

Portrait du climat du nord du Québec et du Labrador pour la période 1981–2010

Dominique Berteaux, Nicolas Casajus et Pascale Ropars

Université du Québec à Rimouski

Résumé

Ce document dresse un portrait général du climat du nord du Québec et du Labrador pour la période 1981-2010 (dite période de référence) dans le cadre du projet *Changements climatiques et toundra du Nunavik : exposition, sensibilité et vulnérabilité*. Il se divise en quatre parties : 1) présentation de la couverture géographique ; 2) description des données climatiques ; 3) synthèse climatique du territoire étudié ; 4) atlas bioclimatique.

Table des matières

Introduction	2
1 Couverture géographique	3
1.1 Région toundrique	4
1.2 Nord du Québec et Labrador	4
2 Description des données climatiques	4
2.1 Source des données	4
2.2 Liste des variables bioclimatiques	5
2.3 Calcul des variables bioclimatiques	6
3 Synthèse climatique du territoire étudié	15
3.1 Tendances climatiques entre 1981 et 2010	15
3.2 Portrait climatique pour la période 1981-2010	16
4 Atlas bioclimatique	18
Références aux données et métadonnées	33
Références bibliographiques	33

Citation suggérée : Berteaux D., N. Casajus et P. Ropars (2018) Portrait du climat du nord du Québec et du Labrador pour la période 1981–2010. *Rapport présenté au Consortium Ouranos sur la climatologie régionale et les changements climatiques*. Université du Québec à Rimouski, Québec, Canada, 33 pages.

Introduction

Le projet *Changements climatiques et toundra du Nunavik : exposition, sensibilité et vulnérabilité* a dressé un portrait des effets potentiels des changements climatiques sur les écosystèmes de la toundra arctique du Nunavik. Pour ce faire, des modèles de niche ont été construits afin de modéliser la répartition des espèces présentes dans la toundra arctique du Nunavik. Les espèces actuellement absentes de cette région, mais qui pourraient potentiellement retrouver leurs conditions climatiques favorables dans cette région à la fin du XXI^e siècle ont également été considérées. À partir des modèles de niche construits, ces répartitions ont par la suite été projetées dans le futur sous différents scénarios de changements climatiques. Dans une seconde étape, des réseaux trophiques entre espèces ont été bâtis à partir des aires de répartition modélisées (période de référence) et projetées (périodes futures) et les effets potentiels des changements climatiques sur les écosystèmes ont alors été quantifiés. Ce document brosse un portrait du climat de la toundra arctique du Nunavik pour la période 1981-2010 qui nous a servi période de référence.



FIGURE 1 – Aires d'étude du projet. La région en blanc (avec et sans hachures) représente l'ensemble du Québec nordique au-delà du 50^e parallèle Nord, ainsi que le Labrador, et correspond à l'aire de modélisation. La région hachurée correspond à la région toundrique du Nunavik. Cette dernière est la seule pour laquelle des projections d'aires de répartition potentielles futures ont été réalisées.

1 Couverture géographique

Bien que ce projet s'intéresse à l'écorégion toundrique arctique du Nunavik, la couverture géographique des modèles de niche a été élargie vers le sud afin de prendre en compte une plus grande portion des aires de répartition des espèces. Ceci permet de ne pas surestimer les effets potentiels des changements climatiques sur la répartition des espèces (en négligeant une trop grande partie des conditions climatiques qui leur sont favorables). Ceci présente en outre l'avantage de pouvoir inclure un plus grand nombre d'espèces, notamment celles actuellement absentes de la toundra arctique. La figure 1 présente les deux régions d'intérêt qui ont été utilisées. La partie en blanc correspond à la région à l'intérieur de laquelle les modèles de niche ont été calibrés et comprend les deux-tiers nord du Québec et l'ensemble du Labrador. La région hachurée recouvre la toundra arctique du Nunavik et a servi de lieu d'étude pour les analyses de vulnérabilité. Les deux sous-sections suivantes présentent quelques caractéristiques physiques de ces deux régions, l'altitude pouvant être visualisée à la Fig. 2. Il est à noter que les données, libres de droits d'accès, ayant servi à cartographier l'altitude proviennent du jeu de données CGIAR-SRTM, DEM disponible à une résolution de 30 secondes. Ces données ont été téléchargées sur le site [DIVA-GIS](#). Il est également important de noter que, pour des raisons techniques, les cartes comportent parfois des éléments de légende en anglais.

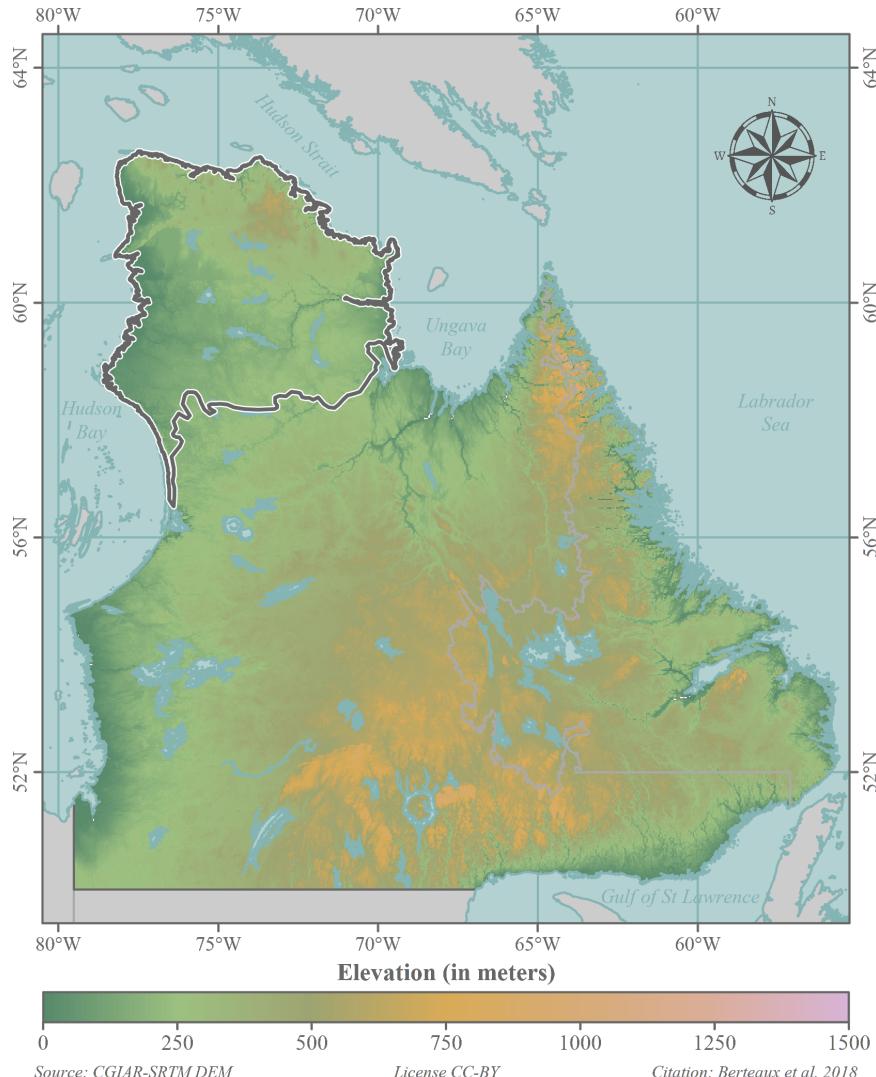


FIGURE 2 – Topographie du nord du Québec et du Labrador

1.1 Région toundrique

L'analyse des relations entre espèces au sein de réseaux trophiques (analyse de sensibilité) s'est restreinte à l'écorégion de la toundra arctique du Nunavik. La délimitation de cette écorégion est basée sur la classification des écorégions développée par la Commission de coopération environnementale (CEC) et les données ont été téléchargées sur le site de l'[US Environmental Protection Agency](#).

Cette région, appelée par la suite *Toundra*, s'étend de $69^{\circ}13'37''\text{W}$ à $78^{\circ}35'47''\text{W}$ en longitude et de $56^{\circ}31'41''\text{N}$ à $62^{\circ}34'45''\text{N}$ en latitude. Sa superficie est d'environ $188\ 847\ \text{km}^2$, et lorsqu'on superpose la grille climatique, 4 315 cellules la recouvrent. La résolution horizontale des cellules de la grille climatique est de $0,08333333^{\circ} \times 0,08333333^{\circ}$, soit environ $10\ \text{km} \times 10\ \text{km}$. L'altitude moyenne est de $206\ \text{m} \pm 111\text{SD}$ ($\text{min}=0\ \text{m}$; $\text{max}=682\ \text{m}$). Les caractéristiques climatiques de l'aire d'étude sont présentées plus bas.

1.2 Nord du Québec et Labrador

La limite sud de l'aire d'étude utilisée pour construire les modèles de niche a été repoussée au 50^e parallèle de latitude Nord. Pour déterminer cette limite, nous avons regardé où se trouve, pour la période 1981-2010, l'isotherme (isocline des températures annuelles moyennes, ici $-0,5^{\circ}\text{C}$) qui intersecte le sud de la région toundrique arctique à l'horizon 2071-2100. Ceci nous permet d'éviter le problème des analogues spatiaux, du moins pour la température.

Cette aire d'étude s'étend de $55^{\circ}37'13''\text{W}$ à $79^{\circ}43'44''\text{W}$ en longitude et de $50^{\circ}00'00''\text{N}$ à $62^{\circ}34'45''\text{N}$ en latitude. Sa superficie est d'environ $1\ 359\ 474\ \text{km}^2$, et lorsqu'on superpose la grille climatique, 27 568 cellules la recouvrent. L'altitude moyenne est de $356\ \text{m} \pm 180\text{SD}$ ($\text{min}=0\ \text{m}$; $\text{max}=1\ 500\ \text{m}$). Les caractéristiques climatiques globales sont présentées ci-après.

2 Description des données climatiques

Dans cette partie, la provenance des données climatiques et leurs traitements pour construire les normales climatiques pour la période de référence (définie comme la moyenne des valeurs annuelles entre 1981 et 2010), sont décrites. Ces mêmes variables ont servi à l'étude des tendances climatiques historiques entre 1981 et 2010.

2.1 Source des données

La réanalyse est une méthode qui consiste à combiner un modèle de prévision météorologique et des observations existantes pour produire des archives d'un grand nombre de variables atmosphériques et océaniques sur des grilles à une résolution temporelle de quelques heures pour plusieurs décennies du passé (Charron & Chaumont, 2015). L'étude de Charron & Chaumont (2015) montre le potentiel des réanalyses comme source de valeurs "observées" dans les régions où les stations météo font souvent défaut, comme c'est le cas du Nord Québécois.

Dans l'étude de Charron & Chaumont (2015), la réanalyse CFSR (*Climate Forecast System Reanalysis*) du NCEP (Saha *et al.*, 2010) représente le jeu de données disposant de la plus fine résolution spatiale ($0,3^{\circ}$). Ainsi, avec cette réanalyse, une méthode d'interpolation simple vers une résolution plus fine ($10\ \text{km} \times 10\ \text{km}$) est jugée moins problématique que dans le cas d'autres réanalyses.

Les grilles climatiques initiales (résolution de $0,3^{\circ}$), disponibles pour les valeurs mensuelles de température de l'air et de précipitations totales pour la période 1981-2010, ont été interpolées par la méthode des voisins naturels, méthode d'interpolation simple mais tridimensionnelle prenant en compte l'altitude, pour produire des données climatiques à une résolution horizontale plus fine ($0,08333333^{\circ}$). L'interpolation des données climatiques a été effectuée par Travis Logan du Consortium Ouranos.

C'est à partir de ces trois variables mensuelles de base (températures minimale et maximale de l'air et précipitations totales) que des variables bioclimatiques ont été dérivées. Ces dernières permettent de décrire différents gradients climatiques : tendances annuelles, saisonnalités, facteurs environnementaux limitants pour les espèces, etc.

2.2 Liste des variables bioclimatiques

Le Tableau 1 liste l'ensemble des variables bioclimatiques dérivées à partir des trois variables mensuelles de base : température mensuelle minimale (T_{\min}), température mensuelle maximale (T_{\max}) et précipitation mensuelle totale (P_{tot}). Un total de 27 variables bioclimatiques a été construit. Cependant, afin d'éviter un sur-ajustement des modèles de niche et l'apparition de biais dans l'estimation des paramètres dus à une trop forte autocorrélation entre prédicteurs, seules certaines de ces variables seront retenues.

TABLE 1 – Variables bioclimatiques dérivées pour le projet

Code	Variable bioclimatique	Unité
Bio01	Température annuelle moyenne	Degrés Celsius
Bio02	Écart diurne moyen des températures	Degrés Celsius
Bio03	Isothermalité	-
Bio04	Saisonnalité des températures	Degrés Celsius
Bio05	Température maximale du mois le plus chaud	Degrés Celsius
Bio06	Température minimale du mois le plus froid	Degrés Celsius
Bio07	Écart annuel des températures	Degrés Celsius
Bio08	Température moyenne du trimestre le plus humide	Degrés Celsius
Bio09	Température moyenne du trimestre le plus sec	Degrés Celsius
Bio10	Température moyenne du trimestre le plus chaud	Degrés Celsius
Bio11	Température moyenne du trimestre le plus froid	Degrés Celsius
Bio12	Précipitations annuelles totales	Millimètres
Bio13	Précipitations du mois le plus humide	Millimètres
Bio14	Précipitations du mois le plus sec	Millimètres
Bio15	Saisonnalité des précipitations	-
Bio16	Précipitations du trimestre le plus humide	Millimètres
Bio17	Précipitations du trimestre le plus sec	Millimètres
Bio18	Précipitations du trimestre le plus chaud	Millimètres
Bio19	Précipitations du trimestre le plus froid	Millimètres
Bio20	Degrés-jours de croissance annuel	Degrés Celsius
Bio21	Degrés-jours de gel annuel	Degrés Celsius
Bio22	Date de dernier gel printanier	Jours Julien
Bio23	Date de premier gel automnal	Jours Julien
Bio24	Longueur de la période sans gel	Nombre de jours
Bio25	Évapotranspiration potentielle annuelle	Millimètres
Bio26	Bilan hydrique annuel	Millimètres
Bio27	Indice d'humidité annuel	Degrés Celsius/Millimètres

Notons que les variables Bio01 à Bio19 ont été dérivées d'après la méthodologie utilisée dans ANUCLIM (Xu & Hutchinson, 2011) alors que les variables Bio20 à Bio27 ont été construites selon la procédure développée par Rehfeldt (2006). Ces dernières ont demandé plus de travail puisqu'elles ont été dérivées à partir de données mensuelles alors qu'elles nécessitent une information journalière.

2.3 Calcul des variables bioclimatiques

Cette section détaille le calcul des variables bioclimatiques dérivées pour permettre une bonne compréhension de leurs significations. Les calculs sont présentés pour les variables annuelles et pour chaque cellule de la grille climatique. Les variables bioclimatiques définissant le climat moyen de la période de référence 1981-2010 (normale climatique) correspondent aux moyennes de ces variables annuelles.

2.3.1 Température annuelle moyenne (Bio01)

Soit, la température mensuelle moyenne définie comme suit :

$$T_{avg_i} = \frac{(T_{max_i} + T_{min_i})}{2} \quad (1)$$

avec T_{max_i} , la température maximale du mois i et T_{min_i} , la température minimale du mois i

Le calcul de la température annuelle moyenne (*annual mean temperature*) est donné par l'équation suivante :

$$Bio01 = \frac{\sum_{i=1}^n T_{avg_i}}{n} \quad (2)$$

avec n , le nombre de mois dans une année (soit $n = 12$) et T_{avg_i} , la température moyenne du mois i telle que donnée par l'équation 1.

Signification : La température annuelle moyenne représente l'énergie totale rentrant dans un écosystème.

2.3.2 Écart diurne moyen des températures (Bio02)

L'écart diurne moyen des températures (*annual mean diurnal range*) correspond à la moyenne des écarts mensuels des températures et est donné par l'équation suivante :

$$Bio02 = \frac{\sum_{i=1}^n (T_{max_i} - T_{min_i})}{n} \quad (3)$$

avec n , le nombre de mois dans une année (soit $n = 12$), T_{max_i} , la température maximale du mois i et T_{min_i} , la température minimale du mois i .

Signification : L'écart diurne moyen des températures constitue une information pertinente pour certaines espèces sur les fluctuations des températures entre le jour et la nuit. Puisque les données initiales sont mensuelles, cet indice utilise les fluctuations de températures enregistrées dans chaque mois pour capturer les écarts diurnes.

2.3.3 Isothermalité (Bio03)

L'isothermalité (*isothermality*) quantifie l'oscillation diurne des températures (écart jour-nuit) par rapport à l'oscillation intersaisonnière (écart été-hiver). Elle est donnée par l'équation 4 :

$$Bio03 = 100 \times \frac{Bio02}{Bio07} \quad (4)$$

avec $Bio02$, l'écart diurne moyen des températures (tel que donné par l'équation 3), et $Bio07$, l'écart annuel des températures (dont le calcul est donné par l'équation 8).

Signification : L'isothermalité est généralement utile pour les environnements insulaires, tropicaux et marins et quantifie les oscillations diurnes de températures par rapport aux oscillations annuelles.

2.3.4 Saisonnalité des températures (Bio04)

La saisonnalité des températures (*temperature seasonality*) est donnée par l'équation suivante :

$$\begin{aligned} Bio04 &= 100 \times SD\{T_{avg_1}, \dots, T_{avg_{12}}\} \\ Bio04 &= 100 \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_{avg_i} - \overline{T_{avg}})^2}{n}} \\ Bio04 &= 100 \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_{avg_i} - Bio01)^2}{n}} \end{aligned} \quad (5)$$

avec SD , l'écart-type de la température annuelle moyenne, c.-à-d. la racine-carrée de la somme des écarts au carré des températures moyennes mensuelles (T_{avg_i}) à la température annuelle moyenne $\overline{T_{avg}}$ (soit Bio01, voir l'équation 1) divisée par le nombre de mois (n) contenu dans une année (soit $n = 12$).

Signification : Cet indice est une mesure du changement de la température tout au long d'une année. Plus la valeur de saisonnalité sera grande, plus la température fluctuera au cours d'une année.

2.3.5 Température maximale du mois le plus chaud (Bio05)

La température maximale du mois le plus chaud (*max temperature of warmest month*) est donnée par l'équation suivante :

$$Bio05 = \max(\{T_{max_1}, \dots, T_{max_{12}}\}) \quad (6)$$

avec T_{max_1} , la température maximale du mois de Janvier, $T_{max_{12}}$, la température maximale du mois de Décembre, et ..., les températures maximales des mois compris entre les mois de Janvier et de Décembre.

Signification : Cette information peut être utile lorsque la répartition de l'espèce est influencée par les anomalies des températures chaudes au cours d'une année.

2.3.6 Température minimale du mois le plus froid (Bio06)

La température minimale du mois le plus froid (*min temperature of coldest month*) est donnée par l'équation suivante :

$$Bio06 = \min(\{T_{min_1}, \dots, T_{min_{12}}\}) \quad (7)$$

avec T_{min_1} , la température minimale du mois de Janvier, $T_{min_{12}}$, la température minimale du mois de Décembre, et ..., les températures minimales des mois compris entre les mois de Janvier et de Décembre.

Signification : Cette information peut être utile lorsque la répartition de l'espèce est influencée par les anomalies des températures froides au cours d'une année.

2.3.7 Écart annuel des températures (Bio07)

L'écart annuel des températures (*annual temperature range*), une mesure de la variation de la température au cours d'une année, est donné par l'équation suivante :

$$Bio07 = Bio05 - Bio06 \quad (8)$$

avec *Bio05*, la température maximale du mois le plus chaud (telle que donnée par l'équation 6), et *Bio06*, la température minimale du mois le plus froid (dont le calcul est donné par l'équation 7).

Signification : Cet indice peut être utile lorsque la répartition d'une espèce est affectée par les écarts des extrêmes de température.

2.3.8 Température moyenne du trimestre le plus humide (Bio08)

La température moyenne du trimestre le plus humide (*mean temperature of wettest quarter*) est une mesure approximant la température moyenne de la saison humide. L'identification de la saison humide est donnée par l'équation suivante :

$$Q_{P_{tot_{max}}} = \max \left(\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^3 P_{tot_i}, \\ \sum_{i=2}^4 P_{tot_i}, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{12} P_{tot_i}, \\ \sum_{i=11}^1 P_{tot_i}, \\ \sum_{i=12}^2 P_{tot_i} \end{array} \right\} \right) \quad (9)$$

avec $Q_{P_{tot_{max}}}$, le trimestre le plus humide, c.-à-d. la suite de trois mois consécutifs dont la somme des précipitations totales est maximale (comparativement à toutes les autres suites de trois mois consécutifs).

Une fois la saison humide identifiée, la température moyenne du trimestre le plus humide est donnée par l'équation suivante :

$$Bio08 = \frac{\sum_{i=1}^3 T_{avg_i}}{3} \quad (10)$$

avec T_{avg_i} , la température moyenne du mois i et i correspondant aux trois mois consécutifs identifiés précédemment.

Signification : Cet indice peut être utile lorsque la répartition d'une espèce est conditionnée par les conditions régnant durant la saison humide.

2.3.9 Température moyenne du trimestre le plus sec (Bio09)

La température moyenne du trimestre le plus sec (*mean temperature of driest quarter*) est une mesure approximant la température moyenne de la saison sèche. L'identification de la saison sèche est donnée par

l'équation suivante :

$$Q_{P_{tot,min}} = \min \left(\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^3 P_{tot,i}, \\ \sum_{i=2}^4 P_{tot,i}, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{12} P_{tot,i}, \\ \sum_{i=11}^1 P_{tot,i}, \\ \sum_{i=12}^2 P_{tot,i} \end{array} \right\} \right) \quad (11)$$

avec $Q_{P_{tot,min}}$, le trimestre le plus sec, c.-à-d. la suite de trois mois consécutifs dont la somme des précipitations totales est minimale (comparativement à toutes les autres suites de trois mois consécutifs).

Une fois la saison sèche identifiée, la température moyenne du trimestre le plus sec est donnée par l'équation suivante :

$$Bio09 = \frac{\sum_{i=1}^3 T_{avg_i}}{3} \quad (12)$$

avec T_{avg_i} , la température moyenne du mois i et i correspondant aux trois mois consécutifs identifiés précédemment.

Signification : Cet indice peut être utile lorsque la répartition d'une espèce est conditionnée par les conditions régnant durant la saison sèche.

2.3.10 Température moyenne du trimestre le plus chaud (Bio10)

La température moyenne du trimestre le plus chaud (*mean temperature of warmest quarter*) est une mesure approximant la température moyenne de la saison chaude. L'identification de la saison chaude est donnée par l'équation suivante :

$$Q_{T_{max}} = \max \left(\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^3 T_{avg_i}, \\ \sum_{i=2}^4 T_{avg_i}, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{12} T_{avg_i}, \\ \sum_{i=11}^1 T_{avg_i}, \\ \sum_{i=12}^2 T_{avg_i} \end{array} \right\} \right) \quad (13)$$

avec $Q_{T_{max}}$, le trimestre le plus chaud, c.-à-d. la suite de trois mois consécutifs dont la somme des températures moyennes est maximale (comparativement à toutes les autres suites de trois mois consécutifs).

Une fois la saison chaude identifiée, la température moyenne du trimestre le plus chaud est donnée par l'équation suivante :

$$Bio10 = \frac{\sum_{i=1}^3 T_{avg_i}}{3} \quad (14)$$

avec T_{avg_i} , la température moyenne du mois i et i correspondant aux trois mois consécutifs identifiés précédemment.

Signification : Cet indice peut être utile lorsque la répartition d'une espèce est conditionnée par les conditions régnant durant la saison chaude.

2.3.11 Température moyenne du trimestre le plus froid (Bio11)

La température moyenne du trimestre le plus froid (*mean temperature of coldest quarter*) est une mesure approximant la température moyenne de la saison froide. L'identification de la saison froide est donnée par l'équation suivante :

$$Q_{Tmin} = \min \left(\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^3 T_{avg_i}, \\ \sum_{i=2}^4 T_{avg_i}, \\ \dots \\ \sum_{i=10}^{12} T_{avg_i}, \\ \sum_{i=11}^1 T_{avg_i}, \\ \sum_{i=12}^2 T_{avg_i} \end{array} \right\} \right) \quad (15)$$

avec Q_{Tmin} , le trimestre le plus froid, c.-à-d. la suite de trois mois consécutifs dont la somme des températures moyennes est minimale (comparativement à toutes les autres suites de trois mois consécutifs).

Une fois la saison froide identifiée, la température moyenne du trimestre le plus froid est donnée par l'équation suivante :

$$Bio11 = \frac{\sum_{i=1}^3 T_{avg_i}}{3} \quad (16)$$

avec T_{avg_i} , la température moyenne du mois i et i correspondant aux trois mois consécutifs identifiés précédemment.

Signification : Cet indice peut être utile lorsque la répartition d'une espèce est conditionnée par les conditions régnant durant la saison froide.

2.3.12 Précipitations annuelles totales (Bio12)

Le calcul des précipitations annuelles totales (*annual precipitation*) est donné par l'équation suivante :

$$Bio12 = \sum_{i=1}^n P_{tot_i} \quad (17)$$

avec n , le nombre de mois dans une année (soit $n = 12$) et P_{tot_i} , la précipitation totale du mois i .

Signification : Cet indice représente l'entrée totale d'eau dans un système, et est très utile lorsque la répartition d'une espèce est fortement influencée par la disponibilité en eau.

2.3.13 Précipitations du mois le plus humide (Bio13)

La précipitation du mois le plus humide (*precipitation of wettest month*) est donnée par l'équation suivante :

$$Bio13 = \max(\{P_{tot_1}, \dots, P_{tot_{12}}\}) \quad (18)$$

avec P_{tot_1} , la précipitation totale du mois de Janvier, $P_{tot_{12}}$, la précipitation totale du mois de Décembre, et ..., les précipitations totales des mois compris entre les mois de Janvier et de Décembre.

Signification : Cette information peut être utile lorsque la répartition de l'espèce est influencée par les conditions extrêmes de précipitation.

2.3.14 Précipitations du mois le plus sec (Bio14)

La précipitation du mois le plus sec (*precipitation of driest month*) est donnée par l'équation suivante :

$$Bio14 = \min(\{P_{tot_1}, \dots, P_{tot_{12}}\}) \quad (19)$$

avec P_{tot_1} , la précipitation totale du mois de Janvier, $P_{tot_{12}}$, la précipitation totale du mois de Décembre, et ..., les précipitations totales des mois compris entre les mois de Janvier et de Décembre.

Signification : Cette information peut être utile lorsque la répartition de l'espèce est influencée par les conditions extrêmes de précipitation.

2.3.15 Saisonnalité des précipitations (Bio15)

La saisonnalité des précipitations (*precipitation seasonality*) correspond au ratio de l'écart-type des précipitations totales mensuelles sur la moyenne des précipitations mensuelles totales (c.-à-d. le coefficient de variation). Cet indice, exprimé en pourcentage, est calculé de la manière suivante :

$$\begin{aligned} Bio15 &= 100 \times \frac{SD\{P_{tot_1}, \dots, P_{tot_{12}}\}}{1 + \frac{Bio12}{n}} \\ Bio15 &= 100 \times \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{tot_i} - \bar{P}_{tot})^2}{n}}}{1 + \frac{Bio12}{n}} \end{aligned} \quad (20)$$

avec SD , l'écart-type des précipitations totales mensuelles, c.-à-d. la racine-carrée de la somme des écarts au carré des précipitations totales mensuelles (P_{tot_i}) à la moyenne des précipitations mensuelles totales \bar{P}_{tot} (soit $Bio12/n$, $Bio12$ étant donné à l'équation 17) divisée par le nombre de mois (n) contenu dans une année (soit $n = 12$).

Signification : Cet indice est une mesure de la variation des précipitations mensuelles tout au long d'une année. Plus la valeur de saisonnalité sera grande, plus la précipitation fluctuera au cours d'une année.

2.3.16 Précipitations du trimestre le plus humide (Bio16)

La précipitation du trimestre le plus humide (*precipitation of wettest quarter*) est une mesure approximant les précipitations de la saison humide. Cet indice est donné par l'équation suivante :

$$Bio16 = \max \left(\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^3 P_{tot_i}, \\ \sum_{i=2}^4 P_{tot_i}, \\ \dots \\ \sum_{i=10}^{12} P_{tot_i}, \\ \sum_{i=11}^1 P_{tot_i}, \\ \sum_{i=12}^2 P_{tot_i} \end{array} \right\} \right) \quad (21)$$

avec P_{tot_i} , la précipitation totale du mois i .

Signification : Cet indice peut être utile lorsque la répartition d'une espèce est conditionnée par les conditions régnant durant la saison humide.

2.3.17 Précipitations du trimestre le plus sec (Bio17)

La précipitation du trimestre le plus sec (*precipitation of driest quarter*) est une mesure approximant les précipitations de la saison sèche. Cet indice est donné par l'équation suivante :

$$Bio17 = \min \left(\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^3 P_{tot_i}, \\ \sum_{i=2}^4 P_{tot_i}, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{12} P_{tot_i}, \\ \sum_{i=11}^1 P_{tot_i}, \\ \sum_{i=12}^2 P_{tot_i} \end{array} \right\} \right) \quad (22)$$

avec P_{tot_i} , la précipitation totale du mois i .

Signification : Cet indice peut être utile lorsque la répartition d'une espèce est conditionnée par les conditions régnant durant la saison sèche.

2.3.18 Précipitations du trimestre le plus chaud (Bio18)

La précipitation du trimestre le plus chaud (*precipitation of warmest quarter*) est une mesure approximant la précipitation de la saison chaude. L'identification de la saison chaude est donnée par l'équation suivante :

$$Q_{Tmax} = \max \left(\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^3 T_{avg_i}, \\ \sum_{i=2}^4 T_{avg_i}, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{12} T_{avg_i}, \\ \sum_{i=11}^1 T_{avg_i}, \\ \sum_{i=12}^2 T_{avg_i} \end{array} \right\} \right) \quad (23)$$

avec Q_{Tmax} , le trimestre le plus chaud, c.-à-d. la suite de trois mois consécutifs dont la somme des températures moyennes est maximale (comparativement à toutes les autres suites de trois mois consécutifs).

Une fois la saison chaude identifiée, la précipitation du trimestre le plus chaud est donnée par l'équation suivante :

$$Bio18 = \sum_{i=1}^3 P_{tot_i} \quad (24)$$

avec P_{tot_i} , la précipitation totale du mois i et i correspondant aux trois mois consécutifs identifiés précédemment.

Signification : Cet indice peut être utile lorsque la répartition d'une espèce est conditionnée par les conditions régnant durant la saison chaude.

2.3.19 Précipitations du trimestre le plus froid (Bio19)

La précipitation du trimestre le plus froid (*precipitation of coldest quarter*) est une mesure approximant la précipitation de la saison froide. L'identification de la saison froide est donnée par l'équation suivante :

$$Q_{T_{min}} = \min \left(\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^3 T_{avg_i}, \\ \sum_{i=2}^4 T_{avg_i}, \\ \dots, \\ \sum_{i=10}^{12} T_{avg_i}, \\ \sum_{i=11}^1 T_{avg_i}, \\ \sum_{i=12}^2 T_{avg_i} \end{array} \right\} \right) \quad (25)$$

avec $Q_{T_{min}}$, le trimestre le plus froid, c.-à-d. la suite de trois mois consécutifs dont la somme des températures moyennes est minimale (comparativement à toutes les autres suites de trois mois consécutifs).

Une fois la saison froide identifiée, la précipitation du trimestre le plus froid est donnée par l'équation suivante :

$$Bio19 = \sum_{i=1}^3 P_{tot_i} \quad (26)$$

avec P_{tot_i} , la précipitation totale du mois i et i correspondant aux trois mois consécutifs identifiés précédemment.

Signification : Cet indice peut être utile lorsque la répartition d'une espèce est conditionnée par les conditions régnant durant la saison froide.

2.3.20 Potentiel d'évapotranspiration annuel (Bio25)

Le calcul du potentiel d'évapotranspiration annuel (*annual potential evapotranspiration*) est basé sur la formule de Thornthwaite (Thornthwaite, 1948) donnée par l'équation 29.

Soit I , un indice de chaleur défini comme suit :

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_{avg_i}}{5} \right)^{1,514} \quad (27)$$

avec T_{avg_i} , la température moyenne du mois i .

Définissons maintenant le paramètre α intégrant l'indice de chaleur I tel que :

$$\alpha = (6,75 \times 10^{-7})I^3 - (7,71 \times 10^{-5})I^2 + (1,79 \times 10^{-2})I + 0,49239 \quad (28)$$

Le potentiel d'évapotranspiration annuel s'obtient de la manière suivante :

$$Bio25 = \sum_{i=1}^{12} 16 \times \left(\frac{10 T_{avg_i}}{I} \right)^\alpha \quad (29)$$

Signification : Cet indice représente la demande en eau théorique (en conditions de disponibilité en eau non limitante), combinant l'évaporation du sol et du couvert végétal et la transpiration de la végétation

2.3.21 Bilan hydrique annuel (Bio26)

La bilan hydrique annuel (*annual water balance*) est défini comme suit :

$$Bio26 = Bio12 - Bio25 \quad (30)$$

avec $Bio12$, les précipitations annuelles totales (telles que définies par l'équation 17) et $Bio25$, le potentiel d'évapotranspiration annuel défini par l'équation 29.

Signification : Cet indice représente la quantité de pluie disponible pour les espèces, une fois les besoins en évaporation et en transpiration satisfaits.

2.3.22 Indice d'humidité annuel (Bio27)

L'indice d'humidité annuel (*annual moisture index*) est donné par l'équation suivante :

$$Bio27 = \frac{Bio20}{Bio12} \quad (31)$$

avec $Bio20$, le nombre de degrés-jours de croissance annuel et $Bio12$, les précipitations annuelles totales (telles que définies par l'équation 17).

Signification : Cet indice fournit une approximation de l'humidité disponible sur une base annuelle pour les espèces ce qui peut être utile notamment pour les plantes.

2.3.23 Autres variables bioclimatiques

La construction des variables bioclimatiques Bio20 à Bio24 repose sur la méthode développée par Rehfeldt (2006) que nous ne détaillerons pas ici.

- Degrés-jours de croissance annuels (Bio20) : représente l'accumulation de chaleur qui sert à estimer la durée d'un développement biologique ;
- Degrés-jours de gel annuels (Bio21) : représente l'accumulation de chaleur lorsque la température est en dessous de 0°C ;
- Date de dernier gel printanier (Bio22) : représente le dernier jour suivant l'hiver où la température minimale quotidienne est inférieure ou égale à un seuil de température gélive ;
- Date de premier gel automnal (Bio23) : représente le premier jour de l'automne où la température minimale quotidienne est inférieure ou égale à un seuil de température gélive ;
- Longueur de la période sans gel (Bio24) : représente le nombre de jours entre le dernier gel printanier et le premier gel automnal selon un seuil de température gélive.

3 Synthèse climatique du territoire étudié

Dans cette troisième partie, nous proposons des synthèses climatiques pour les deux régions considérées dans cette étude. Des statistiques synthétiques (moyenne, écart-type, minimum et maximum) ont été calculées sur l'ensemble des cellules formant chacune des deux régions pour 1) les tendances climatiques historiques entre 1981 et 2010, et 2) le climat moyen pour la période de référence.

3.1 Tendances climatiques entre 1981 et 2010

Ici, nous nous proposons d'étudier les tendances climatiques historiques pour chaque variable bioclimatique entre les années 1981 et 2010. Une régression linéaire a été ajustée pour chaque cellule de la grille et pour chaque variable ($n = 30$) et la pente a été extraite.

Les résultats de l'ensemble des régressions linéaires ont été agrégés pour chaque aire d'étude, et les résultats synthétiques sont présentés au Tableau 2 pour le nord du Québec et du Labrador. Notons que les résultats sont exprimés par décennie. Par ex., la température annuelle moyenne (Bio01) a augmenté de $0,95^{\circ}\text{C} \pm 0,19\text{SD}$ par décennie sur l'ensemble du nord du Québec et du Labrador entre 1981 et 2010.

TABLE 2 – Tendances climatiques historiques pour le nord du Québec et du Labrador entre 1981 et 2010

Variable	Unités	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
Bio01	°C/décennie	0,95	0,19	0,35	1,46
Bio02	°C/décennie	-0,36	0,10	-0,68	0,37
Bio03	1/décennie	-0,29	0,23	-0,86	1,52
Bio04	°C/décennie	-39,86	12,40	-82,38	-0,97
Bio05	°C/décennie	0,42	0,18	-0,28	1,11
Bio06	°C/décennie	1,77	0,29	0,53	3,43
Bio07	°C/décennie	-1,35	0,35	-3,26	-0,18
Bio08	°C/décennie	0,68	0,91	-3,31	3,60
Bio09	°C/décennie	1,36	1,24	-3,15	7,16
Bio10	°C/décennie	0,45	0,08	0,09	1,36
Bio11	°C/décennie	1,37	0,26	0,43	2,28
Bio12	mm/décennie	36,35	16,31	-7,57	90,78
Bio13	mm/décennie	6,16	5,07	-7,96	25,60
Bio14	mm/décennie	0,85	1,48	-4,08	6,45
Bio15	1/décennie	0,35	1,44	-3,30	3,98
Bio16	mm/décennie	15,15	8,95	-10,39	41,41
Bio17	mm/décennie	2,98	5,26	-11,99	20,22
Bio18	mm/décennie	13,99	13,55	-30,59	47,17
Bio19	mm/décennie	4,60	8,57	-11,43	47,38
Bio20	°C/décennie	63,71	14,84	14,95	153,52
Bio21	°C/décennie	-250,50	68,66	-413,25	-62,38
Bio22	Jours Julien/décennie	-6,44	1,74	-11,36	1,84
Bio23	Jours Julien/décennie	2,29	1,82	-2,04	16,63
Bio24	Nombre de jours/décennie	8,74	1,72	0,90	21,57
Bio25	mm/décennie	10,74	3,19	-0,46	22,01
Bio26	mm/décennie	25,61	15,81	-15,95	84,33
Bio27	°C/mm/décennie	0,04	0,01	-0,02	0,10

La même synthèse a été réalisée pour l'écorégion toundrique arctique du Nunavik (Tableau 3). La température annuelle moyenne (Bio01) a augmenté de manière plus importante ($1,18^{\circ}\text{C} \pm 0,07\text{SD}$ par décennie) et la date de dernier jour printanier (Bio22) a reculé en moyenne de 5,34 jours Julien par décennie entre 1981 et 2010.

TABLE 3 – Tendances climatiques historiques pour la toundra arctique du Nunavik entre 1981 et 2010

Variable	Unités	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
Bio01	°C/décennie	1,18	0,07	0,89	1,46
Bio02	°C/décennie	-0,42	0,04	-0,60	-0,23
Bio03	1/décennie	-0,51	0,10	-0,86	-0,08
Bio04	°C/décennie	-55,47	4,33	-82,38	-34,94
Bio05	°C/décennie	0,56	0,11	-0,08	1,08
Bio06	°C/décennie	1,86	0,21	1,22	2,78
Bio07	°C/décennie	-1,30	0,17	-2,07	-0,56
Bio08	°C/décennie	0,99	0,64	-1,34	2,98
Bio09	°C/décennie	1,52	0,46	0,04	3,60
Bio10	°C/décennie	0,48	0,10	0,09	0,93
Bio11	°C/décennie	1,61	0,12	1,21	2,28
Bio12	mm/décennie	26,05	12,39	3,60	79,67
Bio13	mm/décennie	5,23	2,62	-0,30	12,50
Bio14	mm/décennie	0,17	0,81	-1,65	2,34
Bio15	1/décennie	0,48	1,29	-2,58	3,09
Bio16	mm/décennie	13,22	5,41	1,50	34,20
Bio17	mm/décennie	1,71	2,88	-2,54	12,57
Bio18	mm/décennie	15,21	9,19	-4,29	40,92
Bio19	mm/décennie	-0,34	3,70	-7,37	13,61
Bio20	°C/décennie	47,10	9,46	14,95	75,70
Bio21	°C/décennie	-349,62	18,94	-413,25	-258,93
Bio22	Jours Julien/décennie	-5,34	1,64	-10,57	1,30
Bio23	Jours Julien/décennie	3,86	1,90	0,54	11,41
Bio24	Nombre de jours/décennie	9,19	2,51	0,92	19,80
Bio25	mm/décennie	7,94	4,40	-0,46	16,84
Bio26	mm/décennie	18,11	10,24	-2,75	65,87
Bio27	°C/mm/décennie	0,05	0,01	0,00	0,09

Comme le montrent les Tableaux 2 et 3, des disparités locales existent puisque les écarts entre valeurs minimales et maximales (et les valeurs d'écart-type) peuvent être assez importantes. La section 4 présentent les patrons spatiaux dans les tendances climatiques historiques pour chacune des 27 variables bioclimatiques.

3.2 Portrait climatique pour la période 1981-2010

Cette section présente le climat moyen (normales climatiques) du nord du Québec et du Labrador pour la période 1981-2010 (période de référence). Les valeurs annuelles des variables bioclimatiques ont été moyennées sur la période de référence (moyenne de 30 valeurs). Les résultats synthétiques pour le nord du Québec et du Labrador sont présentés au Tableau 4.

TABLE 4 – Portrait climatique de la région du nord du Québec et du Labrador pour 1981-2010

Variable	Unités	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
Bio01	°C	-3,60	2,40	-9,94	3,07
Bio02	°C	7,78	0,80	3,45	9,74
Bio03	-	17,44	1,69	11,54	28,82
Bio04	°C	1251,27	119,29	670,34	1421,69
Bio05	°C	17,35	2,16	6,46	23,15
Bio06	°C	-27,48	3,76	-34,70	-11,13
Bio07	°C	44,83	3,86	24,58	49,62
Bio08	°C	5,26	2,31	-4,04	10,27
Bio09	°C	-16,79	5,97	-26,56	6,71
Bio10	°C	11,02	1,91	4,16	15,73
Bio11	°C	-19,51	3,54	-27,29	-6,66
Bio12	mm	1077,02	199,85	545,62	1596,38
Bio13	mm	162,83	22,90	89,22	216,55
Bio14	mm	35,73	11,09	13,32	67,44
Bio15	-	43,66	6,14	30,31	58,49
Bio16	mm	392,61	58,24	212,89	532,37
Bio17	mm	155,47	47,60	58,17	293,49
Bio18	mm	324,93	50,42	176,17	462,00
Bio19	mm	171,65	59,42	62,85	357,73
Bio20	°C	672,13	232,52	105,10	1344,52
Bio21	°C	2794,37	596,66	986,06	4424,60
Bio22	Jours Julien	160,07	8,38	133,19	190,77
Bio23	Jours Julien	259,69	8,90	226,49	302,47
Bio24	Nombre de jours	99,62	16,52	37,13	163,10
Bio25	mm	310,29	34,58	231,15	398,93
Bio26	mm	766,73	175,45	287,78	1282,15
Bio27	°C/mm	0,62	0,16	0,12	1,22

La même synthèse a été réalisée pour l'écorégion toundrique arctique du Nunavik (Tableau 5).

Même si les valeurs présentées dans les tableaux 4 et 5 permettent d'avoir une bonne idée du climat moyen dans ces deux régions, des disparités locales peuvent exister. Ainsi, la section 4 illustre les valeurs de chaque variable bioclimatique sur l'ensemble du territoire pour la période 1981-2010 (période de référence).

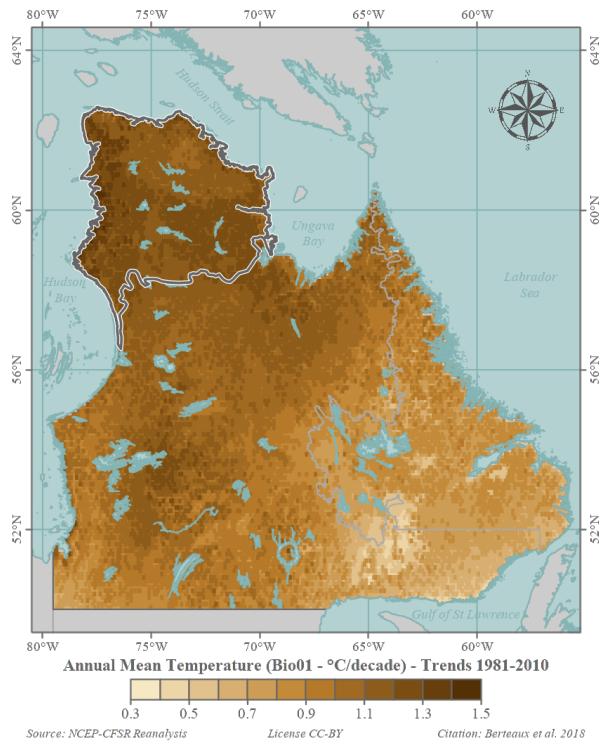
TABLE 5 – Portrait climatique de la toundra arctique du Nunavik pour 1981-2010

Variable	Unités	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
Bio01	°C	-7,00	1,05	-9,94	-4,42
Bio02	°C	6,97	0,70	3,45	8,69
Bio03	-	15,12	0,82	11,54	19,66
Bio04	°C	1332,30	78,25	883,15	1421,69
Bio05	°C	15,16	1,81	6,89	18,29
Bio06	°C	-30,96	1,65	-34,70	-22,24
Bio07	°C	46,13	3,08	29,14	49,62
Bio08	°C	3,86	1,14	0,14	6,20
Bio09	°C	-22,57	1,78	-26,56	-14,84
Bio10	°C	8,65	1,14	4,38	11,27
Bio11	°C	-23,88	1,44	-27,29	-17,26
Bio12	mm	717,52	59,77	545,62	997,10
Bio13	mm	123,13	10,19	89,22	169,96
Bio14	mm	18,28	2,58	13,32	31,34
Bio15	-	53,44	3,18	42,61	58,49
Bio16	mm	290,40	23,55	212,89	400,17
Bio17	mm	80,32	10,60	58,17	126,20
Bio18	mm	237,98	19,14	176,17	309,57
Bio19	mm	86,33	11,82	62,85	143,59
Bio20	°C	400,79	96,80	109,30	663,64
Bio21	°C	3628,05	309,80	2593,90	4424,60
Bio22	Jours Julien	168,12	5,00	158,90	189,69
Bio23	Jours Julien	250,17	6,83	230,08	267,43
Bio24	Nombre de jours	82,05	11,31	42,32	103,62
Bio25	mm	264,63	12,64	231,15	303,81
Bio26	mm	452,90	53,92	287,78	706,02
Bio27	°C/mm	0,56	0,12	0,17	0,77

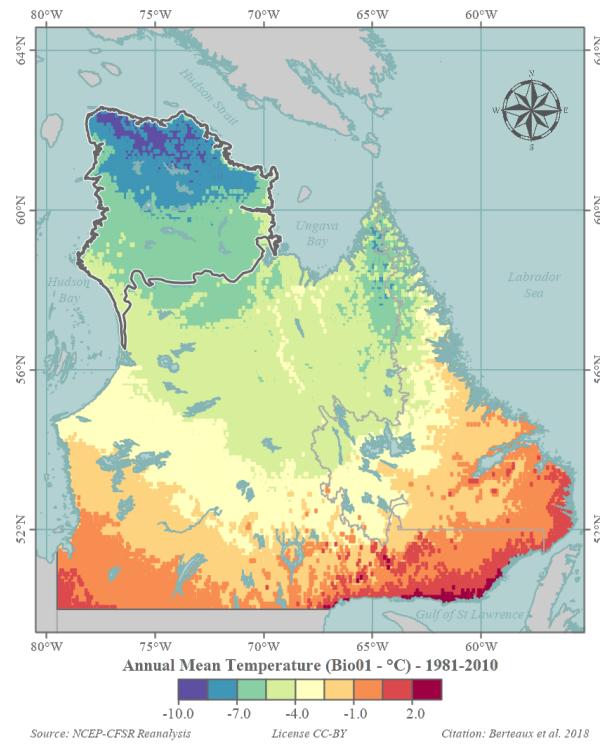
4 Atlas bioclimatique

Cette dernière partie se compose d'un atlas bioclimatique dans lequel deux types d'information par variable bioclimatique sont présentés par demi-page. Pour chaque variable, la carte de gauche illustre les tendances climatiques historiques entre 1981 et 2010 et celle de droite montre les valeurs moyennes pour la période de référence. Les variables sont listées selon le même ordre que dans les tableaux précédents.

Une version en haute définition des cartes est disponible à cette adresse : <https://ahasverus.shinyapps.io/bioclimaticatlas/>. À noter que pour des raisons techniques, les cartes comportent parfois des éléments de légende en anglais.

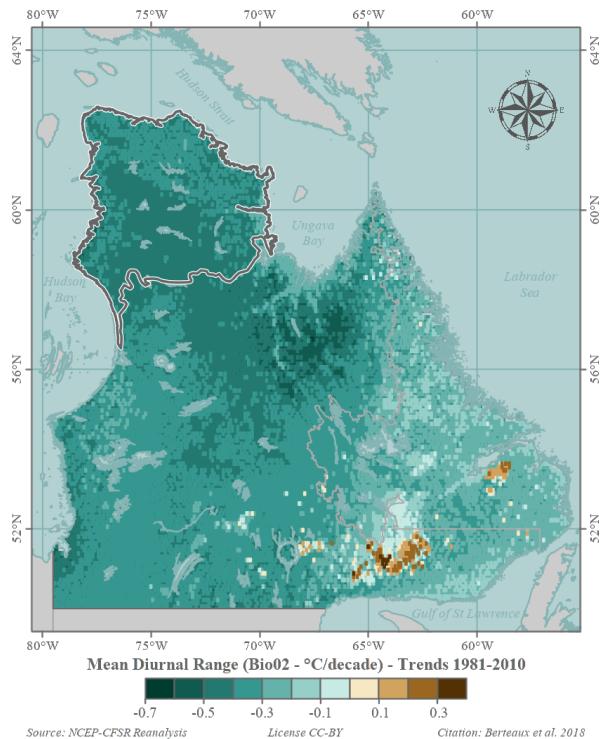


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

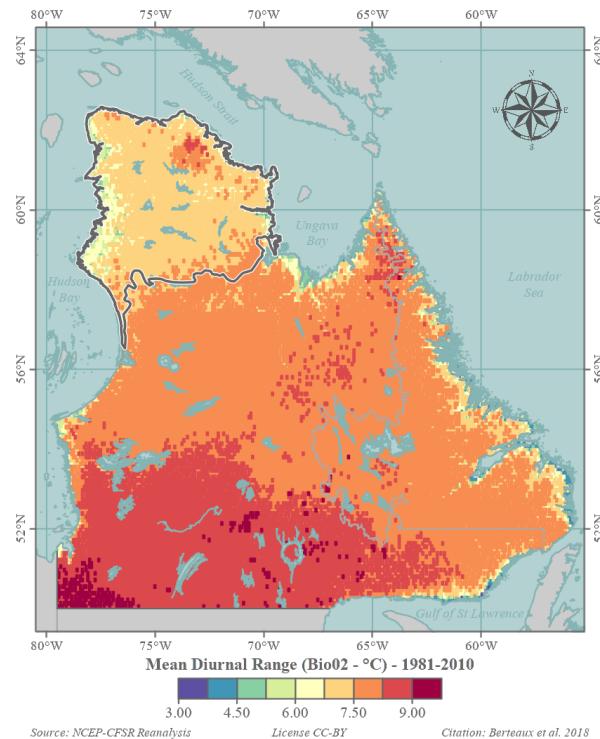


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 3 – Température annuelle moyenne (Bio01)

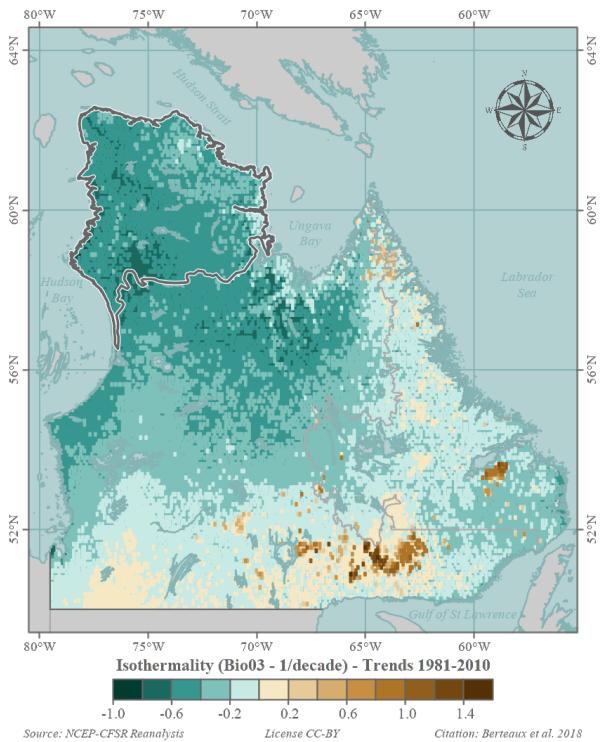


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

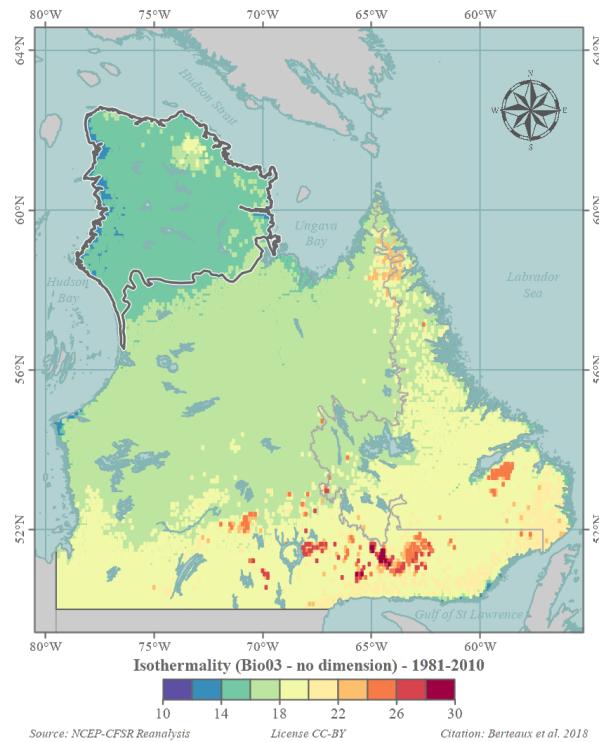


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 4 – Écart diurne moyen des températures (Bio02)

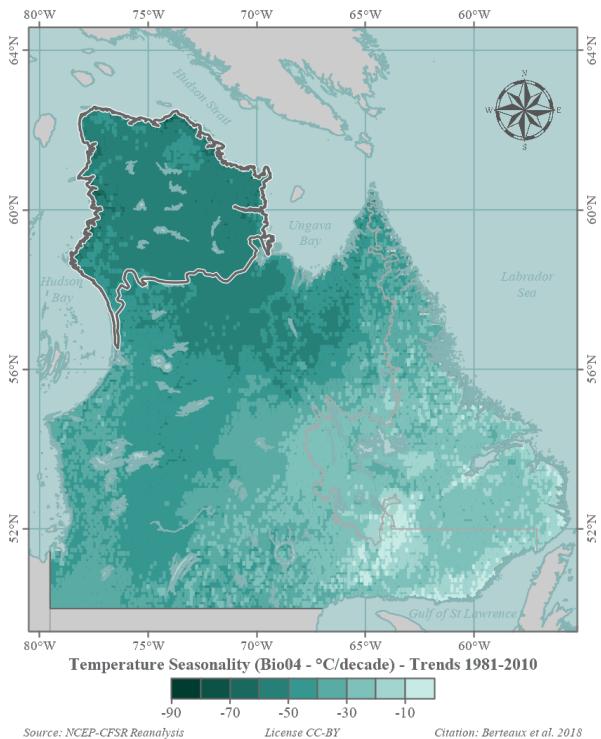


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

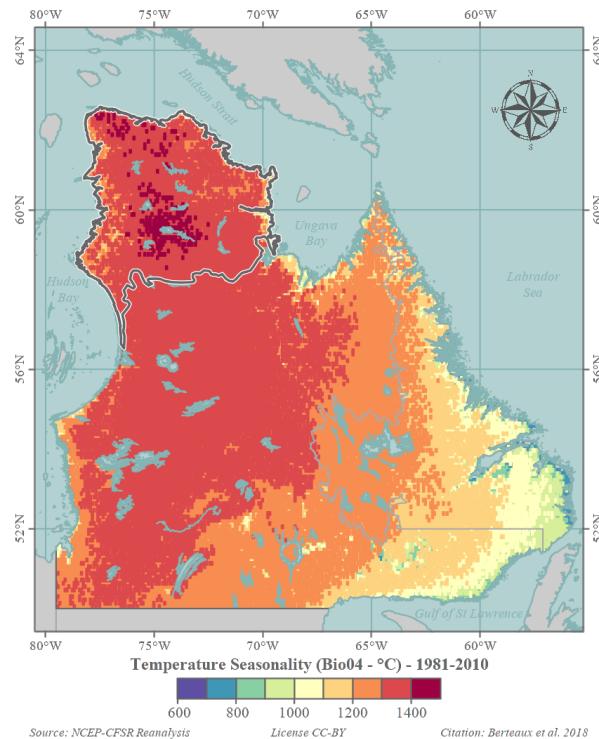


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 5 – Isothermalité (Bio03)

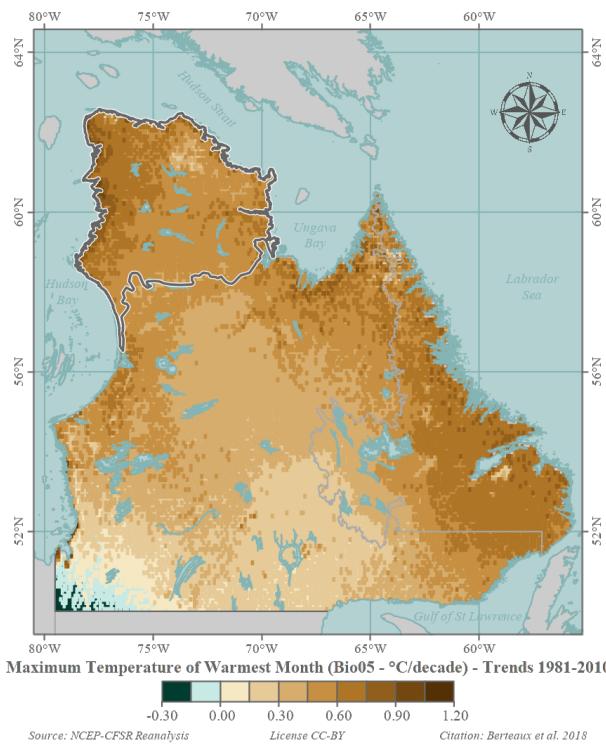


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

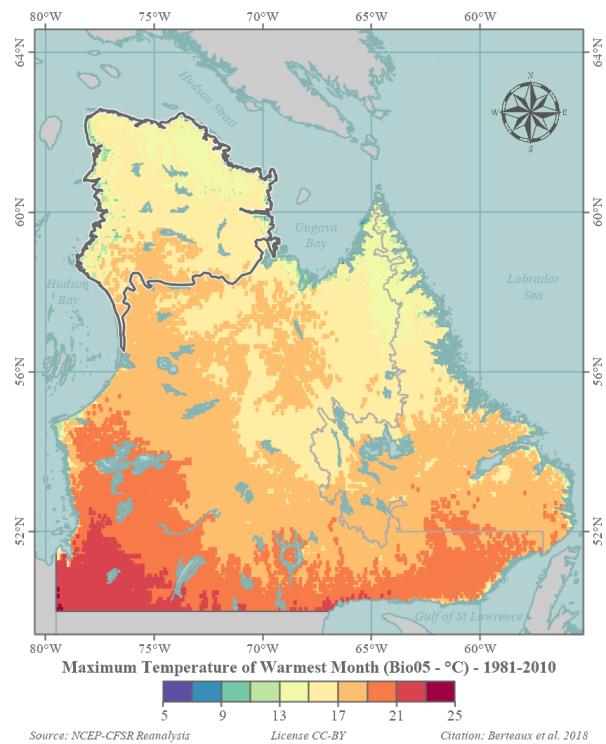


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 6 – Saisonnalité des températures (Bio04)

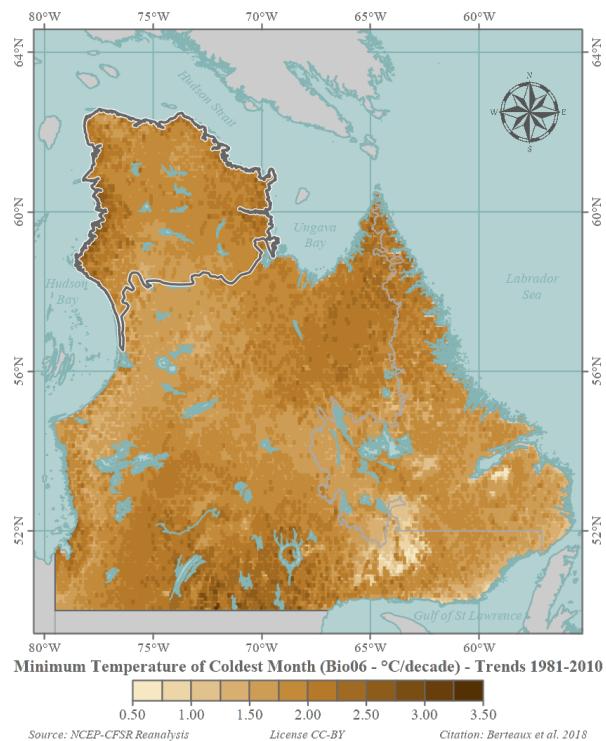


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

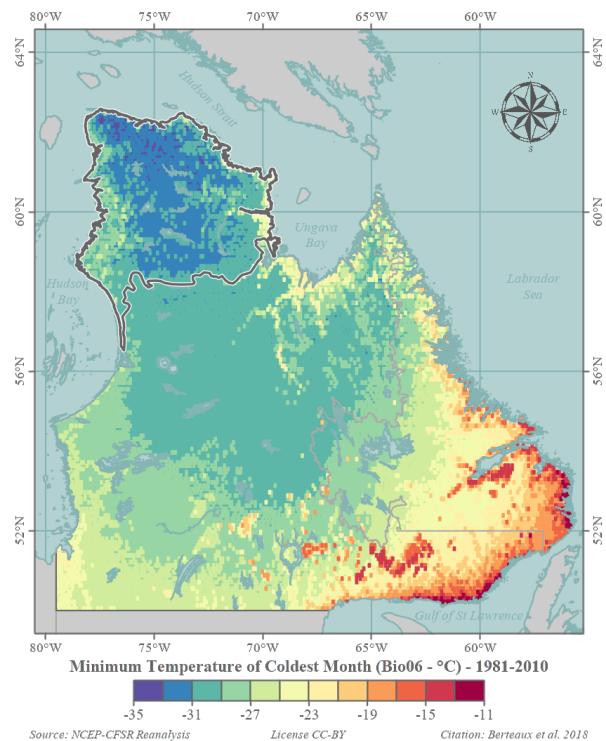


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 7 – Température maximale du mois le plus chaud (Bio05)

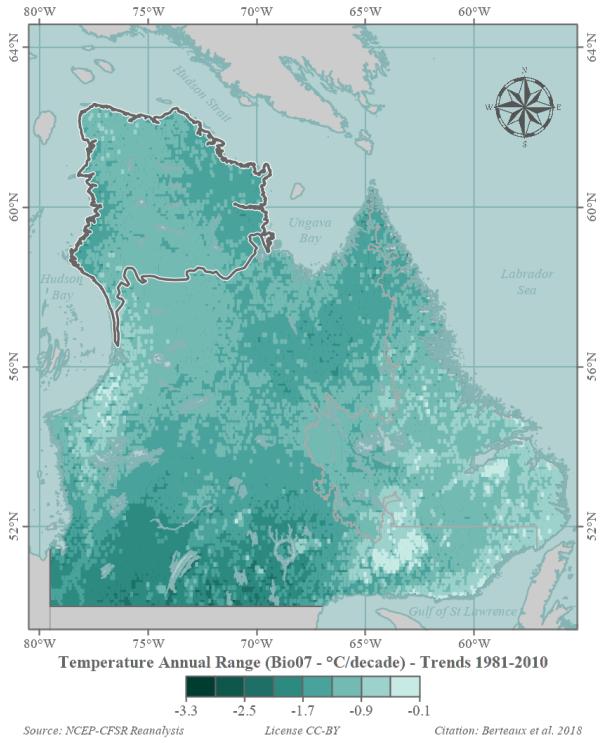


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

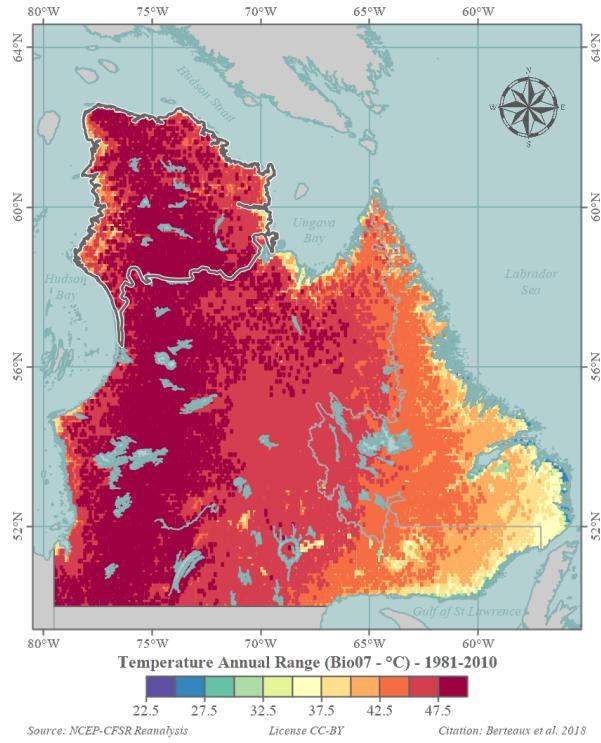


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 8 – Température minimale du mois le plus froid (Bio06)

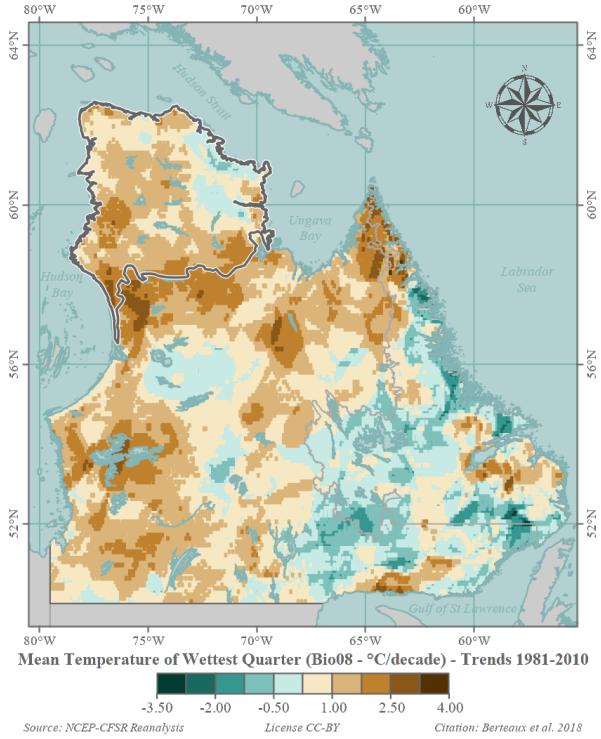


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

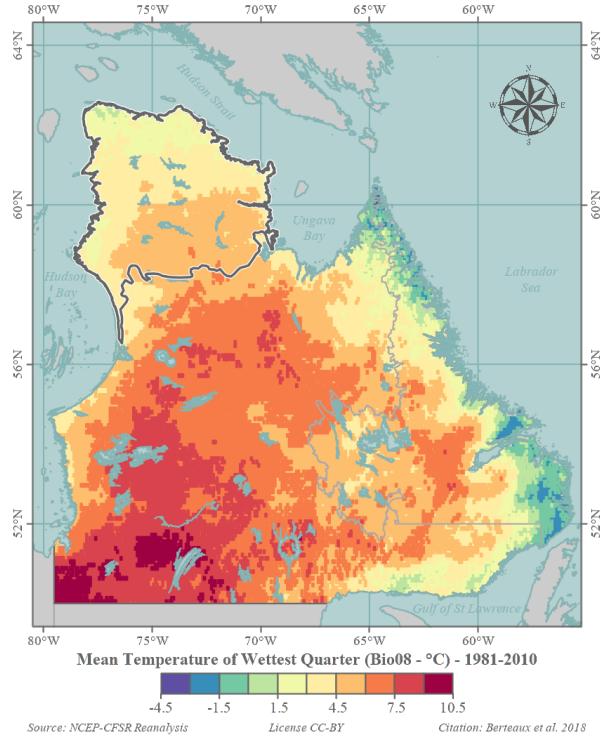


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 9 – Écart annuel des températures (Bio07)

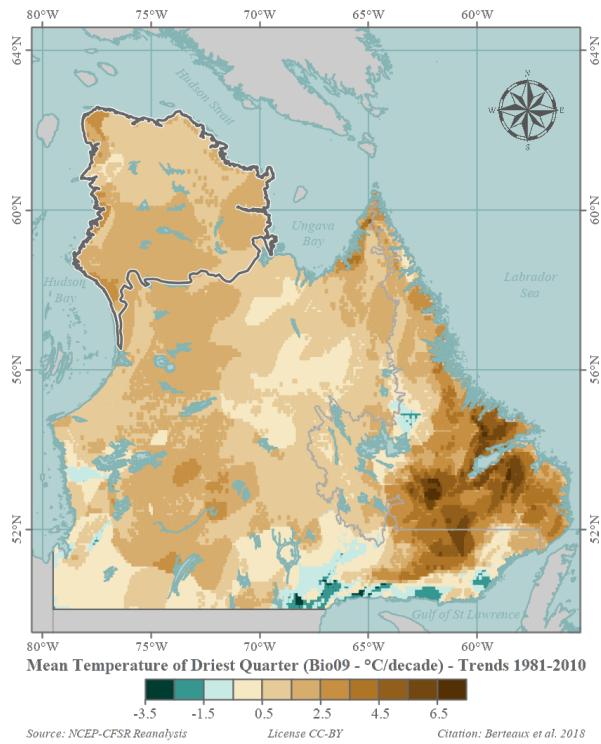


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

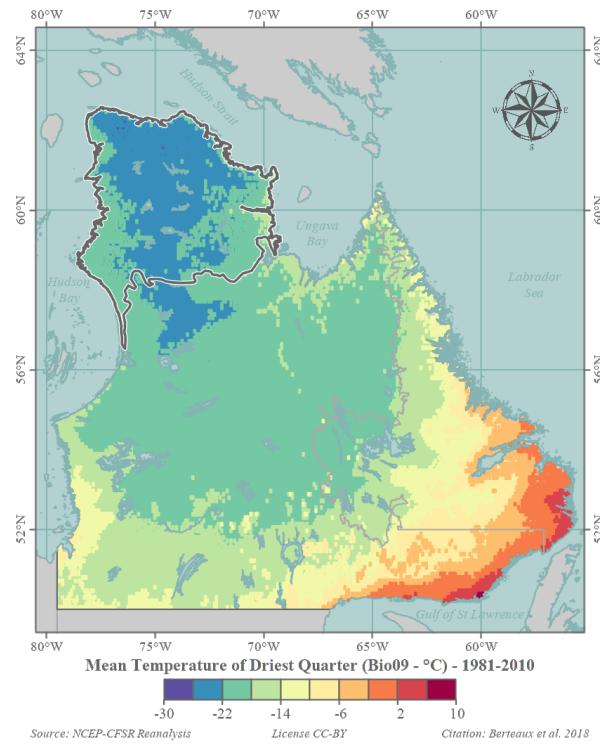


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 10 – Température moyenne du trimestre le plus humide (Bio08)

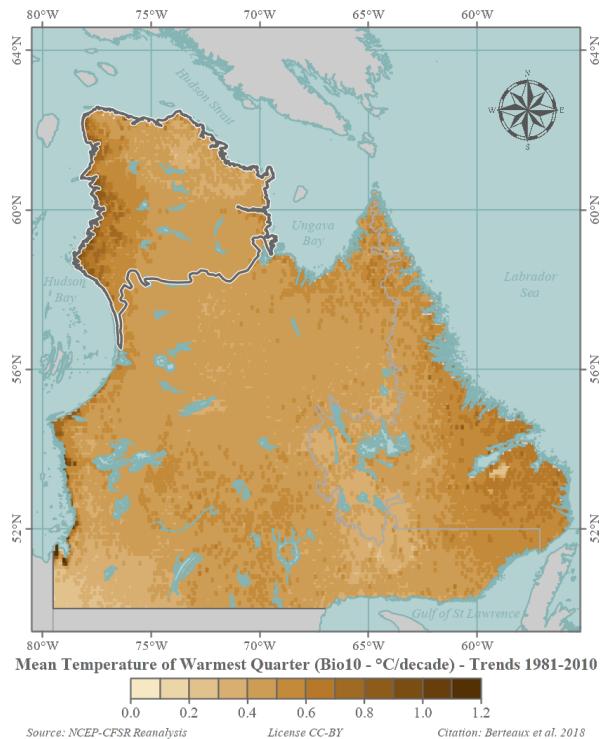


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

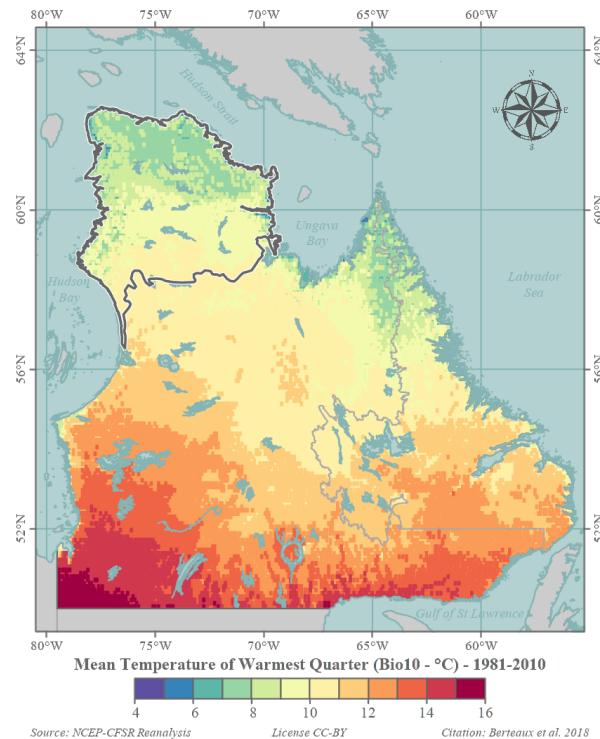


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 11 – Température moyenne du trimestre le plus sec (Bio09)

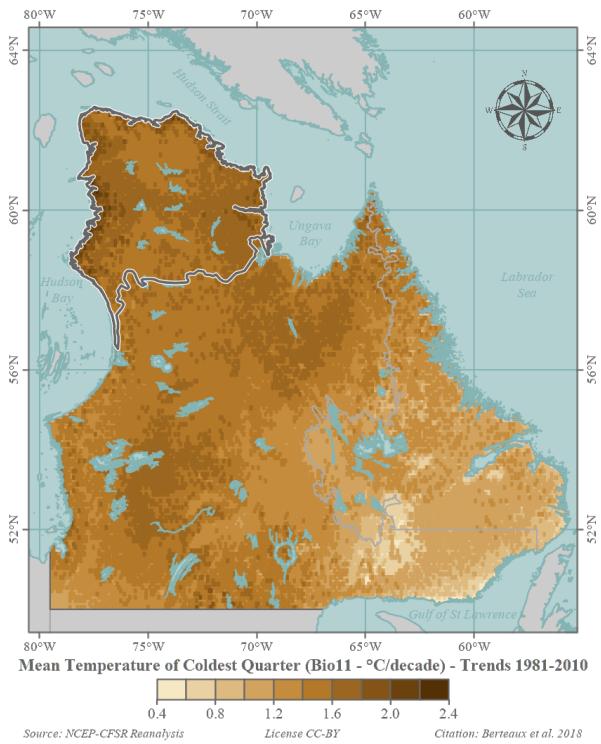


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

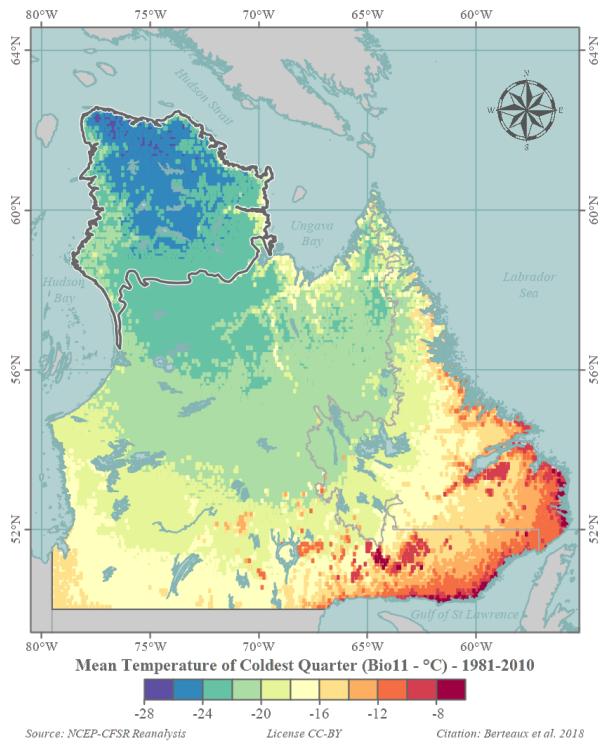


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 12 – Température moyenne du trimestre le plus chaud (Bio10)

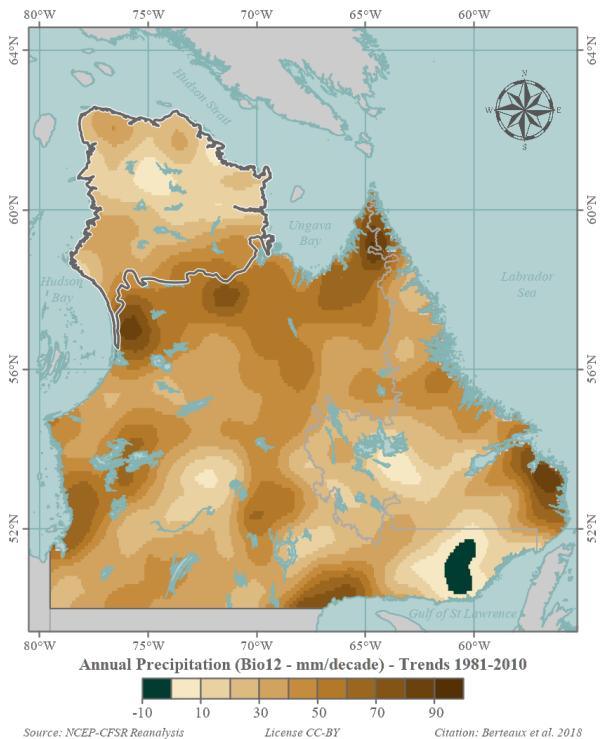


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

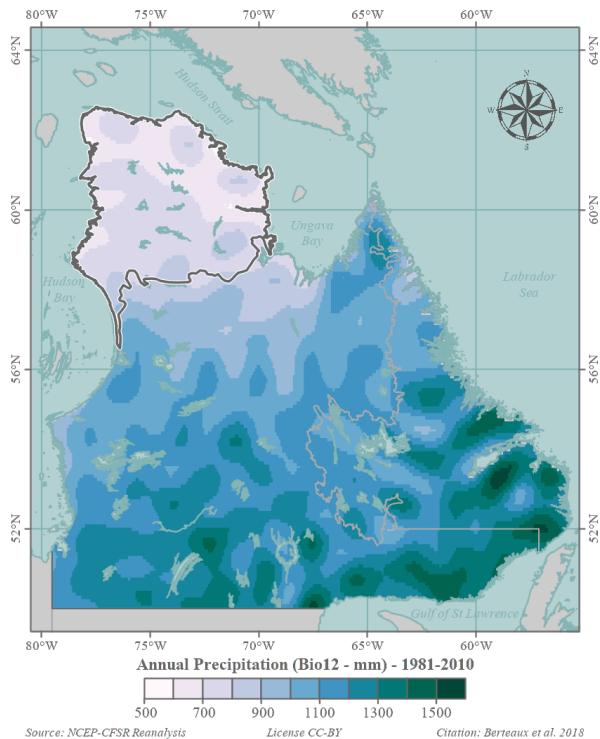


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 13 – Température moyenne du trimestre le plus froid (Bio11)

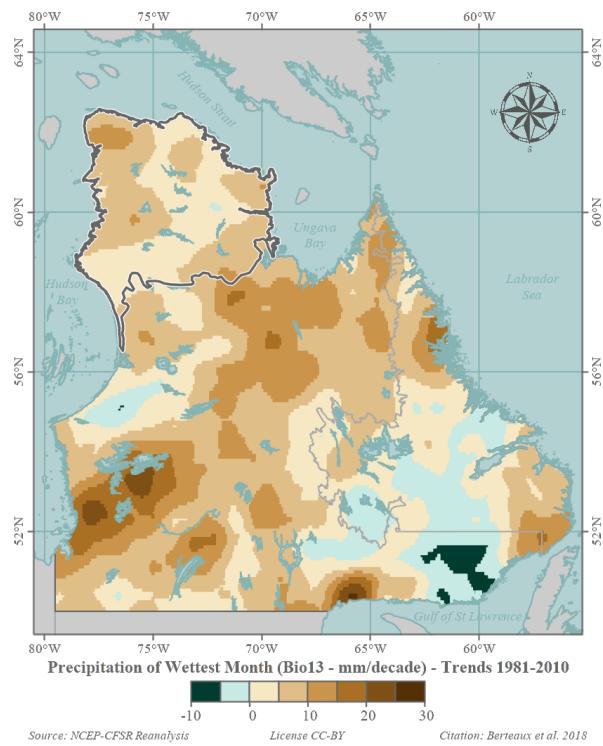


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

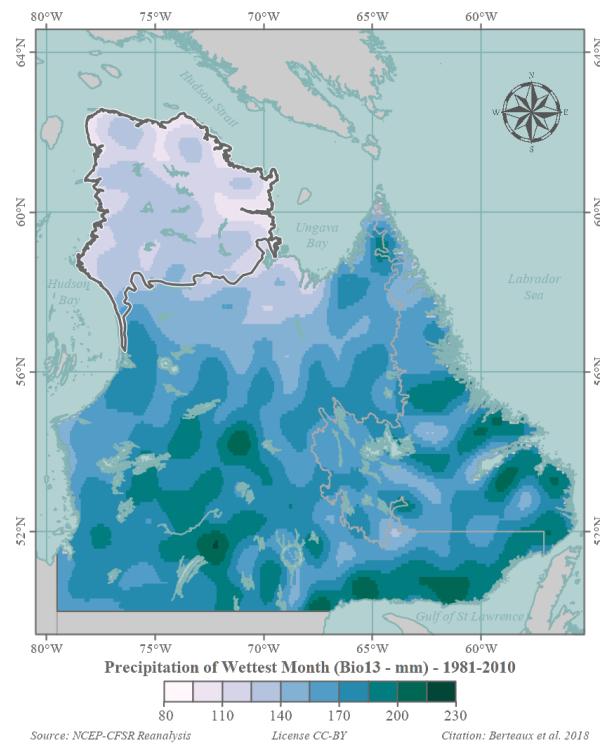


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 14 – Précipitations annuelles totales (Bio12)

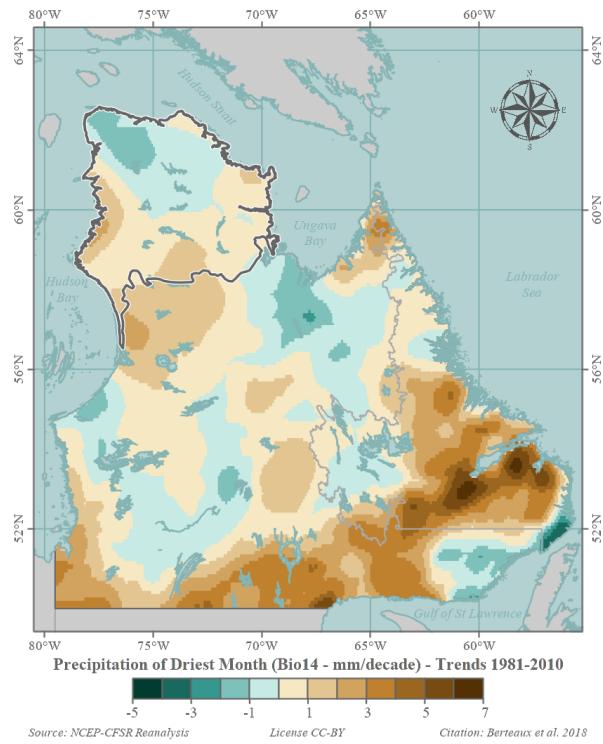


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

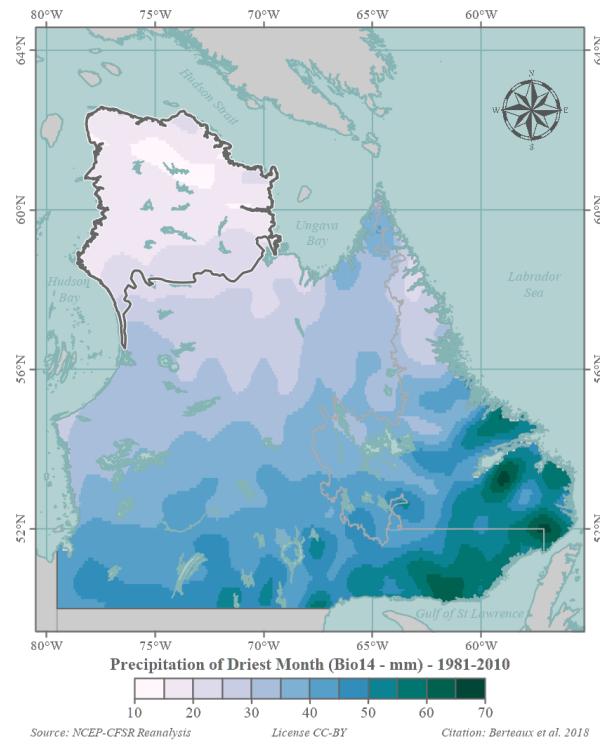


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 15 – Précipitations du mois le plus humide (Bio13)

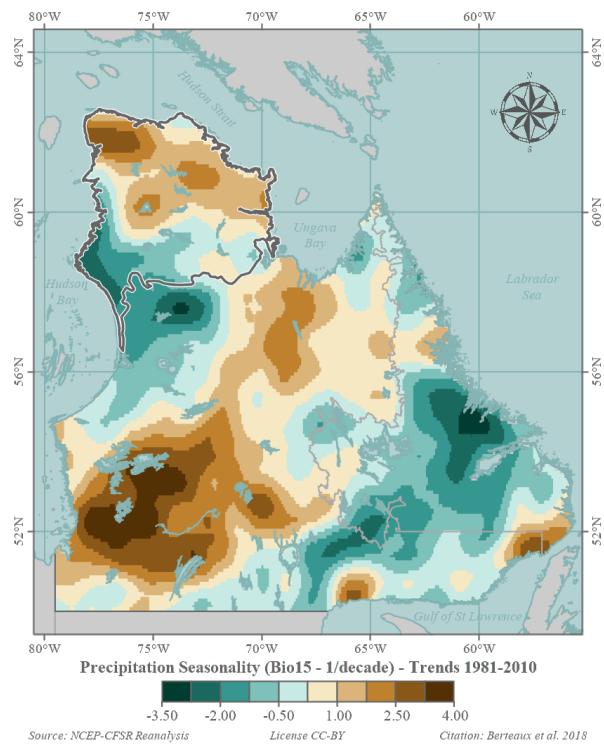


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

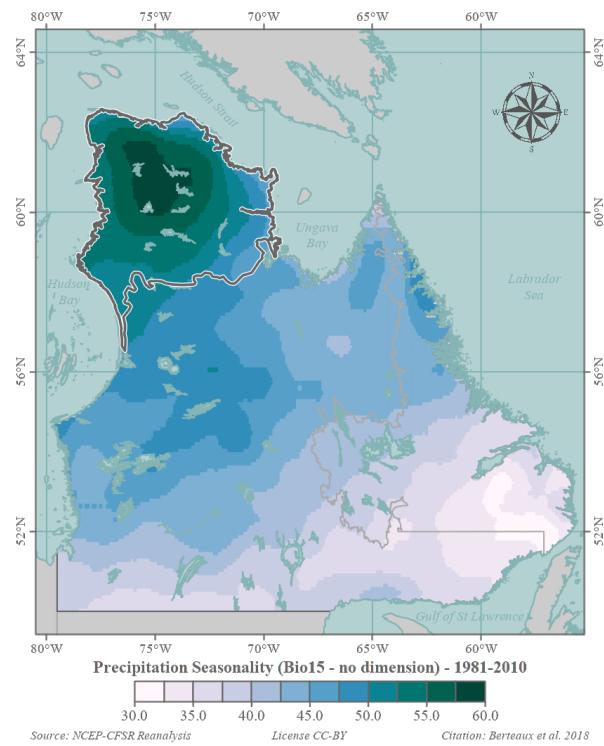


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 16 – Précipitations du mois le plus sec (Bio14)

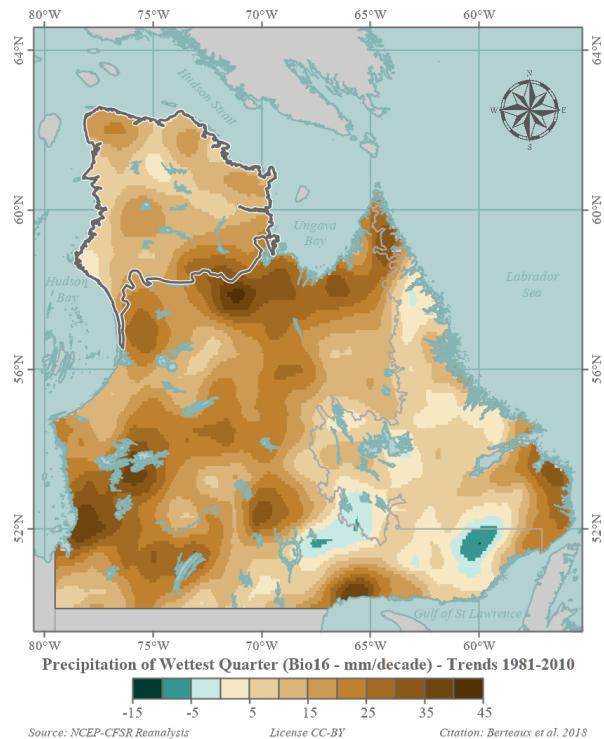


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

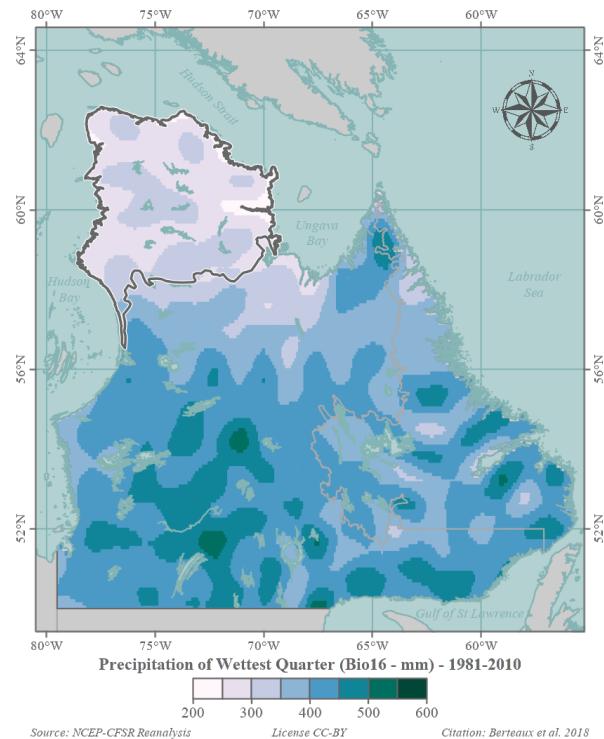


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 17 – Saisonnalité des précipitations (Bio15)

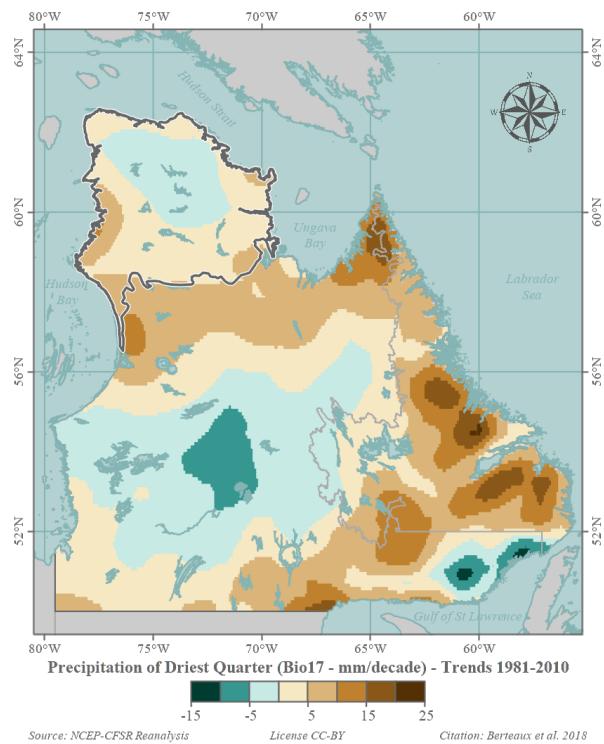


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

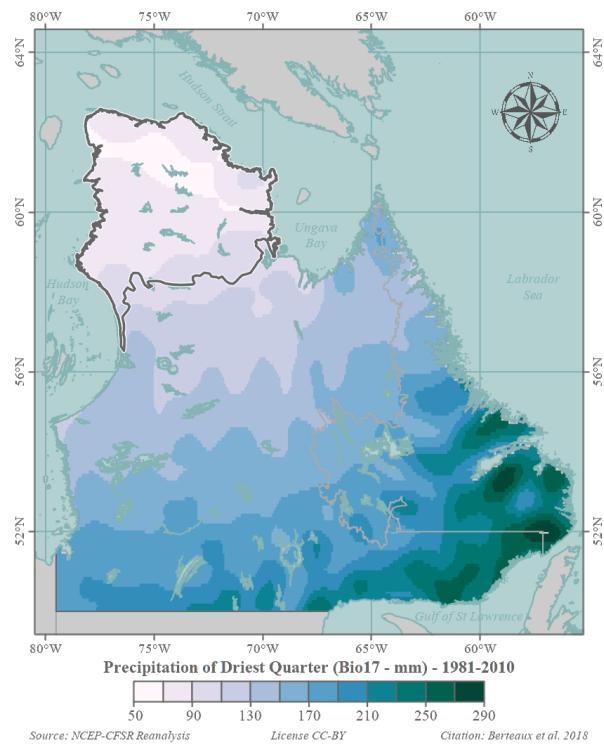


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 18 – Précipitations du trimestre le plus humide (Bio16)

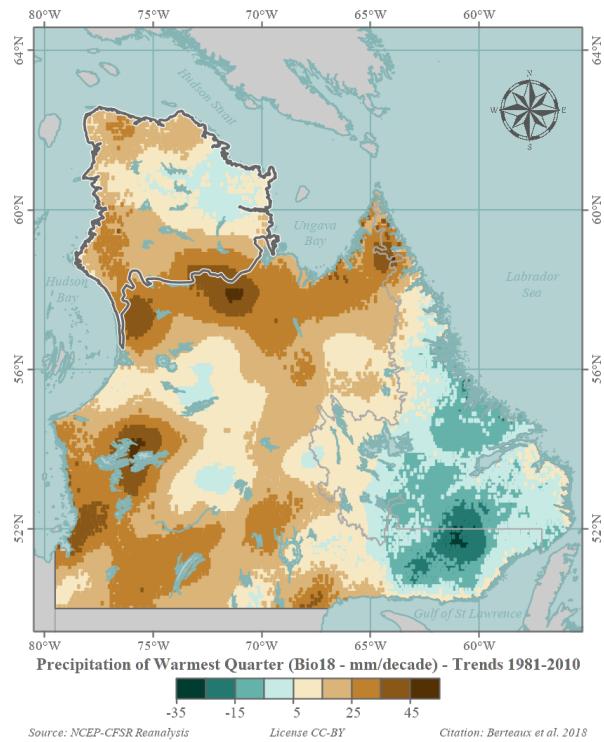


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

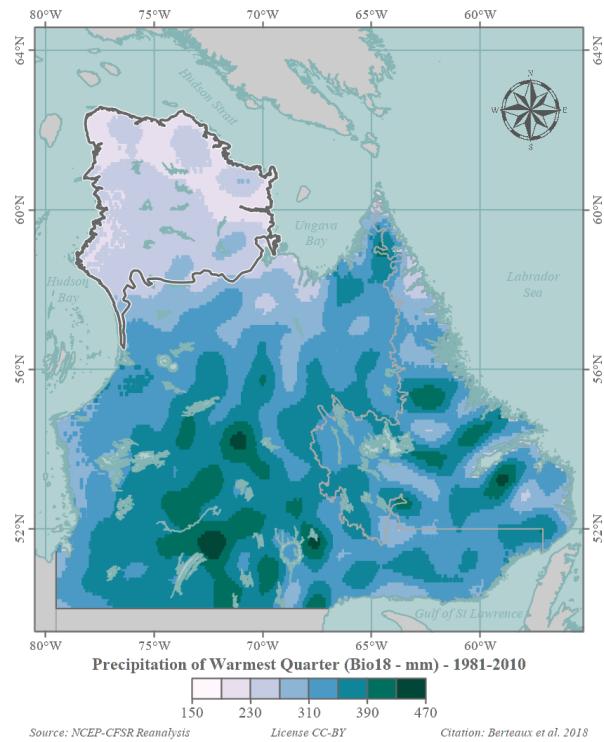


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 19 – Précipitations du trimestre le plus sec (Bio17)

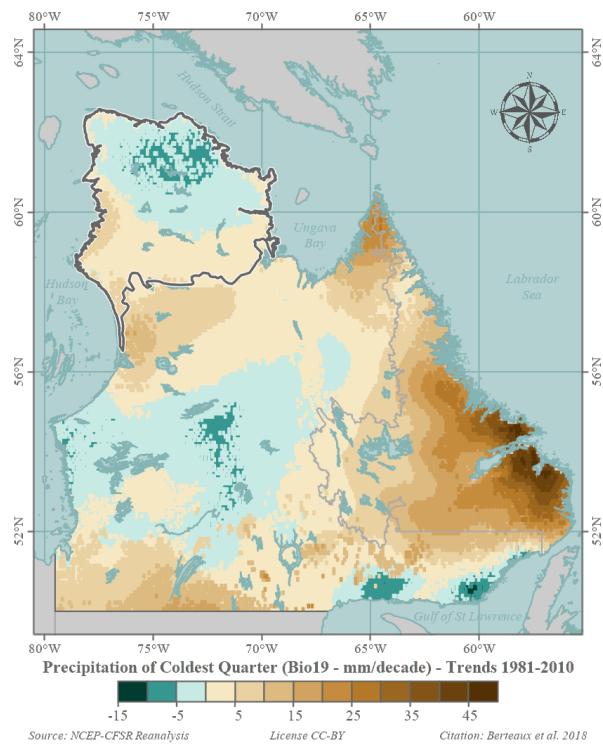


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

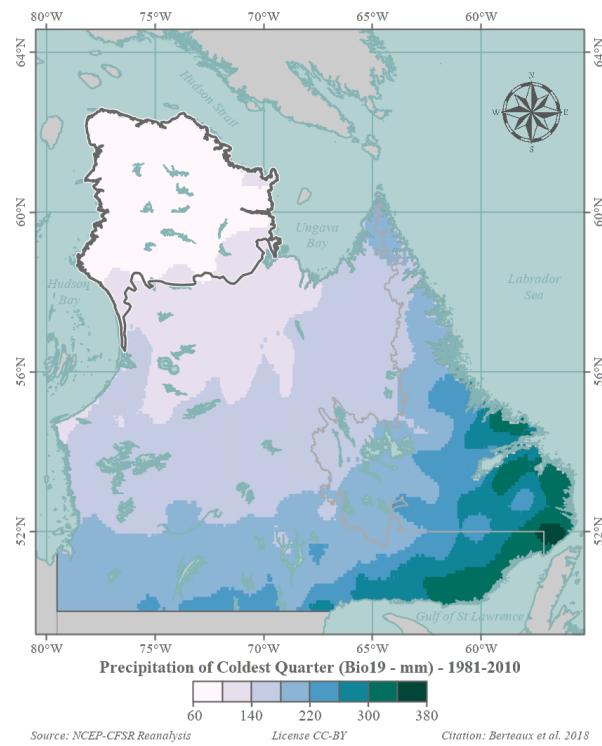


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 20 – Précipitations du trimestre le plus chaud (Bio18)

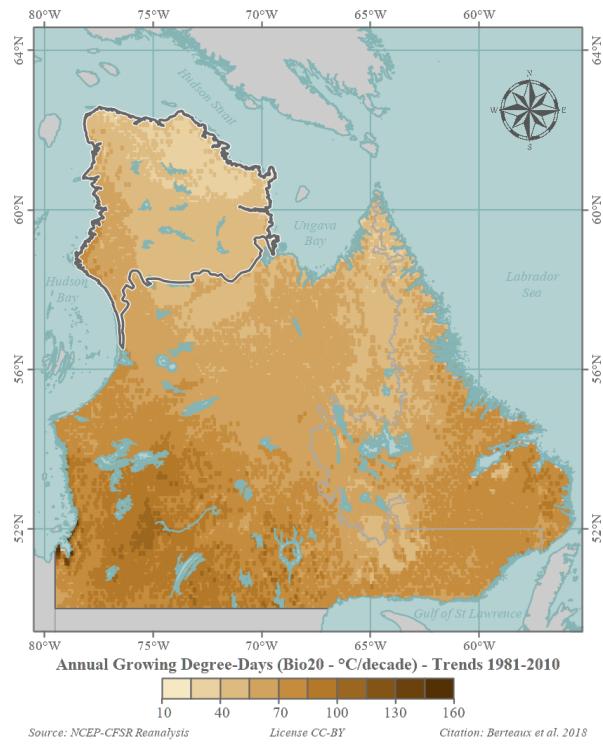


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

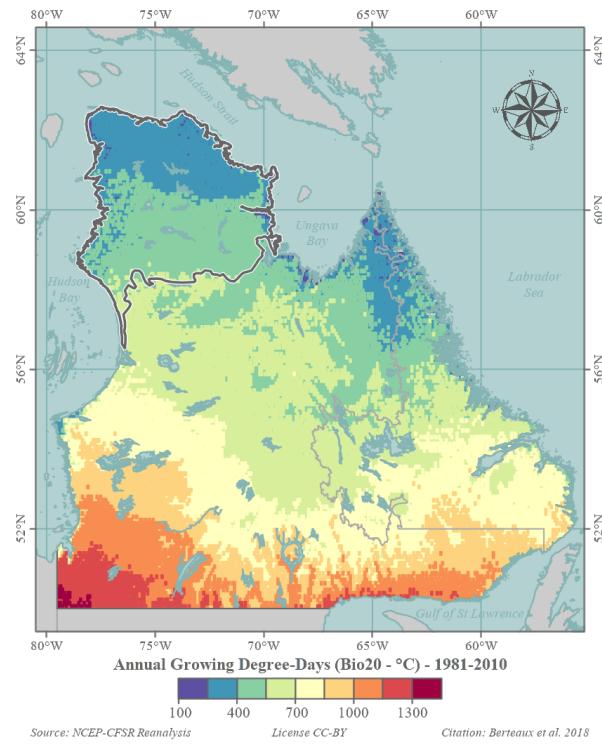


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 21 – Précipitations du trimestre le plus froid (Bio19)

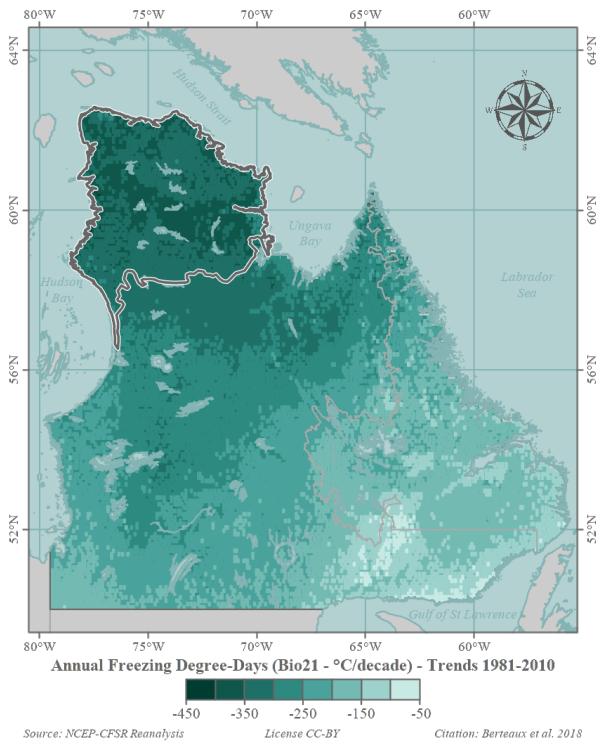


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

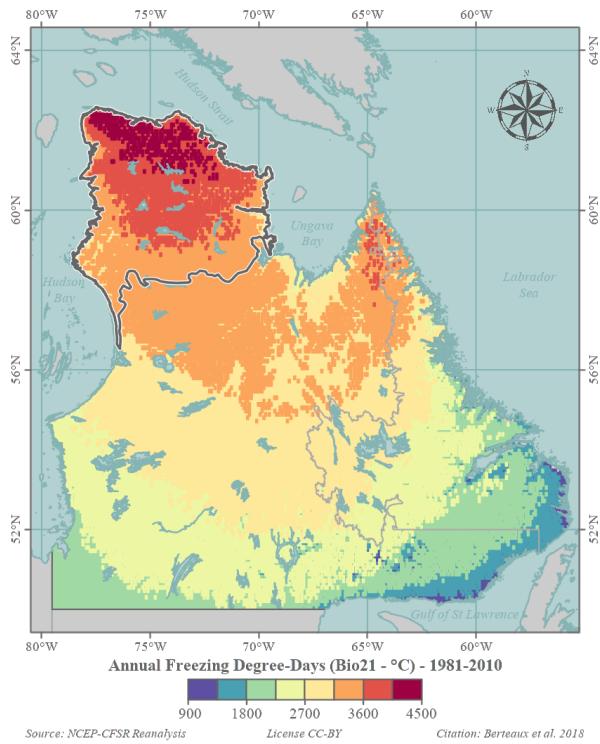


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 22 – Degrés-jours de croissance annuel (Bio20)

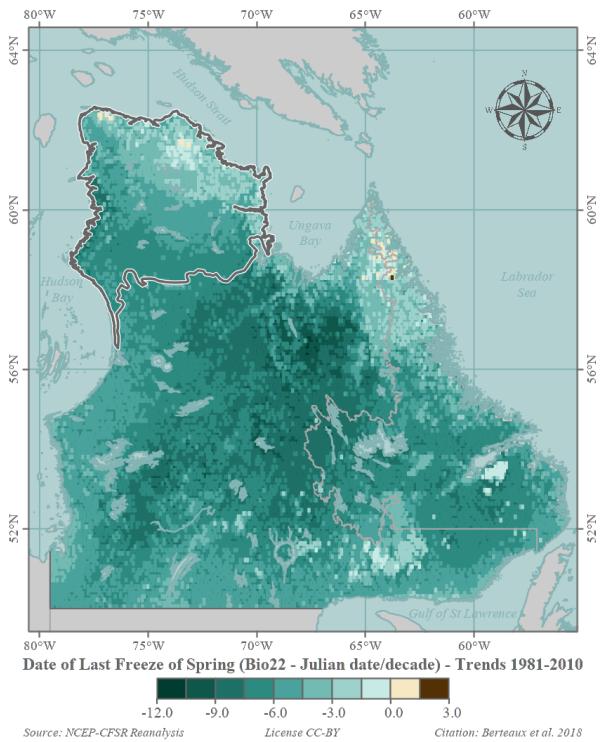


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

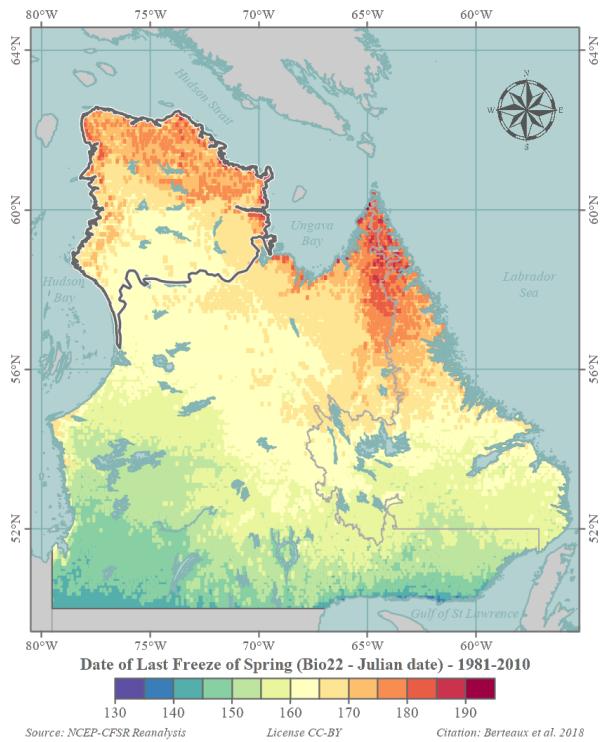


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 23 – Degrés-jours de gel annuel (Bio21)

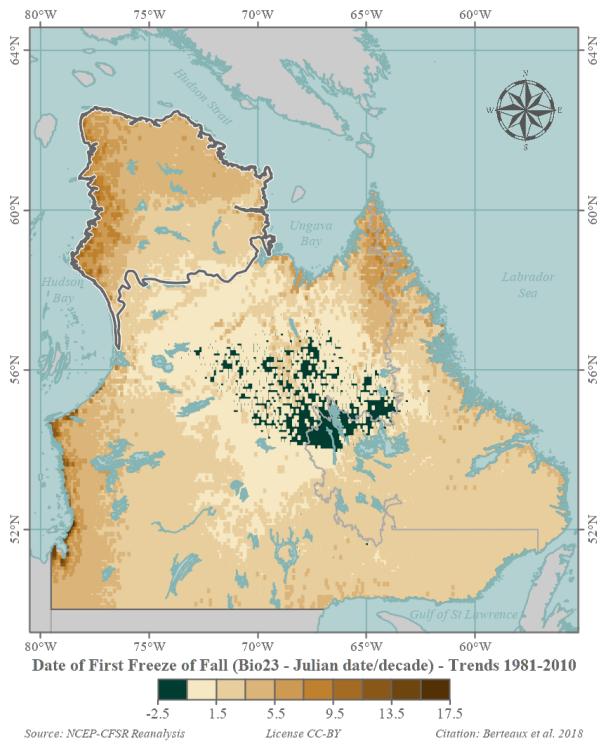


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

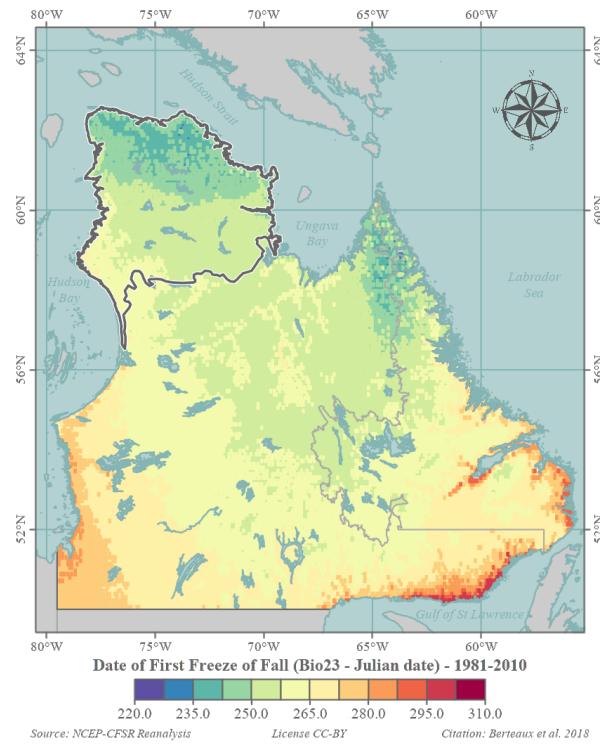


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 24 – Date de dernier gel printanier (Bio22)

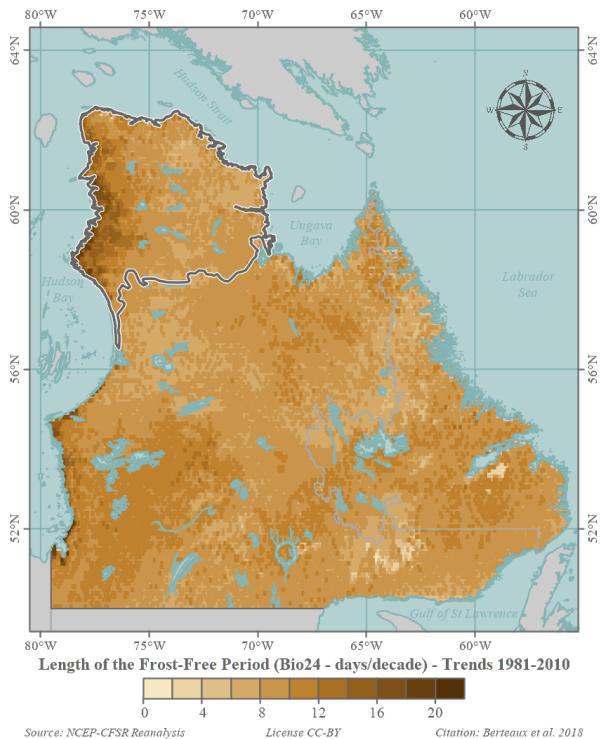


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

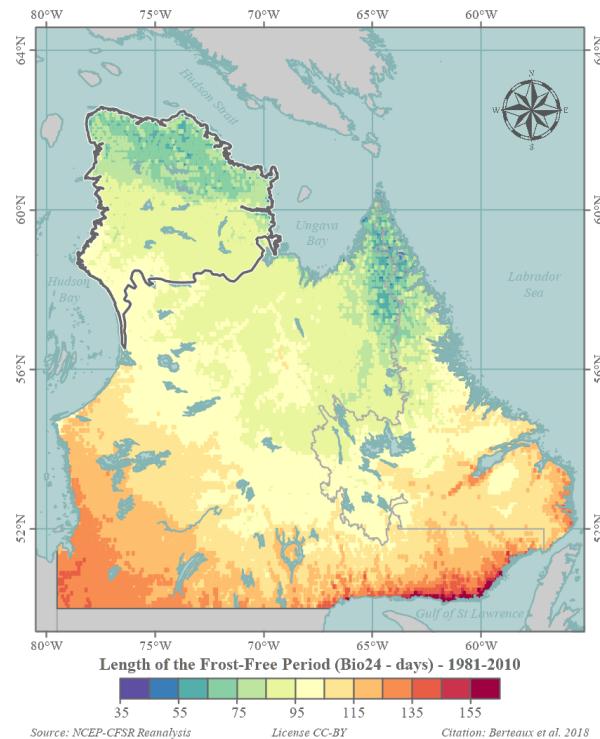


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 25 – Date de premier gel automnal (Bio23)

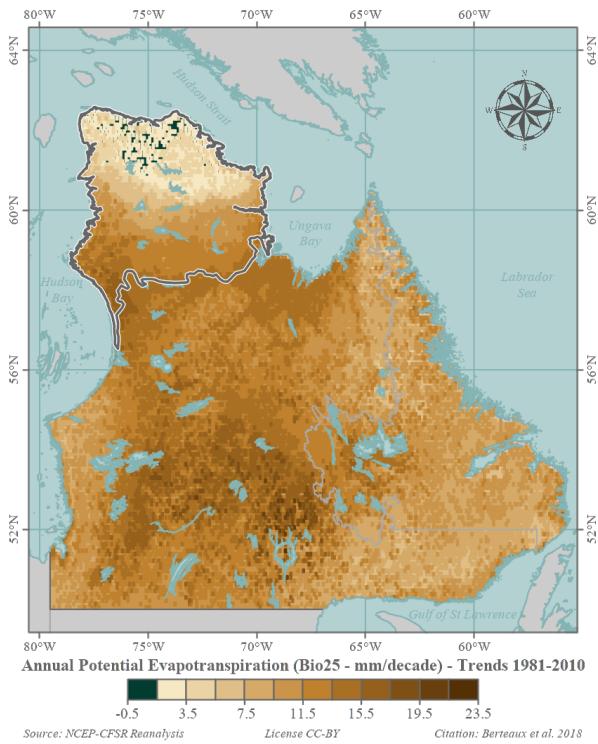


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

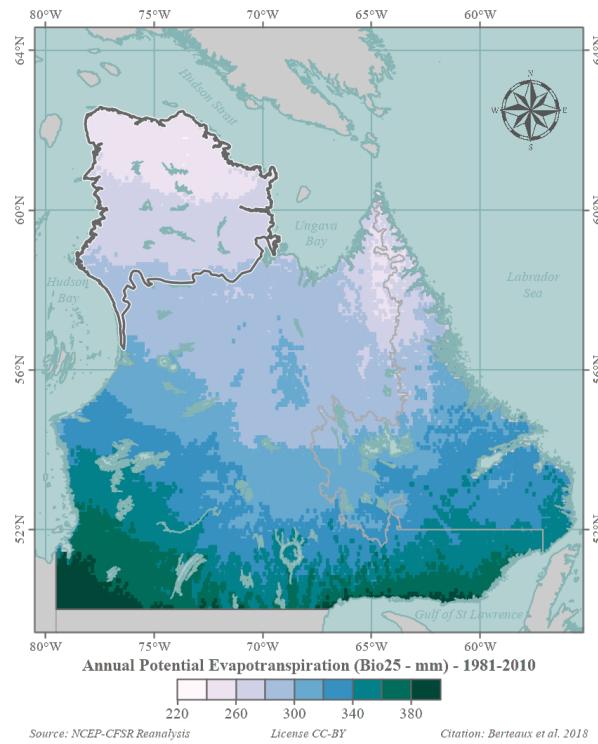


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 26 – Longueur de la période sans gel (Bio24)

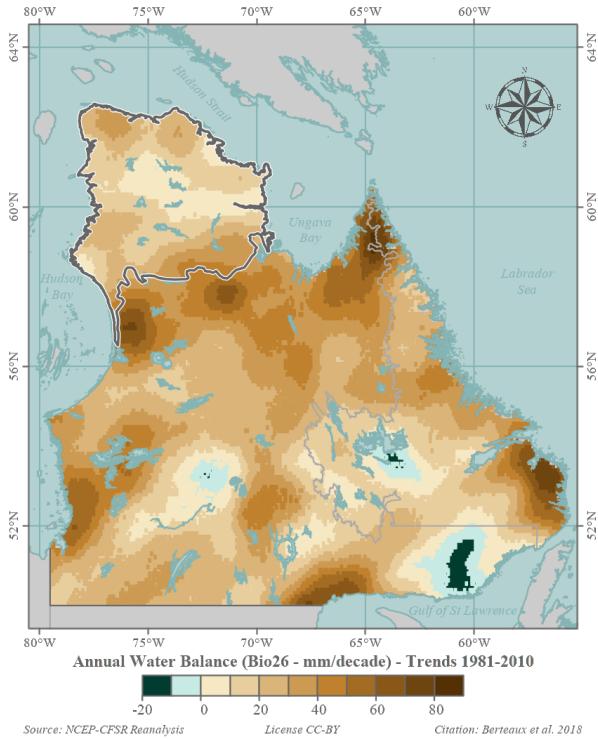


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

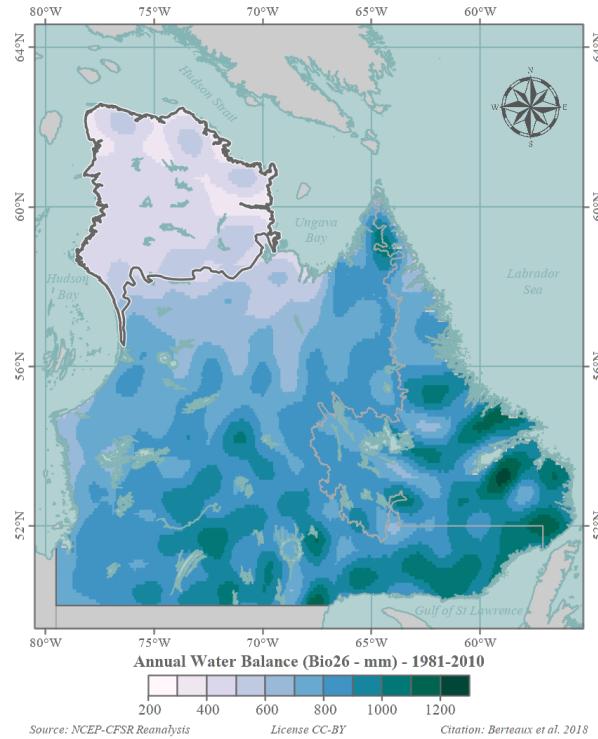


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 27 – Évapotranspiration potentielle annuelle (Bio25)

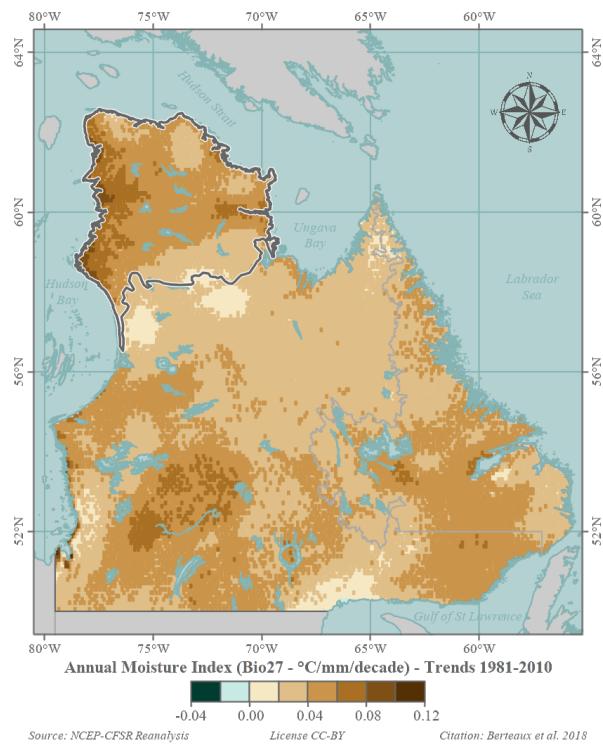


(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010

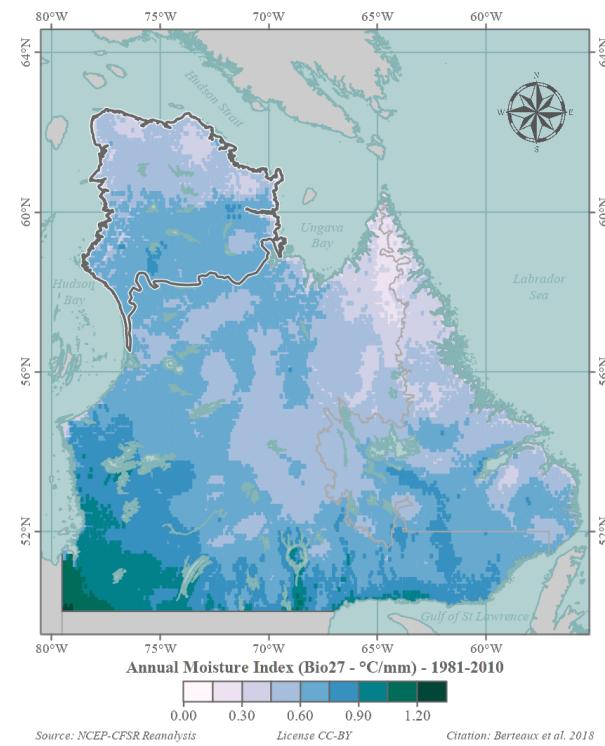


(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 28 – Bilan hydrique annuel (Bio26)



(a) Tendances historiques entre 1981 et 2010



(b) Conditions climatiques pour la période 1981-2010

FIGURE 29 – Indice d'humidité annuel (Bio27)

Références aux données et métadonnées

Métadonnées inscrites au Polar Data Catalogue (<https://www.polardata.ca>)

Berteaux D., N. Casajus and P. Ropars (2018) Tundra Nunavik : Set of 27 gridded climate variables representative of 1981-2010. Waterloo, Canada : Canadian Cryospheric Information Network (CCIN) #12890.

Données archivées dans la collection Nordicana D (<http://www.cen.uqar.ca/nordicanad>)

Berteaux D., N. Casajus et P. Ropars (2018) Tundra Nunavik : Set of 27 interpolated bioclimate variables (1981-2010) derived from NCEP CFSR Reanalysis for Labrador and the province of Quebec north of 50°N, v.1.0. Nordicana DXX, sous presse.

Références bibliographiques

Charron, I. & Chaumont, D. (2015) *Élaboration du portrait climatique régional du Nunavik*, Ouranos, Montréal, Canada.

Rehfeldt, G.E. (2006) *A spline model of climate for the Western United States*, Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO.

Saha, S., Moorthi, S., Pan, H.-L., Wu, X., Wang, J., Nadiga, S., Tripp, P., Kistler, R., Woollen, J., Behringer, D., Liu, H., Stokes, D., Grumbine, R., Gayno, G., Wang, J., Hou, Y.-T., Chuang, H.-Y., Juang, H.-M., Sela, J., Iredell, M., Treadon, R., Kleist, D., Van Delst, P., Keyser, D., Derber, J., Ek, M., Meng, J., Wei, H., Yang, R., Lord, S., Van Den Dool, H., Kumar, A., Wang, W., Long, C., Chelliah, M., Xue, Y., Huang, B., Schemm, J.-K., Ebisuzaki, W., Lin, R., Xie, P., Chen, M., Zhou, S., Higgins, W., Zou, C.-Z., Liu, Q., Chen, Y., Han, Y., Cucurull, L., Reynolds, R.W., Rutledge, G. & Goldberg, M. (2010) The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **91**, 1015–1057.

Thorntwaite, C.W. (1948) An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, **38**, 55–94.

Xu, T. & Hutchinson, M. (2011) *ANUCLIM Version 6.1 User Guide*, The Australian National University, Canberra, Australia.