

**EN004228**

## **RAPPORT D'ENQUÊTE**

**Accident mortel survenu à un travailleur,  
le 5 juillet 2018, de l'entreprise Coffrages MR inc.  
sur un chantier de construction situé au croisement du boulevard de  
l'Auvergne et de l'autoroute Henry IV à Québec.**

**Direction régionale de la Capitale-Nationale**

**VERSION DÉPERSONNALISÉE**

**Inspecteurs :**

\_\_\_\_\_  
**Jean-Philippe Paradis,  
Inspecteur**

\_\_\_\_\_  
**Claude Jean,  
Inspecteur**

**Date du rapport : 30 mai 2019**

**Rapport distribué à :**

- M. [ A ], [ ... ], Les construction Reliance du Canada
- M. [ B ], [ ... ], Coffrages MR inc.
- M. [ C ], [ ... ], Coffrages MR inc.
- M. Donald Nicol, coroner
- Dr François Desbiens, directeur de la santé publique, région de la Capitale-Nationale
- M. [ D ], [ ... ], FTQ-Construction
- M. [ E ], [ ... ], CSD-Construction
- M. [ F ], [ ... ], Syndicat québécois de la construction
- M. [ G ], [ ... ], CSN-Construction
- M. [ H ], [ ... ], conseil provincial du Québec des métiers de la construction (International)

**TABLE DES MATIÈRES**

<b><u>1</u></b>	<b><u>RÉSUMÉ DU RAPPORT</u></b>	<b><u>1</u></b>
<b><u>2</u></b>	<b><u>ORGANISATION DU TRAVAIL</u></b>	<b><u>2</u></b>
2.1	STRUCTURE GÉNÉRALE DE L'ÉTABLISSEMENT	2
2.1.1	MAÎTRE D'ŒUVRE	2
2.1.2	COFFRAGES MR INC.	2
2.2	ORGANISATION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL	2
2.2.1	MÉCANISMES DE PRISE EN CHARGE	2
2.2.2	GESTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ	2
<b><u>3</u></b>	<b><u>DESCRIPTION DU TRAVAIL</u></b>	<b><u>4</u></b>
3.1	DESCRIPTION DU LIEU DE TRAVAIL	4
3.2	DESCRIPTION DU TRAVAIL À EFFECTUER	5
<b><u>4</u></b>	<b><u>ACCIDENT: FAITS ET ANALYSE</u></b>	<b><u>6</u></b>
4.1	CHRONOLOGIE DE L'ACCIDENT	6
4.2	CONSTATATIONS ET INFORMATIONS RECUEILLIES	7
4.2.1	FORMATION ET EXPÉRIENCE DE TRAVAIL	7
4.2.2	CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES	7
4.2.3	ÉVALUATION DE LA CHARGE DE TRAVAIL	8
4.2.4	CALCUL DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR CORRIGÉE	8
4.2.5	ANALYSE DES VALEURS LIMITES D'EXPOSITION À LA CHALEUR	10
4.2.5.1	Acclimatation à la chaleur	10
4.2.5.2	Calcul de la température WBGT à l'intérieur de l'excavation	11
4.3	GESTION DES RISQUES LIÉS AUX CONTRAINTES THERMIQUES	14
4.4	L'ASTREINTE THERMIQUE PRÉVISIBLE SELON ISO 7933	15
4.4.1	ANALYSE DES PERTES HYDRIQUES TOTALES	15
4.5	RISQUES DE L'EXPOSITION À LA CHALEUR	17
4.5.1	SYMPTÔMES ET SIGNES D'UN COUP DE CHALEUR	17
4.6	ÉNONCÉS ET ANALYSE DES CAUSES	18
4.6.1	LE TRAVAILLEUR SUBIT UN COUP DE CHALEUR ALORS QU'IL EFFECTUE UN TRAVAIL DANS UNE EXCAVATION DURANT UNE PÉRIODE DE CANICULE.	18
4.6.2	LA GESTION DE L'EXPOSITION DES TRAVAILLEURS AUX CONTRAINTES THERMIQUES EST DÉFICIENTE, AMENANT LE TRAVAILLEUR À DÉPASSER LES VALEURS LIMITES ADMISSIBLES D'EXPOSITION POUR LE TRAVAIL EFFECTUÉ.	19

<b>5</b>	<b><u>CONCLUSION</u></b>	<b>21</b>
5.1	CAUSES DE L'ACCIDENT	21
5.2	AUTRES DOCUMENTS ÉMIS LORS DE L'ENQUÊTE	21
5.3	RECOMMANDATIONS	21
 <b><u>ANNEXES</u></b>		
ANNEXE A :	L'accidenté	23
ANNEXE B :	Liste des témoins et des autres personnes rencontrées	24
ANNEXE C :	Rapport d'expertise	25
ANNEXE D :	Document « Travailler à la chaleur... Attention! »	60
ANNEXE E :	Références bibliographiques	65

## LISTE DES FIGURES

Figure 1	Zone des travaux de coffrage.....	1
Figure 2	Lieu de travail.....	4
Figure 3	Localisation du véhicule de l'entreprise.....	5
Figure 4	Définition des zones de niveau de risque de la température d'air corrigée.....	9
Figure 5	Courbes des valeurs limites d'exposition à la chaleur en fonction du 5 juillet à 6 h 00 et 14 h 00 dans l'excavation.....	12

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I	Données historiques des températures au sol.....	7
Tableau II	Température WBGT estimé le 5 juillet 2018.....	11
Tableau III	Valeurs limites d'exposition à la chaleur pour un travail lourd.....	13
Tableau IV	Calcul du temps de repos exigé par le RSST en air conditionné à 18°C.....	13
Tableau V	Calcul des pertes hydriques pour un « travailleur type ».....	16
Tableau VI	Compilation des données d'exposition au sol et dans l'excavation.....	20

**SECTION 1****1 RÉSUMÉ DU RAPPORT****Description de l'accident**

Le 5 juillet 2018, des [ ... ] de l'entreprise Coffrages MR inc. s'affairent à l'installation de cornières en fer et à la préparation du coffrage de murs dans une excavation située sur un chantier de construction sur le boulevard de l'Auvergne à Québec. Alors que [ ... ] travailleurs qui convoiturent quittent le lieu de travail en direction de leur domicile, M. [ I ], charpentier-menuisier A, situé dans le siège passager, présente des symptômes de coup de chaleur. [ J ] stationne alors le véhicule et contacte les services d'urgence.

**Conséquences**

Le charpentier-menuisier A décède des suites d'un coup de chaleur.



Source : CNESST

Fig. 1 : Zone des travaux de coffrage

**Abrégé des causes**

L'enquête a permis de retenir les causes suivantes pour expliquer cet accident :

- Le travailleur subit un coup de chaleur alors qu'il effectue un travail dans une excavation durant une période de canicule.
- La gestion de l'exposition des travailleurs aux contraintes thermiques est déficiente, amenant le travailleur à dépasser les valeurs limites admissibles d'exposition pour le travail effectué.

*Le présent résumé n'a pas de valeur légale et ne tient lieu ni de rapport d'enquête, ni d'avis de correction ou de toute autre décision de l'inspecteur. Il constitue un aide-mémoire identifiant les éléments d'une situation dangereuse et les mesures correctives à apporter pour éviter la répétition de l'accident. Il peut également servir d'outil de diffusion dans votre milieu de travail.*

## SECTION 2

### 2 ORGANISATION DU TRAVAIL

#### 2.1 Structure générale de l'établissement

##### 2.1.1 Maître d'œuvre

L'entreprise Les construction Reliance du Canada Ltée, ci-après nommée Reliance, est responsable de l'exécution de l'ensemble des travaux de construction et de l'octroi des contrats de travail aux employés sous-traitants du chantier de construction du futur centre de distribution Maison Simons.

##### 2.1.2 Coffrages MR inc.

L'entreprise Coffrages MR inc, ci-après nommée Coffrages MR, œuvre dans le secteur d'activité économique 001-Bâtiment et travaux publics. L'entreprise a été fondée en 1991 et se spécialise dans les travaux de coffrages.

L'entreprise est située à St-Benoît-Labre, dans la région de la Beauce. Elle est dirigée par M. [ B ], [ ... ], et M. [ C ], [ ... ]. Elle emploie [ ... ] travailleurs de la construction. Ceux-ci sont répartis en équipe en fonction des travaux à effectuer.

Il n'y a pas de contrat entre le maître d'œuvre et l'entreprise puisque Coffrages MR est sous-traitante de l'entreprise Fondations Béliveau inc. Cette dernière est partie prenante d'un contrat avec le maître d'œuvre Reliance.

#### 2.2 Organisation de la santé et de la sécurité du travail

##### 2.2.1 Mécanismes de prise en charge

[ ... ]. Les travailleurs sont invités à soumettre les situations jugées dangereuses au [ K ]. Les mécanismes de participation des travailleurs sont informels.

##### 2.2.2 Gestion de la santé et de la sécurité

Compte tenu de l'ampleur des travaux, [ L ] représente le maître d'œuvre sur le projet. Un programme de prévention propre au chantier de construction du futur centre de distribution Maison Simons a été élaboré par l'employeur. Le programme, signé le 18 juin 2018 par les travailleurs, comporte notamment des directives générales sur la mise en place du béton, le coffrage et le décoffrage, la pose d'acier d'armature, l'utilisation d'une pompe à béton, une description des tolérances zéro et une procédure de sortie d'urgence pour les travaux en espace clos.

Le programme de prévention contient également une mention sur le respect du régime d'alternance travail/repos pour des travaux effectués dans un environnement chaud et

humide. Accessible dans le tableau des consignes générales de sécurité à la page 13, la mention est inscrite comme suit :

*« Respecter le régime d'alternance travail/repos pour des travaux à effectuer dans un environnement chaud et humide, tel que prescrit par règlement. »*

Outre cette mention, il n'y a pas de spécification supplémentaire concernant les contraintes thermiques.

## SECTION 3

## 3 DESCRIPTION DU TRAVAIL

## 3.1 Description du lieu de travail

Le lieu de travail est le chantier de construction du futur centre de distribution de la Maison Simons. Le chantier de construction est situé sur le boulevard de l'Auvergne à Québec. Le 5 juillet 2018, des travaux de coffrage sont effectués dans la section des quais de chargement et des travaux de préparation des sols sont effectués dans le reste du chantier. Les véhicules et les équipements de l'entreprise Coffrages MR sont placés à proximité de l'excavation dans la zone des travaux de coffrage.



Source : Google Maps – modifiée par la CNESST

Fig. 2 : Lieu de travail

À Québec, le 5 juillet 2018 à 13 h 00, la température est de 30,7 °C avec un taux d'humidité relative de 58% et un vent du sud-ouest de 15 km/h (Environnement Canada).

Un véhicule de l'entreprise Coffrages MR, situé à proximité de l'excavation dans la zone des travaux de coffrage, est en fonction et sert à rafraîchir les travailleurs pendant les pauses.



Source : CNESST

Fig. 3 : Localisation du véhicule de l'entreprise

### 3.2 Description du travail à effectuer

L'entreprise Coffrages MR exécute les travaux de coffrage et d'empatement en tant que sous-traitant de l'entreprise Fondations Béliveau inc. Le contrat convenu entre le maître d'œuvre et Fondations Béliveau inc. consiste à effectuer le coffrage, le décoffrage, la coulée et la mise en place du béton des murs et des empacements du chantier de construction. La préparation des travaux effectués par Coffrages MR a débuté le 18 juin 2018. Ensuite, les travaux liés au coffrage ont débuté le 3 juillet 2018.

Les tâches à effectuer par le charpentier-menuisier consistent aux points suivants :

- Installation de boîtes de bois pour la fondation des murs des quais ;
- Installation de cornières de petite dimension (environ 6,8 kg (15 lb)) en hauteur en équipe de [ ... ] personnes en échelle ;
- Installation de cornières de grande dimension (environ 68 kg (150 lb)) en hauteur en équipe de [ ... ] personnes en échelle ;
- Aider les [ ... ] autres travailleurs à transporter les panneaux de coffrages.

Ce sont les tâches habituelles des travaux liés au coffrage d'un mur d'un quai de livraison.

## SECTION 4

### 4 ACCIDENT: FAITS ET ANALYSE

#### 4.1 Chronologie de l'accident

Le 5 juillet 2018, le charpentier-menuisier A, arrive au chantier de construction vers 5 h 45, en compagnie de M. [ J ], [ ... ]. Ce dernier positionne le véhicule de l'entreprise en bordure de l'excavation. À 6 h 00, selon les données d'Environnement Canada, la température au sol est de 21,4 °C avec un taux d'humidité relative de 89 %. [ J ] laisse fonctionner le moteur du véhicule afin de pouvoir se rafraîchir dans un endroit dont l'air est conditionné pendant les pauses et lors du dîner. Ensuite, [ J ] rejoint M. [ M ], [ ... ] affecté aux travaux de coffrage, pour l'installation des panneaux. Le charpentier-menuisier A s'affaire au transport de panneaux et à l'installation des boîtes de bois et des cornières.

Vers 9 h 00, [ I ] et [ J ] prennent une pause dans le véhicule de l'entreprise. La température extérieure au sol est de 26,5 °C, le taux d'humidité relative est de 71 % et le climatiseur du véhicule fonctionne. Après environ 15 minutes, [ I ] et [ J ] poursuivent les travaux de coffrage et l'installation des boîtes de bois et des cornières.

Vers 11 h 45, [ I ] et [ J ] vont dîner dans le véhicule pendant 30 minutes. [ J ] trouve qu'il fait trop chaud. Les [ ... ] travailleurs discutent de quitter le chantier de construction en raison de la chaleur. Le charpentier-menuisier A considère qu'ils devraient terminer la section commencée avant de quitter. La journée de travail se terminant habituellement à 15h00, ils s'entendent avec M. [ K ], [ ... ] de Coffrages MR, pour faire trois « installations de cornières » avant de terminer et de quitter le chantier de construction. Chaque installation comprend une cornière de grande dimension et deux cornières de petites dimensions, pour un total de neuf cornières.

Vers 13 h 45, [ I ] et [ J ] quittent ensemble le chantier de construction en direction de leurs résidences situées [ ... ]. [ I ] et [ J ] vont faire le plein d'essence sur l'avenue Chauveau avant de reprendre la route en direction de [ ... ]. Le charpentier-menuisier A présente des signes de confusion et des propos incohérents lorsqu'ils quittent la station-service. À proximité de l'embranchement entre l'autoroute Charest (Qc 40) et l'autoroute Duplessis (Qc 540), à environ 8 km du chantier de construction, les signes de confusion du charpentier-menuisier A s'accroissent et il présente des malaises physiques. [ J ] contacte son employeur pour lui faire part de la gravité de la situation. Ce dernier lui demande de s'arrêter et de contacter les services d'urgence. [ J ] emprunte la sortie vers le chemin Ste-Foy et immobilise le véhicule pour contacter les services d'urgence. Le charpentier-menuisier A est transporté vers un centre hospitalier.

## 4.2 Constatations et informations recueillies

### 4.2.1 Formation et expérience de travail

M. [ I ], charpentier-menuisier A  
[ ... ]

### 4.2.2 Conditions météorologiques

Le jeudi 5 juillet 2018, jour de l'accident, est la 4<sup>e</sup> journée consécutive d'une période de canicule. Le grand dictionnaire terminologique définit une période de canicule selon les conditions suivantes :

*« Période d'au moins trois jours consécutifs pendant laquelle la chaleur est particulièrement élevée et qui est marquée par une diminution de l'amplitude de la température du jour et de la nuit.*

*Notes*

*Au Canada, on considère que la température minimale requise pour qu'il soit question de canicule est de 30 °C [ ... ] »*

Les travailleurs de Coffrages MR amorcent les travaux sur le chantier de construction le 18 juin 2018. Du 29 juin au 5 juillet, les températures sont les suivantes :

Tableau I  
Données historiques des températures au sol

Température à l'Aéroport international Jean-Lesage						
	06:00		11:00		14:00	
	Temp. °C	% H.R.	Temp. °C	% H.R.	Temp. °C	% H.R.
29-juin-18	17,8	97	22,9	82	27,1	67
30-juin-18	17,8	91	22,3	75	24,2	77
01-juil-18	15,3	94	18	83	22,4	72
02-juil-18	17,5	89	27,6	74	32,3	66
03-juil-18	22,6	92	27,9	55	29,6	45
04-juil-18	20,9	73	27	61	30,8	51
05-juil-18	21,4	89	29,8	61	31,8	51

Source : Environnement Canada

Selon la définition retenue, la canicule a débuté le 2 juillet, journée durant laquelle la température a excédé 30°C. Toutefois, le rapport d'expertise précise que l'exposition à des températures élevées a débuté le 29 juin 2018.

### 4.2.3 Évaluation de la charge de travail

L'évaluation des risques liés à la contrainte thermique est effectuée de deux manières : le calcul de la température de l'air corrigée et l'analyse des valeurs limites d'exposition à la chaleur. Afin d'utiliser ces deux indices, nous devons évaluer le niveau de la charge de travail, soit léger (moins de 200 kcal/h), moyen (200 à 350 kcal/h) ou lourd (plus de 350 kcal/h).

La charge de travail est généralement une estimation effectuée à partir d'une table de référence. À partir de celle-ci, on décompose les tâches de travail et on additionne l'équivalent en charge énergétique de chaque activité effectuée par un individu. Le tableau II, de l'annexe V du Règlement sur la santé et sécurité du travail (RSST), présente une méthode d'évaluation de la charge de travail et les valeurs moyennes de métabolisme pour différentes activités. Ainsi, le rythme de travail, le positionnement du corps et les mouvements contribuent à l'augmentation de la charge de travail calculée en kcal/h. Selon M. Pierre C. Dessureault, Ph.D, la charge de travail du charpentier-menuisier A est évaluée à une valeur de 362 kcal/h (Annexe C, Rapport d'expertise, p. 5). La charge de travail est donc de niveau « lourd ».

### 4.2.4 Calcul de la température de l'air corrigée

La température de l'air corrigée est un indice qui ne requiert aucun instrument et permet d'estimer la zone de risque de la contrainte thermique. Le document « Travailler à la chaleur... Attention! 3<sup>e</sup> édition » présente la méthode d'évaluation de cet indice et permet d'effectuer une gestion préventive de la contrainte thermique (Annexe E). Le calcul de la température de l'air corrigée se base sur la température de l'air à l'ombre. Des corrections de la température sont effectuées en fonction du taux d'humidité relative, du niveau d'ensoleillement et de l'habillement des travailleurs. En déterminant la charge de travail effectué (léger, moyen ou lourd), nous appliquons la température d'air corrigée au tableau de référence afin d'obtenir une zone de risque. Des mesures de prévention sont identifiées. Une consommation d'eau minimum est également déterminée en fonction de la température d'air corrigée.

Selon la méthode d'évaluation d'air corrigée présentée à l'annexe E, on peut estimer la zone de risque pour la journée du 5 juillet 2018. Par exemple, à 14 h 00, la température de l'air corrigée se calcule comme suit :

- La température à l'ombre est de 31,8 °C. Donc A = 31,8 °C;
- L'humidité relative est de 51 %. On peut estimer que la valeur de B est un ajout de 3,5 °C;
- Comme les données météorologiques proviennent du service météorologique régional et que les travailleurs sont exposés directement aux rayons du soleil, la valeur de C est donc un ajout de 6 °C;
- Comme les travailleurs sur le chantier de construction ne portent pas de combinaison de coton, la valeur de D est donc un ajout de 0 °C.

**Température de l'air corrigée (A+B+C+D) = 31,8 °C + 3,5 °C + 6 °C + 0 °C = 41,3 °C**

En comparant ce résultat à la table de la figure 4 présentant les mesures de prévention de l'outil (Annexe D), nous obtenons, pour une charge de travail « lourd », une zone de risque de couleur rouge. Cette zone indique que le risque est très élevé.

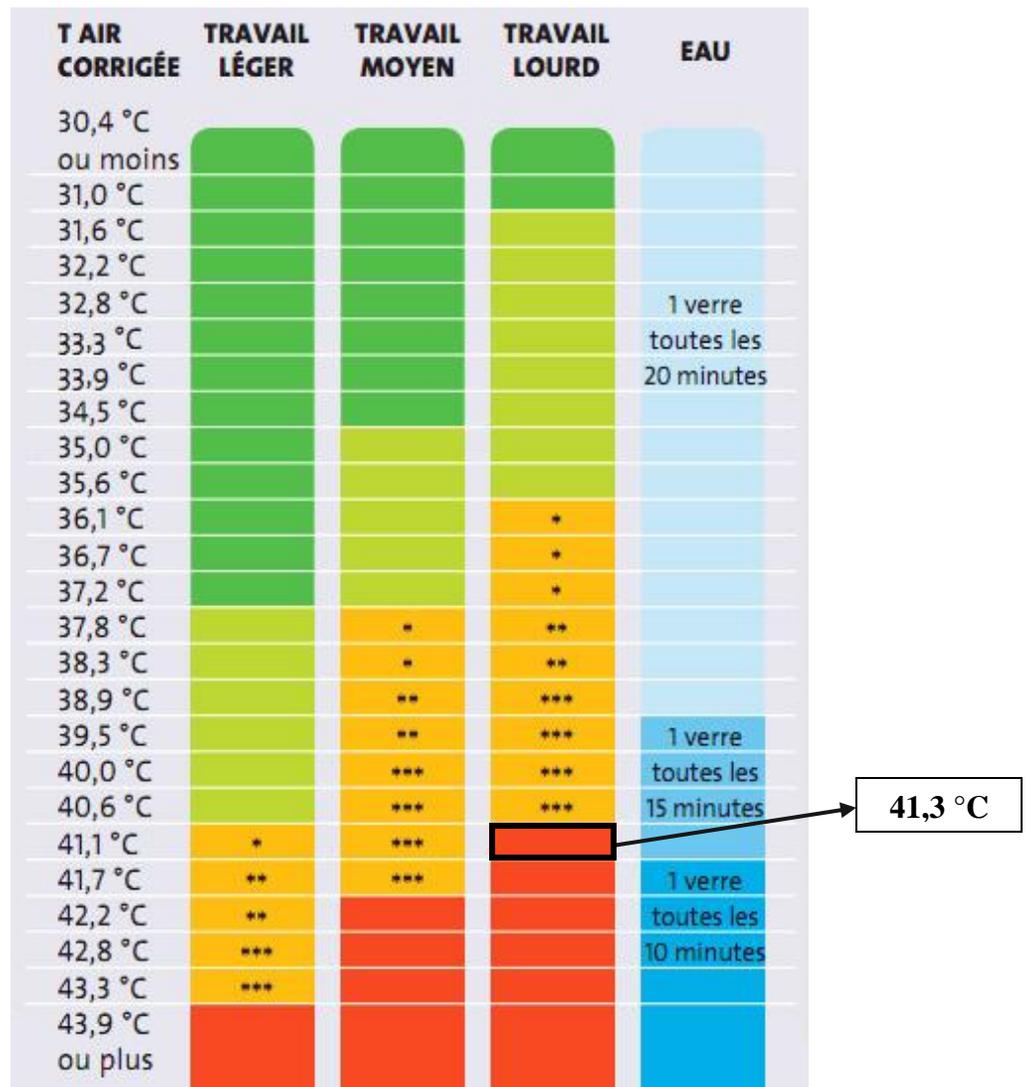


Fig. 4 : Définition des zones de niveau de risque de la température d'air corrigée

Il faut noter qu'une sous-estimation du risque est présente lorsque les travailleurs sont dans un lieu où il n'y a pas de circulation d'air. C'est le cas pour le travail effectué dans l'excavation le 5 juillet 2018. Il demeure toutefois un outil utile pour le niveau de risque en lien avec la présence de contraintes thermiques.

#### 4.2.5 Analyse des valeurs limites d'exposition à la chaleur

Les valeurs limites d'exposition à la chaleur de l'annexe V du RSST se réfèrent à l'indice de température au thermomètre-globe mouillé, traduit de son nom anglophone « Wet bulb globe temperature » (WBGT).

L'indice WBGT, exprimé en °C, est une température qui sert à caractériser l'environnement thermique. Il résulte de la combinaison de la température au thermomètre à boule humide naturelle (WB), de la température au thermomètre à globe (GT) et de la température au thermomètre à boule sèche (DB). L'indice intègre donc l'humidité, le rayonnement et la température. Les formules suivantes présentent la relation entre les trois températures et le calcul de l'indice WBGT.

Lorsque l'environnement évalué est situé à l'extérieur, avec charge solaire :

$$\text{WBGT} = 0,7 \text{ WB} + 0,2 \text{ GT} + 0,1 \text{ DB}$$

Lorsque l'environnement évalué est situé à l'intérieur ou à l'extérieur, sans charge solaire :

$$\text{WBGT} = 0,7 \text{ WB} + 0,3 \text{ DB}$$

La méthode de référence décrite à l'annexe V du RSST ne s'applique seulement qu'aux travailleurs acclimatés. Cette information est inscrite en ces termes :

RSST Annexe V

**« Application de la méthode**

La méthode WBGT ne s'applique pas à des travailleurs non acclimatés, qui ne sont pas physiquement aptes à effectuer un travail donné ou qui portent des vêtements de protection contre la chaleur spécialement adaptés à certaines tâches dangereuses. »

##### 4.2.5.1 Acclimatation à la chaleur

L'acclimatement à la chaleur se décrit « comme une série d'ajustements physiologiques qui surviennent chez quelqu'un habitué à un environnement tempéré et qui est exposé à un environnement chaud. Ces ajustements se traduisent par une amélioration des réactions de l'organisme par rapport à celles qu'il a eues à l'occasion de la première exposition. » (Beaudet et al., 1985, p.249). Le corps prend plusieurs jours avant de s'acclimater complètement à un environnement de travail chaud.

L'analyse de l'acclimatation du charpentier-menuisier A ne permet pas de considérer un acclimatement complet du travailleur. Selon l'expert mandaté, le niveau d'acclimatement du travailleur est de 80% (Annexe C, Rapport d'expertise, p. 10).

#### 4.2.5.2 Calcul de la température WBGT à l'intérieur de l'excavation

La température WBGT d'un environnement situé à l'extérieur doit se calculer avec la formule incluant la charge solaire. Cependant, l'absence des valeurs réelles nécessaires, lors de la journée du 5 juillet 2018, ne permet pas de calculer l'indice WBGT. Une estimation des valeurs doit être effectuée à partir des données météorologiques suivantes :

- Température de l'air;
- Humidité relative;
- Vitesse du vent;
- Visibilité (pour le rayonnement).

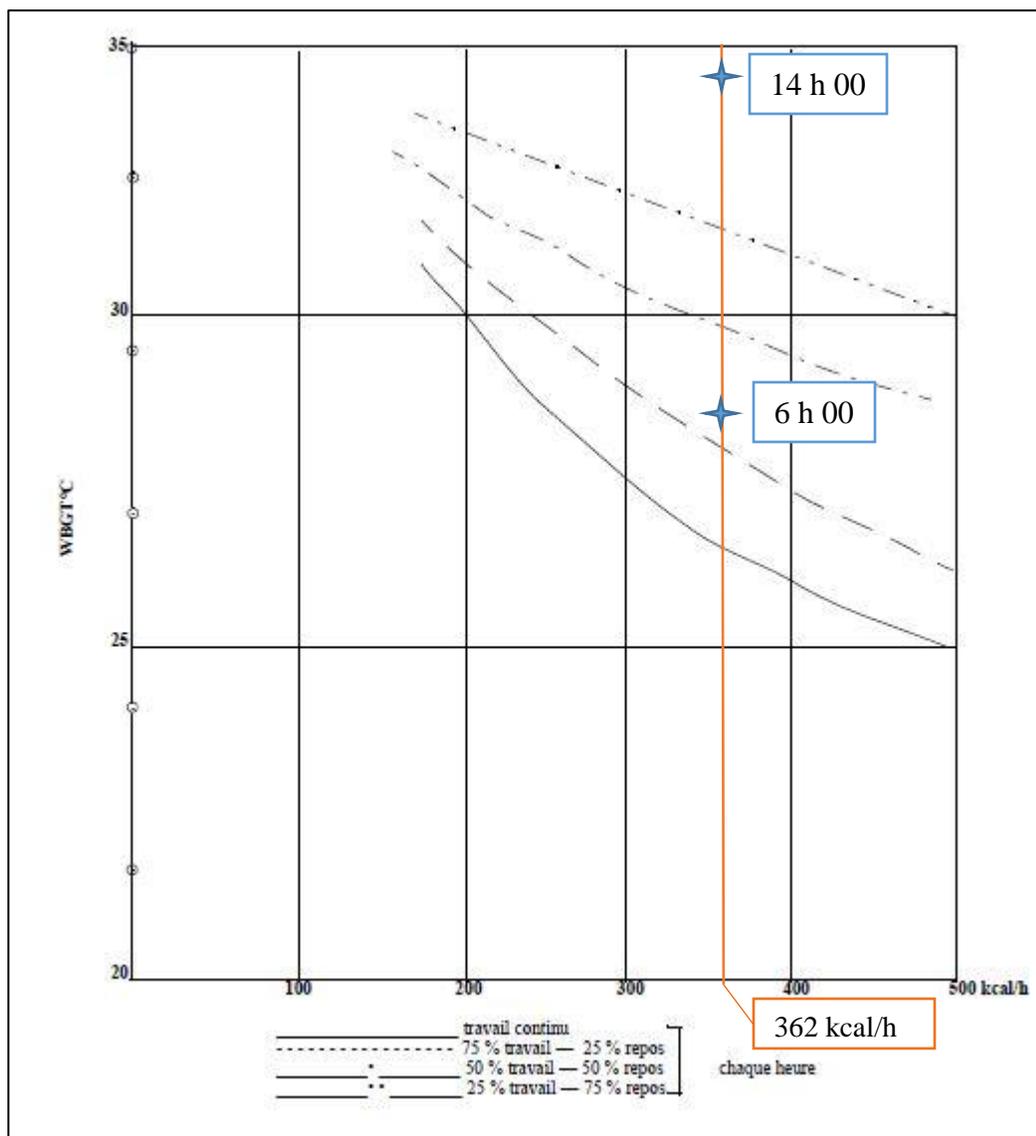
Le rapport d'expertise de l'annexe C expose le calcul de l'indice WBGT en fonction des données météorologiques. D'abord, une estimation est effectuée pour le 19 juillet 2018. L'estimation est comparée à la lecture réelle de l'indice WBGT sur le site du chantier de construction pour la même journée. La comparaison permet d'identifier des facteurs de correction entre l'indice  $WBGT_{\text{estimé}}$  et les indices  $WBGT_{\text{réel}}$  au sol et dans l'excavation. Une estimation de l'indice WBGT est ensuite calculée avec les données météorologiques du 5 juillet 2018. Les facteurs de correction sont appliqués aux résultats afin d'estimer l'indice WBGT à l'intérieur de l'excavation. Le tableau III présente les résultats de la température  $WBGT_{\text{estimé}}$  à l'intérieur de l'excavation le 5 juillet 2018 tel qu'il a été calculé dans le rapport d'expertise de l'annexe C.

Tableau II  
Température WBGT estimée le 5 juillet 2018

Heure	WBGT <sub>météo</sub>	WBGT <sub>excavation</sub>
	°C	°C
06:00	25	28,1
07:00	26,2	29,3
08:00	27,5	30,6
09:00	28,1	31,2
10:00	29,4	32,5
11:00	30,1	33,2
12:00	30,6	33,7
13:00	30,5	33,6
14:00	31,4	34,5

Source : Annexe C, Rapport d'expertise, p.5

Ces données nous permettent de situer les températures WBGT dans l'excavation par rapport aux courbes des valeurs limites admissibles d'exposition à la chaleur de l'annexe V du RSST (Figure 5) et de la charge de travail. Un travailleur acclimaté prenant sa pause à l'intérieur de l'excavation doit ainsi respecter le régime d'alternance travail/repos associé.



Source : Annexe V, RSST

Fig. 5 : Courbes des valeurs limites d'exposition à la chaleur en fonction du 5 juillet à 6 h 00 et 14 h 00 dans l'excavation

L'annexe V présente également les températures WBGT limites liées à ces courbes. Le tableau IV, adapté du tableau I de l'annexe V, présente les valeurs limites d'exposition à la chaleur pour un travail lourd.

Tableau III  
Valeurs limites d'exposition à la chaleur pour un travail  
lourd

Régime de travail	Travail lourd
	WBGT
Travail en continu	25,0
Travail 75 %, repos 25 % (toutes les heures)	25,9
Travail 50 %, repos 50 % (toutes les heures)	27,9
Travail 25 %, repos 75 % (toutes les heures)	30,0

Source : Annexe V, RSST

En se référant aux courbes ou au tableau, pour une charge de travail de 362 kcal/h (lourd), un travailleur acclimaté prenant son temps de repos dans l'excavation doit respecter un régime de 45 minutes de repos par heure dès 6 h 00. Cependant, si un travailleur acclimaté prend des pauses dans un véhicule avec une température d'air conditionné estimée à 18 °C, le temps de repos est réduit selon le régime de travail/repos suivant :

Tableau IV  
Calcul du temps de repos exigé par le RSST en air  
conditionné à 18 °C

Heure	WBGT <sub>excavation</sub>	Travail	Repos
	°C	min/h	min/h
06:00	28,1	53	7
07:00	29,3	49	11
08:00	30,6	45	15
09:00	31,2	44	16
10:00	32,5	41	19
11:00	33,2	40	20
12:00	33,7	39	21
13:00	33,6	39	21
14:00	34,5	37	23

Source : Annexe C, Rapport d'expertise, p.8

### 4.3 Gestion des risques liés aux contraintes thermiques

La Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) indique à l'article 51 que « l'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique du travailleur ». De plus, en vertu de l'article 2 du RSST, la section VIII « Contraintes thermiques » s'applique aux chantiers de construction. Les travaux sur un chantier de construction dont les travailleurs sont soumis à un environnement thermique élevé dont la température WBGT dépasse la courbe de travail continu du graphique de l'annexe V doivent être accompagnés de mesures.

« **124. Mesures particulières:** Dans tout établissement où des travailleurs sont soumis à des conditions thermiques telles que l'indice de contrainte thermique dépasse la courbe de travail continu indiquée au graphique de l'annexe V, les mesures suivantes doivent être prises:

1° réaménager le poste de travail exposé à l'aide d'écrans réfléchissants, d'une isolation ou d'une ventilation additionnelle, de manière à réduire l'indice de contrainte thermique à ce poste de travail à une valeur inférieure ou égale aux valeurs de la courbe de travail continu;

2° si l'application du paragraphe 1 s'avère impossible ou ne permet pas d'atteindre la courbe de travail continu, contrôler la charge de travail, le temps d'exposition et le temps de récupération conformément au régime d'alternance travail et repos prévu à cette fin à l'annexe V;

3° si l'application des paragraphes 1 et 2 se révèle impossible ou ne permet pas d'atteindre les courbes indiquées au graphique de l'annexe V ou en attendant que les transformations requises selon le paragraphe 1 soient faites, s'assurer que les travailleurs portent des équipements de protection individuels appropriés, selon la nature de la contrainte thermique. »

Le Code de sécurité pour les travaux de construction (CSTC) indique également, selon l'article 2.4.4, que le maître d'œuvre doit assumer la responsabilité des mesures générales de sécurité.

« **2.4.4.** Sur un chantier de construction, le contrôle de la circulation, l'utilisation des voies publiques, l'installation électrique temporaire, la tenue des lieux, les toilettes et leurs accessoires, la sécurité du public, l'accès au chantier, la protection contre l'incendie, les rampes et les garde-corps permanents, le chauffage temporaire, le transport et le sauvetage sur l'eau et les autres mesures générales de sécurité sont sous la responsabilité du maître d'oeuvre.

R.R.Q., 1981, c. S-2.1, r. 6, a. 2.4.4; D. 1959-86, a. 7; D. 428-2015, a. 2; D. 513-2015, a. 2. »

#### 4.4 L'astreinte thermique prévisible selon ISO 7933

La méthode décrite dans la norme *ISO 7933* : « *Ergonomie des ambiances thermiques – Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondées sur le calcul de l'astreinte thermique prévisible* » permet d'évaluer les effets de la contrainte thermique subie par un travailleur exposé à un environnement thermique élevé. Elle évalue notamment l'effet de la contrainte thermique sur la température du corps et sur les pertes hydriques d'un individu. L'atteinte d'une déshydratation de 3% de la masse corporelle entraîne une augmentation du rythme cardiaque et une diminution du débit sudoral (ISO 7933, p.19). Afin de protéger 95 % des travailleurs, la norme ISO 7933 limite les pertes hydriques à 5 % de la masse corporelle lorsque les sujets peuvent boire librement. Au-delà de ce seuil, on observe une augmentation de la concentration des minéraux dans le corps qui est susceptible de dérégler son système de refroidissement.

Pour contrer la déshydratation et un possible dérèglement du système de refroidissement, il est coutume d'augmenter la consommation d'eau des travailleurs. Cependant, la norme ISO 7933 identifie les limites suivantes :

« Pour une exposition de 4h à 8h, on observe, en moyenne, un taux de réhydratation de 60 %, indépendamment de la quantité totale de sueur produite, et supérieure à 40 % dans 95 % des cas. »

Ainsi, ces données nous permettent de constater qu'il est difficile pour un travailleur de se réhydrater complètement. Les pertes hydriques sont alors cumulables d'une période à l'autre et, le cas échéant, d'une journée à l'autre. Un travailleur peut donc commencer une journée de travail avec un certain niveau de déshydratation.

##### 4.4.1 Analyse des pertes hydriques totales

L'analyse a été effectuée en fonction d'un « travailleur type » pour cette seule journée de travail. Les résultats suivants permettent de constater l'effet de l'environnement thermique sur un individu de 180 cm et 88 kg et comportant un degré d'acclimatation de 80 %. La consommation d'eau réelle au chantier et à la maison n'est pas connue. Cependant, les témoignages rapportent que les travailleurs peuvent boire librement l'eau et les boissons disponibles le jour de l'accident. La limite de la norme de 5 % de la masse corporelle est celle utilisée aux fins de l'analyse. La journée est modélisée sur l'horaire réel du charpentier-menuisier A le 5 juillet 2018. Le tableau VI de la page suivante présente les résultats provenant de la figure 4 du rapport d'expertise.

Tableau VI  
Calcul des pertes hydriques pour un « travailleur type »

Durée de la phase	Pertes hydriques totales finales
Heure	Grammes
7:00	547
8:00	1319
9:00	2149
9:15	2270
10:00	2803
11:00	3762
12:00	4788
12:30	4977
13:00	5312
14 :00	6381

Source : Annexe C, Rapport d'expertise, p.9

L'analyse permet de constater que, pour le jour de l'accident, un « travailleur type » atteint la limite de pertes hydriques de 5 % de sa masse corporelle, soit 4.4 kg pour un individu de 88 kg, à 11 h 38. Un « travailleur type » dépasse ainsi le seuil permettant une augmentation de la concentration des minéraux dans le corps susceptible de dérégler son système de refroidissement.

## 4.5 Risques de l'exposition à la chaleur

Les valeurs limites admissibles d'exposition à la chaleur de l'annexe V du RSST ont été mises en place pour empêcher que la température centrale du corps des travailleurs ne dépasse 38 °C. Lorsque cette température est dépassée, l'organisme a de la difficulté à maintenir une température centrale en équilibre. Il y a une diminution de la capacité de refroidissement du corps et une augmentation de la température centrale. Dans ces conditions, un travailleur peut notamment entrer dans un état d'épuisement de chaleur ou de coup de chaleur.

Le coup de chaleur est défini comme suit :

*Le coup de chaleur se produit lorsque le corps ne réussit pas à se refroidir adéquatement. Ainsi, la température du corps, normalement de 37 °C, augmente et peut atteindre 40,6 °C (105 °F) et plus. Il peut survenir brusquement lors de l'exécution d'un travail physique en ambiance chaude. En l'absence de mesures de refroidissement immédiates et énergiques, l'hyperthermie va progresser, causant des dommages irréversibles aux organes vitaux et, éventuellement la mort.*

Source : CNESST, Travailler à la chaleur... Attention!

Le coup de chaleur se caractérise par un dérèglement de la sudation et l'augmentation graduelle de la température. Lorsque la température centrale d'un individu n'est pas rapidement abaissée, il y a un risque de lésions cérébrales irréversibles, voir le décès d'un individu. (Beudet et al., 1989, p.250)

### 4.5.1 Symptômes et signes d'un coup de chaleur

Le document de la CNESST « Travailler à la chaleur... Attention! » (annexe D) présente les signes et les symptômes de la présence d'un coup de chaleur. Les premiers signes susceptibles d'être en lien avec un coup de chaleur sont les suivants :

- Étourdissements
- Vertiges
- Fatigue inhabituelle

Les symptômes suivants, quant à eux, exigent une intervention médicale d'urgence :

- Propos incohérents
- Perte d'équilibre
- Perte de conscience

Les travailleurs présents le 5 juillet 2018 rapportent que le charpentier-menuisier A ne présente aucun symptôme de coup de chaleur sur le chantier de construction. Ce n'est qu'en quittant la station-service de l'avenue Chauveau que le charpentier-menuisier A présente des signes de confusion et des propos incohérents. Les symptômes s'accroissent progressivement jusqu'à l'approche de l'embranchement entre l'autoroute Charest (Qc 40) et l'autoroute Duplessis (Qc 540).

## 4.6 Énoncés et analyse des causes

### 4.6.1 Le travailleur subit un coup de chaleur alors qu'il effectue un travail dans une excavation durant une période de canicule.

Le charpentier-menuisier A est exposé à un environnement de travail en condition thermique élevée les 3, 4 et 5 juillet 2018. Le 5 juillet à 6 h 00, la température au sol est de 21.4 °C avec un taux d'humidité relative de 89 %. À 14 h 00, la température est de 31.8 °C avec un taux d'humidité relative de 51 %. La charge de travail du charpentier-menuisier A est de 362 kcal/h. Le travailleur est exposé à des températures similaires pendant trois jours consécutifs. En fonction de ces informations, le niveau d'acclimatation du charpentier-menuisier A est évalué à 80 %.

Les travaux exécutés par le charpentier-menuisier A se font dans une excavation. La température WBGT à l'intérieur de l'excavation varie de 28.1 °C à 6 h 00 à 34.5 °C à 14 h. Les travaux sont exécutés en continu. Le 5 juillet, le travailleur peut boire librement en exécutant ses tâches. Il prend une pause et son dîner à l'intérieur d'un habitacle dont l'air est conditionné.

Selon l'analyse de l'astreinte thermique prévisible, un « individu type », pour cette seule journée de travail, n'aurait pas atteint une température centrale suffisante pour provoquer un état de coup de chaleur. Cependant, l'analyse permet également de constater qu'un « individu type » franchit la limite maximale de déshydratation de 5% de sa masse corporelle à 11 h 38. À partir de cette heure, l'augmentation de la concentration des minéraux dans le corps est susceptible de causer un dérèglement de son système de refroidissement. Cette déshydratation est considérée similaire, par les travaux effectués et l'environnement thermique, les 3 et 4 juillet 2018. La norme ISO 7933 précise que le taux de réhydratation d'une personne est limité, le charpentier-menuisier A est ainsi exposé à un cumul de pertes hydriques du 3 au 5 juillet.

En somme, la charge de travail du charpentier-menuisier et l'exposition prolongée à un environnement thermique élevé du 3 au 5 juillet 2018 suffisent pour occasionner un déficit hydrique cumulé. Ce déficit provoque l'augmentation du rythme cardiaque et la réduction de la sudation. Il en résulte une diminution de la capacité de refroidissement du corps et une augmentation de la température centrale. Ce cumul provoque un état de coup de chaleur.

Cette cause est retenue.

**4.6.2 La gestion de l'exposition des travailleurs aux contraintes thermiques est déficiente, amenant le travailleur à dépasser les valeurs limites admissibles d'exposition pour le travail effectué.**

Le 5 juillet 2018, le charpentier-menuisier A et [ J ] arrivent au chantier de construction à 5 h 45 et quittent à 13 h 45. Les données météorologiques à l'Aéroport international Jean-Lesage et l'estimation des températures WBGT estimées au sol et à l'intérieur de l'excavation sont compilées dans le tableau suivant :

Tableau VII  
Compilation des données d'exposition au sol et dans l'excavation

Heure	Temp. météo	H.R. météo	WBGT <sub>météo</sub>	WBGT <sub>excavation</sub>
	°C	%	°C	°C
06:00	21,4	89	25,0	28,1
07:00	24,0	76	26,2	29,3
08:00	25,4	75	27,5	30,6
09:00	26,5	71	28,1	31,2
10:00	28,3	67	29,4	32,5
11:00	29,8	61	30,1	33,2
12:00	31,1	56	30,6	33,7
13:00	30,7	58	30,5	33,6
14:00	31,8	57	31,4	34,5

Sources : Environnement Canada et Annexe C, Rapport d'expertise, p.9

Du 3 au 5 juillet 2018, aucune vérification de la température de l'air corrigée ou de l'indice de température WBGT, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'excavation, n'a été effectuée par le maître d'œuvre ou l'employeur. Le régime de travail est en continu. Des bouteilles d'eau et des boissons de type « Gatorade » sont disponibles pour les travailleurs. Lors de cette période, les travailleurs continuent leurs tâches selon l'horaire habituel. Le 5 juillet 2018, la pause et le dîner du charpentier-menuisier A sont effectués dans un véhicule dont l'air est conditionné. Après le dîner, [ I ] et [ J ] quittent le chantier 1 h 15 plus tôt que l'horaire de travail habituel en raison de la chaleur.

L'analyse de la température de l'air corrigée du 5 juillet 2018 indique que le travail à l'extérieur comporte des risques à partir de 6 h 00 et que l'employeur doit prendre des mesures pour réduire ceux-ci. Le document « Travailler à la chaleur... Attention! » (annexe D) indique, dans l'application des mesures préventives, qu'une augmentation de la durée des pauses doit être mise en place. Le document indique également qu'il doit y avoir une augmentation de la consommation d'eau.

En vertu de l'article 51 de la LSST, un suivi de l'indice WBGT au sol et dans l'excavation doit être effectué par le maître d'œuvre et l'employeur conformément aux articles 124 du RSST et 2.4.4 du CSTC. Le suivi des mesures de l'indice de température WBGT n'a pas été effectué.

Lors de la journée du 5 juillet 2018, l'annexe V permet de constater un dépassement des valeurs limites d'exposition à la chaleur en °C (WBGT) pour le travail en continu. En fonction de ce dépassement, un régime d'alternance travail/repos doit être mis en œuvre. En respectant les valeurs limites d'exposition à la chaleur, un travail lourd effectué par un travailleur acclimaté prenant son temps de repos dans l'excavation doit suivre un régime de 45 minutes de repos par heure dès 6 h 00.

Considérant que le temps de repos se prenait dans un endroit comportant une température estimée à 18 °C, les périodes minimales de repos pouvaient être réduites en suivant les temps de références du tableau V (Section 4.2.5.2). Ainsi, l'employeur doit respecter un temps de repos de 7 minutes par heure à 6 h 00. Ce temps de repos augmente graduellement jusqu'à 23 minutes par heure à 14 h 00. Ces régimes d'alternance travail/repos n'ont pas été pratiqués.

La gestion de l'exposition des travailleurs aux contraintes thermiques est déficiente. L'absence de vérification du niveau de risque et des mesures de la température WBGT expose le travailleur, de façon prolongée, à des températures plus grandes que les valeurs limites admissibles d'exposition prévues à l'annexe V du RSST les 3, 4 et 5 juillet 2018.

Cette cause est retenue.

## SECTION 5

### 5 CONCLUSION

#### 5.1 Causes de l'accident

L'enquête a permis de retenir les causes suivantes pour expliquer l'accident :

- Le travailleur subit un coup de chaleur alors qu'il effectue un travail dans une excavation durant une période de canicule.
- La gestion de l'exposition des travailleurs aux contraintes thermiques est déficiente, amenant le travailleur à dépasser les valeurs limites admissibles d'exposition pour le travail effectué.

#### 5.2 Autres documents émis lors de l'enquête

Le rapport RAP1229364 concernant l'intervention du 6 juillet 2018 exige l'élaboration d'un plan de circulation.

Le rapport RAP1230490 concernant l'intervention du 17 juillet 2018 exige qu'un agent de sécurité soit affecté à temps plein au chantier de construction.

#### 5.3 Recommandations

La CNESST a revu pour l'été 2019 l'ensemble de sa stratégie de communication et de sensibilisation des employeurs et des travailleurs en matière de contrainte thermique due à la chaleur.

Pour éviter qu'un tel accident se reproduise, la CNESST transmettra les résultats de son enquête à l'Association de la construction du Québec, à l'Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec, à l'Association des constructeurs de routes et grands travaux du Québec, à l'Association québécoise des Entrepreneurs en Infrastructure, à l'Association patronale des entreprises en construction du Québec et à l'Association des entrepreneurs en construction du Québec afin qu'ils informent leurs membres des conclusions de l'enquête.

Afin de sensibiliser les futurs travailleurs, le rapport d'enquête sera diffusé dans les établissements de formation offrant le programme d'études en bâtiments et travaux publics.

**ANNEXE A**

## L'accidenté

**Nom, prénom** : [ I ]

Sexe : [ ... ]

Âge : [ ... ]

Fonction habituelle : [ ... ]

Fonction lors de l'accident : Charpentier-menuisier

Expérience dans cette fonction : [ ... ]

Ancienneté chez l'employeur : [ ... ]

Syndicat : [ ... ]

**ANNEXE B**

## Liste des personnes et témoins rencontrés

**Coffrages MR**

M. [ B ], [ ... ], Coffrages MR  
M. [ C ], [ ... ], Coffrages MR  
M. [ N ], [ ... ], Coffrages MR  
M. [ J ], [ ... ], Coffrages MR  
M. [ K ], [ ... ], Coffrages MR

**Les Constructions Reliance du Canada**

M. [ O ], [ ... ], Les Construction Reliance du Canada  
M. [ P ], [ ... ], MC prévention inc.  
M. [ A ], [ ... ], Les Construction Reliance du Canada

**Mutuelle de prévention ACQ**

Mme [ Q ], [ ... ]

**ANNEXE C**

Rapport d'expertise externe

**Analyse des conditions de contrainte et d'astreinte thermiques  
Entourant un accident mortel par coup de chaleur**

**Rapport final**

Par

Pierre C. Dessureault Ph.D.

19 octobre 2018

## Tables des matières

INTRODUCTION.....	1
Contexte.....	1
Visite des lieux.....	1
Enregistrement vidéo.....	1
Rencontres .....	1
ESTIMATION DE LA CONTRAINTE THERMIQUE .....	2
L'environnement thermique.....	2
La charge physique de travail .....	3
L'isolement vestimentaire .....	4
Valeurs de la contrainte thermique retenues aux fins d'analyse. ....	4
MESURE DE L'ASTREINTE THERMIQUE .....	6
Température de l'air corrigée .....	6
La température WBGT.....	7
L'astreinte thermique prévisible Selon ISO 7933 .....	9
DISCUSSION .....	10
Acclimatement.....	10
Contrainte thermique .....	10
L'astreinte thermique.....	12
CONCLUSION .....	14
Annexe I. Méthodologie d'estimation des calculs des paramètres environnementaux nécessaires au calcul de la température WBGT à la station météorologique	
Annexe II. Calcul détaillé de la charge de travail	
Annexe III. Calcul détaillé des paramètres environnementaux	
Annexe IV. Calcul horaire Guide de Prévention des Coups de Chaleur	
Annexe V. Calcul horaire de l'alternance travail/repos selon l'indice WBGT	

## INTRODUCTION

### Contexte

Ce rapport fait suite à un contrat de services qui nous a été accordé par la CNESST afin de supporter son équipe d'inspecteur dans l'enquête/analyse d'un accident ayant mené au décès d'un travailleur par coup de chaleur à Québec, le 5 juillet 2018. Le mandat consiste à apporter une expertise de pointe de nature à bien cerner les circonstances qui régnaient en amont et au moment de l'accident et estimer l'exposition du travailleur décédé. Plus précisément, notre mandat est en deux volets :

1. Estimer la contrainte thermique à laquelle le travailleur a été exposé. Cela implique l'estimation de sa charge physique qu'assumait le travailleur, de l'isolation vestimentaire qu'il portait ainsi que des paramètres de l'environnement thermique.
2. Modéliser le niveau d'astreinte thermique (réponse physiologique) du travailleur sur une base empirique (indices WBGT et Température de l'air corrigée (T<sub>ac</sub>)) et sur une base rationnelle (bilan thermique).

### Visite des lieux

Le 19 juillet, nous avons visité le chantier sur lequel l'accident avait eu lieu, accompagné des inspecteurs Jean-Philippe Paradis et Claude Jean. L'employeur concerné par l'accident était toujours sur place et complétait les travaux de coffrages. Cependant, la tâche de pose de fer-angle à laquelle était affecté le travailleur victime d'accident n'avait plus cours à ce moment. Sur recommandation des inspecteurs, nous n'avons pas pris de photos, ni vidéo, et n'avons pas interviewé les travailleurs qui s'y trouvaient. Cette visite a permis d'enregistrer les paramètres environnementaux sur le site entre 10h00 et 13h00.

### Enregistrement vidéo

Parce que les travaux sur le site de l'accident avaient passablement changé, et afin d'estimer la charge de travail de l'accidenté durant les heures qui ont précédé l'accident, un inspecteur est allé enregistrer une vidéo sur un autre chantier du même employeur. Il n'y avait pas pose de fer-angles là non plus.

### Rencontres

Deux rencontres d'étapes ont eu lieu entre nous et la CNESST, une première portant sur le calcul des paramètres de l'environnement thermique, la seconde sur l'estimation de la charge physique de travail.

## ESTIMATION DE LA CONTRAINTE THERMIQUE

La contrainte thermique comprend trois domaines, à savoir l'environnement thermique, la charge physique de travail et, l'isolation vestimentaire. Chacun de ces domaines fait l'objet d'une démarche d'évaluation distincte.

### L'environnement thermique

Aux fins d'application des normes et indices de contrainte thermique les mieux documentés, quatre paramètres de l'environnement thermique sont nécessaires :

- La température de l'air, mesuré directement au thermomètre protégé des rayonnements.
- La température moyenne de rayonnement, calculée à partir de la température au globe de Vernon.
- La vitesse de l'air, mesurée directement par anémomètres à ailettes.
- L'humidité absolue, calculée à partir de la température humide naturelle, psychrométrique, ou encore à partir de l'humidité relative.

Naturellement, aucune lecture de ces paramètres n'est disponible pour le lieu au moment de l'accident. Cependant, les données de la station météorologique d'Environnement Canada à l'aéroport de Québec, tout près du lieu de l'accident, constituent une source fiable, accessible pour les paramètres suivants :

- Température de l'air
- Humidité relative
- Vitesse du vent
- Visibilité

Ces quatre données couvrent l'ensemble des quatre paramètres que nécessite l'application de normes. La température et la vitesse de l'air sont directement disponibles. Par contre, l'humidité de l'air et le rayonnement sont exprimées par des mesures différentes : humidité relative et visibilité.

En ce qui concerne le rayonnement, en milieu extérieur naturel (sans projecteurs), la température au globe de Vernon (notée  $T_g$ ) est influencée par la température de l'air (notée  $T_a$ ) et l'ensoleillement. La technique suivie consiste à établir la différence ( $T_g - T_a$ ) pour le ciel parfaitement dégagé tel que celui observé le 5 juillet. La série de paramètres enregistrée sur le site de l'accident le 19 juillet a permis d'établir cette différence à 11.9°C au niveau du sol et à 16.8°C dans l'excavation (lieu où le travailleur oeuvrait la journée de l'accident). La température globe qui sévissait au moment de l'accident sera donc estimée à partir de la température de l'air, laquelle sera majorée de 11.9°C pour un endroit au niveau du sol.

Le calcul de l'humidité suivant les températures humides naturelle et psychrométrique suit un cheminement en trois étapes dicté par les lois de la thermodynamique :

1. Calcul de la pression partielle de vapeur d'eau (notée  $P_{vap}$ ) à partir de la température de l'air et de l'humidité relative de source météorologique.

2. Calcul de la température humide psychrométrique (notée  $\theta$ ) à partir de la pression partielle de vapeur d'eau et de la température de l'air
3. Calcul de la température humide naturelle (notée  $T_{hn}$ ) à partir de la température de l'air, de la température humide psychrométrique, de la température globe et de la vitesse de l'air.

Un exemple de ce cheminement se trouve à l'Annexe I.

Ces valeurs estimées des températures humide naturelle et globe permettent le calcul d'une valeur WBGT à la station météorologique (notée  $WBGT_{météo}$ ). Pour la journée du 19 juillet, ces valeurs, comparées à celles lues sur le site, permettent d'en extraire un facteur de correction. Ce facteur est de  $-0.23^{\circ}C$  au niveau du sol et de  $+3.1^{\circ}C$  dans l'excavation. La Figure 1 illustre ce cheminement. L'Annexe III présente l'ensemble des calculs qui ont mené à ce facteur de correction.

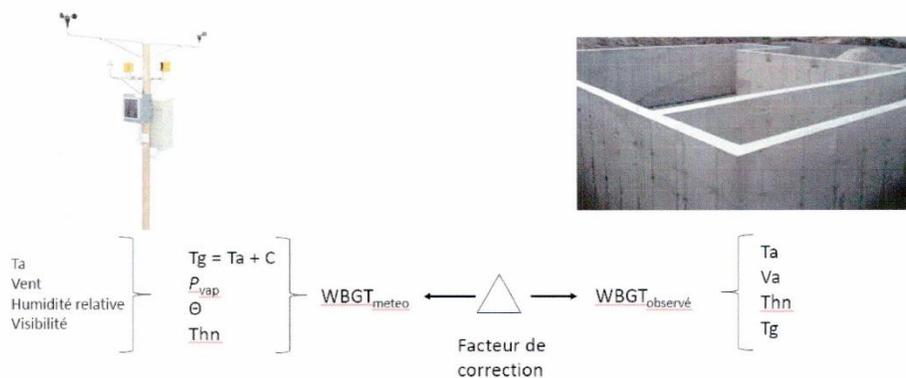


Figure 1. Détermination du facteur de correction entre le  $WBGT_{météo}$  et le  $WBGT$  au lieu de travail

### La charge physique de travail

Tel que mentionné plus tôt, il a été impossible d'observer des travaux de pose de fer-angles auquel la victime était attirée le jour de l'accident. Nous ne disposons que d'une description sommaire de cette tâche rapportée par les inspecteurs et du nombre d'unités posées entre midi et 14h00 (trois), soit juste avant que le travailleur ne quitte le site.

L'enregistrement vidéo qui nous a été remis a été capté sur un autre site où oeuvrait le même entrepreneur. Ce site lui semblait comparable, sauf qu'il ne comprenait aucune pose de fer-angle. Nous avons donc décidé d'évaluer la charge de travail de trois travailleurs : l'un effectue la pose de "boîtes" dans l'étalement de coffrage, le deuxième pose les panneaux de coffrage à partir du sol et enfin, le troisième travaille à consolider l'étalement en se servant souvent d'un escabeau. Ce dernier nous semblait plus proche du travail qui nous a été décrit comme étant celui de la

victime d'accident. Cependant, l'estimation de ces trois charges permet de comparer nos résultats avec les valeurs trouvées dans la littérature et discuter de notre précision.

La méthode d'estimation retenue est celle par décomposition de la tâche telle que présentée dans le RSST. Chaque observation a été scindée en séances distinctes dont la durée varie de 5 secondes à 2 minutes 30 secondes. Un tel découpage raffine la démarche et est de nature à améliorer la précision. L'Annexe II comprend le calcul détaillé de chacune des trois estimations. Le Tableau 1 présente les résultats.

**Tableau 1.** Valeurs de charges physiques de travail estimées

Tâche	Charge physique de travail (Kcal/h)
Pose de boîte dans l'étalement de coffrage	214
Pose de panneaux à partir du sol	262
Travail avec escabeau	362

#### **L'isolement vestimentaire**

D'après les témoignages qui nous ont été rapportés, le travailleur accidenté portait une tenue vestimentaire classique du domaine de la construction : sous-vêtements, pantalon long, chandail manche courte, botte et casque de sécurité. Aux fins d'application de l'indice WBGT, cette tenue a fréquemment été acceptée comme normale malgré la présence du casque qui s'ajoute à la tenue définie dans la littérature.

Aux fins de calcul de l'astreinte thermique prédite, une valeur de 0.6 clo a été retenue.

#### **Valeurs de la contrainte thermique retenues aux fins d'analyse.**

Température globe de Vernon

La température au globe de Vernon en station météorologique est estimée à partir de la température de l'air à cette station, majorée de 11.9°C.

$$T_{g,météo} = T_{a,météo} + 11.9 \text{ °C}$$

Les valeurs WBGT estimées à la date de l'accident (5 juillet), pour chaque heure, apparaissent au Tableau 2.

**Tableau 2.** Valeurs horaires des WBGT météorologique et estimés dans l'excavation  
le 5 juillet

Heure	WBGT <sub>météo</sub> (°C)	WBGT <sub>estimé, excavation</sub> (°C)
06h00	25.0	28.1
07h00	26.2	29.3
08h00	27.5	30.6
09h00	28.1	31.2
10h00	29.4	32.5
11h00	30.1	33.2
Midi	30.6	33.7
13h00	30.5	33.6
14h00	31.4	34.5

Quant à la charge physique de travail, nous retenons la valeur de 362 kcal/h parce que le travail sur escabeau fait en sorte que plusieurs éléments de la tâche qui concernent les bras lorsque la personne repose au sol deviennent un travail de tout le corps en escabeau du fait de devoir se tenir en équilibre. Cette valeur peut être conservatrice puisque le travailleur victime de l'accident devait manipuler des fer-angles lourds alors que le travailleur observé sur vidéo ne manipule que des outils et pièces légères.

**MESURE DE L'ASTREINTE THERMIQUE**

L'estimation de la contrainte thermique au chapitre précédent nous permet de bien situer le niveau de stress auquel le travailleur a été exposé, soit la contrainte thermique. Il reste maintenant à mesurer la réponse physiologique d'un travailleur exposé à ce niveau de stress, soit l'astreinte thermique.

Cette étape s'appuie sur trois indices distincts et complémentaires, à savoir :

1. La température de l'air corrigée (notée  $T_{a,corr}$ )
2. La température WBGT
3. L'astreinte thermique prédite

**Température de l'air corrigée**

La température de l'air corrigée (notée  $T_{a,corr}$ ) se veut simple d'application et d'interprétation. Les paramètres nécessaires à son utilisation (température de l'air, humidité relative, ensoleillement) sont ceux disponibles depuis une station météorologique ou peuvent être lues sur place avec un thermomètre et un hygromètre. La charge physique de travail est déterminée selon trois catégories (léger, moyen ou lourd).

L'interprétation de cet indice s'appuie sur le Guide de Prévention des coups de chaleur (GPCC) publié par la CNESST en format imprimé et disponible sous forme électronique sur le site de l'IRSST. La valeur obtenue après majoration de la température de l'air selon le niveau d'humidité, de l'ensoleillement et du port de vêtements spéciaux suit l'échelle illustrée à la Figure 2.

Dans le cas de l'accident sous étude, le travailleur respecte les conditions pour être considéré acclimaté citées dans l'encadré vert pâle, le GPCC s'applique donc dans sa forme actuelle. L'interprétation se résume à une zone de couleur selon le gradient de dangerosité : vert foncé – vert pâle – jaune – rouge. De plus, la zone jaune se divise en trois niveaux variant de un à trois astérisques. L'Annexe IV contient les analyses détaillées de l'application de la  $T_{a,corr}$ .

Le Tableau 3 montre les résultats de l'application horaire du GPCC entre 6H00 et 14h00 à partir des données archivées par Environnement Canada à la station situé à l'aéroport de Québec. Noter que l'outil électronique prévoit justement un mode d'application à partir de données de sources météorologiques.

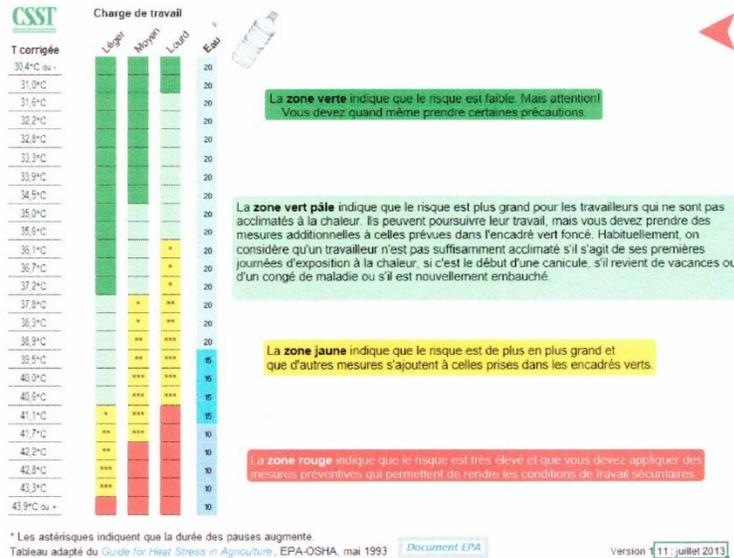


Figure 2. Interprétation du Guide Prévention des Coups de Chaleur

Tableau 3. Analyse horaire selon le Guide de Prévention des Coups de Chaleur

Heure	Zone de risque
06h00	Vert pâle
07h00	Vert pâle
08h00	Jaune, 2 astérisques
09h00	Jaune, 2 astérisques
10h00	Jaune, 3 astérisques
11h00	Jaune, 3 astérisques
Midi	Jaune, 3 astérisques
13h00	Jaune, 3 astérisques
14h00	Rouge

**La température WBGT**

La température WBGT a fait l'objet de plusieurs indices. Celle utilisée ici est la version du RSST. Les valeurs horaires estimées de la température WBGT au site de travail entre 06h00 et 14h00, la journée de l'accident ont été rapportées au Tableau 2. La charge de travail retenue est de 362 Kcal/h, celle au repos est à 100 kcal/h tel que le stipule le RSST. La valeur de l'indice WBGT au repos, pris dans un véhicule climatisé, est de 18 °C. Lorsque la température WBGT au travail se situe au-dessus de la courbe limite (Figure 3), un régime horaire d'alternance entre les périodes de travail et de repos est calculée afin de ramener les valeurs moyennes de WBGT et de charge de travail tout juste à la limite respectant la courbe.

L'exemple de la Figure 3 concerne la situation à 08h00, la température WBGT avait déjà atteint 30.6 °C (Tableau 2), soit nettement au-dessus de la courbe-limite pour un travail continu à 362 kcal/h qui se situe à 26.5 °C. Le logiciel calcule alors la plus courte période de repos qui permette de respecter la limite, soit 15 minutes. Sous une alternance horaire de 45 minutes de travail et 15 minutes de repos, la valeur moyenne de WBGT est 27.5 °C et celle de la charge de travail est de 297 Kcal/h. La croisée de ces deux valeurs se situe immédiatement sous la courbe-limite. Le Tableau 4 rapporte les périodes de travail et de repos pour chaque heure et l'Annexe V comprends toutes les applications horaires de cette démarche.

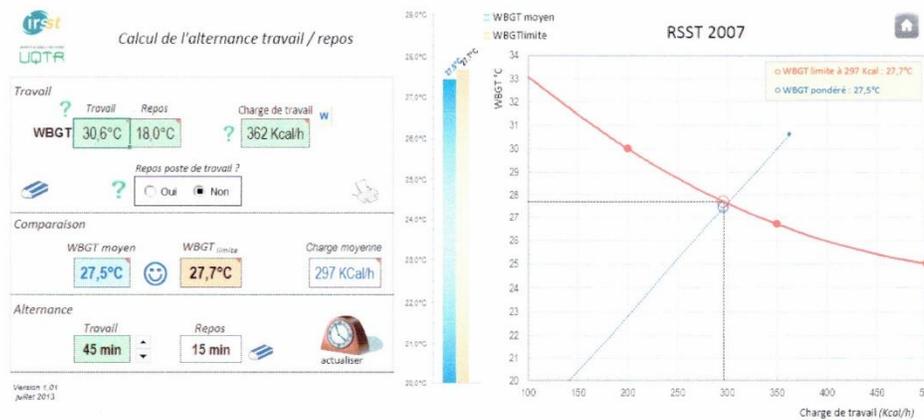


Figure 3. Calcul de l'alternance travail/repos à 08h00, le 5 juillet.

Tableau 4. Analyse horaire selon l'indice WBGT

Heure	WBGT <sub>estimé, excavation</sub> (°C)	Période de travail (min.)	Période de repos (min.)
06h00	28.1	53	7
07h00	29.3	49	11
08h00	30.6	45	15
09h00	31.2	44	16
10h00	32.5	41	19
11h00	33.2	40	20
Midi	33.7	39	21
13h00	33.6	39	21
14h00	34.5	37	23

L'astreinte thermique prévisible Selon ISO 7933

La norme ISO 7933 : *Ergonomie des ambiances thermiques – Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondées sur le calcul de l'astreinte thermique prévisible* propose une analyse rationnelle de l'astreinte basée sur le bilan thermique entre l'homme et son environnement. Son intérêt est double. D'une part, cet indice en est un rationnel et non empirique tel que le WBGT. Aussi, elle considère à la fois l'élévation des températures corporelles et les pertes hydriques alors que l'indice WBGT ne considère que la température corporelle.

L'application de cet indice s'étend sur toute la période de travail. En nous basant sur ce qui nous a été rapporté, nous avons modélisé une journée de travail débutant à 6 heures, entrecoupée de deux pauses (entre 09h00 et 09h20, puis entre midi et midi-trente) pour se terminer à 14h00. Les valeurs de la température de l'air et de l'humidité relative sont celles tirées des archives de la station météorologique de Québec. Les valeurs apparaissant à la Figure 4 sont la valeur moyenne lues au début et à la fin de l'heure.

Entrée des données d'exposition															Résultats						
Sujet															Run PHS ISO						
E																					
Poids (kg) 88 Actu = 2,07																					
Taille (cm) 180																					
Degré acclimaté 80																					
Durée de la phase	Temp. d'air		Temp. du globe	Temp. moy. ray.	Humidité relative	Pression Part. Vap. eau	Vitesse de l'air	Métabolisme	Perçure: t-shirt/shorts 3/4 genoux	Isolément vestimentaire	Résistance évaporatoire du vêtement (0.38)	Fraction du corps couverte par le vêtement réfléchissant	Émissivité du vêtement réfléchissant (0.97)	Predicted Mean Vote	Predicted percentage of dissatisfied	Wet Bulb Globe Temperature	Limit	Débit sudoral final (l)	Perte hydrique totale finale (l)	Température rectale finale (°C)	
	Ta °C	Tg °C																			Tr °C
Phase 1	50	22,7	34,6	57,47419	83	2,2687	1	421	1	0,6	0,38	0	0,97	4,6	100	26,5	27,2	703,0	547	37,7	
Phase 2	60	24,7	36,6	59,09007	76	2,3637	1	421	1	0,6	0,38	0	0,97	5,0	100	27,7	27,2	783,4	1319	37,8	
Phase 3	60	26	37,9	60,14584	73	2,4526	1	421	1	0,6	0,38	0	0,97	5,3	100	28,6	27,2	836,1	2148	37,8	
Phase 4	15	24	25	27,33417	75	2,2368	1	116	2	0,6	0,38	0	0,97	0,8	17	22,2	33,7	272,6	2270	37,4	
Phase 5	45	27,4	39,3	61,28554	69	2,5172	1	421	1	0,6	0,38	0	0,97	5,6	100	29,5	27,2	878,3	2803	37,8	
Phase 6	60	29	40,9	62,59253	64	2,5624	1	421	1	0,6	0,38	0	0,97	5,9	100	30,4	27,2	973,2	3762	37,9	
Phase 7	60	30,5	42,4	63,82211	58	2,5372	1	421	1	0,6	0,38	0	0,97	6,2	100	31,0	27,2	1035,5	4788	37,9	
Phase 8	30	24	25	27,33417	75	2,2368	1	116	2	0,6	0,38	0	0,97	0,8	17	22,2	33,7	272,6	2270	37,4	
Phase 9	30	30,9	42,8	64,15066	57	2,545	1	421	1	0,6	0,38	0	0,97	6,3	100	31,3	27,2	953,8	5312	37,8	
Phase 10	60	31,2	43,1	64,3973	58	2,6342	1	421	1	0,6	0,38	0	0,97	6,4	100	31,7	27,2	1093,2	6381	37,8	
Total		480																			

Interprétation		
Perte hydrique excessive après:	338	min
Limite de température non atteinte		min

Figure 4. Astreinte thermique prévisible selon ISO 7933

Ce modèle montre des valeurs de température rectale entre 36.8 °C (au début de la journée) et 37.9 °C, ce qui n'impose aucune limite d'exposition. Par contre, les pertes hydriques ont atteint la limite fixée à 5% de la masse corporelle (soit 4.4 kg) à la 338<sup>ème</sup> minute. En terme de moment de la journée, cette limite se situe à 11h38 AM.

**DISCUSSION****Acclimatement**

Avant de discuter les résultats des indices, il convient de statuer sur le niveau d'acclimatement. L'acclimatation s'acquiert selon une courbe logarithmique et atteint un plateau après 10 à 21 jours d'exposition aux ambiances chaudes d'au moins 90 minutes par jour. Il se perd sur une période d'environ du double. L'une des conditions d'application de l'indice WBGT est que le travailleur soit acclimaté. Le RSST ne définit pas ce qu'on y entend par acclimaté mais plusieurs publications utilisent le critère d'exposition récente à la chaleur, soit 5 jours au cours de 7 derniers, ou 10 jours au cours des 14 derniers.

Les archives météo pour la station de Québec montrent que les trois jours qui précèdent l'accident ont été de même niveau que le 5 juillet. Le lundi 2 juillet était jour de congé. Le lundi 29 juin a été également de niveau de contrainte comparable. On ne peut connaître le niveau d'activité du travailleur accidenté lors de ses congés. Il faut garder à l'esprit qu'une exposition à la chaleur provoquant une sudation profuse sur 90 minutes suffit à l'acclimatation.

Considérant les sept jours qui précèdent l'accident :

- une exposition à la chaleur prolongée, au travail, les 3 et 4 juillet,
- une exposition potentielle mais inconnue le 2 juillet,
- une période moins chaude les 30 juin et 1<sup>er</sup> juillet,
- une exposition à la chaleur prolongée, au travail le 29 juin,

le travailleur accidenté a donc été exposé sur de longues journées, mais sur un nombre insuffisant de jours. L'acclimatement thermique étant un continuum, le travailleur est certainement acclimaté, mais il ne répond pas strictement au critère des 5 jours sur 7.

La discussion sur le GPCC et sur l'indice WBGT doit donc être nuancée sur ce point. Dans le cas de l'analyse rationnelle de l'astreinte thermique prévisible (Figure 4) nous avons retenu un niveau d'acclimatement de 80%.

**Contrainte thermique**

Bien que la démarche d'estimation de l'ensemble des paramètres nécessaires au calcul de l'indice WBGT décrite à l'Annexe I soit bien supportée scientifiquement, il n'en demeure pas moins que tous ces calculs augmentent l'incertitude sur les valeurs de températures globe et humide naturelle. Or, en présence de rayonnement comme c'est le cas lors de la journée considérée, ces deux paramètres comptent pour 90% de l'indice WBGT.

D'autre part, le fait d'avoir dû estimer la charge physique de travail sans observation directe augmente aussi l'incertitude. Nous avons analysé l'importance combinée de ces deux incertitudes par une simulation monte carlo en appliquant un écart-type de 2 degrés sur les valeurs WBGT au travail et au repos, et un écart-type de 30 kcal/h sur la charge physique de travail. La Figure 5 ci-dessous présente le résultat d'une simulation de 25 000 itérations.

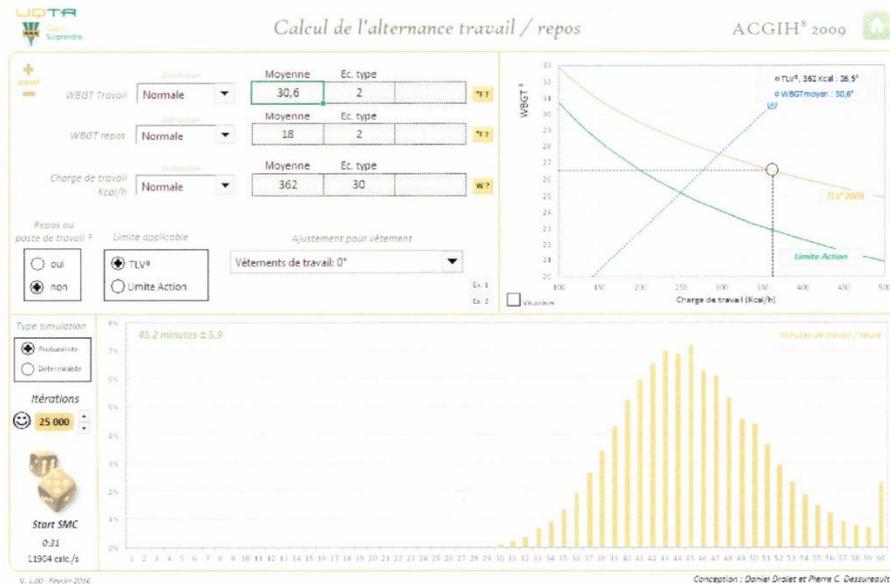


Figure 5. Simulation monte carlo sur l'indice WBGT à 08 :00 le 5 juillet

L'analyse déterministe de cette heure montre une période de travail de 45 minutes (Figure 3). La distribution des périodes obtenues par 25 000 simulation culmine entre 43 et 45 minutes, et 90% des valeurs se situent entre 37 et 53 minutes. Considérant à la fois cette illustration de l'incertitude et les valeurs d'alternance travail/repos rapportées au Tableau 4, nous pouvons conclure sans aucun doute que le dépassement des limites WBGT est important et prolongé.

La température de l'air corrigée sur laquelle se base le GPCC étant une démarche qui se veut plus estimative, comprend aussi une incertitude plus grande, laquelle a été placée à la faveur d'une plus grande sécurité. Pourtant, la comparaison entre les conclusions horaires des deux indices (Tableaux 3 et 4) montre que l'indice WBGT oblige des pauses à un travailleur acclimaté dès la première heure de travail (entre 06h00 et 07h00) alors que le GPCC ne recommande une pause qu'à partir de la troisième heure de travail (entre 08h00 et 09h00). Cette situation s'explique du fait que les paramètres nécessaires à l'application du GPCC sont tirées directement des données météorologiques. À l'opposé, les valeurs estimées du WBGT<sub>excavation</sub> au Tableau 4 ont été obtenues selon notre démarche qui considère la différence observée et mesurée *in situ* le 19 juillet entre le niveau du sol et dans l'excavation. Le niveau de contrainte étant significativement plus élevé dans ce dernier cas.

**L'astreinte thermique**

L'indice WBGT tel que cité dans le RSST vise à limiter l'élévation des températures corporelles à 1 °C. Ainsi, le seul fait de dépasser cet indice, même de façon probante et prolongée, n'implique pas que le travailleur évolue vers un coup de chaleur. En effet, celui-ci survient lorsque la température corporelle atteint 42, voire 42.5 °C. Il y a donc une marge importante entre la limite WBGT et le coup de chaleur.

L'analyse du bilan thermique nous permet d'éclairer la situation en calculant la température rectale prévisible à la fin de chacune des 10 périodes de travail et de repos. Ces valeurs, rapportées à la dernière colonne de la Figure 4, montrent que l'équilibre thermique n'est pas rompu pour un travailleur moyen. La Figure 6 illustre la variation de la température rectale tout au long de la période considérée. La température rectale varie entre 36.8 (au départ) et 37.9 °C, pour une augmentation de 1.1 °C. Ces valeurs sont cohérentes avec le dépassement de l'indice WBGT discuté plus haut, mais excluent le coup de chaleur qui est pourtant survenu.

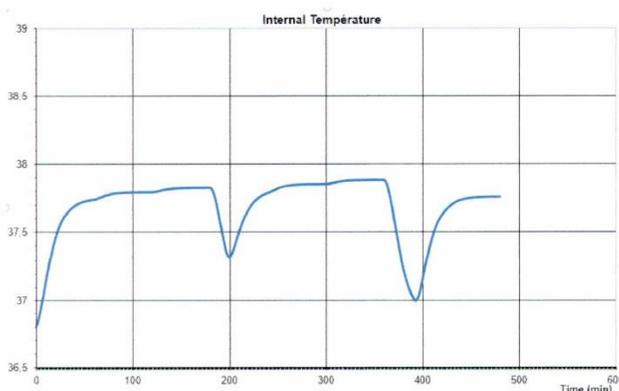


Figure 6. Température rectale prévisible selon ISO 7933

L'analyse de la perte hydrique cumulée (Figure 6) montre que la limite correspondant à 5% de la masse corporelle du travailleur considéré (ici 5% de 88 kg, soit 4.4 kg), est atteinte après 338 minutes d'exposition. À 14h00 le jour de l'accident, les pertes prévues atteignent 6.38 kg, soit 7.25% de la masse corporelle. Il est souvent cité, notamment dans ISO 7933, un taux moyen de réhydratation de 60% pour une exposition de 4 à 8 heures. Ainsi, le 5 juillet, à 14h00, un travailleur moyen présenterait une déshydratation de 2.55 kg (40% de 6.38 kg), ou 2.9 % de sa masse corporelle. Or une déshydratation de 3% entraîne une augmentation de la fréquence cardiaque et une réduction de la sensibilité des mécanismes de sudation.

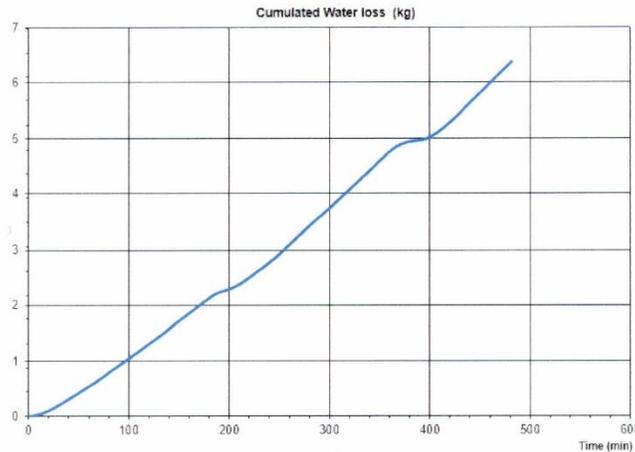


Figure 6. Perte hydrique cumulée selon ISO 7933

Considérant à la fois ce qui précède et le fait que les 2 journées précédant le 5 juillet comportaient un niveau de contrainte de commune mesure, il est probable que la victime ait accumulé un déficit hydrique sur l'ensemble de cette période de 3 jours. Cette déshydratation aurait fait chuter la sudation, réduit la circulation sanguine périphérique et l'aptitude du corps à se refroidir.

L'acclimatement incomplet de la victime ne semble pas avoir changé significativement l'astreinte prévisible. En effet, nous avons recalculé l'astreinte prévisible en posant un acclimatement à 100% et les résultats sont demeurés identiques autant sur la température rectale que sur les pertes hydriques. Ceci s'explique du fait qu'un travailleur acclimaté à 80% pouvait soutenir le niveau de sudation nécessaire à l'équilibre thermique sur l'ensemble de la journée considérée.

Outre l'acclimatement, plusieurs conditions personnelles influencent la réaction physiologique consécutive à une contrainte thermique; l'excès pondéral, diabète mal équilibré, maladie rénale, consommation excessive d'alcool, prise de médicaments favorisant la déshydratation, et autres.

**CONCLUSION**

La méthodologie d'estimation de la contrainte thermique et de modélisation de l'astreinte s'est avérée fiable et d'une précision qui permet de conclure à une surexposition à la chaleur significative et prolongée de la victime de coup de chaleur la journée du 5 juillet.

Il est cependant probable que d'autres facteurs se soient ajoutés pour expliquer ce coup de chaleur. Les plus probables sont :

1. Le cumul de trois journées de travail consécutives très chaudes ayant provoqué une déshydratation importante, voire un épuisement à la chaleur et réduit l'aptitude de la victime à se refroidir.
2. La charge de travail retenue à 362 kcal/h peut être largement sous-estimée selon le rythme de travail maintenu par la victime.

**Annexe I**

**Méthodologie d'estimation des paramètres environnementaux nécessaires au calcul de la température WBGT à la station météorologique**

**Méthodologie d'estimation des paramètres environnementaux nécessaires au calcul de la température WBGT à la station météorologique***Calcul de la température humide naturelle*

Étape 1. Calcul de la pression partielle de vapeur d'eau à partir de la température de l'air et de l'humidité relative de source météorologique

Exemple : le 19 juillet à 12h55, la température de l'air est de 23.7 °C et l'humidité relative est de 41 %. Ce qui donne correspond à une pression partielle de vapeur d'eau de 1.20 kPA.

$$T_a = 23.7 \text{ °C}$$

$$HR = 41 \%$$

$$P_{vap} = 1.20 \text{ kpa}$$

Étape 2. Calcul de la température humide psychrométrique (notée  $\theta$ ) à partir de la pression partielle de vapeur d'eau et de la température de l'air

$$T_a = 23.7 \text{ °C}$$

$$P_{vap} = 1.20 \text{ kpa}$$

$$\theta = 15.4 \text{ °C}$$

Étape 3. Calcul de la température humide naturelle à partir de la température de l'air, de la température humide psychrométrique, de la température globe et de la vitesse de l'air

$$T_a = 23.7 \text{ °C}$$

$$\theta = 15.4 \text{ °C}$$

$$T_g = 35.6 \text{ °C (estimée depuis la vitesse de l'air majorée de 11.9 degrés, voir ci-dessous)}$$

$$V_a = 4.44 \text{ m/s (16 km/h)}$$

$$T_{hn} = 18.3 \text{ °C}$$

*Calcul de la température globe*

La température globe est estimé à partir de la température de l'air majorée par un facteur mesuré lors de nos relevés avec instrument de lecture WBGT le 19 juillet, soit une majoration de 11.9 °C au niveau du sol.

**Annexe II**

**Calcul détaillé de la charge de travail**

## Estimation de la charge de travail : Pose de boîtes

Temps	Description	Durée	Méthode "arrêt sur image"			TOTAL ABC
			A	B	C	
00:00:00	Marche	00:00:18	120	0	60	180
00:00:18	Ancrage du panneau -Travail lourd 1 bras	00:00:09	36	108	60	204
00:00:27	Attente	00:00:59	36	0	60	96
00:01:26	Désencrage du panneau	00:00:26	36	108	60	204
00:01:52	Détache panneau 2 bras moyen	00:00:30	36	120	60	216
00:02:22	Manipule panneaux	00:00:10	36	540	60	636
00:02:32	Alignement : Corps léger	00:00:18	36	210	60	306
00:02:50	Marteau (1 Bras lourd)	00:00:14	36	108	60	204
00:03:04	Attente-discussion	00:00:50	36	0	60	96
00:03:54	Clouage-positionnement	00:00:56	36	108	60	204
00:04:50	Attente-discussion	00:00:30	36	0	60	96
00:05:20	Insertion boîte (2 bras moyen)	00:00:34	36	120	60	216
00:05:54	Attente	00:00:06	36	0	60	96
00:06:00	Fixation boîte (2 bras lourd)	00:00:42	36	150	60	246
00:06:42	Attente	00:00:44	36	0	60	96
00:07:26	Maintien posture (2 bras léger)	00:01:36	36	90	60	186
00:09:02	Corps en extension; poussée	00:01:24	36	300	60	396
00:10:26	Marteau. Corps en extension	00:00:29	36	300	60	396
00:10:55	Manipulation panneau	00:00:18	36	540	60	636
00:11:13	Attente	00:00:26	36	0	60	96
00:11:39	Positionnement boîte. 2 bras moyen	00:00:39	36	120	60	216
00:12:18	Attente	00:00:23	36	0	60	96
00:12:41	Manipulation panneau	00:00:11	36	540	60	636
00:12:52	Fixation panneau	00:00:20	36	120	60	216
00:13:12	Marche	00:00:18	150	0	60	210
00:13:30	Fixation panneau	00:00:17	36	108	60	204
00:13:47	Attente	00:00:15	36	0	60	96
00:14:02	Fixation panneau; clouage de la boîte	00:02:32	36	120	60	216
00:16:34	Légers déplacements (marche lente)	00:00:15	120	0	60	180
00:16:49	Grimper le mur (marche + 48 x 3 mètres)	00:00:16	264	0	60	324
00:17:05	Attente	00:00:30	36	0	60	96
00:17:35	Mesurage (léger 2 bras)	00:00:45	36	90	60	186
00:18:20	Attente	00:00:25	36	0	60	96
00:18:45	Fin	00:00:01	120	0	60	180
00:18:46	Total	0:18:46				214
				Moyenne pondérée (kcal/h)		

Estimation de la charge de travail : Installation de panneaux de coffrage  
(Vidéos: 554) Casque rouge

Temps	Description	Durée	A	B	C	TOTAL ABC
00:00:00	Ancrage :		36	108	60	204
00:00:05	Déplacement	00:00:05	120	0	60	180
00:00:11	Transport matériau	00:00:06	36	300	60	396
00:00:33	Déplacement sol instable en montée (180 + 48)	00:00:22	228	0	60	288
00:00:50	Transport matériau, sol instable	00:00:17	36	420	60	516
00:01:02	Déplacement (180)	00:00:12	180	0	60	240
00:01:09	Transport petit panneau (corps moyen)	00:00:07	36	300	60	396
00:01:17	Attente ou vérification	00:00:08	36	0	60	96
00:01:43	Ancrage-positionnement	00:00:20	36	108	60	204
00:02:03	Installation petit panneau au sol (tout le corps léger)	00:00:26	36	210	60	306
00:02:25	Attente, quelques frappes de marteau (1 bras léger)	00:00:22	36	60	60	156
00:02:55	Installation broches de retenues (2 bras léger)	00:00:30	36	90	60	186
00:03:07	Préparation panneau	00:00:12	36	210	60	306
00:03:16	Manipulation panneau Corps lourd)	00:00:09	36	420	60	516
00:03:33	Ancrage de panneaux	00:00:17	36	108	60	204
00:03:53	Installation broches de retenues (2 bras léger)	00:00:57	36	90	60	186
00:04:50	Manipulation panneau Corps lourd)	00:00:25	36	420	60	516
00:05:15	Ancrage panneau	00:00:39	36	108	60	204
00:05:54	Attente-discussions	00:00:16	36	12	60	108
00:06:10	Total	0:05:50				0
						262

Moyenne pondérée (Kcal/hr)

Estimation de la charge de travail : Travailleur avec escabeau

Temps	Description	Durée	A	B	C	TOTAL ABC
00:05:30	Marche montée 1,5 mètres, charge légère (150 + 81 pour montée)	00:00:30	231	0	60	291
00:06:00	Positionnement de l'escabeau (corps léger)	00:00:32	36	210	60	306
00:06:32	Montée dans escabeau	00:00:07	36	48	60	144
00:06:39	Ancrage panneau (lourd 1 bras + extension latérale tronc, équilibre)	00:00:31	36	210	60	306
00:07:10	Repositionnement escabeau	00:00:11	36	210	60	306
00:07:21	Ancrage panneau	00:00:09	36	108	60	204
00:07:30	Ancrage panneau (escabeau+2 bras+extension) + 48 kcal pr montée	00:00:42	36	348	60	444
00:08:12	Repositionnement escabeau	00:00:18	36	210	60	306
00:08:30	Ancrage panneau (escabeau+2 bras+extension) + 48 kcal pr montée	00:00:58	36	348	60	444
00:09:28	Manutention de matériaux (corps moyen)	00:00:44	36	300	60	396
00:10:12	Clouage	00:00:26	36	108	60	204
00:10:38	Positionnement béquille	00:00:39	36	300	60	396
00:11:17	Déplacements courts	00:00:27	120	0	60	180
00:11:44	Positionnement	00:00:20	36	90	60	186
00:12:04	Ancrage de panneaux	00:00:36	36	108	60	204
00:12:34	Ancrage panneau (escabeau+2 bras+extension) + 2 x 48 kcal pr montée	00:02:30	36	396	60	492
00:15:04	Manutention-clouage bref	00:00:16	36	108	60	204
00:15:20	Ancrage panneau (escabeau + 2 bras + extension+ 2 x 48 kcal pr montée	00:00:48	36	396	60	492
00:16:08	Déplacement escabeau	00:00:50	36	210	60	306
00:16:58	Ancrage panneau	00:00:30	36	108	60	204
00:17:28	Marche	00:00:10	120	0	60	180
00:17:38	Manipulation de matériaux	00:00:42	36	300	60	396
00:18:20	Déplacement	00:00:10	120	0	60	180
00:18:30	Ancrage panneau 1 bras	00:00:09	36	108	60	204
00:18:39	Total	0:12:39				362

Moyenne pondérée Kcal/hr

**Annexe III**

**Calcul détaillé des paramètres environnementaux**

### Données lues au chantier et données météorologiques le 19 juillet

Heure	Quest 3M		Delta		Kestrel		Env Canada		Remarques		
	Tair °C	Tbmn °C	Tg °C	Tg - Tair °C	Tair	Vair Km/h	HR	Tair		Vair Km/h	HR
10:22	22,6	18,2	34,4	11,8				21,9	11	55	Niveau-sol
10:39	24,1	19,6	41	16,9		7,5		22,4	12	53	Vent sud, idem hors-sol et excavation
10:50	26,5	21,3	46,4	19,9		1,9		22,7	12	52	Dans excavation
11:11	25,8	20,7	43,4	17,6				23,1	13	48	Dans excavation
11:25	23,3	18	33,9	10,6				23,1	14	46	Niveau-sol
11:50	23,2	17,8	33,7	10,5		7,9		23,2	16	43	Niveau-sol
12:06	25,6	19,2	39,7	14,1		6		23,3	17	41	Dans excavation
12:20	26,7	20,2	42,8	16,1		3,7		23,4	17	41	Dans excavation
12:40	23,9	16,9	33,7	9,8				23,6	16	41	Niveau-sol
12:55	27,1	19,7	43,1	16				23,7	16	41	Dans excavation

Delta moyen Tg - Tair	
Moy.: excavation	16,8 °C
Moy.: niveau sol	11,9 °C

Calcul de la différence entre les températures WBGT estimées à la station météorologiques et lues au chantier le 19 juillet

Heure	Quest 3M			Delta		Anémomètre		Tair		Env Canada			Données calculées			Comparaizon WBGT	
	Tair °C	Tbmn °C	Tg °C	WBGT °C	Tair-Tg °C	Vair Km/h	Vair Km/h	Tair °C	Vair Km/h	Vair m/s	HR %	P <sub>vap</sub> kPa	Tg (Tair+11,9) °C	θ °C	Thn °C	WBGT meteo °C	Delta WBGT °C
10:22	22,6	18,2	34,4	21,9	11,8			21,9	11	3,06	55	1,44	33,8	16,1	19	22,3	-0,37
10:39	24,1	19,6	41	24,3	16,9	7,5	12	22,4	12	3,33	53	1,44	34,3	16,3	19,2	22,5	1,79
10:50	26,5	21,3	46,4	26,8	19,9	1,9	12	22,7	12	3,33	52	1,43	34,6	16,3	19,2	22,6	4,21
11:11	25,8	20,7	43,4	25,8	17,6		13	23,1	13	3,61	48	1,36	35	16,1	19	22,6	3,14
11:25	23,3	18	33,9	21,7	10,6		14	23,1	14	3,89	46	1,3	35	15,8	18,7	22,4	-0,69
11:50	23,2	17,8	33,7	21,5	10,5	7,9	16	23,2	16	4,44	43	1,22	35,1	15,4	18,3	22,2	-0,63
12:06	25,6	19,2	39,7	23,9	14,1	6	17	23,3	17	4,72	41	1,17	35,2	15,1	18	22,0	1,97
12:20	26,7	20,2	42,8	25,4	16,1	3,7	17	23,4	17	4,72	41	1,18	35,3	15,2	18,1	22,1	3,3
12:40	23,9	16,9	33,7	21,0	9,8		16	23,6	16	4,44	41	1,19	35,5	15,3	18,2	22,2	-1,24
12:55	27,1	19,7	43,1	25,1	16		16	23,7	16	4,44	41	1,2	35,6	15,4	18,3	22,3	2,82

Delta moyen Tair-Tg	
Delta moy.: excavation	16,8 °C
Delta moy.: niveau-sol	11,9 °C

Delta excavation	
Delta excavation	3,1
Delta niveau-sol	-0,23

Estimation de la température WBGT le 5 juillet à partir de données météorologiques

Heure	Données station météo d'Environnement Canada				Données calculées				Températures WBGT	
	Tair °C	Vair Km/h	Vair m/s	HR %	P <sub>vap</sub> kPa	Tg (Ta+11,9) °C	θ °C	Thn °C	WBGT météo °C	WBGT estimé excav. °C
06:00	21,4	2	0,56	89	2,27	33,3	20,1	23,1	25,0	28,1
07:00	24	7	1,94	76	2,27	35,9	20,9	23,8	26,2	29,3
08:00	25,4	10	2,78	75	2,43	37,3	22,1	25	27,5	30,6
09:00	26,5	9	2,50	71	2,46	38,4	22,5	25,4	28,1	31,2
10:00	28,3	11	3,06	67	2,58	40,2	23,5	26,4	29,4	32,5
11:00	29,8	16	4,44	61	2,56	41,7	23,9	26,8	30,1	33,2
12:00	31,1	15	4,17	56	2,53	43	24,1	27	30,6	33,7
13:00	30,7	15	4,17	58	2,56	42,6	24,1	27	30,5	33,6
14:00	31,8	18	5,00	57	2,68	43,7	24,9	27,8	31,4	34,5

**Annexe IV**

**Calcul horaire Guide de Prévention des Coups de Chaleur**

Calcul de la température de l'air corrigée (TAC)

Remplir les 6 étapes dans l'ordre ... pour que la TAC se calcule.

Environnement Canada T° et n° de la ville Québec

Température air à l'ombre 20,6°C

Humidité relative 89 %

Ensoleillement Exposition directe au soleil

Source de données, T° et HR Données "météo" ou service WEB

Charge de travail Moyen, entre 250 et 350 Kcal/h

Combinaison de coton par-dessus les vêtements de travail.  oui  non

TAC 35,4°C

Code VERT Pâle Tableau Mesures préventives

Consigne d'hydratation Un verre d'eau fraîche (250 mL) à prendre ... à toutes les 20 minutes (ne jamais boire plus de 1,5 L à l'heure)

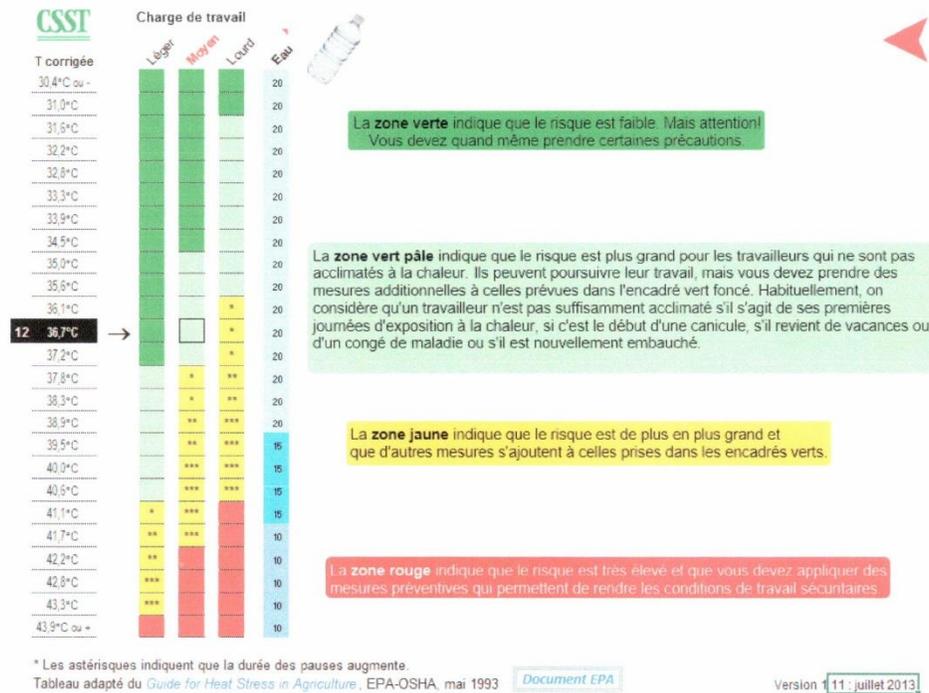
Version 1,11 : juillet 2013

Établissement: Analyse d'acciden

Département: CNESST

Données calculées à: 6h00 AM

Les données de cette feuille sont valables au moment où elles ont été saisies et si, depuis ce temps, les conditions n'ont pas changées.

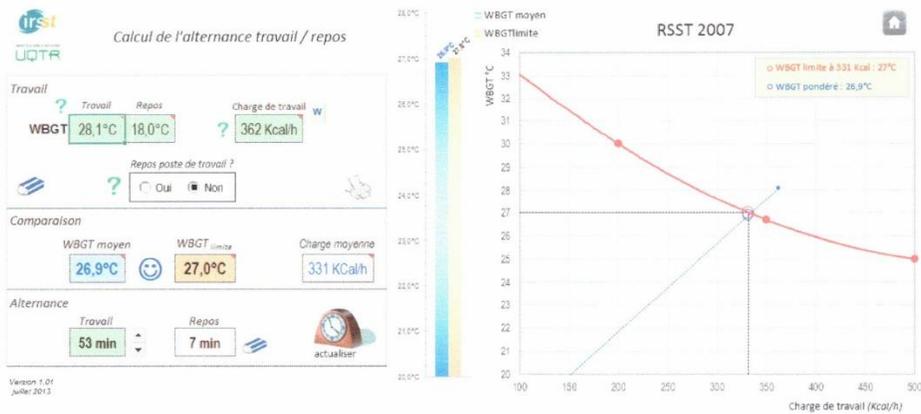


Annexe V

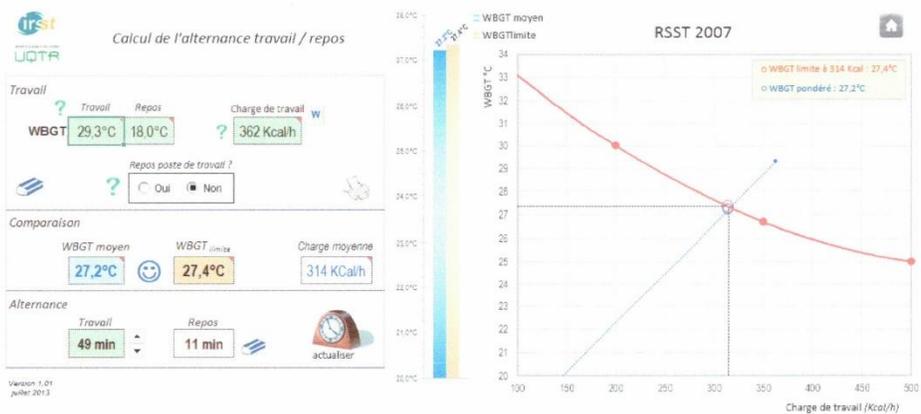
Calcul horaire de l'alternance travail/repos selon l'indice WBGT

Régime horaire d'alternance travail-repos selon l'indice WBGT du RSST

06 :00



07 :00



08 :00

Calcul de l'alternance travail / repos

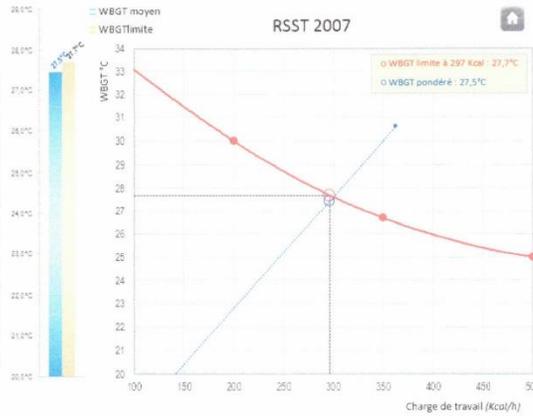
**Travail** ? Travail Repos Charge de travail W  
 WBGT 30,6°C 18,0°C ? 362 Kcal/h

Repos poste de travail ?  
 Oui  Non

**Comparaison**  
 WBGT moyen 27,5°C WBGT limite 27,7°C Charge moyenne 297 Kcal/h

**Alternance**  
 Travail 45 min Repos 15 min actualiser

Version 1.01  
juillet 2013



09 :00

Calcul de l'alternance travail / repos

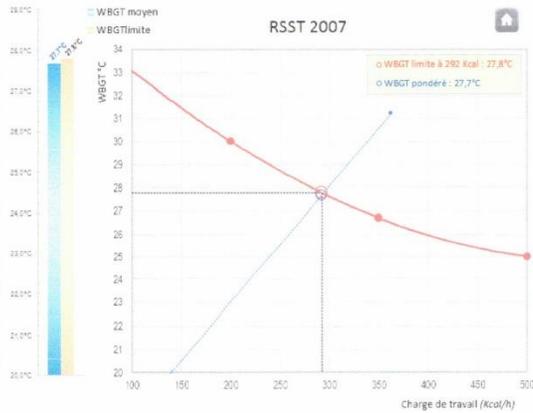
**Travail** ? Travail Repos Charge de travail W  
 WBGT 31,2°C 18,0°C ? 362 Kcal/h

Repos poste de travail ?  
 Oui  Non

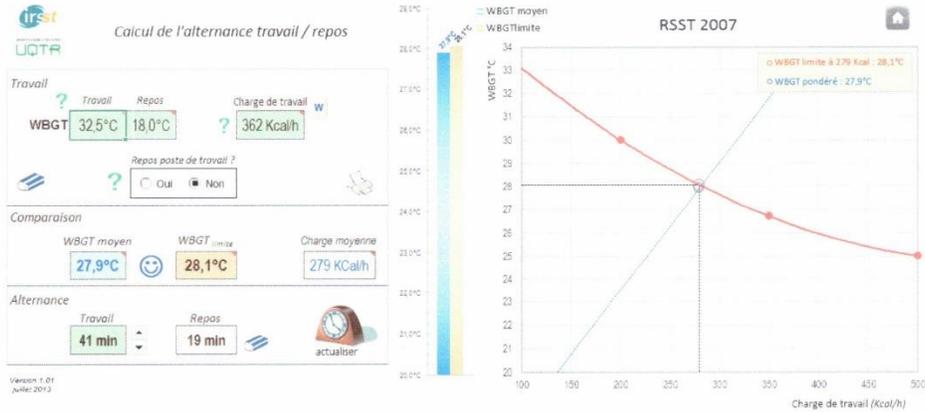
**Comparaison**  
 WBGT moyen 27,7°C WBGT limite 27,8°C Charge moyenne 292 Kcal/h

**Alternance**  
 Travail 44 min Repos 16 min actualiser

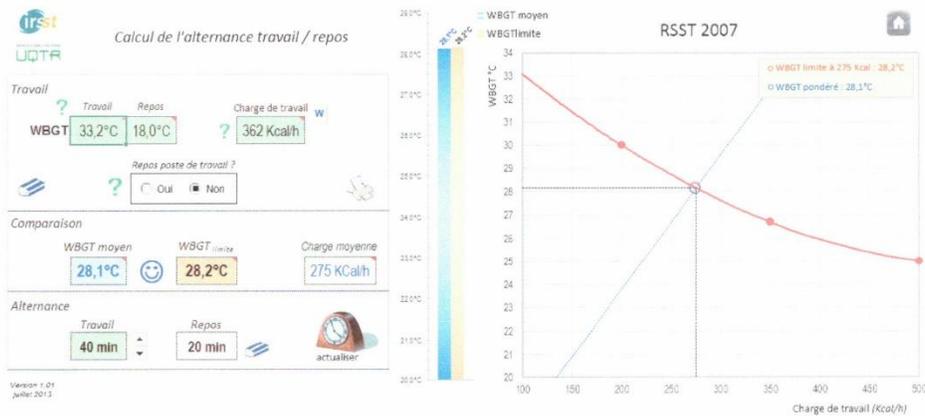
Version 1.01  
juillet 2013



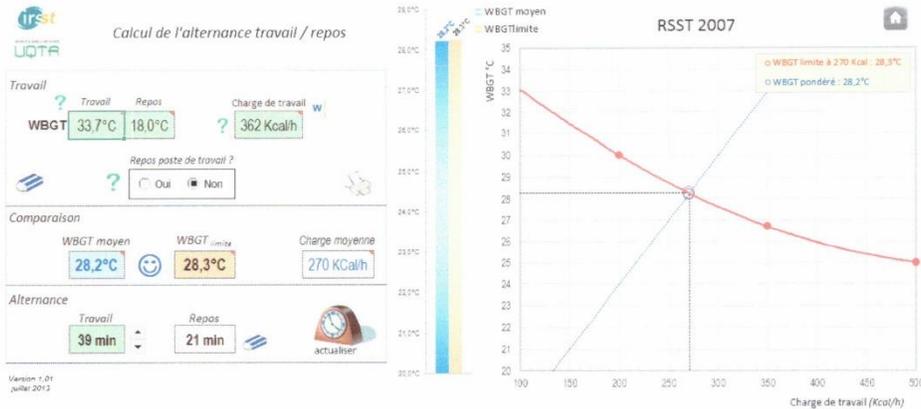
10 :00



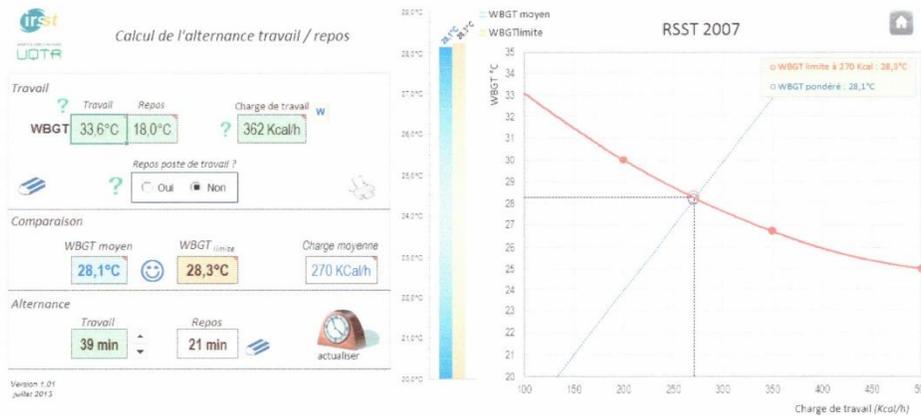
11 :00



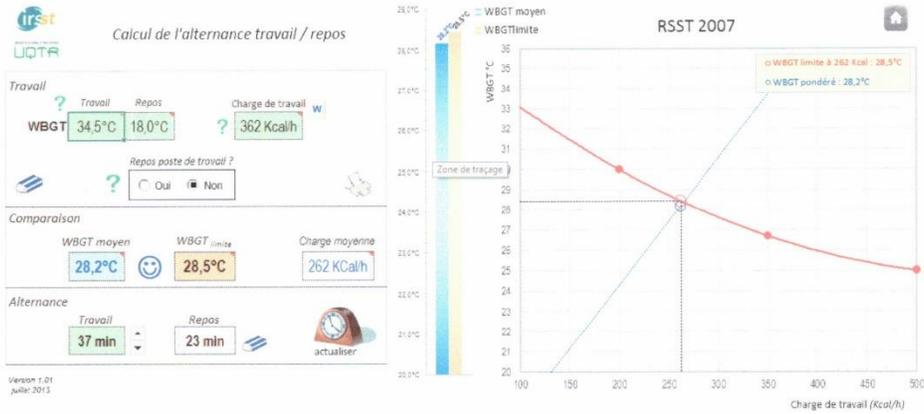
Midi



13 :00

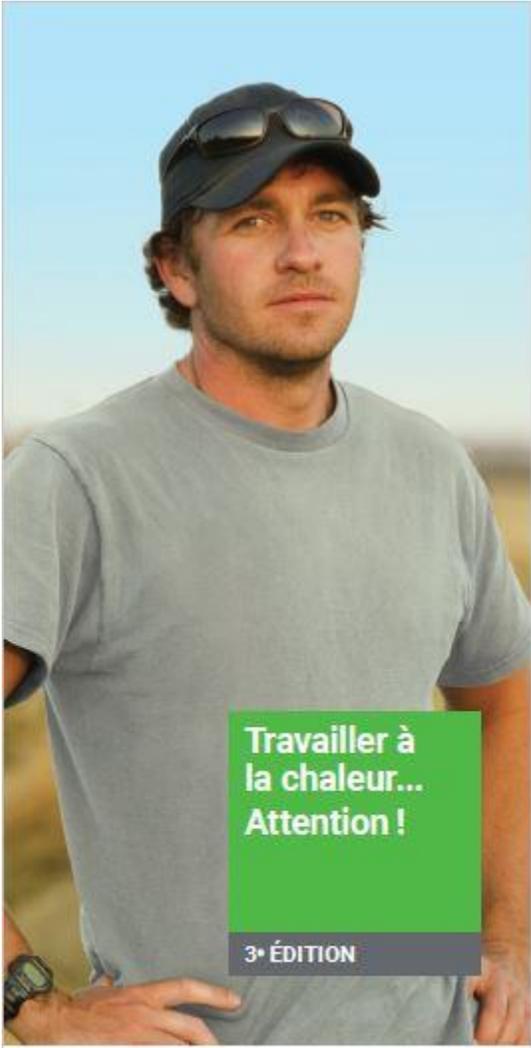


14 :00



**ANNEXE D**

Document  
Travailler à la chaleur... Attention!



**Travailler à la chaleur...  
Attention!**

**Ouf! Quelle chaleur! Vous suiez abondamment et vous voulez savoir si le risque de subir un coup de chaleur est élevé?**

Voici un outil qui vous permettra d'évaluer rapidement le niveau de risque auquel vous êtes exposé.

**1** Pour commencer, calculez la température de l'air corrigée.

**(A)** Prenez la température de l'air à l'ombre.

**(B)** Corrigez la température en fonction de l'humidité relative.

20 %... retranchez 2 °C	60 %... ajoutez 5 °C
25 %... retranchez 1 °C	65 %... ajoutez 5,7 °C
30 %... pas d'ajustement	70 %... ajoutez 6,4 °C
35 %... ajoutez 0,9 °C	75 %... ajoutez 7,1 °C
40 %... ajoutez 1,8 °C	80 %... ajoutez 7,7 °C
45 %... ajoutez 2,7 °C	85 %... ajoutez 8,3 °C
50 %... ajoutez 3,5 °C	90 %... ajoutez 8,9 °C
55 %... ajoutez 4,3 °C	

**(C)** Corrigez la température en fonction de l'ensoleillement.

Lorsque la température de l'air et l'humidité sont mesurées sur les lieux de travail :

Si vous êtes exposé aux rayons directs du soleil	ajoutez 4,5 °C
Si vous travaillez sous un ciel nuageux ou à l'ombre	ajoutez 2 °C
Si vous travaillez à l'intérieur, sans source de chaleur radiante	pas d'ajustement

Lorsque la température de l'air et l'humidité sont obtenues du service météorologique régional :

Si vous êtes exposé aux rayons directs du soleil	ajoutez 6 °C
Si vous travaillez sous un ciel nuageux ou à l'ombre	ajoutez 3,5 °C

**(D)** Corrigez la température en fonction de votre habillement.

Si vous portez une combinaison en coton (survêtement)	ajoutez 4,4 °C
---	----------------

*Si vous portez un vêtement imperméable, le facteur de correction est plus élevé que 4,4 °C et le risque est plus grand! Soyez très vigilant!*

**Travailler à la chaleur...  
Attention!**

**3<sup>e</sup> ÉDITION**

Santé et Services sociaux Québec  



**2** Votre calcul (A+B+C+D) est fait?  
Trouvez le résultat dans le tableau.

S'il se situe entre deux chiffres, prenez le plus élevé.

**3** Déterminez le type de travail accompli pendant une période d'une heure.

Le tableau vous propose trois types de travail : léger (ex. : faire fonctionner une machine), moyen (ex. : se déplacer en faisant des efforts de poussée et de levée), lourd (ex. : travailler au pic et à la pelle).

**4** Trouvez le niveau de risque auquel vous êtes exposé. Il est représenté par une couleur : vert, jaune ou rouge.

**LA ZONE VERTE** indique que le risque est faible. Mais attention! Vous et votre employeur devez quand même prendre certaines précautions.

**LA ZONE VERT PÂLE** indique que le risque est plus grand. Avec votre employeur, déterminez les mesures temporaires à prendre pour rendre vos conditions de travail sécuritaires.

**LA ZONE JAUNE** indique que le risque est de plus en plus grand. Vous et votre employeur devez prendre différentes mesures de prévention pour rendre les conditions de travail sécuritaires. Soyez vigilant!

**LA ZONE ROUGE** indique que le risque est très élevé. Votre employeur doit appliquer des mesures de prévention qui vous permettront de poursuivre vos activités en toute sécurité. Soyez TRES vigilant!

**Attention!**

Lors de chaque début de canicule, les premiers jours sont critiques! Vous n'êtes pas acclimaté! Le risque est alors plus grand, et ce, pour chaque niveau de risque représenté dans ce tableau (zones verte, vert pâle, jaune et rouge).

Habituellement, on considère qu'un travailleur n'est pas suffisamment acclimaté s'il s'agit de ses premières journées d'exposition à la chaleur, si c'est le début d'une canicule, s'il revient d'un congé ou s'il est nouvellement embauché.

Un travailleur est considéré comme « acclimaté », si le travail a été effectué :

- pendant au moins 2 heures continues par jour ;
- pendant 5 des 7 derniers jours ;
- dans les mêmes conditions (charge de travail, habillement et conditions climatiques).

Note : L'acclimatation commence à se perdre dès que les conditions décrites plus haut sont discontinues. Une perte significative de l'acclimatation est constatée au bout de 4 jours.

## Mesures de prévention

- 5 Déterminez la quantité d'eau à boire (voir la zone bleue).

**LA ZONE BLEUE** Un verre = 250 ml (8 oz).

Ne buvez jamais plus de 1,5 litre d'eau à l'heure.

- 6 Appliquez les mesures de prévention.

T° AIR CORRIGÉE	TRAVAIL LÉGER	TRAVAIL MOYEN	TRAVAIL LOURD	EAU
30,4 °C ou moins				
31,0 °C				
31,6 °C				
32,2 °C				
32,8 °C				1 verre
33,3 °C				toutes les 20 minutes
33,9 °C				
34,5 °C				
35,0 °C				
35,6 °C				
36,1 °C			*	
36,7 °C			*	
37,2 °C			*	
37,8 °C	*	**	**	
38,3 °C	*	**	**	
38,9 °C	**	**	**	
39,5 °C	**	**	**	1 verre
40,0 °C	**	**	**	toutes les 15 minutes
40,6 °C	**	**	**	15 minutes
41,1 °C	**	**	**	
41,7 °C	**	**	**	1 verre
42,2 °C	**	**	**	toutes les 10 minutes
42,8 °C	**	**	**	10 minutes
43,3 °C	**	**	**	
43,9 °C ou plus	**	**	**	

Tableau adapté du document A Guide to Heat Stress in Agriculture (EPA-OSHA, mai 1993).  
Les astérisques indiquent que la durée des pauses doit augmenter.

Vous devez prendre les mesures préventives suivantes, **même si le niveau de risque est faible** :

- Buvez de l'eau fraîche en quantité suffisante à la fréquence indiquée dans le tableau, même si vous n'avez pas soif!
- Portez des vêtements légers, de couleur claire, de préférence en coton, pour favoriser l'évaporation de la sueur.
- Couvrez-vous la tête pour travailler à l'extérieur.
- Étourdissements ? Vertiges ? Fatigue inhabituelle ? Cessez le travail immédiatement et prévenez sans tarder le secouriste et votre superviseur. Ces malaises peuvent annoncer un coup de chaleur.
- Redoublez de prudence si vous prenez des médicaments, si vous avez des problèmes de santé ou si vous avez été malade récemment (diarrhée, fièvre, vomissements).
- Rapportez au secouriste et à votre superviseur tout comportement anormal d'un collègue.
- À mesure que le risque augmente, vous devez :
  - ajuster votre rythme de travail;
  - prendre des pauses, de préférence à l'ombre ou dans un endroit frais.

Dans tous les cas où vous jugez qu'il y a un risque lié à la chaleur, parlez-en à votre superviseur. Vous pourrez trouver ensemble des moyens pour protéger votre santé!



DE L'EAU... ON EN BOIT PLUS  
QUAND IL FAIT CHAUD !



## Soyez attentifs aux symptômes et aux signes qui annoncent un coup de chaleur !

### Étourdissements ? Vertiges ? Fatigue inhabituelle ?

C'est peut-être le début d'un coup de chaleur.

Prévenez sans tarder le secouriste et un superviseur pour qu'ils mettent en place les mesures appropriées.

### Propos incohérents ? Perte d'équilibre ? Perte de conscience ?

Il y a urgence médicale ! Intervenez tout de suite et traitez la personne comme si elle subissait un coup de chaleur.

### Premiers secours

1. Alertez les premiers secours : les secouristes en milieu de travail et le service 911.
2. Transportez la personne à l'ombre ou dans un endroit frais et ôtez-lui ses vêtements.
3. Aspergez son corps d'eau.
4. Faites le plus de ventilation possible.
5. Donnez-lui de l'eau fraîche en petites quantités si elle est consciente et lucide.

### Pour nous joindre

- ☎ 1 844 838-0808
- 📧 [cnesst.gouv.qc.ca](mailto:cnesst.gouv.qc.ca)



**ANNEXE E**

## Références bibliographiques

- CNESST, *Travailler à la chaleur... Attention!*, [En ligne], 2018.  
[[https://www.cnesst.gouv.qc.ca/Publications/1000/Documents/DC1000\\_171web.pdf](https://www.cnesst.gouv.qc.ca/Publications/1000/Documents/DC1000_171web.pdf)].
- GRAND DICTIONNAIRE TERMINOLOGIQUE. *Canicule*. [En ligne], 2018.  
[[http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id\\_Fiche=26542278](http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26542278)].
- INTERNATIONAL STANDARD ORGANISATION. *Ergonomie des ambiances thermiques – Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondées sur le calcul de l'astreinte thermique prévisible*, ISO, Suisse, 2004, 34 pages (ISO 7922 :2004).
- QUÉBEC. *Code de sécurité pour les travaux de construction : RLRQ, chapitre S-2.1, r. 4, à jour au 1<sup>er</sup> août 2018*, Québec, Éditeur officiel du Québec, 2018.
- QUÉBEC. *Loi sur la santé et la sécurité du travail : RLRQ, chapitre S-2.1, à jour au 12 juillet 2018*, Québec, Éditeur officiel du Québec.
- QUÉBEC. *Règlement sur la santé et la sécurité du travail : RLRQ, chapitre S-2.1, R13, à jour au 12 juillet 2018*, Québec, Éditeur officiel du Québec.
- BEAUDET, Michel et al, ,1985. *Hygiène du travail*. Les éditions Le Griffon d'argile inc., Québec, ISBN 2-920210-34-,31985, 706 pages.