

Guide de surveillance du climat destiné aux collectivités autochtones

Autorisation de reproduction

À moins d'indication contraire, l'information contenue dans la présente publication peut être reproduite, en partie ou en entier et par quelque moyen que ce soit, sans frais et sans autorisation supplémentaire du Conseil canadien des normes (CCN), pourvu que toutes les précautions raisonnables soient prises pour assurer l'exactitude de l'information reproduite; que le CCN soit mentionné comme la source de la publication; et que la reproduction ne soit présentée ni comme une version officielle ni comme une version ayant été faite en association avec le CCN ou avec son aval.

Pour obtenir l'autorisation de reproduire l'information contenue dans cette publication à des fins commerciales, écrire à info@ccn.ca.

© 2024 Conseil canadien des normes

Also available in English under the title *Climate Monitoring Guide for Indigenous Communities*.

Conseil canadien des normes
55, rue Metcalfe, bureau 600
Ottawa (Ontario) K1P 6L5

Téléphone : 1 613 238-3222
Télécopieur : 1 613 569-7808

isd-eni@ccn.ca
www.ccn.ca

Table des matières

Aider les collectivités autochtones touchées par les changements climatiques	3
Comment utiliser le guide	4
Pourquoi mener un projet de surveillance communautaire du climat?	6
Partie 1 : Mise en œuvre d'un projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones	9
Principales considérations pour les projets de surveillance du climat dans les collectivités autochtones.....	10
Conception d'un projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones	11
Principaux indicateurs climatiques	15
Partie 2 : Surveillance des principaux indicateurs climatiques	17
Survol de la surveillance des variables climatiques physiques	18
Techniques de collecte de données climatiques physiques	19
Techniques de gestion des données climatiques physiques.....	22
Assurance et contrôle de la qualité des données climatiques physiques	25
Équipement de surveillance des variables climatiques physiques.....	29
Considérations relatives à l'installation, au fonctionnement et à l'entretien.....	33
Considérations relatives à la surveillance des variables climatiques physiques	36
Partie 3 : Consignation, conservation et diffusion du savoir autochtone	39
Méthodes de consignation des savoirs traditionnels sur le climat	42
Références	50
Annexe : Indicateurs pour la surveillance des variables climatiques physiques	51
Indicateurs atmosphériques	52
Indicateurs de la lithosphère.....	62
Indicateurs de l'hydrosphère.....	65

Le Conseil canadien des normes (CCN) et Relations Couronne-Autochtones et Affaires du Nord Canada (RCAANC) ont financé la rédaction de ce document d'orientation (d'application volontaire) pour aider les collectivités autochtones intéressées à prendre part à la surveillance de variables climatiques physiques.

Le guide a été élaboré par un comité directeur avec la contribution de représentants de collectivités ayant différents niveaux d'expérience en matière de projets de surveillance du climat. Les histoires présentées tout au long du guide donnent un aperçu des projets uniques de ces collectivités, dans l'espoir que d'autres bénéficieront de leurs expériences et des leçons à retenir.

COLLECTIVITÉS CONTRIBUTRICES

Nous remercions les grands contributeurs suivants, qui ont bien voulu nous faire profiter de leur expérience et ajouter des ressources précieuses et pertinentes pour les collectivités de tout le Canada :

Nation métisse de Fort McKay

Première nation crie Mikisew

Corporation communautaire de Tuktoyaktuk

Pour élaborer le *Guide de surveillance du climat destiné aux collectivités autochtones*, le CCN a retenu les services de Scout Engineering and Consulting, d'Associated Environmental Consultants, de l'Integral Ecology Group et de Hoskin Scientific (l'équipe de projet).

MEMBRES DU COMITÉ DIRECTEUR

Brian Sieben, gouvernement des Territoires du Nord-Ouest

Deborah Glanville, Environnement et Changement climatique Canada

Diandra Bruised Head, Tribu des Blood

Hughie Jones, Nation sioux des Nakota d'Alexis

Johnny Kasudluak, Inukjuak, Nunavik, Québec

Kala Pendakur, Conseil canadien des normes

Kendyce Cockney, Corporation communautaire de Tuktoyaktuk

Nicole Cerpnjak, Relations Couronne-Autochtones et Affaires du Nord Canada

Nicole McRae, Relations Couronne-Autochtones et Affaires du Nord Canada

Scott Barnes, Limnos Environmental Ltd.

Aider les collectivités autochtones touchées par les changements climatiques



Les Premières Nations, les Métis et les Inuits du Canada subissent directement les effets des changements climatiques. Dans les régions nordiques, la fonte du pergélisol et les modifications de l'état de la neige et des glaces ont rendu la circulation plus difficile et plus dangereuse pour les utilisateurs des terres. Dans les régions du sud, des sécheresses, des inondations et des feux incontrôlés plus intenses et plus fréquents ont entraîné des situations d'urgence pour de nombreuses collectivités. Dans les régions côtières du pays, la hausse du niveau de la mer et l'érosion menacent la sécurité des logements et des infrastructures. En réponse, les collectivités autochtones s'adaptent et cherchent des solutions.


Depuis le début de l'année 2018, le Programme de surveillance du climat dans les collectivités autochtones de Relations Couronne-Autochtones et Affaires du Nord Canada (RCAANC) et le Programme de normes favorisant la résilience des infrastructures du Conseil canadien des normes (CCN) ont collaboré à l'élaboration d'un document d'orientation volontaire destiné aux collectivités autochtones qui entreprennent des activités de surveillance de variables climatiques physiques.

En novembre 2020, RCAANC et le CCN se sont associés à Scout Engineering and Consulting, une société d'ingénierie autochtone, pour piloter l'élaboration de ce document. Le projet a énormément bénéficié de la supervision d'un comité directeur composé de représentants autochtones et non autochtones, notamment de détenteurs de connaissances et d'experts en matière de surveillance des changements climatiques et d'adaptation. Ses membres ont apporté une expertise et des connaissances précieuses pour déterminer les variables climatiques fondamentales, encadrer la rédaction du guide et porter un jugement sur son contenu.

Comment utiliser le guide

Le présent document offre des conseils d'application volontaire aux collectivités autochtones du Canada pour la mise en œuvre de projets de surveillance communautaire du climat. Il donne des conseils sur la manière de recueillir, de consigner et de valider scientifiquement les données concernant les principales variables climatiques physiques (température, précipitations, épaisseur de la glace de mer, etc.) de façon cohérente et fiable. Il décrit également les pratiques exemplaires en matière d'enregistrement, de conservation et de diffusion du savoir traditionnel sur le climat, dans le respect des principes autochtones entourant la collecte, l'analyse et la gestion des données, ce qui est essentiel pour que les collectivités et les personnes autochtones pratiquant des activités traditionnelles soient en mesure de s'adapter à l'évolution de leur environnement.

Le guide vise à faciliter la collecte et la gestion des données locales, régionales et nationales et à combler les lacunes dans les données climatiques. Par exemple, les données climatiques diffusées par les collectivités pourraient étayer les modèles climatiques et les prévisions météorologiques du Canada, lesquels permettront à leur tour aux collectivités de mieux planifier leur avenir. Ces renseignements pourraient également être utiles à toute une série d'entités qui vivent ou vivront une situation analogue, notamment les conseils de cogestion, les administrations publiques, les universitaires, les entreprises du Nord et les collectivités d'autres pays.



Dans le présent guide, le projet est appelé « Projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones »

De tels projets combinent généralement le savoir autochtone et la surveillance scientifique occidentale.

Voici les objectifs du présent document :

- **Assister les collectivités autochtones** dans la surveillance des variables climatiques
- **Décrire les outils et les procédures nécessaires à la consignation et à la validation** des principales variables climatiques physiques
- **Tenir compte des orientations et des connaissances fournies par les** détenteurs du savoir des collectivités des Premières Nations, des Inuits et des Métis, les spécialistes en surveillance communautaire et les représentants des organisations autochtones
- **Fournir des orientations pour la consignation des variables climatiques** pertinentes pour les collectivités autochtones
- **Recommander les principaux indicateurs climatiques** pertinents pour les collectivités autochtones, qui peuvent être facilement mesurés et consignés
- **Recommander des équipements** pour mesurer les principaux indicateurs climatiques
- **Fournir des recommandations** pour mesurer, comprendre et consigner les principaux indicateurs climatiques
- **Dresser la liste des pratiques exemplaires** en matière de gestion des ensembles de données climatiques physiques

Ce guide comprend trois parties :

- **Partie 1 : Mise en œuvre d'un projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones.** Se penche sur le développement d'un projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones réussi et comprend une liste des principaux indicateurs climatiques que les collectivités autochtones peuvent facilement surveiller.
- **Partie 2 : Surveillance des principaux indicateurs climatiques.** Se penche sur la manière dont les indicateurs climatiques sont mesurés, surveillés et consignés. Recommande des stratégies de collecte et de gestion des données, ainsi que des moyens d'évaluer la fiabilité d'un ensemble de données en particulier. Suggère différentes options d'équipement pour chaque indicateur climatique dans une fourchette de prix, et énumère les besoins en infrastructure et en formation pour chacun d'entre eux. Décrit également les considérations de coût pour l'infrastructure, l'exploitation, la maintenance et la surveillance.
- **Partie 3 : Consignation, conservation et diffusion du savoir autochtone.** Donne des conseils sur la manière dont le savoir traditionnel sur le climat doit être consigné, conservé et diffusé dans le cadre d'une surveillance communautaire du climat.

Pourquoi mener un projet de surveillance communautaire du climat?



Depuis des générations, les peuples autochtones entretiennent, de par leurs pratiques culturelles et leurs traditions, des relations étroites avec l'environnement. Il en résulte un riche corpus de savoir traditionnel sur le climat, qui comprend des informations sur l'évolution des conditions météorologiques, le calendrier des cycles de gel et de dégel, l'état de la neige et des glaces, et d'autres phénomènes liés au climat. Ce savoir, transmis de génération en génération, est extrêmement précieux, car il peut nous aider à comprendre l'effet des changements climatiques sur la planète.

La surveillance du climat dans les collectivités autochtones, qui gagne du terrain au Canada, leur permet de mieux comprendre les changements climatiques et y répondre. Contrairement à la surveillance universitaire, qui aborde des questions extérieures à la collectivité, cette approche permet aux collectivités autochtones de proposer des solutions et des adaptations aux changements climatiques qui répondent à leurs propres questions et préoccupations. Les projets peuvent s'appuyer sur des observations scientifiques, des savoirs autochtones ou les deux.

En fin de compte, la surveillance du climat permet aux collectivités autochtones de recueillir et d'utiliser leurs propres savoirs traditionnels pour s'adapter aux changements climatiques. Cette approche peut contribuer à renforcer la sensibilisation aux questions environnementales au sein d'une collectivité et à accroître la confiance de ses membres en matière de données de surveillance du climat. Elle permet également de promouvoir la prise en compte des savoirs et des visions du monde autochtones dans la gestion des ressources naturelles et la prise de décision¹.

Toute collectivité autochtone au Canada peut lancer un projet de surveillance du climat afin de mieux comprendre les changements environnementaux. Ces projets, dirigés par des membres de la collectivité, reflètent les priorités locales et sont soutenus par tous. Les avantages pour les collectivités autochtones sont les suivants :

- **Possibilités de formation et de perfectionnement professionnel pour les personnes intéressées**
- **Objectifs de surveillance adaptés**
- **Meilleure sensibilisation aux changements du climat et de l'environnement locaux**
- **Meilleure compréhension des effets des changements climatiques sur les terres et les ressources traditionnelles**
- **Plus grand ensemble de connaissances sur les changements climatiques et leurs effets sur les collectivités autochtones**
- **Renforcement des liens communautaires et des capacités grâce au travail collaboratif**
- **Possibilités pour les jeunes Autochtones de participer à la surveillance et à la gestion de l'environnement**
- **Connaissances holistiques locales pour éclairer les décisions relatives à l'adaptation aux changements climatiques et à la gestion des terres**

1 Hopkins, D., Joly, T. L., Sykes, H., Waniandy, A., Grant, J., Gallagher, L., Hansen, L., Wall, K., Fortna, P. et Bailey, M. (2019). « "Learning Together" : Braiding Indigenous and Western Knowledge Systems to Understand Freshwater Mussel Health in the Lower Athabasca Region of Alberta ». Canada. *Journal of Ethnobiology*, 39(2), p. 315-336.

Reidlinger, D. et Berkes, F. (2001). « Contributions of Traditional Knowledge to Understanding Climate Change in the Canadian Arctic ». *Polar Record*, 37(203), p. 315-328.

Stenekes, S., Parlee, B. et Seixas, C. (2020). « Culturally Driven Monitoring : The Importance of Traditional Ecological Knowledge Indicators in Understanding Aquatic Ecosystem Change in the Northwest Territories' Dehcho Region ». *Sustainability*, 12(19), p. 7923.

Qu'est-ce que le climat?

Le « climat » désigne les conditions météorologiques moyennes à long terme dans une région donnée, alors que la « météo » renvoie généralement aux conditions atmosphériques à court terme. La moyenne des conditions climatiques est généralement calculée sur une période « normale » de 30 ans. Les normales climatiques sont calculées et communiquées tous les dix ans par des organisations nationales et internationales (comme Environnement et Changement climatique Canada et l'Organisation météorologique mondiale).

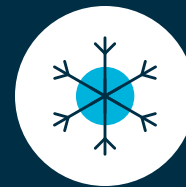
Les données climatiques normales portent principalement sur la mesure directe des variables atmosphériques (p. ex., les précipitations et la température de l'air). Cependant, la surveillance d'autres variables environnementales peut nous donner beaucoup d'information sur l'évolution du système climatique, qui comprend cinq principales composantes, ainsi que sur les interactions entre ces composantes :



Atmosphère
(air)



Hydrosphère
(eau)



Cryosphère
(glace)



Lithosphère
(terre)



Biosphère
(organismes vivants)

Partie 1 : Mise en œuvre d'un projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones

Il n'existe pas d'approche unique pour la surveillance communautaire du climat.



Chaque projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones a ses caractéristiques propres, en fonction de l'endroit et des modalités choisies par la collectivité. On trouvera dans cette section des directives sur la conception et le lancement d'un projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones. De tels projets peuvent porter sur les savoirs autochtones ou la surveillance de variables climatiques physiques, ou combiner les deux, afin de mieux comprendre le système climatique.

Principales considérations pour les projets de surveillance du climat dans les collectivités autochtones

Les conseils suivants peuvent vous aider dans les premières étapes de la planification du projet :

- **Définir clairement les objectifs** : Quels sont les changements ou les enjeux environnementaux que vous souhaitez surveiller et comment allez-vous procéder? Rencontrez le personnel et les membres de la collectivité et définissez ensemble les objectifs généraux de votre projet. Envisagez de les communiquer à l'ensemble de la collectivité afin de préciser les objectifs du projet, d'éviter les malentendus et de promouvoir l'éducation et la sensibilisation à l'égard de l'initiative.
- **Nouer des liens et bâtir la confiance** : La réussite de tout projet de surveillance communautaire du climat repose sur des relations solides et sur la confiance. Cherchez des moyens concrets de nouer ou d'approfondir les liens entre le personnel, les membres et les surveillants de la communauté et les partenaires extérieurs. Les journées portes ouvertes du service des terres et des ressources de la communauté, les camps culturels et les visites des sites de surveillance permettent aux membres de l'équipe de surveillance de faire connaissance, ce qui renforce la confiance et la compréhension au sein du projet.

- **Investir du temps dans la planification, mais être prêt à s'adapter** : En équipe, abordez la logistique du projet et la façon de réagir aux diverses situations ou défis. Faites preuve d'une certaine souplesse lorsque vous élaborez le calendrier du projet. Des tempêtes hivernales imprévues, des événements culturels spontanés ou des changements dans la disponibilité du personnel ou des surveillants de la communauté peuvent influencer sur les déplacements sur le terrain.
- **Identifier et renforcer les capacités** : La surveillance communautaire du climat peut servir de première étape pour les personnes qui souhaitent acquérir des compétences en surveillance environnementale, comme la réalisation d'entrevues ou d'enquêtes, ou l'interprétation de données à l'aide d'applications cartographiques et de systèmes d'information géographique (SIG).

Ce guide vise à soutenir les collectivités des Premières Nations, des Métis et des Inuits au Canada. Il ne propose donc pas d'exemples propres à un groupe autochtone donné. Les groupes autochtones abordent la surveillance du climat de différentes manières, en fonction de leurs droits, de leurs priorités et de leurs traditions, et certaines des pratiques exemplaires mentionnées dans ce document peuvent ne pas s'appliquer à chaque groupe ou collectivité. Chaque collectivité doit adapter ce guide à ses propres besoins.

De nombreux facteurs peuvent influencer sur la manière dont une collectivité aborde la surveillance du climat et avoir des répercussions sur la consignation, la conservation et la diffusion des savoirs autochtones. En voici des exemples :

- **Situation géographique** : Les questions ou les priorités fondamentales qui guident l'élaboration des projets de surveillance du climat dépendent souvent de la géographie. Par exemple, il est probable que les collectivités nordiques se penchent sur les changements climatiques qui touchent leurs régions, comme les modifications de l'état de la neige et des glaces et la fonte du pergélisol. L'érosion côtière, la hausse du niveau de la mer ou l'évolution de la flore et de la faune marines seront probablement des questions prioritaires pour les collectivités côtières. Quant aux collectivités des Prairies, elles pourraient s'intéresser davantage à la quantité et à la qualité de l'eau.
- **Accès à la technologie** : L'accès limité aux services cellulaires ou les problèmes de connectivité à Internet peuvent influencer sur les modalités de mise en place d'une surveillance communautaire du climat. Le téléphone satellite, la radio et les autres options non cellulaires peuvent mieux convenir aux activités sur le terrain dans les zones éloignées. Les réunions de planification peuvent avoir lieu en personne si les réunions virtuelles ne sont pas possibles ou souhaitées.
- **Capacité de la communauté** : La capacité de participer à la surveillance du climat varie d'une collectivité autochtone à l'autre. Certaines collectivités peuvent embaucher du personnel permanent pour superviser leurs initiatives de surveillance, tandis que d'autres recrutent plutôt des bénévoles ou du personnel saisonnier. Les fonds disponibles peuvent également dicter la durée et l'étendue d'un projet de surveillance.

Conception d'un projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones

Un tel projet se déroule en quatre phases :

- Identifier la nécessité du projet
- Élaborer un plan de surveillance
- Mettre en œuvre le projet
- Examiner et évaluer le projet



Phases d'un projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones

Les points suivants exposent les considérations prioritaires pour les collectivités à chaque étape.



01.

Établir la nécessité du projet

Définition du problème

- Quelles sont les préoccupations des membres de la collectivité?
- Quels changements la collectivité a-t-elle observés?

Compréhension du système

- Quelles sont les préoccupations identifiées par la collectivité?
- Quelles composantes du système climatique présentent un intérêt ou une préoccupation?

Identification des ressources

- Existe-t-il des ressources pour réaliser un projet de surveillance?
- Existe-t-il des subventions pour la collectivité?

Définition de l'objectif

- Qu'est-ce que la collectivité espère obtenir grâce à un projet de surveillance des variables climatiques physiques?

But de la surveillance

- Quel est le but du projet de surveillance?
 - Évaluer les répercussions ou les changements à long terme
 - Mieux comprendre les processus
 - Établir les seuils de changement
 - Éclairer les décisions de gestion



02.

Élaborer un plan de surveillance

Principaux indicateurs climatiques

- À quelles questions voulez-vous répondre en menant ce projet?
- Comment ces questions contribuent-elles aux objectifs du projet?

Principales exigences en matière de données

- Quel doit être le degré de précision ou d'exactitude des données?
- À quelle fréquence les données doivent-elles être recueillies?
- Où et quand les données doivent-elles être recueillies?

Exigences relatives à l'équipement

- Quel est l'équipement disponible pour répondre aux principales exigences en matière de données?
- Quel est l'équipement dont l'utilisation nécessite une formation?

Préparation

- Les sites de surveillance sont-ils accessibles?
- L'infrastructure nécessaire est-elle en place?
- Tout l'équipement nécessaire est-il disponible et en état de marche?

Les membres de l'équipe ont-ils pris les mesures nécessaires? Protocoles de surveillance

- Comment les données seront-elles recueillies?
- Comment les données seront-elles conservées?
- Qui sera responsable de la tenue à jour ou de la diffusion des données?
- Comment les données seront-elles diffusées?
- Qui sera responsable de l'entretien des équipements?



03.

Mettre en œuvre le projet

Surveillance

- Installation de l'équipement de surveillance
- Début de la collecte des données

Analyse des données et rapports

- Vérification des données
- Analyse des données
- Production de rapports et publication des résultats pour les utilisateurs de la collectivité (et d'autres utilisateurs convenus par la collectivité)



04.

Examiner et évaluer le projet

Évaluation du projet

- Qu'est-ce qui fonctionne bien?
- Qu'est-ce qui cloche?
- Les objectifs sont-ils atteints?
- Quels éléments doivent être révisés?
- Le projet doit-il être élargi?

Mise à jour du projet

- Mise à jour ou modification du projet au besoin

Pour être réussi, un projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones doit d'abord avoir un objectif clair, c'est-à-dire répondre à un problème ou un besoin précis identifié par la collectivité. Chaque collectivité ayant des préoccupations différentes, il n'existe pas d'approche unique pour la conception d'un projet. Toutefois, les considérations suivantes peuvent aider à élaborer un cadre approprié pour une collectivité donnée :

- **Définition du problème :** Les responsables de projet doivent travailler avec toute la collectivité pour comprendre les principales préoccupations de ses membres concernant le système climatique, préoccupations qui résultent probablement des changements observés ou expérimentés par eux au cours de leur vie. Veillez à noter toutes les préoccupations (preuves à l'appui) exprimées par les membres de la collectivité, même si un projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones n'est pas la meilleure solution pour y répondre.
- **Compréhension des principales composantes du système climatique :** Une fois les préoccupations des membres de la collectivité notées, il faut comprendre les composantes du système climatique potentiellement à l'origine des changements observés. Étant donné l'interconnexion de toutes les composantes du système climatique, identifiez les principales composantes à surveiller pour mieux comprendre les préoccupations de la collectivité.
- **Définition d'un objectif de surveillance :** Sur la base des préoccupations des membres de la collectivité, définissez un objectif de surveillance qui précise le principal résultat souhaité du projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones. À cette étape, il convient de se pencher sur l'objectif principal du projet et sur ce que la collectivité souhaite réaliser.
- **Identification des ressources :** Les projets de surveillance du climat dans les collectivités autochtones nécessitent diverses ressources, tant financières qu'opérationnelles. Tenez compte des ressources dont dispose déjà la collectivité, ainsi que des ressources externes potentielles (par exemple, les subventions fédérales). Étant donné que les ressources disponibles ou les possibilités de subvention peuvent être assujetties à des conditions d'utilisation, soyez prêt à adapter l'objectif du projet en fonction des ressources disponibles.

- **Définition de l'objectif de surveillance :** Afin d'étayer l'élaboration du plan de surveillance (identification des principaux indicateurs climatiques à surveiller, détermination de la fréquence de surveillance, etc.), définissez l'objectif de surveillance à long terme, qui vise à identifier l'objectif du projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones.

La communauté est au cœur des projets de surveillance du climat dans les collectivités autochtones. Par conséquent, il vaut mieux élaborer ces projets en consultation avec un grand groupe. Voici des exemples d'approches :

- Réunion publique ou journée portes ouvertes pour présenter le projet et solliciter l'avis des membres de la collectivité
- Sondage pour recueillir les avis des membres de la collectivité sur le projet
- Groupes de discussion pour obtenir l'avis des membres de la collectivité sur le projet
- Collaboration avec des organisations communautaires pour consulter les membres de la collectivité sur le projet

Quelle que soit l'approche retenue, il est important de veiller à ce que les membres de la collectivité aient leur mot à dire à l'étape de conception.



Principaux indicateurs climatiques

Les indicateurs climatiques peuvent inclure de nombreuses variables environnementales qui permettent de comprendre les différentes parties du système climatique. La surveillance simultanée de plusieurs composantes permet de mieux comprendre les changements à grande échelle et, le cas échéant, de prendre des mesures de planification, d'adaptation ou d'atténuation en conséquence.

Le présent document se penche sur la surveillance des *principaux* indicateurs climatiques dans trois grandes composantes du système climatique :

- Atmosphère
- Lithosphère
- Hydrosphère

De nombreux partenaires ont contribué à la définition de ces indicateurs, qui ont été choisis pour fournir des ensembles de données climatiques très polyvalents tout en étant faciles à observer et à surveiller par les collectivités autochtones. Toutefois, ces dernières peuvent étudier tout autre indicateur climatique qu'elles jugent pertinent pour leur projet.

Bien que ce document se penche sur les indicateurs climatiques physiques, de nombreuses considérations présentées ici peuvent également s'appliquer à la surveillance d'indicateurs biologiques, comme ceux liés aux plantes et aux animaux.

INDICATEURS ATMOSPHÉRIQUES

- **Pression atmosphérique** : Force exercée par le poids de l'atmosphère en un point donné.
- **Humidité** : Quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air. Indique la probabilité de précipitations, de rosée ou de brouillard et dépend de la température de l'air, ainsi que de la pression atmosphérique.
- **Rayonnement de grandes longueurs d'onde** : Énergie rayonnante émise par la Terre.
- **Précipitations (liquides)** : Vapeur d'eau qui se forme dans les nuages et retombe sur Terre lorsque les gouttelettes d'eau sont suffisamment lourdes. Communément appelé « pluie » ou « bruine ».

- **Précipitations (solides)** : Vapeur d'eau qui se forme dans les nuages et retombe sur Terre lorsque les gouttelettes d'eau sont suffisamment lourdes. Si le nuage et l'atmosphère sous-jacente sont suffisamment froids, les gouttelettes d'eau gèlent pour former de la neige ou de la grêle.
- **Rayonnement de courtes longueurs d'onde** : Énergie rayonnante produite par le Soleil.
- **Température de l'air en surface** : Température de l'air près de la surface de la Terre.
- **Direction du vent de surface** : Direction d'où provient le vent.
- **Vitesse du vent de surface** : Vitesse de déplacement de l'air

INDICATEURS DE LA LITHOSPHERE

- **Pergélisol** : Couche sur ou sous la surface de la Terre qui reste gelée pendant au moins deux ans.
- **Épaisseur de neige** : Profondeur cumulative de la neige au sol à un moment donné.
- **Humidité du sol** : Teneur en eau du sol, qui représente la quantité d'eau contenue dans la surface du sol.

INDICATEURS DE L'HYDROSPHERE

- **Niveau de l'eau souterraine** : Niveau de l'eau qui existe dans les zones saturées sous la surface du sol.
- **Couverture de glace** : Quantité de glace qui recouvre une étendue d'eau. Peut être exprimée en termes d'épaisseur de glace ou de surface couverte.
- **Salinité** : Concentration de sels dans l'eau ou les sols.
- **Niveau de l'eau de surface** : Niveau d'eau des plans d'eau de surface (p. ex. rivières, lacs, ruisseaux).
- **Température de l'eau** : Température d'un plan d'eau.

Voir l'annexe pour des descriptions plus détaillées et l'équipement de surveillance physique recommandé pour chaque indicateur climatique principal.

Étude de cas

Conservation et gestion des données de surveillance communautaire par la nation métisse de Fort McKay

La nation métisse de Fort McKay a recueilli un grand nombre de données de surveillance dans le cadre de ses programmes de surveillance communautaire de l'environnement. Il est essentiel de conserver et de gérer efficacement ces données pour les protéger tout en les rendant accessibles à la collectivité.

Située au confluent de la rivière McKay et de la rivière Athabasca dans le nord-est de l'Alberta, la région de Fort McKay est au cœur de la culture et du mode de vie des Métis de Fort McKay. Les pressions croissantes exercées par l'exploitation du pétrole et du gaz, l'aménagement forestier et d'autres industries ont transformé le paysage d'une manière qui affecte la capacité des membres à exercer leurs droits en tant qu'Autochtones. Les effets actuels et futurs des changements climatiques dans la région préoccupent également les membres de la collectivité.

La nation métisse de Fort McKay a mis en place plusieurs programmes de surveillance communautaire afin de suivre les changements environnementaux à Fort McKay et dans la région environnante. Ces initiatives ont produit de grandes quantités de données fondées à la fois sur les savoirs autochtones et les observations scientifiques.

La collectivité reconnaît la nécessité d'améliorer l'utilité des données recueillies par les membres, à la fois en interne pour prendre des décisions et en externe avec des partenaires extérieurs. Bien qu'il n'existe pas d'approche unique pour la gestion des données de surveillance environnementale, l'expérience de la nation métisse de Fort McKay permet de tirer quelques leçons :

- **Élaborer une vision et des objectifs pour la gestion des données** : Il est important d'élaborer une vision et des objectifs clairs quant à la manière dont les données seront gérées. Envisagez de définir des objectifs à court et à long terme afin de mettre en place un système de gestion des données et de suivre vos progrès.
- **Établir des critères de sélection pour une plateforme de gestion des données** : Élaborer un ensemble de critères pour évaluer les plateformes potentielles de gestion des données. Par exemple, vos données sont-elles principalement numériques ou textuelles? Souhaitez-vous visualiser ou analyser vos données au sein de la plateforme? Il sera ainsi plus facile d'établir des priorités et de sélectionner les plateformes qui répondent à vos besoins spécifiques.
- **Prendre en compte la possibilité de combiner des plateformes** : Il est peu probable qu'une seule plateforme puisse répondre à tous les besoins en matière de conservation et d'analyse des données. Choisissez des plateformes de gestion de données qui peuvent s'intégrer les unes aux autres pour un meilleur accès et une plus grande facilité d'utilisation.
- **Déterminer comment les données seront protégées** : Réfléchissez à la manière dont vous protégerez l'accès aux données climatiques conservées, en particulier les renseignements relatifs aux savoirs autochtones. Les données physiques peuvent être conservées dans des coffres-forts résistants au feu ou des classeurs sécurisés. Quant aux données numériques, on peut utiliser des mots de passe et le cryptage pour en contrôler l'accès.

Partie 2 : Surveillance des principaux indicateurs climatiques

Pratiques exemplaires pour la collecte, la gestion
et l'assurance de la qualité des données climatiques



Cette section porte sur la mesure physique, la surveillance et l'enregistrement des principaux indicateurs climatiques. En intégrant la surveillance des variables climatiques physiques dans leurs projets, les collectivités autochtones peuvent recueillir des données de haute résolution pour les principaux indicateurs climatiques, et ainsi mettre en lumière plus clairement les changements du système climatique sur de courtes périodes ou dans des endroits que les savoirs autochtones pourraient ne pas couvrir efficacement.

Survol de la surveillance des variables climatiques physiques

La surveillance des variables climatiques physiques, c'est la mesure et l'enregistrement d'indicateurs qui fournissent des informations sur les conditions météorologiques ainsi que sur l'environnement physique non vivant. De nombreuses approches de la surveillance des variables climatiques physiques permettent de comprendre l'évolution du système climatique, mais voici les deux plus courantes :

- **Surveillance automatisée** : Utilisation de capteurs et d'instruments scientifiques pour mesurer les indicateurs climatiques de manière régulière ou continue, avec une intervention minimale des membres de la collectivité. Les capteurs et instruments varient en fait de coût et d'exactitude et de précision des mesures. La surveillance automatisée nécessite généralement des enregistreurs de données (unités programmables qui stockent les mesures en interne sous forme de fichiers de données numériques) et une source d'énergie (p. ex., une batterie ou un panneau solaire).

- **Surveillance manuelle** : Des membres de la collectivité mesurent périodiquement les indicateurs climatiques à l'aide de capteurs et d'instruments scientifiques. Cette méthode permet des observations immédiates.

La surveillance manuelle est généralement moins coûteuse au départ, car elle ne nécessite pas de matériel d'installation (trépieds de surveillance, batteries et panneaux solaires, par exemple) ni d'enregistreurs de données. Néanmoins, pour des projets nécessitant des mesures fréquentes ou des emplacements multiples, la surveillance automatisée est parfois une solution à long terme plus efficace.

Selon la technique de collecte des données utilisée, les stratégies de collecte et de gestion des données peuvent jouer un rôle important dans la production d'ensembles de données climatiques robustes et leur stockage sécurisé.

Techniques de collecte de données climatiques physiques

Les données peuvent être recueillies à l'aide d'un bloc-notes et d'un stylo, ou à l'aide d'enregistreurs de données entièrement automatisés dotés d'une capacité de télécommunication. Passez en revue les techniques de collecte de données suivantes et choisissez les plus appropriées en fonction des exigences de votre projet.

CONSIGNATION MANUELLE

La consignation manuelle des données de mesure est un moyen simple et fiable d'enregistrer les données climatiques, généralement associé à la surveillance manuelle. Les mesures doivent être consignées de manière uniforme dans un carnet et conservées en toute sécurité. Voici les informations clés à consigner

- **Nom de la personne qui effectue la mesure :** Cela permet à d'autres de faire un suivi si des informations supplémentaires sont nécessaires pour interpréter les données climatiques.
- **Date et heure :** La date et l'heure de chaque observation doivent être consignées dans un format uniforme (p. ex., JJ-MM-AAAA, HH:MM).

- **Indicateur climatique :** Chaque entrée doit préciser l'indicateur climatique mesuré.
- **Unité :** Chaque entrée doit préciser l'unité de mesure.
- **Valeur :** Chaque entrée doit préciser la valeur de la mesure.
- **Méthode :** Chaque entrée doit indiquer la méthode de consignation de la mesure.
- **Emplacement :** Si les mesures sont prises à plusieurs emplacements, chacun d'eux doit être consigné, autant que possible sous forme de coordonnées géographiques (latitude et longitude) à l'aide d'un GPS. Toutefois, des informations anecdotiques (p. ex., « près de la cabane du garde forestier ») peuvent être utilisées si les coordonnées géographiques ne sont pas disponibles.
- **Conditions météorologiques :** Une description simple des conditions météorologiques peut s'avérer utile pour l'interprétation ultérieure des données climatiques.

Le tableau 1 présente un exemple de consignation manuelle des mesures des variables climatiques physiques.

Pour mieux protéger les données, numérisez régulièrement tous les documents papier. Cela assure une sauvegarde en cas de perte ou de dommage d'un bloc-notes, et facilite l'analyse des données et la production de rapports.

Tableau 1. Consignation manuelle des mesures des variables climatiques physiques.

Nom	Date/heure	Indicateur climatique	Unité	Valeur	Méthode de mesure	Emplacement de la mesure	Conditions météorologiques
Prénom, nom	20-06-2022 08:42	Température de l'air	°C	12,6	Thermomètre à mercure	Latitude : 45,422176° Longitude : -75,696149°	Sec, ciel couvert, vent léger
Prénom, nom	21-06-2022 08:30	Température de l'air	°C	10,8	Thermomètre à mercure	Latitude : 45,421773° Longitude : -75,696115°	Pluie fine

ENREGISTREUR DE DONNÉES AUTONOME

Les enregistreurs de données autonomes recueillent des données sans intervention, généralement à des intervalles très fréquents, et les enregistrent sur des disques durs internes à partir desquels elles peuvent être téléchargées périodiquement. Certains capteurs scientifiques sont équipés d'enregistreurs de données autonomes et de logiciels pour communiquer avec les appareils. Dans d'autres cas, plusieurs capteurs scientifiques peuvent être connectés à un même enregistreur de données autonome afin d'harmoniser les processus de conservation et de téléchargement des données. Le choix d'un enregistreur de données autonome dépend souvent des capteurs scientifiques utilisés et des indicateurs climatiques mesurés.



Avantages

- Les enregistreurs de données autonomes peuvent être programmés pour prendre automatiquement des mesures à intervalles précis (p. ex., toutes les 30 secondes), selon les besoins du projet.
- Les enregistreurs de données autonomes sont très fiables et garantissent que les mesures sont prises de manière uniforme à chaque intervalle programmé.
- Aucun effort supplémentaire n'est nécessaire pour numériser les enregistrements de données.



Inconvénients

- Avec un enregistreur de données autonome sans capacité de télécommunications (voir section suivante), il faut télécharger manuellement les données pour les récupérer, ce qui oblige des membres de la collectivité à se rendre périodiquement à la station de surveillance.
- Bien que très fiables, les enregistreurs de données autonomes peuvent tomber en panne, comme tout appareil électronique. Cela peut entraîner la perte de grandes quantités de données si les enregistrements n'ont pas été téléchargés récemment.
- Que les enregistreurs de données autonomes soient intégrés à des capteurs individuels ou à des unités communes à plusieurs capteurs, une source d'alimentation est nécessaire. Il s'agit souvent d'une batterie connectée à un panneau solaire, ce qui augmente les coûts d'installation.

TÉLÉCOMMUNICATIONS

En association avec des enregistreurs de données autonomes, les dispositifs de télécommunication transmettent électroniquement les mesures à un emplacement de stockage de données distant (p. ex., un serveur infonuagique) par radio, téléphone cellulaire ou satellite. Les membres de la collectivité peuvent ainsi consulter et contrôler les données à distance.

En fonction des capteurs ou instruments scientifiques utilisés, il peut être possible de mettre à niveau un enregistreur de données autonome afin d'y ajouter des fonctionnalités de télécommunications.



Avantages

- Les enregistreurs de données autonomes peuvent être programmés pour prendre automatiquement des mesures à intervalles précis (p. ex., toutes les 30 secondes), selon les besoins du projet.
- Les enregistreurs de données autonomes sont très fiables et garantissent que les mesures sont prises de manière uniforme à chaque intervalle programmé.
- Aucun effort supplémentaire n'est requis pour numériser les enregistrements de données, les mesures étant consignées au format numérique par défaut.
- Les mesures peuvent être affichées et téléchargées en « temps réel » (c'est-à-dire au fur et à mesure qu'elles sont prises) à distance. Les membres de la collectivité peuvent ainsi observer les conditions climatiques sans avoir à se rendre sur le site de surveillance. De plus, des données erronées permettent de déceler rapidement un problème lié à l'équipement de surveillance.



Inconvénients

- Que les enregistreurs de données autonomes soient intégrés à des capteurs individuels ou à des unités communes à plusieurs capteurs, une source d'alimentation est nécessaire. Il s'agit souvent d'une batterie connectée à un panneau solaire, ce qui augmente les coûts d'installation.
- Il peut y avoir des frais de transmission et d'hébergement des données en fonction de la méthode de télécommunication utilisée (p. ex., radio, cellulaire ou satellite).

Techniques de gestion des données climatiques physiques

Quelles que soient les techniques de surveillance utilisées, la gestion et la sécurité des données sont des considérations importantes. Il est recommandé aux collectivités d'élaborer des protocoles de gestion des données climatiques pour encadrer ces pratiques. Ces protocoles peuvent être très simples ou très complexes, selon les besoins, pour garantir la consignation, la conservation et la protection adéquates des données collectées dans le cadre du projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones.

Les protocoles de gestion des données doivent prendre en compte les éléments suivants :

- Solutions de stockage et de sauvegarde des données
- Consignation des métadonnées
- Formats des données et conventions d'appellation des fichiers
- Méthodes d'analyse des données

STOCKAGE ET SAUVEGARDE DES DONNÉES

La surveillance des variables climatiques physiques génère souvent de grands volumes de données, notamment si on utilise des enregistreurs de données ou si le projet dure plusieurs années. Même les mesures manuelles devraient être numérisées périodiquement pour faciliter la sauvegarde, l'analyse et le partage. Dans sa forme la plus simple, la sauvegarde des données consiste à transférer les copies des enregistrements ou des fichiers de données vers un ou plusieurs autres emplacements de stockage. Pour tout projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones, il est important de réfléchir à la méthode et l'emplacement de stockage, ainsi qu'à l'intégration de la sauvegarde des données.

Il existe plusieurs options de stockage et de sauvegarde des données climatiques numériques :

- **Disque dur de l'ordinateur local** : Les enregistrements de données climatiques doivent être stockés sur le disque dur d'un ordinateur local (p. ex., un ordinateur de bureau ou un ordinateur portable), qui doit disposer d'un espace de stockage suffisant pour le volume de données prévu pour l'ensemble du projet.
- **Disques durs externes** : Si le disque dur d'un ordinateur local est l'emplacement principal de stockage des données, il est recommandé de transférer périodiquement des copies de ces données vers au moins un périphérique de stockage externe situé ailleurs.
- **Solution de stockage infonuagique** : Les solutions de stockage infonuagiques (c'est-à-dire les serveurs hébergés à distance) peuvent à la fois servir d'espace de sauvegarde et fournir un accès à distance aux données climatiques. Dropbox, Google Disque et Microsoft OneDrive en sont des exemples. Beaucoup de ces solutions permettent de « synchroniser » le stockage local avec le stockage infonuagique, de sorte que toutes les données climatiques peuvent être sauvegardées instantanément. Des membres de la collectivité peuvent également copier périodiquement des ensembles de données locales sur un système de stockage infonuagique, comme ils le feraient sur un disque dur externe.
- **Portail de données infonuagique** : Souvent lié à l'utilisation des télécommunications, un portail de données infonuagique est une solution de stockage comportant une interface Web pour un accès facile aux données climatiques. Beaucoup de ces portails proposent également des fonctionnalités telles que la visualisation des données, la cartographie, les contrôles automatisés de la qualité, ainsi que l'accès personnalisé au moyen de multiples comptes utilisateurs. Selon les options de télécommunications utilisées, des portails de données peuvent être facilement accessibles. Dans le cas contraire, des portails de données personnalisés peuvent être mis au point.

Tenez compte des éléments suivants pour choisir une solution de stockage :

- Quelle quantité de données climatiques physiques devrait être recueillie tout au long du projet?
- Quelles sont les ressources de stockage déjà disponibles?
- Combien de personnes auront besoin d'accéder aux données climatiques, et où (à distance ou localement)?
- Comment les données seront-elles communiquées à l'ensemble de la collectivité?
- Qui assurera la sauvegarde adéquate des données?
- À quelle fréquence les données doivent-elles être sauvegardées?

CONSIGNATION DES MÉTADONNÉES

Les métadonnées sont des informations qui décrivent les données (p. ex., l'emplacement, le moment, le responsable et l'objectif de la collecte). Les métadonnées peuvent être très simples ou très complexes selon les besoins, et doivent être consignées pour les enregistrements climatiques aussi bien manuels qu'automatisés. Voici les métadonnées à consigner :

- Qui a collecté et téléchargé les données de l'enregistreur de données?
- Quels sont les enregistrements de données?
- Quand les données ont-elles été recueillies?
- Où les données ont-elles été recueillies?
- Comment les données ont-elles été recueillies?
- Qui a contrôlé la qualité des données?
- Quand la qualité des données a-t-elle été contrôlée?
- Photographies du lieu de mesure ou de l'installation de l'équipement

Les métadonnées peuvent être propres à chaque site de surveillance (chaque station de surveillance a ses propres métadonnées) ou généralisées à l'ensemble du projet.

FORMAT DES DONNÉES ET CONVENTIONS D'APPELLATION DES FICHIERS

Les fichiers de données doivent être conservés et nommés de manière uniforme, conformément à un style et un format d'appellation standard définis au début du projet. Cela facilite l'organisation logique des données et la recherche d'enregistrements spécifiques, améliorant ainsi la capacité de la collectivité à accéder aux données recueillies et à les analyser.

Exemple : *LocationName_DownloadDateTime_Version.csv*, où :

- *LocationName* est le nom pré-attribué ou l'identifiant unique du lieu où les données ont été recueillies.
- *DownloadDateTime* est la date et l'heure auxquelles les données ont été téléchargées ou recueillies.
- *Version* est le numéro de version du fichier de données.

Selon cette convention d'appellation, la première version d'un fichier téléchargé depuis la station 1 le 10 juillet 2013 à 14 h 02 s'appellerait *Station1_2013-07-10_14:02_V1.csv*.

Chaque fichier ou ensemble de fichiers (p. ex., tous les fichiers contenant des données recueillies à la station 1) doit être accompagné d'un fichier contenant des métadonnées.

Il est recommandé de conserver les enregistrements de données sous forme de tableaux. Les enregistreurs de données utilisent généralement cette approche par défaut, peu importe la plateforme ou le logiciel de collecte de données. Pour la collecte manuelle de données, des logiciels comme Excel permettent de numériser facilement les données et de les présenter sous forme de tableaux.

Le tableau 2 présente un exemple de données tabulées, recueillies à partir d'un enregistreur de données autonome enregistrant plusieurs indicateurs climatiques à intervalles de 10 minutes.

Tableau 2. Données tabulées recueillies par un enregistreur de données

Date/heure (JJ-MM-AAAA HH:MM)	Batterie (V)	Température de l'air (°C)	Humidité relative (%)	Vitesse du vent (m/s)	Précipitations (mm)
10-07-2013 12:20	14,68	9,4	54,86	5,006	0
10-07-2013 12:30	14,54	10,23	53,71	5,016	0
10-07-2013 12:40	15,36	10,96	50,4	5,49	0
10-07-2013 12:50	14,39	10,85	49,92	5,483	0
10-07-2013 13:00	14,55	11,88	44,63	5,588	0
10-07-2013 13:10	15,13	11,66	48,89	5,387	0
10-07-2013 13:20	15,8	11,5	48,08	5,455	0
10-07-2013 13:30	16,8	11,84	45,3	4,667	0
10-07-2013 13:40	16,77	11,55	46,85	4,81	0
10-07-2013 13:50	14,68	11,73	48,29	4,919	0
10-07-2013 14:00	14,62	10,95	50,45	4,871	0

Les données tabulées peuvent être enregistrées dans des feuilles de calcul (p. ex., extensions de fichier .csv ou .xlsx) ou des documents en texte brut (p. ex., extensions de fichier .txt), avec les points de données séparés par des espaces ou des tabulations. Il existe également des formats de fichiers avancés (p. ex., NetCDF, HD5) qui peuvent prendre en charge des ensembles de données plus volumineux et plus complexes.

MÉTHODES D'ANALYSE DES DONNÉES

Il existe plusieurs façons d'analyser les données climatiques physiques. En fonction de l'objectif du projet, les options suivantes peuvent être envisagées :

- Élaboration de statistiques à long terme pour chaque indicateur climatique (p. ex., valeurs minimales, moyennes et maximales quotidiennes, mensuelles, saisonnières et annuelles).
- Mise au point de représentations chronologiques (des graphiques) des enregistrements de données, illustrant l'évolution des indicateurs climatiques.
- Calcul des « normales » climatiques pour démontrer les conditions climatiques moyennes à long terme (pour les projets qui s'étendent sur 30 ans ou plus).

Divers logiciels peuvent faciliter l'analyse et la visualisation des données (p. ex., Excel, R, Python). Le logiciel fourni avec certains équipements de surveillance peut également intégrer ces fonctions.



Assurance et contrôle de la qualité des données climatiques physiques

Les activités d'assurance et de contrôle de la qualité peuvent contribuer à garantir la qualité des données climatiques physiques recueillies par les collectivités. L'assurance et le contrôle de la qualité garantissent que les mesures sont de qualité égale, représentatives des conditions environnementales et suffisamment précises pour répondre aux objectifs du projet.

Les besoins en matière d'assurance et de contrôle de la qualité peuvent varier considérablement d'un projet à l'autre, différents indicateurs étant surveillés à des fins différentes. Les sections suivantes présentent des niveaux de données climatiques et activités d'assurance et de contrôle de la qualité qui peuvent être utiles aux collectivités.

NIVEAUX DE DONNÉES CLIMATIQUES

De nombreux facteurs peuvent affecter la qualité des mesures de données climatiques :

- Exactitude ou précision de l'instrumentation
- Intervalle d'enregistrement (p. ex., quotidien, horaire, etc.)
- Techniques d'enregistrement (p. ex., enregistrement manuel ou automatique)
- Lieu ou site de surveillance (p. ex., hauteur de l'instrumentation, proximité d'obstacles, etc.)

Les collectivités doivent définir des niveaux de données qui tiennent compte de l'objectif de la surveillance des variables climatiques physiques, des indicateurs climatiques mesurés et de l'utilisation prévue des données. Les quatre niveaux suivants peuvent servir de point de départ :

● Excellent

Les données sont fiables pour évaluer les conditions et les tendances climatiques dans une journée.

● Bon

Selon l'objectif de la collecte, les données peuvent servir à évaluer les conditions et les tendances climatiques dans une journée et les changements quotidiens (ou moins fréquents) des conditions climatiques. La collecte manuelle permet généralement d'obtenir des données de qualité à moindre coût, mais avec plus d'efforts que la collecte automatisée.

● Passable

Selon l'objectif de la collecte, les données peuvent servir à évaluer les conditions climatiques dans une journée. Il convient de prendre en compte adéquatement le manque d'exactitude ou de précision de l'instrument. En général, on peut utiliser les données passables avec prudence pour évaluer l'évolution à long terme des conditions climatiques.

● Médiocre

En général, les données médiocres ne doivent pas servir à évaluer les conditions climatiques dans une journée. Dans certains cas, les limites de l'équipement de surveillance et la rareté des enregistrements de données peuvent imposer l'utilisation de données médiocres. Bien que ces données demeurent utiles, il convient d'être très prudent lors de leur analyse et de leur application.

Tableau 3. Exemples de niveaux de qualité des données climatiques

Fréquence d'enreg.	Exactitude ou précision de l'instrument		
Enregistrement automatisé	Élevée	Moyenne	Faible
< Horaire	● Excellent	● Excellent	● Bon
Horaire	● Excellent	● Bon	● Passable
≥ Quotidien	● Bon	● Passable	● Médiocre

Fréquence d'enreg.	Exactitude ou précision de l'instrument		
Enregistrement manuel	Élevée	Moyenne	Faible
< Horaire	● Bon	● Bon	● Passable
Horaire	● Bon	● Passable	● Médiocre
≥ Quotidien	● Passable	● Médiocre	● Médiocre

Le tableau 3 présente des exemples de niveaux de données pour diverses combinaisons de techniques de collecte, d'intervalles d'enregistrement et de précision des instruments. Ces niveaux sont censés donner des indications sur la qualité des données climatiques que l'on peut généralement attendre, mais ils ne couvrent pas toutes les possibilités. Par exemple, la collecte automatisée de données n'est pas sujette à l'erreur humaine, et tend donc à offrir une meilleure qualité de données. Malgré cela, il est possible d'obtenir une excellente qualité avec des méthodes de surveillance manuelle, ainsi qu'avec des enregistrements quotidiens des données, en fonction de l'objectif de la surveillance et de l'indicateur climatique mesuré.

De plus, les emplacements et les sites de surveillance peuvent eux-mêmes influencer sur la qualité des données. Ces effets ne figurent pas dans le tableau 3, car ils peuvent être complexes et n'entrent pas dans le cadre de ce guide. L'Organisation météorologique mondiale propose des normes détaillées concernant la sélection des sites de surveillance pour les stations météorologiques de surface².

ACTIVITÉS D'ASSURANCE ET DE CONTRÔLE DE LA QUALITÉ

L'assurance qualité (AQ) désigne les processus visant à maintenir la qualité d'un ensemble de données, garantissant ainsi leur utilisation fiable tout en tenant compte des limites éventuelles. Le contrôle de la qualité (CQ) consiste à mettre en évidence et à consigner les erreurs ou les lacunes dans les ensembles de données. L'Organisation météorologique mondiale fournit des orientations détaillées sur les activités d'assurance et de contrôle de la qualité pour les stations de surveillance météorologique de surface³.

Les activités d'assurance et de contrôle de la qualité peuvent différer selon la collectivité et le projet de surveillance du climat, en fonction de l'objectif du projet et des indicateurs mesurés. Au début du projet, la collectivité doit identifier les activités d'assurance et de contrôle de la qualité pertinentes et la manière de les mener. Les fournisseurs d'équipement peuvent aider à intégrer l'assurance et le contrôle de la qualité dans la collecte des données. Quelles que soient les activités d'assurance et de contrôle de la qualité choisies et leurs modalités, toutes doivent être clairement consignées.

Voici deux exemples d'exigences d'assurance et de contrôle de la qualité.

2 Organisation météorologique mondiale (2018). Guide des instruments et des méthodes d'observation. Volume I - Mesure des variables météorologiques. Édition 2018.

3 Organisation météorologique mondiale (2021). Directives sur le contrôle et l'assurance qualité des données d'observation en surface à des fins climatologiques. Édition 2021.

Exemple 1

La collectivité A surveille l'épaisseur de la neige à un endroit facilement accessible. Le projet ne nécessite qu'une seule mesure par jour, généralement enregistrée à 12 h.

Voici les activités d'assurance et de contrôle de la qualité recommandées (au minimum) :

- **Vérification de la cohérence par rapport aux mesures précédentes** : La mesure semble-t-elle raisonnable par rapport à la précédente? Dans la négative, peut-on expliquer raisonnablement un écart important?
- **Vérification du caractère raisonnable** : La mesure semble-t-elle raisonnable pour l'indicateur climatique donné?
- **Vérification des calculs de variables** : Tous les calculs manuels (p. ex., pour l'humidité relative) doivent être vérifiés.
- **Vérifications personnalisées** : Toute vérification supplémentaire jugée nécessaire par la collectivité.

Ces activités peuvent être réalisées manuellement par la personne qui prend la mesure ou par un autre membre de la collectivité. Le processus doit être impartial et consigné une fois terminé.

Exemple 2

La collectivité B surveille cinq indicateurs climatiques différents sur quatre sites indépendants à l'aide d'enregistreurs de données autonomes.

Voici les activités d'assurance et de contrôle de la qualité recommandées (au minimum) :

- **Vérification de la cohérence par rapport aux mesures précédentes** : La mesure semble-t-elle raisonnable par rapport à la précédente? Dans la négative, peut-on expliquer raisonnablement un écart important?

- **Vérification de la cohérence par rapport à d'autres paramètres de la station** : La mesure semble-t-elle raisonnable compte tenu des changements observés dans d'autres paramètres mesurés à la station?
- **Vérification de la cohérence par rapport aux autres stations** : La mesure semble-t-elle raisonnable compte tenu des changements observés dans d'autres stations?
- **Vérification du caractère raisonnable** : La mesure semble-t-elle raisonnable pour l'indicateur climatique donné?
- **Vérification du volume des données** : Le volume de données prévu est-il disponible? Existe-t-il des mesures pour chaque étape prévue? Existe-t-il des lacunes dans les données?
- **Vérifications personnalisées** : Toute vérification supplémentaire jugée nécessaire par la collectivité.

Lorsque la collecte de données est automatisée, l'assurance et le contrôle de la qualité le sont habituellement aussi, généralement en fonction de seuils établis et des contraintes et volumes de données prévus. Avec des enregistreurs de données autonomes, les activités d'assurance et de contrôle de la qualité s'effectuent habituellement dès la récupération des données, tandis que les enregistreurs de données connectés par télécommunications peuvent effectuer ces contrôles en temps quasi réel au moment de la transmission des données. Les vérifications d'assurance et de contrôle de la qualité peuvent également être configurées pour déclencher des notifications ou des alarmes afin d'alerter les membres de la collectivité en cas de problème.

Le processus de réalisation de ces vérifications doit être impartial et consigné une fois terminé.

Équipement de surveillance des variables climatiques physiques

Le terme « équipement de surveillance des variables climatiques physiques » peut désigner toute une gamme d'équipements couvrant de nombreuses applications et dont l'exactitude et la précision, le coût, les exigences d'installation et les options d'intégration sont très variables. Cette section vise à aider les collectivités à choisir l'équipement approprié en présentant les différentes options pour chaque indicateur climatique.

En général, les équipements de surveillance du climat peuvent être classés dans les catégories suivantes :

- **Capteurs et instruments scientifiques :** Composants qui détectent ou mesurent l'indicateur climatique
- **Enregistreurs de données et dispositifs de télécommunication :** Les composants (optionnels) qui collectent, conservent et transmettent les mesures effectuées par les capteurs ou les instruments
- **Matériel d'installation :** Matériel supplémentaire nécessaire à l'installation de capteurs, d'enregistreurs de données et de matériel de télécommunications dans l'environnement.
- **Matériel de stockage de données :** Matériel (physique ou infonuagique) qui stocke les enregistrements de données climatiques.

Étant donné que les exigences d'installation diffèrent d'un capteur et d'un site de surveillance à l'autre, cette section ne comprend que des directives générales sur l'installation et l'infrastructure. Les exigences d'installation propres au site doivent être évaluées au début du projet.

De plus, l'enregistreur de données automatisé et les télécommunications sont généralement indépendants des capteurs ou instruments associés (à moins qu'ils n'y soient directement intégrés), de sorte qu'ils n'affectent généralement pas l'exactitude ou la précision des mesures. Pour cette raison, cette section porte principalement sur les capteurs et les instruments, bien qu'elle donne aussi des directives générales sur les coûts et les options des enregistreurs de données et des dispositifs de télécommunication.

CAPTEURS ET INSTRUMENTS

Le tableau 4 présente les options d'équipement pour chaque indicateur climatique, avec un aperçu des fourchettes de coût et du niveau d'exactitude ou de précision des différentes options. Il comprend des recommandations sur les équipements de surveillance, et précise l'équipement minimum requis pour collecter des données utiles. Cependant, de nombreux projets de surveillance du climat dans les collectivités autochtones nécessitent des enregistrements de données de résolution supérieure.

Ces informations ne sont pas exhaustives. Les collectivités doivent consulter leurs fournisseurs pour s'assurer que leur équipement répond à leurs besoins.



Tableau 4. Équipement de surveillance des variables climatiques physiques

	Principale variable climatique	Équipement de surveillance recommandé	Plage de précision	Plage de fréquences d'enregistrement	Fourchette de coût approximative (\$)
Atmosphérique	Pression atmosphérique	Baromètre pour la mesure manuelle de la pression atmosphérique quotidienne. Automatisation potentiellement nécessaire pour les sites peu accessibles.	± 0,02 %	Un jour à moins de quelques secondes	2 500
	Humidité	Psychromètre (50 \$) pour la mesure manuelle de l'humidité relative quotidienne. Automatisation potentiellement nécessaire (p. ex., hygromètre capacitif) pour les sites peu accessibles.	±3 %	Un jour à moins de quelques secondes	100 à 1 500
	Précipitations (liquides)	Pluviomètre (50 \$) pour la mesure manuelle des précipitations quotidiennes. Automatisation potentiellement nécessaire (p. ex., augets basculeurs) pour les sites peu accessibles.	± 2 %	Un jour à moins de quelques secondes	50 à 1 000
	Précipitations (liquides et solides)	Jauge automatisée de précipitations en toutes saisons (5 000 \$).	± 0,01 %	Un jour à moins de quelques secondes	5 000 à 10 000
	Rayonnement de grandes longueurs d'onde	Pyrgéomètre (1 000 \$) pour la mesure manuelle du rayonnement de grandes longueurs d'onde. P Automatisation potentiellement nécessaire pour les sites peu accessibles.	± 5 %	Un jour à moins de quelques secondes	1 000
	Rayonnement de courtes longueurs d'onde	Pyranomètre à cellule de silicium (250 \$) pour la mesure manuelle du rayonnement de courtes longueurs d'onde. Automatisation potentiellement nécessaire pour les sites peu accessibles.	± 3 à ± 10 %	Un jour à moins de quelques secondes	250 à 500
	Température de l'air en surface	Thermomètre (50 \$) pour la mesure manuelle de la température quotidienne. Automatisation potentiellement nécessaire pour les sites peu accessibles.	± 0,05 °C à ± 2 °C	Un jour à moins de quelques secondes	50 à 1 000
	Vitesse et direction du vent	Anémomètre à girouette automatisé (1 000 \$) pour la mesure de la vitesse et la direction du vent.	±0,05 m/s à ±0,5 m/s (vitesse du vent) ±2° à ±3° (direction du vent)	Un jour à moins de quelques secondes	500 à 2000

	Principale variable climatique	Équipement de surveillance recommandé	Plage de précision	Plage de fréquences d'enregistrement	Fourchette de coût approximative (\$)
Terrestre	Température du pergélisol	Thermistance étalonnée (10 000 \$) placée dans un trou de sonde à des profondeurs précises pour des mesures mensuelles.	± 0,1 °C	Une heure à un an	10 000 à 100 000
	Épaisseur de la neige	Niveau de sondage (500 \$) pour la mesure manuelle de l'épaisseur quotidienne. Automatisation potentiellement nécessaire pour les sites peu accessibles.	± 0,01 m à ± 0,001 m	Un jour à quelques secondes	100 à 5 000
	Humidité du sol	Humidimètre électromagnétique (500 \$) pour la mesure manuelle. Automatisation potentiellement nécessaire pour les sites peu accessibles.	± 0,03 m ³ /m ³	Un jour à quelques minutes	500 à 1 000
Eau	Niveau de l'eau souterraine	Piézomètre (2 000 \$) et indicateur de niveau (200 \$) pour la mesure manuelle du niveau de l'eau souterraine. Automatisation potentiellement nécessaire (p. ex., transducteur de pression) pour les sites peu accessibles.	± 0,001 m	Un jour à quelques minutes	2 000
	Couverture de glace	Bouées ou plateformes ancrées à la glace pour la collecte de données chronologiques dans des régions éloignées. Ces bouées peuvent mesurer de manière autonome les propriétés physiques de la glace de mer, de la neige et de la couche supérieure de l'océan.	± 0,05 m	Un jour à quelques secondes	45 000 à 100 000
	Salinité	Unités manuelles ou capteurs de surveillance autonomes. L'installation de capteurs de surveillance autonomes peut être complexe.	± PPT	Selon les besoins, moins de quelques secondes	5 000 à 50 000
	Niveau de l'eau de surface	Transducteur de pression (500 \$) pour les mesures automatisées.	± 0,001 m à ± 0,0005 m	Un jour à quelques secondes	500 à 2 500
	Température de l'eau	Chaînes de température submersibles basées sur la méthode de la thermistance. Les chaînes de thermistances sont fabriquées en fonction des spécifications de chaque lieu d'installation.	± 0,5 °C à ± 0,002 °C	Un jour à quelques secondes	100 à 5 000

On trouvera à l'annexe du présent guide plus d'options d'équipement et les principales considérations de surveillance pour chaque indicateur climatique. Dans la mesure du possible, nous proposons une gamme d'équipements, mais certains indicateurs sont difficiles à mesurer sans équipement de pointe.

ÉQUIPEMENT DE SURVEILLANCE SUPPLÉMENTAIRE

En général, le contrôle automatisé nécessite davantage d'infrastructures (notamment des

enregistreurs de données, des sources d'alimentation et des supports de stockage des données) que la surveillance manuelle. Le tableau 5 présente les principales infrastructures nécessaires à la surveillance des variables climatiques physiques dans le cadre d'un projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones.

Chaque projet et chaque site étant différents, les collectivités doivent demander conseil aux fournisseurs d'équipement concernant les exigences propres au projet.

Tableau 5. Infrastructure nécessaire aux projets de surveillance du climat dans les collectivités autochtones

Matériel d'installation			
Infrastructure	Principales considérations	Requis pour	Fourchette de coût approximative (\$)
Trépied de surveillance	<p>En fonction de l'indicateur climatique et de la technique de surveillance, il peut s'avérer nécessaire de monter le matériel en hauteur (panneaux solaires, boîtiers à l'épreuve des intempéries, capteurs ou instruments scientifiques). Un trépied de surveillance peut être utilisé à cet effet.</p> <p>Le trépied doit être suffisamment grand pour supporter toutes les charges.</p>	Surveillance automatisée (et manuelle)	500
Boîtier à l'épreuve des intempéries	<p>Le boîtier doit être suffisamment grand pour contenir tous les enregistreurs de données et les composants de télécommunication.</p> <p>En fonction de l'accès de la collectivité ou du public à l'équipement de surveillance, un mécanisme de verrouillage peut s'avérer nécessaire.</p> <p>Du matériel de montage peut être nécessaire pour monter le boîtier à l'épreuve des intempéries sur un trépied de surveillance.</p>	Surveillance automatisée	500 à 5 000
Source d'alimentation (batterie ou panneau solaire)	<p>La plupart des enregistreurs de données automatisés sont compatibles avec une source d'alimentation externe. Si le réseau d'alimentation n'est pas accessible, des batteries et des panneaux solaires peuvent alimenter efficacement l'équipement de surveillance.</p> <p>Les batteries et les panneaux solaires doivent avoir une capacité suffisante pour alimenter tous les dispositifs utilisés.</p>	Surveillance automatisée	500 à 5 000
Blindage de câbles	<p>Pour protéger les câbles alimentant l'équipement de surveillance, il convient d'installer un blindage.</p>	Surveillance automatisée et manuelle	100 à 500

Enregistreurs de données			
Infrastructure	Principales considérations	Requis pour	Fourchette de coût approximative (\$)
Enregistreurs de données et télécommunications	<p>Pour la surveillance automatisée à l'aide de capteurs ou d'instruments sans enregistreurs de données intégrés, des enregistreurs de données externes sont nécessaires. Les enregistreurs de données doivent prendre en charge tous les capteurs ou instruments utilisés pour surveiller les indicateurs climatiques.</p>	Surveillance automatisée	1 500 à 15 000

Stockage des données			
Infrastructure	Principales considérations	Requis pour	Fourchette de coût approximative (\$)
Disques durs externes	Les données climatiques peuvent être sauvegardées sur des disques durs externes. Ces derniers doivent être compatibles avec les ordinateurs locaux et garantir un espace de stockage suffisant pour le volume de données prévu.	Surveillance automatisée et manuelle	50 à 200
Stockage infonuagique	Les collectivités doivent choisir un service qui s'intègre le mieux possible aux services infonuagiques existants. De nombreux services offrent gratuitement de petits volumes de stockage (p. ex., 15 Go). Les volumes de données plus importants nécessitent généralement des frais d'abonnement annuels.	Surveillance automatisée et manuelle	Gratuit à 5 000 par an
Portail de données infonuagique	Si le projet prévoit des télécommunications, le service comprendra probablement un accès aux données infonuagiques. Des options personnalisées sont toutefois disponibles.	Surveillance automatisée et manuelle	Gratuit à 5 000 par an

Considérations relatives à l'installation, au fonctionnement et à l'entretien

Il n'est pas possible de définir des exigences d'installation spécifiques en raison de la variété des équipements de surveillance disponibles et de la diversité des objectifs et des lieux de surveillance. Néanmoins, cette section présente de grandes considérations qui peuvent aider les collectivités à choisir les lieux de surveillance et à installer l'équipement de surveillance. On y recommande également des activités de fonctionnement et d'entretien pour assurer le bon fonctionnement de l'équipement et améliorer la qualité des données.

INSTALLATION D'UN ÉQUIPEMENT DE SURVEILLANCE

L'indicateur climatique à surveiller, l'emplacement de l'installation et l'équipement utilisé sont autant de facteurs qui influenceront sur l'installation. Vous trouverez ci-dessous des considérations générales largement applicables à la surveillance manuelle et automatisée. Les fournisseurs d'équipement peuvent fournir des consignes propres à l'installation de leur équipement.

Choix du site

Dans la mesure du possible :

- L'équipement doit être installé sur un terrain sec et stable, dans des zones non sujettes aux inondations et loin des grands obstacles (p. ex., bâtiments, arbres).
- Les sites doivent être facilement accessibles toute l'année. Tenez compte des conditions météorologiques et des options d'accessibilité tout au long de l'année pour vous assurer de pouvoir récupérer les données à tout moment.
- Les panneaux solaires doivent être positionnés de manière à maximiser l'exposition au soleil afin d'optimiser le chargement des batteries.
- Les sites doivent être représentatifs du paysage environnant afin que les données recueillies soient représentatives des conditions à grande échelle.
- Des clôtures doivent être installées autour de l'équipement de surveillance pour empêcher les animaux et le public d'y avoir accès, le cas échéant.

Disposition de l'équipement

L'emplacement et l'installation des équipements dépendent de l'indicateur climatique et de l'objectif de la surveillance. Voici les considérations générales à prendre en compte :

- Pour la surveillance des variables atmosphériques, le rapport 10:1 peut servir de règle d'or pour établir la hauteur de l'instrument : si la zone de mesure a une largeur de 10 mètres, les capteurs doivent être placés à au moins 1 mètre du sol.
- Le rapport 10:1 peut également s'appliquer aux obstacles situés à proximité : les instruments doivent être placés à une hauteur 10 fois supérieure à celle des obstacles voisins.
- Il faut trouver un équilibre entre l'accessibilité des capteurs à des fins d'entretien et la protection contre la faune.
- Les capteurs doivent être solidement ancrés pour résister au vent, à la pluie et à d'autres conditions environnementales.

Considérations relatives aux infrastructures

Dans la mesure du possible :

- Des haubans doivent être utilisés pour stabiliser et ancrer solidement les trépieds de surveillance.
- Des paratonnerres ou des tiges de mise à la terre doivent être installés sur toutes les stations de surveillance automatisées afin d'éviter les dommages causés par la foudre.
- Dans les régions enneigées, les panneaux solaires doivent être inclinés pour éviter leur obstruction par la neige pendant les mois d'hiver.
- Un agent dessiccant (substance qui absorbe l'humidité et assèche l'environnement) doit être inclus dans tous les boîtiers à l'épreuve des intempéries.
- Les batteries doivent être isolées pour minimiser la perte d'énergie pendant la saison froide.

ENTRETIEN ET FONCTIONNEMENT

Après avoir installé l'équipement de surveillance, les collectivités peuvent se pencher sur le fonctionnement et l'entretien. Le fonctionnement comprend la collecte de données, les activités d'assurance et de contrôle de la qualité, ainsi que l'analyse des données et la production de rapports. L'entretien consiste à s'assurer que l'équipement reste accessible et opérationnel, ce qui favorise la collecte de données de qualité.

Un plan de fonctionnement et d'entretien peut être utile à un projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones parce qu'il permet de documenter les tâches importantes pour le fonctionnement et l'entretien de l'équipement. Si la fréquence de chaque tâche dépend de l'équipement de surveillance, de la qualité des données requise et de l'objectif de la surveillance, voici les tâches d'entretien les plus courantes :

- Garantir la sécurité de l'ensemble de l'infrastructure et du matériel d'installation.
- Vérifier l'efficacité de l'agent dessiccant et le remplacer si nécessaire.
- Vérifier que la tension de la batterie est suffisante pour faire fonctionner les capteurs et l'équipement.
- Vérifier que tous les équipements sont opérationnels.
- Veiller à ce que tous les équipements soient accessibles.
- Effectuer toutes les tâches d'entretien décrites dans les manuels d'utilisation des capteurs.

Il est utile de garder du matériel de remplacement (batteries, panneaux solaires et matériel d'installation) à portée de main pour être en mesure de remplacer rapidement les composants défectueux.

Étude de cas

Enregistrement des savoirs autochtones sur les changements climatiques par la Première Nation crie Mikisew

Le programme de surveillance communautaire de la Première Nation crie Mikisew (PNCM) associe les savoirs autochtones et la science pour surveiller l'évolution des conditions dans le delta Paix-Athabasca. Grâce à des outils de collecte de données novateurs, le programme promeut l'éducation et l'adaptation aux changements environnementaux au sein de la collectivité.

Au cœur des territoires traditionnels de la PNCM, dans le nord-est de l'Alberta, se trouve le delta Paix-Athabasca, un vaste delta d'eau douce qui abrite une grande diversité de plantes et d'animaux sauvages. Le delta est intimement lié à la culture et à l'identité de la PNCM. La chasse, le piégeage, la pêche et d'autres pratiques de récolte permettent à la PNCM d'assurer sa subsistance depuis des générations.

Face à l'essor du développement industriel et aux effets croissants des changements climatiques dans la région, les aînées et aînés de la PNCM et les membres de la collectivité s'inquiètent de la santé du delta Paix-Athabasca. Pour répondre à ces préoccupations, le service des Relations avec le gouvernement et l'industrie de la PNCM a mis en place un programme de surveillance communautaire en 2008. Dirigé par la PNCM, ce programme se penche sur les indicateurs de changement environnemental fondés sur les savoirs autochtones et la science, notamment la santé des aliments prélevés dans la nature, la qualité et la quantité de l'eau, ainsi que la sécurité des déplacements en hiver. Les aînées et aînés de la PNCM, ainsi que le chef et le conseil, encadrent le programme. Des membres de la PNCM, à titre de gardiens de l'environnement, mènent des activités de surveillance et de recherche.

Le programme utilise des outils novateurs, comme une application pour téléphone intelligent qui permet aux surveillants de la collectivité de consigner leurs observations de terrain dans un carnet de notes électronique. L'application permet également de suivre les itinéraires empruntés pour atteindre les sites de surveillance, ce qui donne une idée de la sécurité des conditions de neige et de glace tout au long de l'année. Les données de surveillance sont stockées dans un portail de gestion des données relié à d'autres plateformes et bases de données utilisées par la PNCM, ce qui améliore l'accès à l'information. Grâce à ces outils, la PNCM favorise l'éducation et l'adaptation aux changements environnementaux au sein de la collectivité, et informe les décideurs sur l'évolution des conditions dans le delta Paix-Athabasca.

Considérations relatives à la surveillance des variables climatiques physiques

Cette section présente certaines grandes considérations relatives à la surveillance des variables climatiques physiques, notamment les coûts, les exigences relatives au site, la disponibilité des équipements, les besoins en stockage des données et les exigences d'entretien.

COÛT DES CAPTEURS

Si l'évolution de la technologie et l'augmentation de la capacité de production ont fait baisser le coût moyen des capteurs, celui-ci dépend quand même fortement des données à recueillir, de la complexité de la mesure et de l'environnement pour lequel ils sont conçus. L'organisation doit étudier attentivement les spécifications techniques d'un capteur pour déterminer s'il répond aux exigences de la plateforme de surveillance. En général, un ensemble de capteurs peu coûteux convient mieux à un réseau de surveillance à haute densité qu'à une station climatologique isolée. Au Canada, les zones éloignées, accidentées et difficiles d'accès se prêtent souvent mal à ces options peu coûteuses. Une collectivité peut ainsi devoir payer à répétition des réparations et des remplacements sur la durée de vie du projet. Dans une telle situation, des capteurs plus coûteux, mais qui répondent aux exigences du site, sont plus rentables à long terme.

COÛTS DE LA COLLECTE MANUELLE DE DONNÉES

En général, les capteurs conçus pour la collecte manuelle de données coûtent beaucoup moins cher que les capteurs autonomes. C'est alors la main-d'œuvre elle-même qui représente généralement le coût le plus important, et ce coût varie en fonction du niveau d'effort requis. Par exemple, si la surveillance est effectuée localement par une personne qui se trouve déjà dans la zone dans le cadre de ses activités quotidiennes, la collecte manuelle des données coûte moins cher que si quelqu'un doit se rendre sur place pour prendre des mesures. L'organisation doit également considérer ce qu'il en coûte de détourner le personnel de terrain de ses

tâches habituelles; cela peut l'inciter à compléter la collecte manuelle de données par l'installation de stations climatologiques autonomes distantes.

ENREGISTREUR DE DONNÉES ET ENREGISTREMENT

Il existe une grande variété d'enregistreurs de données conçus spécifiquement pour surveiller les données de surface et d'autres variables climatiques. Le choix de l'enregistreur de données dépend principalement des conditions du site, de la complexité de l'ensemble de capteurs et du nombre total de capteurs déployés. Les préférences liées à la familiarité ou à la facilité d'utilisation peuvent également jouer un rôle.

Certains enregistreurs de données sont dotés d'options de télémesure qui permettent une intégration en temps réel et en facilitent le déploiement et l'utilisation. La collectivité doit bien comprendre ces options pour choisir le bon enregistreur de données.

Le prix d'un dispositif comprend généralement l'enregistreur de données et le contrôle de l'alimentation. La collectivité doit choisir un système d'alimentation adapté à la charge (courant nécessaire aux capteurs et à l'ensemble de télémesure), aux conditions météorologiques prévues pour la station et à tout autre élément susceptible de nuire à l'infrastructure physique.

EXIGENCES DU SITE

Les exigences du site et les coûts d'installation dépendent en grande partie de la surface (p. ex., roche-mère, sable bouillant et gravier meuble, plan d'eau). Idéalement, une station de surveillance devrait être située sur un terrain sec et stable, plat et dégagé, non sujet aux inondations, exempt d'irrégularités sous la surface (causées par exemple par la fonte du pergélisol) et caché du public.

Il est possible d'effectuer la surveillance du climat au-dessus d'un plan d'eau, mais cela présente une série de risques et de défis – notamment quant à la taille des bouées, la capacité des lignes d'amarre, la pression exercée par les courants locaux sur les points d'ancrage et les lignes de retenue, les dangers potentiels (p. ex., débris, glaces flottantes, trafic maritime) – qui gonflent les coûts d'installation et d'ingénierie des plateformes de surveillance.

Étude de cas

Leçons tirées du partage des données de surveillance du climat dans le cadre du projet de résilience au climat de la collectivité de Tuktoyaktuk

La collectivité inuvialuite de Tuktoyaktuk est située au nord du cercle polaire arctique, sur les rives de l'océan Arctique. Les effets des changements climatiques – hausse du niveau de la mer, érosion côtière et fonte du pergélisol – en menacent les habitations et les bâtiments. L'évolution des conditions de neige et de glace influence également le quotidien des membres de la collectivité, notamment le moment où ils peuvent se déplacer en toute sécurité sur la glace.

En 2018, la corporation communautaire de Tuktoyaktuk a lancé le projet de résilience au climat de la collectivité afin de mieux comprendre ces changements et leurs répercussions sur la collectivité et sur son environnement, vital pour sa subsistance et sa culture. Le programme comprend une surveillance communautaire, dans le cadre de laquelle les membres de la collectivité recueillent des données et suivent des formations auprès de chercheurs afin de renforcer leurs compétences de surveillance scientifique. Il s'agit d'examiner et d'évaluer les indicateurs des changements climatiques qui reflètent les valeurs et les préoccupations de la collectivité, comme l'épaisseur de la glace, la turbidité de l'eau, la profondeur du pergélisol et les dates d'apparition des feuilles et de floraison des plantes comestibles. Le projet, conçu comme une plateforme de partage des connaissances, visait à relier les savoirs autochtones aux connaissances scientifiques. Cependant, jusqu'à présent, le programme s'est principalement penché sur la collecte de données scientifiques.

Le projet a permis à la corporation communautaire de Tuktoyaktuk d'acquérir de nombreuses connaissances sur la surveillance du climat. Alors qu'il s'oriente vers la collecte des savoirs autochtones, l'un de ses principes fondamentaux est la protection des connaissances partagées, dont l'utilisation doit rester sous le contrôle de la collectivité et qui ne doivent pas être communiquées ou consultées sans autorisation. Par exemple, l'application numérique utilisée par les surveillants de la communauté pour recueillir des données de surveillance sur le terrain est protégée par mot de passe, et les données ne sont accessibles qu'à la collectivité. Certaines données sont également recueillies à l'aide de feuilles de données de terrain, stockées physiquement dans les bureaux de la corporation communautaire de Tuktoyaktuk et non traitées par une tierce partie. La corporation prévoit également de conserver les données numériques dans des serveurs locaux.

La corporation communautaire de Tuktoyaktuk peut, à sa discrétion, diffuser certaines données auprès de partenaires externes afin de leur permettre de contribuer à la surveillance et à la recherche menées par la collectivité et de promouvoir les intérêts de celle-ci. La corporation partage également activement les connaissances sur la surveillance environnementale avec la collectivité afin de stimuler l'intérêt et la participation au programme. Ce partage des connaissances sensibilise aussi la collectivité aux conséquences des changements environnementaux.

ENTRETIEN

Il est essentiel d'assurer un entretien préventif régulier des stations climatologiques, des composants des capteurs et de toute l'infrastructure connexe pour prolonger leur durée de vie, garantir la précision et la fiabilité des données recueillies et assurer la continuité du flux de données provenant de tous les capteurs. Chaque capteur est unique et possède son propre calendrier d'entretien et ses propres exigences, normalement décrits dans son guide d'utilisation. Le fait de ne pas effectuer l'entretien selon les instructions peut affecter la validité des données recueillies.

Les tâches d'entretien incluent la préparation d'une jauge de précipitations toutes saisons pour l'hiver avec de l'antigel et de l'huile minérale, conformément aux recommandations du fabricant, ou le nettoyage de l'optique d'un capteur de rayonnement qui a été exposé à la saleté et à la poussière pendant des mois.

En plus de l'entretien propre aux capteurs, des inspections visuelles et physiques de l'ensemble de l'infrastructure du site doivent être effectuées chaque année. Cela comprend tout le matériel de montage, les poteaux d'ancrage, les bases en béton des tours et les autres composants d'installation.

TÉLÉCOMMUNICATIONS DES SYSTÈMES DE SURVEILLANCE DU CLIMAT

Les progrès des télécommunications permettent d'obtenir davantage de données en temps réel à partir des stations climatologiques. C'est précieux, car cela permet une mise à jour et une validation régulières des données, l'envoi d'alarmes et d'alertes en cas de conditions anormales et un aperçu de l'état de la station en continu.

Les options de télécommunications comprennent la radiotélémesure, la transmission de données cellulaires et la télémesure satellitaire.

- La **radiotélémesure** est recommandée lorsque les équipements sont relativement proches les uns des autres. La technologie radio à spectre étalé a une portée allant jusqu'à 20 kilomètres (visibilité directe) ou 100 mètres (visibilité indirecte). La station radio fixe recueille les données de tous les enregistreurs à portée et les envoie à un ordinateur de projet. Dans un système classique, les données des capteurs sont stockées localement sur un enregistreur de données ou un réseau d'enregistreurs de données avant d'être transmises à l'ordinateur du projet.

- La **transmission de données cellulaires** est l'option la moins coûteuse, englobant les coûts initiaux du matériel et les coûts permanents de transmission (généralement facturés au kilo-octet). Toutefois, le manque de fiabilité du réseau dans les zones éloignées peut invalider cette option.
- La **télémesure satellitaire** peut être utilisée pour des applications à distance où les communications radio et cellulaires sont impossibles. Le réseau de communication Iridium dispose d'une constellation dynamique et interconnectée de satellites sur orbite terrestre basse (LEO) qui couvrent le monde entier. Les enregistreurs de données équipés d'un modem satellite Iridium peuvent donc transmettre des données en temps réel depuis n'importe quel endroit de la planète. Ces données sont envoyées à une passerelle centrale, qui les transfère ensuite par Internet vers un ordinateur ou un téléphone cellulaire du projet. Dans un système typique de surveillance du climat, les données des capteurs sont stockées localement sur un enregistreur de données et envoyées à un serveur de courriel par le réseau satellitaire Iridium. Un centre de données infonuagique extrait ensuite les données du serveur de courriel selon un calendrier défini par l'équipe de projet.

CONSERVATION ET PARTAGE DES DONNÉES CLIMATIQUES

Le moyen le plus simple de diffuser et de consulter les données de surveillance du climat est d'utiliser un centre de données en ligne, qui offre un accès instantané en permanence aux données du projet depuis n'importe quel navigateur Web. Les données climatiques peuvent être exportées dans le centre de données directement à partir d'un enregistreur de données ou par le biais d'un logiciel de projet. Le service, public ou protégé par un mot de passe, permet un accès en temps réel aux données recueillies. En plus des informations propres au projet, l'interface en ligne peut proposer des cartes de zones dynamiques superposées à des données météorologiques, des données récentes et historiques, des graphiques chronologiques et des résumés statistiques, qui permettent aux utilisateurs d'interagir avec les cartes du projet et de visualiser les données de surveillance en temps réel ou les tendances des paramètres au fil du temps.

Les coûts de stockage des données peuvent varier de la gratuité à plus de 5 000 dollars par an, en fonction de la quantité de données à stocker, elle-même déterminée par le type de capteur et la fréquence d'échantillonnage.

Partie 3 : Consignation, conservation et diffusion du savoir autochtone

Pratiques exemplaires pour la consignation des
savoirs autochtones dans le cadre de la surveillance
communautaire du climat.



On trouvera dans cette section les pratiques exemplaires pour la consignation des savoirs autochtones dans une visée de surveillance communautaire du climat. En fonction de l'évolution du travail de surveillance du climat au sein de votre collectivité, vous avez peut-être fait appel à des partenaires externes (chercheurs universitaires ou gouvernementaux, consultants, ONG, etc.). Quels que soient ces partenaires, l'approche adoptée pour la collecte, la gestion, la diffusion et la conservation des savoirs autochtones doit absolument être réfléchi et s'appuyer sur les protocoles communautaires et les détenteurs de connaissances.

De nombreux éléments doivent être pris en compte dans le choix des modalités de consignation des savoirs autochtones. Dans tout projet de surveillance du climat dans une collectivité autochtone, il faut prévoir dès la phase de planification une conversation ouverte avec les détenteurs de connaissances afin de confirmer les modalités de collecte, d'utilisation et de diffusion des savoirs autochtones et de reconnaissance des contributions des participants.

Les directives ou protocoles de consignation des savoirs autochtones varient d'une collectivité à l'autre et il n'existe pas de pratique exemplaire unique. Tout projet de surveillance du climat doit suivre les directives définies par la collectivité concernée.

Voici quelques manières de consigner et d'utiliser les savoirs autochtones pour éclairer la surveillance communautaire du climat :

- Éclairer l'élaboration d'indicateurs;
- Orienter les méthodes de collecte de données (p. ex., protocoles pour le respect des terres);
- Contribuer à la compréhension des changements climatiques grâce à une information unique et intégrée;
- Orienter l'interprétation des résultats et de leur signification;
- Définir l'objectif du processus de surveillance et les interrelations connexes (p. ex., orienter la manière dont les participants doivent travailler ensemble)⁴.

Que la surveillance soit effectuée exclusivement avec les ressources de la collectivité ou avec le soutien de partenaires externes, les mêmes principes guident la consignation des savoirs autochtones sur le climat que pour d'autres types de savoirs autochtones :

- Faire preuve de transparence quant aux motifs de consignation et aux modalités d'utilisation des savoirs autochtones. Fournir des informations claires aux détenteurs de connaissances sur le projet. Expliquez, par exemple, les indicateurs visés par le projet de surveillance, les modalités d'utilisation des informations et les retombées du projet pour la collectivité.
- Déterminer la façon de reconnaître la contribution des détenteurs de connaissances. Demander aux détenteurs de connaissances s'ils souhaitent être reconnus pour leur participation ou rester anonymes. Pour reconnaître les personnes qui le souhaitent, on peut les nommer dans les présentations de réunions ou les rapports de recherche, ou les mentionner en tant que coauteurs dans les publications.

4 Parlee (2018, p. 15). Parlee, B. (2018). A Best Practices Guide : Indigenous Knowledge and Citizen Science – Lessons for Indigenous Community-Based Climate Change Monitoring in Canada. Relations Couronne-Autochtones et Affaires du Nord Canada, Ottawa, Canada. <https://brendaparlee.ca/climate-monitoring>

- **Obtenir un consentement pour enregistrer les savoirs autochtones.** Si des partenaires externes aident la collectivité dans le cadre de la surveillance du climat, ils doivent obtenir officiellement des participants un consentement oral ou écrit pour enregistrer les savoirs autochtones, même s'ils se connaissent déjà ou s'ils sont amis. Les formulaires de consentement écrit précisent généralement les avantages et les risques liés à la participation et soulignent que celle-ci est volontaire et que le consentement peut être retiré à tout moment. Un exemple de formulaire de consentement utilisé dans le cadre d'une recherche communautaire se trouve sur le site du [projet Tracking Change](#).
- **Être prudent lors de la consignation des observations ou renseignements de nature délicate.** Il se peut que des coutumes dictent la façon dont les savoirs sont conservés et transmis d'une génération à l'autre. Certaines cultures n'autorisent pas la consignation ou la diffusion de certains renseignements en dehors de la collectivité. Si votre collectivité a fait appel à un partenaire externe, mettez-le au courant de vos exigences. Par exemple, les membres peuvent choisir de ne pas parler des taux de récolte ou de l'emplacement des terrains de chasse pour des espèces sensibles comme le caribou. Ils peuvent demander à rester anonymes lorsqu'ils fournissent certains renseignements ou à ce que certains détails ne soient pas consignés. Les consultants externes doivent veiller au respect de ces demandes lorsqu'ils consignent des renseignements de nature délicate.

Bien que l'intégration des langues autochtones dans un projet de surveillance du climat ne soit pas obligatoire, elle peut s'avérer utile. De nombreux termes et expressions des langues autochtones reflètent des conceptions culturelles de l'environnement qui ne se traduisent pas facilement dans d'autres langues. Voici quelques façons d'intégrer les langues autochtones :

- **Inclure des termes ou expressions autochtones dans le nom du projet.** Par exemple, le programme de surveillance des caribous *Boots-on-the Ground* dirigé par le gouvernement Tłı̨ cho est également intitulé *Ekwò Nàxoèhdee K'è*, une expression de la langue Tłı̨ cho qui fait référence au déplacement du troupeau de caribous tout au long de l'année⁵. L'utilisation de la langue locale dans un programme permet de conserver les concepts traditionnels, les éléments culturels et la richesse de sens que ces termes ou ces expressions véhiculent, au lieu de traductions inadéquates ou de mots empruntés.
- **Tenir des réunions ou entrevues dans les langues autochtones.** Envisager la tenue de réunions dans les langues locales, soit par un membre de la collectivité responsable du programme de surveillance du climat parlant la langue locale, soit avec l'aide de traducteurs et d'interprètes.
- **Traduire les documents du projet dans les langues autochtones.** La traduction des documents liés au projet (bulletins d'information, brochures, pages Web, etc.) dans les langues autochtones peut favoriser l'apprentissage de la langue et susciter l'intérêt pour le projet.
- **Encourager les détenteurs de connaissances à parler les langues autochtones ou à partager des expressions et termes clés au cours des activités de surveillance.** La surveillance peut être l'occasion de promouvoir l'apprentissage de la langue et l'alphabétisation auprès des surveillants de la communauté. Le fait de parler les langues locales pendant les activités de surveillance ou de partager des expressions ou termes liés au climat, à la météo, aux noms de lieux et à d'autres aspects de l'environnement peut aider les détenteurs de connaissances à maintenir, à renouveler et à partager les savoirs autochtones avec les jeunes générations.

5 Detas'eetsa : Tłı̨ cho Research and Training Institute (2017). We Watch Everything: A Methodology for Boots-on-the Ground Caribou Monitoring. Behchokò, NT.

Méthodes de consignation des savoirs traditionnels sur le climat

Parmi les méthodes les plus courantes de consignation des savoirs autochtones dans le cadre des projets de surveillance du climat, citons les entrevues, les sondages, la cartographie, la photographie et les vidéos. Cette section décrit ces méthodes et les pratiques exemplaires du domaine.

Il convient de noter que les savoirs autochtones peuvent fournir des informations qualitatives et quantitatives pour la surveillance des changements climatiques :

- Les **informations qualitatives** sont fondées sur les mots et leur signification. Par exemple, un surveillant peut indiquer que les caribous semblent en mauvaise santé ou faire d'autres observations sur le comportement du troupeau.
- Les **informations quantitatives** sont fondées sur des chiffres et des statistiques. Par exemple, un chasseur peut consigner le nombre de caribous en mauvaise santé qu'il a vus lors de son dernier voyage de chasse, ou d'autres observations comme une estimation du rapport femelles/petits ou de la répartition des prédateurs sur un territoire.

Ensemble, ces deux types d'observations fournissent des informations sur la santé et les déplacements des caribous et peuvent contribuer à la surveillance du climat.

RÉCITS ORAUX, CERCLES DE DISCUSSION, ENTREVUES

Les récits oraux, les cercles de discussion et les entrevues comptent parmi les nombreuses façons de documenter les savoirs autochtones. Ce sont différentes façons d'avoir une conversation avec un ou plusieurs détenteurs de connaissances sur des sujets clés, sous la forme d'une série de questions formelles ou d'une conversation informelle avec des questions plus ouvertes.

Récit

Le récit est un moyen important de transmettre les savoirs autochtones et de perpétuer les traditions. Les récits peuvent contribuer à contextualiser un processus ou un phénomène ou à donner un sens supplémentaire à des événements.

Soutenir la collecte des savoirs traditionnels sur le climat par le biais de récits :

- **Être présent sur le terrain où se produisent les changements.** Sur le terrain, les occasions de raconter des histoires sont beaucoup plus nombreuses que dans un bureau. Un récit entendu sur un site de surveillance (au bord d'une rivière, dans un champ de baies) donne de la vie et du sens à l'histoire, en particulier pour les jeunes ou les membres moins expérimentés.
- **Utiliser des images pour susciter des réactions ou permettre une meilleure mémorisation.** L'utilisation d'images (dessins ou photos, par exemple) peut encourager le récit. Les symboles et les métaphores peuvent favoriser la discussion et l'apprentissage sur les valeurs essentielles, le bien-être de la collectivité, les ressources et les changements environnementaux⁶.

Cercles de discussion ou de partage

Les cercles de discussion ou de partage sont des lieux de médiation, de résolution de problèmes ou de guérison, ou simplement des espaces de partage sans ordre du jour ni animation. Les participants peuvent s'exprimer librement et honnêtement, et s'attarder à créer un environnement favorable au partage des savoirs, des observations et des récits autochtones.

6 Parlee (2018).

Pour soutenir la collecte de savoirs autochtones au moyen d'un cercle de discussion ou de partage :

- **Respecter les valeurs et les protocoles** de la collectivité. Il est important de respecter les valeurs et les protocoles de la collectivité lors d'un cercle de discussion ou de partage. Par exemple, les Mi'kmaq font circuler un jeton (une plume spéciale ou un bâton d'orateur) pour que chacun puisse s'exprimer sans être interrompu. La personne qui détient le jeton peut parler aussi longtemps qu'elle le souhaite⁷.
- **Créer un cadre confortable pour les participants.** Un cadre confortable peut aider à donner le ton au cercle de discussion ou de partage. La mise à disposition de sièges, de nourriture et de rafraîchissements peut contribuer à mettre à l'aise les détenteurs de connaissances et les inciter à apporter leur contribution⁸.

Entrevues

Autre méthode importante pour documenter les savoirs traditionnels sur le climat, l'entrevue peut prendre la forme d'une discussion formelle ou d'une conversation plus informelle. Les entrevues formelles, plus structurées, comportent une liste fixe de questions ou de sujets abordés avec chaque détenteur de connaissances, alors que les moins formelles se basent sur des questions plus ouvertes ou sur les contributions des détenteurs de connaissances, et peuvent porter sur des sujets différents.

Contribuer à la collecte des savoirs autochtones au moyen d'entrevues :

- **Expliquer clairement l'objectif de l'entrevue et obtenir le consentement.** Les détenteurs de connaissances doivent donner leur consentement éclairé. Expliquez au préalable l'objectif de l'entrevue et du projet de surveillance. Si vous prévoyez de prendre des photos ou des vidéos de l'entrevue, assurez-vous que le détenteur des connaissances a donné son consentement écrit ou oral. En raison de l'âge ou de l'état de santé de certains détenteurs de connaissances, il peut être utile qu'un membre de la famille ou une personne de confiance assiste à l'entrevue.

- Tenir compte du rôle de la langue autochtone dans l'entrevue. Dans certains cas, les entrevues doivent être menées en présence d'un interprète. Par exemple, les partenaires externes qui soutiennent la surveillance communautaire du climat peuvent envisager de travailler avec des interprètes de confiance issus de la collectivité, dans la mesure du possible.
- Envisager d'inclure une personne de soutien de la collectivité. Il se peut que les détenteurs de connaissances se sentent plus à l'aise ou plus disposés à partager leurs connaissances en présence d'une personne de confiance (un parent ou un ami).

Sondages ou questionnaires

Constitués de questions prédéterminées présentées dans un ordre précis, les sondages et les questionnaires sont utiles pour recueillir les observations d'un sous-groupe de la collectivité. C'est un moyen abordable et efficace pour recueillir des renseignements auprès d'un grand groupe ou à propos d'un événement météorologique précis.

Pour optimiser la collecte de renseignements répondant aux objectifs du projet de surveillance du climat dans les collectivités autochtones, il faut procéder comme suit :

- **Faire en sorte que le sondage soit facile à comprendre.** Un bref résumé en tête du sondage peut aider les participants à comprendre son objectif et les avantages de leur participation pour la collectivité. Une organisation en catégories ou sections claires peut également aider à répondre aux questions. Déterminez la meilleure façon de formuler les questions. Par exemple, la question « Pourquoi pensez-vous que les originaux ne sont pas en aussi bonne santé aujourd'hui que dans le passé? » peut donner lieu à de meilleures réponses que la question « Quels sont les facteurs de stress environnementaux qui causent la mortalité des originaux? »

7 Mi'kmaw Spirit (2016). « Mi'kmaw Spirituality – Talking Circles ». <http://www.muiniskw.org/pgCulture2c.htm#:~:text=The%20sharing%20circle%20is%20also,kinship%20in%20those%20who%20participate>

8 Première Nation Lutsel K'e Dene (LKDFN) et Trailmark Systems (2022). Mobilizing Indigenous Knowledge in Resource Management Settings: A Practical Guide.

- **Réaliser les sondages en personne ou avec un animateur.** La présence d'un animateur peut aider les participants à surmonter les obstacles qui les empêchent de répondre au sondage. Il peut par exemple lire les questions à haute voix ou donner des précisions. En personne, les participants peuvent également se sentir plus à l'aise et plus disposés à s'exprimer.
- **Utiliser une plateforme de sondage en ligne.** Les sondages en ligne ou sur le Web peuvent être diffusés par courriel, sur des sites Web et sur les médias sociaux. Cela permet d'atteindre un plus grand nombre de personnes, en particulier les jeunes. De plus, de nombreuses plateformes permettent de compiler automatiquement les réponses et sont compatibles avec d'autres programmes (p. ex., Microsoft Excel) pour la visualisation des résultats.
- **Tester le sondage pour s'assurer qu'il se lit bien et qu'il consigne correctement les réponses.** Prenez le temps de tester le sondage et de le modifier en fonction des commentaires reçus. Veillez à le rédiger dans un langage accessible et neutre, sans questions suggestives. Testez chaque question et chaque option de réponse pour vérifier leur affichage et la consignation des données. Comme un mélange de questions fermées et ouvertes produit un ensemble de données plus riche, il convient de vérifier si le sondage comprend les deux types de questions.

OUTILS ET APPLICATIONS DE CARTOGRAPHIE

La cartographie permet de consigner les interactions des membres d'une collectivité avec la terre dans une région géographique donnée. Les cartes, qu'elles soient physiques ou numériques (Google Earth), comportent souvent des codes et des annotations détaillant l'usage ou la perception des terres par la collectivité (zones d'utilisation des terres, noms de lieux et sites sacrés).

Les activités de cartographie doivent rester simples lors de l'enregistrement des informations spatiales et porter essentiellement sur ce qui est le plus utile pour la collectivité et le projet⁹.

Biographies cartographiques

La biographie cartographique est une méthode de recherche qui permet de recueillir des informations spatiales et temporelles sur l'utilisation et l'occupation autochtones des terres auprès d'exploitants et d'utilisateurs. En général, les questions portent sur les activités et expériences personnelles directes des utilisateurs des terres au cours de leur vie¹⁰. Les biographies cartographiques sont utiles pour documenter les habitudes passées et présentes de chasse, de pêche, de piégeage et de cueillette; les relations avec la terre; l'histoire; les noms de lieux; les langues; les techniques de subsistance; les campements; et d'autres informations culturelles¹¹. Pour créer une biographie cartographique avec une personne, on l'interroge la personne sur la manière dont elle utilise la terre en général ou sur des sites spécifiques, et on marque ces zones sur la carte (sur papier ou en format numérique)¹².

Lors de la réalisation de biographies cartographiques :

- **Limiter les entrevues à un ou deux participants.** Les entrevues individuelles permettent généralement d'obtenir des informations plus détaillées qu'en groupe ou dans un atelier réunissant plusieurs détenteurs de connaissances¹³.
- **Indiquer clairement ce qui est documenté et utiliser des méthodes uniformes pour consigner les connaissances spatiales.** Si ce travail est effectué par un consultant extérieur venu aider la collectivité, assurez-vous que la personne qui mène l'entrevue connaît bien la région et les types d'observations liées aux savoirs autochtones à consigner. Un ensemble standard de codes cartographiques ou de notes peut contribuer à garantir la cohérence et l'uniformité des entrevues.

9 Tobias, T. (2000). « Chapter 3: Map Biographies and Composites » in Chief Kerry's Moose: A Guidebook to Land Use and Occupancy Mapping, Research Design and Data Collection. Union of British Columbia Indian Chiefs .

10 Tobias (2000).

11 Chapin, M., Lamb, Z., et Threlkeld, B. (2005). « Mapping Indigenous Lands ». Annual Review of Anthropology. 34, p. 619-638.

12 Tobias (2000).

13 LKDFN et Trailmark Systems (2022).

Applications GPS

Les dispositifs ou plateformes GPS sont des outils efficaces pour recueillir des informations spatiales et observer les tendances dans le temps et l'espace. Ces technologies permettent de recueillir des observations locales, qui peuvent servir à présenter visuellement des résultats pertinents aux décideurs¹⁴. Les applications logicielles pour téléphones intelligents, tablettes et autres appareils électroniques sont de plus en plus courantes dans le cadre de la surveillance communautaire. Après une formation initiale, les surveillants de la communauté peuvent se déployer sur le terrain pour enregistrer leurs observations en autonomie, ce qui allège la charge du personnel communautaire et réduit les problèmes de capacité.

Pour tirer le meilleur parti des applications GPS :

- **Se familiariser avec les applications existantes.** Il existe plusieurs applications permettant d'enregistrer les connaissances spatiales des collectivités, telles que [Arc GIS Survey 123](#) et [Trailmark](#). Tenez compte des coûts et des avantages de ces applications afin de déterminer si l'une d'entre elles convient à votre projet ou si vous avez besoin d'une application personnalisée.
- **Investir dans la formation.** Pour tirer pleinement parti de toutes les fonctionnalités d'une nouvelle application, le personnel et les membres de la collectivité auront besoin d'une formation. Assurez-vous que le plan du projet prévoit du temps pour cette formation.
- **Vérifier l'exactitude et l'exhaustivité des données soumises par les surveillants de la communauté.** Il importe de vérifier les observations pour confirmer qu'elles sont suffisamment détaillées et pertinentes avant de les ajouter à l'ensemble de données¹⁵. Envisagez de nommer une personne spécialement formée pour examiner les données transmises afin de détecter les erreurs ou les incohérences.

- **Créer une carte des noms de lieux de la collectivité.** Une carte des noms de lieux peut servir d'outil pédagogique et de récit pour faire connaître la région et son importance pour la collectivité. Par exemple, l'[atlas des noms de lieux gwich'in](#) est une carte interactive en ligne qui raconte la culture et l'histoire des Gwich'in sur leur territoire traditionnel.

Récit numérique

Les collectivités peuvent présenter leurs connaissances de manière narrative ou artistique à l'aide de divers médias numériques. Grâce aux médias artistiques (photographie, vidéo, etc.), elles peuvent explorer les changements sociaux et écologiques en les reflétant dans l'environnement ou en décrivant un événement socioécologique dans la collectivité d'une manière captivante et significative pour le public et les créateurs de contenu¹⁶. La vidéo participative, une nouvelle méthode de documentation des observations et des récits sur les changements climatiques, implique qu'une collectivité ou un groupe crée son propre film en mobilisant des récits et des connaissances collectives pour éclairer les stratégies d'adaptation au climat¹⁷.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA CONSERVATION DES SAVOIRS TRADITIONNELS SUR LE CLIMAT

Les savoirs traditionnels sur le climat peuvent être conservés sous forme physique (cartes et fiches de données de surveillance) ou électronique (sur un ordinateur ou dans une plateforme en ligne). Quelle que soit la méthode de conservation, il est essentiel de réfléchir à la manière de protéger les savoirs communautaires.

14 Johnson, N., Behe, C., Danielsen, F., Krueemmel, E., Nickels, S. et Pulsifer, P. (2016). Community-Based Monitoring and Indigenous Knowledge in a Changing Arctic: A Review for the Sustaining Arctic Observing Networks. Rapport final sur le projet Sustaining Arctic Observing Networks. Ottawa (Ontario) : Conseil circumpolaire inuit.

15 Parlee (2018).

16 Parlee (2018).

17 Groupe des Premières Nations (2022). « Boîte à outils pour la surveillance autochtone du climat » <https://surveillanceautochtoneclimat.ca/>

Voici les points à prendre en compte dans la conservation des savoirs traditionnels sur le climat :

- **Respecter les protocoles de stockage des savoirs autochtones.** Tous les lieux et méthodes de stockage doivent être approuvés par la collectivité. Cette dernière peut souhaiter stocker les données dans ses propres locaux, sous forme de documents physiques ou sur des serveurs privés. Les données peuvent également être stockées auprès d'un tiers, comme un réseau de surveillance régional ou un partenaire du gouvernement provincial ou fédéral.
- **Déterminer qui pourra accéder aux données stockées.** Établissez des protocoles pour régir les autorisations d'accès aux données. Envisagez de désigner un responsable des données au sein de la collectivité ou du groupe pour superviser l'accès aux données et répondre aux demandes d'information.
- **Déterminer comment les données stockées seront protégées.** Il peut être nécessaire de mettre en place des mots de passe, des systèmes de cryptage et d'autres mesures pour garantir la protection des savoirs autochtones.

Choix d'une plateforme pour la conservation des savoirs traditionnels sur le climat

La gestion des données est essentielle aux projets de surveillance communautaire du climat. Idéalement, il faut stocker les données de manière à garantir leur protection et leur stockage sécurisé tout en les rendant accessibles à la collectivité.

Voici les éléments à prendre en compte lors de l'évaluation d'une plateforme de conservation des savoirs traditionnels sur le climat :

- **Quelle est sa capacité de stockage?** La plateforme offre-t-elle une capacité suffisante pour gérer la quantité de données qui seront recueillies?
- **Quels types de données peuvent être stockés?** La plateforme peut-elle stocker différents types de données (données spatiales, données sur l'utilisation des terres communautaires)?
- **Quelles sont les fonctions d'analyse offertes?** La plateforme dispose-t-elle d'outils intégrés pour chercher, analyser ou interpréter les données?
- **Dispose-t-elle de fonctions de visualisation des données?** Existe-t-il des moyens de visualiser les données au sein de la plateforme, comme des graphiques, des cartes ou des nuages de mots?

- **Où les données sont-elles stockées?** Les données peuvent-elles être stockées sur le serveur de la collectivité ou uniquement par un tiers?
- **Dans quelle mesure est-elle accessible?** Le programme est-il uniquement accessible au personnel de la collectivité ou pouvez-vous contrôler l'accès pour différents utilisateurs?
- **Est-elle compatible avec d'autres plateformes?** Les données stockées peuvent-elles être exportées et transférées vers d'autres plateformes? Des données provenant d'autres sources peuvent-elles être introduites?
- **Est-elle compatible avec différents appareils électroniques?** La plateforme est-elle uniquement accessible sur un ordinateur de bureau ou peut-elle être consultée sur d'autres appareils comme les ordinateurs portatifs, les tablettes et les téléphones mobiles?
- **Est-elle sécurisée?**
- **Est-elle facile à utiliser?**

CONSIDÉRATIONS RELATIVES AU PARTAGE DES SAVOIRS AUTOCHTONES DANS LE CADRE DE PROJETS COMMUNAUTAIRES DE CONNAISSANCES SUR LE CLIMAT

La diffusion des savoirs autochtones sur les changements climatiques ou environnementaux est l'un des principaux objectifs de tout projet de surveillance. Elle garantit que les informations éclairent la prise de décisions au profit de la collectivité. Diffuser les savoirs dans la collectivité, c'est les communiquer au chef et au conseil, aux dirigeants, aux détenteurs de connaissances et aux membres de la collectivité.

Les collectivités peuvent utiliser une combinaison de méthodes pour diffuser les savoirs et les informations. Voici quelques exemples de méthodes :

- Présentations au chef et au conseil ou aux dirigeants de la collectivité;
- Réunions communautaires;
- Journées portes ouvertes;
- Bulletin communautaire;
- Publications sur les réseaux sociaux;
- Autres forums communautaires.

Consultez ces autres ressources importantes

[Mobilizing Indigenous Knowledge in Resource Management Settings: A Practical Guide](#)

[Boîte à outils pour la surveillance autochtone du climat](#)

[Document d'orientation sur les protocoles relatifs aux savoirs communautaires \(PSC\) et les ententes de partage de données \(EPD\)](#)

Les savoirs autochtones sur les changements climatiques ou environnementaux peuvent également être diffusés en dehors de la collectivité si cela est approprié ou souhaité par cette dernière. Cela se fait le plus souvent lorsque les savoirs et les informations peuvent influencer les décisions prises en dehors de la collectivité. Toutefois, des antécédents d'appropriation ou d'utilisation abusive des savoirs autochtones par des chercheurs externes et des gouvernements peuvent inciter certaines collectivités à renoncer au partage de leurs savoirs, craignant que cela les rende moins aptes à les protéger par la suite. Si votre collectivité a fait appel à un partenaire externe pour soutenir son travail, vous pouvez vous appuyer sur des protocoles, des directives et des accords de partage des données pour garder le contrôle sur les connaissances partagées.

Avant de collecter des données de surveillance, il convient de répondre à quatre questions clés :

- À qui appartiennent les données?
- Qui les contrôle?
- Qui y a accès?
- Qui les détient¹⁸?

Ces questions sont particulièrement importantes si votre collectivité a fait appel à un partenaire externe pour l'aider dans ses efforts de surveillance.

- **Élaborer des protocoles de partage des données au sein de la collectivité.** Si la collectivité a demandé l'aide d'un partenaire externe dans le cadre du projet de surveillance, assurez-vous qu'il est au courant des protocoles de partage des données. Si la collectivité n'a pas encore de protocoles de partage des données, réfléchissez à la nécessité d'en élaborer (au sein même de la collectivité). Si des protocoles de partage locaux existent, déterminez comment la nature, le rôle et la fonctionnalité de ces protocoles pourraient soutenir le travail de surveillance du climat. La Première Nation Łutsel K'e Dene, en partenariat avec Trailmark Systems, propose divers modèles utiles pour le partage des connaissances. Ces documents modifiables sont destinés à guider les collectivités autochtones dans l'élaboration de documents juridiques qui reflètent leurs lois et principes en matière de partage des connaissances.
- **Déterminer qui possède les données et qui peut y accéder.** Les protocoles d'utilisation et de propriété des savoirs autochtones varient selon les collectivités. Une collectivité peut avoir établi des principes ou des directives régissant l'utilisation et le partage de ses données, ou cela peut varier au cas par cas. De nombreuses collectivités des Premières Nations appliquent les principes de propriété, de contrôle, d'accès et de possession (PCAP) élaborés par le Centre de gouvernance de l'information des Premières Nations de l'Ontario¹⁹. Ces principes préconisent l'inclusion des peuples autochtones dans les recherches portant sur leurs savoirs et leurs données. Les partenaires extérieurs qui aident une collectivité dans la réalisation d'un projet de surveillance du climat doivent en être informés.

¹⁸ Parlee (2018).

¹⁹ Centre de gouvernance de l'information des Premières Nations (2022). « Les principes PCAP des Premières Nations ». <https://fnigc.ca/fr/les-principes-de-pcap-des-premieres-nations/>

- **Tenir compte de l'importance et de la sensibilité des informations ou des documents partagés.** Des mesures appropriées doivent être prises pour protéger les connaissances culturellement sensibles et sacrées, en particulier lorsque ces connaissances sont échangées en personne. Pour y arriver, on peut désigner une organisation régionale qui agira en tant que gestionnaire chargé de conserver les données tout en permettant aux autorités locales de contrôler qui peut y accéder et dans quel but²⁰. Il peut s'agir de restreindre l'accès au matériel de recherche pendant une période convenue ou simplement de protéger la confidentialité de certaines données²¹.
- **Rencontrer les détenteurs de connaissances pour partager les résultats.** Avant de diffuser largement les connaissances dans la collectivité, vérifiez si les informations ont été interprétées correctement et s'il est approprié de les diffuser au sein de la collectivité, à des partenaires de surveillance, à des consultants tiers ou au public. Individuellement ou en groupe, les participants doivent avoir le temps de revoir les informations qu'ils ont fournies et de discuter de l'interprétation des résultats. Cela permet de garantir une représentation fidèle de l'expérience des participants.
- **Renforcer les capacités de stockage, de gestion et d'accès à vos propres données.** Un investissement dans l'infrastructure technique ou une formation aux méthodes de recherche et à la gestion des données peuvent permettre aux collectivités de s'approprier les données à long terme et de maintenir leur souveraineté en la matière²². Pour compenser les coûts élevés de ces technologies et logiciels de données, il peut être utile de faire appel à un développeur ou à un gestionnaire tiers pour répartir les coûts entre plusieurs utilisateurs au sein de votre région²³.

ENTENTES DE PARTAGE DE DONNÉES

Les principes suivants concernant les ententes de partage de données sont particulièrement importants si un partenaire externe contribue à la surveillance climatique d'une collectivité.

Le partage des données peut impliquer la consignation, l'échange, la collecte et la communication des savoirs autochtones. Toutes les activités de partage de données doivent être menées en partant du principe que la collectivité est propriétaire de ses savoirs et que leur communication peut nécessiter une entente de partage de données.

Les ententes de partage de données sont essentielles pour garantir le respect d'une norme éthique afin d'assurer la propriété et l'accès des Autochtones aux savoirs traditionnels. Les ententes de partage de données doivent :

- **Décrire le projet et les données recueillies.** Les participants doivent être conscients du but, des objectifs et de l'intention qui sous-tendent la recherche et le partage des données. Les résultats escomptés et les répercussions doivent être abordés. Il est également important de décrire les types d'informations recueillies et la manière dont elles seront incluses.
- **Indiquer comment les données seront consultées et utilisées.** Précisez comment et quand les données seront accessibles, comment ces autorisations seront accordées, qui pourra accéder aux données et dans quel but, et comment les mesures de confidentialité seront respectées.
- **Définir des paramètres pour le stockage, la conservation et la destruction des données.** Les ententes doivent décrire la manière dont les données seront gérées, les délais et les plans de stockage des données à long terme, les risques associés et les procédures de sécurité (p. ex., la manière dont les données seront sauvegardées).

20 Instituts de recherche en santé du Canada, Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada et Conseil de recherches en sciences humaines. (2018). Énoncé de politique des trois conseils : Éthique de la recherche avec des êtres humains. Secrétariat sur la conduite responsable de la recherche.

21 Centre de recherche du Yukon. (2013). Protocols and Principles for Conducting Research with Yukon First Nations. Centre de recherche du Yukon, Collège du Yukon, Whitehorse (Yukon).

22 Première Nation Łutsel K'e Dene (LKDFN) et Trailmark Systems. (2022). Mobilizing Indigenous Knowledge in Resource Management Settings: A Practical Guide.

23 Johnson, N., Behe, C., Danielsen, F., Kruemmel, E., Nickels, S. et Pulsifer, P. (2016). Community-Based Monitoring and Indigenous Knowledge in a Changing Arctic: A Review for the Sustaining Arctic Observing Networks. Rapport final sur le projet Sustaining Arctic Observing Networks. Ottawa (Ontario) : Conseil circumpolaire inuit.

- **Protéger la propriété collective et les droits de propriété intellectuelle.** Une entente n'est qu'une licence permettant de *diffuser* les savoirs d'une collectivité, en accordant l'accès aux données et leur gestion. Les ententes doivent protéger les droits intellectuels de chaque collectivité tout en gardant à l'esprit que le fait de traiter les savoirs comme une « propriété » plutôt que comme un don à partager peut poser des problèmes entre les détenteurs de connaissances et les gestionnaires de données en position de confiance²⁴.
- **Réévaluer périodiquement les ententes de partage et tenir les protocoles à jour.** Les ententes doivent être revues périodiquement, en particulier lorsque de nouvelles demandes surviennent à l'improviste ou n'ont pas fait l'objet d'une discussion approfondie lors de la phase de conception du projet²⁵.

STRATÉGIES DE PARTAGE DES DONNÉES ET DES RÉSULTATS DE LA SURVEILLANCE

Malgré la difficulté de garder le contrôle sur leurs données, les collectivités autochtones peuvent tirer profit de la comparaison et de la compilation de données pour éclairer la prise de décision aux niveaux local, régional et national²⁶. Créer des occasions de célébrer et de partager les savoirs traditionnels avec un large public peut être une preuve de respect pour les savoirs recueillis²⁷.

Voici des stratégies de partage des données :

- L'utilisation de réseaux, généralement axés sur la mise en commun d'expériences, de ressources et de préoccupations;
- La mise en commun de connaissances;
- Le partage coopératif des connaissances;
- L'utilisation des centres de données en libre accès;

- L'utilisation de portails Web ou de listes de distribution;
- Les échanges en personne (travail sur le terrain, ateliers, groupes de travail);
- La coordination ou le partage des sources de financement.

Voici quelques moyens d'élaborer une stratégie de partage des résultats de la surveillance :

- **Développer des méthodes normalisées de collecte de données.** Les réseaux de surveillance régionaux (p. ex., Tracking Change) peuvent normaliser certains aspects de la collecte de données tout en continuant à donner la priorité aux besoins et aux objectifs de la collectivité. Cela implique souvent que les programmes communautaires s'engagent à intégrer certains objectifs de surveillance non locaux dans leurs programmes²⁸.
- **Participer aux réseaux régionaux de surveillance et de partage des données.** Les programmes nationaux de surveillance de l'environnement (p. ex., [Mackenzie DataStream](#), [RCBA](#), [Indigenous Climate Hub](#) et [CoCoRaHS](#)) peuvent élaborer des systèmes qui permettent une communication étendue entre les programmes de surveillance communautaires afin d'identifier et de distribuer les informations pertinentes²⁹.
- **Améliorer l'accessibilité des données pour les partenaires de surveillance.** Par exemple, le Mackenzie DataStream est librement accessible aux collectivités, aux chercheurs et au gouvernement. Aucun mot de passe n'est nécessaire pour accéder aux données et il n'y a pas de restrictions sur le téléchargement de données, ce qui facilite la collaboration et le partage des connaissances.

24 Parlee (2018).

25 Johnson et coll. (2016).

26 Johnson et coll. (2016).


27 Parlee (2018).

28 Johnson et coll. (2016).

29 Johnson et coll. (2016).

Références

- Centre de gouvernance de l'information des Premières Nations (2022). « Les principes de PCAP des Premières Nations ». <https://fnigc.ca/fr/les-principes-de-pcap-des-premieres-nations/>
- Centre de recherche du Yukon (2013). *Protocols and Principles for Conducting Research with Yukon First Nations*. Centre de recherche du Yukon, Collège du Yukon, Whitehorse (Yukon).
- Chapin, M., Lamb, Z., et Threlkeld, B. (2005). « Mapping Indigenous Lands ». *Annual Review of Anthropology*, (34), p. 619-638.
- Detas'eetsa : Tłı̨cẖ Research and Training Institute (2017). *We Watch Everything: A Methodology for Boots-on-the Ground Caribou Monitoring*. Behchoḵ, NT.
- Fiella, A. et Fairbrother, A. (2019). *2018-19 NCA Community Based Climate Monitoring Initiative (CBCMI) – Phase 1 (Engagements) Report*. Préparé pour Relations Couronne-Autochtones et Affaires du Nord Canada.
- Gouvernement du Canada, ministère de la Justice (2018). Principes régissant la relation du Gouvernement du Canada avec les peuples autochtones. justice.gc.ca/fra/sjc-csj/principes-principles.html
- Groupe des Premières Nations (2022). « Boîte à outils pour la surveillance autochtone du climat ». <https://surveillanceautochtoneduclimat.ca/>
- Hopkins, D., Joly, T. L., Sykes, H., Waniandy, A., Grant, J., Gallagher, L., Hansen, L., Wall, K., Fortna, P. et Bailey, M. (2019). « “Learning Together”: Braiding Indigenous and Western Knowledge Systems to Understand Freshwater Mussel Health in the Lower Athabasca Region of Alberta, Canada ». *Journal of Ethnobiology*, 39(2), p. 315-336.
- Instituts de recherche en santé du Canada, Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada et Conseil de recherches en sciences humaines (2018). *Énoncé de politique des trois conseils : Éthique de la recherche avec des êtres humains*. Secrétariat sur la conduite responsable de la recherche.
- Johnson, N., Behe, C., Danielsen, F., Krueemmel, E., Nickels, S. et Pulsifer, P. (2016). *Community-Based Monitoring and Indigenous Knowledge in a Changing Arctic: A Review for the Sustaining Arctic Observing Networks*. Rapport final sur le projet Sustaining Arctic Observing Networks. Ottawa (Ontario) : Conseil circumpolaire inuit.
- Mi'kmaw Spirit (2016). « Mi'kmaw Spirituality – Talking Circles ». muiskw.org/pgCulture2c.htm#:~:text=The%20sharing%20circle%20is%20also,kinship%20in%20those%20who%20participate
- Parlee (2018, p. 15). Parlee, B. (2018). *A Best Practices Guide : Indigenous Knowledge and Citizen Science – Lessons for Indigenous Community-Based Climate Change Monitoring in Canada*. Relations Couronne-Autochtones et Affaires du Nord Canada, Ottawa, Canada.
- Première Nation Łutsel K'e Dene et Trailmark Systems (2022). *Mobilizing Indigenous Knowledge in Resource Management Settings: A Practical Guide*.
- Reidlinger, D. et Berkes, F. (2001). « Contributions of Traditional Knowledge to Understanding Climate Change in the Canadian Arctic ». *Polar Record*, 37(203), p. 315-328.
- Steneke, S., Parlee, B. et Seixas, C. (2020). « Culturally Driven Monitoring: The Importance of Traditional Ecological Knowledge Indicators in Understanding Aquatic Ecosystem Change in the Northwest Territories' Dehcho Region ». *Sustainability*.
- Tobias, T. N. (2000). « Chapter 3: Map Biographies and Composites » in *Chief Kerry's Moose: A Guidebook to Land Use and Occupancy Mapping, Research Design and Data Collection*. Union of British Columbia Indian Chiefs.

A photograph of a moose with large, dark brown antlers, standing in a forest. The moose is facing left, and its body is dark brown. The background is a dense forest of green trees. In the foreground, there are some bushes with yellow and orange leaves. A yellow decorative shape is visible in the top left corner.

Annexe : Indicateurs pour la surveillance des variables climatiques physiques

Indicateurs atmosphériques

PRESSION ATMOSPHÉRIQUE (BAROMÉTRIQUE)

Définition

La pression atmosphérique (ou pression d'air) représente le poids de l'air qui pèse sur la Terre. L'atmosphère (atm) est une unité de mesure équivalente à la pression d'air moyenne au niveau de la mer à une température de 15 °C (59 °F). Plus l'altitude est élevée, plus la valeur diminue, car l'air devient moins dense et exerce moins de pression. Inversement, plus on perd de l'altitude, plus la densité de l'air augmente, et avec elle la pression. Une basse pression atmosphérique traduit un mouvement ascendant de l'air, et une haute pression atmosphérique, un mouvement descendant. On mesure généralement la pression atmosphérique en pouces de mercure ou en millibars (1 pouce de mercure équivaut à environ 33,9 millibars).

Pourquoi mesurer la pression atmosphérique?

La pression atmosphérique a des effets importants sur la chimie de l'eau et les conditions météorologiques; une haute pression apporte soleil, ciel dégagé et temps clémente, et une pression plus basse, pluie et nuages.

Dispositifs de surveillance

Nom de l'instrument	Description	Renseignements sur la mesure	Enregistrement des données	Matériel nécessaire et exigences d'installation	Coût approximatif
Baromètre capacitif	Deux plaques conductrices parallèles très proches l'une de l'autre. L'une sert de diaphragme, se déplaçant selon la pression atmosphérique et changeant ainsi la capacitance du circuit. Le changement de capacitance est ensuite affiché comme un changement dans la pression atmosphérique.	Technique de mesure : Manuelle ou automatisée Précision approximative : 0,02 % Fréquence de mesure : Selon les besoins (jusqu'à plus d'une fois par seconde)	Manuel : Température consignée sur papier sur le terrain et numérisée plus tard Automatisé : Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Trépied de montage Quincaillerie de montage Installation complexe, formation légère requise	2 500 \$

Considérations pour la surveillance

Emplacement :

- Le dispositif ne devrait pas être exposé à la lumière directe du soleil; les changements de température influent sur les données.

Entretien :

- Le dispositif et particulièrement la prise de pression doivent être propres et dégagés en tout temps.
- La hauteur de l'instrument de mesure et du matériel de montage doit être vérifiée régulièrement.
- Le dispositif doit être étalonné régulièrement.
- L'agent dessiccateur qui garde les composants internes au sec doit être vérifié et remplacé régulièrement.

HUMIDITÉ

Définition

L'humidité (vapeur d'eau) correspond à la quantité de vapeur d'eau dans l'air. Elle indique la probabilité de précipitations, de rosée ou de brouillard et dépend de la température et de la pression atmosphériques. On consigne généralement l'humidité relative (HR), soit la quantité réelle de vapeur d'eau dans l'air par rapport au total hypothétique possible pour une température donnée. L'humidité relative s'écrit habituellement sous forme de pourcentage.

Pourquoi mesurer l'humidité?

Avec la température et le vent, la vapeur d'eau près de la surface de la Terre influence le mouvement de l'humidité ainsi que les cycles énergétiques et hydrologiques. L'humidité de l'air joue sur le confort et la santé des humains, du bétail et de la faune, sur l'essaimage des insectes et sur la propagation des maladies des végétaux.

Dispositifs de surveillance

Nom de l'instrument	Description	Renseignements sur la mesure	Enregistrement des données	Matériel nécessaire et exigences d'installation	Coût approximatif
Psychromètre	Deux thermomètres étalonnés, ou bulbes : un sec et l'autre qu'on humidifie en humectant un manchon ou une mèche d'eau distillée. La température est prise par les deux bulbes, puis l'humidité relative est calculée à partir de ces données, numériquement ou à l'aide d'un diagramme psychrométrique.	Technique de mesure : Manuelle Précision approximative : $\pm 3\%$ HR; $\pm 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ Fréquence de mesure : Selon les besoins	Températures du bulbe sec et du bulbe humide (sur un psychromètre analogique) ou humidité relative (sur un psychromètre numérique) consignées sur papier sur le terrain et numérisées plus tard Présentation des données : Tableau	Quincaillerie de montage Installation simple, aucune formation particulière requise	100 \$
Hygromètre capacitif	Mince bande de matière non conductrice serrée entre deux plaques de métal. L'humidité change la capacitance de la bande, qui est mesurée par la tension de sortie. La mesure peut être affichée sur un cadran analogique ou être convertie en mesure numérique de la quantité de vapeur d'eau dans l'air.	Technique de mesure : Automatisée Précision approximative : $\pm 2\%$ HR Fréquence de mesure : Selon les besoins (jusqu'à plus d'une fois par seconde)	Automatisé : Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Trépied de montage Quincaillerie de montage Installation complexe, formation légère requise	1 500 \$
Hygromètre résistif	Mince bande de matière conductrice serrée entre deux plaques de métal. L'humidité change la résistance électrique de la bande, qui est mesurée par la tension de sortie. La mesure peut être affichée sur un cadran analogique ou être convertie en mesure numérique de la quantité de vapeur d'eau dans l'air.	Technique de mesure : Automatisée Précision approximative : $\pm 3\%$ HR Fréquence de mesure : Selon les besoins (jusqu'à plus d'une fois par seconde)	Automatisé : Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Trépied de montage Quincaillerie de montage Installation complexe, formation légère requise	1 500 \$

CONSIDÉRATIONS POUR LA SURVEILLANCE

Emplacement :

- Les mesures de l'humidité devraient refléter les conditions globales du site; le dispositif devrait être placé à au moins 15 mètres de tout arbre ou plan d'eau.
- Le dispositif devrait être installé et monté dans un espace couvert, à l'abri des précipitations.

Entretien :

- La terre et les saletés s'accumulant sur le capteur doivent être retirées. Il en va de même pour la neige et la glace en hiver.
- L'agent dessiccateur qui garde les composants internes au sec doit être vérifié et remplacé régulièrement.
- Il est recommandé d'étalonner l'instrument tous les deux ans pour assurer l'exactitude des données.

RAYONNEMENT DE GRANDES LONGUEURS D'ONDE

Définition

Le rayonnement de grandes longueurs d'onde est une énergie de rayonnement émise par la Terre. On le mesure généralement en watts par mètre carré (W/m²).

Pourquoi mesurer le rayonnement de grandes longueurs d'onde?

Le rayonnement de grandes longueurs d'onde est un outil pour mesurer la sensibilité du climat.

Dispositifs de surveillance

Nom de l'instrument	Description	Renseignements sur la mesure	Enregistrement des données	Matériel nécessaire et exigences d'installation	Coût approximatif
Pyrgéomètre	Le dispositif mesure les changements de résistance et de tension d'une matière sensible au transfert d'énergie net par rayonnement entre lui et son environnement. Il mesure aussi sa propre température et à partir d'hypothèses sur la nature de son environnement, il déduit la température de l'atmosphère locale avec laquelle il échange le rayonnement.	Technique de mesure : Manuelle ou automatisée Précision approximative : ±5 % Fréquence de mesure : Selon les besoins (jusqu'à plus d'une fois par seconde)	Manuel : Mesure consignée sur papier sur le terrain et numérisée plus tard Automatisé : Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Plateforme de montage Quincaillerie de montage Installation complexe, formation légère requise	1 000 \$

Considérations pour la surveillance

Emplacement :

- Le dispositif devrait être installé à une hauteur de 3 mètres pour prévenir la contamination par des saletés. Les capteurs doivent avoir un champ de vue libre (non obstrué).

Entretien :

- Le boîtier des lentilles ou des capteurs doit être nettoyé régulièrement de toute poussière, terre ou saleté.
- Les vis et la quincaillerie de montage doivent être vérifiées périodiquement.
- L'agent dessiccant qui garde les composants internes au sec doit être vérifié et remplacé régulièrement.
- Il est recommandé d'étalonner l'instrument tous les deux ans pour assurer l'exactitude des données.

PRÉCIPITATIONS (LIQUIDES ET SOLIDES)

Définition

On parle de précipitations lorsque de l'eau s'abat sur la surface de la Terre, sous une forme ou une autre (pluie, pluie verglaçante, grésil, neige, grêle, etc.). Les précipitations sont le résultat de la formation de nuages par la vapeur d'eau, qui retombe au sol lorsque les gouttelettes deviennent assez lourdes. Les précipitations liquides sont généralement appelées *pluie* ou *bruine*, et les précipitations solides, *neige* ou *grêle*. Les précipitations liquides sont normalement mesurées en millimètres cumulatifs, tandis que les précipitations solides sont mesurées en millimètres cumulatifs d'équivalent liquide. Le cumul se fait sur une période donnée, par exemple une journée (millimètres par jour).

Pourquoi mesurer les précipitations?

La mesure des précipitations est cruciale pour surveiller le niveau de l'eau dans les lacs et les réservoirs, pour anticiper les sécheresses et les inondations, pour déterminer l'offre et la demande d'eau à long terme et pour évaluer la qualité de l'eau.

Dispositifs de surveillance

Nom de l'instrument	Description	Renseignements sur la mesure	Enregistrement des données	Matériel nécessaire et exigences d'installation	Coût approximatif
Pluviomètre manuel	<p>Tube d'acrylique ou de verre simple fermé à un bout et gradué en unités métriques ou impériales pour quantifier le liquide. Le dispositif doit être vidé manuellement après chaque événement météorologique pour une mesure correcte.</p> <p>On mesure la profondeur d'eau qui atteint le sol, généralement en pouces ou en millimètres (25 mm = 1 po).</p>	<p>Technique de mesure : Manuelle</p> <p>Précision approximative : ± 2 %</p> <p>Fréquence de mesure : Une fois par jour</p> <p>Type de précipitations mesurées : Liquides</p>	<p>Prise de la mesure tous les matins, entre 5 h et 9 h, idéalement toujours à la même heure</p> <p>Mesure consignée sur papier sur le terrain et numérisée plus tard</p> <p>Présentation des données : Tableau</p>	<p>Quincaillerie de montage</p> <p>Installation simple, aucune formation particulière requise</p>	50 \$
Pluviomètre à auget basculeur	<p>Entonnoir de collecte doté d'un filtre à feuilles en acier inoxydable, d'un mécanisme de contrôle de l'écoulement intégré, d'un boîtier extérieur aux fixations à déclenchement rapide et d'une base contenant l'auget basculeur. L'auget bascule après avoir accumulé 0,2 mm, 0,5 mm ou 1 mm de précipitations. Chaque basculement active un commutateur à lames, détecté par un enregistreur de données ou un système de télémétrie.</p>	<p>Technique de mesure : Automatisée</p> <p>Précision approximative : ± 2 %</p> <p>Fréquence de mesure : Selon les besoins (0,2 mm à 1 mm)</p> <p>Type de précipitations mesurées : Liquides</p>	<p>Automatisé : Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données</p> <p>Présentation des données : Tableau</p>	<p>Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique</p> <p>Trépied de montage</p> <p>Quincaillerie de montage</p> <p>Installation complexe, formation légère requise</p>	500 \$ à 1 000 \$

Nom de l'instrument	Description	Renseignements sur la mesure	Enregistrement des données	Matériel nécessaire et exigences d'installation	Coût approximatif
Pluviographe à pesée quatre saisons	Bac à pesée mesurant la masse des précipitations. La mesure peut se faire à l'aide d'un crayon sur une cuve tournante, ou d'un fil métallique vibrant relié à un enregistreur de données. Ce dispositif est plus efficace que l'auget basculeur, car il ne sous-estime pas les précipitations intenses et permet de mesurer les précipitations non liquides comme la grêle et la neige. Toutefois, il coûte plus cher et requiert plus d'entretien.	<p>Technique de mesure : Automatisée</p> <p>Précision approximative : $\pm 0,1$ %</p> <p>Fréquence de mesure : Selon les besoins</p> <p>Type de précipitations mesurées : Liquides et solides</p> <p>Le dispositif peut être doté de capteurs de la qualité de l'eau (p. ex. la concentration de gaz à effet de serre).</p>	<p>Automatisé : Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données</p> <p>Présentation des données : Tableau</p>	<p>Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique</p> <p>Trépied de montage</p> <p>Quincaillerie de montage</p> <p>Installation complexe, formation légère requise</p>	5 000 \$
Disdromètre	Le type et l'intensité des précipitations sont estimés selon un principe optique, à l'aide d'un faisceau laser (786 nanomètres) diffusé par les particules qui tombent (p. ex. les gouttes de pluie). La force et la durée de la diffusion indiquent le diamètre et la vitesse des particules, permettant d'estimer le type de précipitations.	<p>Technique de mesure : Automatisée</p> <p>Précision approximative : ± 5 % (précipitations liquides); ± 20 % (précipitations solides)</p> <p>Fréquence de mesure : Selon les besoins</p> <p>Type de précipitations mesurées : Liquides et solides</p>	<p>Automatisé : Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données</p> <p>Présentation des données : Tableau</p>	<p>Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique</p> <p>Trépied de montage</p> <p>Quincaillerie de montage</p> <p>Installation complexe, formation légère requise</p>	10 000 \$

Considérations pour la surveillance

Emplacement :

- Le dispositif devrait être installé dans un espace ouvert, à l'écart de la végétation et des constructions qui pourraient bloquer les précipitations. On recommande de le placer à une distance équivalente à au moins deux fois la hauteur de l'obstruction la plus proche.

Le dispositif devrait être placé loin de toute source de précipitations artificielles susceptibles d'influencer la mesure, comme les arroseurs. Installation :

- Le dispositif devrait être placé au moins à 0,6 à 1,5 mètre (2 à 5 pieds) du sol, sur le côté d'un poteau. Le haut du cylindre devrait dépasser le bout du poteau d'au moins 0,15 mètre pour éviter les éclaboussures.
- Le haut du pluviomètre devrait être parfaitement horizontal.

Entretien :

- Les pluviomètres manuels, les augets basculeurs et les pluviographes à pesée doivent être vérifiés périodiquement et être débarrassés des saletés, insectes, nids d'oiseaux, etc.
- Rien ne doit obstruer la sortie d'eau des dispositifs à déversement automatique.

- Le dispositif doit être épousseté à l'aide d'un linge doux et humide. Si possible, les augets et les entonnoirs devraient être nettoyés délicatement à l'aide d'eau et de détergent liquide doux, puis rincés à grande eau.
- Le dispositif doit être mis à niveau avant et après le montage.
- L'agent dessiccateur qui garde les composants internes au sec doit être vérifié et remplacé régulièrement.

RAYONNEMENT DE COURTES LONGUEURS D'ONDE

Définition

Le rayonnement de courtes longueurs d'onde est une énergie de rayonnement produite par le Soleil. Il comprend les longueurs d'onde des spectres visible, ultraviolet proche et infrarouge proche. Chaque longueur d'onde a un effet différent sur l'environnement. La quantité et l'intensité des rayonnements reçus par un site ou une étendue d'eau dépendent de plusieurs facteurs, comme la latitude, la saison, le moment de la journée, la couverture nuageuse et l'altitude. On mesure généralement le rayonnement de courtes longueurs d'onde en watts par mètre carré (W/m^2).

Pourquoi mesurer le rayonnement de courtes longueurs d'onde?

Le rayonnement de courtes longueurs d'onde fournit lumière et chaleur et permet la photosynthèse. Il est donc essentiel au métabolisme de l'environnement et de ses habitants. Il est aussi crucial pour le calcul des taux d'évapotranspiration, du bilan énergétique et du rayonnement net.

Dispositifs de surveillance

Nom de l'instrument	Description	Renseignements sur la mesure	Enregistrement des données	Matériel nécessaire et exigences d'installation	Coût approximatif
Pyranomètre à cellule au silicium	Processus similaire à la conversion d'énergie en électricité dans un panneau solaire. Lorsque le courant traverse une résistance shunt, il est converti en une tension que le dispositif affiche en W/m^2 .	Technique de mesure : Manuelle ou automatisée Précision approximative : Manuel : $\pm 3\%$ à $\pm 10\%$ Fréquence de mesure : Selon les besoins (jusqu'à plus d'une fois par seconde)	Manuel : Mesure consignée sur papier sur le terrain et numérisée plus tard Automatisé : Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Plateforme de montage Quincaillerie de montage Installation complexe, formation légère requise	250 \$
Pyranomètre à thermopile	Série de thermocouples qui renvoient un signal proportionnel à la différence de température entre une surface d'absorption noire et un point de référence. Ce point de référence peut être une surface réfléchissante blanche ou un composant interne de la base du capteur. La surface noire absorbe le rayonnement uniformément sur tout le spectre solaire.	Technique de mesure : Manuelle ou automatisée Précision approximative : $\pm 3\%$ Fréquence de mesure : Selon les besoins (jusqu'à plus d'une fois par seconde)	Manuel : Mesure consignée sur papier sur le terrain et numérisée plus tard Automatisé : Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Plateforme de montage Quincaillerie de montage Installation complexe, formation légère requise	500 \$

Considérations pour la surveillance

Emplacement :

- Les capteurs devraient être installés à une hauteur de 3 mètres (10 pieds), ou à une hauteur permettant d'éviter le rayonnement venant de surfaces réfléchissantes (bâtiments, routes, végétation, etc.) et l'ombre produite par diverses obstructions.

Installation :

- Le dispositif devrait être positionné de façon à recevoir le plus de rayonnement solaire possible tout au long de l'année. L'angle exact dépend de l'emplacement.

Entretien :

- Le boîtier des lentilles ou des capteurs doit être nettoyé régulièrement de toute poussière, terre ou saleté.
- L'agent dessiccateur qui garde les composants internes au sec doit être vérifié et remplacé régulièrement.
- Il est recommandé d'étalonner l'instrument tous les deux ans pour assurer l'exactitude des données.

TEMPÉRATURE DE L'AIR EN SURFACE

Définition

La température de l'air en surface est la température de l'air à proximité de la surface de la Terre. On la mesure généralement 2 mètres au-dessus du sol, en degrés Celsius.

Pourquoi mesurer la température de l'air?

La température de l'air joue sur la croissance et la reproduction des plantes et des animaux; les températures chaudes favorisent la croissance biologique. La température de l'air influe également sur presque toutes les variables climatiques observées, y compris l'humidité relative, la vitesse d'évaporation, la vitesse et la direction du vent, et les régimes et types des précipitations.

Dispositifs de surveillance

Nom de l'instrument	Description	Renseignements sur la mesure	Enregistrement des données	Matériel nécessaire et exigences d'installation	Coût approximatif
Thermomètre à mercure ou alcool	Tube de verre rempli de mercure ou d'alcool, gradué selon une échelle de température standard. Lorsque la température change, le liquide prend de l'expansion ou se contracte, changeant la mesure lue sur l'échelle.	Technique de mesure : Manuelle Précision approximative : $\pm 1^\circ\text{C}$ à 2°C Fréquence de mesure : Selon les besoins	Température consignée sur papier sur le terrain et numérisée plus tard Présentation des données : Tableau	Quincaillerie de montage Installation simple, aucune formation particulière requise	50 \$ à 250 \$

Nom de l'instrument	Description	Renseignements sur la mesure	Enregistrement des données	Matériel nécessaire et exigences d'installation	Coût approximatif
Thermocouple	Deux fils métalliques reliés en une jonction, dont la variation de température produit une faible tension. Cette tension s'affiche comme une température.	Technique de mesure : Manuelle ou automatisée Précision approximative : $\pm 0,5$ °C Fréquence de mesure : Selon les besoins (de plus d'une fois par seconde à une fois par jour)	Manuel : Température consignée sur papier sur le terrain et numérisée plus tard Automatisé : Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Trépied de montage Quincaillerie de montage Installation complexe, formation légère requise	50 \$ à 100 \$
Capteur de température à résistance	Fils enroulés ou serpentins à couches minces en métal pur (souvent du platine) dont la résistance change avec la température. Un appareil électronique externe mesure la résistance du capteur en y faisant passer un léger courant électrique afin de produire une tension. La relation entre la résistance et la température est bien connue et reproductible.	Technique de mesure : Automatisée Précision approximative : $\pm 0,05$ °C Fréquence de mesure : Selon les besoins (de plus d'une fois par seconde à une fois par jour)	Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Trépied de montage Quincaillerie de montage Installation complexe, formation légère requise	500 \$
Thermistance	Matériaux semi-conducteurs comprimés dans une petite boule ou un petit disque recouvert d'époxy ou de verre. Comme avec les capteurs de température à résistance, un courant électrique est envoyé dans la thermistance pour produire une tension et en déterminer la température.	Technique de mesure : Automatisée Précision approximative : $\pm 0,05$ °C Fréquence de mesure : Selon les besoins (jusqu'à plus d'une fois par seconde)	Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Trépied de montage Quincaillerie de montage Installation complexe, formation légère requise	100 \$ à 1 000 \$

Considérations pour la surveillance

Emplacement :

- Le dispositif devrait être installé à une hauteur de 1,2 à 1,8 mètre pour éviter que les résultats soient faussés par la température ambiante du sol.
- Le dispositif devrait être placé à une distance équivalente à environ quatre fois la hauteur du bâtiment le plus proche.
- Le dispositif ne devrait pas être exposé à la lumière directe du soleil et devrait être suffisamment ventilé.

Installation :

- La mesure de la température est très sensible à l'exposition, et sa précision est diminuée par les plantes, la couverture végétale, les bâtiments et les autres objets à proximité. Le dispositif devrait être protégé par un écran anti-rayonnement pour assurer l'uniformité de la température avec l'air ambiant et protéger le capteur de la chaleur rayonnante (rayons solaires), des précipitations et des autres variables susceptibles de jouer sur la mesure.

Entretien :

- Le dispositif et son boîtier doivent être gardés propres.
- Le dispositif doit être étalonné régulièrement. On pourra aussi procéder à des vérifications sur le terrain plus fréquentes pour les instruments automatisés.
- L'agent dessiccateur qui garde les composants internes au sec doit être vérifié et remplacé régulièrement.

DIRECTION ET VITESSE DU VENT

Définition

La *vitesse* du vent indique la vélocité de l'air en un point donné. Elle peut s'exprimer comme une moyenne sur une unité de temps, par exemple en kilomètres/heure, ou comme une vitesse instantanée, soit la vitesse de pointe du vent ou la vitesse des rafales. On la consigne généralement en mètres par seconde. La *direction* du vent, quant à elle, indique la direction cardinale dont provient le vent. Elle est le plus souvent écrite en degrés par rapport au Nord. Ces deux mesures se prennent habituellement à une hauteur de 2 mètres au-dessus du sol.

Pourquoi mesurer la direction et la vitesse du vent?

La direction et la vitesse du vent sont des mesures importantes pour la surveillance et la prédiction des phénomènes météorologiques et du climat global. Elles ont une foule de répercussions sur le niveau d'eau de surface et la qualité de l'eau, car elles influencent la vitesse d'évaporation, le brassage des eaux de surface et la formation de seiches et d'ondes de tempête.

Dispositifs de surveillance

Nom de l'instrument	Description	Renseignements sur la mesure	Enregistrement des données	Matériel nécessaire et exigences d'installation	Coût approximatif
Anémomètre mécanique	Couppelles placées sur un bras horizontal fixé à une tige verticale. Le mouvement de l'air fait tourner les coupelles à une allure proportionnelle à la vitesse du vent. Le tube est marqué d'une échelle de vitesse standard pour les enregistrements manuels.	Technique de mesure : Manuelle ou automatisée Précision approximative : $\pm 0,5$ m/s (vitesses) Fréquence de mesure : Selon les besoins (jusqu'à plus d'une fois par seconde)	Manuel : Mesure consignée sur papier sur le terrain et numérisée plus tard Automatisé : Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Trépied de montage Quincaillerie de montage Installation complexe, formation légère requise	500 \$

Nom de l'instrument	Description	Renseignements sur la mesure	Enregistrement des données	Matériel nécessaire et exigences d'installation	Coût approximatif
Anémomètre girouette	Dispositif doté d'une hélice et d'une queue montées sur une tige verticale, qui mesure précisément et exactement la direction et la vitesse du vent. La vitesse de l'hélice est mesurée par un compte-tours et convertie en vitesse du vent par une puce électronique.	Technique de mesure : Manuelle ou automatisée Précision approximative : $\pm 0,3$ m/s (vitesse) $\pm 3^\circ$ (direction) Fréquence de mesure : Selon les besoins (jusqu'à plus d'une fois par seconde)	Manuel : Mesure consignée sur papier sur le terrain et numérisée plus tard Automatisé : Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Trépied de montage Quincaillerie de montage Installation complexe, formation légère requise	1 000 \$
Anémomètre à ultrasons	Transducteurs montés sur un axe vertical qui mesurent la direction et la vitesse du vent en détectant la différence dans le temps que met une impulsion ultrasonique à atteindre chaque transducteur d'une paire en raison du mouvement de l'air. En l'absence de l'inertie mécanique causée par des coupelles ou une hélice, on obtient une grande précision même à basse vitesse.	Technique de mesure : Automatisée Précision approximative : $\pm 0,05$ m/s (vitesse) $\pm 2^\circ$ (direction) Fréquence de mesure : Selon les besoins (jusqu'à plus d'une fois par seconde)	Automatisé : Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Trépied de montage Quincaillerie de montage Installation complexe, formation légère requise	2 000 \$

Considérations pour la surveillance

Emplacement :

- La configuration du vent autour de l'instrument devrait être comparable à celle d'un grand champ.
- Le dispositif devrait être monté à 2 mètres du sol.

Entretien :

- Il faut vérifier que l'anémomètre (mécanique ou girouette) tourne librement en observant le dispositif par vent léger.
- Le capteur doit être inspecté chaque année et ses paliers doivent être nettoyés et lubrifiés.
- L'agent dessiccateur qui garde les composants internes au sec doit être vérifié et remplacé régulièrement.
- Il est recommandé d'étalonner l'instrument tous les deux ans pour assurer l'exactitude des données.

Indicateurs de la lithosphère

PERGÉLISOL

Définition

Le pergélisol est une couche sur ou sous la surface de la Terre qui est gelée en permanence, c'est-à-dire qui demeure à une température égale ou inférieure à 0 °C (32 °F) pendant au moins deux années consécutives. Il se compose de terre, de gravier et de sable, généralement retenus par de la glace.

Pourquoi mesurer le pergélisol?

Le pergélisol joue sur la stabilité du sol, l'érosion côtière, l'eau de surface et souterraine, le cycle de carbone et la croissance de la végétation. Sa mesure est aussi essentielle pour mieux en comprendre l'évolution actuelle et future et pour étalonner et confirmer les modèles de changements climatiques régionaux et mondiaux.

Dispositifs de surveillance

Nom de l'instrument	Description	Renseignements sur la mesure	Enregistrement des données	Matériel nécessaire et exigences d'installation	Coût approximatif
Chaîne de thermistances	Une thermistance étalonnée est insérée dans un puits de forage, et la température est mesurée aux profondeurs voulues. Des câbles à sondes multiples peuvent aussi être installés de façon permanente ou temporaire dans le puits.	Technique de mesure : Manuelle ou automatisée Précision approximative : $\pm 0,1$ °C Fréquence de mesure : Selon les besoins (d'une fois par an à une fois par heure)	Manuel : Température du pergélisol consignée sur papier sur le terrain et numérisée plus tard Automatisé : Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Tuyau en PVC Installation complexe, formation légère requise	10 000 \$ à 100 000 \$

Considérations pour la surveillance

Emplacement :

- Les puits de forage devraient être creusés dans un sol qui ne sera pas perturbé par des facteurs non climatiques, comme l'utilisation des terres, l'activité humaine et les feux incontrôlés.

Installation :

- Des thermistances devraient être installées à plusieurs profondeurs, généralement tous les 2 mètres.

Enregistrement des données :

- Les données devraient être enregistrées au moins une fois par mois pour les mesures près de la surface (15 mètres ou moins) et au moins une fois par an pour les températures en profondeur (jusqu'à 50 mètres).

Entretien :

- L'agent dessiccateur qui garde les composants internes au sec doit être vérifié et remplacé régulièrement.

ÉPAISSEUR DE NEIGE

Définition

L'épaisseur de neige équivaut à la profondeur cumulative de la neige au sol. Elle se mesure généralement en millimètres.

Pourquoi mesurer l'épaisseur de neige?

L'épaisseur de neige est importante pour déterminer le manteau neigeux, prédire le niveau de l'eau et l'écoulement fluvial, estimer l'épaisseur de la glace marine et évaluer les effets des changements climatiques.

Dispositifs de surveillance

Nom de l'instrument	Description	Renseignements sur la mesure	Enregistrement des données	Matériel nécessaire et exigences d'installation	Coût approximatif
Règle à neige	Simple règle graduée en unités métriques permettant de mesurer l'épaisseur de neige à 0,005 m près.	Technique de mesure : Manuelle Précision approximative : 0,005 m Fréquence de mesure : Selon les besoins	Mesure sur la règle consignée sur papier sur le terrain et numérisée plus tard Présentation des données : Tableau	Quincaillerie de montage Installation simple, aucune formation particulière requise	100 \$
Capteur de profondeur à ultrasons	Capteur monté face au sol pouvant mesurer la distance avec le sol ou le dessus de la neige à 0,001 m près. L'épaisseur de neige équivaut à la différence entre la hauteur du capteur par rapport au sol et par rapport à la surface de la neige.	Technique de mesure : Automatisée Précision approximative : 0,001 m Fréquence de mesure : Selon les besoins	Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Trépied de montage Quincaillerie de montage Installation complexe, formation légère requise	5 000 \$

Considérations pour la surveillance

Emplacement :

- La mesure de l'épaisseur de neige peut être faussée par les lames de neige (accumulations de neige déplacée par le vent). On choisira donc un endroit à l'abri des vents forts et fréquents pour assurer une mesure fiable et représentative.
- Le dispositif devrait être placé dans un endroit ouvert, à bonne distance de la végétation et des bâtiments susceptibles de jouer sur l'accumulation de neige, idéalement au moins à 10 mètres des obstructions avoisinantes.

Entretien :

- La surface du capteur de distance à ultrasons doit être nettoyée régulièrement avec un linge humide pour en maintenir la précision.
- Les vis et les câbles de montage doivent être vérifiés périodiquement.
- L'agent dessiccant qui garde les composants internes au sec doit être vérifié et remplacé régulièrement.

HUMIDITÉ DU SOL

Définition

L'humidité du sol équivaut à la teneur en eau (ou en vapeur d'eau) du sol. Elle représente la quantité d'eau dans les pores de la surface terrestre, en dehors des rivières, lacs et nappes souterraines. Elle se mesure généralement en pourcentage d'eau par rapport au volume total du sol.

Pourquoi mesurer l'humidité du sol?

L'humidité du sol est une variable importante de l'interface sol-atmosphère aux échelles temporelles météorologique et climatique. Elle est étroitement liée aux interactions entre le climat et la végétation : ces deux éléments influencent le taux d'humidité par l'évapotranspiration, et le taux d'humidité détermine le type et l'état de la végétation. Les changements dans l'humidité du sol peuvent avoir des conséquences importantes sur la productivité agricole, l'aménagement forestier et la santé des écosystèmes.

Dispositifs de surveillance

Nom de l'instrument	Description	Renseignements sur la mesure	Enregistrement des données	Matériel nécessaire et exigences d'installation	Coût approximatif
Humidimètre électromagnétique	Capteurs qui détectent les changements dans la conductivité électrique ou la température du sol. Ces capteurs mesurent indirectement la teneur volumétrique en eau en fonction des propriétés (diélectriques et électriques) qui déterminent le stockage et la dissipation d'énergie magnétique et électrique des constituants du sol.	Technique de mesure : Manuelle ou automatisée Précision approximative : $\pm 0,03 \text{ m}^3/\text{m}^3$ Fréquence de mesure : Selon les besoins (d'une fois aux 5 minutes à une fois par jour)	Manuel : Mesure consignée sur papier sur le terrain et numérisée plus tard Automatisé : Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Installation de capteurs à différentes profondeurs (p. ex. 4 cm, 10 cm et 20 cm) Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Installation complexe, formation légère requise	500 \$
Tensiomètre	Tubes cylindriques hermétiques remplis d'eau dotés d'une coupelle poreuse au bas et d'un vacuomètre au haut. Ils mesurent le potentiel capillaire du sol, aussi appelé <i>succion</i> d'eau ou <i>tension de l'eau</i> (pression négative).	Technique de mesure : Manuelle ou automatisée Précision approximative : $\pm 0,03 \text{ m}^3/\text{m}^3$ Fréquence de mesure : Selon les besoins (d'une fois aux 5 minutes à une fois par jour)	Manuel : Mesure consignée sur papier sur le terrain et numérisée plus tard Automatisé : Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Installation de capteurs à différentes profondeurs (p. ex. 4 cm, 10 cm et 20 cm) Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Installation complexe, formation légère requise	1 000 \$

Indicateurs de l'hydrosphère

NIVEAU DE L'EAU SOUTERRAINE

Définition

L'eau souterraine se trouve dans des zones saturées sous la surface terrestre. On mesure généralement sa profondeur en mètres à partir d'un point de référence (p. ex. le haut du tubage).

Pourquoi mesurer le niveau de l'eau souterraine?

Le niveau de l'eau souterraine est une donnée essentielle pour repérer et surveiller les aquifères. Son suivi facilite l'entretien et la planification à long terme de ces formations hydrogéologiques, car il repère les changements potentiels dans l'écoulement de l'eau sous et sur la surface et l'évolution des voies de passage souterraines, et permet de détecter les risques d'inondation en surface.

Dispositifs de surveillance

Nom de l'instrument	Description	Renseignements sur la mesure	Enregistrement des données	Matériel nécessaire et exigences d'installation	Coût approximatif
Piézomètre	Transducteurs de pression installés sous la surface. Le bas du piézomètre est perforé de sorte que l'eau du sol puisse pénétrer le tube (dans des conditions de pression hydrostatique positive). L'eau monte dans le tube à une hauteur équivalente à celle de la nappe phréatique non confinée. L'élévation de l'eau est ensuite mesurée relativement au niveau de la surface à l'aide d'un ruban étanche doté d'une sonde à signal sonore ou d'un autre appareil électro-optique.	Technique de mesure : Manuelle ou automatisée Précision approximative : $\pm 0,001$ m Fréquence de mesure : Selon les besoins	Manuel : Hauteur de l'eau souterraine sur le ruban consignée sur papier sur le terrain et numérisée plus tard Automatisé : Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Trépied de montage Quincaillerie de montage Installation complexe, formation légère requise	2 000 \$

Considérations pour la surveillance

Entretien :

- L'agent dessiccateur qui garde les composants internes au sec doit être vérifié et remplacé régulièrement.

COUVERTURE DE GLACE

Définition

La couverture de glace est la quantité de glace qui recouvre un plan d'eau. On peut en mesurer l'épaisseur ou la superficie.

Pourquoi mesurer la couverture de glace?

La couverture de glace est un indicateur important de l'évolution du climat mondial, car le réchauffement de l'air et de l'eau réduit les quantités de glace marine.

Dispositifs de surveillance

Nom de l'instrument	Description	Renseignements sur la mesure	Enregistrement des données	Matériel nécessaire et exigences d'installation	Coût approximatif
Sonar de glace	Sonar muni d'un capteur vers le haut qu'on pose au fond de l'océan ou du plan d'eau pour mesurer le tirant d'eau de la glace.	Technique de mesure : Automatisée Précision approximative : $\pm 0,05$ m Fréquence de mesure : Selon les besoins (jusqu'à 2 Hz)	Stockage en continu sur un enregistreur de données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique, généralement installés sur un flotteur en subsurface, ou une plateforme ou un cadre fixé au fond Quincaillerie de montage Installation très complexe, formation poussée requise	45 000 \$ à 100 000 \$

Considérations pour la surveillance

Emplacement :

- Il est important de comprendre la profondeur et le type de déploiement nécessaires ainsi que la formation de glace à l'emplacement choisi avant d'installer le dispositif, notamment :
- les mouvements de la glace et leurs causes (p. ex. courant ou vent);
- la profondeur à laquelle la glace gèle;
- la nature du système hydrologique (marin ou d'eau douce).

Installation :

- Les dispositifs sont généralement installés pour un usage permanent ou à long terme, selon la logistique.
- Le matériel de fixation au fond doit être choisi en fonction d'un large éventail de facteurs, dont les courants en subsurface.
- Il est recommandé d'utiliser un bloc-batterie au lithium pour les déploiements prolongés.

Entretien :

- L'entretien est minimal après le déploiement.

SALINITÉ

Définition

La salinité représente la concentration de sels dans l'eau ou le sol. On l'exprime souvent en parties par mille ou en pourcentage.

Pourquoi mesurer la salinité?

La salinité contribue fortement à la conductivité et fournit des renseignements sur plusieurs aspects de la chimie des eaux naturelles et des processus biologiques qui s'y opèrent. La salinité, la température et la pression forment un trio qui détermine les caractéristiques physiques des eaux et des sols.

Dispositifs de surveillance

Nom de l'instrument	Description	Renseignements sur la mesure	Enregistrement des données	Matériel nécessaire et exigences d'installation	Coût approximatif
Indicateur de la qualité de l'eau	Simple indicateur de poche ou capteur automatisé, ce dispositif mesure la salinité de l'eau ou du sol en faisant passer un courant électrique entre deux électrodes dans un échantillon d'eau ou de sol.	Technique de mesure : Manuelle ou automatisée Précision approximative : $\pm 1\%$ Fréquence de mesure : Selon les besoins (jusqu'à plus d'une fois par seconde)	Manuel : Mesure de la qualité de l'eau consignée sur papier sur le terrain et numérisée plus tard Automatisé : Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Quincaillerie de montage Installation complexe, formation légère requise	5 000 \$ à 50 000 \$

Considérations pour la surveillance

Entretien :

- Le capteur doit être étalonné périodiquement pour demeurer précis.
- L'agent dessiccateur qui garde les composants internes au sec doit être vérifié et remplacé régulièrement.

NIVEAU DE L'EAU DE SURFACE

Définition

Le niveau de l'eau de surface correspond au niveau d'une étendue ou d'un cours d'eau (rivière, lac, ruisseau, etc.). On le mesure généralement de la surface de l'eau à un point de référence donné, comme le lit de la rivière. On peut surveiller le niveau de divers plans d'eau, comme des réservoirs, des lacs, des rivières, des ruisseaux et des eaux côtières.

Pourquoi mesurer le niveau de l'eau de surface?

Le niveau de l'eau de surface est une donnée importante dans la gestion des événements extrêmes (comme les sécheresses et les inondations), l'évaluation et la planification à long terme des ressources en eau et le suivi des changements climatiques.

Dispositifs de surveillance

Nom de l'instrument	Description	Renseignements sur la mesure	Enregistrement des données	Matériel nécessaire et exigences d'installation	Coût approximatif
Mire de nivellement	Utilisée pour déterminer l'élévation de la surface de l'eau par rapport à un repère.	Technique de mesure : Manuelle Précision approximative : $\pm 0,001$ m Fréquence de mesure : Selon les besoins	Mesure du niveau de l'eau de surface consignée sur papier sur le terrain et numérisée plus tard Présentation des données : Tableau	Installation de repères à proximité du plan d'eau visé Formation nécessaire pour la réalisation de levés	2 500 \$
Transducteur de pression	Capteurs de pression installés à hauteur fixe dans un plan d'eau, qui mesurent les changements dans la pression contre une membrane. La pression change lorsque la hauteur (et donc le poids) de la colonne d'eau au-dessus du transducteur change.	Technique de mesure : Automatisée Précision approximative : $\pm 0,001$ m à $\pm 0,0005$ m Fréquence de mesure : Selon les besoins (jusqu'à plus d'une fois par seconde)	Stockage en continu sur un enregistreur de données; visites périodiques du site pour l'extraction des données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique Puits de mesurage Quincaillerie de montage Installation complexe, formation légère requise	500 \$

Considérations pour la surveillance

Emplacement :

- Le transducteur de pression devrait être installé dans un bassin où la turbulence est minimale, où les capteurs sont peu susceptibles de geler ou de sécher, et où l'instrument sera submergé même lorsque les eaux seront basses.
- Dans les rivières ou les ruisseaux, on voudra privilégier les bassins ayant un contrôle hydrologique en aval, comme des rapides ou des affleurements, pour que la relation entre le niveau de l'eau et l'écoulement demeure stable.
- On évitera les endroits où la végétation aquatique est dense, où il y a des castors et où le lit ou les rives du cours d'eau sont instables.

Installation :

- Le transducteur de pression devrait être installé aussi loin que possible sous la surface, mais au-dessus du lit du cours d'eau pour éviter l'accumulation de sédiments autour du capteur.
- Le transducteur de pression devrait être installé à l'intérieur d'un puits de mesurage pour le protéger des débris et réduire au minimum les effets des vagues au-dessus du capteur.
- L'orientation du puits de mesure dans le chenal importe peu; le dispositif doit simplement être fixé de façon à ne pas bouger.

Entretien :

- Les mesures du transducteur de pression doivent être confirmées au moyen de visites périodiques et de levés manuels.
- Les joints toriques doivent être vérifiés et remplacés s'il y a lieu.
- Le boîtier extérieur, les trous de circulation et l'œil optique des capteurs de transducteurs de pression doivent être nettoyés et asséchés à l'aide d'un linge propre et doux ou d'un coton-tige.
- L'agent dessiccant qui garde les composants internes au sec doit être vérifié et remplacé régulièrement.

TEMPÉRATURE DE L'EAU

Définition

La température de l'eau est la température du plan d'eau.

Pourquoi mesurer la température de l'eau?

La température de l'eau influence les propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'eau. Elle joue aussi sur la quantité d'oxygène dissous dans l'eau, les types d'organismes qui peuvent y vivre et la vitesse des réactions chimiques et biologiques.

Dispositifs de surveillance

Nom de l'instrument	Description	Renseignements sur la mesure	Enregistrement des données	Matériel nécessaire et exigences d'installation	Coût approximatif
Chaîne de thermistances	Câble thermique surmoulé à capteurs multiples pouvant être laissé dans l'eau en permanence. La température est mesurée à des profondeurs prédéterminées. D'autres paramètres (p. ex. l'oxygène dissous) peuvent également être relevés par la chaîne.	Technique de mesure : Automatisée Précision approximative : $\pm 0,5$ °C à $\pm 0,002$ °C Fréquence de mesure : Selon les besoins (jusqu'à plus d'une fois par seconde)	Stockage en continu sur un enregistreur de données Présentation des données : Tableau	Enregistreur automatique, boîtier et alimentation électrique, généralement installés sur une bouée en surface ou une plateforme flottante Quincaillerie de montage Installation complexe, formation légère requise	100 \$ à 5 000 \$ (par capteur)

Considérations pour la surveillance

Emplacement :

- Il est important de tenir compte des conditions à l'année, y compris le potentiel de formation de glace.
- Pour obtenir des données plus utiles, on se renseignera sur les couches thermiques du plan d'eau avant de choisir la disposition des thermistances sur le câble.
- L'extrémité en surface (bouée ou plateforme flottante) pose le plus gros défi d'installation.

Installation :

- Il peut être nécessaire d'ajouter des poids au bas du câble pour le maintenir en position verticale, selon la glace de surface, la profondeur totale du plan d'eau et les courants.

Entretien :

- L'entretien est minimal après le déploiement. Si d'autres paramètres s'ajoutent à la température, il pourrait y avoir lieu d'étalonner l'instrument.



55, rue Metcalfe, bureau 600
Ottawa (Ontario) K1P 6L5

Téléphone : 1 613 238-3222
Télécopieur : 1 613 569-7808

www.ccn.ca