

Guide des indices et indicateurs de sécheresse utilisés en Amérique du Nord



Mai 2021

Citer comme suit :

CCE (2021), *Guide des indices et indicateurs de sécheresse utilisés en Amérique du Nord*, Montréal, Commission de coopération environnementale, 61 p.

La présente publication a été préparée par Ernest W. T. Cooper, Alejandra Peña et Max Winpenny, de E. Cooper Environmental Consulting, pour le compte du Secrétariat de la Commission de coopération environnementale (CCE). La responsabilité de l'information que contient ce document [incombe aux auteurs, et cette information ne reflète pas nécessairement les vues de la CCE ou des gouvernements du Canada, du Mexique ou des États-Unis.

Ce document peut être reproduit en tout ou en partie, et sous n'importe quelle forme, sans le consentement préalable du Secrétariat de la CCE, à condition que ce soit à des fins éducatives et non lucratives et que la source soit mentionnée. La CCE souhaiterait néanmoins recevoir un exemplaire de toute publication ou de tout écrit qui s'inspire du présent document.

Sauf indication contraire, le contenu de cette publication est protégé en vertu d'une licence Creative Commons : Paternité – Pas d'utilisation commerciale – Pas de modification.



© Commission de coopération environnementale, 2021]

ISBN : 978-2-89700-297-8

Available in English – ISBN: 978-2-89700-296-1

Disponible en español – ISBN: 978-2-89700-298-5

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2021

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives Canada, 2021

Renseignements sur la publication

Catégorie de document : Publication de projet

Date de publication : Mai 2021

Langue d'origine : Anglais

Processus d'examen et d'assurance de la qualité

Examen final par les Parties : Avril 2021

QA21.360

Projet : Plan opérationnel 2019-2020/ Amélioration de l'efficacité des systèmes d'alerte rapide en cas de sécheresse

Renseignements supplémentaires :

Commission de coopération environnementale

700, rue de la Gauchetière Ouest, bureau 1620

Montréal (Québec) H3B 5M2 Canada

Tél. : 514-350-4300; téléc. : 514-350-4314

Courriel : <info@cec.org>; site Web : <www.cec.org>



Table des matières

Liste des abréviations, des sigles et des acronymes.....	vii
Résumé.....	vii
Sommaire.....	viii
Préface	xi
Remerciements.....	xi
Introduction	2
Méthodes.....	0
Personnes interrogées.....	3
Indicateurs de sécheresse par groupe climatique	6
Groupe climatique A de Köppen : climats tropicaux	6
Groupe climatique B de Köppen : climats secs (désertiques et steppiques).....	14
Groupe climatique C de Köppen : climats tempérés	22
Groupe climatique D de Köppen : climats continentaux.....	32
Groupe climatique E de Köppen : climats polaires	42
Les décheresses en Amérique du Nord	47
Bibliographie.....	54
Communications personnelles.....	54
Annexe A. Classification climatique de Köppen	55
Annexe B. Indicateurs et indices	56
Annexe C. Questions du sondage	58

Liste des tableaux

Tableau 1. Fonctions des répondants relativement aux sécheresses.....	3
Tableau 2. Activités des répondants liées aux sécheresses.....	4
Tableau 3. Répondants actifs dans les climats tropicaux, par pays	8
Tableau 4. Occurrences de sécheresse dans les climats tropicaux au cours des 10 dernières années	9
Tableau 5. Fréquence des sécheresses dans les climats tropicaux.....	9
Tableau 6. Durée d'une sécheresse type dans les climats tropicaux.....	9
Tableau 7. Facteurs influençant le choix d'indicateurs dans les climats tropicaux	10
Tableau 8. Efficacité des indicateurs à l'échelle d'une zone géographique de responsabilité dans les climats tropicaux	10
Tableau 9. Efficacité des indicateurs d'une saison à une autre dans les climats tropicaux.....	10
Tableau 10. Indices et indicateurs les plus efficaces pour surveiller une sécheresse dans les climats tropicaux.....	12
Tableau 11. Indices et indicateurs <i>ne figurant pas</i> dans le <i>Manuel des indicateurs et indices de sécheresse</i> de l'OMM les plus efficaces pour surveiller une sécheresse dans les climats tropicaux.....	13
Tableau 12. Répondants actifs dans les climats secs, par pays.....	17
Tableau 13. Occurrences de sécheresse dans les climats secs au cours des 10 dernières années	17
Tableau 14. Fréquence des sécheresses dans les climats secs	17
Tableau 15. Durée d'une sécheresse type dans les climats secs	17
Tableau 16. Facteurs influençant le choix d'indicateurs dans les climats secs.....	18
Tableau 17. Efficacité des indicateurs à l'échelle d'une zone géographique dans les climats secs.....	18
Tableau 18. Efficacité des indicateurs d'une saison à une autre dans les climats secs.....	19
Tableau 19. Indices et indicateurs les plus efficaces pour surveiller une sécheresse dans les climats secs	19
Tableau 20. Indices et indicateurs <i>ne figurant pas</i> dans le <i>Manuel des indicateurs et indices de sécheresse</i> de l'OMM les plus efficaces pour surveiller une sécheresse dans les climats secs	21
Tableau 21. Répondants actifs dans les climats tempérés, par pays	25
Tableau 22. Occurrences de sécheresse dans les climats tempérés au cours des 10 dernières années	25
Tableau 23. Fréquence des sécheresses dans les climats tempérés	25
Tableau 24. Durée d'une sécheresse typique dans les climats tempérés	26
Tableau 25. Facteurs influençant le choix d'indicateurs dans les climats tempérés.....	27
Tableau 26. Efficacité des indicateurs dans les zones géographiques de climat tempéré..	27
Tableau 27. Efficacité des indicateurs d'une saison à une autre dans les climats tempérés.....	27
Tableau 28. Indicateurs les plus efficaces pour surveiller les sécheresses de courte durée dans les climats tempérés.....	29

Tableau 29. Indicateurs les plus efficaces pour surveiller les sécheresses de longue durée dans les climats tempérés.....	30
Tableau 30. Indicateurs <i>ne figurant pas</i> dans le <i>Manuel des indicateurs et indices de sécheresse</i> de l'OMM les plus efficaces pour surveiller les sécheresses dans les climats tempérés	31
Tableau 31. Répondants actifs dans les climats continentaux, par pays.....	35
Tableau 32. Occurrences de sécheresse dans les climats continentaux au cours des 10 dernières années.....	35
Tableau 33. Fréquence des sécheresses dans les climats continentaux	36
Tableau 34. Durée d'une sécheresse typique dans les climats continentaux	36
Tableau 35. Facteurs influençant le choix des indicateurs dans les climats continentaux.....	37
Tableau 36. Efficacité des indicateurs dans les zones géographiques des climats continentaux	37
Tableau 37. Efficacité des indicateurs d'une saison à une autre dans les climats continentaux	38
Tableau 38. Indicateurs les plus efficaces pour surveiller les sécheresses dans les climats continentaux.....	40
Tableau 39. Indicateurs <i>ne figurant pas</i> dans le <i>Manuel des indicateurs et indices de sécheresse</i> de l'OMM les plus efficaces pour surveiller les sécheresses dans les climats continentaux	41
Tableau 40. Répondants actifs dans les climats polaires, par pays.....	44
Tableau 41. Occurrences de sécheresse dans les climats polaires au cours des 10 dernières années	44
Tableau 42. Fréquence des sécheresses dans les climats polaires	44
Tableau 43. Durée d'une sécheresse typique dans les climats polaires.....	44
Tableau 44. Facteurs influençant le choix d'indicateurs dans les climats polaires.....	44
Tableau 45. Efficacité des indicateurs dans les zones géographiques de climat polaire ...	45
Tableau 46. Efficacité des indicateurs d'une saison à une autre dans les climats polaires	45
Tableau 47. Indicateurs les plus efficaces pour surveiller les sécheresses dans les climats polaires.....	45
Tableau 48. Indicateurs <i>ne figurant pas</i> dans le <i>Manuel des indicateurs et indices de sécheresse</i> de l'OMM les plus efficaces pour surveiller les sécheresses dans les climats polaires	46
Tableau 49. Occurrences de sécheresse en Amérique du Nord au cours des 10 dernières années	50
Tableau 50. Fréquence des sécheresses en Amérique du Nord	50
Tableau 51. Durée d'une sécheresse typique en Amérique du Nord.....	50
Tableau 52. Facteurs influençant le choix d'indicateurs en Amérique du Nord.....	51
Tableau 53. Efficacité des indicateurs dans les zones géographiques de responsabilité en Amérique du Nord	51
Tableau 54. Efficacité des indicateurs d'une saison à une autre en Amérique du Nord....	51

Liste des figures

Figure 1. Fonctions des répondants relativement aux sécheresses, en pourcentage	4
Figure 2. Activités des répondants liées aux sécheresses, en pourcentage	5
Figure 3. Répartition des climats tropicaux en Amérique du Nord	8
Figure 4. Durée d'une sécheresse type dans les climats tropicaux : courte durée par rapport à longue durée.....	9
Figure 5. L'efficacité des indicateurs est-elle uniforme dans les zones géographiques de climat tropical?	11
Figure 6. L'efficacité des indicateurs est-elle uniforme d'une saison à une autre dans les climats tropicaux?	11
Figure 7. Répartition des climats secs en Amérique du Nord.....	16
Figure 8. Durée d'une sécheresse type dans les climats secs : courte durée par rapport à longue durée.....	18
Figure 9. L'efficacité des indicateurs est-elle uniforme dans les zones géographiques de climat sec?	20
Figure 10. L'efficacité des indicateurs est-elle uniforme d'une saison à une autre dans les climats secs?	20
Figure 11. Répartition des climats tempérés en Amérique du Nord.....	24
Figure 12. Durée d'une sécheresse typique dans les climats tempérés : courte durée par rapport à longue durée	26
Figure 13. L'efficacité des indicateurs est-elle uniforme dans les zones géographiques de climat tempéré?.....	28
Figure 14. L'efficacité des indicateurs est-elle uniforme d'une saison à une autre dans les climats tempérés?.....	28
Figure 15. Répartition des climats continentaux en Amérique du Nord.....	34
Figure 16. Durée d'une sécheresse typique dans les climats continentaux : courte durée par rapport à longue durée	37
Figure 17. L'efficacité des indicateurs est-elle uniforme dans les zones géographiques de climat continental?.....	39
Figure 18. L'efficacité des indicateurs est-elle uniforme d'une saison à une autre dans les climats continentaux?	39
Figure 19. Répartition des climats polaires en Amérique du Nord.....	43
Figure 20. Durée d'une sécheresse typique en Amérique du Nord	51
Figure 21. L'efficacité des indicateurs est-elle uniforme dans les zones géographiques de responsabilité, par zone climatique?.....	52
Figure 22. L'efficacité des indicateurs est-elle uniforme d'une saison à une autre, par zone climatique?.....	53

Liste des abréviations, des sigles et des acronymes

CCE	Commission de coopération environnementale
CRED	<i>Centre for Research on the Epidemiology of Disasters</i> (Centre de recherches sur l'épidémiologie des catastrophes)
GWP	Partenariat mondial de l'eau
RNP	Rapport à la normale des précipitations
IPEN	Indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé
IPN	Indice de précipitations normalisé
USDM	<i>United States Drought Monitor</i> (Outil de surveillance des sécheresses aux États-Unis)
OMM	Organisation météorologique mondiale

Résumé

L'objectif de la présente étude a consisté à améliorer la capacité des collectivités et des décideurs régionaux et locaux à surveiller les conditions de sécheresse et à s'y préparer grâce à l'élaboration d'un guide d'indicateurs pertinents à l'échelle locale pour les régions climatiques nord-américaines. La collecte des données s'est faite au moyen d'un sondage en ligne comportant des questions sur les expériences des répondants en matière de sécheresse dans leur zone géographique. Une série de questions clés portait sur l'efficacité de différents indicateurs de sécheresse, et l'analyse des réponses a servi à déterminer quels indicateurs de sécheresse de courte et de longue durée les répondants ont estimé avoir le plus d'efficacité dans des zones climatiques particulières d'Amérique du Nord visées par le système de classification des climats de Köppen. La tenue de webinaires en anglais et en espagnol a permis de recueillir des renseignements supplémentaires.

Presque tous les répondants ont déclaré que leur zone de responsabilité avait connu des sécheresses au cours des dix années précédentes, et la plupart ont indiqué qu'elles duraient généralement moins de six mois. À l'égard de la plupart des zones climatiques, les répondants ont déclaré que l'efficacité des indicateurs n'était pas uniforme dans l'ensemble de leur zone géographique respective, ou encore d'une saison à une autre. L'humidité du sol était le seul indicateur considéré comme très efficace dans toutes les zones climatiques. Six autres se sont révélées très efficaces dans la plupart de ces zones : le rapport à la normale des précipitations (RNP), l'indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé, l'indice de précipitations normalisé, l'état des cultures, le stockage d'eau dans les réservoirs et l'*United States Drought Monitor* (Outil de suivi des sécheresses aux États-Unis).

Les informations recueillies au sujet de l'efficacité des indicateurs de sécheresse sont compilées dans une série de tableaux et de graphiques qui constituent un guide informel des indicateurs les plus appropriés pour surveiller les sécheresses dans les zones climatiques nord-américaines.

Sommaire

En 2016, l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Partenariat mondial de l'eau (GWP) ont publié conjointement le *Manuel des indicateurs et indices de sécheresse*. Ce manuel constitue une référence pour les indicateurs de sécheresse les plus couramment utilisés dans les régions du monde qui sont sujettes aux sécheresses. Le présent document est destiné à compléter le manuel de l'OMM en fournissant un guide informel des meilleurs indicateurs et indices pour surveiller les sécheresses en Amérique du Nord. L'objectif consiste à améliorer la capacité des collectivités et des décideurs régionaux et locaux à surveiller les conditions de sécheresse en Amérique du Nord et à s'y préparer. Ce rapport est centré sur les indicateurs énumérés dans le manuel de l'OMM, ainsi que sur 22 autres indicateurs qui n'y figuraient pas à l'origine.

Les lignes directrices énoncées dans ce rapport se fondent sur les opinions de spécialistes en matière de sécheresses en Amérique du Nord recueillies au moyen d'un sondage en ligne jumelé à une consultation dans le cadre de deux webinaires.

Les personnes interrogées

Des 145 personnes qui ont répondu aux questions sur leur lieu de travail, 84 se trouvaient aux États-Unis, 33 au Canada et 28 au Mexique. La plupart ont déclaré consacrer au moins 10 % de leur temps à la surveillance des sécheresses, aux communications, à l'atténuation des risques ou à la résilience aux catastrophes, à la planification des ressources naturelles et environnementales, à des recherches gouvernementales, ou à la planification générale ou à long terme.

L'utilisation des indicateurs de sécheresse en Amérique du Nord

De nombreux répondants ont indiqué que la précision géographique représentait un facteur important dans le choix des indicateurs, et qu'il serait souhaitable de pouvoir mettre en corrélation un indicateur avec les conditions réelles sur place. La plupart des répondants ont déclaré que l'efficacité des indicateurs n'était pas uniforme dans l'ensemble de leur zone de responsabilité géographique respective ou d'une saison à une autre. Les répondants ont aussi indiqué que le manque de disponibilité de données empêchait de bien comprendre de quelle manière fonctionnaient certains indicateurs.

Ils ont également déclaré que la plupart des indicateurs du manuel de l'OMM n'étaient pas très efficaces à l'égard de la majorité des zones climatiques d'Amérique du Nord. Ils ont jugé que quatre d'entre eux s'avéraient très efficaces dans la plupart des zones climatiques en ce qui concerne les sécheresses de courte et de longue durée : le rapport à la normale des précipitations (RNP), l'indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé (IPEN), l'indice de précipitations normalisé (IPN) et l'Outil de surveillance des sécheresses aux États-Unis (USDMS). Selon l'opinion des répondants, l'IPN et l'USDMS peuvent être considérés comme les indicateurs de sécheresse les plus efficaces à l'échelle régionale.

Les répondants ont jugé que 13 indicateurs ne figurant pas dans le manuel de l'OMM étaient très efficaces pour la plupart des zones climatiques. Ils ont considéré que l'humidité du sol était le seul indicateur très efficace dans toutes les zones climatiques d'Amérique du Nord, alors que deux autres indicateurs, ceux sur l'état des cultures et le stockage d'eau dans les réservoirs, n'étaient très efficaces que dans 33 des 34 zones climatiques.

Le groupe climatique A de Köppen : les climats tropicaux

En Amérique du Nord, le groupe climatique A de Köppen comprend les régions côtières du Mexique, le sud de la Floride et les îles Vierges américaines. Les répondants ont estimé que 3 indicateurs de sécheresse étaient très efficaces pour les sécheresses de courte et de longue durée dans les zones de climat tropical : le RNP, l'IPN et l'USDMS. Ils ont aussi qualifié de très efficaces 9 indicateurs ne figurant pas dans le manuel de l'OMM pour surveiller les sécheresses dans toutes les zones de climat tropical. Quant

aux indicateurs du degré de verdure de la végétation et d'humidité du sol, une grande majorité des répondants les ont jugés très efficaces.

Le groupe climatique B de Köppen : les climats secs (désertiques et steppiques)

En Amérique du Nord, le groupe climatique B de Köppen est très répandu, car il couvre une grande partie du nord du Mexique, de l'ouest et des hautes plaines des États-Unis, ainsi que des régions sud de l'Ouest canadien. Les répondants ont jugé très efficaces 2 indicateurs, l'IPN et l'USDM, pour les sécheresses de courte et de longue durée dans les zones de climat sec. Ils ont également jugé le RNP très efficace pour les sécheresses de longue durée dans toutes les zones de climat sec. Neuf indicateurs de sécheresse ne figurant pas dans le manuel de l'OMM se sont avérés très efficaces pour surveiller les sécheresses dans les climats secs. Quant aux indicateurs de stockage d'eau dans les réservoirs et d'humidité du sol, une grande majorité des répondants les ont jugés très efficaces.

Le groupe climatique C de Köppen : les climats tempérés

En Amérique du Nord, le groupe climatique C de Köppen comprend les régions du centre du Mexique, la côte ouest et les plaines du sud au sud-est des États-Unis, ainsi que la côte ouest du Canada. Dans l'ensemble, les répondants ont jugé que 26 indicateurs étaient très efficaces pour surveiller les sécheresses de courte durée dans les zones de climat tempéré, et 10 relativement aux sécheresses de longue durée. La diversité des réponses au sondage et le nombre (relativement) important de zones de climat tempéré ont donné lieu à un ensemble de résultats diversifié. Toutefois, de nombreux indicateurs ont été jugés très efficaces par seulement 50 % des répondants.

L'USDM est le seul indicateur que les répondants ont jugé très efficace pour les sécheresses de courte durée dans toutes les zones de climat tempéré, mais en ont qualifié 3 autres de très efficaces dans la plupart des mêmes zones de climat tempéré pour les sécheresses de courte durée. En revanche, ils n'ont trouvé qu'aucun indicateur n'était très efficace pour les sécheresses de longue durée dans toutes les zones de climat tempéré. Deux indicateurs, l'IPN et l'USDM, se sont avérés très efficaces pour les sécheresses de longue durée dans la plupart des zones tempérées. Par ailleurs, la grande majorité des répondants ont qualifié de très efficaces 4 indicateurs ne figurant pas dans le manuel de l'OMM pour surveiller les sécheresses dans toutes les zones de climat tempéré, à savoir ceux du stockage d'eau dans les réservoirs, de l'état des cultures et de l'humidité du sol.

Le groupe climatique D de Köppen : les climats continentaux

En Amérique de Nord, le groupe climatique D de Köppen couvre une grande partie des régions américaines du Midwest, du Nord-Est et du Nord-Ouest que forment des États contigus, la majorité de l'Alaska ainsi que des régions de haute altitude. La majeure partie du Canada au sud du cercle arctique fait également partie de ce groupe.

Les répondants ont jugé qu'aucun indicateur ne s'avérait très efficace pour les sécheresses de courte durée dans toutes les zones de climat continental, mais que l'USDM était très efficace dans toutes les zones climatiques sauf deux. Les 3 autres indicateurs (le RNP, l'IPEN et l'IPN) ont donné lieu à de bons résultats dans la plupart des zones climatiques, mais aucun indicateur n'a été considéré comme très efficace pour surveiller les sécheresses de longue durée dans la zone Dfd (climat continental subarctique à hiver froid sans saison sèche). Les répondants ont qualifié l'USDM de très efficace pour les sécheresses de longue durée dans toutes les zones climatiques, à l'exception de la zone Dfd, et les 3 autres (l'IPEN, le RNP et l'IPN) de très efficaces pour les sécheresses de longue durée dans la plupart des zones de climat continental. Ils ont également qualifié de très efficaces 3 indicateurs de sécheresse ne figurant pas dans le manuel de l'OMM, soit ceux de l'état des cultures, des centiles de précipitations et de l'humidité du sol dans toutes les zones de climat continental.

Le groupe climatique E de Köppen : les climats polaires

En Amérique du Nord, le groupe climatique E de Köppen comprend des régions de l'Alaska et de hautes altitudes dans l'ouest des États-Unis, ainsi que le Grand Nord et des régions de hautes altitudes dans l'ouest du Canada. L'expertise dans ces zones climatiques est limitée à un nombre restreint d'autorités.

Les répondants ont estimé l'USDM très efficace pour les sécheresses de courte et de longue durée dans les 2 zones de climat polaire. Ils ont en outre qualifié de très efficaces 17 indicateurs de sécheresse ne figurant pas dans le manuel de l'OMM pour surveiller les sécheresses dans les zones de climat polaire. Cependant, étant donné le nombre restreint de répondants, il est difficile de tirer des conclusions définitives sur l'efficacité de ces indicateurs.

Préface

En 2019, le Conseil de la Commission de coopération environnementale (CCE) a approuvé le projet intitulé *Amélioration de l'efficacité des systèmes d'alerte rapide en cas de sécheresse* dans le cadre de son Plan opérationnel pour 2019 et 2020. Ce projet consistait à mener des travaux concertés afin d'améliorer l'efficacité de ces systèmes d'alerte rapide en Amérique du Nord en exécutant des tâches qui visaient les trois objectifs connexes suivants :

1. Relever les indicateurs et les indices de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) les plus pertinents pour surveiller les sécheresses en Amérique du Nord, dans le but d'améliorer les capacités des collectivités et des décideurs régionaux et locaux à surveiller les conditions de sécheresse et à s'y préparer. Cet objectif consistait à élaborer un ensemble de lignes directrices relatives à l'utilisation d'indicateurs pertinents sur le plan local dans les régions climatiques de l'Amérique du Nord.
2. Renforcer les capacités locales de recourir à des pratiques exemplaires en matière de préparation, de planification et de gestion des risques. Cet objectif consistait à recueillir et à comparer des informations dans les trois pays sur les sécheresses et les pratiques exemplaires connexes, et à formuler des recommandations aux collectivités locales sur la manière d'accéder et de se servir des documents et des outils d'aide en cas de sécheresse, ainsi que sur la façon d'intégrer les sécheresses dans la gestion multirisque.
3. Évaluer l'utilisation du Système de surveillance des sécheresses en Amérique du Nord (NADM, selon le sigle anglais) ainsi que les besoins des utilisateurs afin de contribuer à améliorer ce système, notamment en permettant aux utilisateurs d'y accéder plus facilement et en concevant de nouveaux outils à leur intention, tout en mettant l'accent sur les régions transfrontalières d'Amérique du Nord.

Le présent document constitue la réalisation finale du premier objectif du projet.

Remerciements

La Commission de coopération environnementale (CCE) tient à remercier les personnes et les organisations énumérées ci-dessous pour le rôle prépondérant qu'elles ont joué et les conseils qu'elles ont formulés à titre de membres du comité directeur de ce projet :

- Barrie Bonsal, Environnement et Changement climatique Canada
- Brian Fuchs, *National Drought Mitigation Center* (Centre national d'atténuation des effets des sécheresses), États-Unis
- Elizabeth Weight, *National Integrated Drought Information System* (Système national intégré d'information sur les sécheresses) de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, Administration océanique et atmosphérique nationale), États-Unis
- Javier Vicente Aguilar Lara, *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural* (Sader, anciennement Sagarpa, ministère de l'Agriculture et du Développement rural), Mexique
- Juan Bernardo Orozco Sánchez, Sader, Mexique
- Leticia Albarrán Mena, Sader, Mexique
- Mark Shafer, University of Oklahoma, États-Unis
- Meredith Muth, *Oceanic and Atmospheric Research* (Recherches océaniques et atmosphériques) de la NOAA, États-Unis
- Reynaldo Pascual, *Comisión Nacional del Agua* (Conagua, Commission nationale de l'eau) et *Servicio Meteorológico Nacional* (SMN, Service météorologique national), Mexique

- Richard R. Heim Jr, *National Centers for Environmental Information* (Centres nationaux d'information environnementale) de la NOAA, États-Unis
- Shannon Burke, *American Planning Association* (Association américaine de planification), États-Unis
- Sol Ortiz, Sader, Mexique
- Trevor Hadwen, Agriculture et Agroalimentaire Canada
- Víctor Manuel Rodríguez Moreno, *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias* (INIFAP, Institut national de recherches forestières, agricoles et animales), Mexique

La CCE remercie également le personnel de l'Unité de la qualité de l'environnement du Secrétariat de la CCE qui a contribué à la réussite de ce projet : Orlando Cabrera-Rivera, chef de l'Unité, Nayheli Alliu, chargée de projets, et Erika Hercules, adjointe administrative.

Introduction

En 2016, l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Partenariat mondial de l'eau (GWP) ont publié conjointement le *Manuel des indicateurs et indices de sécheresse*¹. L'objectif de ce manuel était de soutenir les politiques de gestion des sécheresses et les plans visant à s'y préparer, en décrivant les indicateurs de sécheresse les plus couramment utilisés dans les régions qui sont sujettes à de tels phénomènes climatiques. Le manuel a été conçu pour servir de référence aux spécialistes en matière de sécheresses, en indiquant quels indicateurs sont utilisés dans le monde; il ne classe toutefois pas les différents indicateurs et ne recommande pas les indicateurs à utiliser (OMM et GWP, 2016).

Le présent document est destiné à compléter le manuel de l'OMM en fournissant des informations quant aux indicateurs les plus pertinents pour la surveillance des sécheresses dans les zones climatiques de Köppen en Amérique du Nord. L'étude porte sur les indicateurs énumérés dans le manuel de l'OMM, mais incorpore aussi 21 indicateurs qui n'y figurent pas, ce qui représente une mise à jour de la liste d'indicateurs originale de l'OMM. Les indications fournies dans le présent rapport se fondent sur les opinions qu'ont formulées les spécialistes nord-américains en matière de sécheresses qui ont répondu au sondage. Il s'agit d'un guide informel qui n'a pas de visée prescriptive, mais il faut espérer que les décideurs et les collectivités pourront utiliser les informations qu'il contient pour surveiller les conditions de sécheresse et s'y préparer dans leur zone géographique d'intérêt, de responsabilité ou de résidence.

La classification climatique de Köppen a été conçue par W. P. Köppen en 1884 et révisée en collaboration avec Rudolf Geiger dans les années 1930 (elle est souvent dénommée « classification climatique de Köppen-Geiger »). D'autres climatologues l'ont ensuite modifiée et elle constitue actuellement la classification climatique la plus largement acceptée à l'échelle de la planète. Beck et coll. (2018) ont publié des cartes du monde à haute résolution de la classification climatique Köppen-Geiger. Cette classification répartit les climats en 5 grands groupes et 30 zones (sous-types), sur la base de valeurs définies mathématiquement pour les températures de l'air et les précipitations mensuelles, ainsi que le cycle saisonnier de ces dernières (Beck et coll., 2018). Chaque groupe et zone est représenté par une combinaison de lettres. Les principaux groupes climatiques sont les suivants : les climats tropicaux (A), les climats secs (B), les climats tempérés (C), les climats continentaux (D) et les climats polaires (E). Les sous-types sont définis à l'aide de lettres supplémentaires qui décrivent plus en détail les caractéristiques des températures et des précipitations, telles que le caractère saisonnier et les températures extrêmes.

Les utilisateurs de ce guide peuvent choisir le groupe climatique de Köppen et la ou les zones correspondant à leur zone géographique d'intérêt ou de responsabilité, puis consulter les tableaux appropriés pour savoir quels indicateurs sont considérés comme les plus efficaces, selon les avis des spécialistes nord-américains en matière de sécheresses.

Le présent document comportant cinq parties, cette introduction conclut la première. La deuxième partie décrit les méthodes utilisées pour réaliser l'étude. La troisième partie résume les informations concernant les personnes interrogées lors d'un sondage mené par la Commission de coopération environnementale (CCE) auprès de spécialistes en matière de sécheresses. La quatrième partie présente les résultats du sondage ainsi qu'un résumé portant sur l'efficacité des indicateurs de sécheresse par groupe climatique. La cinquième partie traite de l'efficacité et de la pertinence des indicateurs dans une perspective nord-américaine. L'ensemble des zones climatiques de Köppen est décrit à l'annexe A, les indicateurs

¹ Les indicateurs sont des variables ou des facteurs utilisés pour décrire les conditions de sécheresse. Les indices sont des représentations numériques calculées indiquant la gravité d'une sécheresse qui visent à mesurer l'état qualitatif des sécheresses sur une période donnée. Techniquement, les indices sont également considérés comme des indicateurs (OMM et GWP, 2016). Par conséquent, pour les besoins du présent document, le terme « indicateurs de sécheresse » est utilisé tout au long du document pour désigner à la fois les indices et les indicateurs.

examinés dans le cadre de cette étude sont énumérés à l'annexe B et les questions posées dans le sondage en ligne figurent à l'annexe C.

Méthodes

Les informations que présente le présent rapport proviennent principalement d'un sondage en ligne et d'un suivi dans le cadre de consultations en groupe, tenues également en ligne, qu'ont complétés un examen de la documentation et des discussions avec des spécialistes et des intervenants pertinents.

La conception et la diffusion du sondage

Le sondage en ligne s'est déroulé à l'aide de la plateforme Zoho Survey. Les consultants du projet ont formulé les questions du sondage en étroite collaboration avec le personnel de la CCE et le comité directeur du projet². Au total, ce sondage comportait 41 questions (voir l'annexe C), dont certaines visaient à recueillir des renseignements généraux (p. ex. « Dans quel pays travaillez-vous actuellement? »), mais la plupart étaient plus substantielles et portaient sur l'expérience et l'expertise des répondants relativement aux indicateurs de sécheresse. Le sondage final a été traduit et mis à la disposition des intéressés en français, en anglais et en espagnol, toutes les versions pouvant être consultées en utilisant le même lien.

La CCE a transmis les invitations au sondage par courriel à 276 répondants potentiels (205 en anglais, 17 en français et 54 en espagnol) le 26 mars 2020. Les destinataires étaient encouragés à transmettre le lien du sondage à des collègues qui étaient actifs dans le domaine de la surveillance des sécheresses. Le sondage a été accessible pendant 17 semaines et s'est terminé le 23 juillet 2020. La plateforme Zoho Survey a permis d'établir des rapports hebdomadaires afin de suivre l'évolution du sondage.

L'analyse du sondage

L'analyse a donné lieu à l'utilisation d'une combinaison des logiciels Zoho et Microsoft. Les répondants n'étant pas tenus de répondre à toutes les questions, le nombre de réponses varie donc d'une question à une autre.

Lorsque cela s'avérait pertinent, la plateforme Zoho Survey a permis de produire des rapports croisés pour comparer les données de deux questions distinctes. Par exemple, en ce qui concerne la question 1, « Dans quel pays travaillez-vous actuellement? », et la question 19, « Utilisez-vous actuellement le *Manuel des indicateurs et des indices de sécheresse* de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) dans le cadre de votre travail? », un rapport croisé a permis de comparer les réponses et de trier les résultats de la question 19 par pays.

Une question clé du sondage demandait aux répondants d'indiquer la ou les zones climatiques de Köppen qui s'appliquaient à leur zone géographique de responsabilité. Cette question a permis de produire des rapports croisés qui comparaient les zones climatiques de Köppen indiquées aux réponses à d'autres questions. Cette comparaison a ensuite permis de résumer les réponses à ces questions en fonction des zones climatiques de Köppen.

Les répondants ont été invités à noter une série d'indicateurs de sécheresse selon une échelle de « peu efficace » à « très efficace » en fonction de leur zone géographique de responsabilité. Cette question a été posée séparément à l'égard des 5 catégories d'indicateurs : la météorologie, l'humidité du sol, l'hydrologie, la télédétection, et les indices ou indicateurs composites ou modélisés. Chaque catégorie d'indicateurs était présentée deux fois : une fois pour déterminer leur efficacité pour les sécheresses de

² Le comité directeur du projet était composé de représentants des gouvernements du Canada, du Mexique et des États-Unis. Les noms et affiliations des membres du comité directeur sont énumérés dans la section Remerciements du présent document.

courte durée, et une autre fois pour les sécheresses de longue durée³. Les personnes interrogées devaient donc répondre à 10 questions sur ce sujet. Les indicateurs énumérés dans ces questions sont tous tirés du manuel de l'OMM.

Dans une question connexe, mais distincte, les répondants devaient attribuer une note à une série d'indicateurs ne figurant pas dans le manuel de l'OMM. Au total, les personnes interrogées ont été invitées à donner leur avis sur l'efficacité de 73 indicateurs de sécheresse distincts, dont 51 figurent dans le manuel de l'OMM et 22 n'y figurent pas.

Les données recueillies indiquent, pour chaque indicateur, le pourcentage de répondants dans chaque zone climatique qui lui ont attribué une note de 1 (peu efficace) à 5 (très efficace). L'addition des données sur les notes 4 et 5 a ensuite permis d'obtenir le pourcentage de répondants qui ont considéré un indicateur comme « très efficace ».

Ces données ont été compilées et présentées dans des tableaux pouvant être utilisés pour déterminer les indicateurs de sécheresse de courte et de longue durées qui, selon les répondants, sont les plus efficaces pour des zones climatiques de Köppen précises en Amérique du Nord. Seuls les indicateurs classés 4 ou 5 par au moins 50 % des répondants ont été inclus dans les tableaux. Les cases vides des tableaux indiquent que moins de 50 % des répondants ont jugé l'indicateur très efficace.

La conception et la diffusion de la consultation

Deux webinaires (séminaires en ligne) ont été organisés pour recueillir des informations approfondies sur des sujets liés à la sécheresse et à l'utilisation des indicateurs de sécheresse en Amérique du Nord. Le contenu des deux webinaires était identique, à l'exception de la langue; l'un s'est tenu en anglais et l'autre en espagnol.

Les sujets de discussion et les questions se fondaient sur l'analyse des résultats du sondage en ligne. L'équipe de consultants avait initialement formulé et révisé les questions en collaboration avec le personnel de la CCE et le comité directeur du projet. Chaque webinaire comportait une série de questions sur chaque sujet de discussion. Ces sujets et les questions étaient les suivants :

1. Définition d'une sécheresse
 - a. Comment définissez-vous une sécheresse dans votre zone géographique de responsabilité ou votre secteur économique?
 - b. De quelle manière une sécheresse porte-t-elle préjudice à la population de votre zone géographique de responsabilité?
2. Zones climatiques
 - Y a-t-il des aspects uniques du climat dans votre région qui, selon vous, pourraient être pertinents afin de surveiller les sécheresses ou l'application d'indicateurs de sécheresse en particulier?
3. Indicateurs de sécheresse
 - a. Quelle est l'efficacité des indicateurs de sécheresse dans votre région ou votre secteur?
 - b. Comment peut-on améliorer les indicateurs disponibles, de quelles caractéristiques particulières manquent-ils ou quelles données supplémentaires faudrait-il recueillir?
4. Rapport à la normale des précipitations (RNP)
 - a. Pour ceux qui utilisent le RNP, pourquoi cet indice de sécheresse est-il important comparativement aux autres indicateurs?
 - b. De quelle manière le RNP vous aide-t-il à saisir l'incidence d'une sécheresse?

³ Une sécheresse de courte durée se définit comme une sécheresse de moins de 6 mois, alors qu'une sécheresse de longue durée se définit comme une sécheresse de 6 mois ou plus.

- c. Savez-vous ce qui distingue le RNP de l'indice de précipitations normalisé (IPN) en matière d'efficacité?

Une fois la conception de la consultation achevée, la CCE a transmis des invitations par courriel aux personnes-ressources choisies en collaboration avec le comité directeur. Les invitations comprenaient un lien vers un sondage Zoho dans lequel les participants pouvaient fournir leurs coordonnées. Ils ont ensuite reçu par courriel des liens Internet et des mots de passe.

Les processus de consultation

Les webinaires se sont déroulés en utilisant la plateforme de vidéoconférence Zoom. Celui en anglais s'est tenu le 8 octobre 2020 et celui en espagnol le 13 octobre 2020, et ils ont duré respectivement trois heures. Animés par les consultants, ces webinaires ont consisté en des exposés d'introduction de la CCE et de l'équipe de consultants, suivis d'une discussion menée par des spécialistes faisant partie du comité directeur. Les participants ont été encouragés à participer aux discussions verbalement ou par écrit au cours de la tribune de discussion. Les webinaires ont été enregistrés, et le contenu du clavardage a été copié pour consultation future.

Personnes interrogées

Les pays

Les répondants ont été invités à indiquer le pays dans lequel ils travaillaient. Des 145 personnes qui ont répondu à cette question, 84 travaillaient aux États-Unis, 33 au Canada et 28 au Mexique.

Les secteurs

La plupart des répondants (65 %) ont déclaré occuper des fonctions officielles dans la gestion des sécheresses (tableau 1 et figure 1). À la question concernant la nature de leur poste, la majorité des répondants (91 %) ont indiqué qu'ils travaillaient pour un ordre de gouvernement ou d'administration. Parmi ceux-ci, 46 % ont indiqué avoir un poste au sein du gouvernement fédéral et 26 % au sein d'un gouvernement étatique ou provincial. Au total, 16 % des répondants assumaient un rôle dans la gestion de domaines tels que l'eau à l'échelle municipale ou régionale, les situations d'urgence, la sécurité publique à l'échelle municipale ou régionale, ou d'autres fonctions au sein d'une administration municipale ou locale. De plus, 3 % travaillaient pour un gouvernement autochtone (tableau 1 et figure 1).

Environ un cinquième (soit 21 %) des répondants exerçaient un rôle dans le milieu universitaire ou de la recherche. Au total, 13 % occupaient un poste au sein d'organisations non gouvernementales ou intergouvernementales. Une autre tranche, soit 15 %, travaillait dans le secteur privé, soit à titre de producteur agricole, soit au sein d'une association professionnelle ou commerciale, soit dans un autre secteur privé ou au sein d'une autre entreprise (tableau 1 et figure 1).

Peu de répondants ont indiqué exercer un rôle dans les médias (4 %) ou à titre d'urbaniste ou de planificateur communautaire. Parmi les répondants, 10 % ont déclaré avoir un « autre » rôle, notamment au sein d'une organisation internationale ou d'un office de protection de la nature (bassins versants), ou être retraités depuis peu (tableau 1 et figure 1).

Les activités

L'une des questions posées aux personnes interrogées portait sur le temps qu'elles consacraient aux activités relatives aux sécheresses. La plupart ont déclaré consacrer au moins 10 % de leur temps aux activités suivantes : surveillance des sécheresses (84 % des répondants), communications (69 %), atténuation des risques ou résilience aux catastrophes (66 %), planification des ressources naturelles et environnementales (61 %), recherche gouvernementale (59 %) et planification générale ou à long terme (51 %) [tableau 2 et figure 2].

Tableau 1. Fonctions des répondants relativement aux sécheresses

Fonction	Nombre de réponses
Gestion de l'eau à l'échelle municipale ou régionale	9
Gestion des situations d'urgence ou sécurité publique à l'échelle municipale ou régionale	3
Milieu universitaire ou de la recherche	17
Autre fonction au sein d'une administration municipale ou locale	1
Gouvernement autochtone	2
Entreprise ou secteur privé	3
Producteur agricole (agriculteur, éleveur, etc.)	8
Association commerciale ou professionnelle	1
Organisation non gouvernementale	2
Organisation intergouvernementale	8
Médias	3
Gouvernement étatique ou provincial	21
Gouvernement fédéral	37
Urbaniste ou planificateur communautaire	1
Autre	8

Remarque : Les répondants pouvaient déclarer avoir plusieurs fonctions.

Figure 1. Pourcentage des fonctions des répondants relatives aux sécheresses

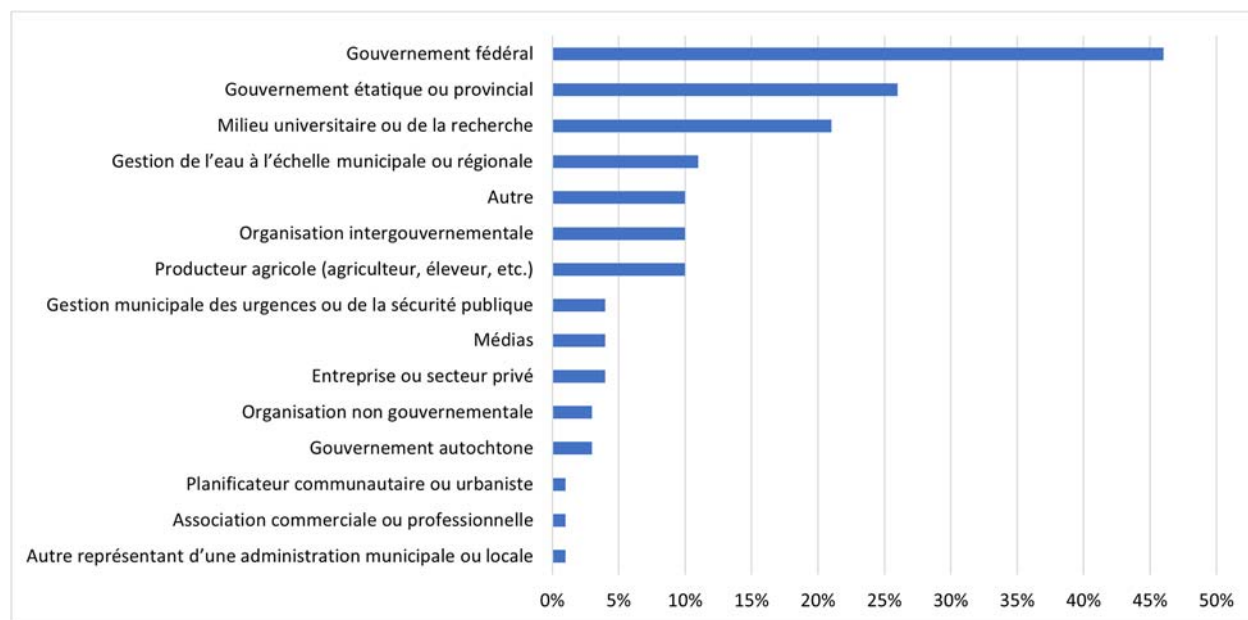
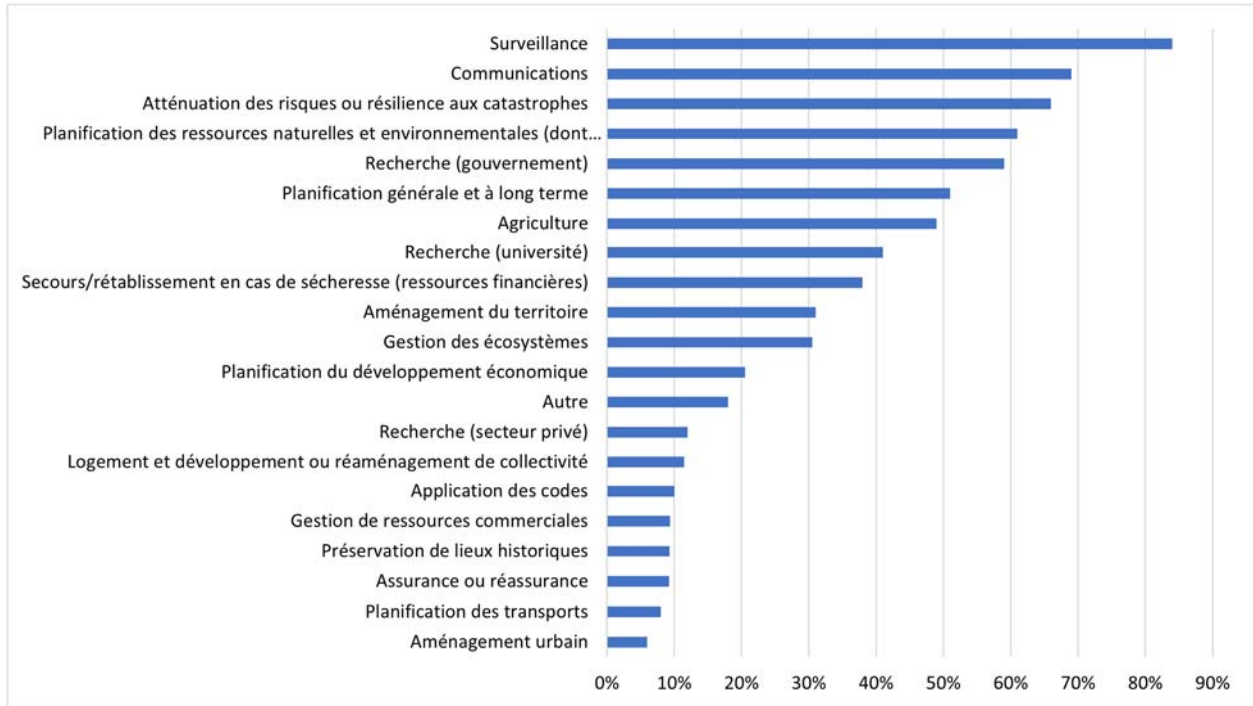


Tableau 2. Activités des répondants liées aux sécheresses

Activités	Nombre de réponses
Agriculture	46
Application des codes	9
Gestion des ressources commerciales	8
Communications	64
Planification générale et à long terme	49
Financement ou ressources d'aide ou de relance après une sécheresse	34
Planification du développement économique	19
Gestion des écosystèmes	29
Planification des ressources naturelles et environnementales (dont l'eau)	63
Atténuation des risques ou résilience aux catastrophes	63
Préservation de lieux historiques	8
Logement et développement ou réaménagement de collectivité	12
Assurance ou réassurance	8
Aménagement du territoire	33
Surveillance	83
Recherche (gouvernement)	56
Recherche (secteur privé)	11
Recherche (université)	40
Planification des transports	7
Aménagement urbain	5
Autre	9

Remarque : Les réponses indiquent le nombre de répondants qui ont déclaré consacrer au moins 10 % de leur temps à leurs activités respectives. Ils pouvaient indiquer plusieurs activités.

Figure 2. Pourcentage d'activités des répondants relatives aux sécheresses



Indicateurs de sécheresse par groupe climatique

Groupe les climatique A de Köppen : climats tropicaux

Les sécheresses dans les zones de climat tropical d'Amérique du Nord

Le groupe climatique A se caractérise par des climats tropicaux dont les températures au cours des mois les plus froids sont au moins de 18 °C. Il compte 3 zones climatiques, divisées selon le type de précipitations saisonnières (Heim, ad litt.; Peel, Finlayson et McMahon, 2007) :

- Af : climat équatorial
- Am : climat tropical à moussons
- Aw : climat de savane

En Amérique du Nord, le groupe climatique A de Köppen comprend les zones australes et côtières du Mexique, le sud de la Floride et les îles Vierges américaines (figure 3). Des 164 répondants, 49 ont indiqué que leur zone géographique de responsabilité comprenait le groupe climatique A de Köppen, soit 18 pour la zone Af, 12 pour la zone Am et 19 pour la zone Aw. La plupart de ces répondants ont déclaré avoir des fonctions officielles dans la gestion des sécheresses, dont 12 pour la zone Af, 8 pour la zone Am et 10 pour la zone Aw.

Un répondant résidait au Canada, 15 au Mexique et 33 aux États-Unis. Certains des répondants américains provenaient des îles du Pacifique sous tutelle des États-Unis (la Micronésie et les Samoa américaines), qui représentent les zones Af et Aw (tableau 3).

Tous les répondants des zones climatiques Af et Am, et tous sauf un répondant de la zone Aw ont indiqué que leur zone de responsabilité avait connu une sécheresse au cours des 10 années précédentes (tableau 4). La plupart des répondants des 3 zones de climat tropical ont déclaré avoir connu une sécheresse de 3 à 5 ans au cours des 10 dernières années (tableau 5).

Une sécheresse type durait 1 mois à plus de 12, et aucun des répondants n'a signalé de sécheresse ayant duré moins d'un mois dans l'une des zones climatiques du groupe A. La plupart des répondants ont indiqué que les sécheresses duraient généralement 6 mois ou moins dans chaque zone climatique, ce qui fait qu'il s'agit de sécheresses de courte durée (tableau 6 et figure 4). La plupart ont signalé qu'une sécheresse type durait 3 à 6 mois.

Les facteurs influençant le choix d'indicateurs

La plupart des répondants ont indiqué que la pertinence de l'indicateur, la disponibilité de données pertinentes et nécessaires, et la connaissance de l'indicateur constituaient toutes des facteurs très importants en ce qui a trait au choix d'indicateurs dans les climats tropicaux. L'historique des indicateurs utilisés précédemment dans la zone ou la région a été perçu comme très important pour la plupart des répondants des zones climatiques Af et Am, et la complexité ou la difficulté du calcul requis a été considérée comme très importante par la plupart des répondants de la zone climatique Am (tableau 7).

Les facteurs les plus importants dans le choix d'indicateurs pour les climats tropicaux sont les suivants en les classant par ordre d'importance :

- La pertinence de l'indicateur pour la zone ou la région.
- La disponibilité de données pertinentes et nécessaires pour calculer l'indicateur.
- La connaissance de l'indicateur.
- L'historique des indicateurs utilisés précédemment dans la zone ou la région.
- La complexité ou la difficulté du calcul requis.

L'efficacité des indicateurs

Les opinions des répondants étaient divisées de manière à peu près égale quant à savoir si l'efficacité des indicateurs était uniforme à l'échelle de leur zone de responsabilité dans les zones de climat tropical (tableau 8 et figure 5). En revanche, la plupart des répondants ont déclaré que l'efficacité des indicateurs était uniforme d'une saison à une autre dans les zones de climat tropical (tableau 9 et figure 6).

Les indicateurs de sécheresse dans les climats tropicaux d'Amérique du Nord

Dans l'ensemble, au moins 50 % des répondants ont jugé 12 indicateurs très efficaces pour une sécheresse de courte durée dans les climats tropicaux. Quant à une sécheresse de longue durée, ils ont estimé que 7 indicateurs étaient très efficaces (tableau 10). Toutefois, seulement 50 % des répondants ont jugé que plusieurs indicateurs étaient très efficaces.

Ils ont aussi jugé que 3 indicateurs étaient efficaces pour une sécheresse de courte et de longue durée dans les 3 zones de climat tropical : le rapport à la normale des précipitations (RNP), l'indice de précipitations normalisé (IPN) et l'Outil de surveillance des sécheresses aux États-Unis (USDMS). Ces indicateurs pourraient être considérés comme les plus efficaces pour surveiller une sécheresse dans les climats tropicaux d'Amérique du Nord. Il convient toutefois de noter que l'IPN a obtenu une note élevée de la part d'un plus grand nombre de répondants que le RNP à l'égard de la plupart des zones de climat tropical, en particulier pour surveiller une sécheresse de longue durée (tableau 10).

Les répondants ont qualifié de très efficaces 18 indicateurs de sécheresse ne figurant pas dans le manuel de l'OMM pour surveiller une sécheresse dans les zones de climat tropical. Ils en ont jugé 9 très efficaces dans les 3 zones de climat tropical. En ce qui concerne les indicateurs que constituent la verdure de la végétation et l'humidité du sol, en moyenne, 82 % et 75 % des répondants les ont respectivement jugés très efficaces dans les 3 zones de climat tropical. Le stockage d'eau dans les réservoirs a obtenu une note élevée dans les zones Af et Am, mais moins élevée dans la zone Aw (tableau 11).

Figure 3. Répartition des climats tropicaux en Amérique du Nord

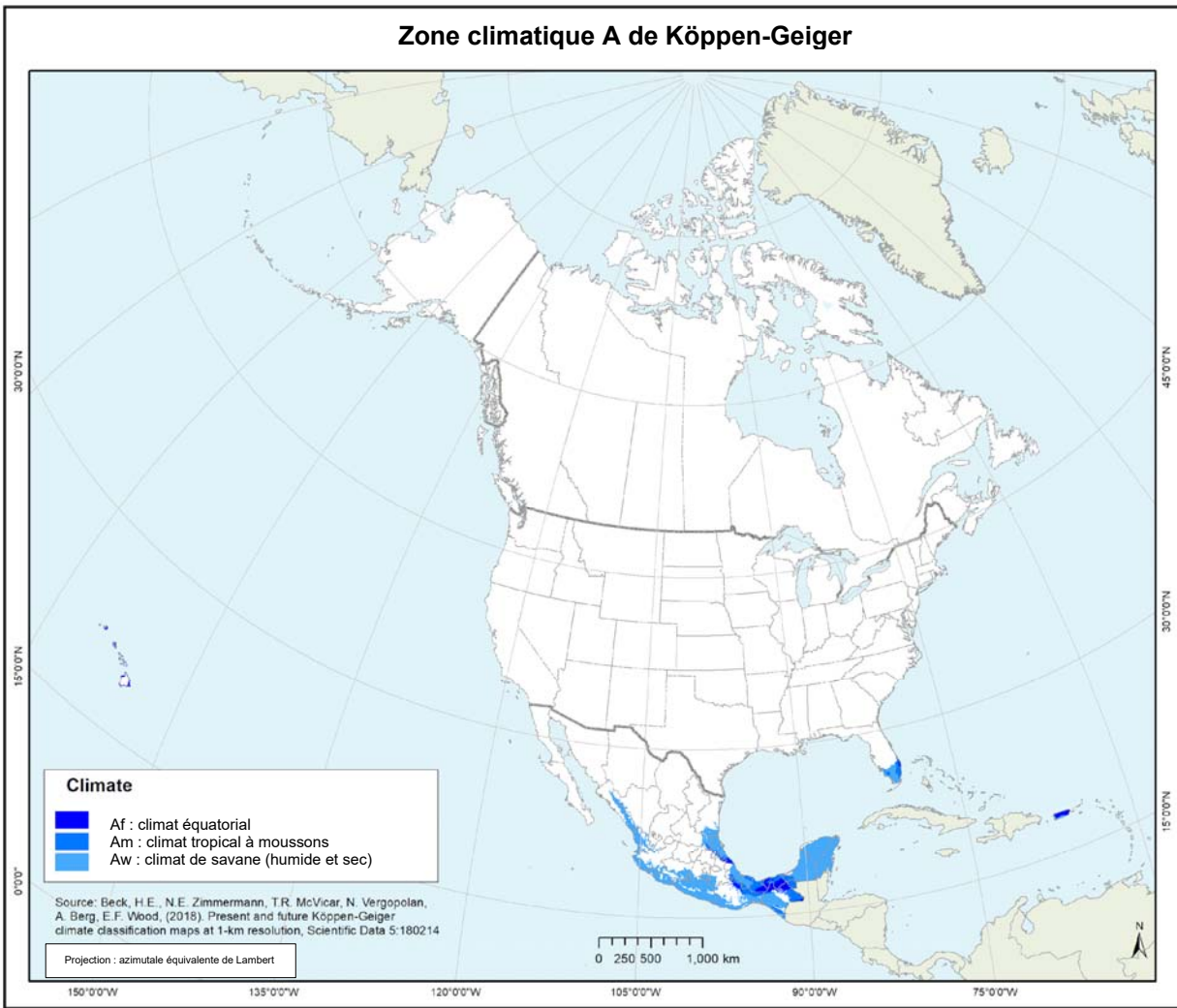


Tableau 3. Répondants actifs par pays dans les climats tropicaux

Zone climatique	Canada	Mexique	États-Unis	Total
Af : climat équatorial	-	5	13	18
Am : climat tropical à moussons	-	4	8	12
Aw : climat de savane	1	6	12	19
Total	1	15	33	49

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 4. Occurrences de sécheresse dans les climats tropicaux au cours des 10 dernières années

Zone climatique	Oui	Non	Ne sait pas
Af : climat équatorial	18	-	-
Am : climat tropical à moussons	12	-	-
Aw : climat de savane	18	1	-
Total	48	1	-

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 5. Fréquence des sécheresses dans les climats tropicaux

Zone climatique	Fréquence des sécheresses (années)		
	1-2	3-5	5+
Af : climat équatorial	4	8	6
Am : climat tropical à moussons	2	6	4
Aw : climat de savane	4	8	6
Total	10	22	16

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage. La fréquence des sécheresses fait référence au nombre d'années où une sécheresse a été ressentie au cours des 10 dernières.

Tableau 6. Durée d'une sécheresse type dans les climats tropicaux

Zone climatique	Durée de la sécheresse (mois)				Sécheresse de courte durée	Sécheresse de longue durée
	1-3	3-6	6-12	12+		
Af : climat équatorial	3	9	2	3	12	5
Am : climat tropical à moussons	1	8	1	1	9	2
Aw : climat de savane	3	12	1	2	15	3
Total	7	29	4	6	36	10

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses reçues, mais celui-ci diffère selon qu'il s'agit d'une sécheresse de courte ou de longue durée. La sécheresse de courte durée s'étend sur moins de 6 mois, alors que celle de longue durée s'étend sur 6 mois ou plus.

Figure 4. Durée d'une sécheresse type dans les climats tropicaux : courte durée par rapport à longue durée

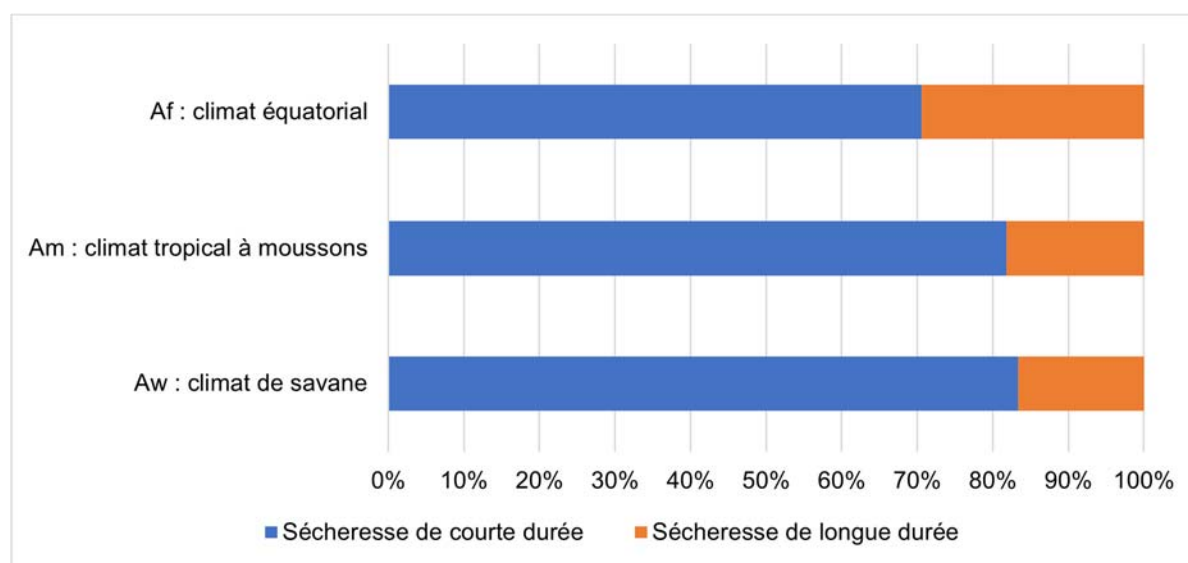


Tableau 7. Facteurs influençant le choix d'indicateurs dans les climats tropicaux

Facteurs	Zone climatique de Köppen		
	Af	Am	Aw
Disponibilité de données pertinentes et nécessaires pour le calcul de l'indicateur	64 %	56 %	57 %
Complexité ou difficulté du calcul requis	-	56 %	-
Pertinence de l'indicateur pour la zone ou la région	64 %	67 %	64 %
Connaissance de l'indicateur	55 %	56 %	50 %
Historique des indicateurs utilisés précédemment dans la zone ou la région	55 %	56 %	-
Nombre de réponses	11	9	14

Remarque : Le tableau ne présente des données que lorsqu'au moins 50 % des répondants ont estimé un facteur comme très important dans leur zone climatique respective. Af : climat équatorial; Am : climat tropical à moussons; Aw : climat de savane (humide et sec).

Tableau 8. Efficacité des indicateurs à l'échelle d'une zone géographique dans les climats tropicaux

Zone climatique	L'efficacité des indices et des indicateurs est uniforme	L'efficacité des indices et des indicateurs n'est pas uniforme
Af : climat équatorial	6	5
Am : climat tropical à moussons	4	5
Aw : climat de savane	7	7
Total	17	17

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 9. Efficacité des indicateurs d'une saison à une autre dans les climats tropicaux

Zone climatique	L'efficacité des indices et des indicateurs est uniforme	L'efficacité des indices et des indicateurs n'est pas uniforme
Af : climat équatorial	7	4
Am : climat tropical à moussons	5	4
Aw : climat de savane	9	5
Total	21	13

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Figure 5. L'efficacité des indicateurs est-elle uniforme dans les zones géographiques de climat tropical?

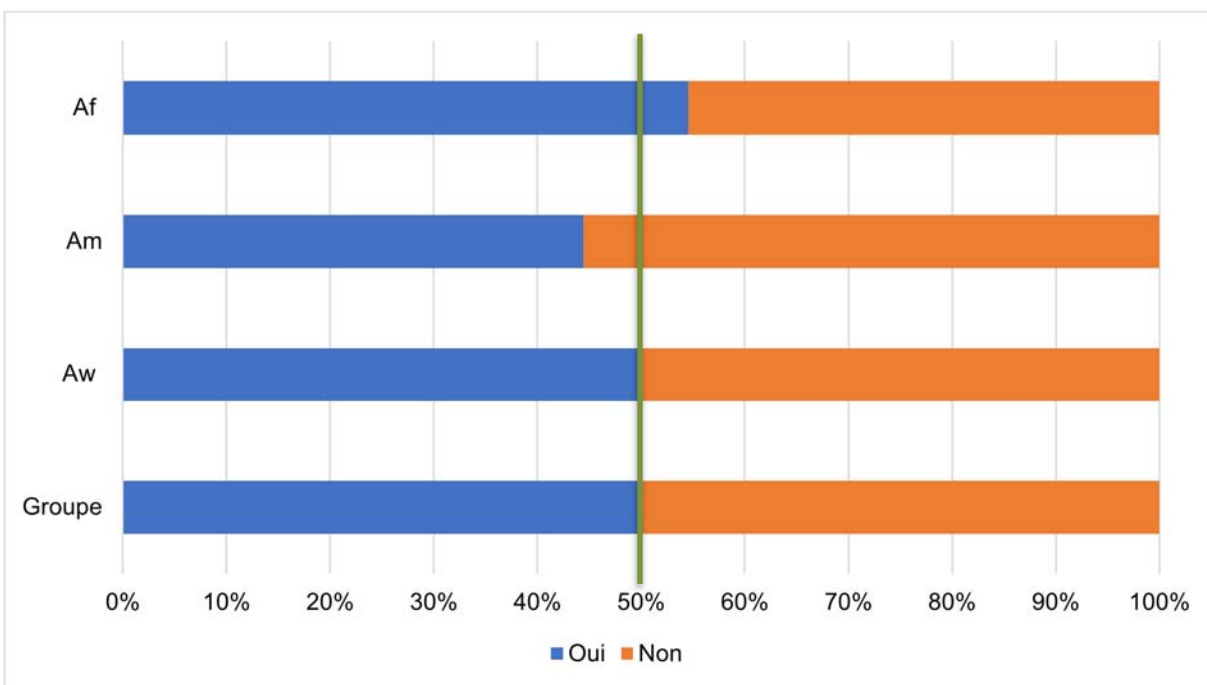


Figure 6. L'efficacité des indicateurs est-elle uniforme d'une saison à une autre dans les climats tropicaux?

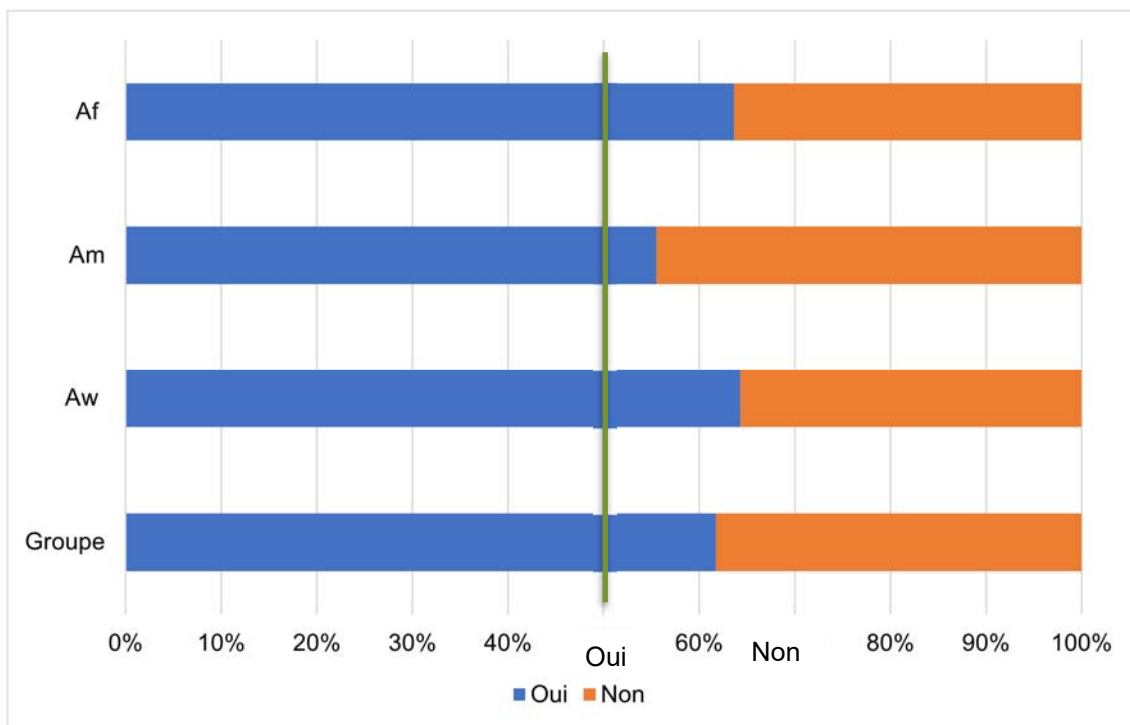


Tableau 10. Indices et indicateurs les plus efficaces pour surveiller une sécheresse dans les climats tropicaux

a) Indices et indicateurs les plus efficaces pour surveiller une sécheresse de courte durée dans les climats tropicaux

Catégorie	Indicateur	Zone climatique de Köppen		
		Af	Am	Aw
Météorologie	Indice d'humidité des cultures	-	50 %	-
	Rapport à la normale des précipitations	57 %	60 %	56 %
	Indice d'anomalie normalisé	-	50 %	-
	Indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé	-	50 %	-
	Indice de précipitations normalisé	64 %	70 %	50 %
	Anomalie pondérée des précipitations normalisées	-	50 %	-
	Nombre de réponses	14	10	16
Humidité du sol	Anomalie d'humidité du sol	50 %	50 %	-
	Indice de déficit d'humidité du sol	50 %	60 %	-
	Nombre de réponses	12	10	15
Télétection	Indice de végétation amélioré	50 %	50 %	-
	Indice de stress fondé sur l'évaporation	50 %	50 %	-
	Indice de végétation par différence normalisé	58 %	60 %	-
	Nombre de réponses	12	10	15
Indice ou indicateur composite ou modélisé	Outil de surveillance des sécheresses aux États-Unis	75 %	70 %	67 %
	Nombre de réponses	12	10	15

b) Indices et indicateurs les plus efficaces pour surveiller une sécheresse de longue durée dans les climats tropicaux

Catégorie	Indicateur	Zone climatique de Köppen		
		Af	Am	Aw
Météorologie	Indice de sécheresse efficace	-	50 %	-
	Indice de sécheresse de Palmer	50 %	50 %	-
	Rapport à la normale des précipitations	50 %	50 %	57 %
	Indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé	-	50 %	-
	Indice de précipitations normalisé	83 %	88 %	57 %
	Anomalie pondérée des précipitations normalisées	-	50 %	-
	Nombre de réponses	12	8	14
Indice ou indicateur composite ou modélisé	Outil de surveillance des sécheresses aux États-Unis	64 %	67 %	64 %
	Nombre de réponses	11	9	14

Remarque : Le tableau ne présente des données que lorsqu'au moins 50 % des répondants ont estimé un indicateur comme très important dans leur zone climatique respective. La sécheresse de courte durée s'étend sur moins de 6 mois, alors que celle de longue durée s'étend sur 6 mois ou plus. Af : climat équatorial; Am : climat tropical à moussons; Aw : climat de savane (humide et sec).

Tableau 11. Indices et indicateurs les plus efficaces pour surveiller une sécheresse dans les climats tropicaux ne figurant pas dans le Manuel des indicateurs et indices de sécheresse de l'OMM

Indicateur	Zone climatique de Köppen		
	Af	Am	Aw
Prévisions sur 5 jours	70 %	63 %	-
Prévisions sur 8 à 14 jours	50 %	-	-
État des cultures	70 %	75 %	-
Profondeur de la nappe phréatique	70 %	75 %	54 %
Écarts des précipitations par rapport à la normale	70 %	63 %	62 %
Centiles des précipitations	70 %	75 %	62 %
Classement des précipitations	60 %	63 %	-
Répercussions des sécheresses déclarées	70 %	63 %	-
Stockage d'eau dans les réservoirs	80 %	75 %	62 %
Prévisions saisonnières	50 %	50 %	-
Humidité du sol	80 %	75 %	69 %
Écoulement fluvial	60 %	50 %	-
Écarts de température par rapport à la normale	60 %	63 %	62 %
Classement des températures	60 %	63 %	-
Verdure de la végétation	90 %	88 %	69 %
Qualité de l'eau	-	50 %	-
Utilisation de l'eau (demande)	60 %	63 %	54 %
Lieux des incendies de forêt et signalements	60 %	50 %	54 %
Nombre de réponses	10	8	13

Remarque : Le tableau ne présente des données que lorsqu'au moins 50 % des répondants ont estimé un indicateur comme très important dans leur zone climatique respective. Af : climat équatorial; Am : climat tropical à moussons; Aw : climat de savane (humide et sec).

Groupe climatique B de Köppen : climats secs (désertiques et steppiques)

Les sécheresses dans les zones de climat sec d'Amérique du Nord

Le groupe climatique B se caractérise par le peu de précipitations. Il compte 6 zones climatiques divisées selon le type de précipitations saisonnières et la température moyenne annuelle (Heim, ad litt.; Peel, Finlayson et McMahon, 2007) :

- BW : climat aride (désertique)
- BWh : climat désertique chaud
- BWk : climat désertique froid
- BS : climat steppique
- BSh : climat steppique chaud
- BSk : climat steppique froid

En Amérique du Nord, le groupe climatique B de Köppen est très répandu, couvrant une grande partie du nord du Mexique, de l'ouest et des hautes plaines des États-Unis, ainsi que des régions sud de l'Ouest canadien (figure 7). Des 164 répondants, 133 ont indiqué que leur zone géographique de responsabilité comprenait le groupe climatique B de Köppen. Les zones de responsabilité des répondants étaient réparties entre toutes les zones climatiques, la proportion la plus élevée étant la zone BSk, qui représentait 28 % de tous les répondants du groupe climatique B. De l'ensemble des répondants, 13 se trouvaient au Canada (principalement de la zone BSk), 32 au Mexique et 88 aux États-Unis (tableau 12).

Presque tous les répondants du groupe climatique B ont indiqué que leur zone de responsabilité avait connu une sécheresse au cours des 10 années précédentes. Deux ont déclaré ne pas avoir connu de sécheresse dans la zone BSk et 3 ont indiqué qu'ils ne savaient pas (tableau 13).

La plupart des répondants ont déclaré qu'il y avait eu une sécheresse dans plus de 5 années au cours des 10 dernières (tableau 14). Cette information révèle qu'au moment d'écrire ces lignes, de nombreuses régions d'Amérique du Nord ayant un climat sec ont connu plus d'années avec une sécheresse que d'années sans sécheresse au cours de la dernière décennie.

La durée d'une sécheresse type variait de 1 mois à plus de 12. Aucun des répondants n'a signalé de sécheresse ayant duré moins d'un mois dans l'une des zones climatiques du groupe B. La majorité des répondants de chacune des zones climatiques, à l'exception de la zone BW, ont indiqué que les sécheresses duraient généralement 6 mois ou plus, ce qui fait qu'elles sont considérées comme étant de longue durée. Pour la zone climatique BW, les réponses étaient divisées, 7 indiquant que les sécheresses duraient généralement moins de 6 mois (courte durée), et 6 qu'elles duraient généralement 6 mois ou plus (longue durée) (tableau 15 et figure 8).

Les facteurs influençant le choix d'indicateurs

La disponibilité de données pertinentes et nécessaires était le facteur le plus important dans le choix d'indicateurs pour les climats secs, particulièrement dans les zones BW, BWh, BS et BSh, où plus de 80 % des répondants ont indiqué que ce facteur était très important. La pertinence et la connaissance de l'indicateur ont également été considérées comme très importantes par la plupart des répondants pour l'ensemble des zones de climat sec. Il convient de noter que les répondants étaient plus nombreux (80 %) à indiquer que la pertinence de l'indicateur était très importante pour la zone BSk que la disponibilité de données (tableau 16).

La complexité ou la difficulté du calcul requis a été jugée très importante par environ 50 % des répondants des zones BW, BWh et BSh. Plus de 60 % ont indiqué que l'historique des indicateurs utilisés précédemment dans une zone ou une région était très important pour les zones BS et BSk (tableau 16).

Les facteurs les plus importants dans le choix d'indicateurs pour les climats secs sont les suivants en les classant par ordre d'importance :

- La disponibilité de données pertinentes et nécessaires pour calculer l'indicateur.
- La pertinence de l'indicateur pour une zone ou une région.
- La connaissance de l'indicateur.
- La complexité ou la difficulté du calcul requis.
- L'historique des indicateurs utilisés précédemment dans la zone ou la région.

L'efficacité des indicateurs

La plupart des répondants ont indiqué que l'efficacité des indicateurs n'était pas uniforme dans les zones de climat sec sur l'ensemble de leur zone géographique de responsabilité (tableau 17 et figure 9). La plupart ont également indiqué que l'efficacité des indicateurs n'était pas uniforme d'une saison à une autre. Toutefois, les opinions étaient divisées de manière plus ou moins égale pour les zones BW et BWh (tableau 18 et figure 10).

Les indicateurs de sécheresse dans les climats secs d'Amérique du Nord

Dans l'ensemble, les répondants ont jugé que 6 indicateurs étaient très efficaces pour surveiller les sécheresses de courte durée dans les zones de climat sec. Pour ce qui est des sécheresses de longue durée, ils ont jugé que 4 indicateurs étaient très efficaces (tableau 19).

Ils ont par ailleurs estimé que 2 indicateurs, l'IPN et l'USDM, étaient très efficaces à l'égard des sécheresses de courte durée dans toutes les zones de climat sec. Ils les ont également estimés très efficaces à l'égard des sécheresses de longue durée dans toutes les zones de climat sec, tout comme le RNP. Il convient de noter que le RNP a été jugé très efficace pour les sécheresses de courte durée dans les zones BWk, BS, BSh et BSk (tableau 19). L'IPN et l'USDM pourraient être considérés comme les plus efficaces pour surveiller les sécheresses dans les climats secs d'Amérique du Nord.

En ce qui concerne la surveillance des sécheresses dans les climats secs, les répondants ont qualifié de très efficaces 15 indicateurs de sécheresse ne figurant pas dans le manuel de l'OMM. De ce nombre, 9 étaient très efficaces dans toutes les zones de climat sec. Deux indicateurs, ceux du stockage d'eau dans les réservoirs et de l'humidité du sol, sont à souligner, car, en moyenne, 80 % et 82 % des répondants les ont respectivement trouvés très efficaces. Les centiles des précipitations, les répercussions des sécheresses déclarées et l'écoulement fluvial ont également été très bien notés, au moins 70 % des répondants (en moyenne) les jugeant très efficaces (tableau 20).

Figure 7. Répartition des climats secs en Amérique du Nord

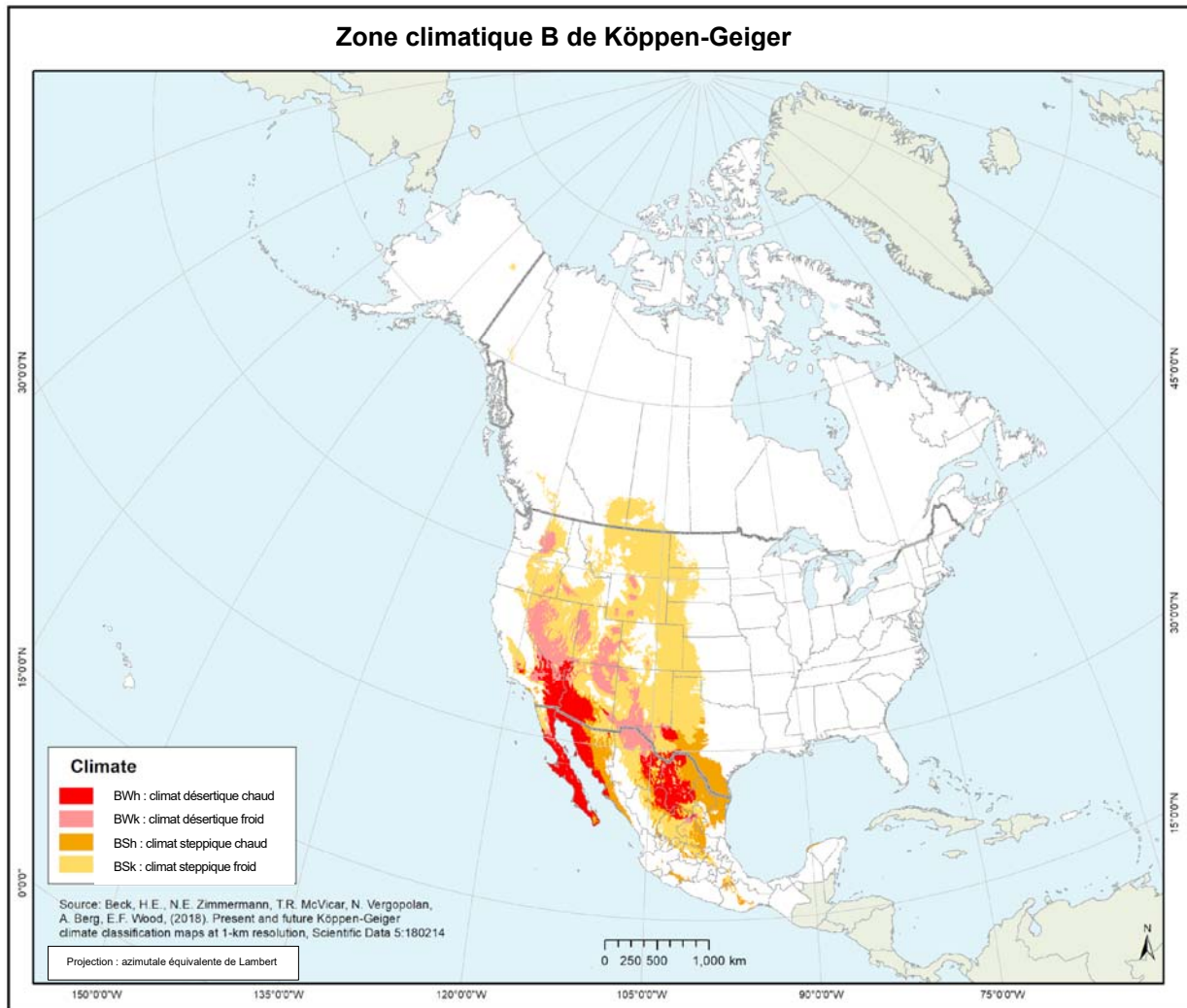


Tableau 12. Répondants actifs par pays dans les climats secs

Zone climatique	Canada	Mexique	États-Unis	Total
BW : climat aride (désertique)	-	6	7	13
BWh : climat désertique chaud	1	5	15	21
BWk : climat désertique froid	2	5	19	26
BS : climat steppique	2	6	11	19
BSh : climat steppique chaud	-	7	10	17
BSk : climat steppique froid	8	3	26	37
Total	13	32	88	133

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 13. Occurrences de sécheresse dans les climats secs au cours des 10 dernières années

Zone climatique	Oui	Non	Ne sait pas
BW : climat aride (désertique)	13	-	-
BWh : climat désertique chaud	21	-	-
BWk : climat désertique froid	25	-	1
BS : climat steppique	18	-	1
BSh : climat steppique chaud	16	-	1
BSk : climat steppique froid	35	2	-
Total	128	2	3

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 14. Fréquence des sécheresses dans les climats secs

Zone climatique	Fréquence des sécheresses (années)			
	1-2	3-5	5+	Ne sait pas
BW : climat aride (désertique)	-	6	7	-
BWh : climat désertique chaud	-	7	14	-
BWk : climat désertique froid	-	8	16	1
BS : climat steppique	1	6	11	-
BSh : climat steppique chaud	2	3	11	-
BSk : climat steppique froid	4	13	17	1
Total	7	43	76	2

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage. La fréquence des sécheresses fait référence au nombre d'années où une sécheresse a été ressentie au cours des 10 dernières.

Tableau 15. Durée d'une sécheresse type dans les climats secs

Zone climatique	Durée de la sécheresse (mois)				Sécheresse de courte durée	Sécheresse de longue durée
	1-3	3-6	6-12	12+		
BW : climat aride (désertique)	1	6	2	4	7	6
BWh : climat désertique chaud	2	5	4	9	7	13
BWk : climat désertique froid	2	6	6	10	8	16
BS : climat steppique	2	6	4	6	8	10
BSh : climat steppique chaud	2	4	4	6	6	10
BSk : climat steppique froid	4	10	8	13	14	21
Total	13	37	28	48	50	76

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses reçues, mais ce nombre diffère selon qu'il s'agit d'une sécheresse de courte ou de longue durée. Une sécheresse de courte durée s'étend sur moins de 6 mois, alors que celle de longue durée s'étend sur 6 mois ou plus.

Figure 8. Durée d'une sécheresse type dans les climats secs : courte durée par rapport à longue durée

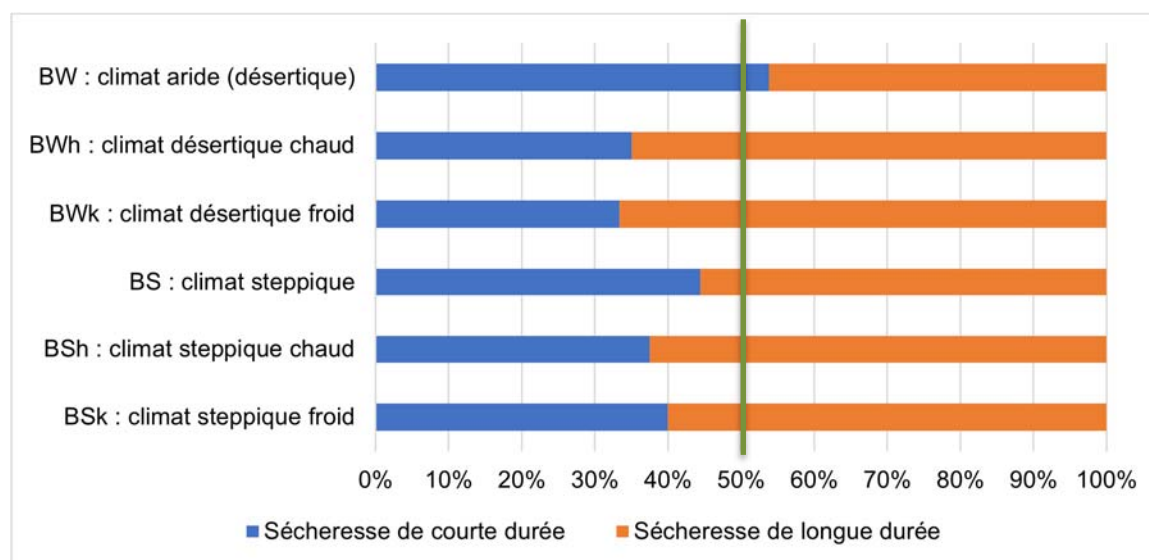


Tableau 16. Facteurs influençant le choix d'indicateurs dans les climats secs

Facteurs	Zone climatique de Köppen					
	BW	BWh	BWk	BS	BSh	BSk
Disponibilité de données pertinentes et nécessaires pour calculer l'indicateur	91 %	88 %	70 %	88 %	83 %	63 %
Complexité ou difficulté du calcul requis	55 %	53 %	-	-	50 %	-
Pertinence de l'indicateur dans la zone ou la région	73 %	76 %	75 %	81 %	75 %	80 %
Connaissance de l'indicateur	64 %	76 %	65 %	69 %	58 %	63 %
Historique des indicateurs utilisés précédemment dans la zone ou la région	-	-	-	63 %	-	60 %
Nombre de réponses	11	17	20	16	12	30

Remarque : Le tableau ne présente des données que lorsqu'au moins 50 % des répondants ont déclaré un facteur comme très important dans leur zone climatique respective. BW : climat aride (désertique); BWh : climat désertique chaud; BWk : climat désertique froid; BS : climat steppique; BSh : climat steppique chaud; BSk : climat steppique froid.

Tableau 17. Efficacité des indicateurs à l'échelle d'une zone géographique dans les climats secs

Zone climatique	L'efficacité des indicateurs est uniforme	L'efficacité des indicateurs n'est pas uniforme
BW : climat aride (désertique)	2	9
BWh : climat désertique chaud	5	12
BWk : climat désertique froid	5	15
BS : climat steppique	4	12
BSh : climat steppique chaud	3	9
BSk : climat steppique froid	7	23
Total	26	80

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 18. Efficacité des indicateurs d'une saison à une autre dans les climats secs

Zone climatique	L'efficacité des indicateurs est uniforme	L'efficacité des indicateurs n'est pas uniforme
BW : climat aride (désertique)	5	6
BWh : climat désertique chaud	8	9
BWk : climat désertique froid	7	13
BS : climat steppique	7	9
BSh : climat steppique chaud	4	8
BSk : climat steppique froid	10	20
Total	41	65

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 19. Indices et indicateurs les plus efficaces pour surveiller une sécheresse dans les climats secs

a) Indices et indicateurs les plus efficaces pour surveiller une sécheresse de courte durée dans les climats secs

Catégorie	Indice ou indicateur	Zone climatique de Köppen					
		BW	BWh	BWk	BS	BSh	BSk
Météorologie	Rapport à la normale des précipitations	-	-	60 %	50 %	50 %	59 %
	Indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé	54 %	55 %	-	56 %	63 %	-
	Indice de précipitations normalisé	62 %	70 %	64 %	61 %	81 %	62 %
	Nombre de réponses	13	20	25	18	16	34
Télédétection	Indice de végétation par différence normalisé	75 %	61 %	-	50 %	58 %	-
	Indice de réaction de la végétation à la sécheresse	58 %	50 %	-	-	67 %	-
	Nombre de réponses	12	18	21	16	12	31
Indice ou indicateur composite ou modélisé	Outil de suivi des sécheresses aux États-Unis	67 %	67 %	67 %	63 %	75 %	71 %
	Nombre de réponses	12	18	21	16	12	31

b) Indices et indicateurs les plus efficaces pour surveiller une sécheresse de longue durée dans les climats secs

Catégorie	Indice ou indicateur	Zone climatique de Köppen					
		BW	BWh	BWk	BS	BSh	BSk
Météorologie	Rapport à la normale des précipitations	55 %	61 %	61 %	63 %	57 %	58 %
	Indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé	55 %	-	-	50 %	57 %	-
	Indice de précipitations normalisé	64 %	67 %	65 %	63 %	86 %	55 %
	Nombre de réponses	11	18	23	16	14	33
Indice ou indicateur composite ou modélisé	Outil de surveillance des sécheresses aux États-Unis	64 %	53 %	65 %	60 %	64 %	72 %
	Nombre de réponses	11	17	20	15	11	29

Remarque : Le tableau ne présente des données que lorsqu'au moins 50 % des répondants ont déclaré un indicateur comme très important dans leur zone climatique respective. Une sécheresse de courte durée s'étend sur moins de 6 mois, alors que celle de longue durée s'étend sur 6 mois ou plus. BW : climat aride (désertique); BWh : climat désertique chaud; BWk : climat désertique froid; BS : climat steppique; BSh : climat steppique chaud; BSk : climat steppique froid.

Figure 9. L'efficacité des indicateurs est-elle uniforme dans les zones géographiques de climat sec?

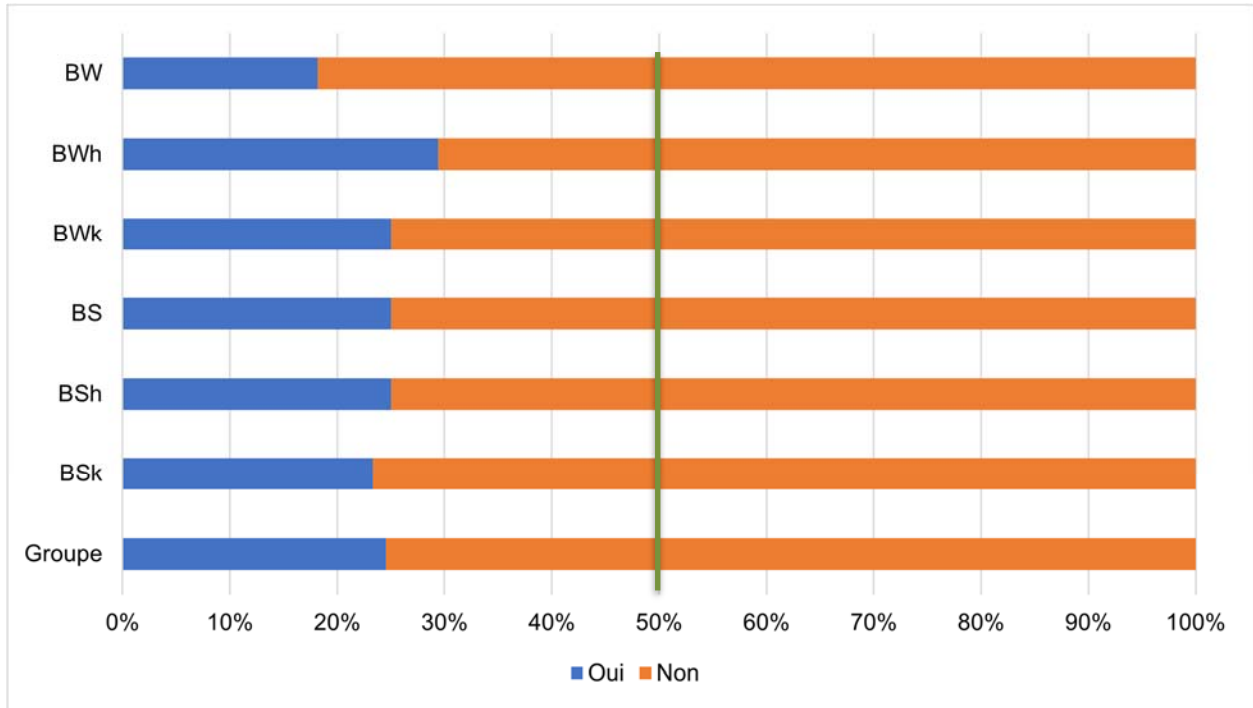


Figure 10. L'efficacité des indicateurs est-elle uniforme d'une saison à une autre dans les climats secs?

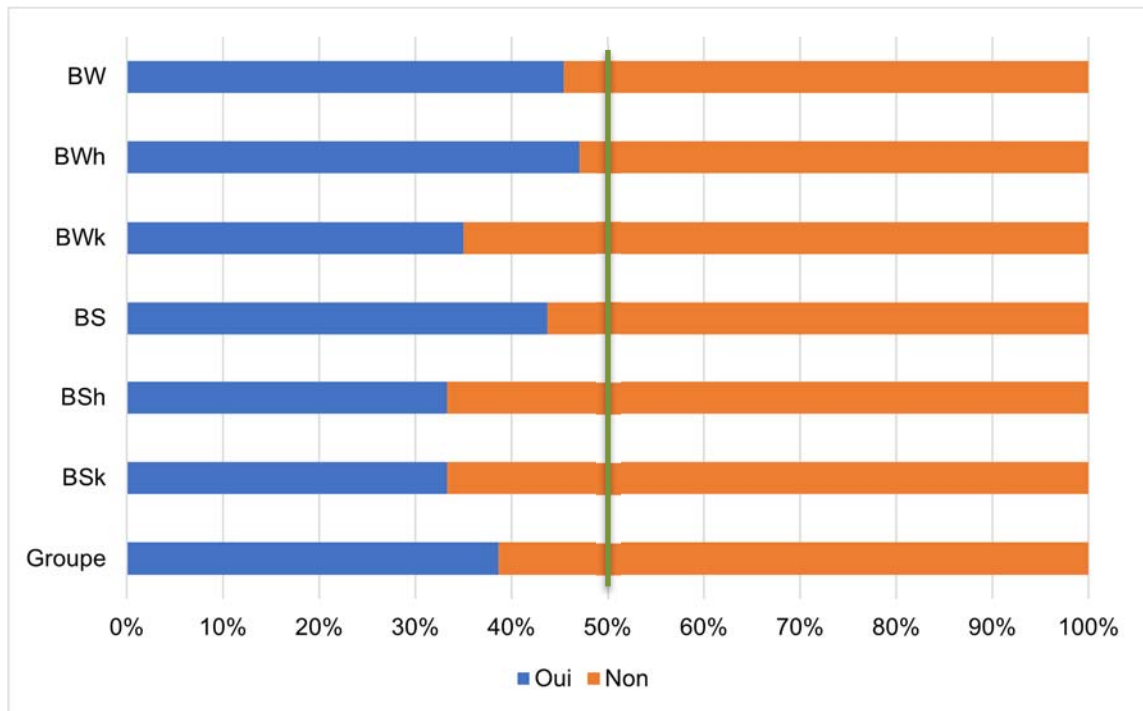


Tableau 20. Indices et indicateurs les plus efficaces pour surveiller une sécheresse dans les climats secs ne figurant pas dans le Manuel des indicateurs et indices de sécheresse de l'OMM

Indice ou indicateur	Zone climatique de Köppen					
	BW	BWh	BWk	BS	BSh	BSk
Prévisions sur 30 jours	-	-	-	50 %	-	-
État des cultures	64 %	59 %	75 %	63 %	58 %	77 %
Profondeur de la nappe phréatique	64 %	65 %	50 %	50 %	58 %	-
Écarts des précipitations par rapport à la normale	-	-	60 %	63 %	-	70 %
Centiles des précipitations	73 %	82 %	65 %	63 %	67 %	70 %
Classement des précipitations	55 %	53 %	55 %	-	50 %	50 %
Répercussions des sécheresses déclarées	73 %	76 %	70 %	75 %	67 %	83 %
Stockage d'eau dans les réservoirs	73 %	88 %	80 %	81 %	83 %	77 %
Humidité du sol	82 %	88 %	90 %	75 %	67 %	90 %
Écoulement fluvial	73 %	76 %	75 %	75 %	58 %	70 %
Écarts de température par rapport à la normale	55 %	59 %	60 %	63 %	-	73 %
Classement des températures	64 %	65 %	55 %	50 %	67 %	57 %
Verdure de la végétation	73 %	71 %	65 %	56 %	75 %	60 %
Utilisation de l'eau (demande)	64 %	65 %	55 %	63 %	50 %	53 %
Lieux des incendies de forêt et signalements	55 %	59 %	-	50 %	50 %	-
Nombre de réponses	11	17	20	16	12	30

Remarques : Le tableau ne présente des données que lorsqu'au moins 50 % des répondants ont estimé un indicateur comme très important dans leur zone climatique respective. BW : climat aride (désertique); BWh : climat désertique chaud; BWk : climat désertique froid; BS : climat steppique; BSh : climat steppique chaud; BSk : climat steppique froid.

Groupe climatique C de Köppen : les climats tempérés

Les sécheresses dans les zones de climat tempéré d'Amérique du Nord

Le groupe climatique C se caractérise par une température supérieure à 10 °C au cours du mois le plus chaud, et entre 0 °C et 18 °C au cours du mois le plus froid. Le groupe compte les 11 zones climatiques suivantes divisées selon le type de précipitations saisonnières et les extrêmes de température (Heim, ad litt.; Peel, Finlayson et McMahon, 2007) :

- Cs : climat méditerranéen
- Csa : climat méditerranéen à été chaud
- Csb : climat méditerranéen à été tempéré
- Cw : climat tempéré à hiver sec
- Cwa : climat océanique tempéré et climat subtropical humide
- Cwb : climat océanique tempéré à hiver sec et climat subtropical de hautes terres
- Cwc : climat océanique subpolaire et climat subtropical de hautes terres froid
- Cf : climat subtropical humide
- Cfa : climat subtropical humide à été chaud
- Cfb : climat océanique tempéré
- Cfc : climat océanique subpolaire

Le groupe climatique C de Köppen comprend les régions du centre du Mexique, la côte ouest et les plaines du sud au sud-est des États-Unis, ainsi que la côte ouest du Canada (figure 11). Des 164 répondants, 116 ont indiqué que leur zone géographique de responsabilité comprenait le groupe climatique C de Köppen, dont 51 % (n = 59) étaient situés dans les zones Csa, Csb ou Cfa. Parmi ces répondants, 7 se trouvaient au Canada, 29 au Mexique et 80 aux États-Unis (tableau 21).

Presque tous les répondants du groupe climatique C ont indiqué que leur zone de responsabilité avait connu une sécheresse au cours des 10 années précédentes. Aucun n'a déclaré qu'il n'y avait pas eu de sécheresse, mais 4 ont indiqué qu'ils le ne savaient pas (tableau 22).

Plus de la moitié des répondants des régions de climat tempéré ont déclaré qu'il y avait eu une sécheresse au cours de plus de 5 années parmi les 10 dernières. Il en est de même pour chaque zone de climat tempéré, à l'exception de la zone Csb, au sujet de laquelle un plus grand nombre de répondants ont déclaré y avoir connu une sécheresse au cours de 3 à 5 années parmi les 10 dernières (tableau 23). Cette information révèle qu'au moment d'écrire ces lignes, de nombreuses régions d'Amérique du Nord ayant un climat tempéré ont connu davantage d'années de sécheresse que d'années sans sécheresse au cours de la dernière décennie.

La durée d'une sécheresse était de 1 mois à plus de 12. Aucun des répondants n'a signalé de sécheresse ayant duré moins de 1 mois dans l'une des zones climatiques du groupe C. Dans l'ensemble, une faible majorité des répondants (54 %) ont indiqué qu'une sécheresse type durait 6 mois ou plus (longue durée). La durée d'une sécheresse type variait considérablement entre les diverses zones climatiques. Dans les zones Cw, Cwb, Cf et Cfa, la majorité des répondants ont indiqué qu'une sécheresse type durait *moins* de 6 mois (courte durée). Dans les zones Cs, Csa, Csb et Cfc, la majorité des répondants ont déclaré qu'une sécheresse type durait *plus* de 6 mois (longue durée). La prépondérance de la sécheresse de longue durée était particulièrement évidente dans la zone Csa, où 13 des 18 répondants ont déclaré qu'une sécheresse type durait plus de 12 mois. Dans les zones Cwa, Cwc et Cfb, les réponses relatives à la durée d'une sécheresse type (moins de 6 mois ou plus de 6 mois) étaient uniformément réparties (tableau 24 et figure 12).

Les facteurs influençant le choix d'indicateurs

La pertinence de l'indicateur pour une zone ou une région a constitué le facteur le plus important dans le choix d'indicateurs au sein des climats tempérés. La plupart des répondants de chaque zone climatique ont indiqué que ce facteur était très important. Ils n'ont considéré aucun autre facteur comme très important pour toutes les zones climatiques. Il convient de noter qu'au moins 80 % des répondants ont indiqué que la disponibilité de données pertinentes et nécessaires était très importante pour les zones Cs, Cfb et Cfc. De même, au moins 80 % des répondants ont déclaré que l'historique des indicateurs utilisés précédemment dans une zone ou une région était très important pour les zones Cfb et Cfc, et 80 % ont considéré la complexité ou la difficulté du calcul requis comme très importante pour la zone Cw (tableau 25).

Les facteurs les plus importants dans le choix d'indicateurs pour les climats tempérés sont les suivants en les classant par ordre d'importance :

- La pertinence de l'indicateur pour la zone ou la région.
- La disponibilité de données pertinentes et nécessaires pour le calcul de l'indicateur.
- L'historique des indicateurs utilisés précédemment dans la zone ou la région.
- La complexité ou la difficulté du calcul requis.
- La connaissance de l'indicateur.

L'efficacité des indicateurs

Les répondants ont déclaré que l'efficacité des indicateurs n'était pas uniforme dans l'ensemble de leur zone géographique de responsabilité respective à l'égard de 8 zones de climat tempéré (Cs, Csa, Csb, Cw, Cwb, Cf, Cfa et Cfb), mais qu'elle l'était dans 3 zones (Cwa, Cwc et Cfc). Cependant, dans la plupart des cas, les opinions étaient divisées de manière presque égale. Les exceptions concernent les zones de climat subtropical humide Cf et Cfa, au sujet desquelles une nette majorité des répondants ont indiqué que l'efficacité des indicateurs n'était pas uniforme dans l'ensemble de leur zone géographique de responsabilité respective (tableau 26 et figure 13).

Les réponses étaient similaires, mais pas identiques, en ce qui concerne l'efficacité des indicateurs d'une saison à une autre. Les répondants ont déclaré que l'efficacité des indicateurs était uniforme d'une saison à une autre uniquement dans la zone de climat tempéré Cwa, mais avec un ratio de 3:2 seulement. Pour la zone Csa, les opinions étaient réparties également entre les 2 réponses. Pour toutes les autres zones climatiques, la plupart des répondants ont déclaré que l'efficacité des indicateurs n'était pas uniforme d'une saison à une autre. Pour les zones Cs, Csa, Cwa, Cwb, Cwc et Cfc, les opinions étaient réparties de manière égale ou presque égale. Toutefois, une nette majorité a répondu que l'efficacité des indicateurs n'était pas uniforme d'une saison à une autre pour les zones Csb, Cw, Cf, Cfa et Cfb (tableau 27 et figure 14).

Les indicateurs de sécheresse dans les climats tempérés d'Amérique du Nord

Dans l'ensemble, les répondants ont jugé 26 indicateurs très efficaces pour surveiller les sécheresses de courte durée dans les zones de climat tempéré. Quant aux sécheresses de longue durée, ils en ont jugé 10 très efficaces. La diversité des réponses au sondage et le nombre (relativement) important de zones de climat tempéré ont donné lieu à un ensemble de résultats diversifié (tableaux 28 et 29). Toutefois, de nombreux indicateurs ont été jugés très efficaces par seulement 50 % des répondants.

L'USDM est le seul indicateur qui a été jugé très efficace pour les sécheresses de courte durée dans toutes les zones de climat tempéré (tableau 28). Notamment, l'USDM n'a pas été jugé très efficace pour les sécheresses à long terme dans les zones Cs, Csa, Csb et Cwa (tableau 29).

Les répondants ont qualifié 3 autres indicateurs de très efficaces dans la plupart des zones de climat tempéré en cas de sécheresses de courte durée, à savoir le RNP, l'indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé (IPEN), et le PSI. Les résultats à l'égard de ces indicateurs se chevauchent de telle sorte que, bien qu'aucun ne soit très efficace dans toutes les zones de climat tempéré, au moins

l'un des indicateurs s'avère très efficace dans chaque zone climatique. L'indice de végétation par différence normalisé a été particulièrement bien noté dans les zones Cw et Cwb (tableau 28).

Les répondants n'ont jugé aucun indicateur très efficace pour les sécheresses de longue durée dans toutes les zones de climat tempéré, mais n'ont jugé aucun indicateur très efficace dans la zone Csb. Ils ont estimé l'IPN très efficace dans toutes les zones de climat tempéré, sauf les zones Csb et Cfc. L'USDM est le seul indicateur à avoir été jugé très efficace dans la zone de climat Cfc (tableau 29). Ainsi, bien que l'USDM ne soit pas considéré comme très efficace pour les sécheresses de longue durée dans toutes les zones climatiques, utilisés conjointement, l'IPN et l'USDM couvrent la plupart des zones de climat tempéré pour la surveillance des sécheresses de longue durée.

Les répondants ont qualifié 19 indicateurs ne figurant pas dans le manuel de l'OMM de très efficaces pour la surveillance des sécheresses dans les zones de climat tempéré. Ils en ont jugé 4 très efficaces dans les 11 zones de climat tempéré, à savoir : l'état des cultures, le stockage d'eau dans les réservoirs, l'humidité du sol et l'écoulement fluvial. Parmi ceux-ci, le stockage d'eau dans les réservoirs a été jugé très efficace par 79 % des répondants en moyenne, tandis que l'état des cultures et l'humidité du sol ont été jugés respectivement très efficaces par 72 % et 73 % des répondants en moyenne (tableau 30).

Figure 11. Répartition des climats tempérés en Amérique du Nord

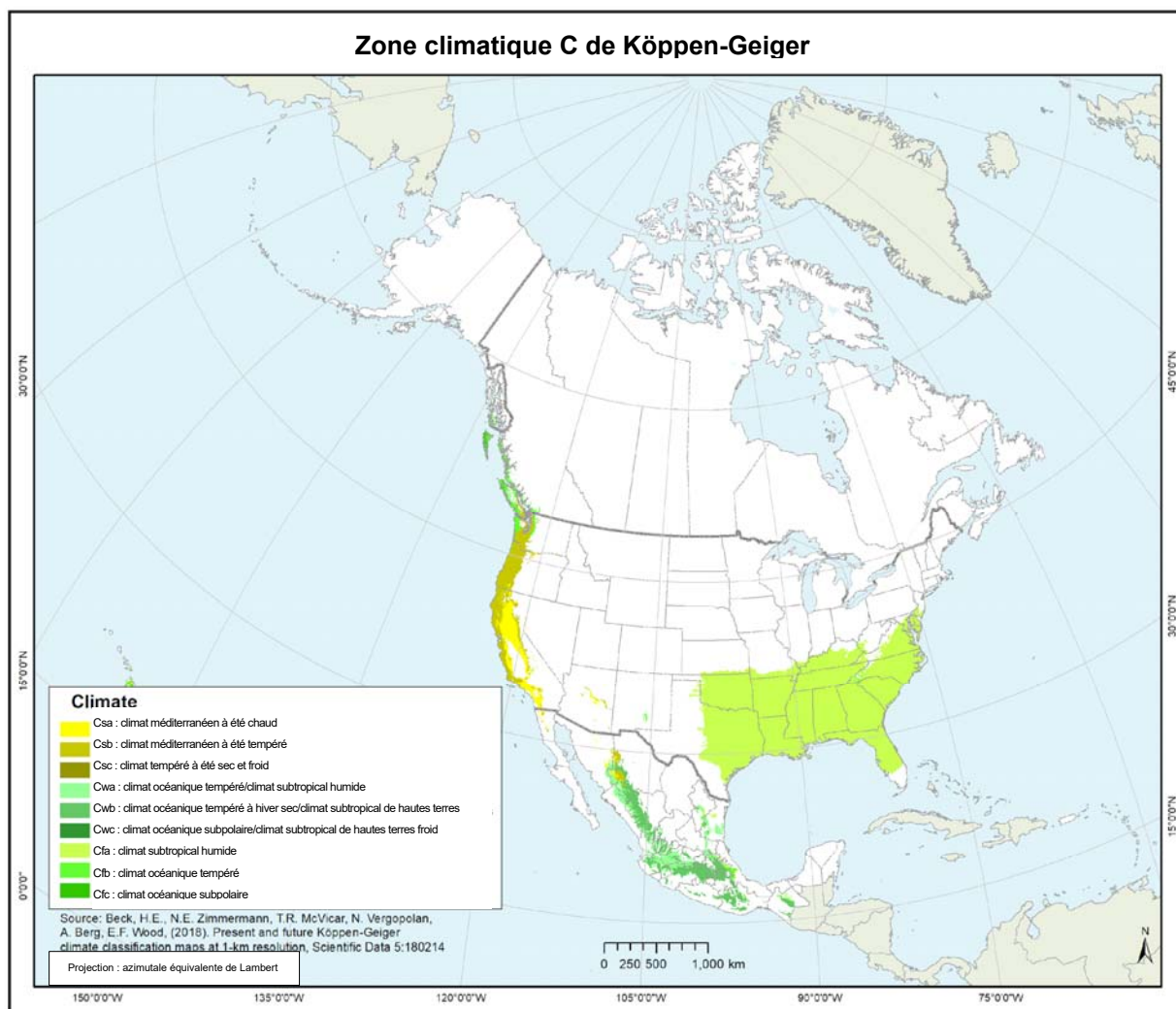


Tableau 21. Répondants actifs par pays dans les climats tempérés

Zone climatique	Canada	Mexique	États-Unis	Total
Cs : climat méditerranéen	-	2	4	6
Csa : climat méditerranéen à été chaud	-	2	17	19
Csb : climat méditerranéen à été tempéré	3	3	12	18
Cw : climat tempéré à hiver sec	-	5	3	8
Cwa : climat océanique tempéré et climat subtropical humide	-	1	5	6
Cwb : climat océanique tempéré à hiver sec et climat subtropical de hautes terres	-	5	3	8
Cwc : climat océanique subpolaire et climat subtropical de hautes terres froid	-	1	3	4
Cf : climat subtropical humide	-	5	6	11
Cfa : climat subtropical humide à été chaud	1	4	17	22
Cfb : climat océanique tempéré	2	1	5	8
Cfc : climat océanique subpolaire	1	-	5	6
Total	7	29	80	116

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 22. Occurrences de sécheresse dans les climats tempérés au cours des 10 dernières années

Zone climatique	Oui	Non	Ne sait pas
Cs : climat méditerranéen	6	-	-
Csa : climat méditerranéen à été chaud	19	-	-
Csb : climat méditerranéen à été tempéré	17	-	1
Cw : climat tempéré à hiver sec	7	-	1
Cwa : climat océanique tempéré et climat subtropical humide	6	-	-
Cwb : climat océanique tempéré à hiver sec et climat subtropical de hautes terres	7	-	1
Cwc : climat océanique subpolaire et climat subtropical de hautes terres froid	4	-	-
Cf : climat subtropical humide	11	-	-
Cfa : climat subtropical humide à été chaud	21	-	1
Cfb : climat océanique tempéré	8	-	-
Cfc : climat océanique subpolaire	6	-	-
Total	112	-	4

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 23. Fréquence des sécheresses dans les climats tempérés

Zone climatique	Fréquence des sécheresses (années)			
	1-2	3-5	5+	Ne sait pas
Cs : climat méditerranéen	-	1	5	-
Csa : climat méditerranéen à été chaud	1	6	11	1
Csb : climat méditerranéen à été tempéré	2	9	6	-
Cw : climat tempéré à hiver sec	2	2	3	-
Cwa : climat océanique tempéré et climat subtropical humide	1	1	4	-
Cwb : climat océanique tempéré à hiver sec et climat subtropical de hautes terres	-	3	4	-
Cwc : climat océanique subpolaire et climat subtropical de hautes terres froid	1	1	2	-
Cf : climat subtropical humide	2	3	6	-
Cfa : climat subtropical humide à été chaud	5	5	10	1
Cfb : climat océanique tempéré	1	2	5	-
Cfc : climat océanique subpolaire	1	2	3	-
Total	16	35	59	2

Remarques : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage. La fréquence des sécheresses fait référence au nombre d'années où une sécheresse a été ressentie au cours des 10 dernières.

Tableau 24. Durée d'une sécheresse typique dans les climats tempérés

Zone climatique	Durée de la sécheresse (mois)				Sécheresse de courte durée	Sécheresse de longue durée
	1-3	3-6	6-12	12+		
Cs : climat méditerranéen	-	2	2	2	2	4
Csa : climat méditerranéen à été chaud	-	3	2	13	3	15
Csb : climat méditerranéen à été tempéré	1	5	4	6	6	10
Cw : climat tempéré à hiver sec	1	4	1	1	5	2
Cwa : climat océanique tempéré et climat subtropical humide	1	2	1	2	3	3
Cwb : climat océanique tempéré à hiver sec et climat subtropical de hautes terres	-	4	1	1	4	2
Cwc : climat océanique subpolaire et climat subtropical de hautes terres froid	-	2	1	1	2	2
Cf : climat subtropical humide	2	4	3	1	6	4
Cfa : climat subtropical humide à été chaud	4	9	5	2	13	7
Cfb : climat océanique tempéré	1	3	3	1	4	4
Cfc : climat océanique subpolaire	-	1	4	1	1	5
Total	10	39	27	31	49	58

Remarques : Les données indiquent le nombre de réponses reçues, qui diffère selon qu'il s'agit d'une sécheresse de courte ou de longue durée. La sécheresse de courte durée s'étend sur moins de 6 mois, alors que celle de longue durée s'étend sur 6 mois ou plus.

Figure 12. Durée d'une sécheresse typique dans les climats tempérés : courte durée par rapport à longue durée`

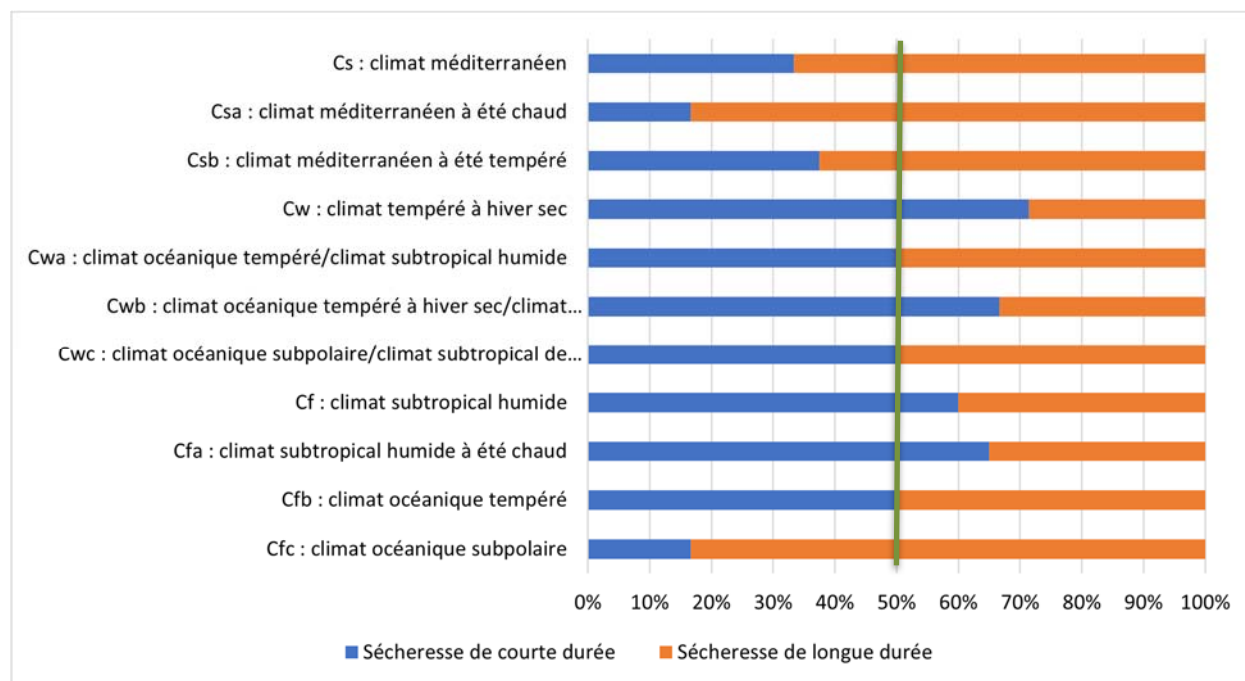


Tableau 25. Facteurs influençant le choix d'indicateurs dans les climats tempérés

Facteurs	Zones climatiques de Köppen										
	Cs	Csa	Csb	Cw	Cwa	Cwb	Cwc	Cf	Cfa	Cfb	Cfc
Disponibilité de données pertinentes et nécessaires pour le calcul de l'indicateur	80 %	75 %	69 %	60 %	60 %	57 %	-	50 %	50 %	86 %	80 %
Complexité ou difficulté du calcul requis	60 %	-	-	80 %	-	57 %	-	50 %	-	57 %	-
Pertinence de l'indicateur pour la zone ou la région	80 %	81 %	69 %	60 %	80 %	57 %	67 %	75 %	72 %	86 %	80 %
Connaissance de l'indicateur	60 %	69 %	-	-	-	-	-	50 %	61 %	57 %	-
Historique des indicateurs utilisés précédemment dans la zone ou la région	60 %	56 %	-	-	-	-	-	50 %	50 %	86 %	80 %
Nombre de réponses	5	16	13	5	5	7	3	8	18	7	5

Remarques : Le tableau ne présente des données que lorsqu'au moins 50 % des répondants ont déclaré un facteur comme très important dans leur zone climatique respective. Cs : climat méditerranéen; Csa : climat méditerranéen à été chaud; Csb : climat méditerranéen à été tempéré; Cw : climat tempéré à hiver sec; Cwa : climat océanique tempéré et climat subtropical humide; Cwb : climat océanique tempéré à hiver sec et climat subtropical de hautes terres; Cwc : climat océanique subpolaire et climat subtropical de hautes terres froid; Cf : climat subtropical humide; Cfa : climat subtropical humide à été chaud; Cfb : climat océanique tempéré; Cfc : climat océanique subpolaire.

Tableau 26. Efficacité des indicateurs dans les zones géographiques de climat tempéré

Zone climatique	L'efficacité des indicateurs est uniforme	L'efficacité des indicateurs n'est pas uniforme
Cs : climat méditerranéen	2	3
Csa : climat méditerranéen à été chaud	7	9
Csb : climat méditerranéen à été tempéré	6	7
Cw : climat tempéré à hiver sec	2	3
Cwa : climat océanique tempéré et climat subtropical humide	3	2
Cwb : climat océanique tempéré à hiver sec et climat subtropical de hautes terres	2	5
Cwc : climat océanique subpolaire et climat subtropical de hautes terres froid	2	1
Cf : climat subtropical humide	2	6
Cfa : climat subtropical humide à été chaud	5	13
Cfb : climat océanique tempéré	3	4
Cfc : climat océanique subpolaire	3	2
Total	37	55

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 27. Efficacité des indicateurs d'une saison à une autre dans les climats tempérés

Zone climatique	L'efficacité des indicateurs est uniforme	L'efficacité des indicateurs n'est pas uniforme
Cs : climat méditerranéen	2	3
Csa : climat méditerranéen à été chaud	8	8
Csb : climat méditerranéen à été tempéré	5	8
Cw : climat tempéré à hiver sec	1	4
Cwa : climat océanique tempéré et climat subtropical humide	3	2
Cwb : climat océanique tempéré à hiver sec et climat subtropical de hautes terres	3	4
Cwc : climat océanique subpolaire et climat subtropical de hautes terres froid	1	2
Cf : climat subtropical humide	3	5
Cfa : climat subtropical humide à été chaud	5	13
Cfb : climat océanique tempéré	2	5
Cfc : climat océanique subpolaire	2	3
Total	35	57

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Figure 13. L'efficacité des indicateurs est-elle uniforme dans les zones géographiques de climat tempéré?

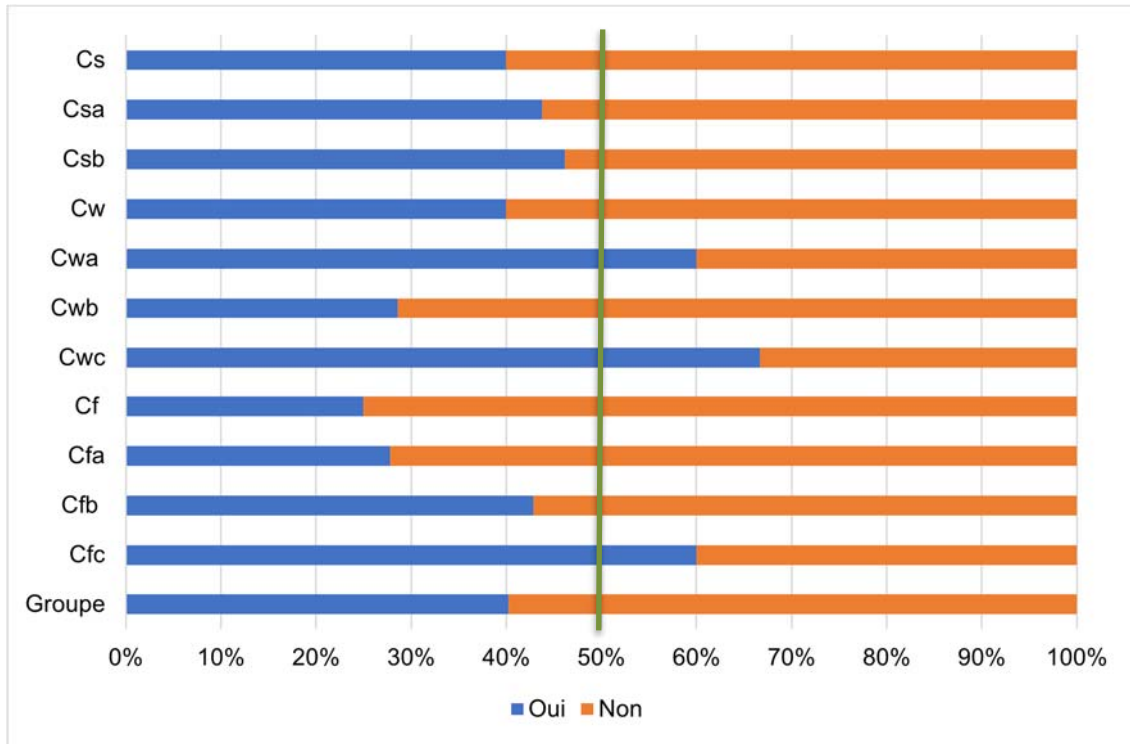


Figure 14. L'efficacité des indicateurs est-elle uniforme d'une saison à une autre dans les climats tempérés?

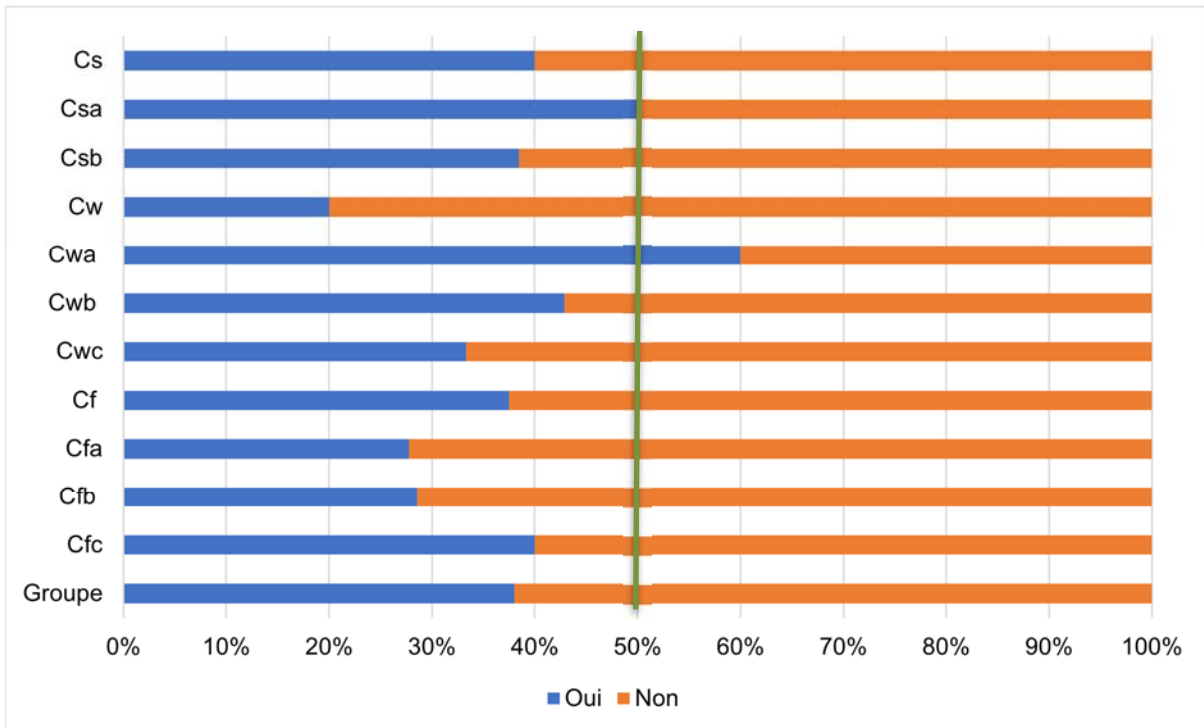


Tableau 28. Indicateurs les plus efficaces pour surveiller les sécheresses de courte durée dans les climats tempérés

Catégorie	Indicateur	Zones climatiques de Köppen										
		Cs	Csa	Csb	Cw	Cwa	Cwb	Cwc	Cf	Cfa	Cfb	Cfc
Météorologie	Indice d'humidité des cultures	67 %	-	-	50 %	50 %	63 %	75 %	50 %	45 %	-	-
	Indice de sécheresse par type de culture	-	-	-	50 %	-	50 %	-	-	-	-	-
	Indice de zone de sécheresse	-	-	-	-	-	-	50 %	-	-	-	-
	Indice de détection de la sécheresse	-	-	-	-	-	-	50 %	-	-	-	-
	Indice de sécheresse de Keetch-Byram	-	-	-	50 %	-	-	-	-	-	-	-
	Indice de sécheresse de Palmer	50 %	-	-	50 %	-	63 %	50 %	60 %	-	-	-
	Rapport à la normale des précipitations	83 %	67 %	56 %	-	50 %	50 %	50 %	50 %	70 %	-	50 %
	Indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé	50 %	-	-	67 %	67 %	63 %	75 %	60 %	50 %	50 %	50 %
	Indice de précipitations normalisé	67 %	56 %	-	67 %	50 %	63 %	50 %	80 %	70 %	75 %	50 %
	Autre (non précisé)	-	-	-	-	-	-	50 %	-	-	-	50 %
	Nombre de réponses	6	18	16	6	6	8	4	10	20	8	6
Humidité du sol	Anomalie d'humidité du sol	-	-	-	67 %	-	50 %	-	50 %	-	-	-
	Indice de déficit d'évapotranspiration	-	-	-	50 %	-	-	-	-	-	-	-
	Indice de déficit d'humidité du sol	50 %	-	-	67 %	-	63 %	50 %	50 %	-	-	-
	Stockage d'eau dans le sol	-	-	-	50 %	-	50 %	-	50 %	-	-	-
	Nombre de réponses	6	17	15	6	6	8	4	10	19	8	6
Hydrologie	Indice de sécheresse hydrologique de Palmer	-	-	-	-	-	-	67 %	-	-	-	-
	Nombre de réponses	5	16	13	5	5	7	3	9	18	7	5
Télé-détection	Indice de végétation amélioré	50 %	-	-	50 %	-	50 %	-	-	-	-	-
	Indice de stress fondé sur l'évaporation	50 %	-	-	50 %	50 %	50 %	50 %	60 %	-	-	-
	Indice de végétation par différence normalisé	67 %	-	-	83 %	67 %	88 %	75 %	70 %	-	50 %	-
	Indice de quantité d'eau par différence normalisé et indice de quantité d'eau en surface	50 %	-	-	50 %	50 %	-	50 %	-	-	-	-
	Indice de condition de la végétation	-	-	-	50 %	-	50 %	50 %	-	-	-	-
	Indice de réaction de la végétation à la sécheresse	50 %	-	-	67 %	67 %	50 %	75 %	50 %	-	-	-
	Indice de santé de la végétation	-	-	-	50 %	-	50 %	-	-	-	-	-
	Indice de satisfaction des besoins en eau	50 %	-	-	50 %	-	50 %	50 %	50 %	-	-	-
	Nombre de réponses	6	17	14	6	6	8	4	10	19	8	6
Indice ou indicateur composite ou modélisé	Système mondial d'assimilation des données terrestres	-	-	-	50 %	-	50 %	-	-	-	-	-
	Indice de sécheresse normalisé multivarié	-	-	-	50 %	-	63 %	-	-	-	-	-
	Outil de surveillance des sécheresses aux États-Unis	67 %	59 %	57 %	67 %	67 %	71 %	75 %	78 %	74 %	50 %	67 %
	Nombre de réponses	6	17	14	6	6	8	4	9	19	8	6

Remarques : Le tableau ne présente des données que lorsqu'au moins 50 % des répondants ont déclaré un indicateur comme très important dans leur zone climatique respective. Les sécheresses de courte durée s'étendent sur moins de 6 mois. Cs : climat méditerranéen; Csa : climat méditerranéen à été chaud; Csb : climat méditerranéen à été tempéré; Cw : climat tempéré à hiver sec; Cwa : climat océanique tempéré et climat subtropical humide; Cwb : climat océanique tempéré à hiver sec et climat subtropical de hautes terres; Cwc : climat océanique subpolaire et climat subtropical de hautes terres froid; Cf : climat subtropical humide; Cfa : climat subtropical humide à été chaud; Cfb : climat océanique tempéré; Cfc : climat océanique subpolaire.

Tableau 29. Indicateurs les plus efficaces pour surveiller les sécheresses de longue durée dans les climats tempérés

Catégorie	Indicateur	Zones climatiques de Köppen										
		Cs	Csa	Csb	Cw	Cwa	Cwb	Cwc	Cf	Cfa	Cfb	Cfc
Météorologie	Indice de sécheresse de Palmer	-	-	-	-	-	57 %	-	56 %	61 %	-	-
	Rapport à la normale des précipitations	-	53 %	-	-	-	-	-	56 %	72 %	57 %	-
	Indice d'anomalie de pluviosité	-			60 %							-
	Indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé	-	-	-	60 %	-	57 %	-	56 %	-	-	-
	Indice de précipitations normalisé	60 %	53 %	-	80 %	60 %	71 %	67 %	89 %	72 %	71 %	-
	Nombre de réponses	5	17	15	5	5	7	3	9	18	7	5
Hydrologie	Indice de sécheresse hydrologique de Palmer	-	-	-	-	-	-	67 %	-	-	-	-
	Indice d'alimentation des réservoirs normalisé	-	-	-	60 %	-	-	-	-	-	-	-
	Nombre de réponses	5	16	13	5	5	7	3	9	18	7	5
Indice ou indicateur composite ou modélisé	Système mondial d'assimilation des données terrestres	-	-	-	60 %	-	57 %	-	50 %	-	-	-
	Indice de sécheresse normalisé multivarié	-	-	-	60 %	-	57 %	-	50 %	-	-	-
	Outil de surveillance des sécheresses aux États-Unis	-	-	-	60 %	-	57 %	67 %	75 %	78 %	57 %	60 %
	Nombre de réponses	5	16	13	5	5	7	3	8	18	7	5

Remarques : Le tableau ne présente des données que lorsqu'au moins 50 % des répondants ont déclaré un indicateur comme très important dans leur zone climatique respective. Les sécheresses de longue durée s'étendent sur 6 mois ou plus. Cs : climat méditerranéen; Csa : climat méditerranéen à été chaud; Csb : climat méditerranéen à été tempéré; Cw : climat tempéré à hiver sec; Cwa : climat océanique tempéré et climat subtropical humide; Cwb : climat océanique tempéré à hiver sec et climat subtropical de hautes terres; Cwc : climat océanique subpolaire et climat subtropical de hautes terres froid; Cf : climat subtropical humide; Cfa : climat subtropical humide à été chaud; Cfb : climat océanique tempéré; Cfc : climat océanique subpolaire.

Tableau 30. Indicateurs les plus efficaces pour surveiller les sécheresses dans les climats tempérés ne figurant pas dans le Manuel des indicateurs et indices de sécheresse de l'OMM

Indicateur	Zones climatiques de Köppen										
	Cs	Csa	Csb	Cw	Cwa	Cwb	Cwc	Cf	Cfa	Cfb	Cfc
Prévisions sur 5 jours	80 %	50 %	-	60 %	-	71 %	-	63 %	56 %	57 %	-
Prévisions sur 8 à 14 jours	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57 %	-
Prévisions sur 30 jours	-	-	-	60 %	-	-	-	50 %	-	57 %	-
État des cultures	100 %	63 %	54 %	80 %	60 %	71 %	67 %	88 %	78 %	71 %	60 %
Profondeur de la nappe phréatique	80 %	50 %	-	60 %	-	57 %	-	63 %	56 %	57 %	-
Interdictions locales de faire des feux	-	-	-	60 %	-	-	-	-	-	-	-
Écarts des précipitations par rapport à la normale	80 %	69 %	62 %	-	-	57 %	-	-	72 %	57 %	60 %
Centiles des précipitations	-	63 %	54 %	-	-	57 %	-	63 %	61 %	71 %	-
Classement des précipitations	-	-	-	-	-	-	-	50 %	-	-	-
Répercussions des sécheresses déclarées	60 %	75 %	54 %	-	60 %	-	-	63 %	72 %	86 %	80 %
Stockage d'eau dans les réservoirs	100 %	81 %	85 %	80 %	80 %	71 %	67 %	75 %	67 %	86 %	80 %
Humidité du sol	60 %	56 %	77 %	80 %	60 %	71 %	67 %	88 %	83 %	86 %	80 %
Écoulement fluvial	80 %	63 %	69 %	60 %	60 %	57 %	67 %	75 %	78 %	71 %	80 %
Écarts de température par rapport à la normale	80 %	50 %	46 %	60 %	-	57 %	-	50 %	50 %	71 %	60 %
Classement des températures	60 %	-	-	-	-	-	-	63 %	-	71 %	60 %
Verdure de la végétation	80 %	56 %	54 %	80 %	80 %	71 %	67 %	63 %	61 %	-	-
Qualité de l'eau	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60 %
Utilisation de l'eau (demande)	80 %	50 %	54 %	60 %	-	57 %	-	-	-	71 %	60 %
Lieux des incendies de forêt et signalements	60 %	50 %	-	60 %	-	57 %	-	-	-	-	-
Nombre de réponses	5	16	13	5	5	7	3	8	18	7	5

Remarques : Les données indiquent le pourcentage des répondants qui ont noté un indicateur comme très efficace dans chaque zone climatique. Cs : climat méditerranéen; Csa : climat méditerranéen à été chaud; Csb : climat méditerranéen à été tempéré; Cw : climat tempéré à hiver sec; Cwa : climat océanique tempéré et climat subtropical humide; Cwb : climat océanique tempéré à hiver sec et climat subtropical de hautes terres; Cwc : climat océanique subpolaire et climat subtropical de hautes terres froid; Cf : climat subtropical humide; Cfa : climat subtropical humide à été chaud; Cfb : climat océanique tempéré; Cfc : climat océanique subpolaire.

Groupe climatique D de Köppen : climats continentaux

Les sécheresses dans les zones de climat continental d'Amérique du Nord

Le groupe climatique D se caractérise par une température supérieure à 10 °C au cours du mois le plus chaud et inférieure ou égale à 0 °C au cours du mois le plus froid. Le groupe compte 12 zones climatiques divisées selon le type de précipitations saisonnières et les extrêmes de température (Heim, ad litt.; Peel, Finlayson et McMahon, 2007) :

- Dsa : climat continental humide à été sec et tempéré
- Dsb : climat continental humide à été sec et frais
- Dsc : climat continental subarctique à été sec et froid
- Dsd : climat continental subarctique à été sec et à hiver très froid
- Dwa : climat continental humide à été chaud et à hiver sec
- Dwb : climat continental humide à été doux et à hiver sec
- Dwc : climat subarctique à été frais et à hiver sec
- Dwd : climat subarctique à hiver sec et froid
- Dfa : climat continental humide à été chaud sans saison sèche
- Dfb : climat continental humide à été doux sans saison sèche
- Dfc : climat subarctique à été frais sans saison sèche
- Dfd : climat subarctique à hiver froid sans saison sèche

Le groupe climatique D de Köppen couvre une grande partie des régions du Midwest, du nord-est et du nord-ouest des États américains contigus, la majorité de l'Alaska ainsi que des régions de haute altitude. La majeure partie du Canada au sud du cercle arctique fait également partie de ce groupe (figure 15).

Des 164 répondants, 138 ont indiqué que leur zone géographique de responsabilité comprenait le groupe climatique D de Köppen. Les zones géographiques de responsabilité des répondants étaient réparties entre toutes les zones climatiques, dont la grande majorité (73 %) comprenait les 5 zones suivantes : Dsa, Dsb, Dfa, Dfb et Dfc. Huit répondants ou moins ont déclaré que leur zone de responsabilité comprenait chacune des 7 autres zones climatiques. Parmi les répondants, 46 résidaient au Canada, 5 au Mexique et 87 aux États-Unis (tableau 31).

Tous les répondants du groupe climatique D ont indiqué que leur zone de responsabilité avait connu une sécheresse au cours des 10 années précédentes, à l'exception d'un répondant pour la zone climatique Dfb (tableau 32). Les sécheresses se sont produites au cours de 1 à plus de 5 années sur les 10 dernières. Quatre répondants ont déclaré qu'ils ne savaient pas combien d'années leur zone de responsabilité avait connu une sécheresse (tableau 33). Il n'est ressorti aucun consensus clair parmi les réponses quant à la fréquence des sécheresses dans les différentes zones climatiques ou au sein du groupe climatique D, ce qui témoigne probablement de la répartition géographique diversifiée de ce groupe climatique en Amérique du Nord.

La durée d'une sécheresse était de 1 mois à plus de 12. Aucun des répondants n'a signalé de sécheresse ayant duré moins de 1 mois dans l'une des zones climatiques du groupe D. Dans l'ensemble, la plupart des répondants (57 %) ont indiqué qu'une sécheresse typique durait moins de 6 mois (courte durée). Cependant, la durée d'une telle sécheresse variait considérablement entre les différentes zones climatiques. Dans les zones Dsb, Dwa, Dwb, Dwd et Dfc, une petite majorité des répondants ont indiqué qu'une sécheresse typique durait 6 mois ou plus (longue durée). Dans les zones Dsa, Dsc, Dsd, Dwc, Dfa et Dfb, la plupart des répondants ont indiqué qu'une sécheresse typique durait 6 mois ou moins (courte durée). Pour les zones Dfa et Dfb, la grande majorité des répondants ont indiqué qu'une sécheresse typique était de courte durée (tableau 34 et figure 16).

Les facteurs influençant le choix d'indicateurs

Aucun facteur unique n'a été considéré comme très important dans le choix des indicateurs pour toutes les zones de climat continental. Toutefois, la disponibilité de données pertinentes et nécessaires a été jugée très importante pour toutes les zones, à l'exception de la zone Dsc. Au total, 80 % des répondants ont indiqué que la disponibilité des données était très importante pour la zone Dwc, tout comme 92 % pour la zone Dsa. Il convient de noter que la zone Dsc n'était représentée que par 3 autorités et que 2 d'entre elles ont estimé que la disponibilité des données ne constituait pas un facteur très important (tableau 35).

En ce qui concerne les autres facteurs, 92 % des répondants ont indiqué que la pertinence de l'indicateur était très importante pour la zone Dsa, tout comme plus de 80 % de répondants pour les zones Dwa, Dwb et Dfb. Plus de 80 % des répondants ont indiqué que l'historique des indicateurs utilisés précédemment dans la zone ou la région était très important pour les zones Dwa et Dwb. La complexité ou la difficulté du calcul requis n'a été signalée comme facteur très important à l'égard d'aucune zone climatique (tableau 35).

Les facteurs les plus importants dans le choix des indicateurs des climats continentaux sont les suivants en les classant par ordre d'importance :

- La disponibilité de données pertinentes et nécessaires pour le calcul de l'indicateur.
- La pertinence de l'indicateur pour la zone ou la région.
- L'historique des indicateurs utilisés précédemment dans la zone ou la région.
- La connaissance de l'indicateur.
- La complexité ou la difficulté du calcul requis.

L'efficacité des indicateurs

Les répondants ont indiqué que l'efficacité des indicateurs n'était pas uniforme dans l'ensemble de leur zone géographique de responsabilité pour toutes les zones de climat continental. L'efficacité des indicateurs les plus utilisés n'était pas uniforme, mais les réponses étaient réparties de manière égale pour les zones Dwd et Dfd (tableau 36 et figure 17).

Il n'y avait pas de consensus en ce qui concerne l'efficacité des indicateurs d'une saison à une autre. Les répondants ont indiqué que l'efficacité n'était pas uniforme dans 7 zones climatiques (Dsa, Dsb, Dwa, Dwb, Dfa, Dfb et Dfc), mais qu'ils l'étaient dans 4 zones (Dsc, Dwc, Dwd et Dfd). En ce qui a trait à la zone Dsd, les opinions étaient divisées de manière égale entre les deux possibilités. Il est à noter que sur les 6 zones de climat subarctique, les répondants ont indiqué que l'efficacité n'était pas uniforme dans une seule (Dfc), alors que les opinions étaient divisées de manière égale ou presque égale dans les 5 autres (tableau 37 et figure 18).

Les indicateurs de sécheresse dans les climats continentaux d'Amérique du Nord

Dans l'ensemble, les répondants ont jugé que 11 indicateurs étaient très efficaces pour surveiller les sécheresses de courte durée dans les climats continentaux. Quant aux sécheresses de longue durée, ils ont jugé que 15 indicateurs étaient très efficaces (tableau 38). Cependant, ils ont trouvé que 9 des indicateurs de sécheresse de longue durée n'étaient très efficaces que dans une seule zone climatique, alors qu'ils leur ont accordé une note moins élevée dans les autres zones climatiques. Au sujet de ces mêmes indicateurs, la moitié des répondants les ont jugés très efficaces; par conséquent, l'autre moitié des répondants les ont jugés peu efficaces dans ces mêmes zones climatiques.

Aucun indicateur n'a été jugé très efficace pour les sécheresses de courte durée dans toutes les zones de climat continental. Toutefois, l'USDM a été jugé très efficace dans toutes les zones climatiques, à l'exception des zones Dsa et Dfd, et il est le seul indicateur à avoir été jugé très efficace dans la zone Dwc. Trois autres indicateurs, le RNP, l'IPEN et l'IPN, ont obtenu une bonne note dans 7 ou 8 zones climatiques. L'IPN a été jugé très efficace par 88 % et 86 % des répondants dans les zones Dwa et Dwb, respectivement (tableau 38).

Aucun des indicateurs figurant dans le *Manuel des indicateurs et indices de sécheresse* de l'OMM n'a été jugé très efficace pour la surveillance des sécheresses de longue durée dans la zone Dfd. L'USDM a été jugé très efficace pour les sécheresses de longue durée dans toutes les zones de climat continental, à l'exception de la zone Dfd. Trois autres indicateurs, le RNP, l'IPEN et l'IPN, ont été jugés très efficaces pour les sécheresses de longue durée dans la plupart des zones de climat continental. Les résultats de ces indicateurs se chevauchent de telle sorte qu'au moins un indicateur s'est avéré très efficace dans chaque zone climatique, à l'exception de la zone Dfd, bien qu'aucun n'ait été jugé très efficace dans toutes les zones (tableau 38).

Les répondants ont qualifié 19 indicateurs de sécheresse ne figurant pas dans le manuel de l'OMM de très efficaces pour la surveillance des sécheresses dans les zones de climat continental. Trois indicateurs, soit l'état des cultures, les centiles des précipitations et l'humidité du sol, ont été qualifiés de très efficaces pour toutes les zones climatiques, y compris la zone Dfd. L'humidité du sol a été jugée très efficace par 82 % des répondants, en moyenne (tableau 39).

Figure 15. Répartition des climats continentaux en Amérique du Nord

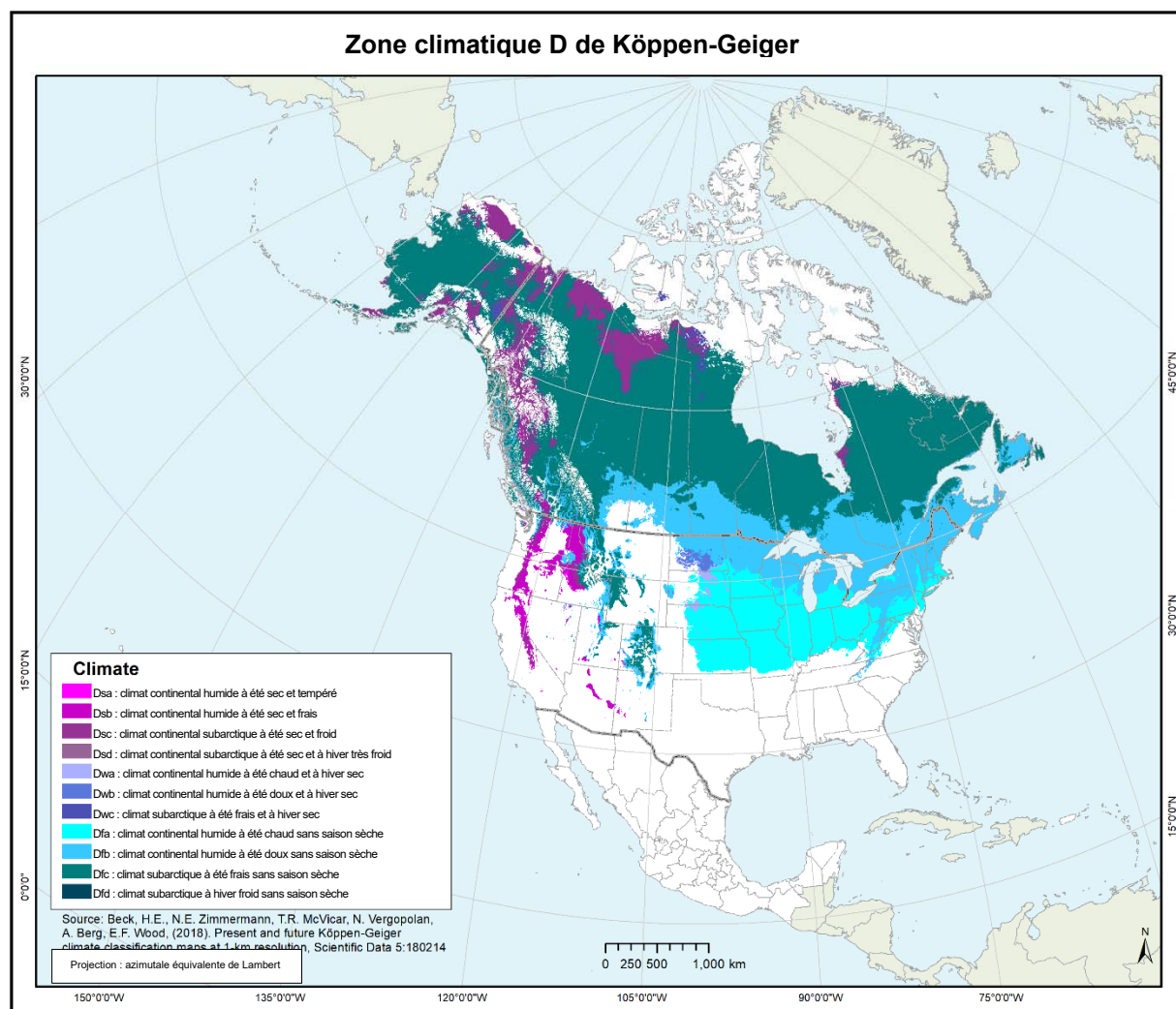


Tableau 31. Répondants actifs par pays dans les climats continentaux

Zone climatique	Canada	Mexique	États-Unis	Total
Dsa : climat continental humide à été sec et tempéré	5	1	10	16
Dsb : climat continental humide à été sec et frais	3	-	12	15
Dsc : climat continental subarctique à été sec et froid	2	-	2	4
Dsd : climat continental subarctique à été sec et à hiver très froid	2	-	2	4
Dwa : climat continental humide à été chaud et à hiver sec	1	1	6	8
Dwb : climat continental humide à été doux et à hiver sec	-	1	6	7
Dwc : climat subarctique à été frais et à hiver sec	3	-	2	5
Dwd : climat subarctique à hiver sec et froid	2	-	3	5
Dfa : climat continental humide à été chaud sans saison sèche	8	1	17	26
Dfb : climat continental humide à été doux sans saison sèche	11	1	17	29
Dfc : climat subarctique à été frais sans saison sèche	6	-	9	15
Dfd : climat subarctique à hiver froid sans saison sèche	3	-	1	4
Total	46	5	87	138

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 32. Occurrences de sécheresse dans les climats continentaux au cours des 10 dernières années

Zone climatique	Oui	Non	Ne sait pas
Dsa : climat continental humide à été sec et tempéré	16	-	-
Dsb : climat continental humide à été sec et frais	15	-	-
Dsc : climat continental subarctique à été sec et froid	4	-	-
Dsd : climat continental subarctique à été sec et à hiver très froid	4	-	-
Dwa : climat continental humide à été chaud et à hiver sec	8	-	-
Dwb : climat continental humide à été doux et à hiver sec	7	-	-
Dwc : climat subarctique à été frais et à hiver sec	5	-	-
Dwd : climat subarctique à hiver sec et froid	5	-	-
Dfa : climat continental humide à été chaud sans saison sèche	26	-	-
Dfb : climat continental humide à été doux sans saison sèche	28	1	-
Dfc : climat subarctique à été frais sans saison sèche	15	-	-
Dfd : climat subarctique à hiver froid sans saison sèche	4	-	-
Total	137	1	-

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 33. Fréquence des sécheresses dans les climats continentaux

Zone climatique	Fréquence des sécheresses (années)			
	1-2	3-5	5+	Ne sait pas
Dsa : climat continental humide à été sec et tempéré	2	4	9	1
Dsb : climat continental humide à été sec et frais	2	7	6	-
Dsc : climat continental subarctique à été sec et froid	2	2	-	-
Dsd : climat continental subarctique à été sec et à hiver très froid	1	2	1	-
Dwa : climat continental humide à été chaud et à hiver sec	1	1	5	1
Dwb : climat continental humide à été doux et à hiver sec	1	1	5	-
Dwc : climat subarctique à été frais et à hiver sec	1	3	1	-
Dwd : climat subarctique à hiver sec et froid	1	2	2	-
Dfa : climat continental humide à été chaud sans saison sèche	9	6	10	1
Dfb : climat continental humide à été doux sans saison sèche	10	9	8	1
Dfc : climat subarctique à été frais sans saison sèche	3	6	6	-
Dfd : climat subarctique à hiver froid sans saison sèche	1	3	-	-
Total	34	46	53	4

Remarques : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage. La fréquence des sécheresses fait référence au nombre d'années où une sécheresse a été ressentie au cours des 10 dernières.

Tableau 34. Durée d'une sécheresse typique dans les climats continentaux

Zone climatique	Durée de la sécheresse (mois)				Sécheresse de courte durée	Sécheresse de longue durée
	1-3	3-6	6-12	12+		
Dsa : climat continental humide à été sec et tempéré	3	6	2	4	9	6
Dsb : climat continental humide à été sec et frais	2	4	4	4	6	8
Dsc : climat continental subarctique à été sec et froid	1	3	-	-	4	-
Dsd : climat continental subarctique à été sec et à hiver très froid	-	3	-	1	3	1
Dwa : climat continental humide à été chaud et à hiver sec	1	2	3	2	3	5
Dwb : climat continental humide à été doux et à hiver sec	-	2	3	2	2	5
Dwc : climat subarctique à été frais et à hiver sec	-	3	1	1	3	2
Dwd : climat subarctique à hiver sec et froid	-	2	2	1	2	3
Dfa : climat continental humide à été chaud sans saison sèche	7	11	5	2	18	7
Dfb : climat continental humide à été doux sans saison sèche	7	12	4	5	19	9
Dfc : climat subarctique à été frais sans saison sèche	2	4	4	5	6	9
Dfd : climat subarctique à hiver froid sans saison sèche	-	2	1	1	2	2
Total	23	54	29	28	77	57

Remarques : Les données indiquent le nombre de réponses reçues, qui diffère selon qu'il s'agit d'une sécheresse de courte ou de longue durée. Les sécheresses de courte durée s'étendent sur moins de 6 mois, alors que celles de longue durée s'étendent sur 6 mois ou plus.

Tableau 35. Facteurs influençant le choix d'indicateurs dans les climats continentaux

Facteurs	Zones climatiques de Köppen											
	Dsa	Dsb	Dsc	Dsd	Dwa	Dwb	Dwc	Dwd	Dfa	Dfb	Dfc	Dfd
Disponibilité de données pertinentes et nécessaires pour le calcul de l'indicateur	92 %	78 %	-	75 %	57 %	50 %	80 %	75 %	55 %	61 %	50 %	50 %
Complexité ou difficulté du calcul requis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pertinence de l'indicateur pour la zone ou la région	92 %	67 %	-	50 %	86 %	83 %	60 %	50 %	70 %	83 %	64 %	-
Connaissance de l'indicateur	58 %	-	67 %	-	71 %	67 %	-	50 %	75 %	65 %	50 %	50 %
Historique des indicateurs utilisés précédemment dans la zone ou la région	75 %	-	-	-	86 %	83 %	-	50 %	60 %	65 %	64 %	-
Nombre de réponses	12	9	3	4	7	6	5	4	20	23	14	4

Remarques : Le tableau ne présente des données que lorsqu'au moins 50 % des répondants ont déclaré un facteur comme très important dans leur zone climatique respective. Dsa : climat continental humide à été sec et tempéré; Dsb : climat continental humide à été sec et frais; Dsc : climat continental subarctique à été sec et froid; Dsd : climat continental subarctique à été sec et à hiver très froid; Dwa : climat continental humide à été chaud et à hiver sec; Dwb : climat continental humide à été doux et à hiver sec; Dwc : climat subarctique à été frais et à hiver sec; Dwd : climat subarctique à hiver sec et froid; Dfa : climat continental humide à été chaud sans saison sèche; Dfb : climat continental humide à été doux sans saison sèche; Dfc : climat subarctique à été frais sans saison sèche; Dfd : climat subarctique à hiver froid sans saison sèche.

Figure 16. Durée d'une sécheresse typique dans les climats continentaux : courte durée par rapport à longue durée

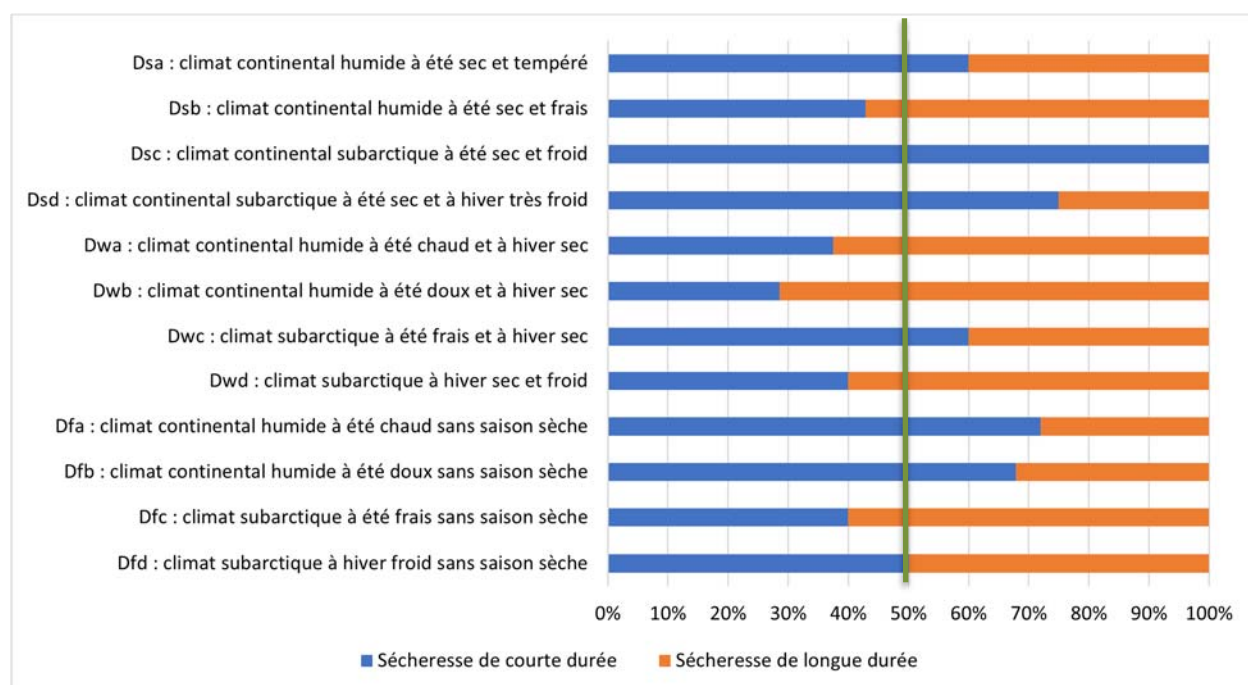


Tableau 36. Efficacité des indicateurs dans les zones géographiques des climats continentaux

Zone climatique	L'efficacité des indicateurs est uniforme	L'efficacité des indicateurs n'est pas uniforme
Dsa : climat continental humide à été sec et tempéré	3	9
Dsb : climat continental humide à été sec et frais	3	6
Dsc : climat continental subarctique à été sec et froid	1	2

Dsd : climat continental subarctique à été sec et à hiver très froid	1	3
Dwa : climat continental humide à été chaud et à hiver sec	2	5
Dwb : climat continental humide à été doux et à hiver sec	1	5
Dwc : climat subarctique à été frais et à hiver sec	2	3
Dwd : climat subarctique à hiver sec et froid	2	2
Dfa : climat continental humide à été chaud sans saison sèche	9	11
Dfb : climat continental humide à été doux sans saison sèche	7	17
Dfc : climat subarctique à été frais sans saison sèche	5	10
Dfd : climat subarctique à hiver froid sans saison sèche	2	2
Total	38	75

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 37. Efficacité des indicateurs d'une saison à une autre dans les climats continentaux

Zone climatique	L'efficacité des indicateurs est uniforme	L'efficacité des indicateurs n'est pas uniforme
Dsa : climat continental humide à été sec et tempéré	3	9
Dsb : climat continental humide à été sec et frais	3	6
Dsc : climat continental subarctique à été sec et froid	2	1
Dsd : climat continental subarctique à été sec et à hiver très froid	2	2
Dwa : climat continental humide à été chaud et à hiver sec	2	5
Dwb : climat continental humide à été doux et à hiver sec	1	5
Dwc : climat subarctique à été frais et à hiver sec	3	2
Dwd : climat subarctique à hiver sec et froid	3	1
Dfa : climat continental humide à été chaud sans saison sèche	5	15
Dfb : climat continental humide à été doux sans saison sèche	5	19
Dfc : climat subarctique à été frais sans saison sèche	5	10
Dfd : climat subarctique à hiver froid sans saison sèche	3	1
Total	37	76

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Figure 17. L'efficacité des indicateurs est-elle uniforme dans les zones géographiques de climat continental?

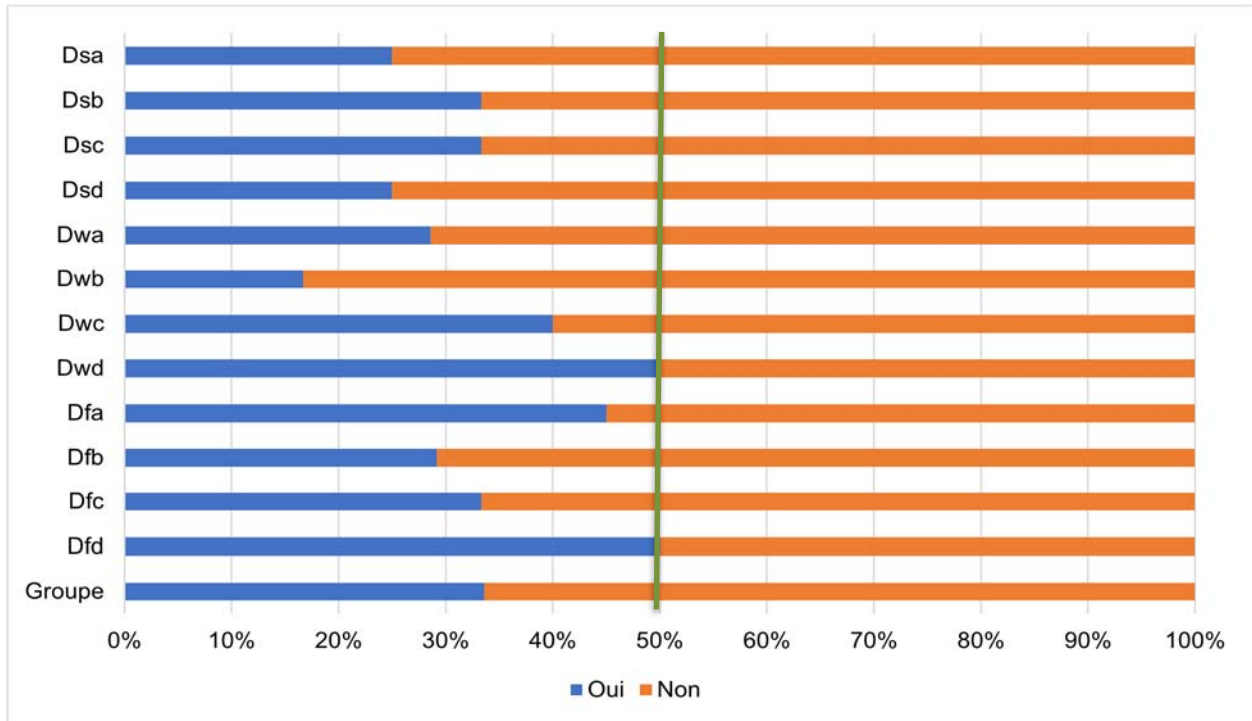


Figure 18. L'efficacité des indicateurs est-elle uniforme d'une saison à une autre dans les climats continentaux?

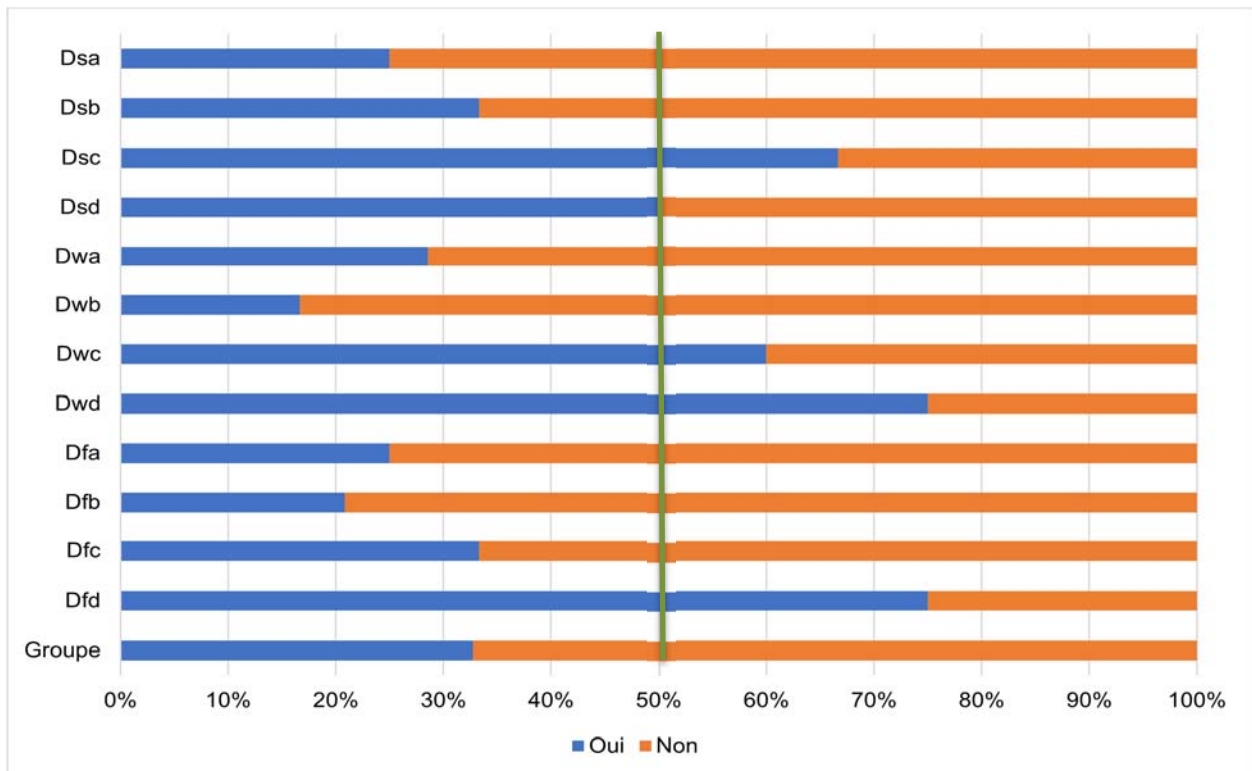


Tableau 38. Indicateurs les plus efficaces pour surveiller les sécheresses dans les climats continentaux

a) Indicateurs les plus efficaces pour surveiller les sécheresses de courte durée dans les climats continentaux

Catégorie	Indicateur	Zones climatiques de Köppen											
		Dsa	Dsb	Dsc	Dsd	Dwa	Dwb	Dwc	Dwd	Dfa	Dfb	Dfc	Dfd
Météorologie	Indice de sécheresse de Palmer	-	-	-	-	50 %	-	-	-	-	-	-	-
	Indice Z de Palmer	-	-	-	-	-	57 %	-	-	-	-	-	-
	Rapport à la normale des précipitations	71 %	69 %	-	50 %	50 %	57 %	-	-	77 %	65 %	-	71 %
	Indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé	57 %	-	-	-	63 %	71 %	-	60 %	59 %	-	50 %	57 %
	Indice de précipitations normalisé	71 %	-	-	-	88 %	86 %	-	-	77 %	65 %	57 %	71 %
	Autre (non précisé)	-	-	-	-	50 %	-	-	-	-	-	-	-
	Nombre de réponses	14	13	3	4	8	7	5	5	22	23	14	4
Humidité du sol	Indice de déficit d'humidité du sol	-	-	-	-	-	50 %	-	-	-	-	-	-
	Nombre de réponses	14	12	3	4	8	7	5	5	21	23	14	4
Télé-détection	Indice de végétation par différence normalisé	-	-	-	-	-	-	-	60 %	-	-	-	-
	Indice de quantité d'eau par différence normalisé et indice de quantité d'eau en surface	-	-	-	50 %	-	-	-	-	-	-	-	-
	Indice de réaction de la végétation à la sécheresse	-	-	67 %	-	-	-	-	60 %	-	-	-	-
	Nombre de réponses	13	10	3	4	8	7	5	5	21	22	14	4
Indice ou indicateur composite ou modélisé	Outil de surveillance des sécheresses aux États-Unis	-	60 %	50 %	67 %	63 %	71 %	75 %	75 %	67 %	77 %	69 %	-
	Nombre de réponses	13	10	2	3	8	7	4	4	21	22	13	3

b) Indicateurs les plus efficaces pour surveiller les sécheresses de longue durée dans les climats continentaux

Catégorie	Indicateur	Zones climatiques de Köppen											
		Dsa	Dsb	Dsc	Dsd	Dwa	Dwb	Dwc	Dwd	Dfa	Dfb	Dfc	Dfd
Météorologie	Indice de sécheresse de Palmer	54 %	-	50 %	-	71 %	83 %	-	-	62 %	52 %	-	-
	Indice Z de Palmer	-	-	50 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Rapport à la normale des précipitations	69 %	58 %	50 %	67 %	57 %	67 %	-	-	76 %	61 %	-	-
	Indice de sécheresse de Palmer auto-étalonné	-	-	50 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé	54 %	-	50 %	-	57 %	83 %	50 %	67 %	57 %	-	54 %	-
	Indice de précipitations normalisé	69 %	-	50 %	67 %	71 %	83 %	50 %	-	57 %	57 %	54 %	-
Nombre de réponses	13	12	2	3	7	6	4	3	21	23	13	3	
Humidité du sol	Indice de déficit d'évapotranspiration	-	-	-	50 %	-	-	-	-	-	-	-	-
	Indice de déficit d'humidité du sol	-	-	-	50 %	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nombre de réponses	13	11	3	4	7	6	5	4	20	23	14	4
Hydrologie	Indice d'alimentation des réservoirs normalisé	-	-	50 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nombre de réponses	12	9	2	3	7	6	4	3	19	19	12	3
Télé-détection	Indice de végétation amélioré	-	-	-	50 %	-	-	-	-	-	-	-	-
	Indice de végétation par différence normalisé	-	-	-	50 %	-	-	-	-	-	-	-	-
	Indice de quantité d'eau par différence normalisé et indice de quantité d'eau en surface	-	-	-	50 %	-	-	-	-	-	-	-	-
	Indice de condition de la végétation	-	-	-	50 %	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nombre de réponses	11	8	3	4	7	6	5	4	19	20	13	4
Indice ou indicateur composite ou modélisé	Système mondial d'assimilation des données terrestres	-	-	50 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Outil de surveillance des sécheresses aux États-Unis	55 %	50 %	50 %	67 %	71 %	67 %	75 %	67 %	74 %	81 %	67 %	-
	Nombre de réponses	11	8	2	3	7	6	4	3	19	21	12	3

Remarques : Le tableau ne présente des données que lorsqu'au moins 50 % des répondants ont déclaré un indicateur comme très important dans leur zone climatique respective. Les sécheresses de courte durée s'étendent sur moins de 6 mois, alors que celles de longue durée s'étendent sur 6 mois ou plus. Dsa : climat continental humide à été sec et tempéré; Dsb : climat continental humide à été sec et frais; Dsc : climat continental subarctique à été sec et froid; Dsd : climat continental subarctique à été sec et à hiver très froid; Dwa : climat continental humide à été chaud et à hiver sec; Dwb : climat continental humide à été doux et à hiver sec; Dwc : climat subarctique à été frais et à hiver sec; Dwd : climat subarctique à hiver sec et froid; Dfa : climat continental humide à été chaud sans saison sèche; Dfb : climat continental humide à été doux sans saison sèche; Dfc : climat subarctique à été frais sans saison sèche; Dfd : climat subarctique à hiver froid sans saison sèche.

Tableau 39. Indicateurs les plus efficaces pour surveiller les sécheresses dans les climats continentaux ne figurant pas dans le Manuel des indicateurs et indices de sécheresse de l'OMM

Indicateur	Zones climatiques de Köppen											
	Dsa	Dsb	Dsc	Dsd	Dwa	Dwb	Dwc	Dwd	Dfa	Dfb	Dfc	Dfd
Prévisions sur 5 jours	50 %	-	-	-	57 %	50 %	-	-	-	-	-	-
Prévisions sur 8 à 14 jours	50 %	-	-	-	57 %	50 %	-	-	50 %	-	57 %	-
Prévisions sur 30 jours	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50 %	50 %
État des cultures	75 %	56 %	67 %	75 %	86 %	83 %	80 %	75 %	80 %	83 %	71 %	75 %
Profondeur de la nappe phréatique	-	-	-	-	71 %	67 %	-	-	55 %	-	-	-
Écarts des précipitations par rapport à la normale	83 %	67 %	-	75 %	57 %	50 %	60 %	50 %	75 %	74 %	79 %	75 %
Centiles des précipitations	75 %	67 %	67 %	75 %	57 %	67 %	60 %	50 %	65 %	70 %	71 %	50 %
Classement des précipitations	50 %	56 %	-	50 %	-	50 %	-	-	65 %	65 %	57 %	-
Répercussions des sécheresses déclarées	83 %	67 %	-	-	86 %	83 %	-	50 %	75 %	78 %	86 %	50 %
Stockage d'eau dans les réservoirs	75 %	78 %	-	50 %	71 %	67 %	60 %	50 %	60 %	74 %	64 %	50 %
Prévisions saisonnières	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50 %
Humidité du sol	92 %	89 %	67 %	75 %	86 %	83 %	80 %	75 %	85 %	87 %	93 %	75 %
Écoulement fluvial	75 %	67 %	-	50 %	86 %	83 %	60 %	50 %	75 %	78 %	64 %	-
Écarts de température par rapport à la normale	75 %	67 %	67 %	50 %	57 %	67 %	-	50 %	75 %	74 %	86 %	75 %
Classement des températures	58 %	56 %	-	-	-	67 %	-	-	60 %	52 %	57 %	-
Verdure de la végétation	67 %	67 %	-	75 %	-	50 %	60 %	50 %	-	52 %	-	-
Qualité de l'eau	-	-	-	-	-	-	-	50 %	-	-	-	50 %
Utilisation de l'eau (demande)	75 %	78 %	-	75 %	-	-	60 %	50 %	55 %	57 %	57 %	50 %
Lieux des incendies de forêt et signalements	-	-	-	-	57 %	67 %	-	-	-	-	-	-
Nombre de réponses	12	9	3	4	7	6	5	4	20	23	14	4

Remarques : Le tableau ne présente des données que lorsqu'au moins 50 % des répondants ont déclaré un indicateur comme très important dans leur zone climatique respective. Dsa : climat continental humide à été sec et tempéré; Dsb : climat continental humide à été sec et frais; Dsc : climat continental subarctique à été sec et froid; Dsd : climat continental subarctique à été sec et à hiver très froid; Dwa : climat continental humide à été chaud et à hiver sec; Dwb : climat continental humide à été doux et à hiver sec; Dwc : climat subarctique à été frais et à hiver sec; Dwd : climat subarctique à hiver sec et froid; Dfa : climat continental humide à été chaud sans saison sèche; Dfb : climat continental humide à été doux sans saison sèche; Dfc : climat subarctique à été frais sans saison sèche; Dfd : climat subarctique à hiver froid sans saison sèche.

Groupe climatique E de Köppen : climats polaires

Les sécheresses dans les zones de climat polaire d'Amérique du Nord

Le groupe climatique E se caractérise par des climats polaires dont les températures des mois les plus chauds sont inférieures à 10 °C. Il compte deux zones climatiques, divisées selon la température du mois le plus chaud, c'est-à-dire supérieure ou inférieure à 0 °C (Heim, ad litt.; Peel, Finlayson et McMahon, 2007) :

- ET : climat de toundra
- EF : climat de la calotte glaciaire

En Amérique du Nord, le groupe climatique E de Köppen comprend des régions de l'Alaska et de haute altitude dans l'ouest des États-Unis, ainsi que le Grand Nord et des régions de haute altitude dans l'ouest du Canada (figure 19). Des 164 répondants, 7 ont indiqué que leur zone géographique de responsabilité comprenait le groupe climatique E de Köppen, soit 5 dans la zone ET et 2 dans la zone EF. Parmi eux, 4 résidaient au Canada et 3 aux États-Unis (tableau 40). Même si peu de répondants représentaient les zones de climat polaire, il est important de noter que l'expertise dans ces zones climatiques est sans aucun doute limitée à un nombre restreint d'autorités.

Tous les répondants du groupe climatique E ont indiqué que leur zone de responsabilité avait connu une sécheresse au cours des 10 années précédentes (tableau 41). Les sécheresses se sont produites au cours de 1 à plus de 5 années sur les 10 dernières (tableau 42).

La durée typique d'une sécheresse était de 1 mois à plus de 12. Aucun des répondants n'a signalé de sécheresse ayant duré moins de 1 mois dans l'une des zones climatiques du groupe E. La majorité des répondants (63 %) ont indiqué que les sécheresses duraient généralement 6 mois ou plus dans chaque zone climatique et seraient donc considérées comme étant de longue durée (tableau 43).

Les facteurs influençant le choix d'indicateurs

La totalité des répondants a estimé que la disponibilité de données pertinentes et nécessaires constituait le facteur le plus important dans le choix d'indicateurs pour les climats polaires. Inversement, aucun répondant n'a indiqué que la complexité ou la difficulté du calcul requis était importante. Tous les répondants ont estimé que les autres facteurs avaient la même importance : 75 % pour la zone ET et 50 % pour la zone EF (tableau 44).

Comme cela est indiqué précédemment, les zones de climat polaire étaient représentées par peu de répondants. Toutefois, le large consensus des répondants ayant une expertise en climats polaires est un fait notable.

Les facteurs les plus importants dans le choix des indicateurs des climats polaires sont les suivants en les classant par ordre d'importance :

- La disponibilité de données pertinentes et nécessaires pour le calcul de l'indicateur.
- La pertinence de l'indicateur dans une zone ou une région, la connaissance de l'indicateur ou l'historique des indicateurs utilisés précédemment dans la zone ou la région (d'égale importance).
- La complexité ou la difficulté du calcul requis.

L'efficacité des indicateurs

Les opinions des répondants étaient divisées de manière égale quant à savoir si l'efficacité des indicateurs était uniforme à l'échelle de leur zone géographique de responsabilité dans la zone de climat polaire ET. Les 2 répondants de la zone EF ont déclaré que l'efficacité des indicateurs n'était pas uniforme dans leur territoire (tableau 45). Dans la zone ET, la plupart des répondants ont déclaré que l'efficacité des

indicateurs était uniforme d'une saison à une autre, alors que dans la zone EF, les opinions étaient divisées de manière égale (tableau 46).

Les indicateurs de sécheresse dans les climats polaires d'Amérique du Nord

Parmi les indicateurs, les répondants en ont jugé 19 très efficaces pour surveiller les sécheresses de courte durée et 12 pour surveiller les sécheresses de longue durée (tableau 47). Cependant, seulement 50 % d'entre eux ont jugé très efficaces la plupart des indicateurs. Celui qui se démarque est l'USDMD, car tous les répondants l'ont jugé très efficace pour les sécheresses de courte durée et de longue durée dans les deux zones de climat polaire (tableau 47).

Les répondants ont qualifié 17 indicateurs de sécheresse ne figurant pas dans le manuel de l'OMM de très efficaces pour la surveillance des sécheresses dans les zones de climat polaire (tableau 48).

Comme cela est indiqué précédemment, le nombre de répondants capables de faire preuve d'expertise à l'égard des zones de climat polaire était assez faible. Il est donc difficile de formuler des conclusions solides sur l'efficacité de ces indicateurs en se fondant sur cette taille d'échantillon.

Figure 19. Répartition des climats polaires en Amérique du Nord

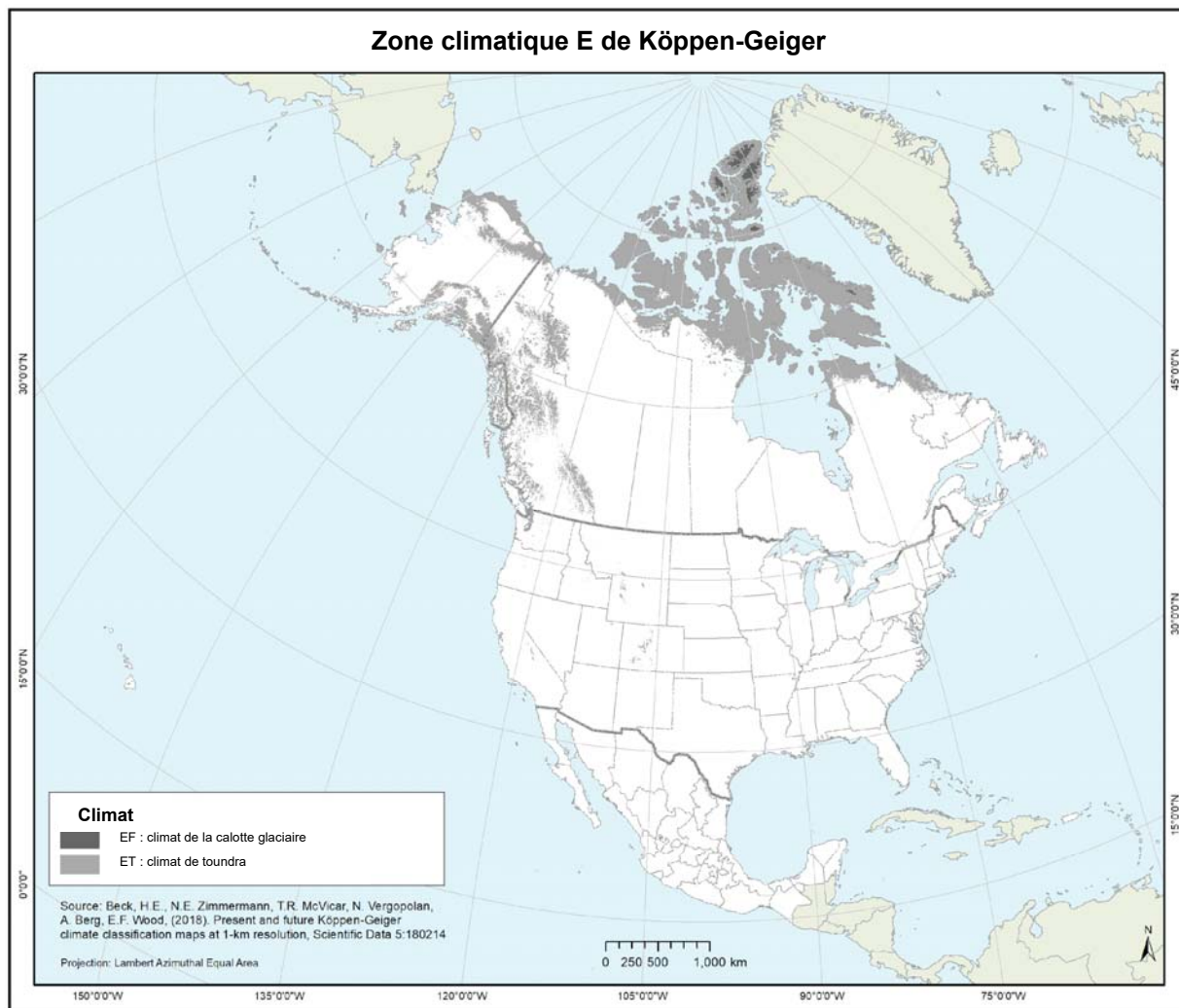


Tableau 40. Répondants actifs par pays dans les climats polaires

Zone climatique	Canada	Mexique	États-Unis	Total
ET : climat de toundra	3	-	2	5
EF : climat de la calotte glaciaire	1	-	1	2
Total	4	-	3	7

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 41. Occurrences de sécheresse dans les climats polaires au cours des 10 dernières années

Zone climatique	Oui	Non	Ne sait pas
ET : climat de toundra	5	-	-
EF : climat de la calotte glaciaire	2	-	-
Total	7	-	-

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 42. Fréquence des sécheresses dans les climats polaires

Zone climatique	Fréquence des sécheresses (années)		
	1-2	3-5	5+
ET : climat de toundra	1	2	2
EF : climat de la calotte glaciaire	-	1	1
Total	1	3	3

Remarques : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage. La fréquence des sécheresses fait référence au nombre d'années où une sécheresse a été ressentie au cours des 10 dernières.

Tableau 43. Durée d'une sécheresse typique dans les climats polaires

Zone climatique	Durée de la sécheresse (mois)				Sécheresse de courte durée	Sécheresse de longue durée
	1-3	3-6	6-12	12+		
ET : climat de toundra	1	1	1	2	2	3
EF : climat de la calotte glaciaire	-	1	1	1	1	2
Total	1	2	2	3	3	5

Remarques : Les données indiquent le nombre de réponses reçues, qui diffère s'il s'agit d'une sécheresse de courte ou de longue durée. Les sécheresses de courte durée s'étendent sur moins de 6 mois, alors que celles de longue durée s'étendent sur 6 mois ou plus.

Tableau 44. Facteurs influençant le choix d'indicateurs dans les climats polaires

Facteurs	Zones climatiques de Köppen	
	ET	EF
Disponibilité de données pertinentes et nécessaires pour le calcul de l'indicateur	100 %	100 %
Complexité ou difficulté du calcul requis	-	-
Pertinence de l'indicateur pour la zone ou la région	75 %	50 %
Connaissance de l'indicateur	75 %	50 %
Historique des indicateurs utilisés précédemment dans la zone ou la région	75 %	50 %
Nombre de réponses	4	2

Remarques : Le tableau ne présente des données que lorsqu'au moins 50 % des répondants ont déclaré un facteur comme très important dans leur zone climatique respective. ET : climat de toundra; EF : climat de la calotte glaciaire.

Tableau 45. Efficacité des indicateurs dans les zones géographiques de climat polaire

Zone climatique	L'efficacité des indicateurs est uniforme	L'efficacité des indicateurs n'est pas uniforme
ET : climat de toundra	2	2
EF : climat de la calotte glaciaire	-	2
Total	2	4

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 46. Efficacité des indicateurs d'une saison à une autre dans les climats polaires

Zone climatique	L'efficacité des indicateurs est uniforme	L'efficacité des indicateurs n'est pas uniforme
ET : climat de toundra	3	1
EF : climat de la calotte glaciaire	1	1
Total	4	2

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 47. Indicateurs les plus efficaces pour surveiller les sécheresses dans les climats polaires

a) Indicateurs les plus efficaces pour surveiller les sécheresses de courte durée dans les climats polaires

Catégorie	Indicateur	Zones climatiques de Köppen	
		ET	EF
Météorologie	Indice d'humidité des cultures	-	50 %
	Indice de sécheresse de Palmer	50 %	50 %
	Indice Z de Palmer	-	50 %
	Indice de sécheresse de Palmer autoétalonné	-	50 %
	Indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé	50 %	50 %
	Indice de précipitations normalisé	50 %	50 %
	Nombre de réponses	4	2
Humidité du sol	Indice de déficit d'évapotranspiration	-	50 %
	Indice de déficit d'humidité du sol	-	50 %
	1-évapotranspiration réelle/évapotranspiration potentielle ¹	-	50 %
	Nombre de réponses	4	2
Hydrologie	Indice de sécheresse hydrologique de Palmer	-	100 %
	Indice d'apport d'eau de surface	67 %	100 %
	Nombre de réponses	3	1
Télédétection	Indice de végétation amélioré	-	50 %
	Indice de stress fondé sur l'évaporation	-	50 %
	Indice de végétation par différence normalisé	50 %	100 %
	Indice de quantité d'eau par différence normalisé et indice de quantité d'eau en surface	-	50 %
	Indice de condition de la végétation	-	50 %
	Indice de réaction de la végétation à la sécheresse	50 %	100 %
	Indice de santé de la végétation	-	50 %
	Nombre de réponses	4	2
Indice ou indicateur composite ou modélisé	Outil de surveillance des sécheresses aux États-Unis	100 %	100 %
	Nombre de réponses	3	1

b) Indicateurs les plus efficaces pour surveiller les sécheresses de longue durée dans les climats polaires

Catégorie	Indicateur	Zone climatique de Köppen	
		ET	EF
Météorologie	Indice de sécheresse de Palmer	67 %	100 %
	Indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé	67 %	100 %
	Indice de précipitations normalisé	67 %	100 %
	Nombre de réponses	3	1
Humidité du sol	Indice de déficit d'évapotranspiration	-	50 %
	Indice de déficit d'humidité du sol	-	50 %
	Nombre de réponses	4	2
Hydrologie	Indice de sécheresse hydrologique de Palmer	-	100 %
	Nombre de réponses	3	1
Télétection	Indice de végétation amélioré	-	50 %
	Indice de végétation par différence normalisé	-	50 %
	Indice de quantité d'eau par différence normalisé et indice de quantité d'eau en surface	-	50 %
	Indice de condition de la végétation	-	50 %
	Indice de réaction de la végétation à la sécheresse	-	50 %
	Nombre de réponses	4	2
Indice ou indicateur composite ou modélisé	Outil de surveillance des sécheresses aux États-Unis	100 %	100 %
	Nombre de réponses	3	1

Remarques : Le tableau ne présente des données que lorsqu'au moins 50 % des répondants ont déclaré un indicateur comme très important dans leur zone climatique respective. ET : climat de toundra; EF : climat de la calotte glaciaire.

* La sélection originale des indicateurs indiqués dans le sondage ne comprenait pas l'indice 1-évapotranspiration réelle/évapotranspiration potentielle (1-ETR/ETP). Toutefois, les répondants pouvaient indiquer d'autres indicateurs qu'ils avaient jugés efficaces dans leur zone géographique de responsabilité.

Tableau 48. Indicateurs les plus efficaces pour surveiller les sécheresses dans les climats polaires ne figurant pas dans le Manuel des indicateurs et indices de sécheresse de l'OMM

Indicateur	Zones climatiques de Köppen		
	ET	EF	
Prévisions sur 5 jours	50 %	-	
Prévisions sur 8 à 14 jours	100 %	-	
État des cultures	50 %	100 %	
Profondeur de la nappe phréatique	75 %	50 %	
Écarts des précipitations par rapport à la normale	75 %	50 %	
Centiles des précipitations	50 %	100 %	
Classement des précipitations	75 %	50 %	
Répercussions des sécheresses déclarées	75 %	50 %	
Stockage d'eau dans les réservoirs	50 %	50 %	
Prévisions saisonnières	75 %	-	
Humidité du sol	75 %	100 %	
Écoulement fluvial	75 %	50 %	
Écarts de température par rapport à la normale	50 %	50 %	
Classement des températures	50 %	50 %	
Verdure de la végétation	75 %	100 %	
Qualité de l'eau	50 %	50 %	
Utilisation de l'eau (demande)	75 %	50 %	
	Nombre de réponses	4	2

Remarques : Le tableau ne présente des données que lorsqu'au moins 50 % des répondants ont déclaré un indicateur comme très important dans leur zone climatique respective. ET : climat de toundra; EF : climat de la calotte glaciaire.

Les sécheresses en Amérique du Nord

La définition d'une sécheresse

Une sécheresse est un concept difficile à définir. Les participants aux webinaires tenus en octobre 2020 ont été invités à discuter de la manière dont ils définissaient une sécheresse dans leur zone géographique de responsabilité ou leur secteur économique.

Ils ont pris note des définitions classiques d'une sécheresse, à savoir « un manque d'humidité et un déficit en eau » ou « une absence prolongée de précipitations ». Toutefois, la majeure partie de la discussion a porté sur la reconnaissance des sécheresses à l'aide des informations que fournissent les indicateurs. Plusieurs participants ont mentionné utiliser l'indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé (IPEN) et l'indice d'apport d'eau de surface (IAES) pour définir une sécheresse. Les indicateurs suivants ont également été mentionnés pour la prévision des sécheresses : précipitations et températures prévues d'un mois à un autre, manteau neigeux actuel et prévu, conditions d'humidité des bassins versants (surveillance des eaux souterraines et de l'humidité du sol) et demande en eau de la part des clients. Un participant a fait remarquer que les autorités de la Colombie-Britannique, au Canada, utilisent le pourcentage des précipitations moyennes sur 30 jours et les centiles de débit moyen d'un cours d'eau sur 7 jours comme indicateurs de sécheresse. Un autre a expliqué utiliser des indicateurs de sécheresse relatifs aux bassins versants tenant compte des niveaux de stockage d'eau dans un système de 4 réservoirs.

En résumé, la plupart des spécialistes dans ce domaine connaissent les définitions génériques d'une sécheresse, mais leur perception diffère selon la région climatologique qu'ils observent, leur principal motif de description d'une sécheresse et les données dont ils disposent.

La fréquence et la durée des sécheresses en Amérique du Nord

Presque tous les répondants au sondage en ligne ont déclaré que leur zone de responsabilité avait connu une sécheresse au cours des 10 dernières années. Seuls 4 répondants sur 133 (2 du Canada et 2 des États-Unis) n'ont pas connu de sécheresse au cours de la dernière décennie alors que 11 répondants ont indiqué ne pas le savoir (tableau 49). La plupart des répondants canadiens et américains ont indiqué que, selon leur expérience, des sécheresses s'étaient produites au cours de 5 années ou moins sur les 10 dernières. En revanche, la plupart des répondants mexicains ont indiqué qu'elles s'étaient produites au cours de plus de 5 années (tableau 50).

Une sécheresse typique en Amérique du Nord dure entre 1 mois et plus de 12 mois. Aucun répondant n'a signalé de sécheresse ayant duré moins de 1 mois. Plus de la moitié des répondants des trois pays, dont plus de 80 % des Canadiens et des Mexicains, ont indiqué que les sécheresses étaient généralement de courte durée. En comparaison, seuls 54 % des répondants américains ont déclaré que les sécheresses étaient généralement de courte durée (tableau 51 et figure 20).

Les facteurs influençant le choix d'indicateurs en Amérique du Nord

La plupart des répondants des trois pays ont indiqué que la disponibilité de données pertinentes et nécessaires pour le calcul de l'indicateur constituait un facteur très important pour choisir des indicateurs. Il est le seul à être considéré comme très important dans les trois pays, de même que le seul à être considéré comme très important par les répondants mexicains. Inversement, la complexité ou la difficulté du calcul requis n'est pas considérée comme très importante par la plupart des répondants des trois pays. Les autorités canadiennes et américaines ont considéré comme très importants la pertinence de l'indicateur dans la zone ou la région, la connaissance de l'indicateur et l'historique des indicateurs utilisés précédemment dans une zone ou une région (tableau 52).

De nombreux répondants ont indiqué qu'un facteur majeur dans leur choix d'indicateurs était le fait qu'ils soient propres à une région. D'un État, d'une province ou d'un territoire à un autre, les normes et les techniques de surveillance des sécheresses diffèrent. Certains ont indiqué que les indicateurs sont prescrits par l'autorité étatique, provinciale ou territoriale, ce qui complique leur utilisation hors des frontières de

la zone que régit cette autorité. Cette donnée laisse entendre qu'il serait bénéfique de déployer des efforts pour encourager la communication entre les autorités responsables de la surveillance des sécheresses au-delà des frontières. L'élaboration d'une méthodologie acceptée à plus grande échelle pour le suivi et la gestion des sécheresses simplifierait le processus décisionnel quant au choix des indicateurs appropriés. Cette solution est particulièrement importante dans les zones à haut risque de sécheresse qui transcendent les frontières politiques et où deux ou plusieurs autorités doivent collaborer.

Certains ont commenté qu'il serait souhaitable de pouvoir « établir des corrélations entre les indicateurs et les conditions réelles sur le terrain » et de pouvoir visualiser une sécheresse à la fois à l'échelle locale et à l'échelle d'un État, d'une province ou d'un territoire. Ainsi, la prise de décisions serait facilitée, puisque les conditions de sécheresse en temps réel détermineraient plus précisément les indicateurs qui peuvent ou doivent être utilisés.

L'efficacité des indicateurs en Amérique du Nord

La plupart des répondants de chaque pays ont indiqué que l'efficacité des indicateurs n'était pas uniforme dans l'ensemble de leur zone géographique de responsabilité. Toutefois, les opinions étaient réparties de manière à peu près égale chez les répondants mexicains et américains (tableau 53).

Selon les répondants, l'efficacité des indicateurs était uniforme dans les divers terrains géographiques de 4 zones climatiques : Af, Cwa, Cwc et Cfc. En revanche, ce n'était pas le cas dans toutes les autres zones climatiques : l'efficacité des indicateurs n'était pas uniforme dans l'ensemble de la zone ou les opinions étaient divisées de manière égale (figure 21). Comme la plupart l'ont fait remarquer, cette disparité est causée par la géographie très variée de leur territoire. Ainsi, le choix d'indicateurs qui seraient efficaces dans l'ensemble d'une zone était très difficile, et cette donnée souligne l'importance d'établir une bibliothèque d'indicateurs efficaces dans des zones climatiques données.

Les répondants ont relevé un problème récurrent concernant l'écoulement fluvial et l'état des sols. Certains ont avancé que la surveillance de l'écoulement fluvial peut être inefficace en raison des périodes limitées au sujet desquelles les données sont disponibles (p. ex. les données sur 7 ou 28 jours). L'un d'eux a déclaré que les données ne sont pas fiables « [lorsque] le débit de base est faible ou [qu'il] n'est pas étroitement représentatif des répercussions sur l'agriculture ». En ce qui concerne les indicateurs d'humidité du sol, les répondants ont fait remarquer que les conditions du sol peuvent varier considérablement dans une région et que certains indicateurs ne tiennent pas compte de cette variation.

Les répondants ont également déclaré que l'efficacité des indicateurs n'était pas uniforme d'une saison à une autre, même si, là encore, les opinions étaient presque divisées de manière égale chez les répondants mexicains et américains (tableau 54). Selon les répondants, les indicateurs étaient efficaces d'une saison à une autre dans les 3 zones climatiques tropicales (Af, Am et Aw), dans la zone Cwa et dans 5 zones de climat subarctique ou polaire (Dsc, Dwc, Dwd, Dfd et ET). Dans toutes les autres zones climatiques, l'efficacité des indicateurs n'était pas uniforme d'une saison à une autre ou les opinions étaient divisées de manière égale (figure 22).

Les répondants ont indiqué que la variabilité saisonnière rend certains indicateurs peu fiables à différentes périodes de l'année. Ils ont aussi mentionné que les saisons sèches et les hivers sont problématiques en raison de l'incapacité d'y utiliser les indicateurs que constituent la végétation et l'écoulement des eaux, et ont fréquemment signalé que les indicateurs de mesure de la végétation et des cultures posaient des défis.

Le fait de pouvoir choisir des indicateurs selon la saison en cours pourrait améliorer l'efficacité de la surveillance des sécheresses. Ce niveau de détail est possiblement plus important pour le suivi et la gestion des sécheresses dans certaines zones géographiques ou certains groupes climatiques que dans d'autres. On peut aussi supposer que chaque autorité a connaissance des indicateurs de sécheresse saisonniers utilisés dans ses zones de responsabilité, et qu'il serait alors possible d'en tenir compte lors du catalogue des indicateurs.

La disponibilité des données a souvent été mentionnée par les répondants comme un obstacle à une bonne compréhension du fonctionnement de certains indicateurs. Les données sont manquantes sur certains

indicateurs clés, soit en raison d'un manque d'enregistrements de ces données ou d'une incapacité à les recueillir de manière efficace. De plus, comme l'a signalé un répondant, « les données ne sont pas échangées entre les différents organismes ». Un tel échange à l'échelle transfrontalière, ou du moins entre les autorités compétentes, pourrait améliorer la prise de décisions en fournissant aux analystes des informations plus fiables avec lesquelles travailler.

Deux répondants ont déclaré que l'état des instruments de mesure était essentiel au bon fonctionnement des indicateurs à longueur d'année. Les réponses laissaient entendre que l'entretien de ces instruments variait et que des conditions hivernales difficiles pouvaient les endommager. Leur bon fonctionnement peut être un facteur important dans le choix d'indicateurs à utiliser dans des régions au climat extrême, en particulier celles qui passent d'un été chaud et à un hiver froid.

L'efficacité des indicateurs de sécheresse en Amérique du Nord

Selon les répondants, l'efficacité régionale des indicateurs de sécheresse figurant dans le manuel de l'OMM diffère grandement de celle des indicateurs qui n'y figurent pas.

Les répondants ont indiqué que la plupart des indicateurs du manuel de l'OMM n'étaient pas très efficaces pour la plupart des zones climatiques. Ils ont jugé que seulement 4 des 44 indicateurs étaient très efficaces dans au moins la moitié des zones climatiques (tableaux 10, 19, 28, 29, 38 et 47). En revanche, 12 des 21 indicateurs ne figurant pas dans le manuel de l'OMM ont été jugés très efficaces dans au moins la moitié des zones climatiques (tableaux 11, 20, 30, 39 et 48).

Les indicateurs du manuel de l'OMM considérés par les répondants comme très efficaces dans les zones climatiques les plus différentes étaient le RNP, l'IPEN, l'IPN et l'USDm. Toutefois, aucun d'entre eux n'a été jugé très efficace dans toutes les zones climatiques d'Amérique du Nord. Pour les sécheresses de courte durée, l'IPN a été jugé très efficace dans 27 des 34 zones climatiques d'Amérique du Nord, le RNP dans 23, et l'IPEN dans 22. Ensemble, ces trois indicateurs météorologiques, tout comme l'USDm, ont été jugés très efficaces pour surveiller les sécheresses de courte durée dans 32 des 34 zones climatiques (tableaux 10, 19, 28, 38 et 47).

En ce qui concerne les sécheresses de longue durée, l'IPN a été considéré comme très efficace dans 29 zones climatiques. Toutefois, les répondants ont accordé une note légèrement inférieure aux 3 autres indicateurs pour les sécheresses de courte durée : le RNP était très efficace dans 21 zones climatiques, l'IPEN dans 17 et l'USDm dans 30. Il convient de noter que dans de nombreuses zones climatiques, le RNP et l'IPEN ont été considérés comme très efficaces par seulement 50 % des répondants (tableaux 10, 19, 28, 29, 38 et 47). Selon l'opinion des répondants, l'IPN et l'USDm peuvent être considérés comme les indicateurs de sécheresse du manuel de l'OMM les plus efficaces à l'échelle régionale.

Les 13 indicateurs suivants ne figurant pas dans le manuel de l'OMM ont été jugés très efficaces dans la plupart des zones climatiques : l'état des cultures, la profondeur de la nappe phréatique, les écarts de précipitations par rapport à la normale, les centiles de précipitations, le classement des précipitations, les répercussions des sécheresses déclarées, le stockage d'eau dans les réservoirs, l'humidité du sol, l'écoulement fluvial, les écarts de température par rapport à la normale, le classement des températures, la verdure de la végétation et l'utilisation de l'eau (la demande). L'humidité du sol est le seul indicateur considéré comme très efficace dans toutes les zones climatiques d'Amérique du Nord, et ce, par une importante majorité de répondants dans chaque zone. Deux autres indicateurs, l'état des cultures et le stockage d'eau dans les réservoirs, ont été jugés très efficaces dans 33 des 34 zones climatiques (tableaux 11, 20, 30, 39 et 48). Ces résultats indiquent qu'il serait utile de tenir compte de ces indicateurs dans le cadre d'une future révision du *Manuel des indicateurs et indices de sécheresse* de l'OMM.

Le rapport à la normale des précipitations

Le rapport à la normale des précipitations (RNP) se calcule à l'aide d'une équation simple. Il peut servir à comparer les précipitations d'une période donnée dans un endroit donné, mais il ne fournit pas d'informations sur la rareté des événements de précipitations. L'IPN, en revanche, utilise les relevés des

précipitations des années passées pour calculer une probabilité de précipitations durant des périodes s'étendant de 1 à 48 mois dans un endroit donné. Cet indice a donc un champ d'application plus large que le RNP (Heim, ad litt.).

Au cours des webinaires tenus sur le projet, les participants se sont penchés sur le fait que les répondants au sondage ont classé le RNP en haut de la liste d'indicateurs pour la plupart des zones climatiques d'Amérique du Nord. Les participants se sont fait demander leur degré de connaissance du RNP, la raison pour laquelle cet indicateur de sécheresse était important par rapport à d'autres et la manière dont il aide à estimer l'ampleur d'une sécheresse (voir la section « Méthodes »).

Selon les participants, le RNP est très compréhensible, même par des non-spécialistes. Comme son calcul est simple, il est facile à comprendre et favorise la communication. De plus, il permet aux enquêteurs de réaliser un premier examen des conditions dans une zone et les aide à décider s'il faut utiliser d'autres indicateurs. Cependant, bien qu'il aide à comprendre l'occurrence fondamentale d'un événement, il n'élucide pas ce qui se produit au fil du temps. Il ne tient pas compte des irrégularités des données causées par les phénomènes météorologiques (p. ex. les tempêtes), et il ne s'avère pas efficace comme indicateur de sécheresse pour la production agricole, puisque les précipitations annuelles pourraient se produire en très peu d'occasions, et causer ainsi du stress aux végétaux à d'autres occasions en raison d'une fréquence inappropriée de précipitations.

Tableau 49. Occurrences de sécheresse en Amérique du Nord au cours des 10 dernières années

Pays	Oui	Non	Ne sait pas
Canada	24	2	3
Mexique	18	2	6
États-Unis	76	-	2
Total	118	4	11

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 50. Fréquence des sécheresses en Amérique du Nord

Pays	Fréquence des sécheresses (années)			
	1-2	3-5	5+	Ne sait pas
Canada	7	7	4	1
Mexique	4	11	34	-
États-Unis	14	20	6	3
Total	25	38	44	4

Remarques : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage. La fréquence des sécheresses fait référence au nombre d'années où une sécheresse a été ressentie au cours des 10 dernières.

Tableau 51. Durée d'une sécheresse typique en Amérique du Nord

Pays	Durée de la sécheresse (mois)				Sécheresse de courte durée	Sécheresse de longue durée
	1-3	3-6	6-12	12+		
Canada	8	8	1	2	16	3
Mexique	5	10	1	1	15	2
États-Unis	14	24	11	21	38	32
Total	27	42	13	24	69	37

Remarques : Les données indiquent le nombre de réponses reçues, qui diffère selon qu'il s'agit d'une sécheresse de courte ou de longue durée. La sécheresse de courte durée s'étend sur moins de 6 mois, alors que celle de longue durée s'étend sur 6 mois ou plus.

Figure 20. Durée d'une sécheresse typique en Amérique du Nord

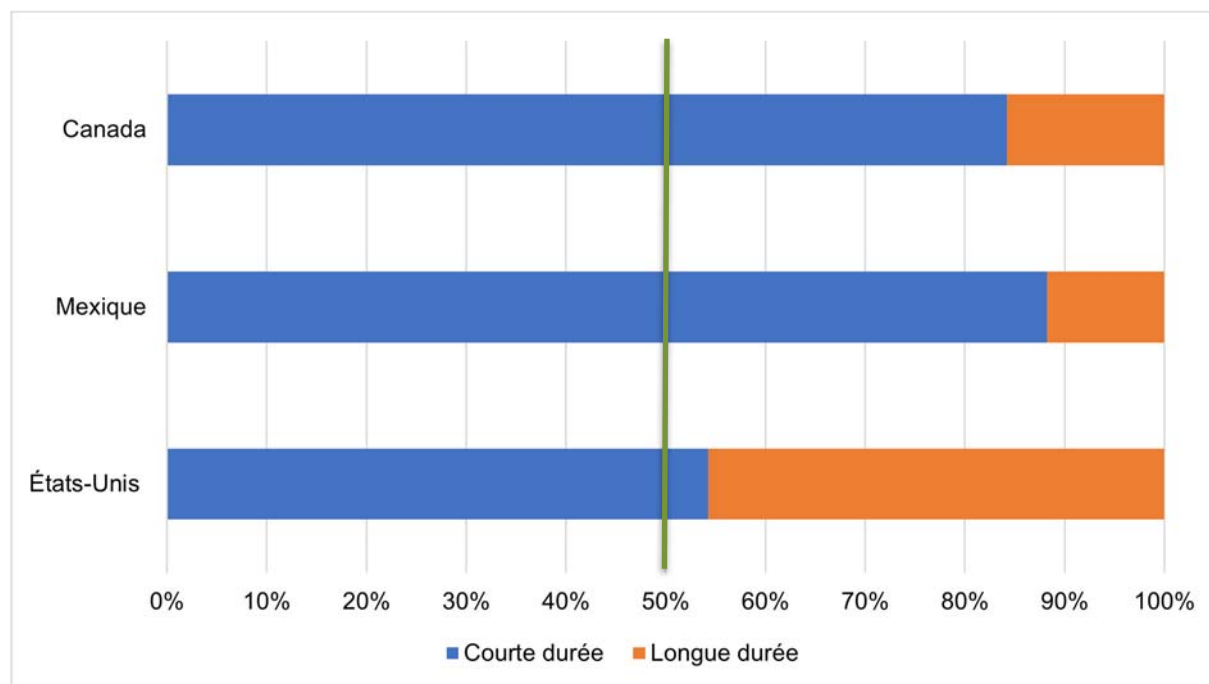


Tableau 52. Facteurs influençant le choix d'indicateurs en Amérique du Nord

Indicateur	Canada	Mexique	États-Unis
Disponibilité de données pertinentes et nécessaires pour le calcul de l'indicateur	69 %	67 %	62 %
Complexité ou difficulté du calcul requis	-	-	-
Pertinence de l'indicateur pour la zone ou la région	69 %	-	75 %
Connaissance de l'indicateur	62 %	-	71 %
Historique des indicateurs utilisés précédemment dans la zone ou la région	62 %	-	58 %
Nombre de réponses	13	55	9

Tableau 53. Efficacité des indicateurs dans les zones géographiques de responsabilité en Amérique du Nord

Zone climatique	L'efficacité des indicateurs est uniforme	L'efficacité des indicateurs n'est pas uniforme
Canada	5	12
Mexique	4	5
États-Unis	26	30
Total	35	47

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Tableau 54. Efficacité des indicateurs d'une saison à une autre en Amérique du Nord

Pays	L'efficacité des indicateurs est uniforme	L'efficacité des indicateurs n'est pas uniforme
Canada	6	11
Mexique	5	4
États-Unis	27	29
Total	38	44

Remarque : Les données indiquent le nombre de réponses au sondage.

Figure 21. L'efficacité des indicateurs par zone climatique est-elle uniforme dans les zones géographiques de responsabilité?

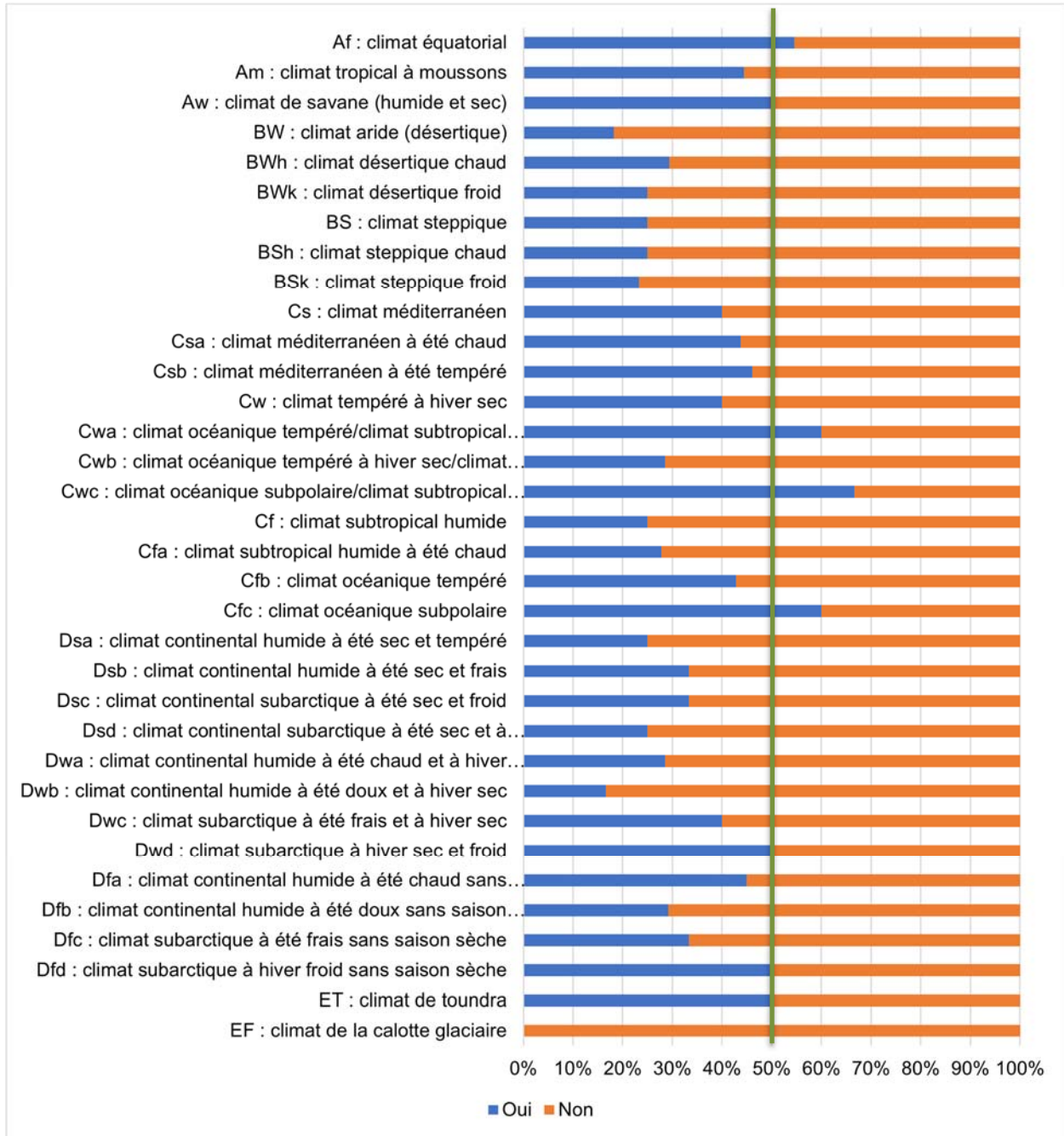


Figure 22. L'efficacité des indicateurs par zone climatique est-elle uniforme d'une saison à une autre?



Bibliographie

- Arnfield, A. J. (2020), *Köppen climate classification*, Encyclopædia Britannica Online. <www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification> (consulté le 8 septembre 2020).
- Beck, H. E., N. E. Zimmermann, T. R. McVicar, N. Vergopolan, A. Berg et E. F. Wood (2018), « Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution », *Scientific Data*, vol. 5, n° 180214. <<https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>>.
- Organisation météorologique mondiale (OMM) et Partenariat mondial de l'eau (GWP) (2016), *Manuel des indicateurs et indices de sécheresse* (M. Svoboda and B. A. Fuchs), Programme de gestion intégrée des sécheresses, Integrated Drought Management Programme Tools and Guidelines Series 2, Genève.
- Peel, M. C., B. L. Finlayson et T. A. McMahon (2007), « Updated world map of the Köppen–Geiger climate classification », *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 11, n° 5, p. 1633-1644.

Communications personnelles

Heim, R. Jr, météorologue, division *Climate Science and Services* (Sciences et services climatiques), direction *Climatic Analysis & Synthesis* (Analyse et synthèse climatiques), section *Monitoring* (Surveillance), *National Centers for Environmental Information* (Centres nationaux d'information environnementale) de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, Administration océanique et atmosphérique nationale), États-Unis. Correspondance par courriel avec E. Cooper.

Annexe A. Classification climatique de Köppen

Les descriptions climatiques originales de Köppen ont été révisées par différents auteurs et elles peuvent varier selon les sources. De plus, quelques descriptions utilisées dans le sondage en ligne ont été éditées à des fins de concision. Voilà pourquoi elles peuvent différer du texte présenté ci-dessous. Peu importe les différences, ces-ci sont négligeables et non significatives par rapport aux résultats de l'étude.

Climats tropicaux (groupe A)	
Classification	Description
Af	Climat tropical, sans saison sèche
Am	Climat tropical avec précipitations saisonnières excessives
Aw	Climat de savane à hiver sec

Climats secs (groupe B)	
Classification	Description
BW	Climat aride (désertique)
BWh	Climat désertique chaud
BWk	Climat désertique froid
BS	Climat steppique
BSh	Climat steppique chaud
BSk	Climat steppique froid

Climats tempérés (groupe C)	
Classification	Description
Cs	Climat méditerranéen à hiver doux et à été sec
Csa	Climat méditerranéen à été chaud
Csb	Climat méditerranéen à hiver doux et à été court, tempéré et sec
Cw	Climat tempéré à hiver doux et sec
Cwa	Climat tempéré à été chaud
Cwb	Climat tempéré à été tempéré
Cwc	Climat tempéré à été frais
Cf	Climat tempéré humide
Cfa	Climat subtropical humide à été chaud
Cfb	Climat tempéré humide à été tempéré
Cfc	Climat tempéré humide à été frais

Climats continentaux (groupe D)	
Classification	Description
Dsa	Climat continental à été sec et chaud
Dsb	Climat continental à été sec et tempéré
Dsc	Climat continental à été sec et frais
Dsd	Climat continental à été sec et à hiver très froid
Dwa	Climat continental à été chaud et à hiver sec
Dwb	Climat continental à été tempéré et à hiver sec
Dwc	Climat continental à été frais et à hiver sec
Dwd	Climat continental à hiver sec et très froid
Dfa	Climat continental humide à été chaud sans saison sèche
Dfb	Climat continental humide à été doux sans saison sèche
Dfc	Climat subarctique à été frais sans saison sèche
Dfd	Climat subarctique à hiver très froid sans saison sèche

Climats polaires (groupe E)	
Classification	Description
ET	climat de toundra
EF	climat de la calotte glaciaire

Sources : Tableau adapté d'Arnfield (2020), Beck et coll. (2018) et Heim (ad litt.).

Annexe B. Indicateurs et indices

Ci-dessous se trouve une liste complète des indicateurs de sécheresse que les participants au sondage en ligne de la CCE ont évalués et sur lesquels se fondent les données du présent rapport.

Indicateurs et indices de météorologie	
ARID – indice de référence pour la sécheresse agricole	NDI – indice de sécheresse de la NOAA
AAI – indice d'aridité anormale	PDSI – indice de sécheresse de Palmer
AI – indice d'aridité	PZI – Indice Z de Palmer
CZI – indice Z chinois	RNP – rapport à la normale des précipitations
CMI – indice d'humidité des cultures	RAI – indice d'anomalie de pluviosité
CSDI – indice de sécheresse par type de culture	RDI – indice de sécheresse du <i>Bureau of Reclamation</i> des États-Unis
Déciles	sc-PDSI – indice de sécheresse de Palmer autoétalonné
DAI – indice de zone de sécheresse	SAI – indice d'anomalie normalisé
DRI – indice de détection de la sécheresse	IPEN – indice de précipitations et d'évapotranspiration normalisé
EDI – indice de sécheresse efficace	IPN – indice de précipitations normalisé
HTC – coefficient hydrothermique de Selyaninov	WASP – anomalie pondérée des précipitations normalisées
KBDI – indice de sécheresse de Keetch-Byram	
Indicateurs et indices d'humidité du sol	
1-ETR/ETP – 1-évapotranspiration réelle/évapotranspiration potentielle	SMDI – indice de déficit d'humidité du sol
ETDI – indice de déficit d'évapotranspiration	SWS – stockage d'eau dans le sol
SMA – anomalie d'humidité du sol	
Indicateurs et indices d'hydrologie	
ADI – indice de sécheresse agrégé	SSFI – indice d'écoulement fluvial normalisé
PHDI – indice de sécheresse hydrologique de Palmer	SWI – indice de niveau d'eau normalisé
SRSI – indice d'alimentation des réservoirs normalisé	SDI – indice de sécheresse fondé sur l'écoulement fluvial
SMRI – indice de pluie et d'eau de fonte normalisé	SWSI – indice d'apport d'eau de surface
Indicateurs et indices de télédétection	
EVI – indice de végétation amélioré	VCI – indice de condition de la végétation
ESI – indice de stress fondé sur l'évaporation	VegDRI – indice de réaction de la végétation à la sécheresse
NDVI – indice de végétation par différence normalisé	VHI – indice de santé de la végétation
NDWI et LSWI – indice de quantité d'eau par différence normalisé et indice de quantité d'eau en surface	WRSI et WRSI géospatial – indice de satisfaction des besoins en eau
SAVI – indice de végétation ajusté pour le sol	TCI – indice des conditions de température
Indicateurs et indices composites ou modélisés	
CDI – indicateur de sécheresse composé	MSDI – indice de sécheresse normalisé multivarié
GIDMaPS – système mondial intégré de suivi et de prévision de la sécheresse	USDM – Outil de surveillance des sécheresses aux États-Unis
GLDAS – système mondial d'assimilation des données terrestres	

Indicateurs ne figurant pas dans le *Manuel des indicateurs et indices de sécheresse* de l'OMM

Prévisions sur 5 jours	Stockage d'eau dans les réservoirs
Prévisions sur 8 à 14 jours	Prévisions saisonnières
Prévisions sur 30 jours	Humidité du sol
État des cultures	Écoulement fluvial
Profondeur de la nappe phréatique	Écarts de température par rapport à la normale
Interdictions locales de faire des feux	Classement des températures
Rapports des médias	Prévisions de la sécheresse aux États-Unis
Écarts des précipitations par rapport à la normale	Verdure de la végétation
Centiles des précipitations	Qualité de l'eau
Classement des précipitations	Utilisation de l'eau (demande)
Répercussions des sécheresses déclarées	Lieux des incendies de forêt et signalements

Annexe C. Questions du sondage

1. Dans quel pays travaillez-vous actuellement?
2. Quels sont les districts fédéraux, étatiques, territoriaux ou régionaux des États-Unis dans lesquels vous travaillez? Choisissez toutes les réponses qui s'appliquent.
3. Quels sont les provinces ou les territoires du Canada dans lesquels vous travaillez? Choisissez toutes les réponses qui s'appliquent.
4. Quel est l'État ou l'entité fédérale du Mexique pour lequel vous travaillez? Choisissez toutes les réponses qui s'appliquent.
5. Quel est le nom de la ville où vous travaillez actuellement? Si vous ne travaillez pas dans une ville ou une localité, veuillez indiquer la ville ou la localité la plus proche de votre lieu de travail.
6. Quels sont les districts fédéraux, étatiques, territoriaux ou régionaux des États-Unis dont vous êtes responsable?
7. Quels sont les provinces ou les territoires du Canada dont vous êtes responsable? Choisissez toutes les réponses qui s'appliquent.
8. Quel est l'État ou l'entité fédérale du Mexique dont vous êtes responsable? Choisissez toutes les réponses qui s'appliquent.
9. Au cours des 10 dernières années, votre zone géographique de responsabilité a-t-elle connu une sécheresse?
10. Dans l'ensemble, au cours des 10 dernières années, pendant combien d'entre elles votre zone géographique de responsabilité a-t-elle connu une sécheresse?
11. Dans votre zone géographique de responsabilité, quelle est la durée (en mois) d'une sécheresse typique?
12. Actuellement, dans quelle mesure êtes-vous préoccupé par l'occurrence de sécheresses dans votre zone géographique de responsabilité? Veuillez attribuer une note de 1 (Pas préoccupé) à 5 (Extrêmement préoccupé).
13. Occupez-vous actuellement des fonctions officielles dans la gestion et/ou la surveillance des sécheresses (p. ex. pour déterminer l'utilisation en eau ou surveiller les indicateurs et indices de sécheresse)?
14. Dans quel secteur occupez-vous des fonctions en lien avec les sécheresses?
15. Quelle est la taille de la population totale de la ou des zones géographiques dont vous êtes responsable?
16. Combien de temps consacrez-vous actuellement aux activités suivantes?
17. Une sécheresse est un phénomène complexe et difficile à définir. La communauté climatologique classe les sécheresses sous les cinq types suivants :
 - a. Météorologique – lorsque le temps sec domine une région.
 - b. Hydrologique – lorsqu'un faible niveau d'eau devient évident dans les cours d'eau, les réservoirs et les eaux souterraines.
 - c. Agricole – lorsque les cultures sont touchées.
 - d. Socioéconomique – lorsque l'offre et la demande de produits de base sont touchées.
 - e. Écologique – lorsque les écosystèmes terrestres et aquatiques sont touchés.

Dans quelle mesure chacun de ces types de sécheresse a-t-il des répercussions dans votre zone géographique de responsabilité? Veuillez attribuer une note de 1 (Aucune répercussion) à 5 (Forte répercussion).

18. Le système de classification de Köppen divise les climats en cinq groupes principaux. Quelle est ou quelles sont les zones climatiques de Köppen qui s'appliquent à votre zone géographique de responsabilité? Choisissez toutes les réponses qui s'appliquent.
19. Utilisez-vous actuellement le *Manuel des indicateurs et indices de sécheresse* de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) dans le cadre de votre travail?
20. Pour les sécheresses de courte durée : en fonction de votre zone géographique de responsabilité, veuillez attribuer une note de 1 (Peu efficace) à 5 (Très efficace) à chacun des indicateurs et indices de MÉTÉOROLOGIE suivants.
21. Pour les sécheresses de longue durée : en fonction de votre zone géographique de responsabilité, veuillez attribuer une note de 1 (Peu efficace) à 5 (Très efficace) à chacun des indicateurs et indices de MÉTÉOROLOGIE suivants.
22. Pour les sécheresses de courte durée : en fonction de votre zone géographique de responsabilité, veuillez attribuer une note de 1 (Peu efficace) à 5 (Très efficace) à chacun des indicateurs et indices d'HUMIDITÉ DU SOL suivants.
23. Pour les sécheresses de longue durée : en fonction de votre zone géographique de responsabilité, veuillez attribuer une note de 1 (Peu efficace) à 5 (Très efficace) à chacun des indicateurs et indices d'HUMIDITÉ DU SOL suivants.
24. Pour les sécheresses de courte durée : en fonction de votre zone géographique de responsabilité, veuillez attribuer une note de 1 (Peu efficace) à 5 (Très efficace) à chacun des indicateurs et indices d'HYDROLOGIE suivants.
25. Pour les sécheresses de longue durée : en fonction de votre zone géographique de responsabilité, veuillez attribuer une note de 1 (Peu efficace) à 5 (Très efficace) à chacun des indicateurs et indices d'HYDROLOGIE suivants.
26. Pour les sécheresses de courte durée : en fonction de votre zone géographique de responsabilité, veuillez attribuer une note de 1 (Peu efficace) à 5 (Très efficace) à chacun des indicateurs et indices de TÉLÉDÉTECTION suivants.
27. Pour les sécheresses de longue durée : en fonction de votre zone géographique de responsabilité, veuillez attribuer une note de 1 (Peu efficace) à 5 (Très efficace) à chacun des indicateurs et indices de TÉLÉDÉTECTION suivants.
28. Pour les sécheresses de courte durée : en fonction de votre zone géographique de responsabilité, veuillez attribuer une note de 1 (Peu efficace) à 5 (Très efficace) à chacun des INDICES OU INDICATEURS COMPOSITES OU MODÉLISÉS suivants.
29. Pour les sécheresses de longue durée : en fonction de votre zone géographique de responsabilité, veuillez attribuer une note de 1 (Peu efficace) à 5 (Très efficace) à chacun des INDICES OU INDICATEURS COMPOSITES OU MODÉLISÉS suivants.
30. Quels sont les facteurs qui influencent vos choix d'indicateurs et d'indices à utiliser dans votre zone géographique de responsabilité? Veuillez attribuer une note de 1 (Peu efficace) à 5 (Très efficace) à chacun des facteurs suivants.
31. L'efficacité des indicateurs et des indices que vous utilisez est-elle uniforme dans votre zone géographique de responsabilité?
32. Si vous avez répondu « Non » [à la question 31], veuillez expliquer pourquoi :
33. L'efficacité des indicateurs et des indices que vous utilisez est-elle uniforme d'une saison à une autre dans votre zone géographique de responsabilité?
34. Si vous avez répondu « Non » [à la question 33], veuillez expliquer pourquoi :

35. Les indicateurs suivants ne figurent pas dans le *Manuel des indicateurs et indices de sécheresse* de l'OMM. En fonction de votre zone géographique de responsabilité, veuillez attribuer une note de 1 (Faible importance) à 5 (Grande importance).
36. Utilisez-vous d'AUTRES indicateurs pour surveiller les sécheresses dans votre zone géographique de responsabilité? Veuillez indiquer lesquels.
37. Une sécheresse peut avoir des répercussions multiples et concomitantes sur la vie humaine et l'environnement. Elles peuvent être économiques, écologiques et/ou sociales. En fonction de votre zone géographique de responsabilité, veuillez attribuer une note de 1 (Faible répercussion) à 5 (Forte répercussion) à chacune des répercussions ÉCONOMIQUES suivantes.
38. En fonction de votre zone géographique de responsabilité, veuillez attribuer une note de 1 (Faible répercussion) à 5 (Forte répercussion) à chacune des répercussions ENVIRONNEMENTALES suivantes.
39. En fonction de votre zone géographique de responsabilité, veuillez attribuer une note de 1 (Faible répercussion) à 5 (Forte répercussion) à chacune des répercussions SOCIALES suivantes.
40. Avez-vous d'autres commentaires à formuler?
41. Question facultative : veuillez indiquer votre nom, votre adresse courriel et votre affiliation.