



Environnement et
Changement climatique Canada

Environment and
Climate Change Canada

COUVERTURE DE NEIGE

INDICATEURS CANADIENS DE DURABILITÉ DE L'ENVIRONNEMENT



Canada

Référence suggérée pour ce document : Environnement et Changement climatique Canada (2022) Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement : Couverture de neige. Consulté le *jour mois année*.
Disponible à : www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/indicateurs-environnementaux/couverture-neige.html.

No de cat. : En4-144/84-2022F-PDF

ISBN : 978-0-660-42521-4

Code de projet : EC21032

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu de cette publication, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite de l'administrateur du droit d'auteur d'Environnement et Changement climatique Canada. Si vous souhaitez obtenir du gouvernement du Canada les droits de reproduction du contenu à des fins commerciales, veuillez demander l'affranchissement du droit d'auteur de la Couronne en communiquant avec :

Environnement et Changement climatique Canada
Centre de renseignements à la population
12e étage Édifice Fontaine
200 boul. Sacré-Cœur
Gatineau QC K1A 0H3
Téléphone : 1-800-668-6767 (au Canada seulement) ou 819-938-3860
Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca

Photos : © Environnement et Changement climatique Canada

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Environnement et du Changement climatique, 2022

Also available in English

INDICATEURS CANADIENS DE DURABILITÉ DE L'ENVIRONNEMENT COUVERTURE DE NEIGE

Mars 2022

Table des matières

Couverture de neige .....	.5
Étendue de la couverture de neige .....	.5
Aperçu des résultats .....	.5
Durée de la couverture de neige .....	.6
Aperçu des résultats .....	.6
À propos des indicateurs .....	.7
Ce que mesurent les indicateurs .....	.7
Pourquoi ces indicateurs sont importants .....	.7
Indicateurs connexes .....	.8
Sources des données et méthodes .....	.8
Sources des données .....	.8
Méthodes .....	.9
Changements récents .....	.11
Mises en garde et limites .....	.11
Ressources .....	.11
Références .....	.11
Annexe .....	.14
Annexe A. Tableaux des données utilisées pour les figures présentées dans ce document .....	.14

Liste des figures

Figure 1. Variations annuelles de l'étendue de la couverture de neige au printemps (avril, mai et juin), Canada, 1972 à 2021	5
Figure 2. Écarts de la durée de la couverture de neige comparativement à la période de référence 1999 à 2018, Canada, 2021	7

Liste des tableaux

Tableau 1. Ensembles de données sur la neige utilisés pour produire l'indicateur sur l'Étendue de la couverture de neige	9
Tableau A.1. Données pour la Figure 1. Variations annuelles de l'étendue de la couverture de neige au printemps (avril, mai et juin), Canada, 1972 à 2021	14

Couverture de neige

La couverture de neige est un élément important pour le climat, le débit d'eau et les écosystèmes au Canada. Celle-ci varie selon la température, les précipitations et les cycles climatiques (par exemple, El Niño), ce qui influence les tendances à long terme. Les renseignements sur l'étendue et la durée de la couverture de neige sont importants afin d'évaluer les changements à long terme du climat au Canada.

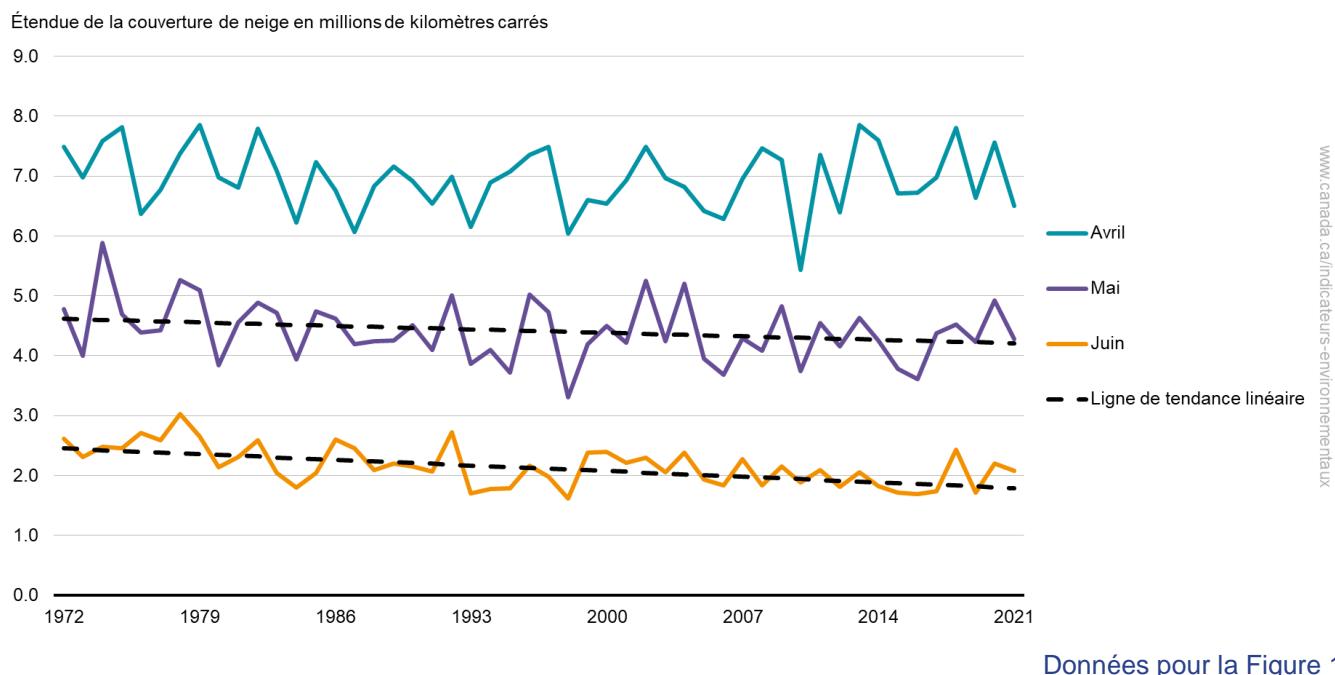
Étendue de la couverture de neige

L'étendue de la couverture de neige représente la superficie terrestre recouverte de neige.¹ L'étendue de la couverture de neige est étroitement liée à la température de l'air, ce qui veut dire qu'elle change considérablement selon le cycle saisonnier et varie également d'une année à l'autre. Les tendances de la couverture printanière de neige sont d'un intérêt significatif en raison du vaste éventail de conséquences (par exemple, l'hydrologie, les écosystèmes et le risque d'incendie) et du fait que les rétroactions positives dans le système climatique sont plus prononcées pendant cette saison.

Aperçu des résultats

- Depuis le début des années 1970, l'étendue de la couverture de neige a diminué de façon significative au Canada au cours des mois de mai et de juin.

Figure 1. Variations annuelles de l'étendue de la couverture de neige au printemps (avril, mai et juin), Canada, 1972 à 2021



Remarque : Le trait pointillé indique une tendance statistiquement significative selon les méthodes de Mann-Kendall et de Sen à un niveau de confiance de 95 %. Il est à noter que la tendance dans le temps pour le mois d'avril n'est pas statistiquement significative.

Source : Environnement et Changement climatique Canada (2022) Division de la recherche climatique, Section des processus climatiques.

Alors qu'aucune tendance statistique n'a été détectée en avril pour la couverture de neige au Canada pour la période de 1972 à 2021, des tendances à la baisse de 1,7 % et de 5,2 % par décennie ont été détectées en mai

¹ L'étendue de la couverture de neige est définie comme étant une zone de cellules de grille qui ont une couverture de neige de 50 % ou plus dans les séries de données maillées utilisées pour l'indicateur.

et juin, respectivement. En 2021, la couverture de neige en avril était à son 10e niveau le plus bas depuis 1972 (c'est-à-dire le 10e plus bas sur 49 ans de données disponibles). En comparaison, l'étendue de la couverture de neige en mai et juin était aux 24e et 22e niveaux les plus bas depuis 1972.

Les diminutions récentes de l'étendue de la couverture de neige, particulièrement au printemps, sont liées au réchauffement des températures de l'air dans l'hémisphère Nord et au Canada au cours de la même période. La réduction est plus importante en juin, car, à cette période de l'année, la majorité de la neige se trouve dans l'Arctique canadien, où le réchauffement a été le plus prononcé au cours des dernières décennies. Le réchauffement plus rapide de l'Arctique relativement aux latitudes plus basses s'explique par un phénomène appelé « amplification arctique »² et devrait se poursuivre dans l'avenir. Les réductions de la couverture de neige printanière en hautes latitudes au Canada sont conformes aux réductions observées dans l'Arctique eurasien.³

Durée de la couverture de neige

La durée de la couverture de neige influence le climat en raison des propriétés isolantes et réfléchissantes de la neige. La durée de la couverture de neige est contrôlée par le moment où commence la couverture de neige à l'automne/hiver et par la fonte subséquente au printemps, ainsi que toutes périodes de dégel entre les deux.

L'indicateur présente la durée de la couverture de neige en termes d'écart correspondant à la différence entre le nombre de jours avec neige au sol pour une année donnée et la durée moyenne pour une période de référence (soit la période de 1999 à 2018).

Aperçu des résultats

Chaque année, les écarts de durée de la couverture de neige varie entre les régions du Canada. Pour la saison de neige 2021⁴ :

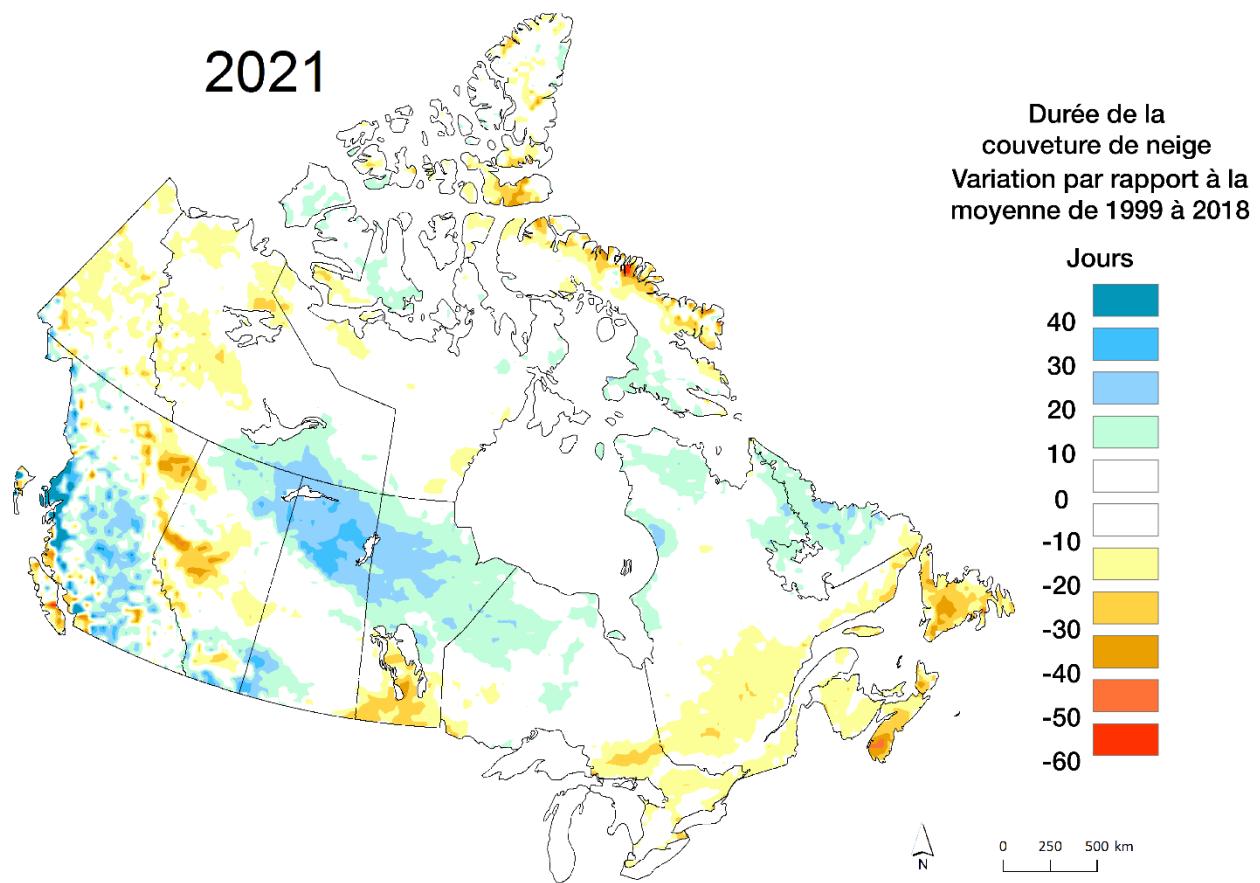
- le nombre de jours avec une couverture de neige était supérieur à la moyenne dans la partie nord du Manitoba et de la Saskatchewan ainsi que le long de la côte pacifique;
- une durée de la couverture de neige inférieure à la moyenne a été observée dans la majeure partie des Maritimes, dans la partie sud du Manitoba, au centre de l'Alberta et le long des côtes au nord-est du Nunavut.

² Bush E et al. (2019) [Comprendre les changements climatiques mondiaux observés - Chapitre 2 dans Rapport sur le climat changeant du Canada](#).

³ Mudryk L et al. (2021) [Terrestrial Snow Cover](#) (en anglais seulement). Rapport 2021 pour l'Arctique.

⁴ La saison de neige est définie comme étant la période commençant le 1 juillet de l'année précédente et se terminant le 30 juin de l'année en cours. La saison de neige est assignée à l'année qui correspond à la fin de la saison de neige. Par exemple, l'année 2019 correspond à la saison de neige de juillet 2018 à juin 2019.

Figure 2. Écarts de la durée de la couverture de neige comparativement à la période de référence 1999 à 2018, Canada, 2021



Remarque : Les écarts sont obtenus en soustrayant la moyenne des années de 1999 à 2018 au nombre de jours avec une couverture de neige pendant la saison de neige (juillet à juin). Les couleurs chaudes (jaune à orange) indiquent une durée de la couverture de neige plus courte; les couleurs froides (bleu) indiquent une durée plus longue.

Source : United States National Ice Centre (2022) [Interactive Multisensor Snow and Ice Mapping System](#) (IMS) (en anglais seulement). Les écarts sont calculés par Environnement et Changement climatique Canada (2022) Division de la recherche climatique, Section des processus climatiques.

À propos des indicateurs

Ce que mesurent les indicateurs

Les indicateurs montrent la façon dont change la couverture de neige au Canada d'année en année et au fil du temps. Les indicateurs font rapport de l'étendue de la couverture de neige au printemps et la durée de la couverture de neige.

L'étendue de la couverture de neige s'exprime en millions de kilomètres carrés et est présentée pour les mois printaniers d'avril, mai et juin. L'indicateur sur la Durée de la couverture de neige présente la répartition spatiale des écarts de la durée de la couverture de neige annuelle (juillet à juin) comparativement à la moyenne de 1999 à 2018.

Pourquoi ces indicateurs sont importants

Le Canada est un pays de neige. Soixante-cinq (65) pour cent de la masse terrestre du Canada a une couverture de neige annuelle pendant plus de 6 mois par année. Les changements dans la couverture de neige ont des conséquences importantes et profondes pour les systèmes écologiques et humains. Par exemple, la fonte de la glace et de la neige des manteaux neigeux en montagnes est cruciale pour une multitude de secteurs, dont les écosystèmes aquatiques, l'agriculture, la production d'énergie hydro-électrique et les activités de loisir.

En raison de sa couleur blanche, la neige reflète une grande partie des rayons du soleil. La couverture de neige est donc un facteur important qui influence la température de surface de la Terre, puisqu'elle détermine la quantité d'énergie du soleil qui est absorbée par la surface de la planète. Une diminution de la couverture de neige contribue donc à une rétroaction positive, car la nature hautement réfléchissante de la neige est remplacée par un sol nu ou de la végétation qui absorbent les rayons du soleil. Ce phénomène est appelé « rétroaction de l'albédo de la neige ».

La neige isole aussi le sol sous le manteau neigeux et protège les plantes et les animaux des températures froides de l'hiver. La quantité de neige et la fréquence des dégels hivernaux ont d'importantes conséquences pour les animaux arctiques comme les bœufs musqués et les caribous, qui doivent se déplacer sur la neige et fourrager dans la neige pour brouter. Les activités humaines, comme les loisirs extérieurs, le déneigement et la gestion des réservoirs, sont toutes hautement sensibles à la quantité de neige au sol ainsi qu'au moment de la fonte de la neige et à la vitesse à laquelle elle fond.

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat et la Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques utilisent la couverture de neige, entre autres variables, pour évaluer les changements climatiques à long terme. Selon le Système mondial d'observation des climats de l'Organisation météorologique mondiale, la couverture de neige est considérée comme une [variable climatique essentielle](#) (en anglais seulement).



Mesures relatives aux changements climatiques

Ces indicateurs soutiennent la mesure des progrès vers l'atteinte de l'objectif à long terme de la [Stratégie fédérale de développement durable 2019 à 2022](#) : Une économie à faibles émissions de carbone contribue à maintenir l'augmentation de la température mondiale bien en dessous de 2 degrés Celsius et à mener des efforts encore plus poussés pour limiter l'augmentation de la température à 1,5 degré Celsius.

Ces indicateurs sont proposés pour faire le suivi des progrès dans l'ébauche de la [Stratégie fédérale de développement durable 2022 à 2026](#).

Indicateurs connexes

Les indicateurs sur la [Glace de mer](#) au Canada fournissent des renseignements sur la variabilité et les tendances de la glace de mer au Canada pendant la saison estivale.

L'indicateur sur les [Changements de la température au Canada](#) mesure les écarts annuels et saisonniers de température de l'air à la surface au Canada, alors que l'indicateur sur les [Changements des précipitations au Canada](#) mesure les écarts annuels et saisonniers des précipitations.

Sources des données et méthodes

Sources des données

Pour la Couverture de neige au Canada, il existe 2 indicateurs : l'Étendue de la couverture de neige et la Durée de la couverture de neige.

Les données pour l'indicateur sur l'Étendue de la couverture de neige ont été obtenues à partir d'un ensemble de 6 produits différents dérivés de modèles de neige fondés sur une réanalyse atmosphérique et une télédétection par satellite. Cette approche à plusieurs ensembles de données a été élaborée au sein de la Division de la recherche climatique d'Environnement et Changement climatique Canada.

Les données utilisées pour calculer l'indicateur sur la Durée de la couverture de neige sont tirées du graphique quotidien de la couverture de neige du [Interactive Multisensor Snow and Ice Mapping System](#) (IMS) (en anglais seulement), qui est dérivé par des analystes, principalement à partir de l'imagerie optique par satellite.

Complément d'information

Indicateur sur l'Étendue de la couverture de neige (1972 à 2021)

Les séries chronologiques utilisées pour l'indicateur sur l'Étendue de la couverture de neige sont basées sur les 6 ensembles de données décrits dans le Tableau 1.

Tableau 1. Ensembles de données sur la neige utilisés pour produire l'indicateur sur l'Étendue de la couverture de neige

Ensemble de données	Période	Variable	Méthode
Registre de données climatologiques sur la neige (CDR) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)	De 1967 à 2021	Fraction de la couverture de neige	Analyse manuelle à partir essentiellement d'imagerie optique par satellite
Rutgers 24km Product	De 1981 à 2021	Fraction de la couverture de neige	Analyse améliorée similaire à l'ensemble de donnée CDR de la NOAA mais disponible à une résolution de 24 km
Crocus-ERA5	De 1981 à 2018	Équivalent en eau de la neige	Modèle de neige physique de l'ensemble Crocus produit par réanalyse ERA5
MERRA-2	De 1950 à 2021	Équivalent en eau de la neige	Équivalent en eau de la neige modélisé à partir de la réanalyse MERRA2
Snow CCI CRDPv2	De 1981 à 2020	Équivalent en eau de la neige	Données de micro-ondes passives par satellite et observations de la profondeur de la neige en surface
ERA5-Land	De 1981 à 2021	Équivalent en eau de la neige	Équivalent en eau de la neige modélisé à partir de la réanalyse ERA5

L'analyse des multiples ensembles de données fournit des valeurs moyennes mensuelles de l'étendue de la neige de septembre 1967 à août 2021. La période à partir de 1972 a été utilisée pour l'indicateur, parce que l'ensemble de données comporte des données manquantes entre 1966 et 1971. Pour les ensembles de données offrant un équivalent en eau de la neige, un seuil de 4 millimètres a été utilisé pour indiquer la présence de neige au sol.

Indicateur sur la Durée de la couverture de neige (2001 à 2021)

L'indicateur sur la Durée de la couverture de neige est basé sur des cartes binaires quotidiennes sur la couverture de neige (présence/absence) d'une résolution de 24 kilomètres, qui sont générées par le IMS du National Ice Centre des États-Unis. Ces cartes sont tirées de l'interprétation de données satellites principalement visibles, mais d'autres produits de satellite et observations de surface sont aussi utilisés.

Les écarts de la durée de la couverture de neige sont calculés annuellement de 2001 à 2021. Dans le contexte de cet indicateur, une année est définie comme la période allant du 1er juillet de l'année précédente au 30 juin de l'année en cours. Par exemple, l'année 2021 est la période qui débute le 1er juillet 2020 et se termine le 30 juin 2021.

Les données utilisées pour les indicateurs sur la Durée et sur l'Étendue de la couverture de neige sont à jour jusqu'à 2021.

Méthodes

L'indicateur sur l'Étendue de la couverture de neige présente la superficie du Canada couverte de neige pendant les mois d'avril, de mai et de juin pour les années 1972 à 2021. La superficie totale de la masse terrestre du

Canada couverte par la neige est estimée à partir d'une approche à multiples ensembles de données, élaborée au sein de la Division de la recherche climatique d'Environnement et Changement climatique Canada.

L'indicateur sur la Durée de la couverture de neige indique la différence (ou les écarts) entre le nombre de jours avec de la neige au sol pour une année donnée comparativement à la période de référence de 1999 à 2018.

Complément d'information

Étendue de la couverture de neige

L'indicateur sur l'Étendue de la couverture de neige est basé sur les valeurs moyennes mensuelles de l'étendue de la neige dérivées de 6 ensembles de données : registre de données climatologiques sur la neige de la NOAA, Rutgers 24km Product, Crocus-ERA5, MERRA-2, Snow CCI CRDP et ERA-Land.

Afin de fusionner les ensembles de données sur l'étendue de la neige, la climatologie et l'écart-type de chaque ensemble de données sont ajustés selon la méthode utilisée dans [Mudryk et al. \(2020\)](#) (en anglais seulement).

1. La climatologie de chaque ensemble de données est remplacée par la climatologie de l'ensemble de données Rutgers 24 km, et la variabilité de chaque ensemble de données est ajustée à celle de l'écart-type moyen de l'ensemble. L'ensemble de données de la NOAA n'est pas utilisé pour établir l'écart-type.
2. Les anomalies normalisées sont calculées en utilisant la climatologie et l'écart-type propres à chaque ensemble de données (échantillons prélevés entre 1981 et 2014).
3. Ces anomalies normalisées sont ensuite reconvertis en valeurs brutes en utilisant l'écart-type moyen de l'ensemble et la climatologie du registre des données Rutgers 24 km.
4. La moyenne de la série chronologique Rutgers 24 km et des 4 séries chronologiques ajustées dérivées de l'équivalent en eau de la neige est calculée pour la période allant de 1981 à 2021.
5. Cette série chronologique moyenne est fusionnée avec la série chronologique ajustée de la NOAA pour la période de 1967 à 1980 afin de rallonger les données jusqu'en 1967.

Comme le registre des données de la NOAA est le seul qui couvre la période de 1967 à 1980, cette méthode garantit que la transition entre les périodes avant et après 1981 (où le nombre d'ensembles de données disponibles passe de 1 à 5) ne contient aucune discontinuité due à des changements de climatologie (par exemple, si une simple moyenne des séries chronologiques complètes était calculée) ou de variabilité (par exemple, si la moyenne des anomalies non corrigées était calculée). L'ajustement de la variabilité des séries chronologiques individuelles est particulièrement important en juin, en juillet et en août, lorsque la variabilité de la NOAA est plus élevée par rapport aux autres ensembles de données. La climatologie de la NOAA a été utilisée, car aucune donnée de vérification supplémentaire n'est disponible et, par conséquent, elle est supposée offrir la meilleure estimation de l'étendue de la neige historique.

Pour la période de 1981 à 2021, des limites d'incertitude de 95 % ont été déterminées à partir de l'erreur-type (et) :

$$et = t/\sqrt{n - 1}$$

qui dépend de l'écart-type, t , des n ensembles de données inclus.

Au cours de la période de 1967 à 1980, des limites d'incertitude de 95 % ont été déterminées à partir de l'erreur-type des prévisions (et_p) :

$$et_p(x) = et_{res}(x) \sqrt{1 + \frac{1}{n} (1 + x_i^2)}$$

où $et_{res}(x)$ est l'erreur-type des résidus d'une droite de meilleur ajustement, x est l'anomalie normalisée de la variable indépendante de l'année i de la période d'analyse, et n est le nombre d'années de la période d'analyse.

Seuls les mois du printemps sont représentés, car l'approche à multiples ensembles de données pour la période de début de la couverture de neige (octobre, novembre) est encore en cours d'élaboration en

raison d'une tendance à la hausse artificielle dans l'un des ensembles de données.⁵ Les mois d'hiver, où le Canada est presque entièrement recouvert de neige, ne sont pas représentés.

Statistique Canada a fourni un fichier de formes qui définit la masse terrestre du Canada. La Division de la recherche climatique d'Environnement et Changement climatique Canada a calculé la superficie couverte de neige en utilisant les surfaces des cellules de grille du sous-programme MSCALE de la bibliothèque de logiciels RMNLIB d'Environnement et Changement climatique Canada.

Durée de la couverture de neige

Des renseignements de plus haute résolution indiquant les variations annuelles dans la durée de la couverture de neige à l'échelle du Canada pour la période de 2001 à 2021 ont été tirés du produit quotidien de la couverture de neige d'une résolution de 24 kilomètres du [Interactive Multisensor Snow and Ice Mapping System](#) (IMS) (en anglais seulement).

La Division de la recherche climatique à Environnement et Changement climatique Canada a converti les cartes quotidiennes de la couverture de neige de l'IMS du United States National Ice Centre en cartes mensuelles de la durée de la couverture de neige.

Le nombre de jours avec une couverture de neige par année (du 1er juillet au 30 juin de l'année suivante) a été obtenu en additionnant le nombre de jours avec de la neige au sol par mois pour chaque cellule de la grille terrestre au Canada (identifié avec le masque sol/plan d'eau fourni avec l'ensemble de données du IMS d'une résolution de 24 kilomètres). Les écarts dans la durée annuelle de la couverture de neige ont par la suite été calculés en soustrayant la moyenne de la période de référence de 1999 à 2018 pour générer une carte des écarts matricielle. Cette période de référence est utilisée afin d'être uniforme avec les écarts de la durée de la couverture de neige qui sont dérivés d'évaluations précédentes de la Division de la recherche climatique.

Changements récents

Auparavant, l'indicateur sur l'Étendue de la couverture de neige était obtenu à partir de 5 ensembles données différents. Pour cette publication, l'approche multi-ensembles de données a été conservée mais elle était basée sur 6 produits différents qui sont résumés dans le [tableau 1](#).

Mises en garde et limites

L'identification de la couverture de neige au sol à partir des données satellites visibles est fortement influencée par tout ce qui obscurcit la surface, comme la noirceur, la couverture nuageuse ou une forêt dense.

L'augmentation de la fréquence de la couverture visible du satellite au fil du temps, ainsi que les renseignements sur la couverture de neige en tout temps de satellites de télédétection passive par micro-ondes, signifient que notre capacité à détecter et à cartographier la neige de nos jours est bien meilleure qu'elle ne l'était au début de l'enregistrement de données. Ainsi, il faut porter attention lors de l'interprétation des tendances des couvertures de neige tirées du NOAA-CDR qui remontent jusque dans les années 1970. Voilà aussi pourquoi les données de la couverture de neige de la période automnale (octobre et novembre) ne sont pas comprises dans l'indicateur sur l'Étendue de la couverture de neige, puisque ces mois sont reconnus comme étant touchés par des tendances à la hausse erronées. La période printanière est moins touchée par ce problème.

Les plus récentes données sur l'étendue de la couverture de neige du IMS-24 (2000 à 2021) n'ont pas de problèmes d'homogénéité documentés; ainsi, les écarts dans la durée de la couverture de neige ne sont pas touchés par les incertitudes de la saison d'automne.

Ressources

Références

Blunden J and Boyer T (2021) [State of the Climate in 2020](#) (en anglais seulement). Bulletin of the American Meteorological Society 102(8):S-S475. Consulté le 14 janvier 2022.

⁵ Mudryk LR et al. (2017) [Snow cover response to temperature in observational and climate model ensembles](#) (en anglais seulement).

Bokhorst S, Pedersen SH, Brucker L, Anisimov O, Bierke JW, Brown RD, Ehrich D, Essery RL, Heilig A, Ingvander S, Johansson C, Johansson M, Jónsdóttir IS, Inga N, Luojus K, Macelloni G, Mariash H, McLennan D, Rosqvist GN, Sato A, Savela H, Schneebeli M, Sokolov A, Sokratov SA, Terzago S, Vikhamar-Schuler D, Williamson S, Qiu Y, Callaghan TV (2016) [Changing Arctic snow cover: A review of recent developments and assessment of future needs for observations, modelling and impacts](#) (en anglais seulement). AMBIO 45(5):516-537. Consulté le 14 janvier 2022.

Brown RD, Brasnett B and Robinson D (2003) [Gridded North American monthly snow depth and snow water equivalent for GCM evaluation](#) (en anglais seulement). Atmosphere-Ocean, 41:1, 1-14. Consulté le 14 janvier 2022.

Brown RD, Derksen C and Wang L (2010) [A multi-data set analysis of variability and change in Arctic spring snow cover extent, 1967-2008](#) (en anglais seulement). Journal of Geophysical Research Atmospheres 115(D16111). Consulté le 14 janvier 2022.

Brown RD and Robinson DA (2011) [Northern Hemisphere spring snow cover variability and change over 1922-2010 including an assessment of uncertainty](#) (en anglais seulement). The Cryosphere 5(1):219-229. Consulté le 14 janvier 2022.

Brun E, Vionnet V, Boone A, Decharme B, Peings Y, Vallette R, Karbou F and Morin S (2013) [Simulation of northern Eurasian local snow depth, mass, and density using a detailed snowpack model and meteorological reanalyses](#) (en anglais seulement). J. Hydromet., 14, 203-219. Consulté le 14 janvier 2022.

Bush E, Gillett N, Watson E, Fyfe J, Vogel F and Swart N (2019) [Comprendre les changements climatiques mondiaux observés - Chapitre 2 dans Rapport sur le climat changeant du Canada](#) (ed.) Bush E and Lemmen DS; Gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, p. 25-72. Consulté le 14 janvier 2022.

Canadian Cryospheric Information Network (2016) [Energy Flux: Snow Overview](#) (en anglais seulement). Consulté le 14 janvier 2022.

Derksen C, Burgess D, Duguay C, Howell S, Mudryk L, Smith S, Thackeray C and Kirchmeier-Young M (2019) [Évolution de la neige, de la glace et du pergélisol à l'échelle du Canada - Chapitre 5 dans Rapport sur le climat changeant du Canada](#) (ed.) Bush E and Lemmen DS; Gouvernement du Canada, Ottawa, Ontario, p. 194-260. Consulté le 14 janvier 2022.

Derksen C and Brown RD (2012) [Spring snow cover extent reductions in the 2008-2012 period exceeding climate model projections](#) (en anglais seulement). Geophysical Research Letters 39(19):L19504. Consulté le 14 janvier 2022.

Derksen C, Smith SL, Sharp M, Brown L, Howell S, Copland L, Mueller DR, Gauthier Y, Fletcher CG, Tivy A, Bernier M, Bourgeois J, Brown RD, Burn CR, Duguay C, Kushner PJ, Langlois A, Lewkowicz AG, Royer A, Walker A (2012) [Variability and change in the Canadian cryosphere](#) (en anglais seulement). Climatic Change 115(1):59-88. Consulté le 14 janvier 2022.

Estilow TW, Young AH and Robinson DA (2015) [A long-term Northern Hemisphere snow cover extent data record for climate studies and monitoring](#) (en anglais seulement). Earth System Science Data 7(1):137-142. Consulté le 14 janvier 2022.

Gelaro R, McCarty W, Suárez MJ, Todling R, Molod A, Takacs L, Randles CA, Darmenov A, Bosilovich MG, Reichle R, Wargan K, Coy L, Cullather R, Draper C., Akella S, Buchard V, Conaty A, Da Silva AM, Gu W, Kim G, Koster R, Lucchesi R, Merkova D, Nielsen JE, Partyka G, Pawson S, Putman W, Rienecker M, Schubert SD, Sienkiewicz M and Zhao B (2017) [The Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 \(MERRA-2\)](#) (en anglais seulement). J. Climate, 30, 5419–5454. Consulté le 14 janvier 2022.

Global Modeling and Assimilation Office (GMAO) (2015), MERRA-2 tavg1_2d_Ind_Nx: 2d,1-Hourly,Time-Averaged,Single-Level,Assimilation,Land Surface Diagnostics V5.12.4, Greenbelt, MD, USA, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), <https://doi.org/10.5067/RKPHT8KC1Y1T> (en anglais seulement). Consulté le 31 January 2020.

Helfrich SR, McNamara D, Ramsay BH, Baldwin T, Kasheta T (2007) [Enhancements to, and forthcoming developments in the Interactive Multisensor Snow and Ice Mapping System \(IMS\)](#) (en anglais seulement). Hydrological Processes 21(12):1576-1586. Consulté le 14 janvier 2022.

Luojus K, Moisander M, Pulliainen J, Takala M, Lemmetyinen J, Derksen C, Mortimer C, Schwaezer G and Nagler T (2020): [ESA Snow Climate Change Initiative \(Snow_cci\): Snow Water Equivalent \(SWE\) level 3C daily global](#)

[climate research data package \(CRDP\) \(1979 – 2020\), version 2.0](#) (en anglais seulement). Centre for Environmental Data Analysis. Consulté le 14 janvier 2022.

Mudryk L, Elias Chereque A, Derksen C, Luoju K and Decharme B (2021) [Terrestrial Snow Cover](#) (en anglais seulement) Arctic Report Card: Update for 2021. Consulté le 14 janvier 2022.

Mudryk L, Derksen C, Howell S, Laliberté F, Thackery C, Sospedra-Alfonso R, Vionnet V, Kushner PJ and Brown R (2018) [Canadian snow and sea ice: historical trends and projections](#) (en anglais seulement). The Cryosphere, 12, 1157-1176. Consulté le 14 janvier 2022.

Mudryk L, Derksen C, Kushner PJ and Brown RD (2015) [Characterization of Northern Hemisphere Snow Water Equivalent Datasets, 1981-2010](#) (en anglais seulement). Journal of Climate 28:8037-8051. Consulté le 14 janvier 2022.

Mudryk L, Kushner PJ, Derksen C and Thackeray C (2017) [Snow cover response to temperature in observational and climate model ensembles](#) (en anglais seulement). Geophysical Research Letters 44(2):919-926. Consulté le 14 janvier 2022.

Mudryk L, Santolaria-Otín M, Krinner G, Ménégoz M, Derksen C, Brutel-Vuilmet C, Brady M, and Essery R (2020) [Historical Northern Hemisphere snow cover trends and projected changes in the CMIP6 multi-model ensemble](#) (en anglais seulement). The Cryosphere, 14, 2495–2514. Consulté le 14 janvier 2022.

Muñoz Sabater J (2019) [ERA5-Land monthly averaged data from 1981 to present](#) (en anglais seulement). Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). Consulté le 14 janvier 2022.

National Snow & Ice Data Centre (2017) [All About Snow](#) (en anglais seulement). Consulté le 14 janvier 2022.

Robinson DA, Dewey KF and Heim RR Jr (1993) [Global Snow Cover Monitoring: An Update](#) (en anglais seulement). Bulletin of the American Meteorological Society 74(9):1689-1696. Consulté le 14 janvier 2022.

Robinson DA, Estilow TW and NOAA CDR Program (2012) [NOAA Climate Data Record \(CDR\) of Northern Hemisphere \(NH\) Snow Cover Extent \(SCE\), Version 1. \[r01\]](#) (en anglais seulement). NOAA National Centers for Environmental Information. Consulté le 14 janvier 2022.

Takala M, Luoju K, Pulliainen J, Derksen C, Lemmetyinen J, Kärnä JP and Koskinen J (2011) [Estimating northern hemisphere snow water equivalent for climate research through assimilation of space-borne radiometer data and ground-based measurements](#) (en anglais seulement). Remote Sensing of Environment, 115, 3517–3529. Consulté le 14 janvier 2022.

Annexe

Annexe A. Tableaux des données utilisées pour les figures présentées dans ce document

Tableau A.1. Données pour la Figure 1. Variations annuelles de l'étendue de la couverture de neige au printemps (avril, mai et juin), Canada, 1972 à 2021

Année	Avril étendue de la couverture de neige (millions de kilomètres carrés)	Mai étendue de la couverture de neige (millions de kilomètres carrés)	Juin étendue de la couverture de neige (millions de kilomètres carrés)
1972	7,48	4,78	2,61
1973	6,97	4,00	2,31
1974	7,58	5,88	2,48
1975	7,82	4,69	2,45
1976	6,37	4,39	2,71
1977	6,77	4,42	2,59
1978	7,37	5,26	3,02
1979	7,85	5,10	2,64
1980	6,98	3,85	2,14
1981	6,81	4,56	2,31
1982	7,78	4,89	2,58
1983	7,09	4,72	2,04
1984	6,23	3,94	1,80
1985	7,24	4,73	2,04
1986	6,75	4,62	2,60
1987	6,07	4,19	2,46
1988	6,82	4,24	2,09
1989	7,16	4,25	2,20
1990	6,91	4,50	2,15
1991	6,54	4,10	2,06
1992	6,98	5,00	2,72
1993	6,15	3,87	1,70
1994	6,89	4,10	1,78
1995	7,07	3,72	1,78
1996	7,35	5,01	2,17
1997	7,49	4,72	1,98
1998	6,03	3,31	1,62
1999	6,60	4,19	2,38
2000	6,53	4,50	2,39
2001	6,93	4,21	2,21
2002	7,48	5,25	2,30
2003	6,96	4,24	2,05
2004	6,82	5,21	2,38
2005	6,42	3,95	1,93
2006	6,29	3,69	1,84
2007	6,95	4,29	2,27

Année	Avril étendue de la couverture de neige (millions de kilomètres carrés)	Mai étendue de la couverture de neige (millions de kilomètres carrés)	Juin étendue de la couverture de neige (millions de kilomètres carrés)
2008	7,46	4,09	1,83
2009	7,27	4,82	2,16
2010	5,43	3,74	1,88
2011	7,35	4,54	2,09
2012	6,40	4,16	1,81
2013	7,85	4,63	2,06
2014	7,59	4,25	1,82
2015	6,71	3,78	1,71
2016	6,72	3,61	1,69
2017	6,98	4,38	1,74
2018	7,80	4,52	2,43
2019	6,63	4,24	1,72
2020	7,56	4,92	2,20
2021	6,50	4,28	2,08

Source : Environnement et Changement climatique Canada (2022) Division de la recherche climatique, Section des processus climatiques.

Pour des renseignements supplémentaires :

Environnement et Changement climatique Canada
Centre de renseignements à la population
12e étage Édifice Fontaine
200 boul. Sacré-Cœur
Gatineau QC K1A 0H3
Téléphone : 1-800-668-6767 (au Canada seulement) ou 819-938-3860
Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca