en automne, la couverture de glace de mer partielle, instable (ou mobile) augmente le risque d'érosion lorsque le vent les pousse vers le littoral.
- Les concentrations de glace, au mois de décembre, pourraient être réduites à 40 et 60% sur les littoraux d'Ivujivik à Kangiqsualujjuaq et pourraient être quasiment absentes entre Ivujivik et Inukjuak à l'horizon 2040-2070.

Tableau 3. Risques liés à la couverture et à la durée de la présence des glaces aux horizons futurs selon l'hiver, le printemps et l'automne au Nunavik

	Stabilité de la glace :
Hiver	Glacé stable Couverture complète plus courte, Protection des côtes contre l'érosion
Printemps	Glacé mobile
Automne	Couverture partielle plus longue, Augmente le risque d'érosion



VAGUES

L'allongement de la période d'eau libre ainsi que la hausse du niveau moyen de la mer favorisent la formation de vagues plus hautes et ayant plus d'énergie lors du passage des tempêtes. Ainsi, au Nunavik, le raccourcissement de la saison des glaces de mer d'environ 40 jours aura pour effet d'augmenter l'énergie totale de vagues produites par les tempêtes, lorsqu'elles atteignent la côte.

Aussi, dans un futur proche (2040-2070), la probabilité d'occurrence des vagues hautes pourrait augmenter. Toutefois, en raison de la baisse du niveau relatif de la mer, la contribution de ces vagues plus hautes au risque de submersion diminuera graduellement au cours du siècle.

La modélisation des vagues (fréquence, force, direction du vent et orientation de la côte) au Nunavik est toujours en cours et ces résultats sont attendus pour 2021. Elle permettra de déterminer l'exposition des côtes aux vagues.

Résultats obtenus spécifiques aux régions maritimes

L'encadré grisé qui suit résume les résultats principaux **spécifiques aux** régions maritimes du Nunavik.

La baie d'Hudson

Les augmentations des températures et l'accroissement des précipitations totales hivernales pourraient être plus marquées dans la baie d'Hudson.

La présence de glace dans la baie d'Hudson a déjà diminué de 10,5% entre 1968 et 2010.

Les surcotes extrêmes de période de retour 100 ans pourraient atteindre de 10 à 20 cm de plus qu'entre 1989 et 2009.

Les décotes extrêmes pourraient abaisser le niveau d'eau minimum de 70 cm à 1 m à l'horizon 2040-2069 et de 80 cm à 1,1 m à l'horizon 2070-2099. Les décotes hivernales pourraient avoir lieu plus souvent en début d'hiver et au mois de mars.

Le détroit d'Hudson et la baie d'Ungava

Les ondes de tempêtes (surcotes comme décotes) sont prévues pour être strictement inférieures à 1 m.

L'allongement de la période d'eau libre, c'est-à-dire sans glace, restreint la mobilité des Inuits sur le territoire et l'utilisation de la motoneige ou autres moyens de transport sur la banquise. De plus, les glaces mobiles peuvent à elles seules endommager de manière irréversible les infrastructures et les installations côtières. Cependant, le littoral de la baie d'Ungava est relativement protégé de l'érosion grâce aux nombreuses îles qui sillonnent les larges estuaires et diminuent le fetch.

La côte est de la baie d'Hudson et certains endroits de la baie d'Ungava sont principalement composés de sols sédimentaires. Aujourd'hui en progradation, elles avancent vers la mer et ne présentent pas une sensibilité importante à l'érosion.

D'autre part, la côte est de la baie d'Hudson a une faible amplitude de marée ce qui signifie qu'elle est sensible aux inondations par submersion. La présence d'une surcote extrême provoquera toujours une inondation qu'elle soit en phase ou non avec la marée de vive-eau. Le niveau des surcotes extrêmes (1 m) est très proche de l'amplitude des marées pour plusieurs communautés. Sur les côtes du détroit d'Hudson et de la baie d'Ungava, l'amplitude de la marée est forte (entre 2 et 6 m), ce qui est bien supérieure à la projection des surcotes extrêmes (1 m). Ces côtes ne seront sensibles à la submersion que pour des surcotes extrêmes synchrones avec des marées hautes de vive-eau.

INTÉGRER LES CONNAISSANCES VERS LA MISE EN ŒUVRE DE L'ADAPTATION

Les impacts des changements climatiques, susceptibles de causer des conséquences importantes d'ici la fin du XXI^e siècle sur les côtes du Nunavik, sont liés aux processus de submersion et d'érosion, qui pourraient avoir lieu principalement en automne et en hiver.

Une façon de diminuer les répercussions graves de ces impacts est de réduire la vulnérabilité de l'environnement naturel, des infrastructures et des communautés. Ceci implique l'amélioration des compétences des parties prenantes, ainsi que l'accroissement du pouvoir d'agir, ou la capacité, des intervenants à poser des actions concrètes qui visent à atténuer les vulnérabilités. C'est pourquoi les outils d'aide à la décision et à la planification se basent sur des connaissances scientifiques à jour et tentent d'intégrer un maximum d'informations. Par exemple, une analyse des vulnérabilités peut inclure les caractéristiques des aléas externes et les particularités intrinsèques du milieu sous forme d'un indice de sensibilité. Il permet d'établir une échelle qualitative de la sensibilité de la côte (ie, sensibilité faible, modérée ou forte aux CC). Lorsque les vulnérabilités sont connues, une analyse spatiale des zones à risque peut être réalisée en superposant différentes couches d'informations telles que les résultats des études cités précédemment. En procédant à de telles analyses sur des échelles différentes régionale ou de la communauté, il devient possible d'identifier et prioriser les actions nécessaires entourant l'occupation du territoire pour réduire les vulnérabilités et les risques existants.

Plusieurs communautés arctiques s'adaptent déjà en posant des actions concrètes pour minimiser les risques causés par les aléas climatiques sur les environnements maritime et côtier. Par exemple, l'application de normes de construction spécifiques aux réalités du Nunavik (norme BNQ 2501-500 pour la fondation de bâtiments construits sur pergélisol) ou du protocole sur la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques (<https://pievc.ca/fr>) peuvent aider à mieux planifier la localisation de sites, à estimer la capacité d'adaptation des composantes d'une infrastructure aux changements climatiques et les investissements requis. Des ouvrages synthèses produits par Arctinet, RNCAN et Ouranos contribuent également à nourrir les processus de réflexion, de planification et de décision en matière d'adaptation aux CC.

CONCLUSION

L'Arctique se réchauffe deux fois plus vite que le reste de la planète, il faut donc s'attendre à ce que les impacts prévus dans le Nord et en particulier au Nunavik surviennent plus rapidement. Dans ce contexte climatique dynamique, les processus décisionnels doivent d'être flexibles pour produire et inclure au fur et à mesure de nouvelles connaissances, sur les variables climatiques ou non climatiques, sur les variations temporelles des aléas et leurs influences sur les milieux naturels. Les résultats présentés apportent des éléments de réponses permettant d'ores et déjà de prendre des décisions d'aménagement plus éclairés. Les informations de ce résumé non exhaustives, peuvent être complétées en consultant la synthèse des connaissances, la synthèse technique, ainsi que l'affichette et les présentations qui vulgarisent les principaux faits saillants des études menées par le ministère des Transports.

S'il est conseillé aux décideurs de prendre des décisions avec des connaissances scientifiques à jour, il reste que celles-ci demeurent incomplètes et que des décisions doivent tout de même être prises pour protéger les côtes et les habitants sans toutefois posséder toutes les réponses. Il existe plusieurs pistes de recherche prometteuses pour améliorer les connaissances scientifiques des aléas et pour rendre le processus d'adaptation plus efficace et robuste.