



---

## La température du Canada

---

MF204 - Changement Climatique

### Auteurs

Maxime Katz  
[maxime.katz@ensta-paris.fr](mailto:maxime.katz@ensta-paris.fr)

Pedro Morel Rosa  
[pedro.morel-rosa@ensta-paris.fr](mailto:pedro.morel-rosa@ensta-paris.fr)

## CONTENTS

List of Figures	2	12 Variabilité inter-annuelle pour la période de référence 1961 à 1990 obtenue dans le TD - GCM NorESM1-M .....	7
Introduction	3	13 Variabilité inter-saisonnière pour la période de référence 1961 à 1990 obtenue dans le TD .....	7
Climatologie	3	14 Écarts de température saisonnière par rapport à la période 1961 à 1990 en degré celsius [2] .....	7
Incertitudes	5	15 Prévision des changements de température annuelle RCP8.5 (1981-2100) [8] .....	7
Variabilité naturelle	5	16 Prévision des changements de température annuelle RCP 8.5 (1980-2000 vs 2080-2100) .....	8
Changement climatique	5	17 Prévision des changements de température annuelle DJF (hiver) RCP 8.5 (1980-2000 vs 2080-2100) .....	8
Moyene Spatiale et Série Temporelle	5	18 Prévision des changements de température annuelle JJA (été)- RCP 8.5 (1980-2000 vs 2080-2100) .....	8
Temps d'émérgence	6		
Significativité du Changement Climatique	7		
Impacts	8		
Répercussions sur les régions nordiques	9		
Répercussions sur les forêts	9		
Répercussions sur les côtes océaniques	9		
Adaptation	10		
Conclusion	10		
References	11		

## LIST OF FIGURES

1	Température moyenne du Canada de 1990 à 2000 [1] .....	3
2	Écarts de température moyenne par rapport à la valeur de référence de 1961 à 1990 en degrés Celsius pour l'année 2019. [2] .....	3
3	Localisation des différents climats de Köppen du Canada. [4] .....	3
4	Température atmosphérique surfacique - décembre-janvier-février pour la période 1981-2010 .....	4
5	Température atmosphérique surfacique - Observation décembre-janvier-février pour la période 1981-2010 [6] .....	4
6	Température atmosphérique surfacique - Juin-juillet-août pour la période 1981-2010 .....	4
7	Température atmosphérique surfacique - Observation décembre-janvier-février pour la période 1981-2010 [6] .....	4
8	Projection de la température de surface du Canada pour différents GCMs (TD) .....	5
9	Projection de la température de surface du Canada (officiel) [8] .....	6
10	Projection de la température de surface du Canada pour différents moyennes temporelles (TD) - NorESM1-M .....	6
11	Variabilité inter-annuelle pour la période de référence 1961 à 1990 selon [2] .....	6

## INTRODUCTION

La température atmosphérique surfacique est une variable climatique fondamentale qui affecte directement les systèmes humains et naturels. Elle est régulièrement mesurée dans le cadre du système d'observation météorologique qui fournit les données actuelles sur la température et les données historiques sur les changements survenus au Canada. Cet ensemble de données montre que la température au Canada a augmenté au cours du XXe siècle à peu près deux fois plus vite que la moyenne mondiale. Sa température annuelle moyenne a augmenté d'environ 1,7°C (probablement entre 1,1°C et 2,3°C) au cours de la période 1948- période 2016. Les températures ont augmenté davantage dans le nord du Canada que dans le sud (figure 1), et plus durant les hivers que les étés.

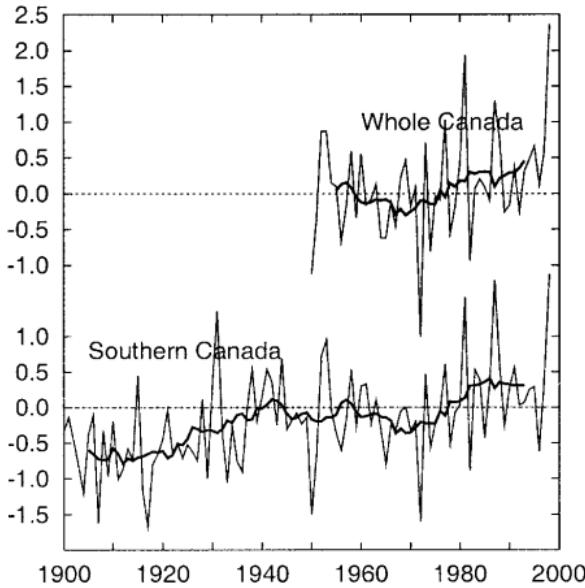


FIG. 1. Température moyenne du Canada de 1990 à 2000 [1]

La température annuelle moyenne dans le nord du Canada a augmenté de 2,3 °C (fourchette probable 1,7°C-3,0°C) de 1948 à 2016, soit environ trois fois le taux de réchauffement moyen de la planète. Plus de la moitié du réchauffement peut être attribué aux émissions de gaz à effet de serre causées par l'homme. Les modèles climatiques prévoient des modèles de changement à l'avenir, la quantité de réchauffement dépendant des futures émissions de gaz à effet de serre. [1].

Dans cet esprit, la variable la plus pertinente dans tout analyse ou modèle visant à quantifier et à qualifier le climat du Canada est la température de l'aire atmosphérique surfacique.

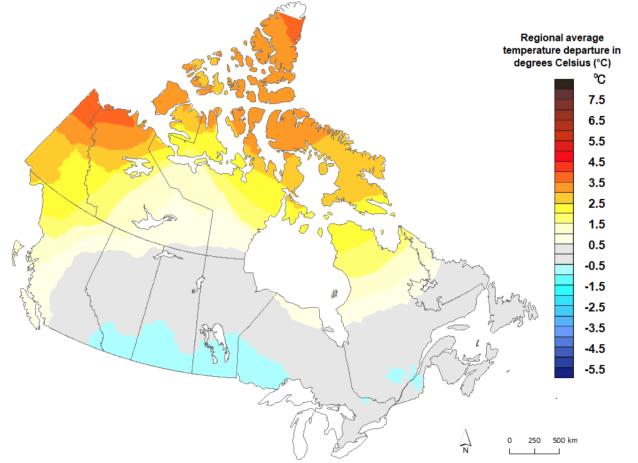


FIG. 2. Écarts de température moyenne par rapport à la valeur de référence de 1961 à 1990 en degrés Celsius pour l'année 2019. [2]

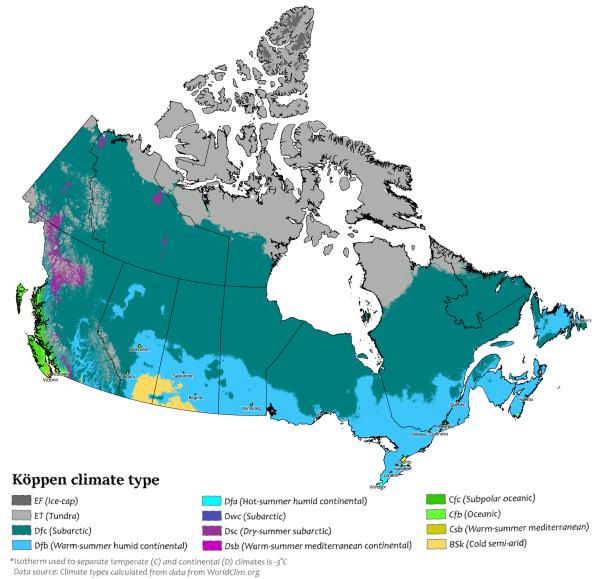


FIG. 3. Localisation des différents climats de Köppen du Canada. [4]

## Climatologie

Le Canada est un pays très vaste ce qui explique les différences de température entre le nord et le sud ainsi qu'entre les deux océans. Les températures moyennes mensuelles en hiver peuvent descendre à -15 °C même dans la partie méridionale du pays. Les chutes de neige annuelles peuvent être très abondantes (moyenne de 337 cm à Québec). On peut décomposer le climat du Canada en sept sous-climats selon la région. Le climat des prairies dit continental sec, le climat des rocheuses, le climat subarctique, le climat de toundra, le climat océanique et le

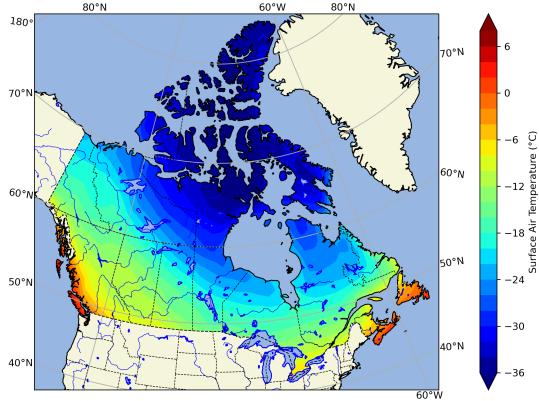


FIG. 4. Température atmosphérique surfacique - décembre-janvier-février pour la période 1981-2010

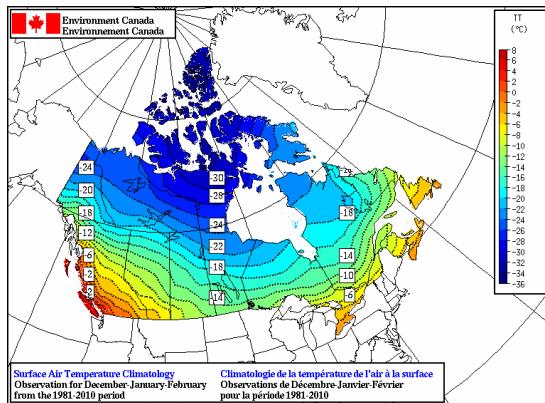


FIG. 5. Température atmosphérique surfacique - Observation décembre-janvier-février pour la période 1981-2010 [6]

climat maritime de l'est. [3] C'est différent climat sont représenté géographiquement sur la figure 3. Quant aux étés, les températures réelles peuvent grimper jusqu'à 35 °C et parfois même jusqu'à 40 °C dans les prairies canadiennes. Pour étudier le climat du Canada à travers sa température atmosphérique surfacique (tas), nous avons générée deux cartes pour les périodes de décembre-janvier-février (hiver) et juin-juillet-août (été) grâce aux données de *Coupled Model Intercomparison Project* (CMIP5) et selon le *Norwegian Earth System Model* (NorESM1-M).

La température moyenne du Canada pendant l'hiver est la plus chaude au sud et sur ses côtes océaniques puis, elle décroît vers l'intérieur des terres d'environ 8°C à 0°C. C'est la seule zone où la température moyenne est supérieure à 0°C pendant la saison hivernale. C'est aussi dans cette zone que le gradient de température est le plus important. On y retrouve un climat continental humide. Ensuite, la température décroît de manière assez constante à mesure que la latitude augmente. Elle atteint une moyenne de -36°C au nord du Nunavut avec un climat de Toundra (figure 4).

L'été on retrouve la température moyenne la plus

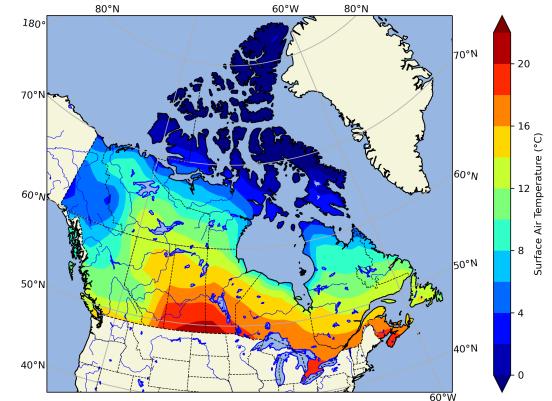


FIG. 6. Température atmosphérique surfacique - Juin-juillet-août pour la période 1981-2010

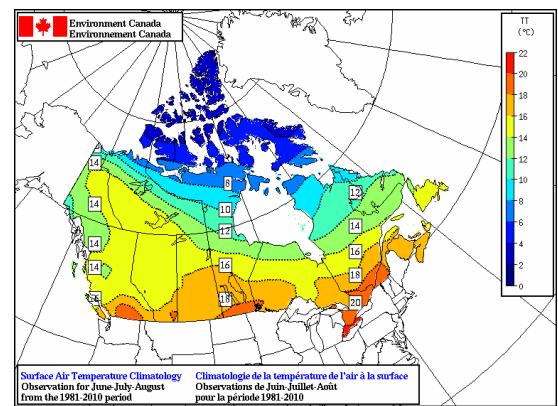


FIG. 7. Température atmosphérique surfacique - Observation décembre-janvier-février pour la période 1981-2010 [6]

élevée au sud du Manitoba et de la Saskatchewan (22°C). Globalement, la zone des prairies et son climat continental sec (le centre du Canada) sont plus chauds que les façades océaniques. On a un gradient de température décroissant du sud-est au nord-ouest en plus du nord-sud habituel. On remarque aussi la présence de terres gelées ou pergélisol dans les territoires du Nunavut et au nord des Territoires du Nord-Ouest (figure 6).

En comparant les cartes de température obtenues au TD avec celles de la littérature (figure 5 et 7), il est possible de percevoir des valeurs proches et une distribution spatiale de température qualitativement similaire. Les différences entre les images sont dues au fait que le Gouvernement du Canada a utilisé des données exactes de 1981 à 2010. Alors que les graphiques trouvés pour le TD utilisaient des données officielles jusqu'en 2005, basées sur des simulations de NorESM1-M de 2005 à 2010.

## Incertitudes

Selon l'article de Watts [7], pendant la majeure partie du 20e siècle, les températures de l'air à la surface des terres ont été mesurées à l'aide d'un thermomètre à liquide en verre (LiG) logé dans un écran à persiennes en forme de boîte (écran Stevenson ou Cotton Regional Shelter (CRS)). Après 1985, des thermistances ou des thermomètres à résistance en platine (PRT) logés dans un bouclier en plastique cylindrique sans aspiration ont remplacé les capteurs CRS/LiG en Europe, dans les pays anglophones et aux États-Unis. À partir de 2000, le US Climate Research Network a déployé des capteurs constitués d'un trio de PRT dans un bouclier aspiré. Un écran aspiré comprend un petit ventilateur ou une turbine qui ventile l'intérieur de l'écran avec de l'air extérieur. Les capteurs sans aspiration dépendent du vent dominant pour la ventilation. Le rayonnement solaire peut chauffer le bouclier du capteur, réchauffant l'atmosphère intérieure autour du capteur. En hiver, le rayonnement ascendant de l'albédo d'une surface enneigée peut également produire un biais chaud. Les modifications du système d'observation, telles que les changements d'instruments ou les changements d'emplacement du site de mesure, doivent être prises en compte dans l'analyse du dossier historique à long terme. Le système d'observation est également réparti de manière inégale au Canada, une grande partie du nord du pays disposant d'un réseau très peu dense qui n'est en place que depuis environ 70 ans. Il est très probable que les ensembles de données de température soient suffisamment fiables pour calculer les moyennes régionales de température pour le Sud du Canada de 1900 à aujourd'hui et pour le Nord du Canada de 1948 à aujourd'hui. [8]

## VARIABILITÉ NATURELLE

Pour le Canada, où la variabilité naturelle interne de la température est élevée, l'attribution du réchauffement observé est plus difficile qu'à l'échelle mondiale. Néanmoins, des preuves de l'influence anthropique sur les températures canadiennes ont émergé avec une contribution détectable de réchauffement dans les températures saisonnières et annuelles ainsi que dans les températures extrêmes. Deux modes de variabilité naturelle interne du climat qui influencent les températures au Canada sont l'oscillation décennale du Pacifique (ODP) et l'oscillation nord-atlantique (NAO). Environ 0,5 °C du réchauffement observé sur les 1,7 °C pendant de la période de 1948 à 2012 peut être expliqué par une relation linéaire entre l'ODP et la NAO. Tenant compte que cela fait la majeure partie de la variabilité naturelle du climat canadien, environ 1,1 °C (plage probable de 0,6 °C à 1,5 °C) de l'augmentation de 1,7 °C

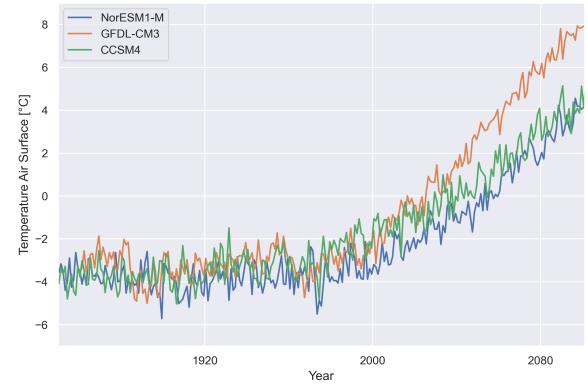


FIG. 8. Projection de la température de surface du Canada pour différents GCMs (TD)

dans la température moyenne annuelle au Canada pour la période de 1948 à 2012 peut être attribué à l'influence humaine. À noter que l'oscillation australe et le dipôle de l'océan Indien (ENSO) plus connu sous le nom de el Niño et la Niña ont également une influence sur la variabilité de la température, mais moindre.

## CHANGEMENT CLIMATIQUE

Dans cette section, l'objectif principal est de discuter des prévisions de température moyenne de surface au Canada obtenues avec les outils enseignés en cours. Ensuite, des comparaisons et autres discussions seront faites sur la base d'articles et de rapports officiels du gouvernement du Canada.

### Moyenne Spatiale et Série Temporelle

Comme le montre la figure 8, selon les résultats obtenus dans le TD, la température de surface du Canada augmentera de 8 à 11 degrés Celsius d'ici 2100 en moyenne annuelle (RCP: 8.5). En comparant avec les données officielles du gouvernement du Canada, dans la figure 9, nous voyons qu'il existe une grande similitude dans les résultats, de telle sorte qu'ils se trouvent bien dans le domaine d'incertitude borné par le RCP 2.5 et le RCP 8.5.

Les températures moyennes annuelle et saisonnière devraient augmenter partout, avec des changements beaucoup plus importants encore dans le nord du Canada en hiver. En moyenne sur le pays, le réchauffement prévu dans un scénario de faibles émissions est d'environ 2°C supérieurs à la période de référence 1986-2005, et restera relativement stable après 2050, alors que dans un scénario de fortes émissions, les augmentations de température se poursuivront, atteignant plus de 10°C à la fin du 21e siècle. Le réchauffement futur sera accompagné d'une

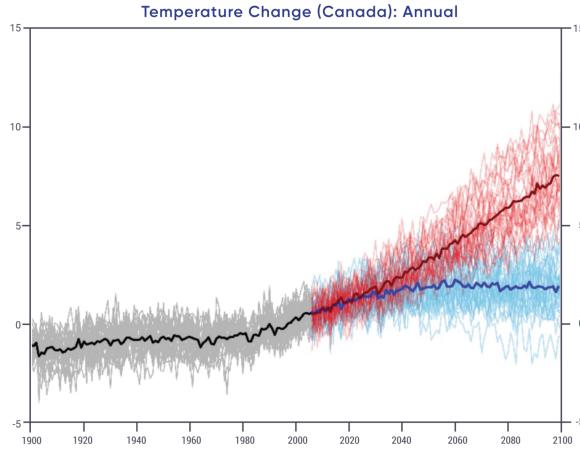


FIG. 9. Projection de la température de surface du Canada (officiel) [8]

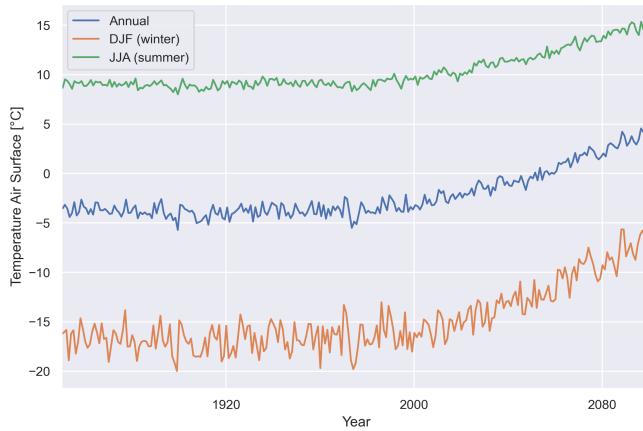


FIG. 10. Projection de la température de surface du Canada pour différents moyennes temporelles (TD) - NorESM1-M

saison de croissance (végétative) plus longue, avec moins de jours de réchauffement et plus de jours de refroidissement.

Les températures extrêmes sont elles aussi affectées. Les températures chaudes extrêmes sont devenues plus chaudes alors que les températures froides extrêmes sont devenues moins froides. Ces changements devraient se poursuivre à l'avenir, l'ampleur des changements étant proportionnelle à l'ampleur de la variation de la température moyenne. La figure 10 obtenue en TD montre bien ceci.

En comparant avec les modèles de changement de la température moyenne globale, qui est de 2 à 4 degrés Celsius d'ici 2100, on peut constater que l'augmentation de température au Canada est deux fois plus élevée. D'après les données du gouvernement du Canada [8], ce fait peut

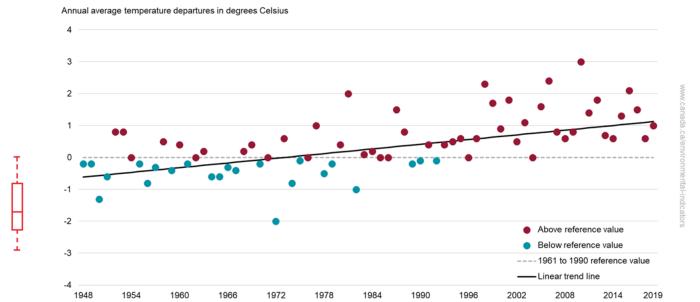


FIG. 11. Variabilité inter-annuelle pour la période de référence 1961 à 1990 selon [2]

s'expliquer par certaines particularités de la région: la diminution de l'albédo a pour effet d'amplifier la fonte des neiges et de glace de mer, réduisant ainsi encore plus l'absorption du rayonnement solaire. Ces faits participent au phénomène climatologique appelé "amplification polaire".

### Temps d'émergence

La hausse de température aurait des impacts tant sur l'économie, la faune et la flore du Canada. Des températures plus chaudes peuvent permettre la propagation de ravageurs forestiers et agricoles et de vecteurs de maladies dans de nouvelles régions. Des conditions plus chaudes et plus sèches augmentent le risque de sécheresses et d'incendies de forêt. Dans le Nord, les effets des températures plus élevées sont déjà graves et s'intensifieront dans les décennies à venir. Les exemples incluent les problèmes de sécurité associés à des conditions de glace de mer moins prévisibles, les dommages aux infrastructures causés par le dégel du pergélisol et le raccourcissement des saisons routières hivernales. [5] Le graphique de la figure 12 montre une tendance au réchauffement pour tous les GCM avec des TOE (Time Of Emergence) compris entre 2001 et 2014. Ils correspondent à l'année à partir de laquelle on sort de la variabilité naturelle, c'est à dire à partir de laquelle l'impact du réchauffement climatique sur la température est avéré. La variabilité naturelle pour l'été est beaucoup plus faible avec des écarts de plus ou moins 1 degré ce qui explique un TOE en 2018.

Le graphique de la figure 13 montre également une tendance au réchauffement pour les températures saisonnières. On peut remarquer que la variabilité naturelle pendant l'hiver est plus importante avec des écarts de plus ou moins 3.5°C. Ce qui explique un TOE en 2032

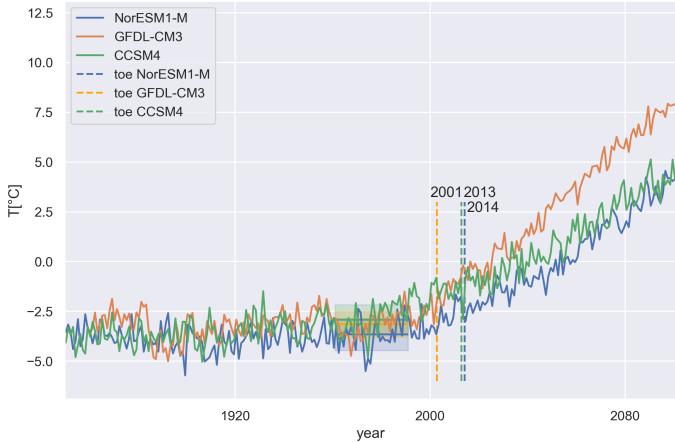


FIG. 12. Variabilité inter-annuelle pour la période de référence 1961 à 1990 obtenue dans le TD - GCM NorESM1-M

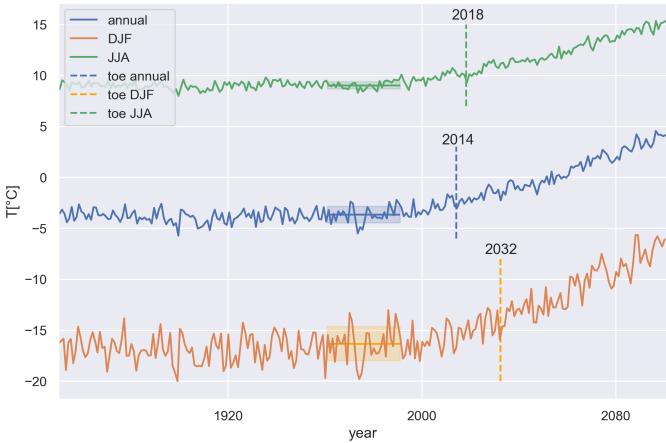


FIG. 13. Variabilité inter-saisonnière pour la période de référence 1961 à 1990 obtenue dans le TD

pour le GCM NorESM1-M. Comme pour la variabilité interannuelle de la température du Canada moyen, les variabilités de température saisonnières montrent une tendance de réchauffement. Avec une augmentation de la température moyenne de  $3.3^{\circ}\text{C}$  pendant l'hiver et de  $1.4^{\circ}\text{C}$  pendant l'été de 1948 à 2019 par rapport à la période de référence de 1961 à 1990. [6] Encore une fois on trouve une bonne concordance entre les résultats obtenus en TD et ceux de la littérature des figures 11 et 14.

### Significativité du Changement Climatique

Pour cette section, on s'intéresse à l'amplitude du réchauffement climatique. Une hausse des températures

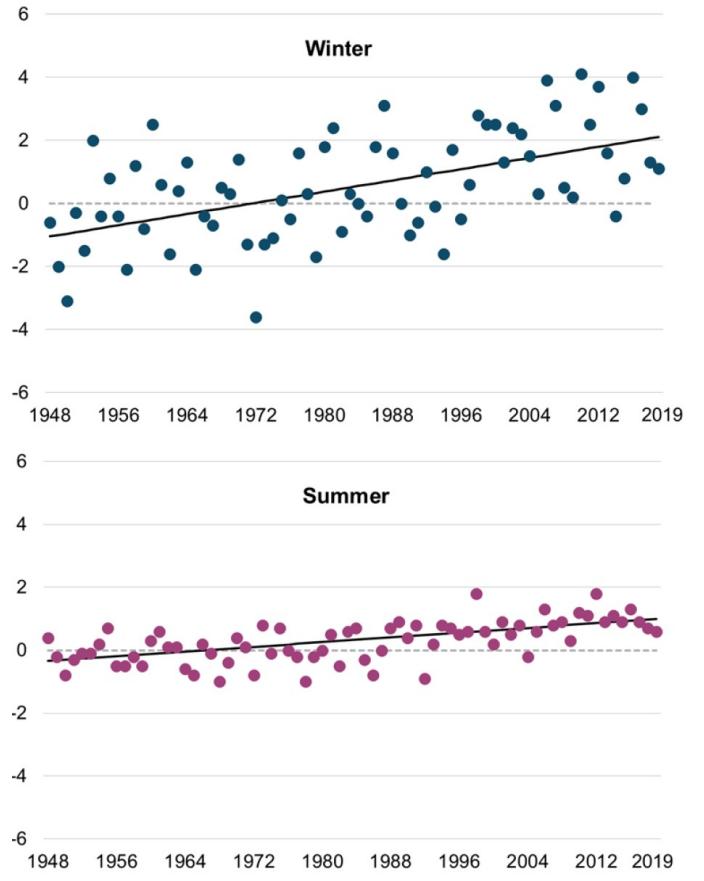


FIG. 14. Écarts de température saisonnière par rapport à la période 1961 à 1990 en degré celcius [2]

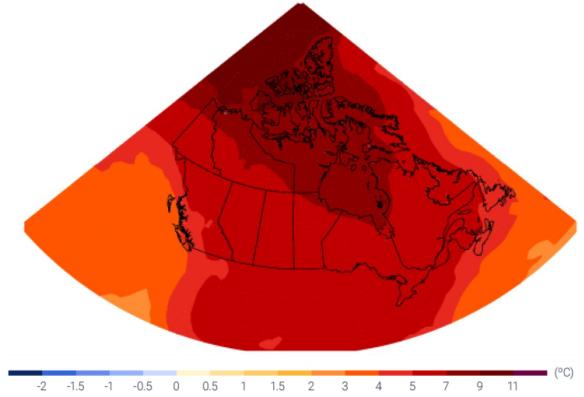


FIG. 15. Prévision des changements de température annuelle RCP8.5 (1981-2100) [8]

moyenne annuelle aux latitudes élevées (supérieur à  $70^{\circ}$ ) est évidente. Il s'agit d'une caractéristique robuste des projections climatiques, tant pour le Canada que pour la Terre, et est due à une combinaison de facteurs, notamment une réduction de la neige et de la glace et une augmentation du transport de chaleur depuis les latitudes méridionales. Cette amplification des hautes latitudes

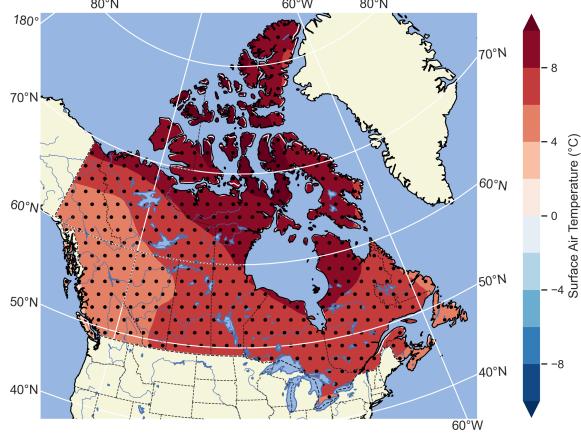


FIG. 16. Prévision des changements de température annuelle RCP 8.5 (1980-2000 vs 2080-2100)

n'apparaît pas sur les cartes estivales car, sur l'océan Arctique, les températures estivales restent proches de 0 ° C - la température de fonte de la neige et de la glace de mer. Pour la fin du siècle (2081–2100), les résultats obtenus en TD (scénario à fortes émissions, RCP 8.5, figure 16), et les résultats observés par Environnement Canada (figure 15) sont très similaires. Il y a concordance d'un point de vue qualitatif, dans la façon dont le réchauffement est réparti spatialement à travers le Canada; mais aussi d'un point de vue numérique, avec des valeurs réchauffement proches. Par contre les différences sont marquées avec le scénario à faibles émissions (RCP 2.6). Dans le scénario d'émissions élevées, les augmentations de température projetées sont d'environ 4°C plus élevées, pour la température moyenne annuelle, que dans le scénario de faibles émissions.

Les différences sont encore plus grandes dans le nord du Canada et dans l'Arctique en hiver. Dans le sud du Canada, le changement de température hivernal prévu est plus important dans l'est que dans l'ouest, la Colombie-Britannique devant se réchauffer légèrement moins qu'ailleurs au Canada. Ce qui apparaît très clairement sur la carte des écarts de température hivernale significatifs (marqués par des points) pour la période 1980-2000 par rapport à 2080-2100 obtenue en TD (figure 17). Le changement estival projeté est lui plus uniforme dans tout le pays. [8]

Il est également important de discuter des incertitudes. La dispersion au sein de l'ensemble CMIP5 n'est qu'une mesure ponctuelle de l'incertitude. L'incertitude réelle pourrait être plus grande, car les modèles CMIP5 peuvent ne pas représenter le spectre complet des représentations plausibles de tous les processus physiques pertinents [14]. La répartition entre les modèles comprend également la variabilité naturelle d'une année à l'autre, qui se poursuit dans le futur tout comme dans le passé. Même lorsqu'elles sont moyennes pour

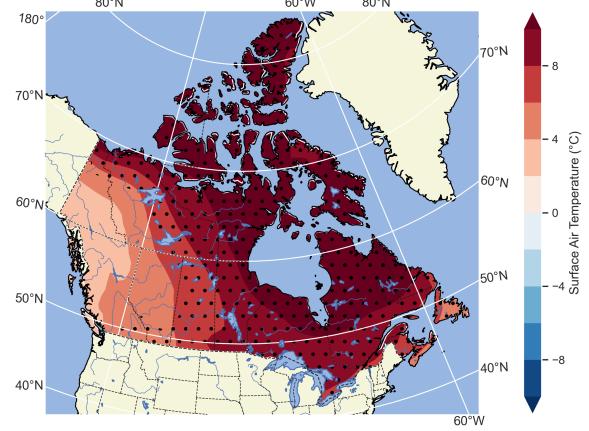


FIG. 17. Prévision des changements de température annuelle DJF (hiver) RCP 8.5 (1980-2000 vs 2080-2100)

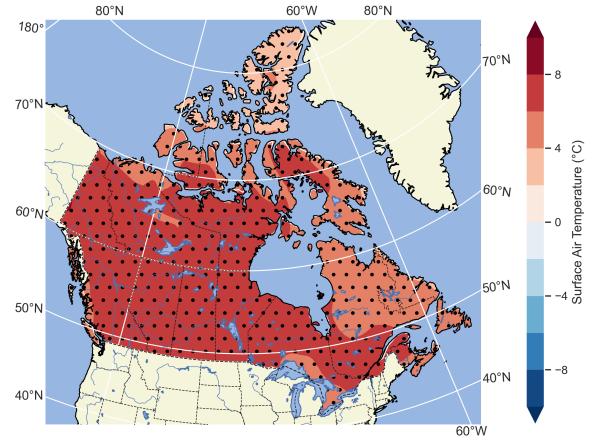


FIG. 18. Prévision des changements de température annuelle JJA (été)- RCP 8.5 (1980-2000 vs 2080-2100)

une région aussi grande que le Canada, les différences de température projetée entre les modèles sont de l'ordre de quelques degrés. Dans un scénario de faibles émissions (RCP2.6), le réchauffement annuel moyen au Canada se stabilise à environ 1,8 ° C au-dessus de la période de référence 1986–2005 après environ 2050, alors que, dans un scénario d'émissions élevées (RCP8.5), le réchauffement annuel se poursuit tout au long du 21e siècle et au-delà, atteignant environ 6,3 ° C au-dessus de la période de référence d'ici 2100. [8]

## IMPACTS

Au sein de la communauté internationale, il existe un consensus fort sur le fait que les impacts du changement climatique sont évidents dans la plupart des régions du monde. Il est également clair que, même après l'introduction de mesures importantes pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, un certain degré

supplémentaire de changement climatique est inévitable et aura des répercussions économiques, sociales et environnementales importantes sur les communautés canadiennes. Bien que les répercussions varient d'une région à l'autre, toutes les régions du pays et pratiquement tous les secteurs économiques seront touchés. Le Canada devra donc s'adapter. L'adaptation n'est pas un concept nouveau: les canadiens ont développé de nombreuses approches qui leur permettent de faire face efficacement à leur climat extrêmement variable. Néanmoins, l'ampleur et le rythme du changement climatique futur poseront de nouveaux défis.[9]

### **Répercussions sur les régions nordiques**

Le changement climatique est et continuera d'être l'un des principaux moteurs des impacts sur l'environnement arctique du Canada. En plus des impacts inévitables sur les écosystèmes nordiques, la détérioration des glaces de mer liée au changement climatique devrait entraîner une augmentation du trafic maritime (autorisé et non autorisé) et un risque accru de pollution et d'autres menaces qui accompagnent ce trafic. Un accès plus facile au nord du Canada réduira probablement aussi le coût global de l'exploration, de l'extraction et de l'expédition des ressources naturelles, ce qui rendra ces projets plus viables sur le plan économique. Il existe un potentiel considérable de développement des ressources naturelles (minéraux, pétrole et gaz) dans le nord du Canada. Cependant, de nombreuses incertitudes entourent l'impact du changement climatique sur le paysage, qui pourrait avoir des répercussions négatives sur les conditions de développement : eaux infestées de glace, fonte du pergélisol, modification de la disponibilité de l'eau, raccourcissement des saisons des routes de glace, etc. Des informations géoscientifiques solides contribueront à réduire les incertitudes liées au développement d'infrastructures essentielles pour les industries des ressources. Cela aura un effet positif sur les investissements dans l'exploitation des ressources du Nord. Le programme géoscientifique sur le changement climatique (CCGP) du Secteur des sciences de la Terre est axé sur le développement d'informations géoscientifiques pour aider les responsables de l'aménagement des terres, l'industrie et les organismes de réglementation à atténuer les risques liés au changement climatique dans la mise en valeur des ressources du Nord. [10]

### **Répercussions sur les forêts**

On s'attend à ce que davantage de superficies forestières canadiennes brûlent chaque année. Les feux de forêt sont une perturbation naturelle importante

des forêts canadiennes et jouent un rôle clé dans le façonnement des écosystèmes forestiers. Les incendies de forêt affectent également la sécurité, la santé, les biens humains et l'approvisionnement en bois. Les changements dans le régime des feux résultant des changements climatiques peuvent avoir des répercussions importantes sur les forêts du Canada, l'industrie forestière et les Canadiens. En plus, la répartition des espèces d'arbres dépend fortement du climat. Les changements climatiques affectent la distribution des espèces végétales et entraînent des changements dans la composition des forêts. Les espèces d'arbres diffèrent dans la manière dont elles interagissent avec leur environnement (cycle de l'eau et des nutriments, compétition, etc.). Les changements dans la composition des espèces peuvent donc affecter plusieurs propriétés de l'écosystème. La composition de la forêt détermine également les types de fibres de bois disponibles pour l'industrie forestière. Un arbre qui commence à pousser aujourd'hui dans sa zone d'aptitude climatique actuelle peut connaître des conditions climatiques très différentes en ce qui concerne sa maturité. Certaines espèces d'arbres peuvent ne pas être capables de migrer ou de s'adapter assez rapidement à un climat en évolution rapide, ce qui a des effets sur la santé des forêts. La gestion des forêts doit prendre en compte le changement des zones d'aptitude au climat. Une sélection rigoureuse des sources de semences et des espèces peut contribuer à maintenir des arbres sains et productifs dans ce climat changeant. [11]

### **Répercussions sur les côtes océaniques**

Les côtes sont la frontière entre la terre et la mer. Au Canada, la zone côtière abrite de grandes populations, des infrastructures précieuses, des environnements côtiers et des habitats biologiques uniques et sensibles. D'importants flux commerciaux transitent par les ports du Canada sur les côtes de l'Atlantique et du Pacifique. Dans le Nord, de nombreuses collectivités sont situées sur la côte et des liaisons routières et ferroviaires limitées nécessitent le transport maritime de fournitures et d'équipement. Le pergélisol (sol gelé en permanence) est une composante importante de nombreuses côtes nordiques. La zone côtière du Canada a une sensibilité variable au climat actuel (températures de l'air et de l'eau, vents, vagues, glace de mer) et à la vulnérabilité aux climats futurs projetés. Les études des côtes comprennent la cartographie de la morphologie, des matériaux et des processus des zones côtières et de leurs taux de changement. Les projections du niveau de la mer prennent en compte les conditions locales et montrent des variations variables du niveau de la mer à différents endroits. Dans le Nord, les conditions de réchauffement, le dégel du pergélisol et le changement d'étendue et de durée saisonnière de la glace de mer sont des facteurs

importants pour évaluer la sensibilité du littoral. [12]

### **Adaptation**

Des initiatives d'adaptation ont été entreprises par des personnes et des groupes communautaires ainsi que par l'industrie et les gouvernements. Une grande partie de ce travail a été réalisée grâce à des actions ou des stratégies informelles en réponse à des événements ou circonstances spécifiques et là où la capacité d'agir existait. Entre autre, on peut citer :

- Les chasseurs de l'Arctique ont accru l'utilisation des systèmes de positionnement mondial pour aider à la navigation dans des conditions météorologiques imprévisibles ou difficiles.
- Des maisons et des chalets sont construits plus loin de la côte.
- Les thermosiphons, appareils de réfrigération auto alimentés, ont été utilisés dans la construction de plusieurs grands projets d'infrastructure dans le Nord pour induire un refroidissement artificiel du pergélisol dans des conditions de réchauffement.
- Les producteurs agricoles achètent une assurance récolte pour compenser les pertes causées par les intempéries.
- La ville de Vanderhoof, en Colombie-Britannique, est engagée dans un projet pilote d'évaluation de la vulnérabilité avec le Service canadien des forêts dans le but précis de pouvoir planifier l'adaptation aux changements climatiques.
- La politique de protection des zones côtières du Nouveau-Brunswick établit des marges de recul pour les structures permanentes et pourrait faciliter la retraite planifiée.

[13]

### **CONCLUSION**

Il est aujourd'hui certain que le Canada s'est réchauffé et qu'il se réchauffera davantage à l'avenir. Ce réchauffement est très inégal selon les régions du fait de la taille du pays et de la multiplicité de ses climats. Les effets de ce réchauffement sont d'ores et déjà visible, sur la faune, la flore et l'économie (TOE annuelle en 2014). Si les conséquences écologiques sont désastreuses, de nouvelles opportunités économiques se dessine également, avec notamment dans le nord un potentiel considérable de développement des ressources naturelles. Enfin, l'avenir du Canada est très dépendant

des émissions de gaz à effets de serre future, avec un réchauffement médian compris entre 1,8°C (RCP 2.6) et 6.3°C (RCP 8.5)

## RÉFÉRENCES

---

- [1] Xuebin Zhang, Lucie A. Vincent, W.D. Hogg, Ain Niitsoo (2000) Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century, *Atmosphere-Ocean*, 38:3, 395-429, DOI: 10.1080/07055900.2000.9649654
- [2] Environment and Climate Change Canada. (2020). Temperature Change in Canada. Gatineau: Public Inquiries Centre. ISBN:978-0-660-35246-6
- [3] Climate-data. (2021, 03 06). Canada Climat. Retrieved 03 06, 2021, from CLIMATE-DATA.ORG: <https://fr.climate-data.org/amerique-du-nord/canada-116/>
- [4] WorldClim. (2018, 03 24). Köppen climate types of Canada. Retrieved 03 06, 2021, from imgur: <https://imgur.com/pMjyfel>
- [5] Environment Canada. (2016). Climate data and scenarios for Canada: Synthesis of recent observation and modelling results. Gatineau: Public Inquiries Center. ISBN:978-0-660-04262-6
- [6] Environnement Canada. (2021, 03 06). Climatologie de la température et des précipitations. Retrieved 03 06, 2021, from Government of Canada: [https://meteo.gc.ca/saisons/clim\\_f.html](https://meteo.gc.ca/saisons/clim_f.html)
- [7] Watts, A. (2015). Systematic Error in Climate Measurements: The surface air temperature record. Erice: World Federation of Scientists. Retrieved from <https://wattsupwiththat.com/2016/04/19/systematic-error-in-climate-measurements-the-surface-air-temperature-record/>
- [8] Environment and Climate Change Canada. (2019). Canada's Changing Climate Report. Gatineau: Public Inquiries Center. ISBN:978-0-660-30222-5
- [9] Natural Resources Canada. (2014, 06 04). Adaptation 101. Retrieved 03 06, 2021, from Government of Canada: <https://www.nrcan.gc.ca/climate-change/impacts-adaptations/adaptation-101/10019>
- [10] Natural Resources Canada. (2019, 07 31). Impacts on the North. Retrieved 03 06, 2021, from Government of Canada: <https://www.nrcan.gc.ca/impacts-north/10765>
- [11] Natural Resources Canada. (2020, 02 20). Climate change impacts on forests. Retrieved 03 06, 2021, from Government of Canada: <https://www.nrcan.gc.ca/climate-change/impacts-adaptations/climate-change-impacts-forests/13083>
- [12] Natural Resources Canada. (2019, 07 31). Impacts on coastal areas. Retrieved 03 06, 2021, from Government of Canada: <https://www.nrcan.gc.ca/changements-climatiques/impacts-adaptation/impacts-coastal-areas/10999>
- [13] Natural Resources Canada. (2011, 12 12). Adaptation initiatives in Canada. Retrieved 03 06, 2021, from Government of Canada: <https://www.nrcan.gc.ca/climate-change/impacts-adaptations/adaptation-initiatives-canada/10021>
- [14] Kirtman, B., Power, S.B., Adedoyin, J.A., Boer, G.J., Bojariu, R., Camilloni, I., Doblas-Reyes, F.J., Fiore, A.M., Kimoto, M., Meehl, G.A., Prather, M., Sarr, A., Schär, C., Sutton, R., van Oldenborgh, G.J., Vecchi, G. and Wang, H.J. (2013): Near-term Climate Change: Projections and Predictability; in Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, (ed.) T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley; Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.