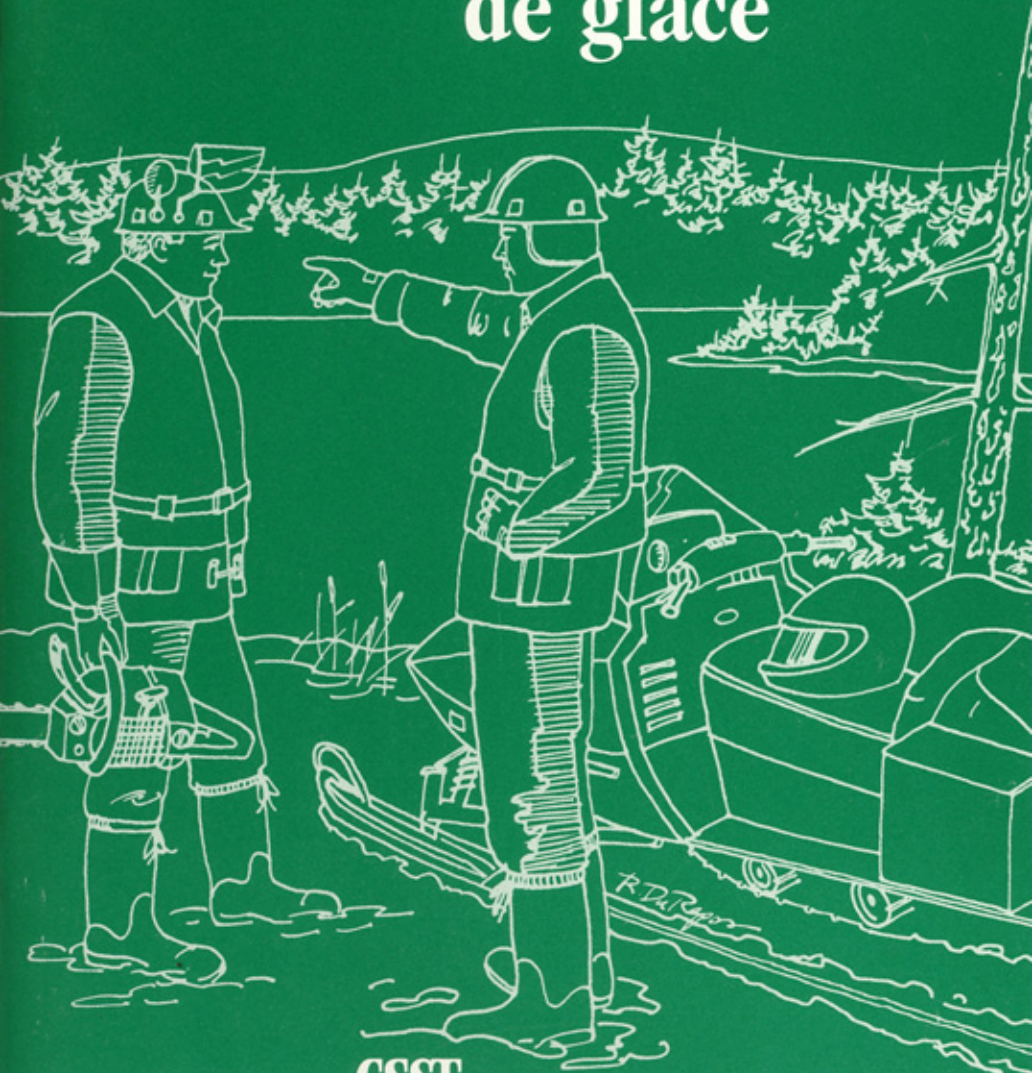


Travaux sur les champs de glace



CSST

Commission
de la santé
et de la sécurité
du travail

Ce document a été préparé par Claude Rochon, ing., de la Direction de la prévention-inspection avec la collaboration de : Bernard Beaudin de la Direction régionale de la Côte-Nord, Pierre Bouchard, ing., de la Direction de la prévention-inspection, Paul-Arthur Dickey de la Direction régionale d'Abitibi-Témiscamingue, Serge Douville, ing. M.Sc.A., de la Direction régionale de l'Estrie, Jocelyne Laprade, ing., de la Direction régionale de Lanaudière.

Nous remercions de leurs commentaires :

Léon Maurice Boivin de l'Association de santé et sécurité des industries de la forêt du Québec (ASSIFQ), Carol Boucher, Marcel Marcoux et Jean Perreault de la Fraternité interprovinciale des ouvriers en électricité (FIPOE-FTQ), Camil Dontigny de la Fédération des travailleurs du papier et de la forêt (FTPF-CSN), Guy Duchesne de l'Association des constructeurs de routes et grands travaux du Québec (ACRGQ), Michel Fafard de la Régie de la sécurité dans les sports du Québec, Michel Fouint de l'Association paritaire en santé et sécurité du secteur Administration provinciale (APSSAP), Pierre Labelle du Conseil provincial du Québec des métiers de la construction (CPQMC), Réal Lefebvre, ing. M.Sc.A., de l'Association sectorielle paritaire de la construction (ASP-Construction), Normand Toussaint, ing. M.Sc.A., de la Direction des structures du ministère des Transports du Québec.

Consultation

Donald Carter, ing. D.Sc., Donald Carter Consultants

Révision linguistique

Michel Buttiens, Communications B.D.M.

Coordination de la conception et de la production

Suzanne Verge

Illustrations

Ronald DuRepos

Édition électronique

Danielle Gauthier

Préresse

SGPR

Impression

Imprimerie BT

Distribution

Lise Tremblay

Avant-propos

Ce guide s'adresse principalement aux travailleurs et aux employeurs des secteurs de l'exploration minière, de l'exploitation forestière, de la construction et des services municipaux qui effectuent des travaux sur des champs de glace. Il est aussi destiné aux entreprises de l'industrie récréo-touristique hivernale responsables de l'aménagement et de l'entretien de sentiers de motoneige, de patinoires ou de sites de pêche et autres installations récréatives sur des rivières et des lacs.

Il a pour but de présenter les principales mesures de prévention à mettre en œuvre pour éliminer les dangers reliés à ce genre de travaux. Il contient également un résumé des obligations respectives des intéressés en matière de santé et de sécurité au travail.

Il est important de noter que l'information contenue dans le présent document n'est pas exhaustive et qu'elle ne concerne que les travaux effectués sur une glace d'eau douce. Les données techniques et les méthodes de calcul qui y sont présentées sont de nature générale et pourraient différer des recommandations faites par des experts à la suite d'une évaluation locale des caractéristiques et des propriétés particulières à un champ de glace. La construction d'un pont de glace en vue de la circulation lourde et certains travaux de construction et de forage sur un champ de glace nécessitent une expertise particulière. Il est recommandé de consulter un spécialiste pour ce genre de travaux.

Table des matières

Liste des illustrations et des tableaux	6
Introduction	7
1. La glace, un matériau aux conditions de formation fort variables !	8
• Les conditions météorologiques	8
• Les conditions hydrodynamiques	13
2. Les mesures de prévention	14
• La détermination des besoins et la connaissance du site	14
• La vérification de la qualité de la glace	14
• Le calcul de la capacité portante d'un champ de glace	19
• La nomination d'un responsable et la tenue d'un registre	25
• L'aménagement de la signalisation et le balisage de la zone d'utilisation	27
• L'entretien du champ de glace	30
• Les mesures de sécurité nécessaires lorsqu'on circule sur un champ de glace	30
3. Le plan d'urgence	31
4. Les obligations	32
Vocabulaire	33
Bibliographie	34
Annexes	
• Annexe 1 : Gelures et hypothermie	35
• Annexe 2 : Aide-mémoire	37
• Annexe 3 : Exemple de feuille de registre	39

Illustrations

1 à 4. Exemple de l'évolution d'un champ de glace au début de l'hiver 1995	10 et 11
5. Échantillon de glace correspondant au profil de l'illustration 4 a)	12
6. Phénomène d'érosion thermique résultant de la résurgence d'eaux souterraines	13
7. Méthode d'échantillonnage à l'aide d'une scie mécanique	16 et 17
8. Exemple d'un plan d'échantillonnage	18
9. Courbe de la capacité portante en fonction l'épaisseur effective	20
10. Exemple de la rupture d'un champ de glace provoquée par la vitesse de déplacement d'un véhicule	26
11. Exemple d'aménagement d'un champ de glace	28 et 29

Tableaux

1. Capacité portante de la glace	21
2. Épaisseur minimale de glace	22
3. Exemple d'évaluation de la capacité portante	23
4. Vitesse maximale à respecter sur un champ de glace	25

Introduction

« Mon pays, ce n'est pas un pays, c'est l'hiver », dit la chanson. Beaucoup de travaux d'entretien et d'aménagement ont lieu durant les mois d'hiver et nombreux sont les employeurs qui ont à effectuer, un jour ou l'autre, des travaux sur un champ de glace.

Ces dernières années, on a déploré de nombreux accidents provoqués par la rupture d'un champ de glace. Dans le milieu du travail, huit accidents mortels sont survenus entre 1975 et 1996; les trois derniers accidents ont eu lieu entre janvier 1994 et janvier 1996. Ces statistiques sont d'autant plus alarmantes qu'elles ne tiennent pas compte des décès et des incidents qui surviennent chaque année au cours d'activités récréatives.

On aurait pu éviter ces accidents en appliquant les mesures de sécurité propres à ce genre de travaux. Les ruptures des champs de glace à l'origine des décès de travailleurs découlent principalement d'une surestimation de la capacité portante de la glace, de l'utilisation de méthodes inadéquates pour vérifier la qualité de la glace, ainsi que d'une méconnaissance des règles à suivre lorsqu'on effectue des travaux sur la glace.

1 La glace, un matériau aux conditions de formation fort variables !

L'idée d'utiliser la glace comme voie de circulation ne date pas d'hier. Nos ancêtres s'en servaient régulièrement en hiver pour traverser les lacs et les rivières. Leur expérience leur a appris que l'épaisseur et la résistance d'un champ de glace pouvaient être fort variables et qu'il fallait constamment demeurer aux aguets pour éviter de briser la surface de la glace et de s'enfoncer dans l'eau.

Les conditions de température et d'écoulement qui prévalent durant la formation de la glace ont une influence sur sa structure cristalline et sa résistance.

Les conditions météorologiques

La température ambiante, les chutes de neige, le vent et le rayonnement solaire sont autant de facteurs qui influencent l'évolution d'un champ de glace.

L'épaississement d'un champ de glace est d'autant plus rapide que la température de l'air est froide. Cependant, une chute rapide de la température entraîne une contraction de la glace et la formation de fissures qui en réduisent la capacité portante.

La neige joue le rôle d'une couche isolante. La pénétration du froid, et par le fait même l'épaississement de la glace, sont d'autant plus lents que la couche de neige est épaisse. Au printemps, cette couche isolante, en servant de protection contre le rayonnement solaire, ralentit la dégradation du champ de glace.

L'exposition au vent a également des répercussions sur la qualité de la glace en formation. Les **illustrations 1 à 4** montrent l'évolution d'un champ de glace au début de l'hiver 1995 sur une rivière du Québec. Un échantillonnage effectué le 20 décembre 1995 à deux endroits, non loin l'un de l'autre, présente des profils d'épaisseur de glace fort différents, ce qui était dû aux conditions d'exposition au vent.

L'**illustration 4 a)**, en date du 20 décembre, représente le profil de l'épaisseur de glace sur la plus grande partie de la largeur de cette rivière. L'**illustration 5** montre un échantillon de glace correspondant à ce profil. La couche inférieure, d'un aspect noir transparent, provient de la congélation de l'eau à la surface de la rivière au début de l'hiver. Cette couche de

glace claire (nommée aussi glace noire ou glace bleue) est intimement soudée à une autre couche présentant un aspect blanchâtre, caractéristique de la glace résultant de la congélation de la neige submergée. Cette glace de neige, que l'on nomme aussi glace blanche, se forme progressivement lorsque la glace claire s'enfonce sous le poids de l'accumulation de neige en surface.

Quant à l'**illustration 4 b)**, elle correspond au profil d'une section du champ de glace proche de la rive. À cet endroit, l'exposition aux vents étant moindre, les échanges thermiques sont moins rapides. Dans ce profil, on observe deux couches de glace séparées par une couche de neige saturée d'eau (*slush*).

Exemple de l'évolution d'un champ de glace au début de l'hiver 1995

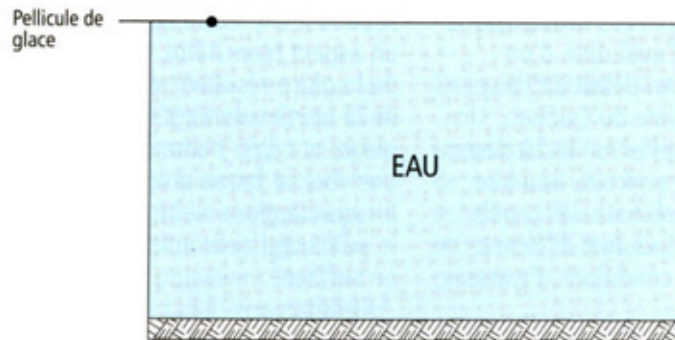


ILLUSTRATION 1

24 novembre – Amorce initiale du champ de glace

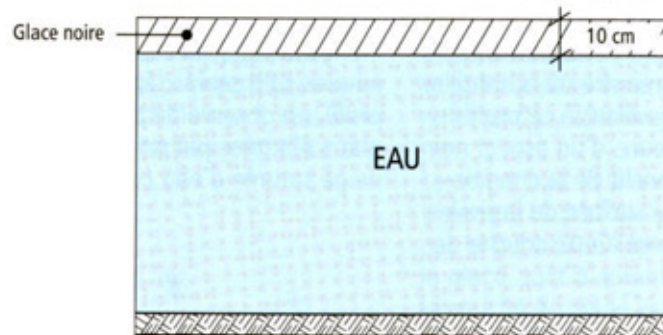


ILLUSTRATION 2

26 novembre – Présence d'une couche de glace noire transparente

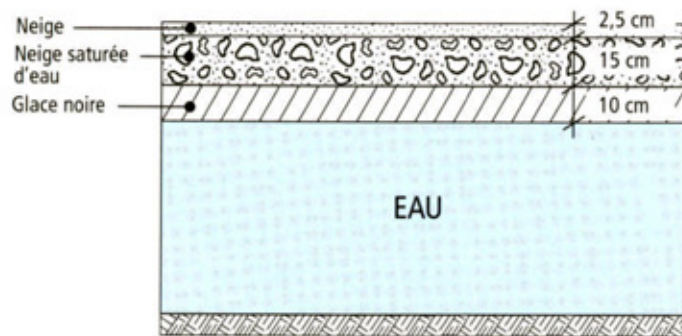
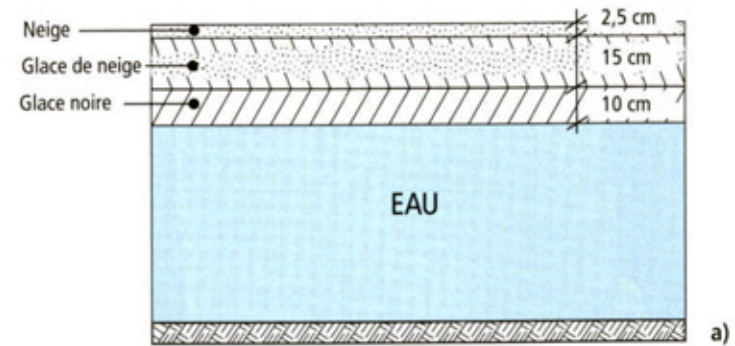
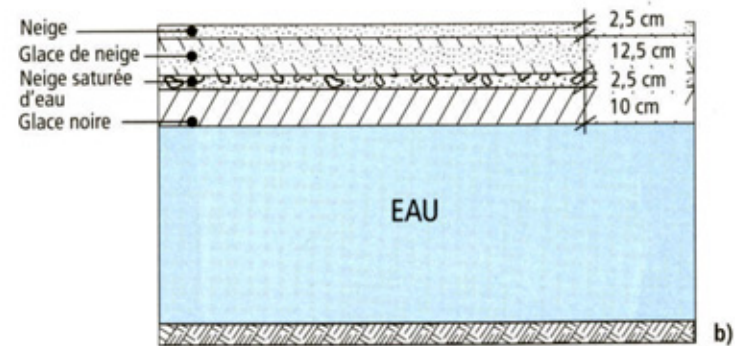


ILLUSTRATION 3

28 novembre – Enfouissement de la couche de glace noire sous le poids d'une précipitation importante de neige



a)



b)

ILLUSTRATIONS 4

20 décembre – Selon les conditions d'exposition aux vents, le champ de glace est formé a) d'une couche monolithique ou bien b) de deux couches séparées par une couche de neige saturée d'eau.

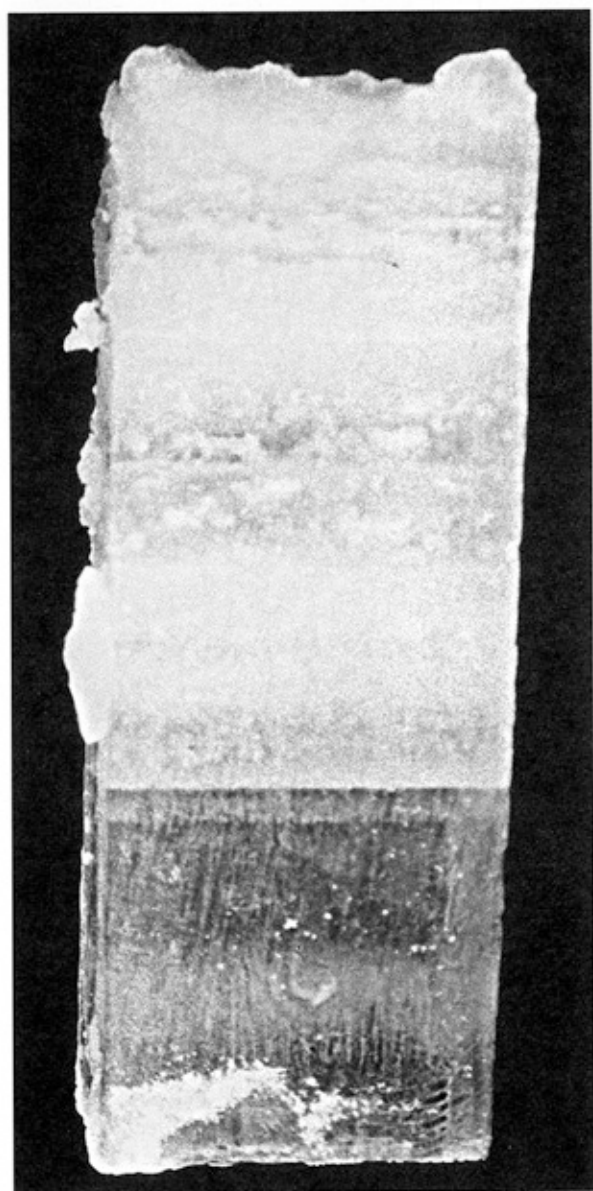


ILLUSTRATION 5
Échantillon de glace correspondant au profil
de l'illustration 4 a)

Les conditions hydrodynamiques

La vitesse d'écoulement et la température de l'eau exercent également une influence sur la formation d'un champ de glace. Ces facteurs hydrodynamiques peuvent provoquer **une érosion** sous certaines parties du champ et ainsi diminuer l'épaisseur de la glace, sans que l'aspect de la surface en soit modifié (voir l'**illustration 6**). Les **endroits critiques** d'un champ de glace, c'est-à-dire ceux les plus susceptibles de subir ce phénomène d'érosion, correspondent aux emplacements d'un plan d'eau

qui présentent une vitesse d'écoulement élevée ou dont la température est variable, notamment :

- à proximité d'un obstacle, d'un chenal ou de hauts fonds,
- près d'une chute ou d'un barrage,
- à la résurgence d'eaux souterraines,
- à la charge et à la décharge d'un lac,
- à l'embouchure et à la sortie d'un émissaire,
- du côté extérieur de la courbe d'une rivière.

Note – Il peut être fatal de considérer l'épaisseur et la résistance d'un champ de glace comme uniformes et constantes, car les conditions météorologiques et hydrodynamiques responsables de la qualité de la glace diffèrent de jour en jour, d'année en année et d'un endroit à l'autre.

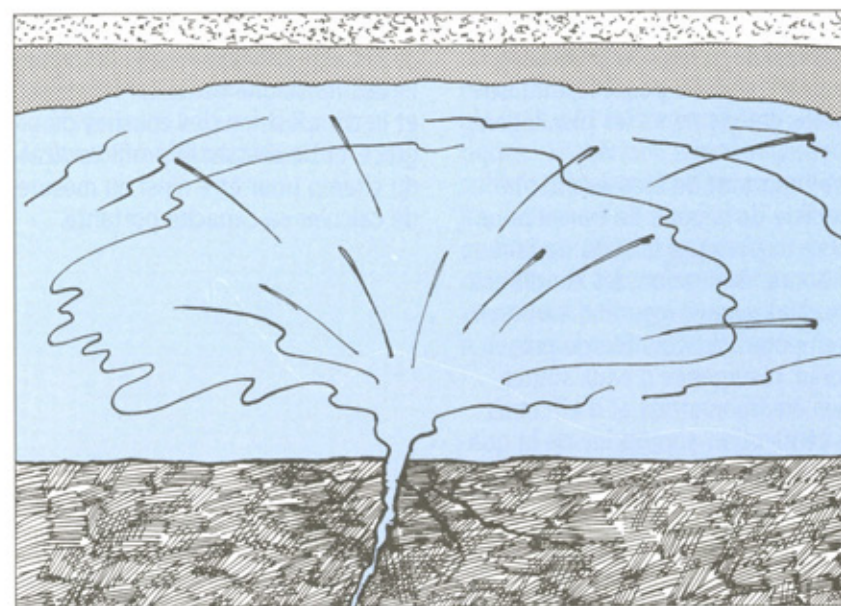


ILLUSTRATION 6
Phénomène d'érosion thermique résultant de la résurgence d'eaux souterraines

2 Les mesures de prévention

Les mesures à mettre en œuvre lors de travaux sur un champ de glace visent principalement à en prévenir la rupture. On élimine ainsi le danger de noyade ou d'hypothermie qui guette le travailleur tombant dans une eau dont la température est proche du point de congélation.

La détermination des besoins et la connaissance du site

Avant d'entreprendre des travaux sur un champ de glace, l'employeur doit définir les besoins en matière d'équipement et d'espace. Généralement, c'est le poids des équipements en charge qui détermine la capacité portante minimale requise du champ de glace. On favorisera, dans la mesure du possible, l'utilisation des équipements les plus légers.

Il est important de bien évaluer la superficie de la zone de travail pour être en mesure par la suite de faire une bonne évaluation des conditions hydrodynamiques (courant, variation de température, variation de profondeur, résurgence d'eaux souterraines environnantes) et d'effectuer une vérification appropriée de la qualité de la glace sur le site.

Il est également important de se renseigner auprès des différents services concernés du ministère de l'Environnement, des autorités locales et des résidents ou des habitués du plan d'eau, sur les endroits critiques, sur la fluctuation du niveau de l'eau, ainsi que sur les accès possibles pour les véhicules.

La vérification de la qualité de la glace

Il existe dans la nature différents types de glace avec leurs caractéristiques propres. Avant de procéder à l'aménagement d'un champ de glace, il faut toujours effectuer un prélèvement d'échantillons de glace. Le but de cet échantillonnage est de recueillir des renseignements sur l'épaisseur et la composition des couches de glace, et de dresser le profil vertical du champ pour être ainsi en mesure de calculer sa capacité portante.

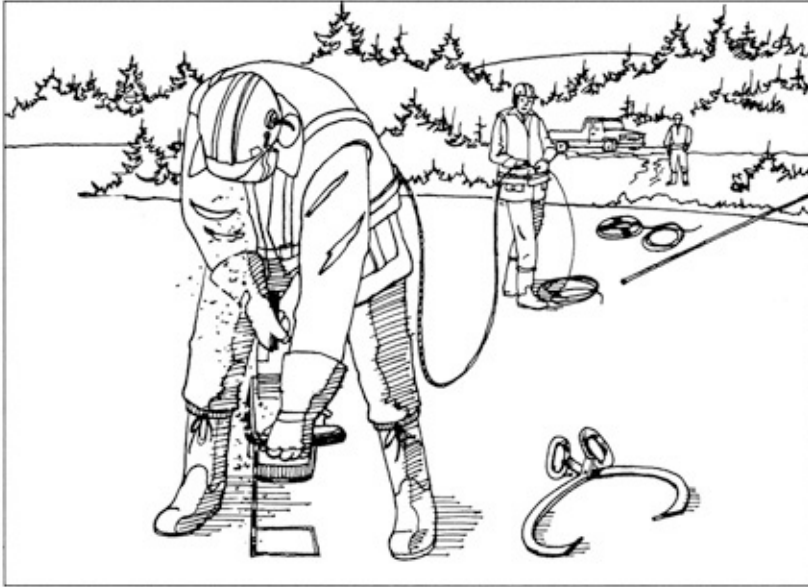
Pour effectuer une bonne évaluation de la qualité de la glace, on recommande de faire le prélèvement à l'aide d'un instrument qui permet de prendre des échantillons de 15 cm de côté au minimum (se reporter aux **quatre illustrations**, pages 16 et 17).

On suggère de découper un bloc dans la glace à l'aide d'une scie mécanique et d'extraire ce bloc avec des pinces à glace, pour effectuer un examen visuel (un simple trait de scie mécanique ne peut suffire à donner une information sur la composition des couches et la présence de zones non gelées). La surface que l'on prévoit d'utiliser sur le champ de glace doit être vérifiée au moins à tous les 50 mètres dans deux directions à la perpendiculaire l'une par rapport à l'autre. Quant aux rivières et aux endroits critiques, ils doivent faire l'objet d'une attention particulière et être soumis à un échantillonnage plus serré à tous les 8 mètres (se reporter à l'**illustration 8**).

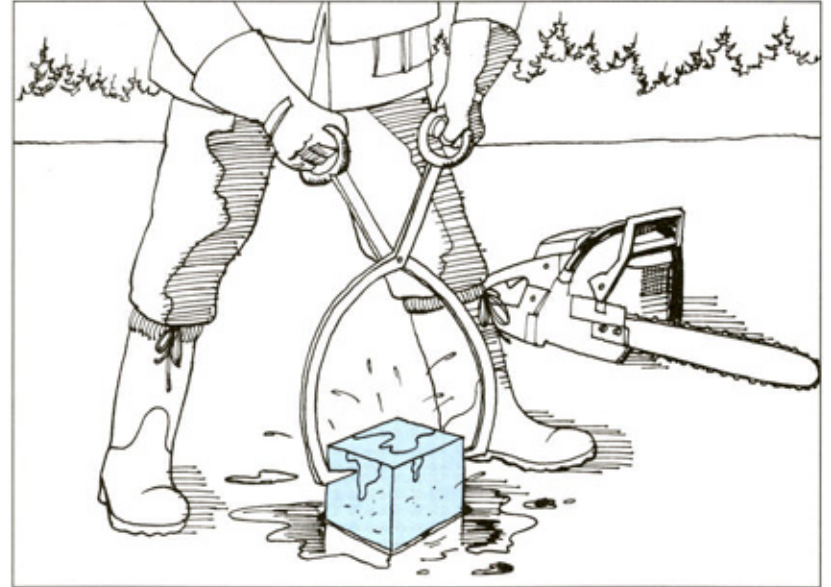
Sur un champ de glace inconnu, le préposé au prélèvement des échantillons doit travailler sous la surveillance d'un autre travailleur et être relié à celui-ci par un câble. Il importe de sonder la surface gelée devant soi avec un ciseau à glace. Les travailleurs doivent être séparés par une distance d'au moins 15 mètres et porter un gilet de sauvetage leur permettant de flotter sans effort de leur part et maintenant leur tête hors de l'eau.

Durant les périodes d'aménagement et d'utilisation du champ de glace, il faut mettre en place une procédure de suivi de la qualité de la glace. Ce suivi peut prendre la forme d'un échantillonnage complet ou consister en une simple vérification de l'épaisseur. Le type, le nombre et la fréquence des contrôles à effectuer dépendent des conditions climatiques, de l'utilisation projetée du champ de glace et de l'existence d'endroits critiques. En période d'aménagement, il suffit généralement d'un contrôle tous les deux jours. En période d'utilisation, on recommande un contrôle hebdomadaire. Il faut cependant procéder à un échantillonnage chaque fois qu'il y a dégel ou pluie abondante.

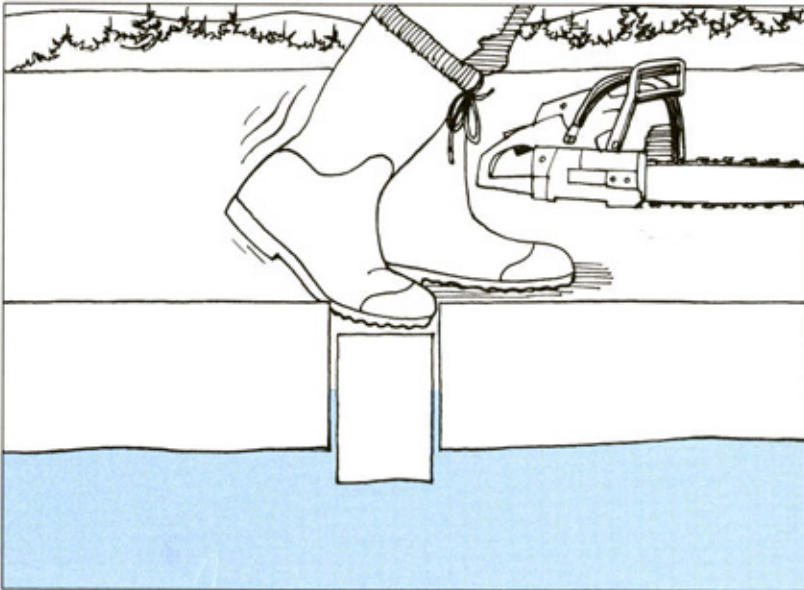
Méthode d'échantillonnage à l'aide d'une scie mécanique



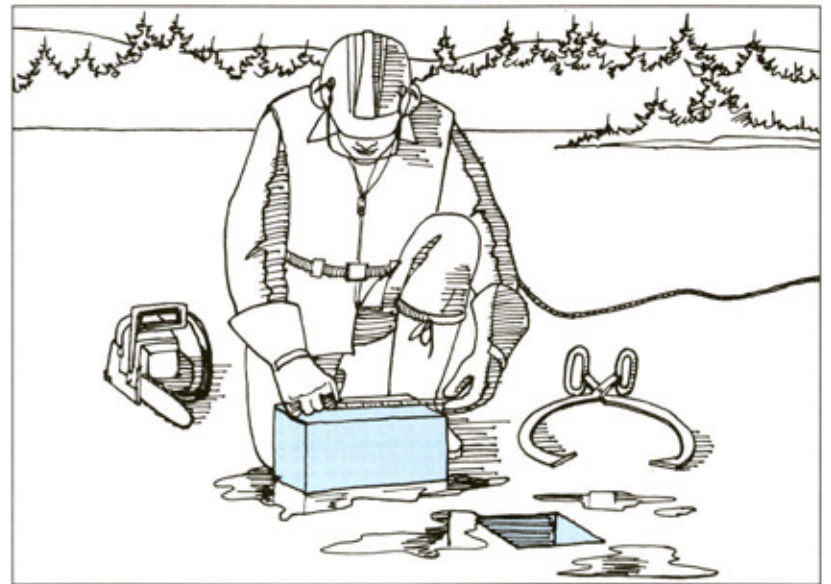
A Découper un bloc carré d'environ 15 cm de côté dans la glace



C Lorsque le bloc remonte à la surface, l'agripper avec des pinces à glace et le sortir de l'eau



B Pousser le bloc vers le bas avec le pied



D Procéder à l'examen visuel

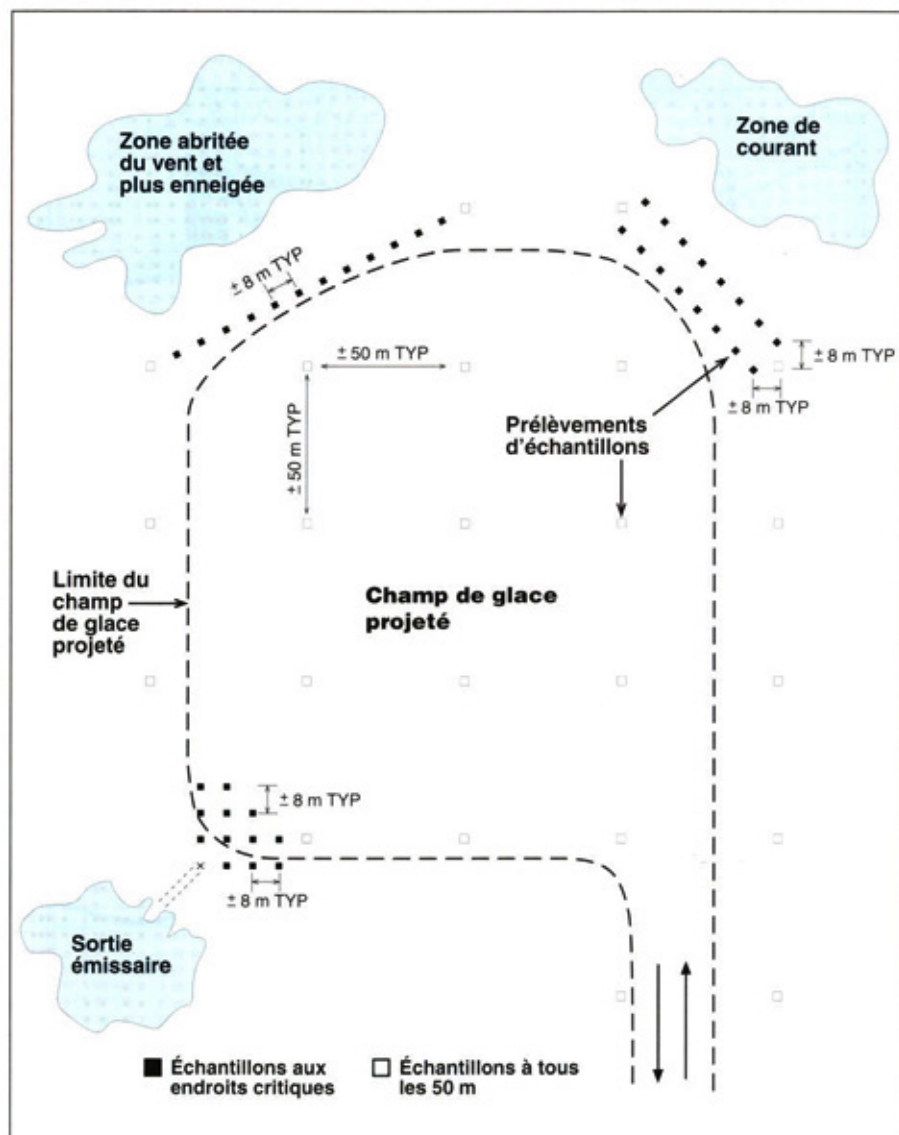


ILLUSTRATION 8
Exemple d'un plan d'échantillonnage

Le calcul de la capacité portante d'un champ de glace

La capacité portante d'un champ de glace dépend principalement de l'épaisseur et de la qualité de la glace. Comme le montre la courbe représentée à l'illustration 9, la capacité portante diminue rapidement pour des épaisseurs inférieures à 40 cm environ. Les tableaux 1 et 2 donnent respectivement la capacité portante et l'épaisseur minimale d'un champ de glace claire de bonne qualité. S'il y a présence de glace blanche, il faut tenir compte du fait que les bulles d'air qu'elle contient peuvent en réduire la résistance. Pour que le champ de glace puisse être considéré comme sécuritaire, il est essentiel de retenir la règle suivante dans le calcul de la capacité portante : 2 cm de glace blanche équivalent à 1 cm de glace claire. Par conséquent, si l'on prélève un échantillon de glace de 30 cm d'épaisseur contenant 10 cm de glace blanche, l'épaisseur effective du champ de glace sera de $20 + (10/2) = 25$ cm.

Comme dans le cas d'une chaîne, dont la résistance dépend de son maillon le plus faible, la capacité portante d'un champ de glace correspond à son point le plus faible. Il pourrait être fatal d'établir la capacité du champ à partir de l'épaisseur moyenne. Si l'on constate la présence d'eau entre deux couches de glace, il ne faut tenir compte, pour calculer la capacité portante du champ, que de l'épaisseur de la couche de glace la plus résistante ou de la couche supérieure si une surface de roulement est nécessaire.

Les tableaux 1 et 2 font aussi état de la distance à respecter entre les charges pour éviter que les contraintes exercées dans la glace ne s'additionnent. S'il est impossible d'éviter le croisement de deux véhicules à l'intérieur des distances indiquées, il faut se servir de la somme des deux charges pour calculer l'épaisseur minimale requise de la glace.

Les données des tableaux 1 et 2 valent pour des charges mobiles sur une glace flottante.

Sous une charge constante, la glace subit une déformation graduelle, un fluage qui peut, après un certain temps, entraîner sa rupture. En règle générale, on doit éviter de laisser une charge stationnée sur un champ de glace, surtout après de fortes variations de température. Dans des conditions normales, s'il est nécessaire de stationner un véhicule, on doit éviter de le faire à proximité de toute autre charge, près des fissures ou des limites naturelles du champ de glace et respecter les distances indiquées aux tableaux 1 et 2.

Il faut considérer un champ de glace comme un radeau posé sur l'eau et non comme un pont. Si le niveau de l'eau baisse, il se peut que la glace prenne appui sur la rive ou sur un objet affleurant à la surface de l'eau et ne soit donc plus supportée par l'eau. C'est pourquoi il faut éviter de longer de près les rives d'un plan d'eau gelé et les éléments qui y affleurent.

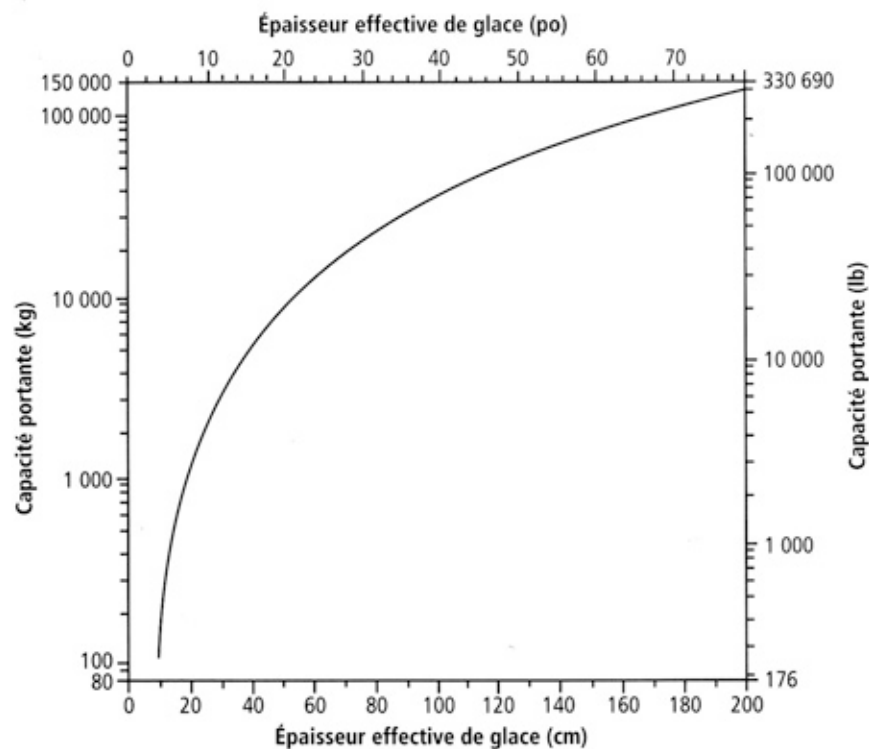


ILLUSTRATION 9

Courbe de la capacité portante en fonction de l'épaisseur effective

TABLEAU 1

Capacité portante et espacement entre les charges en fonction de l'épaisseur de glace

Unités métriques			Unités impériales		
Épaisseur effective (cm)	Charge (kg)	Distance (m)	Épaisseur effective (po)	Charge (lb)	Distance (pi)
10	100	12	4	234	41
12,5	230	15	5	536	49
15	441	17	6	1 028	56
17,5	746	19	7	1 733	63
20	1 143	21	8	2 645	70
22,5	1 615	23	9	3 721	76
25	2 131	25	10	4 883	82
27,5	2 646	27	11	6 024	88
30	3 150	28	12	7 168	94
32,5	3 697	30	13	8 413	100
35	4 288	32	14	9 757	106
37,5	4 922	34	15	11 201	111
40	5 600	35	16	12 744	117
42,5	6 322	37	17	14 387	122
45	7 088	38	18	16 129	128
47,5	7 897	40	19	17 971	133
50	8 750	42	20	19 912	138
55	10 588	45	22	24 094	148
60	12 600	48	24	28 674	158
65	14 788	51	26	33 652	168
70	17 150	54	28	39 028	178
75	19 688	56	30	44 803	187
80	22 400	59	32	50 976	197
85	25 288	62	34	57 547	206
90	28 350	65	36	64 516	215
95	31 588	67	38	71 884	224
100	35 000	70	40	79 650	232
110	42 350	75	44	96 376	250
120	50 400	80	48	114 696	266
130	59 150	85	52	134 608	283
140	68 600	90	56	156 114	299
150	78 750	95	60	179 212	315
160	89 600	100	64	203 904	331
170	101 150	104	68	230 188	346
180	113 400	109	72	258 066	361
190	126 350	113	78	287 536	376
200	140 000	118	80	318 600	391

N.B. : Les chiffres ci-dessus ne valent que pour une glace claire, solide et flottante. Les valeurs indiquées pour la capacité portante s'appliquent aussi bien aux véhicules à chenilles qu'aux autres véhicules. De nombreux facteurs peuvent réduire la capacité portante de la glace. Lire attentivement le texte avant d'utiliser les tableaux.

TABLEAU 2

Épaisseur minimale et espacement requis en fonction des charges à supporter

Unités métriques			Unités impériales		
Charge (kg)	Épaisseur effective (cm)	Distance (m)	Charge (lb)	Épaisseur effective (po)	Distance (pi)
100	10	12	200	3,7	38,6
200	12	15	400	4,8	48,0
300	13	15	600	5,1	49,3
400	14	16	800	5,5	52,1
500	16	17	1 000	5,9	55,6
600	17	18	1 200	6,3	58,4
700	17	19	1 400	6,6	60,4
800	18	19	1 600	6,9	62,0
900	18	20	1 800	7,1	63,4
1 000	19	20	2 000	7,3	64,8
1 500	22	22	3 000	8,4	71,8
2 000	24	24	4 000	9,2	77,4
2 500	27	26	5 000	10,1	82,8
3 000	29	28	6 000	11,0	88,1
3 500	32	30	7 000	11,9	93,4
4 000	34	31	8 000	12,7	98,2
4 500	36	32	9 000	13,4	102,6
5 000	38	34	10 000	14,2	106,7
7 500	46	39	15 000	17,4	124,3
10 000	53	44	20 000	20,0	138,4
12 500	60	48	25 000	22,4	150,5
15 000	65	51	30 000	24,5	161,1
17 500	71	54	35 000	26,5	170,7
20 000	76	57	40 000	28,3	179,5
22 500	80	59	45 000	30,1	187,6
25 000	85	62	50 000	31,7	195,2
30 000	93	66	60 000	34,7	209,0
35 000	100	70	70 000	37,5	221,4
40 000	107	74	80 000	40,1	232,8
45 000	113	77	90 000	42,5	243,3
50 000	120	80	100 000	44,8	253,1
60 000	131	86	120 000	49,1	271,0
70 000	141	91	140 000	53,0	287,1
80 000	151	95	160 000	56,7	301,9
90 000	160	100	180 000	60,1	315,5
100 000	169	104	200 000	63,4	328,2

N.B. : Les chiffres ci-dessus ne valent que pour une glace claire, solide et flottante. Les valeurs indiquées pour la capacité portante s'appliquent aussi bien aux véhicules à chenilles qu'aux autres véhicules. De nombreux facteurs peuvent réduire la capacité portante de la glace. Lire attentivement le texte avant d'utiliser les tableaux.

TABLEAU 3

Exemple d'évaluation de la capacité portante

Endroit	1 Profil du champ	2 Profil de l'épaisseur de glace	3 Profil de l'épaisseur effective	4 Capacité portante
Illustration 4 a) Page 11				746 kg
Illustration 4 b) Page 11				100 kg



neige



glace de neige



neige saturée d'eau



glace claire

Colonne 1

Le profil du champ de glace est obtenu à partir d'échantillonnages.

Colonne 2

Ne pas tenir compte de la zone de neige saturée d'eau dans le calcul de la capacité portante.

Colonne 3

L'épaisseur effective de glace = 100 % de l'épaisseur de glace claire + 50 % de l'épaisseur de glace blanche.

Colonne 4

Utiliser le tableau 1 pour calculer la capacité portante.

Si une charge doit demeurer stationnaire pendant plus de deux heures, il faut multiplier sa masse par deux pour obtenir l'épaisseur minimale requise. Si une charge doit demeurer sur la glace pendant longtemps, il est recommandé de forer un trou dans la glace et de surveiller le bord du trou. Dès que l'eau commence à inonder la couche de glace, il faut déplacer immédiatement la charge.

Plus le poids des charges est proche de la capacité portante, plus il faut accorder de l'attention à la température de l'air, à la présence de fissures humides et à la vitesse des véhicules.

En cas de chute importante de la température (voir la définition donnée dans le vocabulaire), la contraction thermique provoque des contraintes internes dans la glace. L'apparition de fissures sèches à la surface constitue un indice de ce phénomène. Il est alors recommandé d'interrompre toute circulation sur la glace pendant 24 heures pour permettre la détente des contraintes.

Si la température de l'air se maintient au-dessus du point de congélation pendant 24 heures ou plus — ce qui se produit généralement au printemps avec l'arrivée des températures plus douces — la capacité portante de la glace diminue rapidement et on ne peut plus se fier aux valeurs des **tableaux 1 et 2**. Il faut alors éviter d'utiliser le champ de glace.

Une fissure humide est une rupture qui s'étend sur toute l'épaisseur de la glace, permettant à l'eau de s'infiltrer. Aux abords de ce type de fissures, il y a diminution de la capacité portante du champ de glace. Si l'on constate la présence de fissures humides suivant une même orientation, il faut diviser par deux la capacité portante. Si les fissures se croisent plus ou moins perpendiculairement, la charge admissible doit alors être divisée par quatre. Il faut franchir les fissures perpendiculairement et éviter de les longer. Par contre, s'il y a formation de fissures radiales lors de l'application d'une charge, cette dernière doit être enlevée immédiatement.

Lorsqu'un véhicule se déplace sur un champ de glace, il se crée une onde hydrodynamique (vague) dans l'eau qui, elle aussi, se déplace. Si la vitesse de déplacement du véhicule est la même que celle de propagation de l'onde, il y a alors amplification des déformations et des contraintes avec risque de rupture du champ de glace (voir l'**illustration 10**). La vitesse de propagation de l'onde dépend de la profondeur de l'eau. La vitesse des véhicules ne doit pas être supérieure à celle de l'onde hydrodynamique qui se crée sous le champ lors d'un déplacement. Le **tableau 4** présente les vitesses maximales à respecter pour éviter ce phénomène. Lorsqu'un véhicule approche de l'accès d'un champ de glace, sa vitesse doit être réduite à 3 km/h. Comme l'eau est moins profonde près des bords d'un plan d'eau gelé, l'onde risque d'être réfléchiée par la rive et de provoquer la rupture du champ.

Note – Au terme de l'échantillonnage initial, il est possible, surtout si l'on utilise des équipements ou des véhicules assez lourds, que le champ n'ait pas la capacité nécessaire pour les supporter. Il faut alors entreprendre des travaux d'épaississement du champ. Ces travaux doivent être supervisés par des professionnels et il faut contrôler rigoureusement autant l'épaisseur que la qualité de la glace.

TABLEAU 4
Vitesse maximale à respecter sur un champ de glace

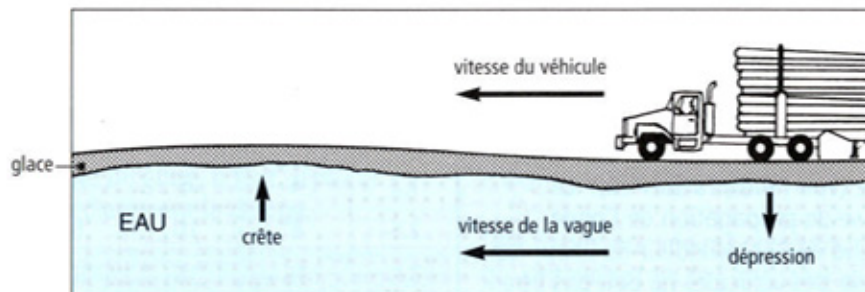
Profondeur de l'eau		Vitesse maximale	
mètres	pieds	kilomètres à l'heure	milles à l'heure
0,3	1	3	2
0,6	2	5	3
1,2	4	8	5
2,5	8	10	6
5,0	16	15	10
plus	plus	20	12

La nomination d'un responsable et la tenue d'un registre

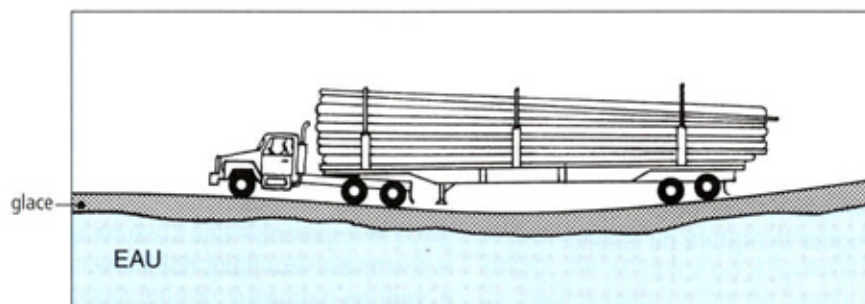
Avant même le début de la période d'aménagement du champ, il faut désigner un responsable du champ de glace. Tout au long des travaux d'aménagement et de l'utilisation du champ de glace, le responsable doit s'assurer que le champ est sécuritaire, notamment :

- que les panneaux de signalisation, les balises et les clôtures soient tenus en bon état et demeurent constamment visibles ;
- que les travaux se déroulent toujours à l'intérieur des limites de l'aménagement du champ ;
- que le poids des équipements et des véhicules ne dépasse pas la capacité portante du champ ;
- que la limite de vitesse des véhicules soit respectée ;
- que les vérifications de la qualité de la glace soient effectuées régulièrement selon la température, la présence d'endroits critiques et l'utilisation du champ.

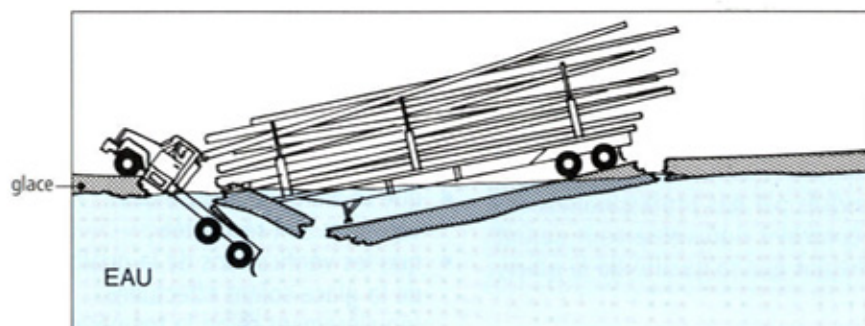
Exemple de la rupture d'un champ de glace provoquée par la vitesse de déplacement d'un véhicule



A *Lorsqu'un champ de glace est sollicité près de sa capacité portante et que la vitesse de la charge égale la vitesse de propagation de l'onde hydrodynamique créée,*



B *il y a une amplification des déformations et des contraintes dans la glace,*



C *ce qui augmente le risque de rupture.*

On recommande également au responsable de tenir un registre contenant les renseignements suivants : date, température journalière, emplacements où les vérifications ont été effectuées, caractéristiques de la glace (épaisseur et qualité), emplacement et nature (humide ou sèche) des fissures, et type de travail effectué sur le champ. Le registre doit aussi contenir toute autre observation susceptible de contribuer à une meilleure connaissance du champ de glace. Il pourra ainsi servir de document de référence pour l'aménagement futur du champ de glace en question.

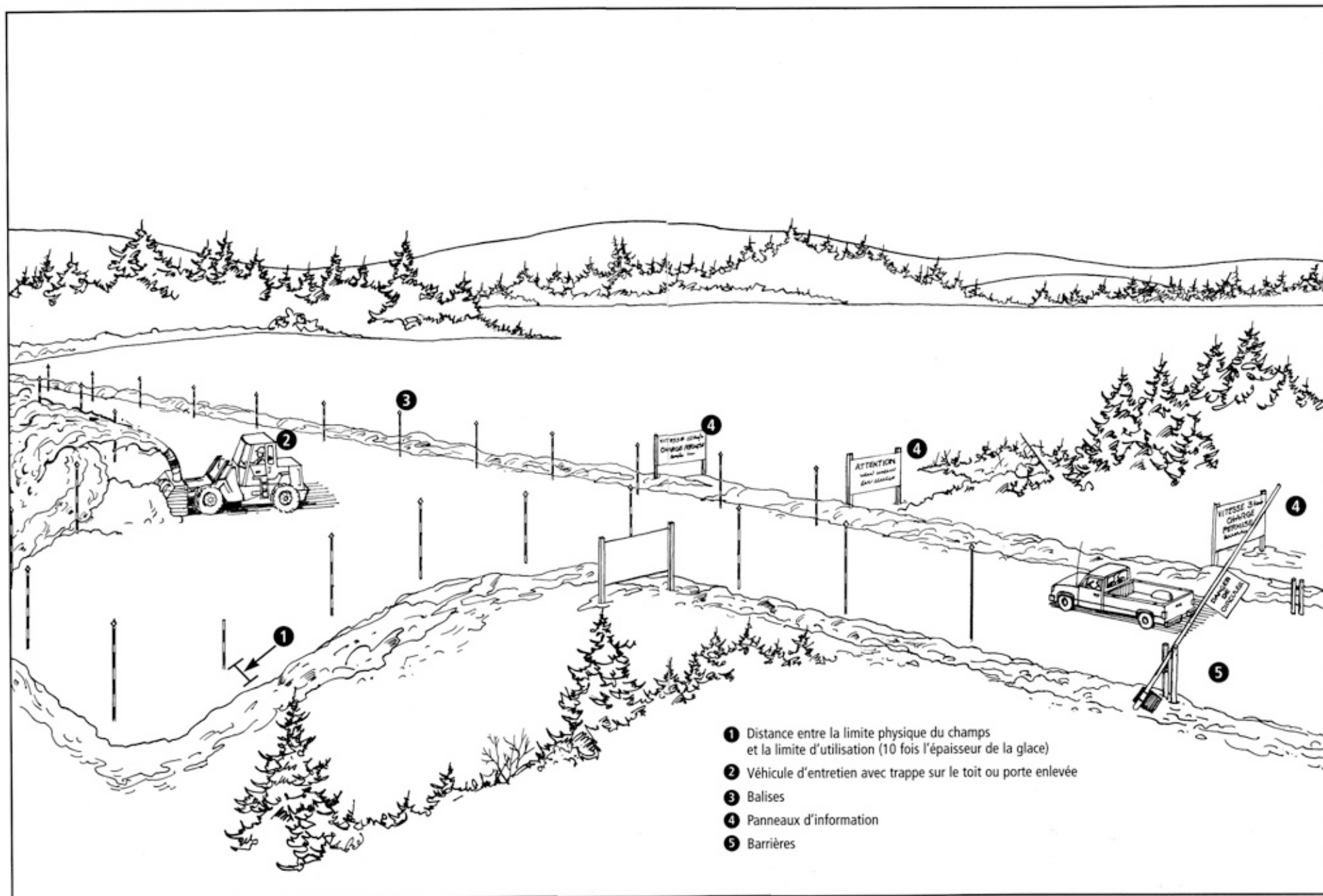
L'aménagement d'une signalisation et le balisage de la zone d'utilisation

Un rappel des principales consignes de sécurité (limite de vitesse, poids maximal permis, interdiction de stationner et autres) doit apparaître sur des panneaux de bonnes dimensions et placés bien en vue à l'entrée et à la sortie du champ. C'est le responsable du champ de glace qui doit s'assurer de la validité et de la mise à jour des renseignements affichés sur les panneaux. D'ailleurs, le nom du responsable et ses coordonnées doivent aussi y figurer.

Il faut installer des barrières de 1,2 mètre de hauteur à l'entrée et à la sortie du champ. Durant la période d'aménagement, ces barrières doivent être fermées pendant l'interruption quotidienne du travail. Lors de la fermeture définitive d'un champ de glace, les barrières doivent demeurer fermées jusqu'à la fonte de la glace ou de la neige. La fermeture du champ de glace doit être indiquée sur les panneaux, et il faut installer sur les barrières des pancartes affichant les mots *Danger de circuler* en gros caractères.

Les travailleurs doivent être en mesure de repérer facilement les limites d'utilisation du champ de glace. La zone d'utilisation sur le champ de glace doit être indiquée par des balises d'au moins 3 mètres de hauteur bien visibles et munies de réflecteurs. Ces balises doivent être situées à une distance des limites physiques du champ égale à dix fois l'épaisseur de la glace. De même, toute ouverture dans la glace d'une dimension suffisante pour provoquer une chute doit être entourée d'une clôture. Celle-ci doit avoir une âme solide d'au moins 90 cm de hauteur et sa partie supérieure doit toujours dépasser d'au moins 1,2 mètre la surface de la neige. Cette clôture doit être située à une distance du bord de l'ouverture égale à au moins dix fois l'épaisseur de la glace. Il faut y apposer des pancartes de 90 cm de longueur et de 60 cm de hauteur portant en gros caractères les mots *Danger de circuler*.

ILLUSTRATION 11
Exemple d'aménagement d'un champ de glace



L'entretien du champ de glace

La neige est un isolant qui empêche la pénétration du froid. De plus, elle constitue une surcharge inutile. Il faut donc déneiger complètement et rapidement le champ de glace après une chute de neige. Un déneigement partiel provoque une différence de température dans la glace et entraîne des déformations différentielles, ainsi que des contraintes internes qui réduisent la capacité portante. Il est préférable de souffler la neige. Lors du déblaiement, les amoncellements doivent être les plus uniformes possible et ne pas dépasser les deux tiers de l'épaisseur effective de la glace. Au printemps, une couche de 10 cm de neige blanche constitue une bonne protection contre les radiations solaires et l'abrasion.

Les mesures de sécurité nécessaires lorsqu'on circule sur un champ de glace

À l'instar de leurs ancêtres, les travailleurs doivent toujours demeurer conscients du danger de rupture d'un champ de glace. Un travailleur ne doit jamais s'aventurer seul sur un champ de glace inconnu ou au cours de la période d'aménagement. Tous les travailleurs qui se déplacent sur un champ de glace, avant que la période d'aménagement soit terminée, doivent porter un gilet de sauvetage approuvé.

Les opérateurs de véhicules doivent respecter en tout temps la limite de vitesse indiquée, éviter les virages et les freinages brusques, et rester à l'intérieur de la zone d'utilisation délimitée sur le champ de glace. L'opérateur d'un véhicule utilisé pour l'aménagement ou l'entretien d'un champ de glace doit être seul à bord et sa ceinture de sécurité ne doit pas être bouclée. Les véhicules utilisés pour l'aménagement ou l'entretien d'un champ de glace doivent être munis d'une trappe d'évacuation dans le toit. Si ce n'est pas le cas, il faut alors démonter les portières des véhicules.

Lorsqu'on circule avec un véhicule équipé de chaînes, on doit prévoir des mesures de surveillance particulières afin d'éviter la dégradation de la surface du champ de glace, qui implique une réduction de sa capacité portante.

3 Le plan d'urgence

En s'aventurant sur une glace trop mince, on prend le risque de tomber dans une eau qui frôle le point de congélation. Dans un tel cas, selon la constitution et la protection vestimentaire de chacun, il suffit de quelques minutes pour atteindre un état d'épuisement ou perdre conscience. Le temps de survie est lui aussi estimé à quelques minutes.

Il faut donc prévoir un plan d'urgence et en faire part à tous les travailleurs. On recommande également de faire un exercice afin de vérifier sa mise en application. Ce plan doit comprendre les éléments suivants :

- la présence, sur le lieu de travail, d'un nombre suffisant de ceintures de sauvetage pour le nombre de personnes prenant part à un sauvetage éventuel;

- la présence, à moins de 35 mètres du lieu de travail, d'une bouée de sauvetage attachée à une corde solide de 10 mm de diamètre et d'au moins 15 mètres de longueur, ainsi que d'une perche;
- la présence d'une enceinte chaude à proximité du lieu de travail (véhicule ou cabane);
- l'inscription des coordonnées des services d'intervention d'urgence et l'installation d'un moyen de communication fiable pour demander de l'aide rapidement.

4 Les obligations

Pour effectuer en toute sécurité des travaux sur un champ de glace, les employeurs et les travailleurs doivent s'acquitter de certaines obligations, dont les suivantes :

Obligations de l'employeur

- bien renseigner les travailleurs sur les risques reliés aux travaux sur les champs de glace et leur assurer la formation et la supervision appropriées pour accomplir leur travail de façon sécuritaire;
- utiliser les méthodes et techniques visant à déterminer, contrôler et éliminer les risques pouvant affecter la santé et la sécurité des travailleurs (échantillonnage de la glace, balisage de l'aire de travail, affichage des renseignements, nomination d'un responsable, etc.);
- s'assurer que l'organisation du travail ainsi que les méthodes et techniques utilisées sont sécuritaires et tiennent compte de la capacité portante de la glace;
- fournir aux travailleurs l'équipement de protection individuelle nécessaire (gilet de sauvetage, corde de sécurité, vêtements d'immersion, etc.);

- fournir, à la demande d'un inspecteur, une déclaration signée et portant le sceau d'un ingénieur, attestant que le champ de glace est sécuritaire pour les travaux auxquels il est destiné.

Obligations du travailleur

- participer à la détermination et à l'élimination des risques reliés aux travaux sur les champs de glace;
- porter l'équipement de protection individuelle lorsque la situation l'exige;
- veiller à ne pas mettre en danger la sécurité des autres personnes se trouvant sur les lieux de travail.

Vocabulaire

Capacité portante : charge admissible sur un champ de glace.

Champ de glace : surface glacée d'une étendue d'eau.

Chute importante de température : baisse de plus de 10 °C entre les températures journalières moyennes de deux jours consécutifs.

Endroit critique : emplacement sur un champ de glace qui présente une épaisseur ou une qualité de glace moindre par suite de conditions hydrodynamiques particulières (courants, variations de température, variations de profondeur, résurgence d'eaux souterraines).

Épaisseur effective : épaisseur équivalente de glace claire sans défaut utilisée pour calculer la capacité portante d'un champ.

Glace blanche (aussi appelée glace de neige) : glace formée par la congélation de la neige submergée; elle contient un pourcentage d'air qui peut réduire sa résistance.

Glace claire (aussi appelée glace bleue, transparente ou noire) : glace formée par la congélation de l'eau; c'est le type de glace qui offre la résistance la plus élevée.

Période d'aménagement : période de préparation et de construction en vue de rendre un champ de glace utilisable et sécuritaire pour les activités auxquelles il est destiné.

Période de clôture : période comprise entre le moment où le champ de glace commence à subir des altérations importantes et celui où ces altérations ne permettent plus une activité sécuritaire sur la glace.

Période d'utilisation : période qui suit la période d'aménagement et s'étend jusqu'au moment où le champ de glace commence à subir des altérations importantes dues au réchauffement de la température ambiante et de celle de l'eau.

Bibliographie

ALBERTA OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY (1985). *Travelling, Standing and Working on Ice Requires Extreme Caution*, Calgary, Alberta. (feuillet)

ASSOCIATION DE PRÉVENTION DES ACCIDENTS DANS L'INDUSTRIE FORESTIÈRE DE L'ONTARIO. « Comment ne pas briser la glace », Bulletin sur l'hygiène et la sécurité, octobre 1989, p. 10-11

ASSOCIATION ONTARIENNE DE LA SÉCURITÉ DANS LA CONSTRUCTION (1986). *Manuel sur la santé et la sécurité en construction*, Toronto, Ontario, 356 p.

BELTAOS, S. (1981). « Field Study on the Response of Floating Ice Sheets to Moving Loads », *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 8, n° 1, p. 1-8.

BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC (1987). *Guide de sécurité pour les activités sur la glace*, ministère de l'Industrie et du Commerce, gouvernement du Québec, 21 p. (fascicule de documentation NQ 1920-500)

CARTER, D. (1990). *Capacité portante et action des glaces sur les ouvrages hydrauliques*, rapport préparé pour la Société d'énergie de la Baie James, Montréal, 66 p.

CARTER, D. (1991). *Analyse et dimensionnement des ponts et des plates-formes de glace*, rapport préparé pour la Société d'énergie de la Baie James, Montréal, 31 p.

FREDERKING, R. et GOLD, L. (1976). « The Bearing Capacity of Ice Covers under Static Loads », *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 3, n° 2, p. 288-293.

GERARD, R., D.C. SEGO et T.M. HRUDEY (1990). *Aspects of the Use of Spray Ice in Ice Bridge Construction*, Mackenzie River at Ft. Providence, N.W.T., Water Resources Engineering Report 90-2, Department of Civil Engineering, University of Alberta, 133 p.

GOLD, L. « Field Study on the Load Bearing Capacity of Ice Covers », *Woodlands Review Section, Pulp and Paper Magazine of Canada*, mai 1960, p. 155-158.

GOLD, L. (1971). « Use of Ice Covers for Transportation », *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 8, n° 2, p. 170-181.

GOLD, L. (1977). « Engineering Properties of Fresh-Water Ice », *Journal of Glaciology*, vol. 19, n° 81, p. 197-212.

GOLD, L.W. (1981). *Designing Ice Bridges and Ice Platforms*, comptes rendus de l'Association internationale de recherches hydrauliques, Symposium international sur la glace, Université Laval, Québec, 685-701 p.

HAYNES, F.D. et K.L. CAREY (1996). « Safe Loads on Ice Sheets », *Ice Engineering Information Exchange Bulletin*, US Army Corps of Engineers, U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Hanover, New Hampshire, 4 p.

KENNETH, M.A. (1978). *Building and Operating Winter Roads in Canada and Alaska*, Environmental Studies, n° 4, ministère des Affaires indiennes et du Nord, 220 p.

KERR, A. (1982). *Engineering and Design, Ice Engineering*. (Bearing Capacity of Floating Ice), Engineer Manual 1110-2-1612, Department of the Army, Corps of Engineers, Office of the chief of Engineers, Washington, 8 p.

KERR, A. (1983). « The Critical Velocities of a Load Moving on a Floating Ice Plate that is Subjected to In-plane Forces », *Cold Regions Science and Technology*, vol. 6, p. 267-274.

LLIBOUTRY, L. (1964). *Traité de glaciologie*, tome 1, n° 2, Glace, Neige, Hydrologie nivale, Masson Éditeurs, Paris, 427 p.

MICHEL, B. (1978). *Ice Mechanics*, Les Presses de l'Université Laval, Québec, 499 p.

Annexe 1

Gelures et hypothermie

Les gelures sont des lésions de la peau causées par le froid. Elles se situent le plus souvent au visage ou aux extrémités.

Selon la température extérieure, la durée d'exposition et la présence de facteurs de refroidissement, tels que la vitesse du vent et le degré d'humidité, les atteintes peuvent être légères ou graves.

Signes et symptômes

Les signes et symptômes varient selon la nature et la gravité de la lésion.

- Engourdissement progressif
- Fourmillements
- Perte graduelle de sensibilité
- Rougeurs avec plaques blanches inégales à l'endroit de la gelure
- Peau blanche, glacée et creuse
- Présence fréquente de cloques
- Insensibilité totale
- Région atteinte parfois dure au toucher

Quoi faire ?

- 1 Appeler l'ambulance, si la gravité de la blessure l'exige.
- 2 Conduire la personne dans un abri chauffé, si possible. Sinon, tenter de la mettre à l'abri du vent.
- 3 Demander à la personne de se réchauffer avec la chaleur de son propre corps, si c'est possible (mettre les mains sous les aisselles, par exemple).
- 4 Tout en évitant de masser ou de frictionner (surtout à l'eau froide ou avec de la neige), réchauffer graduellement les régions ou les membres gelés en y appliquant la surface des mains ou des compresses tièdes.
- 5 Enlever les vêtements humides ou mouillés, et les chaussures.
- 6 Envelopper la victime dans une couverture.
- 7 Réchauffer graduellement les régions ou les membres gelés, en donnant de sa propre chaleur avec les mains ou en appliquant des compresses tièdes. Ne pas approcher le membre gelé d'une source de chaleur directe, comme un feu de bois.
- 8 Faire boire une boisson chaude et sucrée non alcoolisée. Voir **Mise en garde**, p. 36.
- 9 Attendre l'ambulance, s'il y a lieu.

Effets du froid sur la température du corps

Une baisse de la température du corps (hypothermie) survient lorsque le corps, sous l'effet du froid, perd plus de chaleur qu'il n'en produit, lors d'une immersion dans l'eau glacée, par exemple.

Lorsque les basses températures s'accompagnent de vent, le danger peut s'accroître considérablement.

Signes et symptômes

Les signes et symptômes sont progressifs.

- Frissons ou tremblements irrésistibles
- Présence ou non de gelures
- Tremblements violents, difficulté à parler
- Arrêt des tremblements (si la personne est consciente, son esprit est confus et elle s'endort)
- Inconscience (la personne peut même sembler morte)
- Diminution du pouls et de la respiration (prendre de 30 à 45 secondes pour vérifier le pouls)
- Rigidité musculaire

Mise en garde

Contrairement à la croyance populaire, les boissons alcoolisées sont à proscrire. L'alcool a pour effet d'abaisser encore plus la température du corps, car il accélère la perte de chaleur à la surface de la peau. De même, il serait préférable que la personne s'abstienne de fumer parce que la nicotine cause une diminution de la circulation sanguine.

Quoi faire ?

- 1 Appeler l'ambulance, si l'état de la personne l'exige.
- 2 Installer la personne dans un endroit chaud.
- 3 Desserrer les vêtements qui lui compriment le corps. Si les vêtements sont humides, les remplacer par des vêtements secs.
- 4 Si la personne peut boire, lui donner une boisson tiède (pour un réchauffement graduel), sucrée et non alcoolisée.
- 5 Envelopper la victime dans des couvertures.

Si la victime est incapable de se réchauffer par elle-même,

- 6 La faire allonger et lui réchauffer d'abord la tête, le cou et le tronc.

En l'absence d'autres sources de chaleur, le contact direct est le moyen le plus rapide de réchauffer la personne (le secouriste se déshabille jusqu'à la taille et se blottit contre la victime entre des couvertures ou dans un sac de couchage). À défaut, le secouriste peut l'envelopper de plusieurs couvertures. Après un certain temps, lorsque le tronc commence à se réchauffer, l'envelopper complètement.

- 7 Réanimer la personne si nécessaire. L'arrêt cardiaque et l'arrêt respiratoire se produisent rapidement lorsque la personne tombe dans l'eau glacée.
- 8 Attendre l'ambulance, s'il y a lieu.

Source : *Secourisme en milieu de travail*, 4^e édition, CSST et les éditions Héritage, 1996, 196 p.

Annexe 2

Aide-mémoire

Principales règles à suivre pour éliminer le danger de rupture d'un champ de glace :

- 1 Déterminer l'étendue des travaux et la charge maximale que devra supporter le champ de glace.
- 2 Évaluer les caractéristiques du site choisi (courant, profondeur, enneigement, exposition aux vents, accès, etc.) et repérer les endroits critiques (résurgence d'eaux souterraines, chenal, hauts fonds, embouchure ou sortie de tuyaux, courbe externe de rivière, etc.).
- 3 Vérifier la qualité de la glace en prélevant des échantillons d'au moins 15 cm x 15 cm à tous les 8 mètres près des endroits critiques et sur les rivières, et à tous les 50 mètres dans les autres cas.
- 4 Évaluer la capacité portante du champ de glace (voir **tableaux 1** et **2**, p. 21 et 22). Les éléments suivants doivent être considérés : épaisseur effective de la glace, distance entre les charges et, si nécessaire, durée de stationnement. Plus le poids des charges se rapproche de la capacité portante de la glace, plus il faut être vigilant et tenir compte des variations de température, de la présence de fissures et de la vitesse des véhicules. S'il y a présence d'eau entre deux couches de glace, ne pas additionner la

capacité portante des deux couches, mais plutôt ne considérer que la couche la plus résistante ou la couche supérieure si une surface de roulement est nécessaire.

- 5 Consulter un spécialiste si des travaux d'épaississement de la glace doivent être effectués.
- 6 Contrôler la qualité de la glace pendant toute la période d'utilisation du champs de glace.
- 7 Désigner un personne qui aura la responsabilité de s'assurer que le champs de glace est sécuritaire et de tenir un registre.
- 8 Baliser la zone d'utilisation du champs de glace et aménager une signalisation claire.
- 9 Dénéiger rapidement toute la zone d'utilisation après une chute de neige.
- 10 Élaborer un plan d'urgence.
- 11 Informer les travailleurs sur les dangers et sur les mesures de prévention à mettre en place pour que les lieux de travail soient sécuritaires.

Vice-présidence à la programmation
et à l'expertise-conseil
Direction de la prévention-inspection



Gouvernement
du Québec

DC 200-640 (96-12)