



Canadian Renewable
Energy Association
WIND. SOLAR. STORAGE.

Association canadienne
de l'énergie renouvelable
ÉOLIEN. SOLAIRE. STOCKAGE.

Opération et maintenance de parcs éoliens

Guide des meilleures pratiques de santé et sécurité pour les parcs éoliens en climats givrant et froid

Ce guide présente un ensemble de meilleures pratiques afin d'assurer l'opération et la maintenance sécuritaires de parcs éoliens situés en climats givrant et froid.

Édition juin 2020



Guide des meilleures pratiques de santé et sécurité pour les parcs éoliens en climats givrant et froid

Résumé

L'industrie éolienne canadienne est confrontée à des défis liés à l'opération et à la maintenance dans les régions de climat froid. À l'instar d'autres lieux de travail dans des environnements froids, le travail à basse température nécessite l'utilisation d'équipements certifiés pour ces conditions ainsi que des procédures de sécurité spécifiques, notamment lors de la présence de givre ou de verglas.

Les conditions de givre et de climat froid peuvent engendrer une augmentation des coûts d'opération et de maintenance. Par exemple, la présence de neige sur le site nécessite l'utilisation de véhicules adaptés ou d'entrepreneurs spécialisés pour dégager les routes de service. De plus, les éoliennes peuvent demeurer à l'arrêt pendant de longues périodes, car la présence de dangers liés au givre peut limiter l'accès aux éoliennes pour les techniciens devant y réaliser des travaux de maintenance.

L'industrie éolienne canadienne a accordé beaucoup d'attention aux difficultés liées à l'accès sécuritaire aux éoliennes à l'arrêt, car ce problème entraîne des pertes monétaires importantes. Certains événements de givre peuvent induire plusieurs jours d'arrêt au cours desquels il n'est pas possible d'entrer de façon sécuritaire dans l'éolienne; la production d'énergie n'est alors pas possible. Ces sujets méritent une attention soutenue de la part de l'industrie.

Les turbiniers, les opérateurs et les fournisseurs de services indépendants ont développé leurs propres procédures et meilleures pratiques de santé et de sécurité en climat froid. Les meilleures pratiques de l'industrie recueillies dans ce document sont informatives, non seulement pour encourager la création d'un milieu de travail sain et sécuritaire pour les employés de l'industrie éolienne et le grand public, mais aussi pour répondre de manière cohérente aux principales préoccupations de l'industrie en matière d'opération et de maintenance dans les régions froides canadiennes.

Ce guide présente un ensemble de meilleures pratiques de santé et de sécurité en situation de climat froid et de climat givrant sur les parcs éoliens.

Ces meilleures pratiques découlent d'un consensus sur les pratiques de l'industrie éolienne canadienne, d'une documentation à jour et fiable ainsi que des exigences réglementaires fédérales.

Elles ont également été révisées par le sous-comité sur la sécurité en situation de climat froid et de climat givrant du caucus sur l'opération et la maintenance de l'Association canadienne de l'énergie éolienne (CanWEA), composé d'experts en opération et maintenance de parcs éoliens. Mise à jour en juin 2020, cette édition inclut les meilleures pratiques les plus récentes et les nouvelles références.

Bien que ces meilleures pratiques ne remplacent pas les exigences réglementaires (qui doivent encore être suivies), le présent document vise à fournir à l'industrie un outil pour aider à la gestion des éléments reliés à la santé et la sécurité sur les parcs éoliens en climat froid. Il a également pour but de donner confiance aux opérateurs d'éoliennes et de promouvoir le développement de l'énergie éolienne au Canada et dans d'autres régions soumises à ce type de climat. Il est important de noter que même s'ils sont soumis à des coûts d'opération et de maintenance supérieurs, les parcs éoliens en climat froid bénéficient généralement de vents abondants et d'une densité de l'air plus grande [1].

La première section de ce document définit des termes tels que climat froid, basses températures, givre, zones de jets ou chutes de glace, dangers liés au givre, etc.

Compte tenu de l'objectif du présent document, les termes « danger » et « risque » renvoient aux définitions du Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail : « Un danger est toute source potentielle de dommage, de préjudice ou d'effet nocif à l'égard d'une chose ou d'une personne » et « un risque est la probabilité qu'une personne subisse un préjudice ou des effets nocifs pour sa santé en cas d'exposition à un danger » [2]. L'accent est ici mis sur la nature potentielle des dangers, car des efforts d'atténuation peuvent réduire le risque d'un danger entraînant des dommages.

La deuxième section porte sur les conditions physiques générales associées au climat froid : les conditions de formation de givre, les régions typiques où on observe du givre, les différents types de givre et leurs caractéristiques, les conditions de basses températures, les conditions météorologiques, les régions typiques où de basses températures sont observées, les limites de températures des équipements généralement trouvés sur les parcs éoliens, les types de givre en

conditions de basses températures, la probabilité de formation de givre par rapport à la température de l'air, etc.

La troisième section définit les dangers documentés liés au givre et aux basses températures : jets de glace, chute de glace, mauvaise visibilité, gelures, hypothermie, refroidissement éolien, etc.

La quatrième section détaille les lignes directrices de base concernant la sécurité, les responsabilités des employés, des employeurs et des superviseurs en matière de santé et de sécurité, une méthode d'évaluation des risques, ainsi que les meilleures pratiques d'opération et de maintenance en climat froid.

Enfin, la dernière section présente un arbre décisionnel pour aider à sélectionner les meilleures pratiques en fonction des dangers documentés liés à l'opération et à la maintenance des parcs éoliens en climat froid.

Puisque chaque site possède sa propre topographie, ses propres bâtiments, routes de service, etc., d'autres pratiques ou une combinaison de pratiques autres que celles présentées dans ce document pourraient convenir davantage à une condition spécifique. Toute ligne directrice contenue dans le présent document devrait être évaluée au cas par cas et pourrait devoir être révisée ou complétée pour correspondre à des conditions spécifiques, notamment pour assurer la conformité aux exigences réglementaires.

Veuillez noter que le risque de blessure est toujours présent même si ces meilleures pratiques sont respectées, car elles ne garantissent pas la sécurité du travailleur ou de l'équipement. Lorsque vous travaillez, restez vigilant et soyez toujours conscient de l'environnement et des conditions changeantes, en particulier dans les régions de climat froid.

Personne ne devrait effectuer une tâche qui semble dangereuse, quelle que soit la meilleure pratique établie pour celle-ci. Comme les exigences réglementaires varient d'une province et d'un territoire à l'autre et que ce guide est destiné à l'industrie éolienne canadienne, les exigences provinciales et territoriales n'ont pas été prises en compte. Assurez-vous que les meilleures pratiques décrites dans cette section respectent les exigences provinciales et autres exigences réglementaires de l'endroit où sont réalisées les activités d'opération ou de maintenance. Apportez les modifications appropriées si nécessaire.

Historique de révision

Édition	Note
Décembre 2017	Première édition
Juin 2020	<u>Sections ajoutées :</u> 1.1.4 Givre rotor <u>Sections mises à jour :</u> 1.5.1 Jet de glace 4.1.3 Sécurité du public 4.4 Approche de l'éolienne Références

Avis de non-responsabilité et avis juridiques

L'Association canadienne de l'énergie renouvelable (« CanREA ») n'assume aucune responsabilité à l'égard du contenu de ces Meilleures pratiques en santé et sécurité pour les parcs éoliens en climats givrant et froid (le « document »), qui sont destinées à des fins éducatives et informatives seulement. CanREA ne fait aucune déclaration et ne donne aucune garantie quant à la pertinence de l'information offerte dans ce document, y compris en matière de conformité légale ou à toute autre fin. Le document est offert uniquement sous forme de conseils généraux (et non spécifiques à un site ou à un projet); il ne vise pas à donner des conseils juridiques, techniques, médicaux ou professionnels.

- CanREA est le seul créateur et propriétaire du document, y compris de tous les droits d'auteur, de marques de commerce et d'autres droits de propriété intellectuelle.
- Ce document n'est pas destiné à être une déclaration des pratiques de travail et autres précautions requises par les lois applicables en matière de santé et de sécurité, dont le respect est la seule responsabilité de l'utilisateur du document.
- Les membres de CanREA et leurs fournisseurs doivent garder à l'esprit que le document n'est pas destiné à remplacer, et ne remplace pas, un système de gestion de la santé et de la sécurité, et que tous les éléments de programme suggérés doivent être évalués au cas par cas et peuvent avoir besoin d'être révisés ou complétés pour en assurer la conformité légale.
- Les membres de CanREA et leurs fournisseurs doivent déterminer s'il y a lieu de demander un avis juridique ou professionnel sur toutes les questions concernant la conformité en matière de santé et de sécurité ou toute autre question abordée par le document, le cas échéant.
- Ce document n'est pas destiné à offrir des conseils médicaux et ne doit pas être interprété comme tel. Des professionnels de la santé doivent être consultés s'il y a lieu.

Table des matières

Résumé	2
Historique de révision	3
Avis de non-responsabilité et avis juridiques	4
Remerciements	5
Définitions	6
Givre	6
Basses températures	7
Climat froid	7
Dangers et risques	8
Dangers liés au givre	8
Conditions physiques	9
Conditions de formation de givre	9
Types de givre	9
Emplacements du givre	11
Exigences liées aux basses températures	11
Givre à basse température	13
Méthodes de détection de givre	14
Véhicules adaptés à la neige	15
Dispositifs de protection contre les chutes de glace	15
Définitions des dangers	16
Dangers liés au givre et à la neige	17
Dangers liés aux basses températures	18
Meilleures pratiques	20
Généralités	20
Infrastructures auxiliaires	27
Déplacements	28
Approche de l'éolienne	30
Base de l'éolienne	31
Ponts supérieurs de l'éolienne et nacelle	32
Moyeu	32
Arbre de décision des meilleures pratiques	33
Annexe A	41
Législation fédérale	41
Législation provinciale et territoriale	41

sur la sécurité en climat froid, pour leurs contributions essentielles à ce document et pour le temps investi.

Ces membres comprennent : Kevin Bernier – ENGIE, Tom Burge – Capstone Infrastructure, Tarik Daqoune – ENERCON, Andrew Durand – Siemens Gamesa Renewable Energy, Don Hallam – AltaGas, James Kennedy – Siemens Gamesa Renewable Energy, Benjamin MacDonald – Vestas, Chris Martin – TransAlta.

Remerciements

CanREA reconnaît l'effort considérable et l'expertise fournis par l'équipe de Nergica : Bruno Boucher, Charles Godreau, Nicolas Jolin et Matthew Wadham-Gagnon. Une partie importante du travail s'appuie sur leurs connaissances techniques approfondies concernant l'opération des éoliennes en climat froid. De plus, CanREA souhaite remercier les membres de son caucus sur l'opération et la maintenance, et plus particulièrement le sous-comité

Définitions

Givre

Le givre fait référence à tout type d'accumulation de glace ou de neige sur une structure. Le givre se produit lorsque l'eau présente dans l'air gèle après avoir été en contact avec une surface. Cela peut se produire dans les nuages (givre causé par le passage de nuages) ou résulter de précipitations (givre par précipitation). Le givre causé par le passage de nuages forme généralement du givre blanc, tandis que le givre par précipitation forme du verglas ou de la neige fondante. Tous les types de givre sont définis à la section 2.2.

Givre météorologique

Le givre météorologique est la période pendant laquelle les conditions atmosphériques sont favorables à l'accumulation de givre sur les structures. Cette activité météorologique est également appelée période d'accrétion de givre.

Accumulation

L'accumulation est la quantité totale de précipitation. Il peut y avoir accumulation de neige, de pluie, de pluie verglaçante, de grêle, etc. Ce ne sont pas toutes les précipitations qui collent à la structure et contribuent à l'accrétion de givre.

Givre instrumental

La durée totale de la présence de givre sur les structures est définie comme la période de givre instrumental. Le givre peut encore être présent sur le site pendant plusieurs jours suivant un épisode de givre météorologique.

Givre rotor

Le givre rotor se définit comme la période pendant laquelle du givre est présent sur le rotor de l'éolienne. Principalement, et puisque la géométrie des pales et la vitesse relative du vent sont bien différentes d'une structure fixe, le givre rotor n'est pas équivalent au givre instrumental [1], [3]. Mais encore, la durée de la période de givre rotor diffère significativement d'une turbine en arrêt à une turbine en opération [1].

Classe de givre de l'AIE

Le groupe de travail 19 en éolien de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), portant sur l'éolien en climat froid, a établi une classification de site en

fonction du givre météorologique, du givre instrumental et des pertes de production observées. Cette classification donne une première indication de la sévérité du givre et de ses conséquences pour un site donné [1]. Les classes de givre de l'AIE sont définies au tableau 1.

Tableau 1 : Définition des classes de givre de l'AIE

Classe de givre de l'AIE	Givre météorologique (% de l'année)	Givre instrumental (% de l'année)
1	0-0,5	0-1,5
2	0,5-3	1-9
3	3-5	6-15
4	5-10	10-30
5	>10	>20

Un site peut se retrouver dans différentes classes de givre de l'AIE en fonction des données utilisées pour la classification (givre météorologique ou givre instrumental). Dans ce cas, il est recommandé d'utiliser la classe la plus élevée [1].

Les éoliennes installées sur ces sites sont conçues pour résister aux chargements additionnels causés par l'accumulation de givre conformément à la norme IEC 61400-1 :2019 [4] et le document des meilleures pratiques créé par DNV-GL, soit le DNVGL-RP-0175 [5].

Il existe différentes méthodes pour déterminer l'occurrence de givre sur un parc éolien, allant de mesures sur le site à des modèles météorologiques à mésoéchelle [6]. Une de ces méthodes est celle de l'Atlas sur le givre des éoliennes (WIceAtlas) créé par le Centre de recherche technique de Finlande VTT. Cet atlas présente le niveau de sévérité du givre causé par le passage de nuages sur l'ensemble de la planète. La figure suivante (Figure 1 : Répartition des classes de givre de l'AIE au Canada) illustre la répartition des sévérités de givre au Canada.

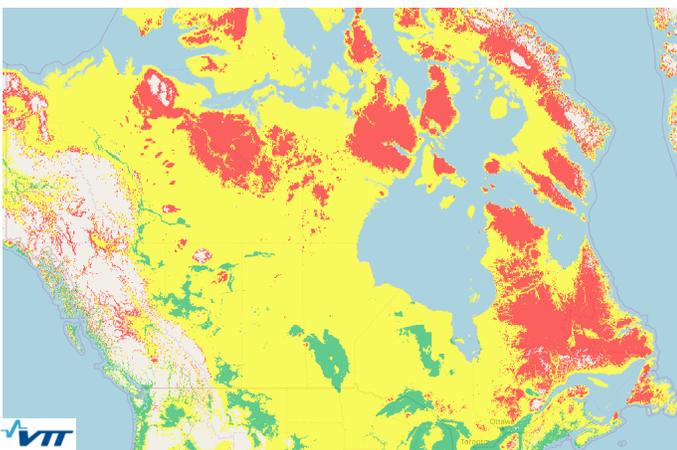


Figure 1 : Répartition des classes de givre de l'AIE au Canada [7]

Classe de givre de l'AIE	1	2	3	4	5
Couleur correspondante sur la figure 1					

Les différentes classes de givre sur la carte représentent des zones avec des niveaux de

sévérité de givre distincts en termes de givre météorologique, de givre instrumental et de perte de production. Les classes de givre de l'AIE sont définies au tableau 1. Les zones en blanc sont des régions où les classes de givre n'ont pu être évaluées en raison d'un manque de données. Un site où il n'y a aucune ou qu'une faible probabilité de givre au cours de l'année est de classe 1, et donc représenté en vert sur la carte.

Cette carte illustre également la variabilité géographique de l'occurrence de givre à l'échelle du Canada, l'est du Canada étant soumis de façon plus importante à ce type d'événement. À une échelle plus petite, on peut retrouver, sur un même site, des classes de givre différentes en fonction de l'élévation du terrain.

Basses températures

Dans le contexte de la conception structurelle des éoliennes, et conformément à la norme IEC61400-1 sur les cas de chargement, un site avec un climat à basses températures est un site où l'une des conditions suivantes est remplie [1] :

- Une température annuelle moyenne de l'air de 0 °C ou moins;
- Neuf jours ou plus (pendant toute l'année) comptant au moins une heure où la température moyenne de l'air est inférieure ou égale à -20 °C.

Cependant, dans un contexte de santé et de sécurité pour les travailleurs, cette définition ne s'applique pas. Une basse température est alors une température pour laquelle les employés peuvent être à risque, soit une température inférieure à 0 °C.

Climat froid

Les régions en climat froid sont affectées par le givre ou par les basses températures. Même si l'énergie contenue dans le vent est généralement plus élevée à des températures plus basses (l'air y est plus dense), les sites en climat froid sont généralement associés à des coûts d'opération et de maintenance plus élevés ainsi qu'à des risques liés à la sécurité des utilisateurs [1]. La Figure 2 illustre la définition du climat froid selon l'activité de travail 19 de l'AIE en éolien.

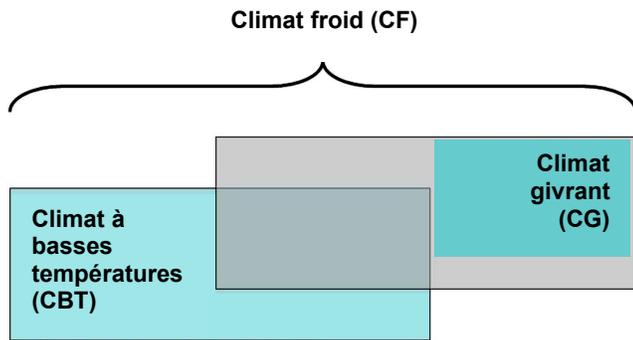


Figure 2 : Définition du climat froid

Dangers et risques

Compte tenu de l'objectif du présent document, les termes « danger » et « risque » renvoient aux définitions du Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail : « Un danger est toute source potentielle de dommage, de préjudice ou d'effet nocif à l'égard d'une chose ou d'une personne » et « un risque est la probabilité qu'une personne subisse un préjudice ou des effets nocifs pour sa santé en cas d'exposition à un danger » [2].

Dangers liés au givre

Si des conditions de givre sont présentes, cela peut affecter l'opération et la maintenance des éoliennes de différentes manières.

Par exemple, si du givre s'accumule sur les pales du rotor, cela réduit les performances aérodynamiques de l'éolienne et risque d'entraîner des pertes de production. En outre, le givre sur les pales du rotor augmente les vibrations et les charges de fatigue, et peut réduire la durée de vie de l'éolienne [8].

Le givre sur une éolienne peut également entraîner des erreurs de mesure et de contrôle ainsi que des défaillances mécaniques et électriques.

Après un événement de givre, les dangers liés au givre, tels que les jets de glace ou la chute de glace, sont plus susceptibles de se produire lorsque les températures augmentent et s'approchent du point de congélation, ou le dépassent. Le givre a alors tendance à se détacher en raison des petites vibrations ou de la flexion des pales [9].

Il convient de noter que la chute de glace ne se limite pas aux éoliennes, car le givre accumulé peut tomber de toute structure givrée sur un parc éolien.

Jets de glace

Lorsqu'une éolienne fonctionne et que du givre se détache des pales en mouvement, il peut être

projeté loin de l'éolienne. On fait alors référence à un jet de glace. La direction du vent, la vitesse du vent, la vitesse de rotation des pales ainsi que la position et la taille des fragments de glace sur la pale influenceront la position d'atterrissage des morceaux de glace projetés.

La distance maximale des jets de glace peut être estimée à l'aide de la formule empirique suivante [10] :

$$d_j = 1.5 * (D + H)$$

- d_j = Distance maximale des jets de glace (m)
- D = Diamètre du rotor (m)
- H = Hauteur du moyeu (m)

La zone où des jets de glace peuvent se produire est représentée par le cercle rouge de la Figure 3.

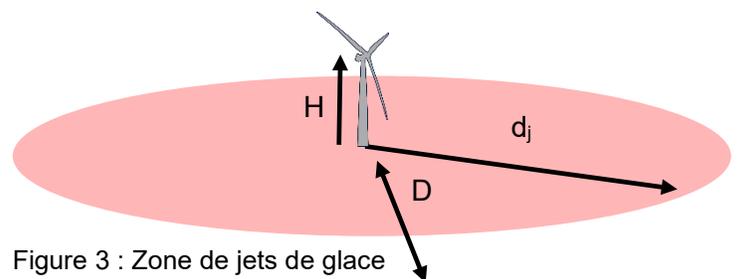


Figure 3 : Zone de jets de glace

Le risque d'être frappé par un morceau de glace projeté par la pale à l'extérieur de la zone de jets de glace est considéré comme nul. Dans la zone de jets de glace, ce risque augmente à mesure qu'on se rapproche de l'éolienne [11].

Cette formule est largement acceptée comme étant conservatrice (c'est-à-dire qu'elle aboutit en une limite supérieure pour cette distance maximale). Elle ne permet pas toutefois d'évaluer la probabilité d'un impact de jet de glace à l'intérieur de cette zone. Une analyse plus détaillée qui inclut des modèles balistiques pourrait permettre de redéfinir cette zone de jets de glace. Cette approche analytique pourrait aussi donner la probabilité qu'un morceau de glace atteigne le sol, en termes d'impacts par mètres carrés [6]. L'IEA Wind TCP Task 19, a publié en 2018 des lignes directrices pour évaluer de façon analytique les risques associés aux jets de glace [11].

Chute de glace

De la glace peut tomber de n'importe quelle structure. La trajectoire de la glace dépend de la vitesse et de la direction du vent ainsi que de la taille des fragments de glace. Une distance de chute maximale pour les éoliennes à l'arrêt peut être estimée à l'aide de la formule empirique suivante [10] :

$$d_c = \frac{\frac{D}{2} + H}{15} * V$$

- d_c = Distance de chute maximale (m)
 D = Diamètre du rotor (m)
 H = Hauteur du moyeu (m)
 V = Vitesse du vent à la hauteur du moyeu (m/s)

Une analyse plus détaillée et une simulation avancée peuvent permettre de réduire la valeur estimée de cette distance.

Les mâts météorologiques et d'autres structures ont aussi leur propre zone de chute de glace. Dans ces cas, une distance maximale approximative de chute de glace peut être obtenue en utilisant la formule suivante [9] :

$$d_c = \frac{3 * H}{2}$$

- d_c = Distance de chute maximale (m)
 H = Hauteur de la structure (m)

Ablation de givre

L'ablation est un terme général qui fait référence à la réduction du volume de givre. Le givre peut fondre, se briser, se détacher ou se sublimer (s'évaporer) et toutes ces actions contribuent à l'ablation.

Délestage de glace

Le délestage de glace est un terme général qui fait référence à la chute ou aux jets de glace. À titre d'exemple, la photo suivante (Figure 4), qui a été prise à partir d'une caméra située sur le moyeu d'une éolienne, montre des cratères faits par des fragments de glace qui ont chuté ou ont été projetés d'une éolienne.

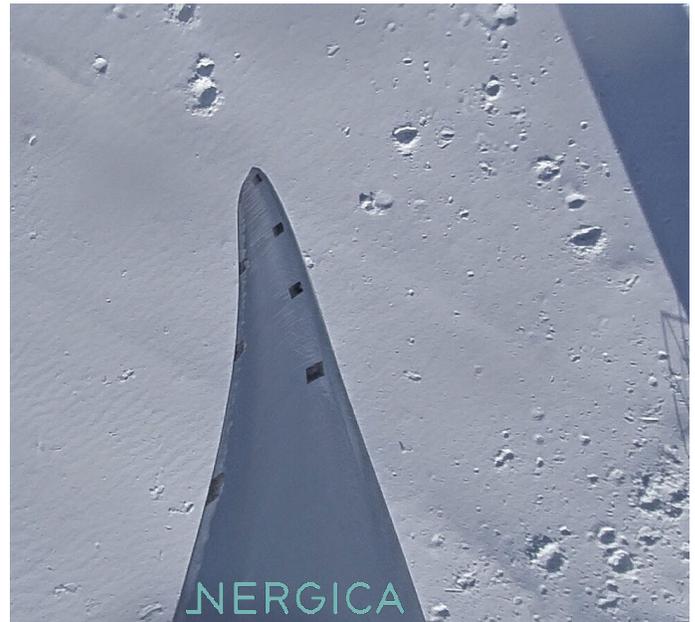


Figure 4 : Cratères de fragments de glace, résultants de chutes ou de jets de glace [12]

Conditions physiques

Conditions de formation de givre

La formation de givre dépend de diverses conditions, notamment la température de l'air, la vitesse du vent, la forme de l'objet, la teneur en eau liquide et la répartition de la taille des gouttelettes [9]. Cependant, les deux facteurs principaux à considérer sont :

- La température de l'air varie entre 3 °C et -20 °C;
- La structure se trouve dans un nuage, ou il y a des précipitations.

En dessous de -20 °C, le givre atmosphérique est rare, car à cette température, les nuages sont constitués de particules de glace plutôt que de gouttelettes d'eau. Les nuages ne gèleront donc pas sur les structures. Aussi, les précipitations à une température inférieure à -5 °C ne risquent pas de coller aux structures.

Types de givre

Le givre atmosphérique désigne tout type d'accumulation de givre ou de neige sur une surface causée par un événement météorologique. Ce type de givre est principalement causé par les précipitations, comme la pluie verglaçante et la neige fondante, ou par des nuages et du brouillard. Les différentes formes de givre atmosphérique sont décrites ci-après.

Givre blanc

Le givre blanc est causé par le gel instantané de gouttelettes d'eau en surfusion (eau liquide à des températures inférieures à 0 °C) au contact d'une structure. Ce type de givre se forme le plus souvent dans un milieu nuageux homogène et s'accumule sur la surface de la structure exposée au vent. La Figure 5 montre une accumulation de givre blanc léger sur une pale d'éolienne. Sur cette photo, l'événement de givre météorologique est terminé et le givre commence à se détacher.



Figure 5 : Exemple de givre blanc léger sur une pale d'éolienne

La densité de ce type de givre est proportionnelle à la taille des gouttelettes d'eau en surfusion. Plus elles sont grandes, plus le givre sera dense. Le givre blanc peut alors être qualifié de mou ou dur. Le givre mou a une densité allant de 200 à 600 kg/m³, une couleur blanche et une adhérence aux structures allant de faible à moyenne. Le givre dur a quant à lui une densité allant de 600 à 900 kg/m³, il prend une couleur opaque et possède une forte adhérence aux structures [9]. Comme la cristallisation associée à ce type de givre se produit rapidement, une grande quantité d'air reste piégée dans ce givre, ce qui lui confère un caractère irrégulier et cassant, comme le montre la Figure 6.



Figure 6 : Accumulation importante de givre blanc sur une pale d'éolienne

Ce type de givre se forme généralement à des températures allant de 0 °C à -20 °C.

Verglas

Le verglas est causé par différents types de précipitations en surfusion qui gèlent au contact d'une structure froide. Cependant, en raison de la libération de chaleur latente, il s'étend sur la structure avant de geler et n'emprisonne donc pas d'air lors de sa formation. Le givre sera régulier, transparent et ne s'effritera pas. Il sera donc plus difficile à détecter visuellement. La Figure 7 montre une accumulation de verglas sur un rotor d'éolienne.



Figure 7 : Accumulation typique de verglas sur le rotor d'une éolienne

Le verglas étant généralement mince et transparent, il est parfois à peine visible. Ce type de givre a une densité d'environ 900 kg/m³. Il se forme généralement à des températures entre 0 °C et -6 °C, en combinaison avec de la pluie

verglaçante. Sur les routes, cette couche mince et transparente de verglas est souvent appelée glace noire.

Neige fondante

Lorsque les températures oscillent entre 0 °C et 3 °C, les cristaux de neige avec un contenu en eau élevé peuvent devenir collants au point d'adhérer aux structures. Lorsque la température diminue, l'accumulation de neige fondante gèle pour former du givre avec une densité variant de 300 à 600 kg/m³. Visuellement, son aspect se rapproche du givre blanc.

Gelée blanche

À de très basses températures, la probabilité de formation du givre s'affaiblit, car les gouttelettes d'eau n'existent plus sous forme surfondue. Toutefois, un autre phénomène peut se produire, soit la condensation solide de la vapeur d'eau contenue dans l'air. Ce type de givre, appelé gelée blanche, se produit lorsque l'humidité relative de l'air est élevée (supérieure à 90 %) et que les vents sont faibles. Bien que ce type de givre soit responsable de pertes par effet de couronne sur les lignes de transmission électriques, sa densité et sa force d'adhésion sont faibles, ce qui limite les charges mécaniques imposées aux structures [9]. Par conséquent, la gelée blanche est également moins dangereuse lors du délestage.

Emplacements du givre

Dans un parc éolien, du givre peut se former sur les bâtiments, les lignes électriques, les routes, les allées piétonnières, les escaliers, les tours, les nacelles, les moyeux, les pales, les mâts météorologiques, ainsi que sur toute autre structure.

Exigences liées aux basses températures

Lorsque l'on considère la santé et la sécurité des travailleurs, un climat à basses températures est un environnement où on se sent inconfortable en raison du froid, ou dans lequel il existe un risque de blessure en raison des basses températures.

Selon l'activité de travail 19 de l'AIE en éolien, un climat à basses températures est un site où l'une des conditions suivantes est remplie [1] :

- Une température annuelle moyenne de l'air de 0 °C ou moins;
- Neuf jours ou plus (pendant toute l'année) comptant au moins une heure où la

température moyenne de l'air est inférieure ou égale à -20 °C.

Cette définition de climat à basses températures réfère aux cas de chargement s'appliquant en conception d'éoliennes et ne doit pas être utilisée lorsqu'il est question de santé et de sécurité des travailleurs.

Conditions météorologiques

Le froid extrême peut se produire par la combinaison du vent et de la basse température de l'air. Lors de l'évaluation de la température de l'air pour les travaux extérieurs, la vitesse du vent doit être prise en compte, car elle augmente le rythme auquel le corps humain perd de la chaleur. Le refroidissement éolien est particulièrement important dans les parcs éoliens puisque les éoliennes sont volontairement situées sur des sites où les vents sont forts.

Le Tableau 2 et le Tableau 3 présentent les températures ressenties en fonction du refroidissement éolien ainsi que les risques d'exposition correspondants [13].

Tableau 2 : Températures ressenties en considérant le refroidissement éolien

	Vitesse du vent (m/s)						
	0	5	10	15	20	25	30
0	0	-5	-7	-8	-9	-10	-11
-5	-5	-12	-14	-15	-16	-17	-18
-10	-10	-18	-21	-22	-23	-25	-26
-15	-15	-24	-27	-29	-30	-32	-33
-20	-20	-30	-34	-35	-37	-39	-40
-25	-25	-37	-41	-42	-44	-46	-48
-30	-30	-43	-48	-49	-51	-53	-55
-35	-35	-49	-54	-56	-58	-61	-62
-40	-40	-56	-61	-63	-65	-68	-70
-45	-45	-62	-68	-69	-72	-75	-77
-50	-50	-68	-74	-76	-80	-82	-84

Tableau 3 : Risques d'exposition liés à la température ressentie

Couleur correspondante	Risque d'exposition	Délai approximatif jusqu'à ce que la peau exposée gèle (min)
	Risque faible	
	Risque modéré	
	Risque élevé	10 - 30
	Risque très élevé	5 - 10
	Risque grave	2 - 5
	Risque extrême	< 2

Régions à basses températures typiques

La figure suivante (Figure 8) d'Environnement Canada illustre la température ambiante moyenne en décembre, janvier et février (hiver) de 1981 à 2010.

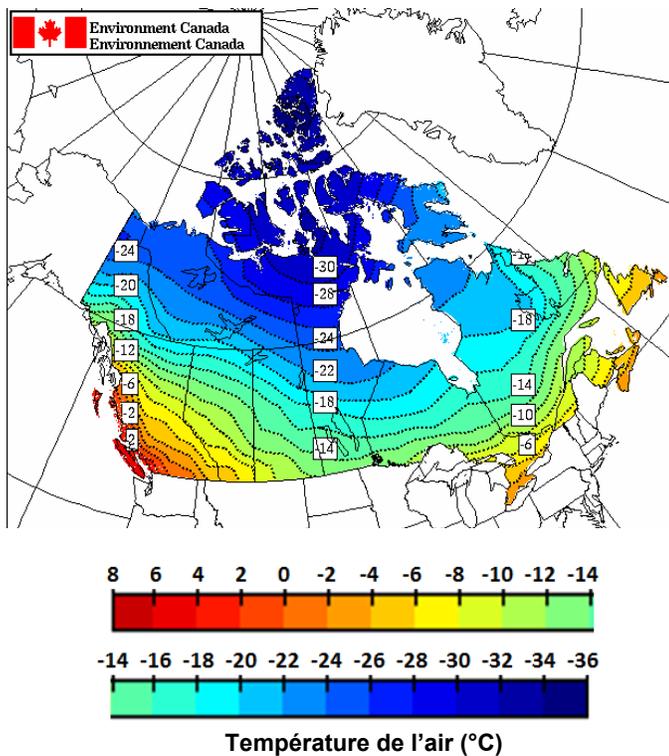


Figure 8 : Climatologie de la température – Carte – Moyenne – Déc. Janv. Févr. (Hiver) [14] © Sa Majesté la reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Environnement du Canada [2017]

Limites de températures pour l'utilisation des équipements

En présence de températures extrêmes, les matériaux réagissent différemment. En cas de froid extrême, les métaux et de nombreux autres matériaux s'affaiblissent et l'équipement ou les outils peuvent se briser ou cesser de fonctionner. Le Tableau 4 présente les limites de températures d'utilisation minimales pour d'équipements couramment utilisés sur un parc éolien. Ces limites varient en fonction de la marque et du modèle des équipements répertoriés. Par conséquent, il est conseillé de toujours les valider avant d'utiliser de l'équipement à basse température. Ces limites de température sont indépendantes de la température ressentie. Elles dépendent de la température mesurée au thermomètre, quel que soit le refroidissement éolien.

Tableau 4 : Températures d'utilisation minimales d'équipements couramment utilisés sur un parc éolien

Équipement	Description	Temp . min.
Harnais	Harnais Skylotech G0051	-35 °C
	DBI SALA ExoFit	-35 °C
Casques	UVEX pheos E-S-WR	-30 °C
	Petzl Vertex Best, version Canada	-30 °C
Longes	Longe Petzl	-40 °C
	BI SALA Force 2	-35 °C
Câbles de sûreté verticaux	DBI SALA Lad-Saf	-35 °C
Dispositifs de descente	Tractel Derope	-35 °C
Téléphones portables	iPhone	-20 °C
Téléphones satellites	Global Star 9600	-20 °C
Multimètres	Fluke 179	-10 °C
Coulisseaux	Bornack RS S05 CSA	-30 °C
Systèmes d'échelle LMB	Climat normal	-20 °C
	Climat froid	-40 °C
Ascenseurs de service	Dolphin V CE 240 et 350	-15 °C
	Palan de service EL3 CSA	-20 °C
	Power Climber	-29 °C

Givre à basse température

Il y a un chevauchement entre le givre et les basses températures lors d'une accréation de givre sur une structure à des températures inférieures à -20 °C. Le type de givre diffère du givre habituel causé par le passage de nuages et certains facteurs physiques sont uniques dans ces conditions.

Types de givre à basse température

À basse température (inférieure à -20 °C), la teneur en eau liquide dans l'air devient très rare et il n'y a pratiquement pas de givre causé par le passage de nuages [6]. En dessous de -20 °C, de la gelée blanche peut se former. La Figure 9 montre le type de givre habituel en fonction de la température de l'air et de la vitesse du vent [6].

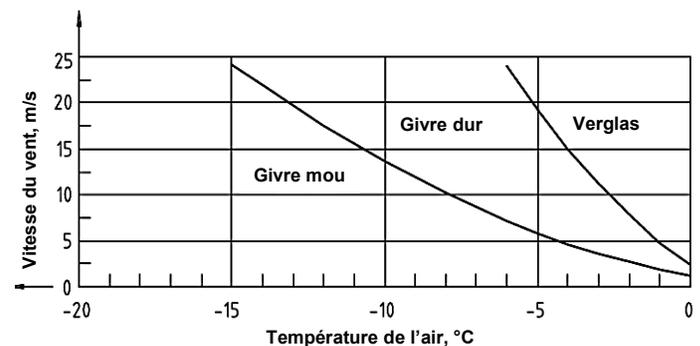


Figure 9 : Type de givre en fonction de la vitesse du vent et de la température de l'air [9]. « Copié par Nergica avec la permission du Conseil canadien des normes (CCN) au nom de l'ISO. »

Les courbes de la Figure 9 se décalent vers la gauche lorsque la taille de l'objet diminue et que la teneur en eau liquide augmente [9]. À une température de l'air se situant autour de -20 °C, le givre causé par le passage de nuages est rare et le type de givre le plus fréquent, dans ce cas, est le givre mou.

Dans cette plage de températures, les épisodes de givre résultent principalement en de la gelée blanche.

Facteurs physiques particuliers au chevauchement

La Figure 10 illustre la relation entre la probabilité de formation de givre et la température de l'air [15].

Même si la probabilité de formation de givre est beaucoup plus élevée dans une plage de températures allant de 0 à -15 °C, un facteur à prendre en compte est la persistance du givre. Par

exemple, si la température chute après un événement de givre, le givre restera présent sur les structures pendant une longue période, pouvant aller jusqu'à plusieurs semaines. Après un événement de givre, les procédures de santé et de sécurité liées à la présence de givre doivent s'appliquer jusqu'à ce que l'absence de givre sur le site soit confirmée.

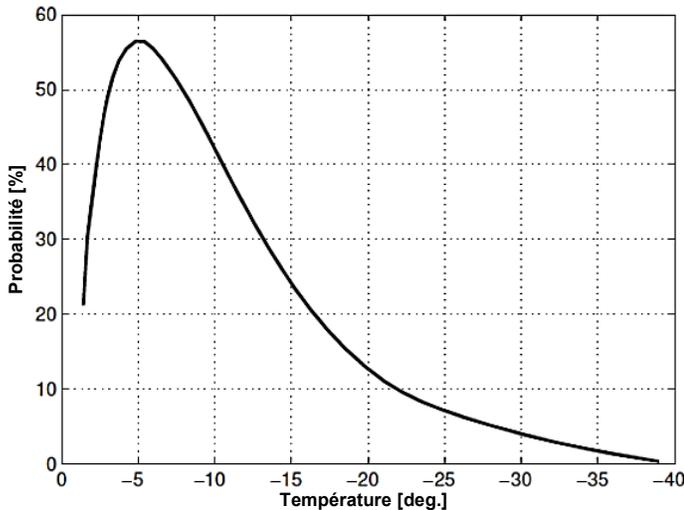


Figure 10 : Probabilité de formation de givre en fonction de la température de l'air [15]

La probabilité de givre météorologique diminue dans l'air à basses températures puisque les gouttelettes d'eau liquide dans l'air se solidifient. La Figure 10 doit être interprétée avec prudence, car la probabilité de givre n'est pas liée à la probabilité de persistance du givre ou de délestage de glace.

Le délestage de glace a tendance à se produire par temps doux, lorsque le givre commence à fondre. Par conséquent, des températures près de 0 °C sont liées à une augmentation du risque de jet et de chute de glace. Néanmoins, s'il y a présence de givre, les mêmes précautions doivent être prises, quelle que soit la température de l'air.

Méthodes de détection de givre

Il existe différentes façons d'évaluer la présence de givre dans un parc éolien autrement que par une inspection visuelle. Les méthodes de détection de givre sont de bons indicateurs de la présence réelle de givre sur le site. Cependant, comme elles sont toutes limitées, elles ne doivent pas être utilisées pour statuer sur l'absence de givre. Les méthodes de détection de givre ne devraient servir qu'à retarder le travail sur le site lorsqu'elles suggèrent la présence de givre.

Double anémométrie

La double anémométrie est une méthode de détection de givre qui compare les vitesses du vent

mesurées par des anémomètres chauffés et non chauffés. Au cours d'un événement de givre, les anémomètres non chauffés vont geler, ce qui diminuera la vitesse du vent mesurée, un phénomène qui ne se produira pas sur les anémomètres chauffés. Cette méthode de détection de givre nécessite l'utilisation d'anémomètres non chauffés et chauffés, qui ne sont pas toujours tous deux présents sur un site donné. Si le givre causé par le passage de nuages se produit uniquement au-dessus ou au-dessous de la nacelle, il peut ne pas être détecté par la double anémométrie, bien qu'il puisse contribuer à l'accumulation de givre sur les pales.

Détecteurs de givre

Il existe différents détecteurs de givre sur le marché, qui sont conçus pour diverses applications. Par exemple, certains détecteurs de givre détectent seulement le givre météorologique tandis que d'autres détectent le givre instrumental. De plus, les détecteurs de givre peuvent donner des informations sur la présence de givre sur la nacelle ou sur les pales selon le type d'appareil. Par conséquent, il est important de tenir compte de l'application pour laquelle a été conçu le détecteur de givre lors de l'interprétation de ses données.

Détection de sous-performance de l'éolienne

La méthode de détection de givre par sous-performance de l'éolienne est réalisée en comparant la puissance produite à la puissance attendue de l'éolienne. Elle est un indicateur de la présence de givre sur les pales. Étant donné que le givre réduit les performances aérodynamiques des pales, la présence de givre sur ces dernières résultera en une puissance produite inférieure à la puissance attendue pour une vitesse de vent donnée. Cependant, cette méthode ne fonctionne pas sur les éoliennes à l'arrêt ou lorsque la vitesse du vent est très faible.

Véhicules adaptés à la neige

Au cours de l'hiver, l'utilisation de véhicules adaptés à la neige est essentielle pour circuler sur les routes de service non dégagées. Il existe plusieurs types de véhicules adaptés à la neige et le véhicule à privilégier dépendra de l'application souhaitée.

Motoneiges

Les motoneiges sont rapides. Elles sont couramment utilisées pour se déplacer d'un bâtiment à l'autre. En outre, comme il s'agit des véhicules les plus rapides sur les sites non déneigés, elles peuvent être utilisées pour remorquer des traîneaux d'évacuation médicale (Figure 11).



Figure 11 : Motoneige remorquant un traîneau d'évacuation médicale [12]

Cependant, comme elles ne sont pas munies d'un habitacle fermé, les conducteurs et les passagers sont exposés aux risques liés au vent, au froid ainsi qu'aux jets et chutes de glace.

Véhicule à chenilles

Un véhicule à chenilles est spécifiquement conçu pour se déplacer sur la neige (Figure 12).



Figure 12 : Véhicule à chenilles

Les véhicules à chenilles ont un habitacle fermé et sont de la taille d'un camion. Ils sont couramment utilisés pour s'approcher des éoliennes et des structures, car ils peuvent facilement être équipés d'une protection supplémentaire contre les jets et chutes de glace. En outre, ils permettent au conducteur et aux passagers de ne pas être exposés au froid ou au vent. Toutefois, leur lenteur est un inconvénient.

Camions sur chenillettes

Les camions sur chenillettes ou les véhicules 4x4 sur chenillettes (Figure 13) sont utiles lorsqu'il n'y a pas beaucoup de neige; ils peuvent cependant s'enliser dans une neige plus profonde en raison de leur surface de contact inférieure à celle d'un véhicule à chenilles.



Figure 13 : Camion sur chenillettes [12]

Les camions sur chenillettes offrent également la sécurité d'un habitacle fermé et constituent une protection contre le froid et le vent.

Dispositifs de protection contre les chutes de glace

Les dispositifs de protection contre les chutes de glace ne sont pas couramment utilisés dans l'industrie et certains ne sont pas disponibles sur le marché. Ils sont conçus pour offrir une protection contre les chutes de glace lorsque les employés entrent dans l'éolienne et peuvent consister en des installations permanentes ou mobiles.

Les dispositifs permanents prennent la forme d'un toit qui recouvre l'accès à l'éolienne et les escaliers. Il existe également des dispositifs pour protéger le transformateur lorsque celui-ci est situé au pied de l'éolienne. Les deux figures suivantes (Figure 14 et Figure 15) montrent des dispositifs de protection

fixes pour l'entrée de l'éolienne et pour un transformateur.



Figure 14 : Dispositif permanent pour protéger l'accès à l'éolienne des chutes de glace



Figure 15 : Dispositif permanent pour protéger le transformateur contre les chutes de glace

Les dispositifs mobiles, eux, consistent principalement en une remorque avec un toit de protection. Les photos suivantes (Figure 16 et Figure 17) montrent des prototypes de dispositifs de protection contre les chutes de glace pouvant être remorqués par un véhicule à chenilles. Ces dispositifs impliquent des procédures spécifiques concernant le transfert de personnel du véhicule à l'éolienne.



Figure 16 : Dispositif de protection contre les chutes de glace remorqué par un véhicule à chenilles



Figure 17 : Dispositif de protection contre les chutes de glace

Définitions des dangers

Les dangers liés au climat froid sont présents lors d'un événement de givre, d'une tempête de neige ou pendant les jours les plus froids de l'hiver. Ces dangers peuvent également persister sur plusieurs jours à la suite d'un événement météorologique. Il faut donc demeurer vigilant en tout temps.

L'évaluation des risques liés au climat froid commence dès le départ de la maison pour se rendre au travail. En effet, les dangers liés au climat froid ne se limitent pas aux heures de travail. Sur le chemin du travail, les routes peuvent être glacées, la visibilité peut être réduite ou vous pouvez avoir des gelures lorsque vous faites le plein de votre voiture.

De plus, pour une équipe d'opération et de maintenance d'un parc éolien, le climat froid implique divers dangers qui doivent être pris en considération. Il est important d'être conscient de ces dangers, de les prévenir et de les minimiser de manière appropriée, même si la probabilité d'un incident important résultant de ces dangers est faible. Ces dangers sont définis dans les sous-sections suivantes et les meilleures pratiques pour atténuer les risques sont détaillées à la section 4.

Dangers liés au givre et à la neige

Les dangers potentiels liés au givre concernent principalement, mais sans s'y limiter, les chutes et jets de glace. De plus, la conduite peut être très dangereuse dans des conditions de givre; la glace noire peut augmenter le risque de dérapage et les tempêtes de neige peuvent réduire la visibilité ou former des bancs de neige, ce qui rend parfois les routes inaccessibles.

Le Tableau présente une liste générale des dangers potentiels liés au givre ainsi que leurs définitions. Cette liste est à considérer selon les caractéristiques spécifiques à chaque parc éolien. Chaque site possède en effet ses propres structures, routes et terrains, et donc ses propres dangers.

Tableau 5 : Définitions des dangers liés au givre et à la neige

Chute de glace

Lors d'une chute de glace, des fragments de glace tombent des structures, des nacelles d'éoliennes ou des pales de rotor à l'arrêt. Selon les circonstances, il peut alors y avoir un risque pour les travailleurs ou les autres personnes qui accèdent à la zone de chute de glace de l'éolienne.

Une chute de glace peut entraîner de graves blessures ou même la mort. Être frappé par un objet dont l'énergie cinétique est supérieure à 40 joules est considéré comme potentiellement mortel [16]. Des morceaux de glace de seulement 0,2 kg (Figure 18) peuvent générer cette quantité d'énergie en tombant d'une hauteur de 30 à 50 mètres [16].

Bien que la chute de glace ait le potentiel de blesser gravement ou de causer la mort dans certaines circonstances, il a été démontré que les diverses pratiques décrites dans ce document atténuent considérablement les risques associés. Les précautions à prendre pour minimiser les risques associés aux dangers de chute de glace sont définies à la section 4.



Figure 18 : Morceau de glace d'environ 0,2 kg

Les morceaux de glace peuvent également endommager l'équipement situé dans les zones de jets de glace ou de chute de glace. La section 1.5.2 indique comment évaluer avec prudence la distance maximale de chute de glace. La Figure 19 : Escaliers endommagés à la suite d'une chute de glace montre des escaliers endommagés à la suite d'une chute de glace à la base d'une éolienne.



Figure 19 : Escaliers endommagés à la suite d'une chute de glace

Jets de glace

Les jets de glace sont définis par la projection de morceaux de glace d'une pale lorsque l'éolienne est en fonctionnement. Ils peuvent, selon les circonstances, présenter un risque pour la santé et la sécurité. Les jets de glace impliquent généralement des distances de parcours supérieures aux chutes de glace [17] et les morceaux projetés peuvent atteindre une masse de plusieurs kilogrammes [9].

Les précautions à prendre pour atténuer les risques associés aux dangers des jets de glace sont définies à la section 4.

Glace noire

De la glace noire peut être présente sur les routes, les routes de service ainsi que sur d'autres surfaces. Lorsque vous conduisez, la glace noire augmente le risque de dérapage et peut entraîner des accidents graves en raison d'une perte de traction inattendue. Le même risque est présent lorsque vous marchez, lorsque vous accédez à l'éolienne ou lorsque vous travaillez sur la nacelle. Une chute inattendue peut entraîner des blessures graves.

Obstruction par la présence de bancs ou de lames de neige

Les routes de service en hiver sont souvent inaccessibles en raison de l'accumulation de neige causée par les tempêtes ou les vents violents. Des lames de neige peuvent se former sur les routes, empêchant le personnel d'accéder aux éoliennes ou aux bâtiments. Les véhicules de service peuvent se retrouver coincés dans les lames ou les bancs de neige, exposant les conducteurs et les passagers à de multiples dangers, y compris les blessures liées au froid ou d'éventuels jets ou chutes de glace.

Routes enneigées

La présence de neige sur les routes réduit la traction entre les pneus du véhicule et la route, ce qui augmente le risque de dérapage. Une combinaison de route enneigée et de mauvaise visibilité est fréquente, car les deux sont caractéristiques des tempêtes de neige.

Tempêtes de neige

Les tempêtes de neige peuvent souvent évoluer très rapidement et ne sont pas nécessairement le résultat de précipitations. Les vents violents peuvent déplacer la neige déjà présente sur le sol, réduisant énormément la visibilité et recouvrant les routes de quantités importantes de neige. Les travailleurs peuvent se retrouver coincés dans l'éolienne ou sur le site. Il est aussi à noter que le facteur de refroidissement éolien peut être important pendant les tempêtes de neige.

Blizzard

En présence de nuages ou lors de vents violents, la visibilité peut être considérablement réduite; on parle alors de blizzard ou de poudrier. Une mauvaise visibilité peut rendre impossible l'évaluation de la présence de givre sur les structures. De plus, il est facile de se perdre, notamment en revenant au véhicule depuis l'éolienne ou en conduisant sur les routes de service. En outre, une mauvaise visibilité augmente les dangers liés à la conduite. En effet les obstacles peuvent n'être visibles qu'à la dernière minute dans de telles conditions, ce qui réduit le temps pour réagir.

fait d'avoir froid pendant une période prolongée peut entraîner une baisse de la température corporelle, ce qui peut mettre la vie en danger. Les basses températures affectent non seulement le corps humain, mais peuvent aussi épaissir la graisse et l'huile, affaiblir la résistance du plastique aux contraintes, affaiblir les fils électriques, réduire la durée de vie des batteries, etc. Le Tableau 6 définit les dangers documentés liés aux basses températures.

Tableau 6 : Définitions des dangers liés aux basses températures

Gelures superficielles

Les gelures superficielles sont une forme légère de gelures. Elles se produisent généralement sur le nez, les orteils, les doigts et les lobes d'oreille qui sont exposés à de basses températures. La peau de la zone affectée gèle et devient blanche. Elle peut alors paraître engourdie. La peau est dure au toucher, mais les tissus plus profonds sont toujours mous [18]. Les gelures superficielles sont réversibles et ne provoquent qu'une légère gêne. Cependant, si aucune mesure n'est prise, la gelure superficielle évoluera en gelure, qui est une blessure plus sévère.

Gelures

Les gelures sont causées par une exposition à des températures très basses ou par le contact avec des objets extrêmement froids (en particulier des outils en métal). Les mouvements de précision des mains et le fait de tenir des outils froids augmentent le risque de gelures.

Les gelures se définissent par une température des tissus qui tombe en dessous du point de congélation. Les cas de gelures peuvent être légers ou sévères. Une légère douleur et une inflammation de la peau sont des symptômes de gelures légères, tandis qu'une sensation de brûlure ou de picotement est un symptôme de cas sévère. Les gelures graves impliquent parfois des dommages aux tissus, bien qu'elles puissent ne pas être douloureuses [18].

Hypothermie

L'hypothermie consiste en une baisse de température corporelle en dessous de la normale. Elle se produit à basse température lorsque le corps est incapable de compenser une perte de chaleur (causée par des vêtements inadaptés ou par une exposition prolongée à de basses températures).

Les premiers symptômes sont une sensation de froid suivie de douleurs dans les parties exposées du corps, des frissons et des difficultés à accomplir des tâches complexes avec les mains.

Si la température du corps n'augmente pas, le symptôme suivant est l'engourdissement, qui fait disparaître la douleur et la sensation de froid. Une incoordination musculaire peut aussi survenir.

Dangers liés aux basses températures

L'exposition aux basses températures est dangereuse. La peau exposée peut geler, causant des gelures superficielles ou des gelures. De plus, le

Les derniers symptômes avant la mort sont la somnolence, l'interruption des frissons, la diminution de la conscience, la dilatation des pupilles et le coma [18].

Comportement humain

Les basses températures affectent le corps humain aux niveaux physiologique et psychologique d'une manière qui peut être dangereuse pour l'opération et la maintenance des parcs éoliens.

D'un point de vue physiologique, on sait que les basses températures augmentent le temps de réaction et réduisent la dextérité musculaire et la sensibilité au toucher. Cela peut entraîner la chute d'outils ou accroître le risque de trébucher. En outre, dans un froid extrême, le corps est entièrement engagé à maintenir sa température et, par conséquent, il ne reste pas suffisamment d'énergie pour les travaux physiques et mentaux habituels [19]. Les tâches habituelles peuvent prendre plus de temps et les décisions appropriées (concernant le travail ou l'évaluation des risques) sont plus difficiles à prendre. De plus, comme les basses températures peuvent causer un inconfort général, on peut avoir tendance à faire le travail plus rapidement. Les bonnes précautions seront peut-être négligées et donc, cela peut accroître le risque de blessures, mettre en danger la production énergétique de l'éolienne et augmenter le risque de défaillance mécanique ou électrique.

Refroidissement éolien

Le refroidissement éolien réduit la température ressentie par le corps humain et est fonction de la vitesse du vent. Lorsque la vitesse du vent augmente, la température ressentie diminue. Le refroidissement éolien doit être pris en compte afin de choisir les vêtements appropriés et la durée de l'exposition, car il influencera tous les dangers liés aux blessures causées par le froid. Le Tableau montre les températures ressenties pour différentes vitesses de vent et températures de l'air.

Équipement et outils froids

Dans des conditions de basses températures, tout équipement non chauffé peut devenir extrêmement froid. Les portes, trappes, serrures, échelles, outils et autres équipements peuvent geler; leur utilisation nécessite alors plus de précautions et de préparation.

Les outils gelés augmentent le risque de gelures, car la chaleur passe rapidement de la main à l'outil. En raison des propriétés de conduction thermique, le risque de gelures est plus élevé si l'outil est en métal plutôt qu'en plastique ou en bois.

Problèmes mécaniques

Les températures basses rendent plus fragiles certains matériaux, tels que les plastiques et les métaux. Par conséquent, l'utilisation d'équipement en dehors de la plage de températures prévue peut entraîner une défaillance mécanique. Les chargements qui auraient induit une déformation élastique ou aucune déformation à des températures chaudes peuvent provoquer la rupture d'un matériau par temps froid.

Ainsi, il est important de respecter les limites de température de tous les équipements, en particulier les équipements de protection individuelle (EPI).

Problèmes électriques

L'équipement de transmission électrique soumis au froid peut subir un choc thermique s'il est mis sous tension en dessous des limites de température d'opération normales.

En présence de froid et d'humidité, du gel peut se former dans les boîtiers électriques et les barres omnibus à la suite d'un arrêt prolongé. Les circuits à haute tension ne devraient pas être mis sous tension avant que le givre soit enlevé.

Les basses températures ont une incidence sur le démarrage des véhicules. À des températures très basses, les voitures ou autres véhicules peuvent ne pas démarrer en raison de la capacité réduite de la batterie et de l'augmentation du courant électrique alors requis par le démarreur et les accessoires.

Les téléphones cellulaires, les outils alimentés par batterie et les appareils de communication n'opèrent pas aussi longtemps dans le froid.

Comportement de l'huile et de la graisse

L'huile et la graisse s'épaississent par temps froid. Cela peut avoir un effet sur les équipements tels que les générateurs, les boîtes de vitesses, les moteurs, les engrenages, etc. L'utilisation d'huile ou de graisse qui n'est pas adaptée aux basses températures peut entraîner des défaillances mécaniques et mettre en danger l'intégrité des composantes d'une éolienne.

Meilleures pratiques

Cette section présente les meilleures pratiques de l'industrie pour l'opération et la maintenance des éoliennes en présence de givre et de basses températures.

Les meilleures pratiques en climat froid décrites dans cette section ont été établies en fonction des pratiques actuellement utilisées dans l'industrie éolienne, de la documentation à jour fiable ainsi que des exigences réglementaires fédérales. Il existe au Canada quatorze juridictions en matière de législation sur la santé et la sécurité au travail : une fédérale, dix provinciales et trois territoriales [20]. Les exigences fédérales couvrent essentiellement les employés du gouvernement fédéral et les entreprises qui exercent leurs activités dans plusieurs provinces. Étant donné que les exigences réglementaires varient d'une province et d'un territoire à l'autre et que ce guide est destiné à l'industrie éolienne canadienne, les exigences provinciales et territoriales n'ont pas été prises en compte. Il est donc important de s'assurer que les meilleures pratiques décrites dans cette section respectent les exigences réglementaires de la province ou du territoire où sont réalisées les activités d'opération ou de maintenance. Le lecteur devrait ainsi y apporter les modifications jugées nécessaires. L'Annexe A contient les coordonnées des ressources de chaque province et territoire pour obtenir leurs exigences réglementaires.

Étant donné que chaque site possède ses propres élévations de terrain, bâtiments, routes de service, etc., d'autres pratiques ou une combinaison de pratiques autres que celles présentées dans ce document pourraient davantage convenir à une situation spécifique. La formation du personnel est donc importante pour s'assurer que les bonnes mesures préventives sont appliquées sur tout le territoire d'un parc éolien.

Il faut souligner que le risque de blessure est toujours présent même lorsque ces meilleures pratiques sont respectées, car elles ne garantissent pas la sécurité de l'utilisateur ou de l'équipement. Lorsqu'il travaille, l'employé doit rester vigilant et être toujours conscient de l'environnement et des changements de conditions, en particulier dans les régions de climat froid. L'identification, l'évaluation et le contrôle des dangers sont des processus continus. Personne ne devrait effectuer une tâche qui semble dangereuse, quelles que soient les meilleures pratiques établies.

Généralités

Cette section fournit des conseils de base sur la sécurité, l'évaluation générale des risques et les meilleures pratiques concernant le travail général et les dangers associés à l'opération et à la maintenance des parcs éoliens en climat froid.

Conseils de sécurité de base

Bien que les exigences en matière de santé et de sécurité au travail varient d'une province et d'un territoire à l'autre, le Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST) fournit des responsabilités fondamentales et communes.

Droits et responsabilités de l'employé [19] :

- Travailler en conformité avec les lois et les règlements sur la santé et la sécurité au travail;
- Utiliser l'EPI et les vêtements selon les directives de l'employeur;
- Signaler les dangers associés aux lieux de travail au superviseur ou à l'employeur;
- Travailler de façon sécuritaire, tel que requis par l'employeur, et utiliser l'équipement de sécurité prescrit;
- Informer le superviseur ou l'employeur de tout équipement ou dispositif de protection manquant ou défectueux qui pourrait être dangereux;
- Droit de refuser un travail dangereux;
- Droit de participer aux activités de santé et de sécurité au travail organisées par le comité de santé et de sécurité (CSS) ou de devenir un représentant de la santé et de la sécurité des travailleurs;
- Droit de connaître ou d'être informé des dangers potentiels associés au lieu de travail.

Responsabilités du gestionnaire ou du superviseur [19] :

- S'assurer que les travailleurs travaillent en conformité avec les lois et les règlements sur la santé et la sécurité au travail;
- S'assurer que les travailleurs utilisent les équipements de protection prescrits;
- Informer les travailleurs des dangers potentiels et réels;
- Fournir aux travailleurs des instructions écrites sur les mesures et les procédures à suivre pour qu'ils soient protégés;

- Prendre toutes les précautions raisonnables qui s'imposent dans les circonstances pour assurer la protection des travailleurs.

Responsabilités de l'employeur [19] :

- Établir et maintenir un comité de santé et de sécurité ou demander aux travailleurs de choisir au moins un représentant en santé et sécurité;
- Prendre toutes les précautions raisonnables pour s'assurer que le lieu de travail soit sécuritaire;
- Former les employés sur tous les dangers potentiels et sur la façon d'utiliser, de manipuler, de stocker et d'éliminer en toute sécurité les substances dangereuses, ainsi que sur la façon de gérer les urgences;
- Fournir des EPI et veiller à ce que les travailleurs sachent comment bien utiliser et manipuler l'équipement en toute sécurité;
- Signaler immédiatement toutes les blessures graves au service gouvernemental responsable de la santé et de la sécurité au travail;
- Nommer un superviseur compétent qui établit les normes de performance et s'assure que les conditions de travail sécuritaire soient toujours respectées.

Selon la loi, l'employeur doit fournir à l'employé un milieu de travail sain et sécuritaire. Le superviseur est également responsable de s'assurer que les employés comprennent comment effectuer leur travail en toute sécurité. L'employé est responsable de travailler de manière sécuritaire [19].

Selon le Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST), les éléments de sécurité de base liés au travail en climat froid sont les suivants [19] :

1. La bonne façon de faire le travail est la façon sécuritaire; suivez les instructions et posez des questions;
2. Soyez au fait des dangers potentiels;
3. Soyez au fait des règles de sécurité associées à chaque tâche spécifique;
4. Suivez les procédures d'urgence;
5. Signalez toutes les blessures;
6. Ayez une bonne connaissance de l'équipement d'urgence;
7. Utilisez un équipement de protection individuelle;

8. Apprenez les procédures de sécurité spéciales;
9. Ayez une bonne compréhension de la sécurité saisonnière;
10. Verrouillez et étiquetez toutes les sources d'énergie de toutes les machines et de tous les équipements en réparation;
11. Portez des vêtements appropriés;
12. La sécurité à l'extérieur du travail est également importante.

Évaluation des risques

L'évaluation des risques décrit le processus global d'identification des dangers, d'analyse et d'évaluation des risques associés à ces dangers, et enfin de détermination des solutions appropriées pour éliminer ou contrôler les risques [21].

L'évaluation des risques doit être effectuée par les superviseurs, les travailleurs et d'autres personnes compétentes qui ont une bonne connaissance pratique de la situation et, surtout, qui sont capables de porter un jugement objectif. Il peut y avoir de nombreuses raisons d'effectuer des évaluations des risques sur les parcs éoliens en climat froid. Ces raisons comprennent, mais sans s'y limiter :

- Des conditions de basses températures, du givre, ou les deux;
- Un possible changement des conditions météorologiques depuis la dernière évaluation des risques;
- Une nouvelle procédure concernant l'accès aux éoliennes en hiver, la montée sur un mât ou toute autre activité;
- L'endroit où s'effectue le travail, qui peut augmenter la probabilité d'occurrence de certains dangers;
- L'arrivée d'un nouveau membre dans l'équipe;
- L'arrivée d'un nouvel équipement;
- De nouvelles informations concernant les dangers;
- Le fait qu'une activité n'ait jamais été faite auparavant.

En outre, l'évaluation des risques liés au climat froid devrait être intégrée aux formulaires d'analyse de la sécurité des tâches (AST, ou JSA en anglais).

Identification des dangers

L'information sur les risques et les dangers est essentielle pour effectuer correctement une évaluation des risques. Pour l'opération et la

maintenance des parcs éoliens, en particulier en climat froid, des données spécifiques sont nécessaires dès le départ pour garantir une évaluation et une atténuation adéquates des risques. Les données suivantes sont essentielles pour identifier les dangers et déterminer un plan approprié pour la journée :

- Présence de givre constatée par une méthode de détection appropriée
- Conditions et prévisions météorologiques
 - Vitesse du vent
 - Température
 - Précipitations
- Conditions routières

Ces données sont essentielles pour identifier les dangers et déterminer un plan approprié pour la journée. Une fois sur place, une inspection visuelle des éoliennes et des structures (avant d'entrer dans une zone de jets de glace) est également essentielle pour évaluer les dangers liés au givre.

Évaluation des risques

L'évaluation des risques est double. Premièrement, la catégorie de probabilité est déterminée, puis la catégorie de sévérité des conséquences (le cas échéant) est évaluée. Le Tableau 7 et le Tableau 8 définissent la probabilité et la gravité des risques liés à l'opération et à la maintenance des parcs éoliens dans les régions de climat froid.

Tableau 7 : Catégorie de probabilité [21]

Probabilité	Définition
Faible	Peut être vécu une fois pendant la vie active.
Moyenne	Peut être vécu une fois tous les cinq ans par un individu.
Élevée	Susceptible d'être vécu une ou deux fois par année par un individu.

La probabilité d'occurrence est difficile à évaluer et les définitions générales peuvent ne pas toujours être exactes. Bien que le fait d'être frappé par des morceaux de glace soit très rare, la catégorie de probabilité est considérée comme moyenne sous une structure glacée.

Tableau 8 : Catégorie de sévérité [21]

Sévérité	Définition
Faible	Blessure qui nécessite des premiers soins seulement. Comprend une douleur à court terme, des vertiges, de l'irritation et des gelures superficielles.
Moyenne	Blessure nécessitant des jours de congé. Par exemple, gelures, hypothermie légère, fracture mineure, etc.
Élevée	Fracture majeure, hypothermie sévère, blessure grave à la tête, importante perte de sang, accident mortel, etc.

La catégorie de sévérité relative à la chute d'un morceau de glace est élevée, puisque si un incident se produit, il peut entraîner des blessures graves ou même la mort.

Le Tableau 9 et le Tableau 10 aident à évaluer la catégorie de risque afin de déterminer les risques qui doivent être éliminés ou contrôlés en premier selon le CCHST [21].

Tableau 9 : Matrice de risque [19]

Probabilité	Élevée			
	Moyenne			
	Faible			
		Faible	Moyenne	Élevée
		Sévérité		

Tableau 10 : Catégorie de risque [21]

Description	Code de couleur
Immédiatement dangereux	
Risque élevé	
Risque moyen	
Risque faible	
Risque très faible	

Déterminer les solutions appropriées pour éliminer le danger ou contrôler le risque

Une fois le risque évalué, il doit être éliminé ou contrôlé. Le Tableau décrit les recommandations générales appropriées pour chaque catégorie de risque.

Tableau 11 : Catégorie de risque et recommandations appropriées

Catégorie de risque	Recommandation
Immédiatement dangereux	Arrêter le processus et mettre en place des contrôles.
Risque élevé	Étudier le processus et mettre en place des contrôles immédiatement.
Risque moyen	Continuer le processus; cependant, un plan de contrôle doit être élaboré et devrait être mis en œuvre dès que possible.
Risque faible	Continuer le processus et surveiller la situation régulièrement. Un plan de contrôle doit être envisagé.
Risque très faible	Continuer à surveiller le processus.

Quelle que soit la catégorie de risque, si le travail n'est pas sécuritaire : cesser les tâches en cours, se déplacer à un endroit sécuritaire, informer la personne en autorité et documenter le danger.

Les trois étapes de l'évaluation des risques constituent un processus continu :

1. Identification des dangers;
2. Évaluation des risques;
3. Détermination des solutions appropriées pour éliminer le danger ou contrôler les risques.

L'évaluation des risques est également couverte par la norme internationale ISO12100:2010 [22].

Sécurité publique

Ce guide présente les meilleures pratiques de santé et de sécurité pour les parcs éoliens en climat froid. Il ne s'agit pas d'un recueil exhaustif de toutes les informations, lois et pratiques disponibles pour assurer un environnement complètement sécuritaire pour le public.

Cependant, cette section fournit certaines pratiques concernant les dangers liés à la sécurité publique.

Tableau 12 : Meilleures pratiques concernant la sécurité publique dans le cadre de l'opération d'un parc éolien en climat froid

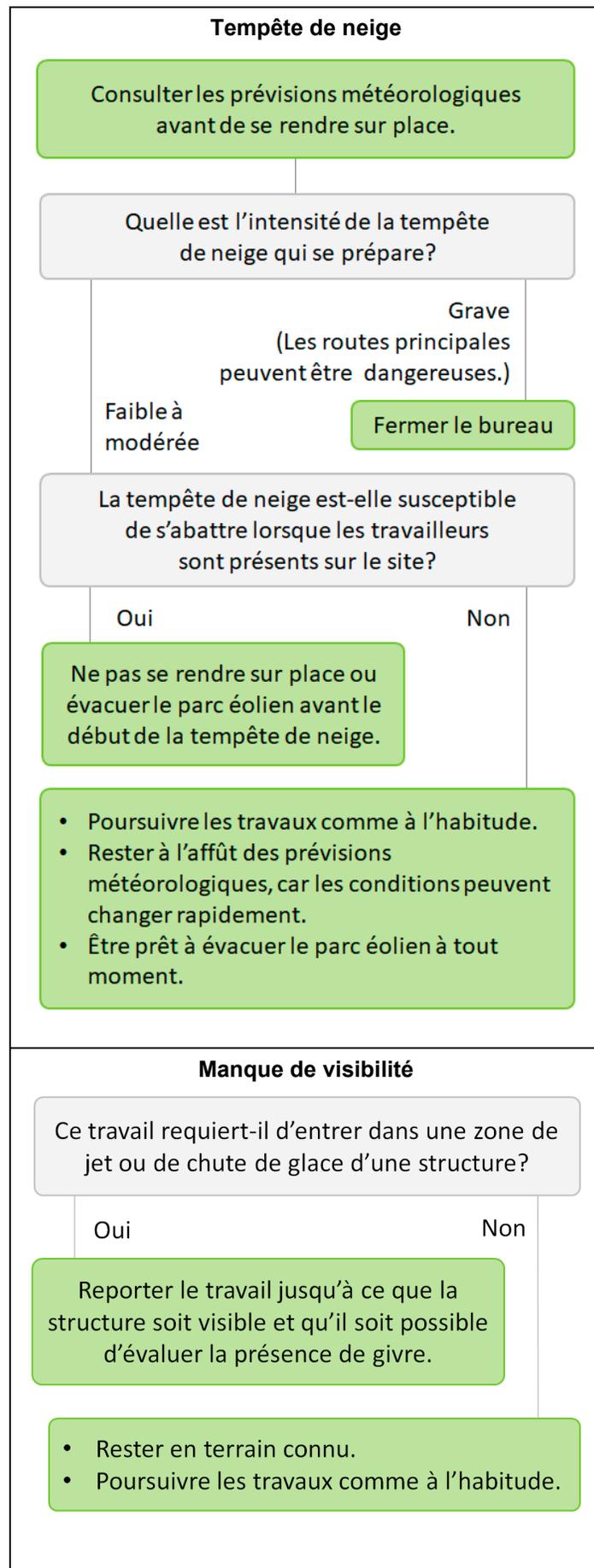
<p align="center">Accès restreint</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'accès du public aux parcs éoliens devrait être restreint (idéalement au moyen de clôtures ou de panneaux de propriété privée).
<p align="center">Panneaux d'avertissement de danger pour le public</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les panneaux de danger doivent être visibles et placés à des endroits stratégiques. Pensez aux sentiers d'activités récréatives (motoneige, randonnée, ski, etc.). Des feux lumineux combinés à une méthode de détection de givre peuvent également être installés sur ces panneaux.
<p align="center">Informez le public</p> <ul style="list-style-type: none"> • Informer le public; diffusion d'annonces à la radio, dans les journaux, dans les clubs de motoneige, sur des sites Web et sur les affichages publics.
<p align="center">Arrêt pendant les événements de givre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pour prévenir ou réduire le risque de jets de glace sur des routes ou terrains publics, certaines éoliennes doivent être mises à l'arrêt pendant les événements de givre. Ceci est généralement identifié pendant la phase de développement du parc éolien.

Meilleures pratiques – Généralités

Planifiez toujours votre travail et soyez au courant des conditions et prévisions météorologiques. Le Tableau 13 détaille les meilleures pratiques concernant le travail général et les dangers liés à l'opération et à la maintenance des parcs éoliens en climat froid.

Tableau 13 : Meilleures pratiques générales liées à l'opération et à la maintenance des parcs éoliens en climat froid

<p style="text-align: center;">Planification du travail</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vérifier les prévisions météo. • Évaluer la présence de givre sur le site à l'aide d'une méthode de détection appropriée. • S'informer des conditions observées par les équipes de travail précédentes (les informations sur la présence de givre peuvent être consignées dans un registre, un calendrier ou l'équivalent).
<p style="text-align: center;">Basses températures</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vérifier les prévisions relatives à la température et à la vitesse du vent. • Évaluer les températures ressenties réelles et futures. • Choisir des vêtements appropriés. • Choisir des intervalles de travail appropriés. <p style="text-align: center;">Se référer à :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vêtements appropriés • Réchauffement et intervalles de travail
<p style="text-align: center;">Vêtements appropriés</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rester au sec et éviter de transpirer. • S'habiller selon la température ressentie. • S'habiller selon le type d'activité. • Les vêtements multicouches amples offrent la meilleure isolation. • Porter une couche extérieure imperméable et un coupe-vent. • Porter une tuque chaude avec une protection pour les oreilles. • Porter des mitaines plutôt que des gants, si possible. • Porter des chaussettes en laine (avoir une paire supplémentaire). • Se munir de bottes de sécurité isolées (avoir des chaussures de sécurité supplémentaires pour les travaux d'intérieur). • Porter un masque en cas de vents froids (pas d'écharpe).



Danger de jets de glace

- Ne pas s'approcher de l'éolienne.
- Rester à l'extérieur de la zone de jets de glace de l'éolienne.
- Informer votre superviseur immédiat ou le gestionnaire du site.
- Reporter le travail jusqu'à ce que le danger soit disparu.

Se référer à :

- Évaluer la présence de givre
- L'éolienne est givrée

Réchauffement et intervalles de travail

Quel est le degré d'effort physique requis?

Élevé à modéré

Faible

Envisagez une étape ci-dessous.

Air Temperature °C	Work/Warm-up Schedule for outside workers based on a Four-Hour Shift									
	No Wind		2 m/s		4,5 m/s		6,5 m/s		9 m/s	
	Max work period	No. of break	Max work period	No. of break	Max work period	No. of break	Max work period	No. of break	Max work period	No. of break
-21° to -22°	120 min	1	120 min	1	120 min	1	120 min	1	75 min	2
-23° to -25°	120 min	1	120 min	1	120 min	1	75 min	2	55 min	3
-26° to -28°	120 min	1	120 min	1	75 min	2	55 min	3	40 min	4
-29° to -31°	120 min	1	75 min	2	55 min	3	40 min	4	30 min	5
-32° to -34°	75 min	2	55 min	3	40 min	4	30 min	5		
-35° to -37°	55 min	3	40 min	4	30 min	5				
-38° to -39°	40 min	4	30 min	5						
-40° to -42°	30 min	5								
-43° & below	Non-emergency work should cease		Non-emergency work should cease		Non-emergency work should cease		Non-emergency work should cease		Non-emergency work should cease	

A break is 15 minutes in a warm location

Gelures superficielles

- Se rendre dans un endroit chaud.
- Ne pas frotter la zone affectée.

Trousse d'urgence

Contenu	Emplacement			
	Motoneige	Véhicule	Bâtiment	Éolienne
Compresseurs chauffantes	X	X	X	X
Couverture d'urgence	X	X	X	X
Couverture supplémentaire	X	X	X	X
Eau (remplacer une fois par an)	X	X	X	X
Nourriture (remplacer une fois par an)	X	X	X	X
Allume-feu	X	X		
Trousse de premiers soins	X	X	X	X
Lampe de poche et piles supplémentaires (remplacer les piles une fois par an)	X	X	X	X
Couteau de poche	X	X	X	X
Sifflet	X	X	X	X
Sable, sel ou litière pour chat		X	X	X
Pelle	X	X	X	X
Extincteur d'incendie	X	X	X	X
Cordes de remorquage	X	X		
Câbles de démarrage		X		
Liquide lave-glace		X		
Abri	X	X		
Carburant supplémentaire	X			
Bougies d'allumage	X			
Courroie de rechange	X			
Trousse de déversement	X	X		
Trousse de sauvetage pour le travail en hauteur				X

Équipement de protection individuelle

- Casque
- Veste à haute visibilité
- Bottes de sécurité isolées
- Gants
- Lunettes de sécurité pour l'hiver
- Équipement de protection contre les arcs électriques
- Vêtements appropriés en fonction de la température (tuque, nombre de couches suffisant, mitaines)

Gelures [18]

- NE PAS essayer de réchauffer la zone affectée sur place (si les tissus gèlent de nouveau, cela peut causer encore plus de dommages).
- NE PAS frotter la zone affectée; NE PAS appliquer de chaleur sèche.
- NE PAS permettre à la victime de fumer ou de boire de l'alcool.
- Vérifier les symptômes d'hypothermie et consulter un médecin.
- Traiter la personne avec douceur et surveiller sa respiration.
- Si possible, déplacer la victime dans un endroit chaud.
- Enlever les vêtements mouillés et desserrer ou enlever délicatement les vêtements ou les bijoux qui peuvent restreindre la circulation sanguine.
- Réchauffer la personne en l'enveloppant dans des couvertures ou en lui mettant des vêtements secs.
- Couvrir la tête et le cou.
- Réchauffer la personne lentement et éviter tout contact direct avec la chaleur.
- Couvrir sans serrer la zone affectée avec un pansement stérile.
- Placer une gaze stérile entre les doigts et les orteils pour absorber l'humidité et les empêcher de coller ensemble.
- Si la personne est alerte, lui donner des liquides chauds à boire.

Hypothermie [18]

- Contacter immédiatement un service d'assistance médicale.
- L'hypothermie est une urgence médicale. Transporter rapidement la victime dans un centre médical d'urgence.
- NE PAS réchauffer directement les bras ou les jambes.
- NE PAS réchauffer la personne trop rapidement (par exemple, ne pas utiliser de lampe infrarouge ou ne pas faire prendre un bain chaud à la personne).
- S'assurer que les vêtements mouillés sont enlevés.
- Placer la victime entre des couvertures afin que la température de son corps puisse augmenter progressivement. S'assurer de couvrir la tête de la victime.
- Les bouteilles d'eau chaude, les coussinets chauffants chimiques ou les couvertures électriques peuvent être utilisés avec prudence. Les envelopper dans une serviette avant de les appliquer et réchauffer le centre du corps de la victime.

- Donner des boissons chaudes et sucrées à la victime à moins qu'elle ne perde rapidement connaissance, soit inconsciente ou ait des convulsions (éviter la caféine et les boissons alcoolisées).
- Pratiquer la RCR (réanimation cardiorespiratoire) si la victime arrête de respirer. Continuer à prodiguer la RCR jusqu'à l'arrivée du personnel médical. Le métabolisme ralentit lorsqu'il fait très froid et, dans certains cas, des victimes d'hypothermie qui semblaient mortes ont été réanimées avec succès.

Givre et neige fondante sur les bâtiments

- Obtenir un visuel du toit avant d'approcher les bâtiments.
- Si le givre ou la neige semblent instables, établir un périmètre de sécurité pour interdire l'accès au bâtiment.
- Minimiser le temps passé le long des murs, en particulier lorsque la température monte au-dessus de -5 °C.
- Ne pas essayer d'enlever de la neige d'un toit à partir du sol; celle-ci peut tomber en entier soudainement.
- Le mouvement des portes ou de petites vibrations peuvent suffire à déclencher la chute de neige ou de glace.

Infrastructures auxiliaires

Le Tableau 14 présente les meilleures pratiques liées à l'opération et à la maintenance des infrastructures auxiliaires (*Balance of Plant*) des parcs éoliens en climat froid. Cette section couvre l'entrée dans un bâtiment, le passage d'une zone froide à une zone chaude, le travail général à l'extérieur, le déneigement et les panneaux d'avertissement de danger pour le public.

Tableau 14 : Meilleures pratiques d'opération et de maintenance liées aux infrastructures auxiliaires des parcs éoliens en climat froid

Passage d'une zone froide à une zone chaude (et inversement)

- Éviter de transpirer.
- Enlever ou ajouter des couches si nécessaire.
- Ne pas attendre d'avoir froid pour ajouter des couches, car le réchauffement peut prendre du temps.
- La neige peut éblouir après un certain temps à l'intérieur. Penser à utiliser des lunettes de soleil ou des lunettes de ski teintées.
- Changer de chaussures de sécurité lorsque vous travaillez dans un environnement chaud (s'assurer que les pieds ne deviennent pas mouillés).

Protection des lignes électriques

- Des lignes électriques givrées peuvent indiquer la présence de givre sur les éoliennes.
- L'équipement de télédétection des lignes électriques signalera généralement un problème.

Travail général à l'extérieur

- Veiller à éviter de glisser et de trébucher, et prendre garde à la glace et à la neige qui tombent des toits et des éoliennes.
- Faire des échauffements (les blessures musculaires sont plus fréquentes par temps froid).
- Porter des vêtements appropriés à la température et au niveau d'activité.
- Essayer d'éviter de transpirer, par exemple en enlevant des couches.
- Rester attentif aux symptômes de blessures liées au froid (gelures et hypothermie).
- Chercher un abri et se réchauffer dès l'apparition de symptômes ou chaque fois que vous sentez inconfortable à cause de la température.

Déneigement

- Informer les fournisseurs des dangers liés au climat froid. Les empêcher de circuler si les conditions sont jugées dangereuses.
- Idéalement, dégager les routes de service après chaque tempête de neige pour éviter l'accumulation de neige et de glace, surtout si le parc éolien n'est pas équipé de véhicules adaptés pour la neige.
- Au besoin, mettre du sel ou du sable sur toutes les routes de service déblayées (porter une attention particulière aux intersections et aux pentes raides).

Dangers électriques

- Si l'éolienne n'a pas été mise sous tension depuis un certain temps :
 - Inspecter les barres omnibus et les composantes sous haute tension pour détecter la présence de givre.
 - Chauffer les boîtiers électriques avant d'activer les circuits sous haute tension des éoliennes : se reporter aux procédures du turbinier.
- Porter des vêtements résistants aux arcs électriques, des gants adaptés et tout autre EPI requis pour les travaux d'électricité.

Panneaux d'avertissement de danger

- Des panneaux d'avertissement de danger doivent indiquer la présence de dangers liés aux jets et aux chutes de glace à l'entrée du parc éolien et au bord de toutes les zones de jets de glace le long des routes de service.
- Les panneaux de danger doivent être visibles et placés à des endroits stratégiques. Pensez aux sentiers d'activités récréatives (motoneige, randonnée, ski, etc.).

Éolienne située à proximité d'un bâtiment d'opération et de maintenance ou d'une sous-station

- Suivre la même procédure que pour entrer dans une éolienne.
Se référer à : Évaluer la présence de givre

Déplacements

Le Tableau 15 présente les meilleures pratiques liées aux déplacements dans des parcs éoliens en climat froid. Cette section porte sur l'inspection des véhicules, les pannes de véhicules, le stationnement, les pneus d'hiver, les lignes électriques tombées au sol, les arbres cassés, les routes de service et les remorques de protection contre les chutes de glace.

Tableau 15 : Meilleures pratiques liées aux déplacements dans des parcs éoliens en climat froid

Inspection des véhicules

Au moment de faire chauffer le moteur, inspecter le véhicule visuellement pour vous assurer que :

- Toutes les lumières fonctionnent.
- Il y a assez d'essence et de liquide lave-glace, et que ce dernier n'est pas gelé.
- Les pneus sont correctement gonflés.

Enlever :

- La neige sur toutes les surfaces.
- La glace sur toutes les fenêtres.

Stationnement

- Stationner le véhicule à l'extérieur de la zone de jets de glace de l'éolienne.
- S'assurer d'avoir un moyen sécuritaire d'accéder au véhicule (c.-à-d. sans avoir besoin d'entrer dans la zone de jets de glace).
- Laisser les clés près du véhicule et s'assurer que ses collègues savent où elles se trouvent.
- Stationner le véhicule de manière à ce qu'il soit face à la sortie.

Pannes de véhicules adaptés à la neige

Demander de l'aide.

Est-ce que le véhicule est doté d'un habitacle fermé?

Oui

Non

Rester à l'intérieur du véhicule.

Les vents sont-ils forts ou les températures sont-elles froides?

Non

Oui

Construire un abri.

Attendre les secours.

Véhicules enlisés

- Préétablir une procédure détaillée pour dégager chaque type de véhicules de la neige.
- Demander de l'aide.
- Ne pas dépenser trop d'énergie à pelleter ou à pousser. Attendre de l'aide.
- Si les températures sont basses, que la vitesse du vent est élevée ou que l'arrivée des secours est incertaine, construire un abri.

Se référer à : Pannes de véhicules adaptés à la neige

Pneus d'hiver

- Pendant l'hiver ou pendant les tempêtes de neige, tous les véhicules circulant sur les routes principales ou sur les routes de service doivent être équipés de pneus d'hiver.
- Les pneus d'hiver ne sont pas conçus pour les routes de service non dégagées. Dans ce cas, utiliser des véhicules adaptés à la neige.

Arbres cassés et branches en surplomb

- Les retirer ou les rendre visibles.

Lignes électriques tombées au sol

En présence d'une ligne électrique endommagée ou tombée au sol :

- Se déplacer vers un endroit sûr; rester à l'écart des lignes électriques et de tout ce qu'elles touchent.
- Ne pas tenter de toucher ou de déplacer la ligne électrique avec un objet.
- Informer les autorités des dommages aux lignes électriques.

Si votre véhicule entre en contact avec une ligne électrique au sol :

- Ne pas sortir du véhicule.
- Éloigner le véhicule des lignes électriques, si ce dernier peut être déplacé en toute sécurité.
- Informer les autorités des dommages aux lignes électriques afin qu'elles soient mises hors tension.

En dernier recours, s'il est nécessaire de quitter le véhicule :

- Ne pas sortir normalement.
- Garder les pieds joints.
- Garder les bras serrés le long du corps.
- Sortir du véhicule en sautant et en évitant de toucher à la fois au sol et au véhicule.
- S'éloigner des lignes et du véhicule en gardant ses pieds joints.

Routes de service

- Ne pas entrer dans les zones de jets de glace des éoliennes givrées.
- Si nécessaire, arrêter à distance toutes les éoliennes dont les zones de jets de glace se situent près de votre route.
- Prendre les mesures appropriées pour empêcher l'utilisation des routes de service des parcs éoliens pour les activités récréatives.
- Se référer à : Panneaux d'avertissement de danger pour le public
- Respecter les propriétaires fonciers.
- Dégager les routes de service avant d'entrer avec des camions.
- Si les routes de service n'ont pas été dégagées, utiliser des véhicules adaptés à la neige.

Se référer à : Déneigement

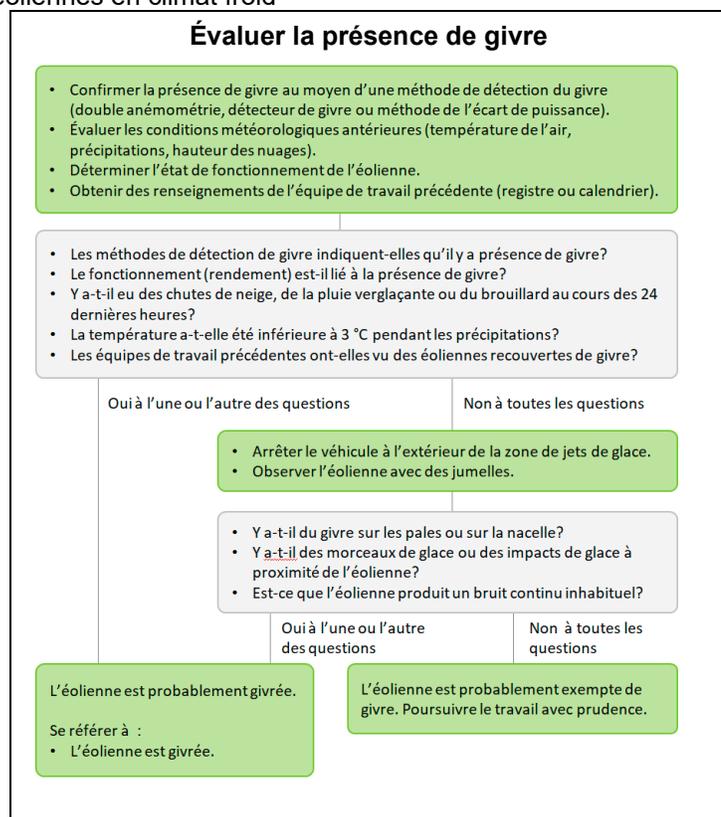
Traineau d'évacuation médicale

- Situé dans le bâtiment principal ou dans un emplacement stratégique du parc éolien.
- S'assurer qu'il est accessible et exempt de neige en tout temps.

Approche de l'éolienne

Le Tableau 16 présente les meilleures pratiques concernant l'approche des éoliennes en climat froid : comment évaluer la présence de givre et sa stabilité, déterminer s'il est sécuritaire d'entrer dans une éolienne, se positionner et approcher de l'éolienne, et déployer des dispositifs de protection contre les chutes de glace.

Tableau 16 : Meilleures pratiques liées à l'approche des éoliennes en climat froid



Éolienne givrée

- Arrêter l'éolienne à distance.
- Rester à l'extérieur de la zone de jets de glace de l'éolienne (environ 300 mètres).
- Observer avec des jumelles

- L'éolienne est-elle entièrement visible?
- Le givre s'est-il accumulé seulement sur le rotor?

Non à l'une ou l'autre des questions

Oui à toutes les questions

- Approcher à 90 mètres
- Diriger l'éolienne à distance (positionner le rotor du côté opposé de la porte d'accès).
- Observer l'éolienne avec des jumelles.

Lorsque l'éolienne est en mouvement et lorsqu'elle est arrêtée :

- Du givre tombe-t-il des pales, du rotor, de la nacelle ou de la tour? Observer l'éolienne pendant 15 minutes.

Oui

Non

Oui

Est-ce que la direction du vent place la porte d'accès sous le vent des pales?

Non

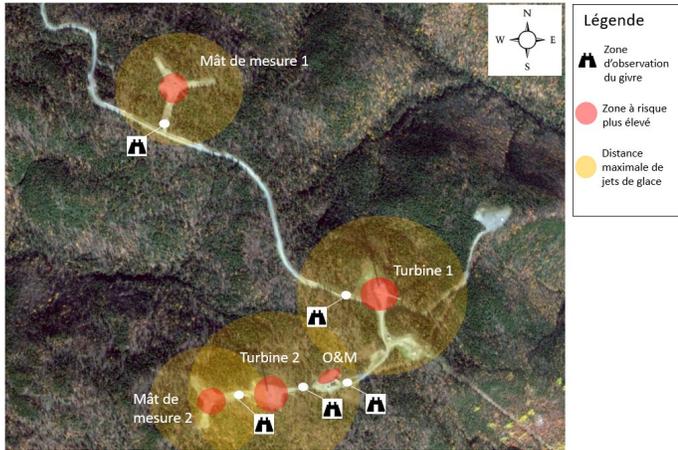
Le travail doit être interrompu.

Il est permis d'entrer dans l'éolienne – SOYEZ PRUDENT.

- Ne pas s'approcher des pales.
- Ne pas s'approcher seul de l'éolienne.
- Désigner un observateur au sein de l'équipe qui surveille en permanence le délestage de la glace.
- Se rapprocher le plus possible de l'éolienne avec le véhicule.
- Observer l'éolienne en permanence pour surveiller le délestage de la glace.
- Déployer un dispositif de protection contre la glace s'il y a lieu.
- Une personne devrait quitter le véhicule et s'assurer que le chemin est sûr et dégagé pour les autres (laisser la porte du véhicule ouverte).
- Minimiser le temps passé à l'extérieur.
- Une fois que tout le monde est à l'intérieur, rapporter immédiatement le véhicule à l'aire de stationnement.
- Répéter les mêmes étapes pour quitter l'éolienne.

Carte du site pour la gestion des risques

Une carte du site montrant les zones d'observation du givre peut être conçue pour permettre aux travailleurs de clarifier les zones où les éoliennes peuvent être observées à une distance sécuritaire. Ces zones peuvent également être identifiées par un panneau de signalisation.



Considérations relatives aux véhicules à chenilles

Conduire un véhicule à chenilles peut être dangereux.

- Préétablir des procédures pour entrer dans les véhicules à chenilles et les stationner.
- Préétablir des procédures pour charger et décharger le matériel des véhicules à chenilles.

Se référer à : Stationnement

Déploiement de dispositifs de protection contre les chutes de glace

- Les transformateurs situés au bas de l'éolienne et les autres équipements permanents devraient être protégés par un toit ou un grillage.
- Les dispositifs de protection contre la glace ne doivent être utilisés que lorsque la glace semble stable.

Se référer à : Éolienne glacée

Base de l'éolienne

Le Tableau 17 présente les meilleures pratiques liées aux activités d'opération et de maintenance à l'intérieur de la base d'une éolienne en climat froid.

Tableau 17 : Meilleures pratiques liées aux activités d'opération et de maintenance à l'intérieur de la base d'une éolienne en climat froid

Humidité et gel

- L'humidité et le gel peuvent causer des courts-circuits.
- Être conscient du risque accru d'arcs électriques et d'étincelles.
- Porter des vêtements de protection contre les arcs électriques et un EPI.
- Si l'équipement est normalement réchauffé avant utilisation, lui laisser plus de temps pour se réchauffer que d'habitude.

Se référer à : Dangers électriques

Utilisation des équipements

- Respecter les limites de températures de tous les équipements.
- Être conscient de la réduction de la durée de vie des piles (outils électriques et téléphones portables).
- Être conscient de l'affaiblissement des matériaux, en particulier ceux en plastique.
- Les échelles peuvent être froides. Porter des gants isolés pour éviter les gelures. Ne pas utiliser de coussinets chauffants pour grimper, car ils réduisent la dextérité.

Porte d'accès gelée

L'éolienne est-elle entièrement visible?
L'éolienne est-elle entièrement exempte de givre?

Oui à toutes
les questions

Non à l'une ou
l'autre des questions

Le travail doit être interrompu.

- Ne pas s'approcher de l'éolienne.
- Rester à l'extérieur de la zone de jets de glace.
- Informer le superviseur.
- Le temps requis pour dégeler la porte augmentera les risques.

- Ne pas s'approcher des pales.
- Être vigilant. Il peut y avoir du givre sur la nacelle.
- Ne pas s'approcher seul de l'éolienne.
- Désigner un observateur au sein de l'équipe qui surveille en permanence le délestage de la glace.
- S'approcher le plus possible de l'éolienne avec le véhicule.
- Observer l'éolienne en permanence pour surveiller le délestage de la glace.
- Le liquide lave-glace peut aider à déglacer les zones gelées.

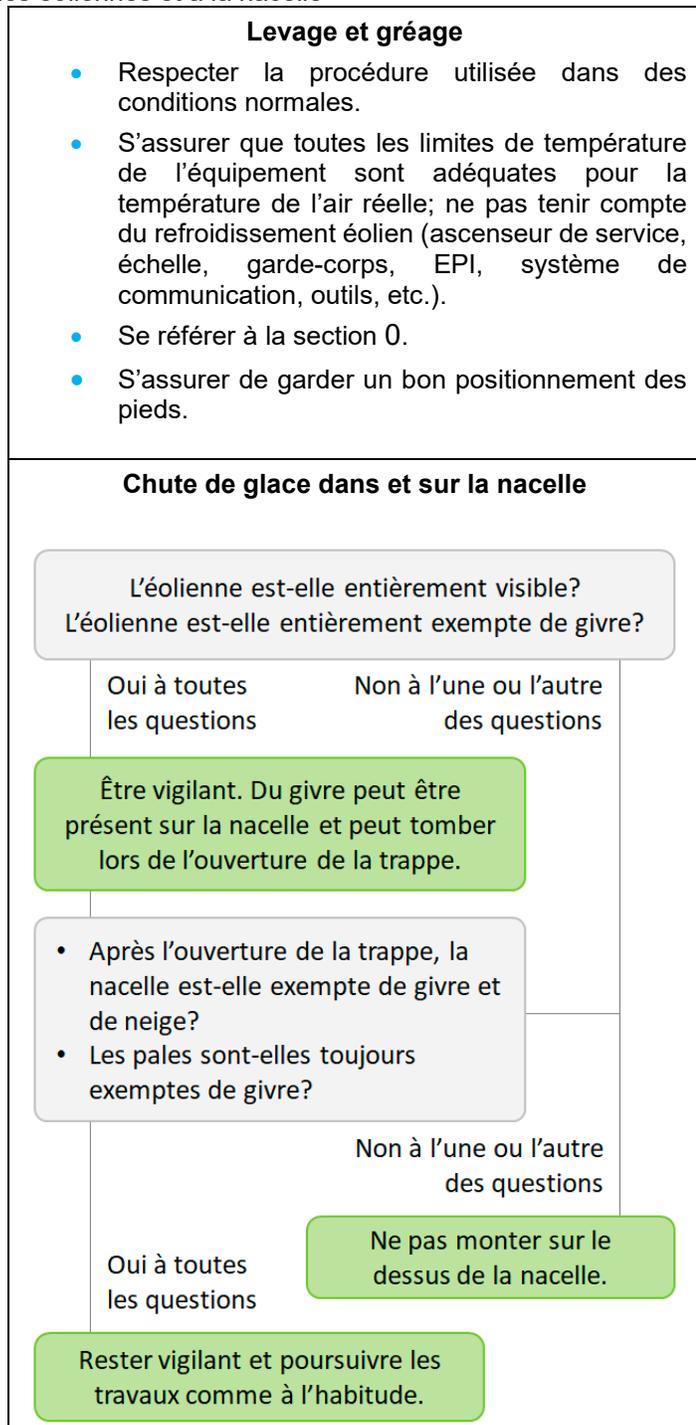
Se référer à :

- Déploiement de dispositifs de protection contre la glace

Ponts supérieurs de l'éolienne et nacelle

Le Tableau 18 présente les meilleures pratiques d'opération et de maintenance en climat froid relatives aux ponts supérieurs des éoliennes et à la nacelle.

Tableau 18 : Meilleures pratiques d'opération et de maintenance en climat froid relatives aux ponts supérieurs des éoliennes et à la nacelle



Moyeu .

Tableau 19 présente les meilleures pratiques en matière d'opération et de maintenance à l'intérieur du moyeu d'une éolienne en climat froid.

Tableau 19 : Meilleures pratiques liées aux travaux dans le moyeu d'une éolienne en climat froid

Transferts de la nacelle vers le moyeu
<ul style="list-style-type: none">• Veiller à éviter de glisser, de trébucher et de tomber.• Avoir trois (3) points de contact en tout temps.• S'il y a du givre, ou si la présence de givre ne peut être évaluée, ne pas faire de transfert vers l'extérieur du moyeu.
Travaux dans le moyeu
<ul style="list-style-type: none">• Planifier votre travail (temps pour terminer la tâche, temps pour vous rendre au moyeu, programme d'intervalles de travail, etc.).• S'assurer d'avoir suffisamment de temps pour vous rendre dans un endroit chaud (il faut du temps pour passer du moyeu à la nacelle et pour descendre de l'éolienne).• Respecter le programme d'intervalles de travail.• Veiller à éviter de glisser, de trébucher et de tomber.• Prendre garde aux gelures et à l'hypothermie, car un espace restreint limite les mouvements et l'activité physique.• Porter des vêtements appropriés à la température et respecter le programme d'intervalles de travail.• Apporter des coussinets chauffants, car le froid réduit la flexibilité et la dextérité.

Arbre de décision des meilleures pratiques

Le tableau suivant (Tableau 20) présente, sous la forme d'un arbre de décision, les meilleures pratiques d'opération et de maintenance à appliquer sur un parc éolien en climat froid. La première colonne indique l'emplacement où les travailleurs pourraient devoir effectuer des travaux et la deuxième colonne énumère, de manière non exhaustive, les principaux dangers liés à cet emplacement. La dernière colonne détaille les meilleures pratiques permettant de réduire les risques associés à chaque danger.

Tableau 20 : Arbre décisionnel des meilleures pratiques

		GIVRE
Emplacement	Dangers	Meilleures pratiques
Routes principales	Traction réduite	<ul style="list-style-type: none"> • Inspecter les véhicules. • Conduire lentement. • Évaluer la météo. • Conduire avec des pneus d'hiver.
	Visibilité réduite	<ul style="list-style-type: none"> • Conduire lentement. • Allumer les phares.
Routes de service	Traction réduite	<ul style="list-style-type: none"> • Inspecter les véhicules. • Conduire lentement. • Évaluer la météo. • Conduire avec des pneus d'hiver.
	Obstruction par des bancs et lames de neige	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas essayer de rouler sur des bancs de neige ou des lames de neige, car le véhicule risque de s'enliser. • Enlever la neige si possible. • Reporter le travail jusqu'à ce que le banc ou la lame de neige ait été enlevé.
	Panne de véhicule	<ul style="list-style-type: none"> • Demander de l'aide. • Chercher ou construire un abri si le véhicule n'a pas d'habitacle (motoneiges) et que l'arrivée des secours est incertaine.
	Visibilité réduite	<ul style="list-style-type: none"> • Conduire lentement. • Activer les feux de position. • Rester en terrain connu. • Ne pas s'approcher des éoliennes.
	Véhicule enlisé	<ul style="list-style-type: none"> • Demander de l'aide. • Préétablir des procédures optimisées pour chaque type de véhicule. • Être au fait des procédures. • Ne pas trop dépenser d'énergie à essayer de dégager le véhicule. • Construire ou chercher un abri en attendant de l'aide si le véhicule n'a pas d'habitacle. • Ne pas laisser le moteur tourner inutilement.
	Éoliennes givrées	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas entrer dans les zones de jets de glace des éoliennes givrées. • Si nécessaire, arrêter à distance toutes les éoliennes dont les zones de jets de glace se situent près de votre route.
Bâtiments du parc éolien et terrains de stationnement	Chute de neige ou de glace du toit	<ul style="list-style-type: none"> • Établir un périmètre de sécurité pour interdire l'accès. • Être prudent lors de la fermeture ou de l'ouverture des portes, car de petites vibrations peuvent provoquer des chutes de glace ou de neige. • Surveiller l'augmentation de la température lorsqu'elle se situe autour de 0 °C.
	Glissades sur une chaussée glacée.	<ul style="list-style-type: none"> • Se méfier des plaques de glace au sol. • Utiliser des points d'appui supplémentaires pour augmenter son équilibre. • Utiliser du sel, du sable ou des raquettes à crampons pour augmenter la traction.
Véhicules	Chute et jets de glace	<ul style="list-style-type: none"> • Stationner les véhicules à l'extérieur des zones de jets de glace. • Minimiser le temps passé près des éoliennes.

	Chute de glace et de neige du véhicule en mouvement	<ul style="list-style-type: none"> • Enlever la neige de toutes les surfaces du véhicule. • Enlever la glace de toutes les fenêtres, les phares et les rétroviseurs.
Mât météorologique	Chute de glace	<ul style="list-style-type: none"> • Rester à l'extérieur de la zone de chute de glace. • Observer le mât avec des jumelles pour évaluer la présence de givre. • Ne pas s'approcher si le mât météorologique est glacé.
	Visibilité réduite	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas entrer dans la zone de chute de glace.
Environs des éoliennes	Chute et jets de glace	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluer la présence de givre avant d'entrer dans la zone de jets de glace. <ul style="list-style-type: none"> - Utiliser les méthodes de détection de givre (par sous-performance, double anémométrie, détecteurs de givre). - Vérifier les conditions météorologiques antérieures qui pourraient suggérer que l'éolienne est givrée (température de l'air comprise entre -5 °C et 3 °C, faible hauteur des nuages, précipitations). - Vérifier la présence de givre auprès de l'équipe de travail précédente (registre, calendrier ou équivalent). - Surveiller s'il y a des chutes de glace avec des jumelles. • Documenter les informations dans un registre, un calendrier ou l'équivalent pour la prochaine équipe de travail. • Évaluer la stabilité du givre. <ul style="list-style-type: none"> - De la glace tombe-t-elle lorsque la nacelle de l'éolienne pivote (yaw) et lorsqu'elle arrête de pivoter? • Se tenir à l'extérieur de la zone de jets de glace si le givre est instable ou si la présence de givre ne peut être évaluée. • Faire pivoter la nacelle à distance afin de positionner les pales du côté opposé à la porte d'accès de l'éolienne. • Se tenir à l'extérieur de la zone de jets de glace si le vent souffle depuis les pales vers la porte d'accès. • Si le givre semble stable : <ul style="list-style-type: none"> - Entrer dans l'éolienne. - Rester à l'écart des pales. - Ne pas s'approcher seul. - Désigner un observateur au sein de l'équipe qui surveille en permanence d'éventuelles chutes de glace. - Stationner le véhicule le plus près possible de la porte d'accès. - Une personne devrait quitter le véhicule et s'assurer que le chemin est sûr et dégagé pour les autres (laisser la porte ouverte). - Minimiser le temps passé à l'extérieur. - Après avoir déchargé le véhicule, celui-ci doit être stationné à l'extérieur de la zone de jets de glace. - Utiliser des dispositifs de protection contre les chutes de glace, le cas échéant.
	Visibilité réduite	<ul style="list-style-type: none"> • Rester à l'extérieur de la zone de jets de glace si la présence de givre ne peut être évaluée.
	Base de l'éolienne	Chute et jets de glace
Visibilité réduite		<ul style="list-style-type: none"> • Rester à l'intérieur s'il y a des dangers de chute ou de jets de glace.
Porte d'accès gelée		<ul style="list-style-type: none"> • Si l'éolienne est entièrement exempte de givre, utiliser du liquide lave-glace antigel pour déglacer les zones givrées de la porte.
Ponts supérieurs de l'éolienne et nacelle	Glisser, trébucher, tomber	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas monter sur la nacelle s'il y a du givre ou de la neige. • Utiliser des chaussures antidérapantes. • Effectuer des mouvements lents. • Avoir trois points de contact en tout temps lors du déplacement.

		<ul style="list-style-type: none"> • Enlever les obstacles.
	Visibilité réduite	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas monter sur la nacelle s'il n'est pas possible d'évaluer la présence de givre sur les pales.
	Chute et jets de glace	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas ouvrir la trappe de la nacelle en cas de danger de chute ou de jets de glace. • Ne pas monter sur la nacelle en cas de danger de chute ou de jets de glace.
	Ouverture de la trappe du treuil de service	<ul style="list-style-type: none"> • S'assurer d'un bon positionnement des pieds. • Ne pas placer d'objets sur des surfaces glissantes près de la trappe. • S'assurer que l'équipement est utilisé dans la plage de températures appropriée • .
Moyeu	Transferts de la nacelle vers le moyeu	<ul style="list-style-type: none"> • Veiller à éviter de glisser, de trébucher et de tomber. • Avoir trois points de contact en tout temps. • S'il y a du givre, ou si la présence de givre ne peut être évaluée, ne pas faire de transfert vers l'extérieur du moyeu.
	Espace restreint	<ul style="list-style-type: none"> • Veiller à éviter de glisser, de trébucher et de tomber. • Prendre garde aux gelures et à l'hypothermie, car un espace restreint limite les mouvements et l'activité physique. • Porter des vêtements appropriés à la température et respecter le programme d'intervalles de travail. • Apporter des coussinets chauffants, car le froid réduit la flexibilité et la dextérité.

		Basses températures	
Emplacement	Dangers	Meilleures pratiques	
	Blessures liées au froid	<ul style="list-style-type: none"> • Porter des vêtements appropriés. <ul style="list-style-type: none"> - Choisir les vêtements en fonction de la température ressentie et du niveau d'activité. - Éviter l'humidité causée par la transpiration. - Porter plusieurs couches. - Porter une couche extérieure imperméable, coupe-vent et visible. - Porter de la laine plutôt que du coton, si possible. - Porter une tuque chaude avec une protection pour les oreilles. - Porter des mitaines plutôt que des gants, si possible. - Porter des chaussettes en laine (avoir une paire supplémentaire). - Se munir de bottes de sécurité isolées (avoir des chaussures de sécurité supplémentaires pour les travaux d'intérieur). - Porter un masque en cas de vents froids (ne pas porter d'écharpes, car elles peuvent se coincer dans l'échelle et le treuil). • Respecter vos limites. • Utiliser le programme d'intervalles de travail comme ligne directrice. • Être attentif au refroidissement éolien. • Protéger son nez, ses oreilles, ses doigts et ses orteils. 	
	Défaillance des équipements électriques	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliser l'équipement dans sa plage de températures appropriée. • Charger entièrement tous les appareils électroniques, car les basses températures affectent les piles. 	
	Gelures superficielles	<ul style="list-style-type: none"> • Se rendre dans un endroit chaud. • Ne pas frotter la zone affectée. 	
Parc éolien	Gelures	<ul style="list-style-type: none"> • NE PAS essayer de réchauffer la zone affectée sur place (si les tissus gèlent de nouveau, cela peut causer encore plus de dommages). • NE PAS frotter la zone affectée; NE PAS appliquer de chaleur sèche. • NE PAS permettre à la victime de fumer ou de boire de l'alcool. • Vérifier les symptômes d'hypothermie et rechercher de l'assistance médicale. • Traiter la personne avec douceur et surveiller sa respiration. • Si possible, déplacer la victime dans un endroit chaud. • Enlever les vêtements mouillés et desserrer ou enlever délicatement les vêtements ou les bijoux qui peuvent restreindre la circulation sanguine. • Réchauffer la personne en l'enveloppant dans des couvertures ou en lui mettant des vêtements secs. • Couvrir la tête et le cou de la personne. • Réchauffer la personne lentement et éviter tout contact direct avec la chaleur. • Couvrir sans serrer la zone affectée avec un pansement stérile. • Placer une gaze stérile entre les doigts et les orteils pour absorber l'humidité et les empêcher de coller ensemble. • Si la personne est alerte, lui donner des liquides chauds à boire. 	
	Hypothermie	<ul style="list-style-type: none"> • Contacter immédiatement un service d'assistance médicale. • L'hypothermie est une urgence médicale. Transporter rapidement la victime dans un centre médical d'urgence. • NE PAS réchauffer directement les bras ou les jambes. • NE PAS réchauffer la personne trop rapidement (par exemple, ne pas utiliser de lampe infrarouge ou ne pas faire prendre un bain chaud à la personne). • S'assurer que les vêtements mouillés sont enlevés. • Placer la victime entre des couvertures afin que la température de son corps puisse augmenter progressivement. S'assurer de couvrir la tête de la victime. • Les bouteilles d'eau chaude, les coussinets chauffants chimiques ou les couvertures électriques peuvent être utilisés avec prudence. Les envelopper 	

		<p>dans une serviette avant de les appliquer et réchauffer le centre du corps de la victime.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Donner des boissons chaudes et sucrées à moins que la victime ne perde rapidement connaissance, soit inconsciente ou ait des convulsions (éviter la caféine et les boissons alcoolisées). • Pratiquer la RCR (réanimation cardiorespiratoire) si la victime arrête de respirer. Continuer à prodiguer la RCR jusqu'à l'arrivée du personnel médical. Le métabolisme ralentit lorsqu'il fait très froid et, dans certains cas, des victimes d'hypothermie qui semblaient mortes ont été réanimées avec succès.
À proximité de l'éolienne	Outils froids	<ul style="list-style-type: none"> • Porter des gants ou des mitaines (les outils en métal froid peuvent causer des gelures très rapidement).
	Exposition au vent	<ul style="list-style-type: none"> • Porter des vêtements appropriés. <ul style="list-style-type: none"> – Une couche extérieure coupe-vent est essentielle. – Couvrir les oreilles, le cou et le visage. – Porter des lunettes de sécurité pour l'hiver. • Être conscient de la température ressentie. • Sélectionner les intervalles de travail appropriés.
	Éloignement des abris chauffés	<ul style="list-style-type: none"> • Apporter des radiateurs électriques. • Apporter des coussinets chauffants. • Apporter des boissons chaudes.
Dans l'éolienne	Outils froids	<ul style="list-style-type: none"> • Porter des gants ou des mitaines (les outils en métal froid peuvent causer des gelures très rapidement).
	Blessures liées au froid	<ul style="list-style-type: none"> • Être au fait des procédures de premiers soins. • Respecter le programme d'intervalles de travail et, surtout, ce que vous ressentez.
	Éloignement des abris chauffés	<ul style="list-style-type: none"> • Planifier votre travail (temps pour terminer la tâche, temps pour vous rendre au lieu de travail, temps consacré aux intervalles de travail). • Apporter des radiateurs électriques. • Apporter des coussinets chauffants. • Apporter des boissons chaudes.

Véhicules	Difficiles à faire démarrer	<ul style="list-style-type: none">• Inspecter les batteries régulièrement.• Apporter des câbles de démarrage.• Être au fait des procédures de survoltage des véhicules et les respecter (les batteries peuvent exploser).
	Panne	<ul style="list-style-type: none">• Réchauffer le véhicule pendant quelques minutes avant de le mettre en mouvement.• Demander de l'aide.• Construire ou chercher un abri si le véhicule n'a pas d'habitacle (motoneiges).

Références

- [1] IEA WIND TCP Task 19, « Wind energy projects in cold climates », 2017.
- [2] CCOHS, « Hazard and Risk : OSH Answers ». [En ligne]. Disponible à : https://www.ccohs.ca/oshanswers/hsprograms/hazard_risk.html. [Consulté le : 8-mai-2020].
- [3] N. Jolin, D. Bolduc, N. Swytink-Binnema, G. Rosso, et C. Godreau, « Wind turbine blade ice accretion: A correlation with nacelle ice accretion », *Cold Regions Science and Technology*, vol. 157, p. 235-241, janv. 2019.
- [4] IEC, « IEC 61400-1 : 2019 Wind Energy Generation Systems - Part 1 : Design Requirements », 2019.
- [5] DNV-GL, « Recommended Practices RP-0175 : Icing of wind turbines », n° December, 2017.
- [6] IEA Wind TCP Task 19, « Available Technologies for Wind Energy in Cold Climates », 2018.
- [7] VTT, « WIceAtlas ». [En ligne]. Disponible à : <http://virtual.vtt.fi/virtual/wiceatla/>. [Consulté le : 8-mai-2020].
- [8] T. Wallenius et V. Lehtomäki, « Overview of cold climate wind energy: Challenges, solutions, and future needs », *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, vol. 5, n° 2, p. 128-135, 2016.
- [9] International Standards Organisation, « ISO 12494:2017(E) - Atmospheric icing of structures », Geneva, 2017.
- [10] H. Seifert, A. Westerhellweg, et J. Kröning, « Risk analysis of ice throw from wind turbines », dans *BOREAS VI*, 2003, p. 1-9.
- [11] IEA WIND TCP Task 19, « International Recommendations for Ice Fall and Ice Throw Risk Assessments », 2018.
- [12] B. Boucher, « Access to Wind Turbines During Winter Months », dans *Wind Turbine Optimization, Maintenance & Repair*, 2014.
- [13] Government of Canada, « Wind chill index ». [En ligne]. Disponible à : <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/weather-health/wind-chill-cold-weather/wind-chill-index.html#table1>. [Consulté le : 8-mai-2020].
- [14] Environment and Climate Change Canada, « Temperature Climatology - Map ». [En ligne]. Disponible à : https://weather.gc.ca/saisons/image_e.html?format=clim_stn&season=djf&type=temp. [Consulté le : 8-mai-2020].
- [15] L. Battisti, « Relevance of Icing - DTU Wind turbine ice prevention system selection and design », 2008.
- [16] R. E. Bredesen, M. Drapalik, et B. Butt, « Understanding and acknowledging the ice throw hazard - Consequences for regulatory frameworks, risk perception and risk communication », *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 926, n° 1, 2017.
- [17] R. Z. Szász, A. Leroyer, et J. Revstedt, « Numerical modelling of the ice throw from wind turbines », *International Journal of Turbomachinery, Propulsion and Power*, vol. 4, n° 1, 2019.
- [18] CCOHS, « Cold Environments - Health Effects and First Aid : OSH Answers ». [En ligne]. Disponible à : https://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/cold_health.html. [Consulté le : 8-mai-2020].
- [19] Government of Canada, « Cold Weather Worker Safety Guide ». 2005.
- [20] CCOHS, « OH&S Legislation in Canada - Introduction : OSH Answers ». [En ligne]. Disponible à :

<https://www.ccohs.ca/oshanswers/legisl/intro.html>. [Consulté le : 11-mai-2020].

- [21] CCOHS, « Risk Assessment : OSH Answers ». [En ligne]. Disponible à : https://www.ccohs.ca/oshanswers/hsprograms/risk_assessment.html. [Consulté le : 11-mai-2020].
 - [22] ISO International, « ISO 12100:2010 Safety of machinery- General principles for design - Risk assessment and risk reduction », 2010.
-

Annexe A

Chaque province et territoire possède ses propres exigences réglementaires en matière de santé et de sécurité au travail. Cette annexe présente les coordonnées du Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (législation fédérale) et de l'équivalent de chaque province et territoire (législations provinciale et territoriale).

Législation fédérale

Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail
135, rue Hunter Est
Hamilton (Ontario) L8N 1M5
Téléphone : 905 570-8094
(de 8 h 30 à 17 h heure de l'Est)
Sans frais : 1 800 668-4284 (Canada et É.-U. seulement)
Télécopieur : 905 572-4500
Courriel : clientservices@ccoohs.ca

Site Web Réponses SST : www.cchst.ca/oshanswers
Site Web : www.cchst.ca
Coordonnées générales : Téléphone : 905 572-2981
Télécopieur : 905 572-2206

Législation provinciale et territoriale

Alberta

Workplace Health and Safety (Santé et sécurité au travail)
Alberta Human Resources and Employment (Ministère des Ressources humaines et de l'Emploi)
10030, rue 107, 10^e étage, tour Sud, Seventh Street Plaza
Edmonton (Alberta) T5J 3E4
Téléphone : 780 415-8690 (Edmonton et régions avoisinantes)
Sans frais en Alberta : 1 866 415-8690
Télécopieur : 780 422-3730
Courriel : whs@gov.ab.ca
Site Web : <https://work.alberta.ca/occupational-health-safety.html>

Colombie-Britannique

WorkSafeBC (Commission des accidents du travail de la Colombie-Britannique)
6951, autoroute Westminster, Richmond (Colombie-Britannique)
C.P. 5350 Stn Terminal
Vancouver (Colombie-Britannique) V6B 5L5
Questions sur la santé et la sécurité au travail :
Téléphone : 604 276-3100
Sans frais en C.-B. : 1 888 621-7233 (SAFE)
Télécopieur : 604 244-6490

Signalement des cas d'urgence et des accidents
Sans frais en C.-B. : 1 888 621-7233 (SAFE)
En dehors des heures d'ouverture : 1 866 922-4357 (WCB-HELP)
Site Web : www.worksafebc.com/fr

Manitoba

Division de la sécurité et de l'hygiène du travail du Manitoba,
Emploi et Immigration
401, avenue York, bureau 200
Winnipeg (Manitoba) R3C 0P8
Renseignements généraux : 204 945-3446
Sans frais au Manitoba : 1 800 282-8069
En dehors des heures d'ouverture : 204 945-0581
Télécopieur : 204 945-4556
Courriel : wshcompl@gov.mb.ca
Site Web : www.gov.mb.ca/labour/safety/index.fr.html

Nouveau-Brunswick

Travail sécuritaire Nouveau-Brunswick
1, rue Portland, C.P. 160
Saint John (Nouveau-Brunswick) E2L 3X9
Téléphone : 506 632-2200
Sans frais : 1 800 222-9775 (N.-B., Î.-P.-É., T.-N.-L., QC, ON)
Courriel : prevention@whscc.nb.ca
Télécopieur : 506 633-3989

Urgences en matière de santé et de sécurité
Sans frais : 1 800 442-9776
Courriel : prevention@whsccnb.ca
Site Web : www.travailsecuritairenb.ca/

Terre-Neuve-et-Labrador

Occupational Health and Safety Division Department of Government Services (Division de la santé et de la sécurité au travail, Services gouvernementaux)
15, avenue Dundee
Mount Pearl (Terre-Neuve-et-Labrador) A1N 4R6
Renseignements généraux : 709 729-2706
Sans frais à T.-N.-L. : 1 800 563-5471
Télécopieur : 709 729-3445

Rapports d'accidents graves sur un lieu de travail
Téléphone : 709 729-4444 (24 h/24)
Site Web : www.gs.gov.nl.ca/ohs/

Territoires du Nord-Ouest et Nunavut

Commission de la sécurité au travail et de l'indemnisation des travailleurs des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut
C.P. 8888
Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest) X1A 2R3
Renseignements généraux : 867 920-3888
Sans frais : 1 800 661-0792
Télécopieur : 867 873-4596
Courriel : yellowknife@wcb.nt.ca
Site Web : www.wscn.nt.ca/fr

Commission de la sécurité au travail et de l'indemnisation des travailleurs des Territoires du Nord-Ouest et du Nunavut
Iqaluit
C.P. 669
Iqaluit (Nunavut) X0A 0H0
Téléphone : 867 979-8500
Télécopieur : 867 979-8501
Sans frais : 1 877 404-4407
Courriel : iqaluit@wcb.nt.ca
Site Web : www.wscn.nt.ca/fr

Nouvelle-Écosse

Division de la santé et de la sécurité au travail de la Nouvelle-Écosse, ministère de l'Environnement et du Travail
5151, rue Terminal, 6e étage, C.P. 697
Halifax (Nouvelle-Écosse) B3J 2T8
Renseignements généraux : 902 424-5400
Sans frais en N.-É. : 1 800 952-2687
Télécopieur : 902 424-5640
Courriel : webster@gov.ns.ca
Site Web : <https://novascotia.ca/lae/ohs>

Ontario

Santé et sécurité au travail, ministère du Travail
655, rue Bay, 14^e étage
Toronto (Ontario) M7A 2A3
Renseignements généraux : 416 326-7770
Sans frais en Ontario : 1 800 268-8013
Télécopieur : 416 326-7761
Courriel : webos@moh.gov.on.ca
Site Web : <https://www.labour.gov.on.ca/french/feedback/index.php>

Île-du-Prince-Édouard

Workers' Compensation Board of PEI Occupational Health and Safety (Commission des accidents du travail de l'Île-du-Prince-Édouard, santé et sécurité au travail)
14, rue Weymouth, C.P. 757
Charlottetown (Île-du-Prince-Édouard) C1A 7L7
Renseignements généraux : 902 368-5680
Sans frais (au Canada atlantique) : 1-800-237-5049

Santé et sécurité au travail, urgences 24 h/24
Téléphone : 902 628-7513

Relation avec la clientèle : 1 866 460-3074
Télécopieur : 902 368-5705
Site Web : www.wcb.pe.ca

Québec

Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST)
1199, rue de Bleury, C.P. 6056
Montréal (Québec) H3C 4E1
Téléphone : 514 906-3780 / 514 906-3061, poste 2214
1 866 302-2778
Télécopieur : 514 906-3781 / 514 906-3016

Service 24 h/24 – Services de prévention-inspection : 514 906-2911
Site Web : <http://www.cnesst.gouv.qc.ca>

Saskatchewan

Saskatchewan Labour Occupational Health and Safety Division (Division de la santé et de la sécurité au travail, ministère du Travail de la Saskatchewan)
1870, rue Albert, bureau 400
Regina (Saskatchewan) S4P 4W1
Téléphone : 306 787-4496
Sans frais en Saskatchewan : 1 800 567-7233
Télécopieur : 306 787-2208
Site Web : <http://www.saskatchewan.ca/business/safety-in-the-workplace>

Bureau : 122, 3e Avenue Nord
Saskatoon (Saskatchewan) S7K 2H6
Téléphone : 306 933-5052
Sans frais : 1 800 667-5023
Télécopieur : 306 933-7339

Yukon

Commission de la santé et de la sécurité au travail du Yukon, division de la santé et de la sécurité au travail
401, rue Strickland
Whitehorse (Yukon) Y1A 5N8
Renseignements généraux : 867 667-5645

Ligne d'urgence accessible en tout temps pour signaler les accidents et les blessures graves sur un lieu de travail : 867 667-5450
Sans frais partout au Canada : 1 800 661-0443
Télécopieur : 867 393-6279

Accidents et blessures sur un lieu de travail
Téléphone : 867 667-5450 (24 h/24)
Courriel : worksafe@gov.yk.ca
Site Web : <http://www.wcb.yk.ca/francais/Index.aspx>