



## **Analyse des risques pour les systèmes de réfrigération dans les arénas du Québec**

10 septembre 2013 – Québec

14 novembre 2013 – Dollard-des-Ormeaux

Daniel Giguère, ing

# Le contexte

- Plus de 300 aré纳斯 et Centre de curling du Québec utilisent le réfrigérant R-22 (en 2010)
- Le R-22 est condamné
- 75% des nouveaux systèmes de réfrigération sont à l'ammoniac
- Les systèmes au CO<sub>2</sub> émergent
- Beaucoup de mélanges HFC sont offerts

# Étude comparative des systèmes de réfrigération dans les arénas au Québec

- CanmetÉNERGIE-Varennnes a achevé cette étude en juillet 2013
- Comparaison de 12 systèmes de réfrigération:
  - Ammoniac, CO<sub>2</sub>, halocarbures (HFC)
  - Performance énergétique
  - Coûts d'investissement
  - Coûts d'opération
  - Valeurs actuelles nettes
  - **Analyse des risques** faite par JP Lacoursière Inc

CanmetÉNERGIE

*Leadership en écoInnovation*

# L'analyse des risques fait partie du Processus de décision

Tables des critères															
	charge réfrigérant	Réfrigération	Chauffage	demande	GES	Coûts achat	Investissement	Énergie	Entretien	Formation	Valeur actuelle totale	type de ref	risques		
	kg	MWh	MWh	kW	1000kg	1000\$	1000\$	1000\$	1000\$	1000\$	1000\$	0-10	0-10		
Facteur de poids 0-10	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>10</b>		
A4	320	384	133	184	1.0	910	319	973	332	32	1,658	5	8		
C1	1,591	291	100	183	0.9	1,286	669	839	306	32	1,850	0	2		
H5	166	421	138	208	5.9	649	532	1,083	124	18	1,758	5	1		
H1	409	481	470	370	75.9	82	82	1,749	412	18	2,297	10	2		
Table des points														Total	%
A4	0.18	0.51	0.91	0.99	1.00	0.00	0.60	0.85	0.28	0.00	0.00	0.50	0.20	6.02	<b>84%</b>
C1	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.37	0.00	0.00	1.00	0.80	<b>7.17</b>	<b>100%</b>
H5	0.20	0.32	0.90	0.87	0.93	0.00	0.23	0.73	1.00	0.00	0.00	0.50	0.90	6.58	<b>92%</b>
H1	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	1.97	<b>27%</b>

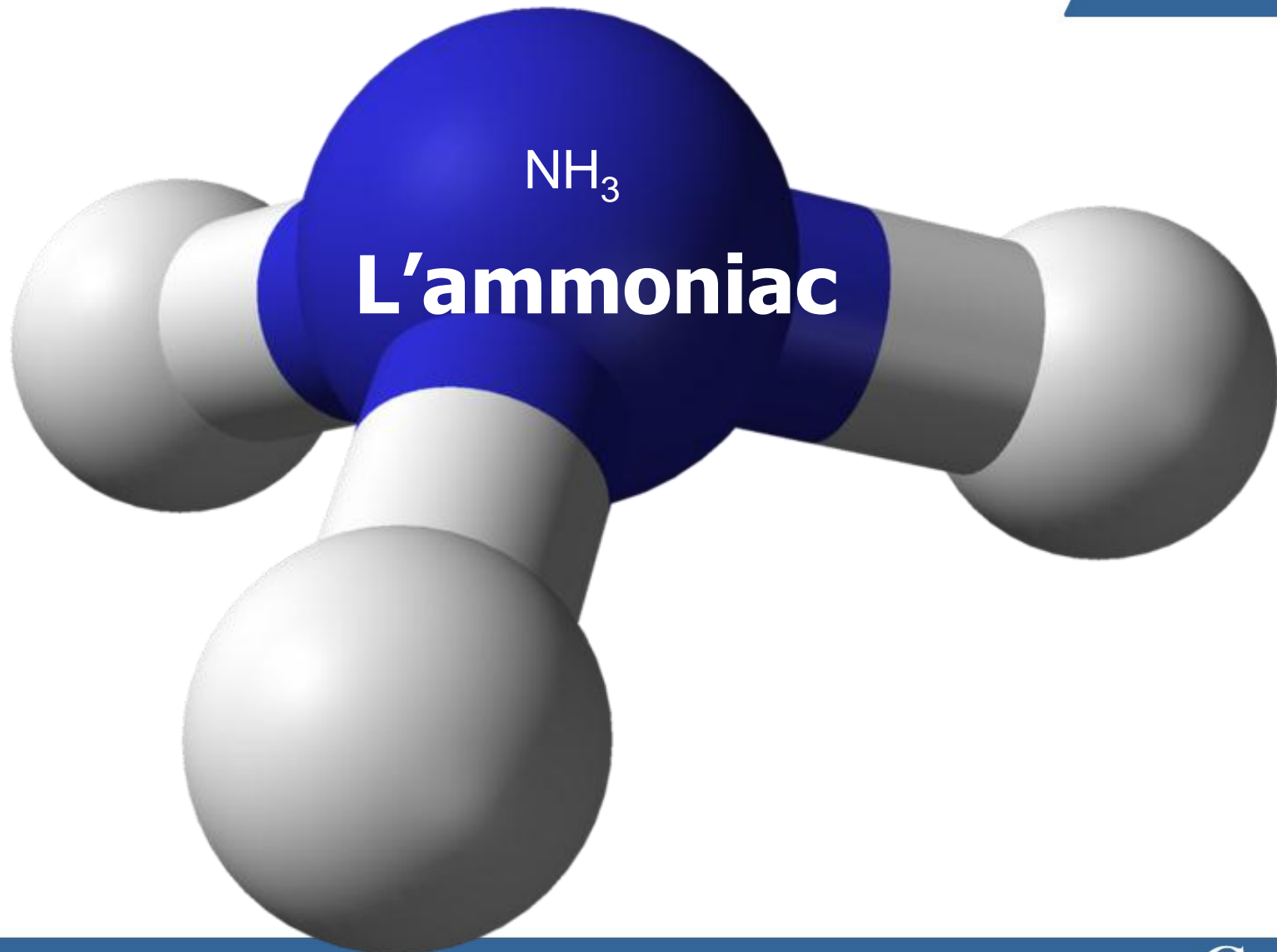


# Cette présentation

- Recommandations résultantes des analyses de risques pour les systèmes:
  - Ammoniac
  - CO<sub>2</sub>
  - HFC
- Résultats de simulation de fuites qui ont menés aux recommandations

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*



# Le classement des réfrigérants pour la sécurité

L'ammoniac est très soluble dans l'eau:  
 Environ 500 g NH<sub>3</sub> par litre d'eau à la température ambiante

## Groupe de frigorigène

Inflammabilité supérieure	propane A3	B3
Inflammabilité inférieure	A2	ammoniac B2
Propagation de la flamme nulle	HFC, CO <sub>2</sub> A1	B1
	Toxicité inférieure	Toxicité supérieure

Inflammabilité croissante ↑

Toxicité croissante

Quantité permise: .022 lb/1000 pi<sup>3</sup>  
 Ou 0.05% en volume

ref: CSA B52



Leadership en écoInnovation

# Types de système à l'ammoniac

- Le réfrigérant le plus utilisé dans les arénas hors Québec (plus de 60% au Canada)
- Système assemblé sur site
- Système monobloc assemblé en usine
- Toujours des compresseurs de type ouvert
  - Pistons
  - Vis

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*



# Systeme assemble sur site



Montréal 

ARÉNA MICHEL NORMANDIN  
LOCAL TECHNIQUE



# Systeme assemble en usine



10

*Leadership en écoInnovation*



Ressources naturelles  
Canada

Natural Resources  
Canada

Canada

# Recommandation #1

## Étude de dangers

Le donneur d'ouvrage (i.e. la municipalité) exige que le concepteur de l'installation de réfrigération exécute une étude de dangers du système de réfrigération à l'ammoniac et en fasse rapport au donneur d'ouvrage et aux autorités compétentes.

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Recommandation #2

## Modélisation des fuites

- Faire une modélisation des conséquences de libération d'ammoniac dans les cas suivants :
  - Charge d'ammoniac  $\geq$  à 137 kg (300 lb)
  - Riverains à distance  $<$  300 m ou édifices surplombant le local technique.
- La modélisation aura comme objectif d'identifier les mesures de prévention et d'intervention appropriée.

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Recommandation #3

## Évacuer en sécurité l'ammoniac

- Pour protéger les riverains et les intervenants
- Utiliser un ventilateur mécanique (extracteur) à sortie verticale vers le haut, à dilution interne et haute vitesse de sortie (26 m/s) comme standard minimal pour la ventilation d'urgence de local technique de classe T.
- La position et la direction de l'évacuation d'air du local technique pourraient nuire aux riverains et empêcher l'accès libre de l'immeuble par les premiers intervenants ainsi que l'évacuation de l'aréna et des riverains.

**CanmetÉNERGIE**

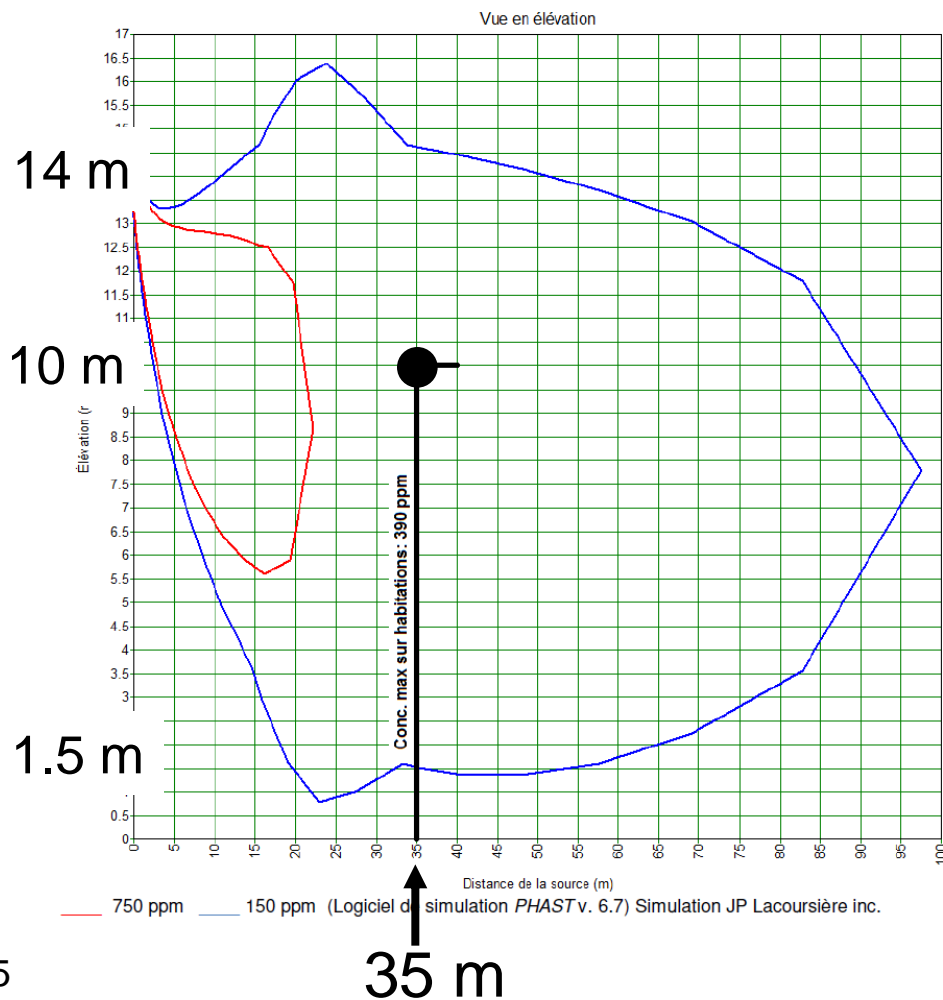
*Leadership en écoInnovation*



# Sorties ventilation d'urgence



# Évacuation typique d'air d'un local technique

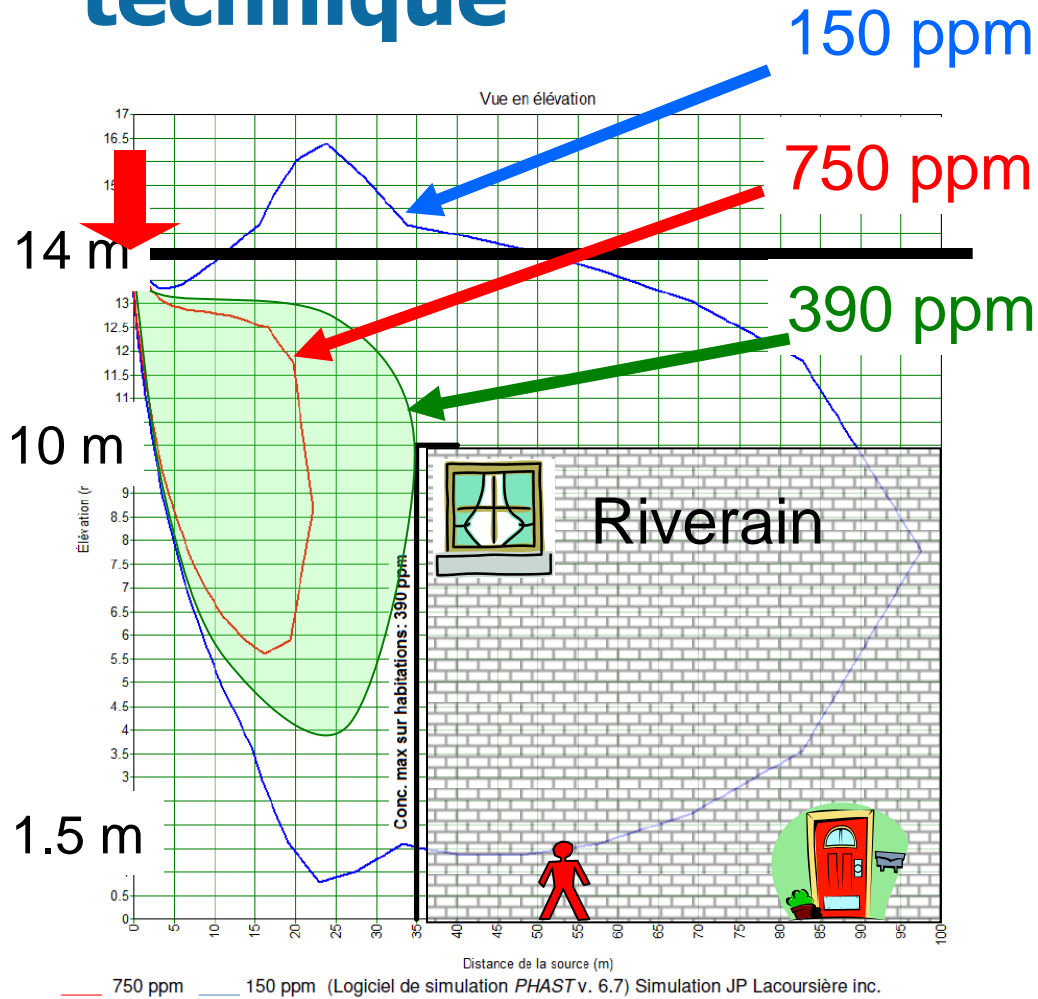


seulement  
114 kg d'ammoniac

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Évacuation typique d'air d'un local technique



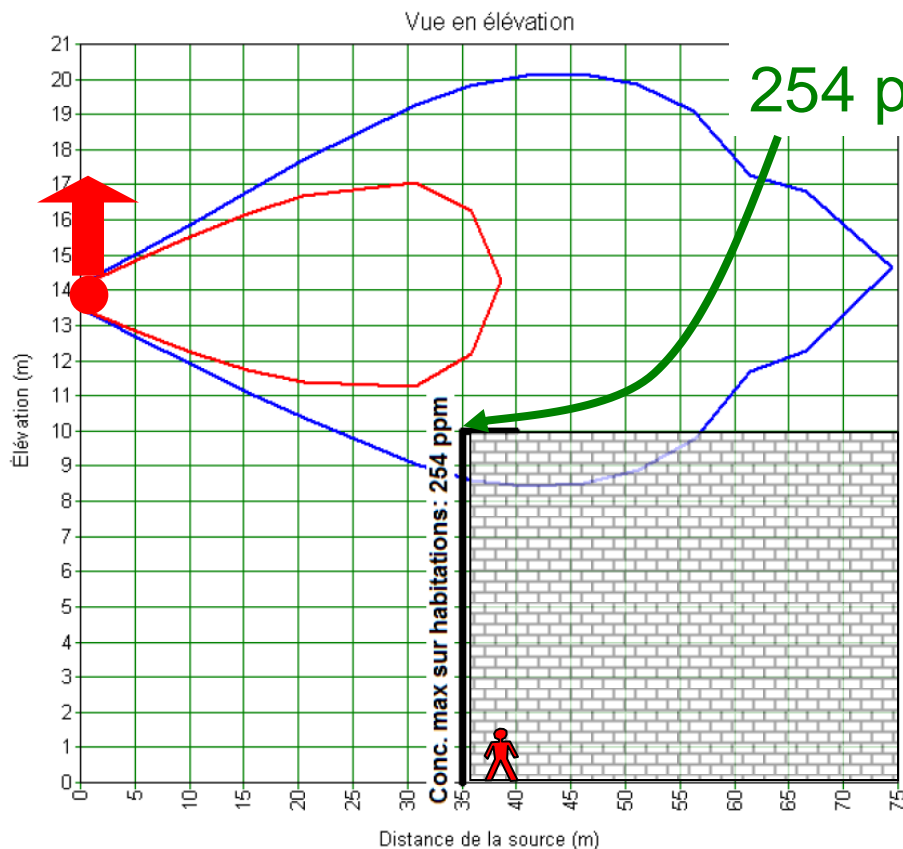
seulement  
114 kg d'ammoniac

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*



# Évacuation verticale 12,7 m/s avec cône d'accélération

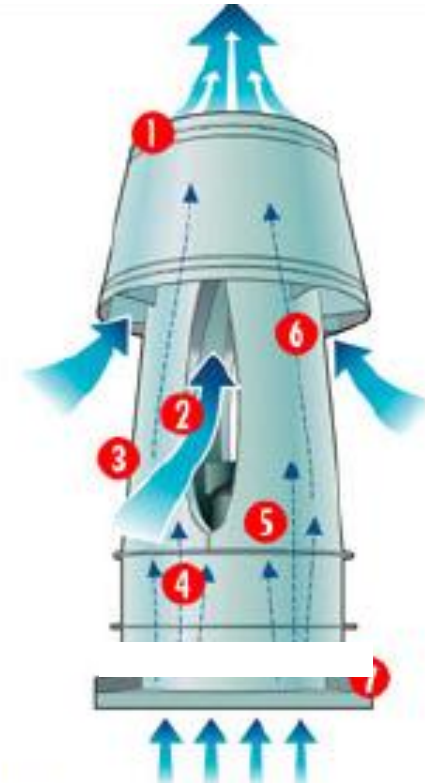
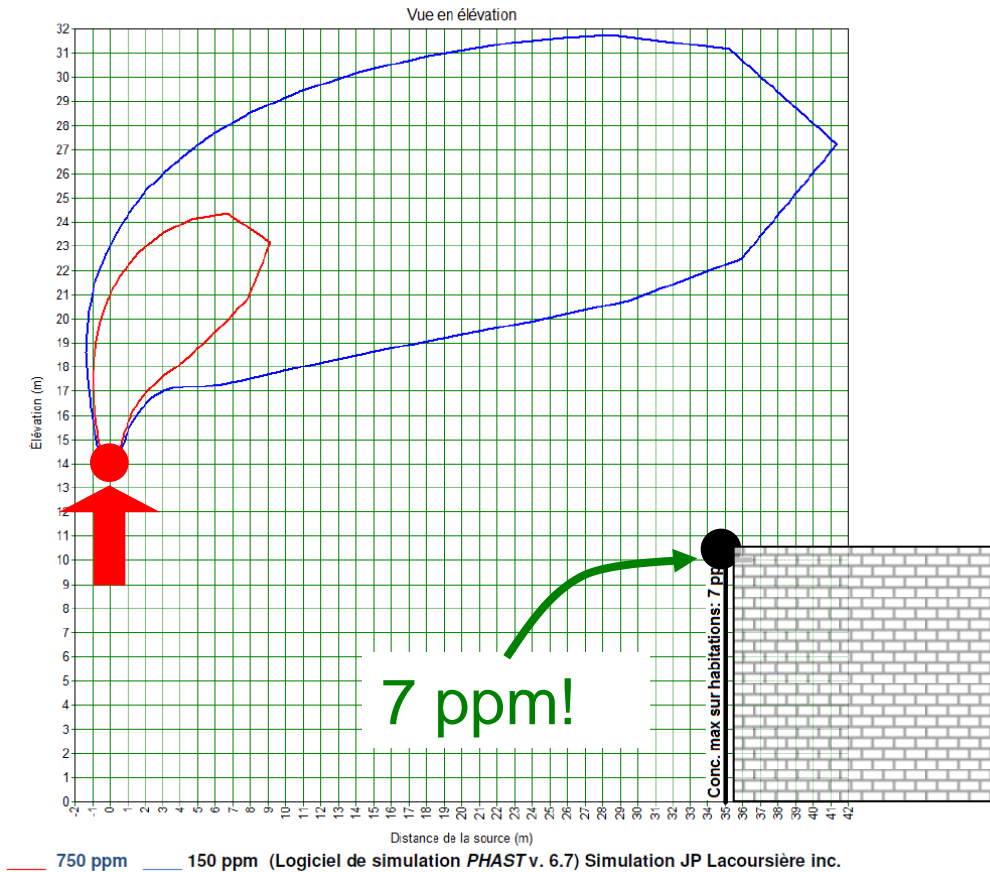


— 750 ppm — 150 ppm (Logiciel de simulation PHAST v. 6.7) Simulation JP Lacoursière inc.

Figure 6-9 Nuage d'ammoniac, ventilateur type cloche inversée vers le haut, vitesse 12,7 m/s



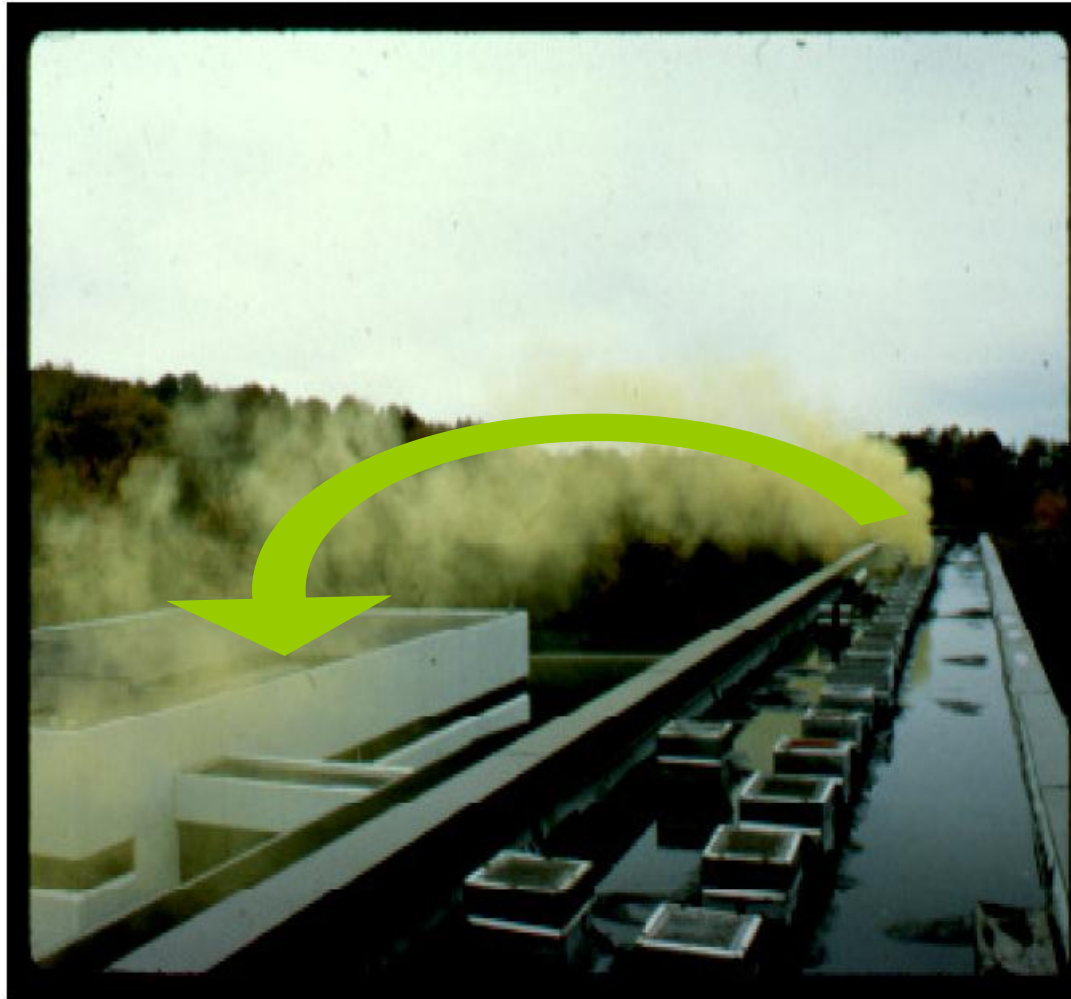
# Évacuation verticale 26 m/s avec cône d'accélération et dilution



**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Attention : le vent provoque un phénomène de réentraînement



19

mmetÉNERGIE

*Leadership en écoInnovation*



Ressources naturelles  
Canada

Natural Resources  
Canada

Canada

# Recommandation #4

## Capter les fuites l'ammoniac

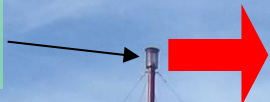
- Utiliser un épurateur à l'aspiration du ventilateur lorsqu'il y a présence d'édifices en hauteur surplombant le local technique à courte distance (< 300m).
- Confirmer par modélisation du comportement du panache la pertinence d'appliquer la recommandation.
- Porter attention aux concentrations en  $\text{NH}_3$  de la solution ammoniacale à disposer pour ne pas excéder les concentrations permises par réglementation.

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*



Ammoniac



Évacuation d'air du local classe T



Riverain

L'aréna

Local classe T

Montréal 

ARÉNA CAMILIEN HOUDE  
MONTRÉAL

# L'effet d'un épurateur d'air

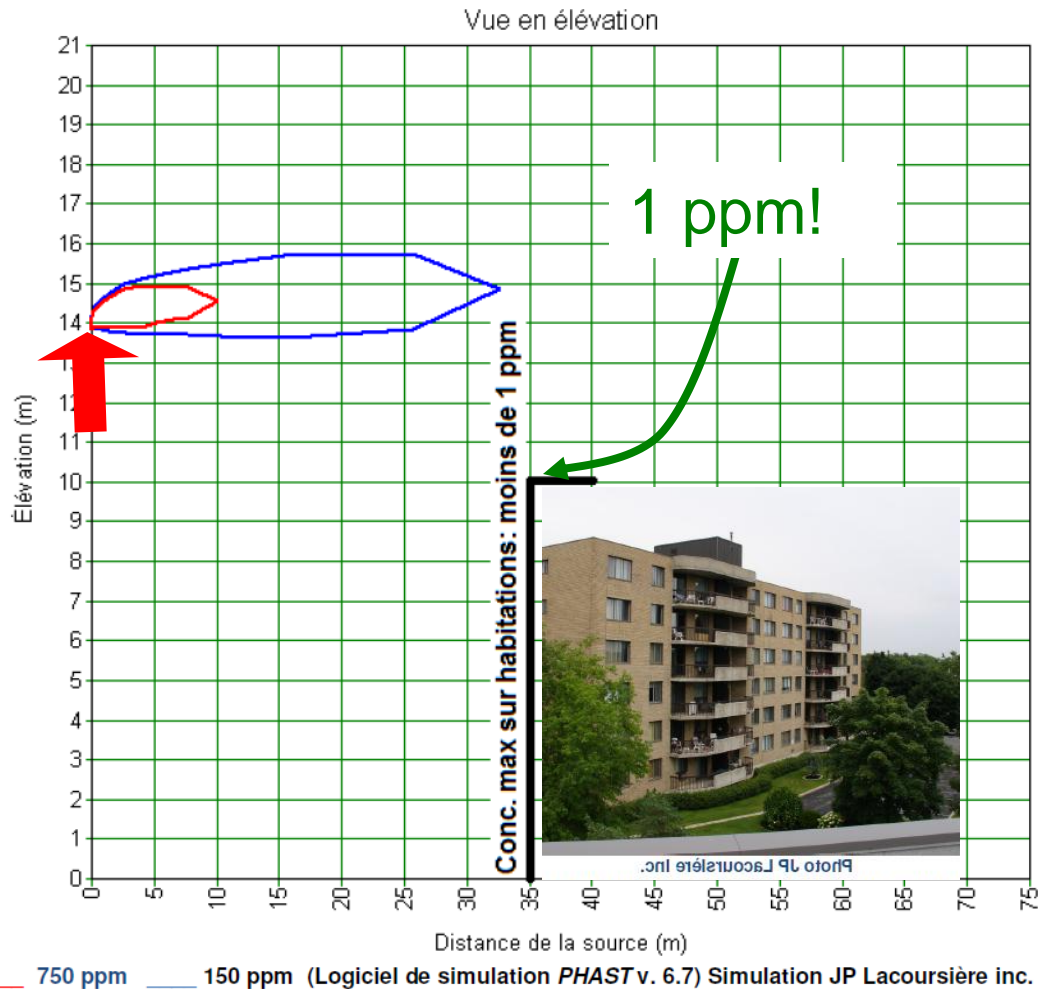


Figure 6-14 Nuage d'ammoniac, épurateur à l'aspiration du ventilateur d'urgence

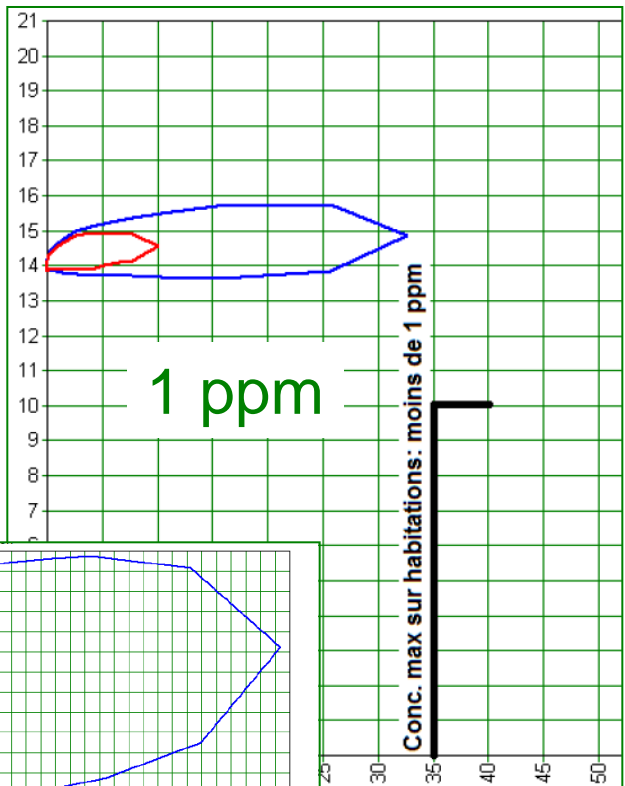
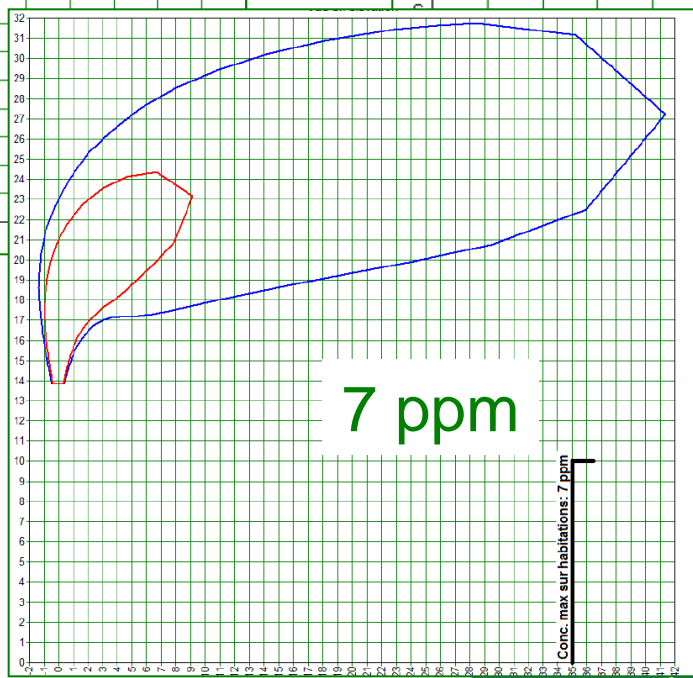
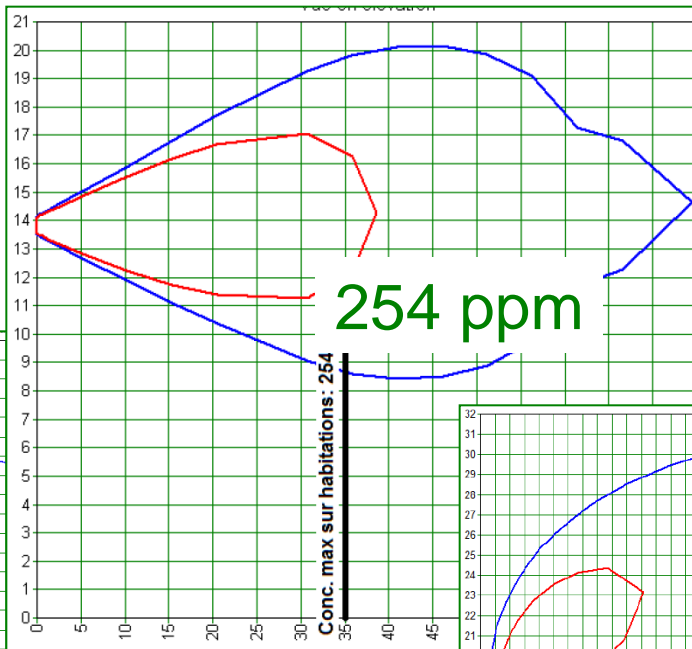
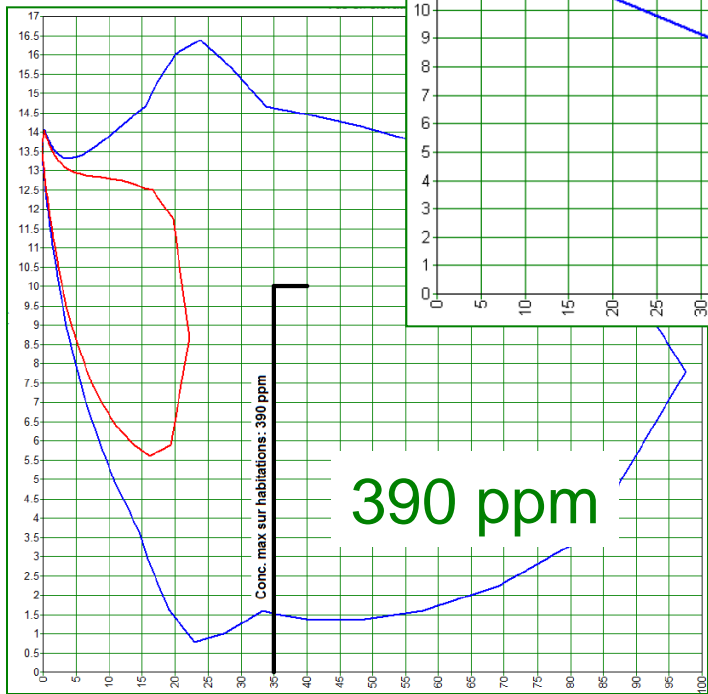
## Épurateur ou laveur d'air



Photo JP Lacoursière Inc.



# Tous les cas



# Recommandation #5

## Confiner l'ammoniac au local technique

- Localiser le condenseur d'ammoniac à l'intérieur du local technique de classe T **lorsqu'il y a présence de riverains** (personnes présentes en permanence ou sporadiquement dans des habitations, des édifices, des infrastructures c.-à-d., écoles, hôpitaux, centres d'achat, ponts, passerelles, parcs, etc.) situés à une **distance de moins de 300 m**
- Utiliser un fluide caloporteur entre le condenseur et le refroidisseur de fluide à l'extérieur du local technique.
- Cette recommandation doit être confirmée par modélisation du comportement du panache d'ammoniac lors d'une fuite.

CanmetÉNERGIE

*Leadership en écoInnovation*



# Recommandation #6

## Détecter l'ammoniac

- Installer au moins deux détecteurs d'ammoniac par local technique de classe T et les positionner à proximité des endroits à probabilité élevée de fuite d'ammoniac, c.-à-d. compresseur, refroidisseur à plaques.

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Recommandation #7

## Redémarrage manuel

- S'assurer que les contrôles des équipements ne puissent pas se réarmer automatiquement suite à un arrêt sur détection d'ammoniac à cause d'une programmation informatique inappropriée. ( sauf pour la ventilation d'urgence du local classe T)

CanmetÉNERGIE

*Leadership en écoInnovation*

# Recommandation #8

## Détecter tous les niveaux d'ammoniac

- Considérer installer en redondance des détecteurs d'ammoniac à cellule chimique ( jusqu'à 800 ppm) et à analyseur infrarouge (hautes concentrations) pour augmenter la fiabilité du système de détection en cas de concentration élevée d'ammoniac.

CanmetÉNERGIE

*Leadership en écoInnovation*

# Recommandation #9

## Évaporateur

- Installer un échangeur à plaques de titane ou d'un alliage capable de résister à la saumure, non soudées ou semi-soudées, pour l'application de refroidisseur de saumure. Les refroidisseurs à plaques semi-soudées sont plus sécuritaires et devraient être préférés.
- *Intégrer au contrôle un cycle d'évacuation à vide (pumpdown) de l'ammoniac de la partie basse pression en cas de fuite. Ou utiliser une pompe pour transférer l'ammoniac vers un réservoir sécuritaire (DG)*

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Recommandation #10

## Prévenir la migration vers l'enceinte

- Considérer installer selon le besoin un détecteur d'ammoniac à l'aspiration du système de ventilation de l'aréna afin d'arrêter cette ventilation sur détection d'ammoniac.

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Recommandation #11

## Éliminer les sources communes de fuites

- Considérer installer un circuit fermé pour le drainage de l'huile du circuit de réfrigération à l'ammoniac. Ce système peut être automatisé;
- Déconnecter physiquement les équipements inutilisés;
- Remplacer les verres de regard par des détecteurs de niveau étanches.

CanmetÉNERGIE

*Leadership en écoInnovation*

# Systeme de récupération d'huile

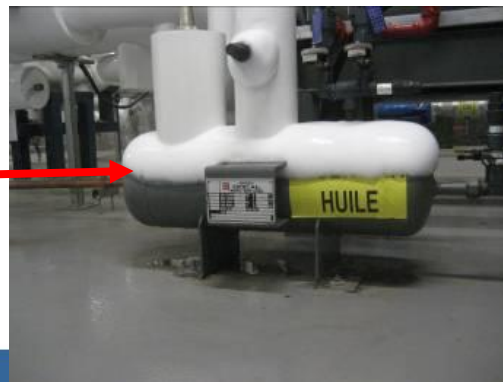
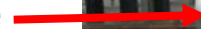


Montréal 

- Une conception de la Ville de Montréal
- Diminution du risque de fuite
- Meilleure protection pour les frigoristes, procédé en cycle fermé
- L'huile est recyclée dans la base des compresseurs
- Économie : Achat et disposition d'huile, main-d'œuvre

Pot à huile givré

Niveau d'huile



**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*



# Recommandation #12

## Stopper les équipements à 250 ppm

- Considérer mettre en place les dispositifs pour arrêter les compresseurs et isoler par robinetterie solénoïde, le système de réfrigération, sur détection de concentrations d'ammoniac en excès de 250 ppm dans le local technique de classe T.

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*



# Recommandation #13

## absorber l'ammoniac évacué à l'atmosphère



Photo JP Lacoursière Inc.

- Installer un réservoir de dilution au refoulement des soupapes de sécurité pour prévenir la libération d'ammoniac à partir de cette source.

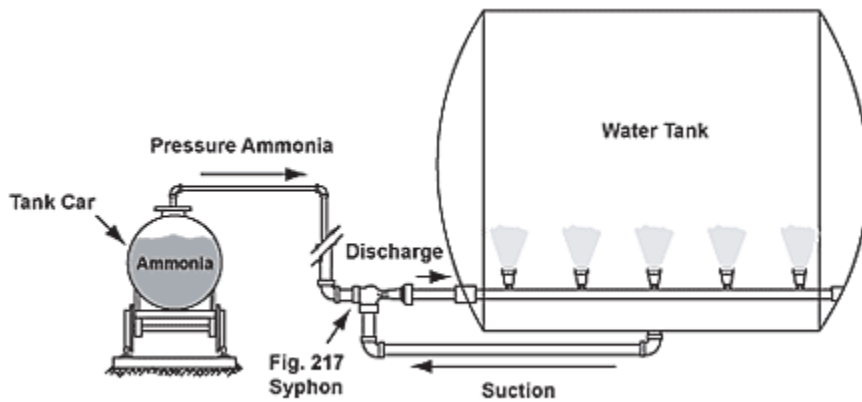
**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Recommandation #13

## autres méthodes pour absorber l'ammoniac évacué

### Steam Jet Syphon Applications



[http://www.s-k.com/pages/pro\\_01\\_08.html](http://www.s-k.com/pages/pro_01_08.html)

- Une pompe à éjecteur pour condenser l'ammoniac gazeux et le diluer dans l'eau
- La pression de l'ammoniac gazeux dans le réservoir provoque la circulation de l'eau qui condensera et diluera l'ammoniac. Les tuyères alignées dans le réservoir favorisent le mélange de l'eau et l'ammoniac.

CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

# Recommandation #14

## Local classe T

- S'assurer que l'aménagement du local technique de classe T est conforme au code de réfrigération mécanique B52 et offre un accès sécuritaire aux équipements et robinetterie aux fins de dépannage et d'intervention d'urgence.

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Recommandation #15

## Local de classe T

- Séparer le local de classe T en deux parties, soit une salle des machines et une salle de contrôle/électricité. S'assurer que la salle de commande et le poste de contrôle des moteurs soient situés dans une pièce hermétique séparée du local technique de classe T pour permettre la manoeuvre des équipements à distance sans devoir s'exposer à l'ammoniac.

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Recommandation #16

## Identification des équipements

- S'assurer que les équipements, robinetteries et contrôles soient identifiés en conformité avec l'article 5.11.3 du code de réfrigération mécanique B52-05 afin de faciliter le dépannage et **l'intervention lors d'une urgence**. De plus, ces identifications devraient être cohérentes avec les schémas d'écoulement et P&IDs des installations de réfrigération.

CanmetÉNERGIE

*Leadership en écoInnovation*

# Recommandation #17

## Les plans pour la sécurité

- S'assurer qu'un programme holistique (global) de sécurité opérationnelle soit mis en place y incluant les éléments information sur le procédé, **étude de dangers, gestion des changements**, intégrité mécanique, gestion des entrepreneurs, formation du personnel d'exploitation et de maintenance, plans d'urgence enquête sur les incidents et registres des accidents et incidents et vérification.
- Création d'un **plan d'entretien complet** qui gère non seulement la durée de vie de l'équipement, mais aussi **d'augmenter la sécurité du système de réfrigération.**

CanmetÉNERGIE

*Leadership en écoInnovation*

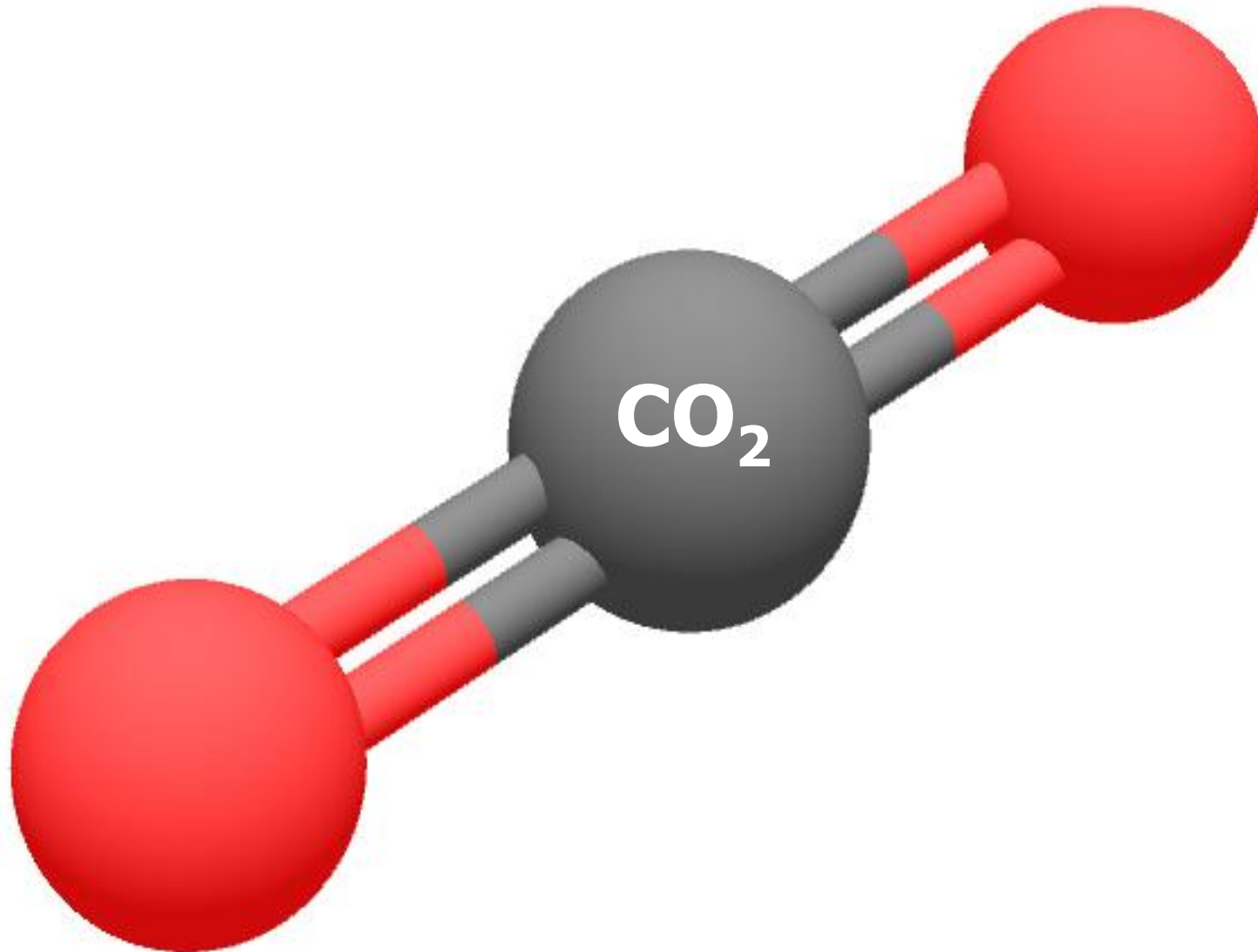
# Recommandation #18

## Formation des ingénieurs

- Développer un programme de formation sur la sécurité des systèmes de réfrigération sanctionné par l'Ordre des ingénieurs du Québec à être diffusé aux concepteurs de systèmes de réfrigération. Ce programme pourrait être élaboré et diffusé par une institution universitaire.

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*





# Le classement CO<sub>2</sub> pour la sécurité

*Groupe de frigorigène*

<b>Inflammabilité supérieure</b>	propane A3	B3
<b>Inflammabilité inférieure</b>	A2	ammoniac B2
<b>Propagation de la flamme nulle</b>	HFC A1 CO <sub>2</sub>	B1
	<b>Toxicité inférieure</b>	<b>Toxicité supérieure</b>

*Toxicité croissante*

Quantité permise : 5.7 lb/1000 pi<sup>3</sup>  
Ou 5 % en volume

ref: CSA B52  
→

# Types de système au CO<sub>2</sub>

- Système bibloc assemblé en usine
- Compresseurs semi-hermétiques à pistons
- Concept de la dalle refroidie par le CO<sub>2</sub>
- Concept de la récupération de chaleur directe au CO<sub>2</sub>
- Concept le CO<sub>2</sub> ne circule pas dans l'aréna

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

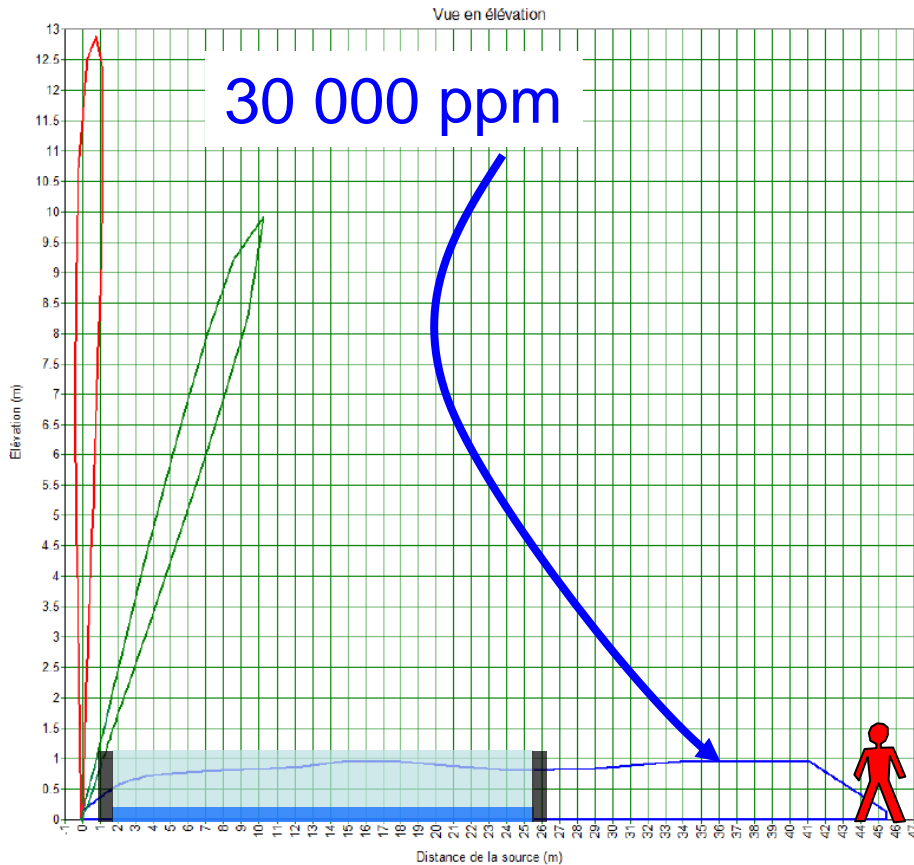
# Problématique

- Le CO<sub>2</sub> n'est ni plus ni moins sécuritaire que les autres frigorigènes (HFC)
- Le danger principal avec le CO<sub>2</sub> est la possibilité de générer des concentrations létales à l'intérieur d'espaces confinés.
- Les espaces où du CO<sub>2</sub> est utilisé ou serait potentiellement présent doivent avoir des senseurs avec alarmes pour déterminer les niveaux de CO<sub>2</sub> et de O<sub>2</sub> de sorte que les personnes présentes puissent être alertées et l'espace ventilé adéquatement
- Il n'y a pas de dangers qui ont été identifiés pour les riverains

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Dalle refroidie au CO<sub>2</sub>



- Diamètre du tube en cuivre: 1/2"
- Pression : 400 psig
- Température : -7 °C
- Inventaire de CO<sub>2</sub> : 3 500 lb (1 590kg)
- Flux : 6 kg/s
- Durée : 4 min
- Ventilateur du caniveau : 1 000 SCFM
- Directions de la fuite :  
horizontal avec impact, 45 ° et vertical

# Recommandation #1

## Solution à sécurité intrinsèque

- Après avoir pris en compte le comportement du CO<sub>2</sub> suite à une fuite de liquide ou de gaz, il peut être conclut que :
- La solution à sécurité intrinsèque consiste à confiner le CO<sub>2</sub> dans le local technique et à utiliser des fluides caloporteurs pour la réfrigération de la dalle de la patinoire et pour le chauffage de l'enceinte et des chambres de joueurs.

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Recommandation #2

## Dalle refroidie au CO<sub>2</sub>

- À défaut de confiner le CO<sub>2</sub> dans le local technique qui est la solution préférable au point de vue sécurité, il est recommandé de :
  - Utiliser des tubes d'un diamètre plus petit que 1/2" pour la réfrigération de la dalle de la patinoire afin de limiter l'inventaire et le flux de CO<sub>2</sub> en cas de bris;
  - Utiliser un matériau plus robuste et résilient que le cuivre;
  - Réduire le nombre de joints de tuyauterie;
  - Utiliser des procédures de soudage qui assurent une qualité constante;
  - Prendre en compte les effets potentiels de séismes dans la conception du réseau de réfrigération;

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Recommandation #3

## Dalle refroidie au CO<sub>2</sub>

- Ajouter des vannes solénoïdes pour isoler la tuyauterie alimentant la réfrigération de la dalle de la patinoire;
- Évacuer l'inventaire de CO<sub>2</sub> de la dalle à l'extérieur de l'enceinte et isoler la tuyauterie de la dalle du reste du système de réfrigération pour prévenir son drainage complet;
- Confiner les collecteurs de CO<sub>2</sub> liquide dans un caniveau avec couvert robuste et hermétique pouvant résister à la pression qui pourrait s'y développer,
- installer dans le caniveau des détecteurs de CO<sub>2</sub> avec alarme et d'un ventilateur de capacité adéquate dont la sortie est dirigée vers un endroit sécuritaire;

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Recommandation #4

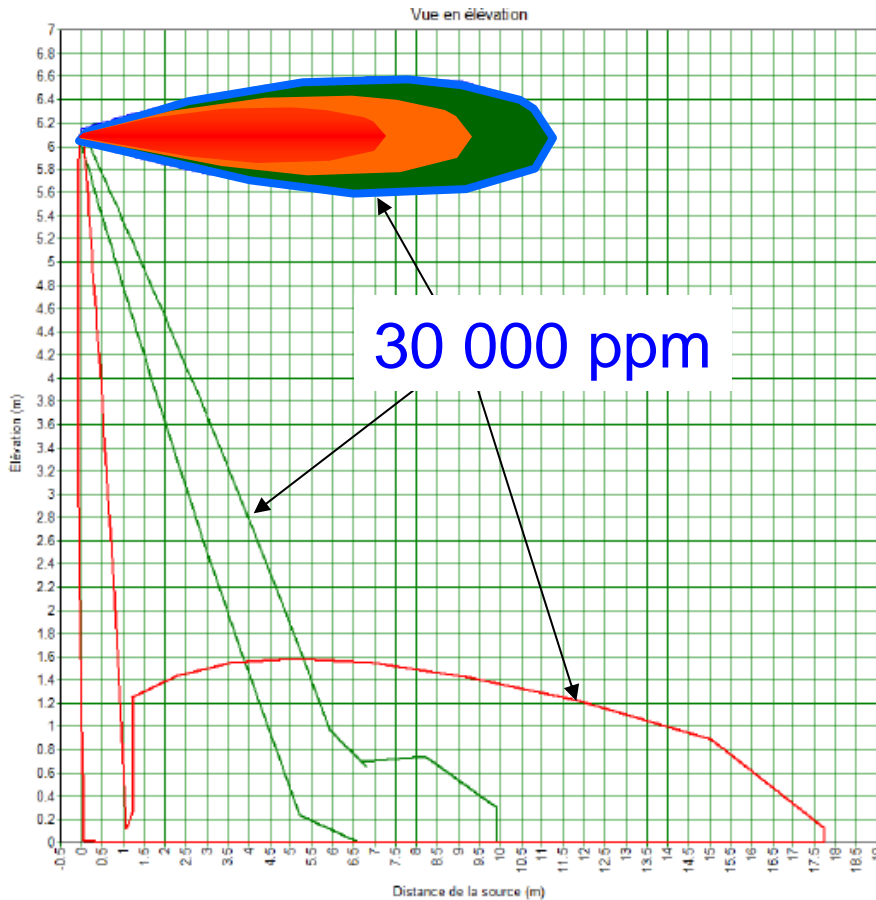
- Prévoir une ventilation de l'enceinte de l'aréna avec buses d'aspiration au niveau des parties inférieures de l'aréna;
- S'assurer que les espaces où du CO<sub>2</sub> est utilisé ou serait potentiellement présent doivent avoir des détecteurs de CO<sub>2</sub> avec alarmes pour déterminer les niveaux de CO<sub>2</sub> et de O<sub>2</sub> de sorte que les personnes présentes puissent être alertées et l'espace ventilé adéquatement;
- Faire une étude de risque lors de la conception d'un système de réfrigération au CO<sub>2</sub> pour bien cibler les enjeux.

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*



# Rupture d'un tube de 1" de CO<sub>2</sub>



Le scénario implique la rupture d'un tube de 1" alimentant du CO<sub>2</sub> chaud à un aérotherme.

- Diamètre du tube : 1"
- Pression : 1 500 psig
- Température : 104 ° C
- Inventaire de CO<sub>2</sub> : 500 kg
- Flux : 4 kg/s
- Durée : 2 min
- Directions de la fuite : horizontal, 85° et 45° vers le bas
- Concentration de CO<sub>2</sub> : 30 000 ppm
- Ventilation : 8 000 SCFM mis en marche instantanément lors de la fuite
- Dimension de l'enceinte : 33,5 m (110 pi) x 69,58 m (225 pi) x 7,6 m (25 pi)
- La figure 6-2 montre la vue en élévation de la concentration 30 000 ppm de CO<sub>2</sub> selon les directions horizontales (bleu), à 85° (orange) et 45° (vert) vers le bas.

CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

# Recommandation #5

## Soupape de surpression

- Positionner la sortie de la soupape de surpression à un endroit sécuritaire,
- clôturer l'endroit pour empêcher les personnes de se placer en position dangereuse;
- S'assurer que la soupape de surpression est à distance sécuritaire des sorties de l'aréna et du local technique;
- S'assurer que la tuyauterie est suffisamment ancrée pour résister à la force de réaction résultant de l'éjection de CO<sub>2</sub> à très haute vitesse;

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

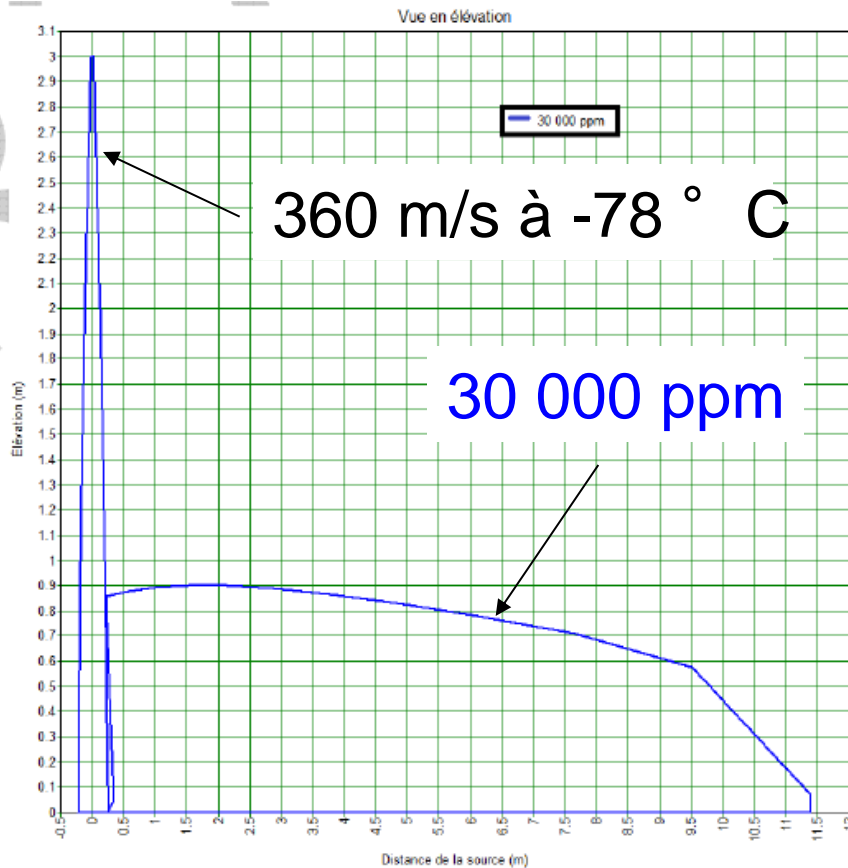
# Soupape de sécurité



**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Libération de CO<sub>2</sub> vers l'atmosphère par une soupape de surpression



- Diamètre du tube : 1"
- Pression : 580 psig
- Température : 6,2 °C
- Orifice de la soupape de sûreté : 0,307 po diamètre
- Direction : vers le bas
- Flux : 97 lb/min CO<sub>2</sub> dirigé vers le bas

CanmetÉNERGIE

Leadership en écoInnovation

# Recommandation #6

## Gestion de la sécurité opérationnelle

- S'assurer qu'un programme holistique (global) de sécurité opérationnelle soit mis en place y incluant les éléments information sur le procédé, **étude de dangers, gestion des changements**, intégrité mécanique, gestion des entrepreneurs, formation du personnel d'exploitation et de maintenance, plans d'urgence enquête sur les incidents et registres des accidents et incidents et vérification.
- Création d'un **plan d'entretien complet** qui gère non seulement la durée de vie de l'équipement, mais aussi **d'augmenter la sécurité du système de réfrigération.**



# Recommandation #7

## Formation

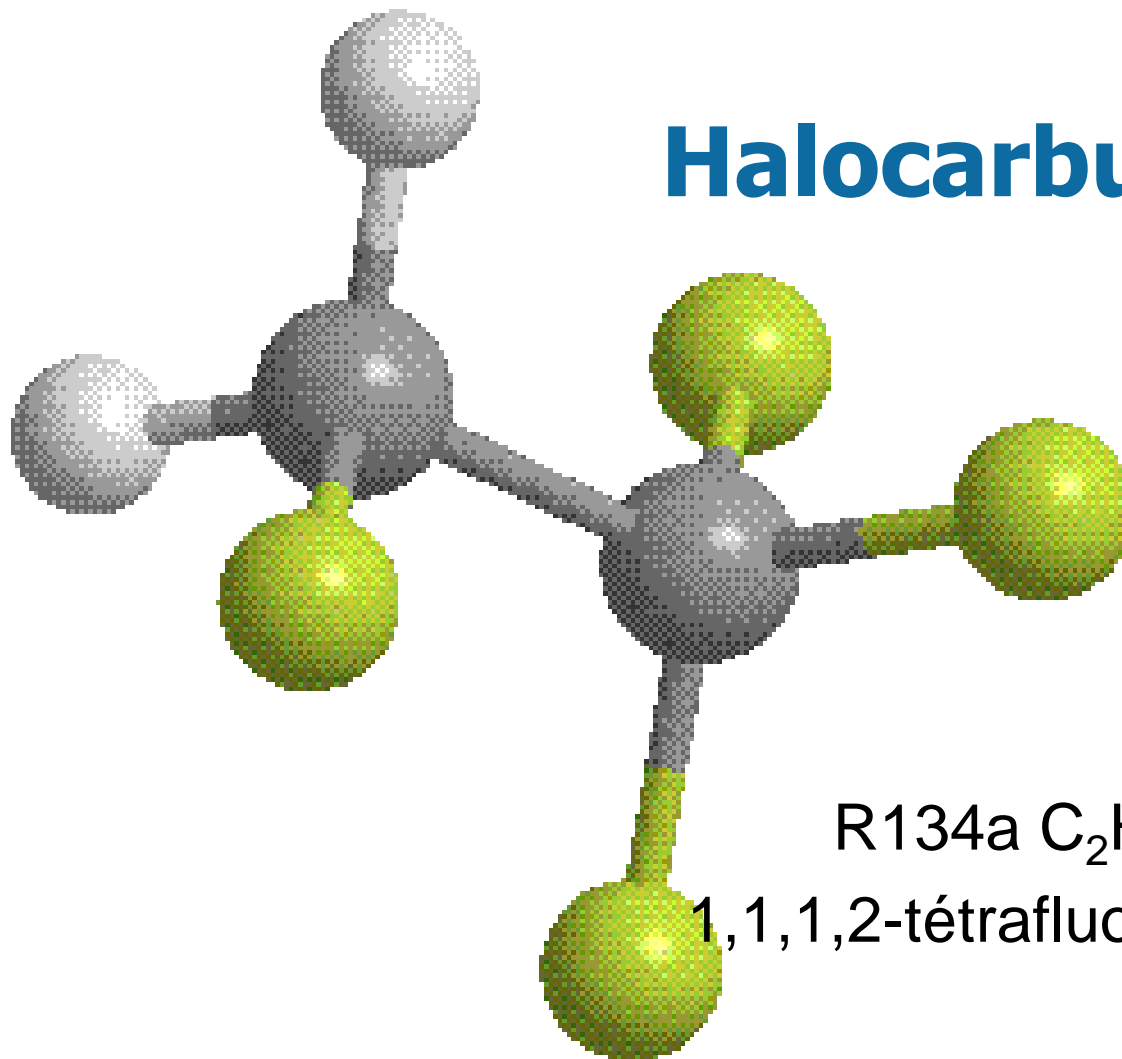
- Développer un programme de formation sur la sécurité des systèmes de réfrigération sanctionné par l'Ordre des ingénieurs du Québec à être diffusé aux concepteurs de systèmes de réfrigération. Ce programme pourrait être élaboré et diffusé par une institution universitaire.

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*



## Halocarbures



R134a  $C_2H_2F_4$

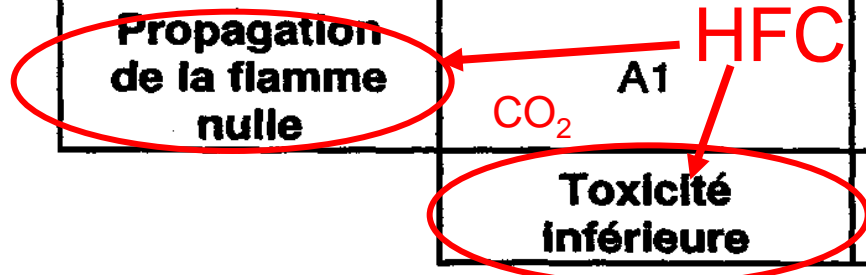
1,1,1,2-tétrafluoroéthane

# Le classement des HFC pour la sécurité

*Groupe de frigorigène*

Inflammabilité supérieure	propane A3	B3
Inflammabilité inférieure	A2	ammoniac B2
Propagation de la flamme nulle	CO <sub>2</sub> A1	B1
	Toxicité inférieure	Toxicité supérieure

*Inflammabilité croissante* ↑



*Toxicité croissante*

Quantité permise (R22): 4 à 17 lb/1000 pi<sup>3</sup> ref: CSA B52  
 Ou 3.5 à 7 % en volume →

# Types de système

- Groupe compresseur, évaporateur, condenseur et contrôle est assemblé en usine sur une base commune.(monobloc)
- Compresseurs de type semi-hermétique à pistons ou à vis, certains utilisent des compresseurs hermétiques
- Compresseurs ouverts disponibles
- Système avec dalle réfrigérée avec saumure ou autre fluide antigel
- Récupération de chaleur indirecte avec un fluide transportant la chaleur
- Le HFC est généralement confiné au local technique

E

# Les HFC et la sécurité

- Les HFC sont généralement non inflammables et ne présentent pas de dangers d'incendie ou d'explosion sous les conditions normales des systèmes de réfrigération
- Il n'y a pas de dangers qui ont été identifiés pour les riverains.

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*



# Particularités des halocarbures qui influencent la sécurité

- Les HFCs sont naturellement plus lourds que l'air. Ils auront tendance à s'accumuler dans les points bas s'ils sont relâchés à l'atmosphère.
- Les conduites de HFCs peuvent être de petits diamètres et fragiles aux impacts.
- La vibration générée par les compresseurs peut causer la rupture des joints brassés.

# Les dangers avec les HFC

- Des blessures, pertes de vie et dommages à la propriété peuvent être causés par plusieurs événements dont :
  - Rupture d'une composante sous pression ou explosion avec potentiel de projection de débris ou écroulement de l'édifice;
  - Libération de frigorigène suite à un bris de composante (tuyauterie), à une fuite sur un joint mécanique ou à une opération incorrecte;
  - Libération de frigorigène suite à la corrosion sous le calorifugeage des tuyauteries;
  - Incendie résultant d'une déflagration ou alimenté par le frigorigène ou l'huile lubrifiante;
  - Accumulation d'huile de lubrification dans les évaporateurs qui peut réduire le transfert de chaleur ou la circulation de frigorigène.

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Les dangers avec les HFC (suite)

- Des blessures ou pertes de vie peuvent survenir suite à la libération de frigorigène dont :
  - La suffocation par des frigorigènes plus lourds que l'air libérés dans des espaces qui ne sont pas ventilés de façon adéquate;
  - Des effets narcotiques ou de sensibilisation du système cardiaque;
  - Des effets toxiques des vapeurs de frigorigènes ou de leurs produits de décomposition suite aux contacts de flammes ou de surfaces chaudes;
  - Des attaques corrosives des yeux, de la peau et des autres tissus;
  - Le gel des tissus par contact avec le liquide froid.

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Recommandation pour les HFC: programme de gestion de la sécurité opérationnelle

- S'assurer qu'un programme holistique (global) de sécurité opérationnelle soit mis en place y incluant les éléments information sur le procédé, **étude de dangers, gestion des changements**, intégrité mécanique, gestion des entrepreneurs, formation du personnel d'exploitation et de maintenance, plans d'urgence enquête sur les incidents et registres des accidents et incidents et vérification.
- Création d'un **plan d'entretien complet** qui gère non seulement la durée de vie de l'équipement, mais aussi **d'augmenter la sécurité du système de réfrigération.**

CanmetÉNERGIE

*Leadership en écoInnovation*

# Conclusion

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*



# La solution à sécurité intrinsèque pour les arénas

- La solution à sécurité intrinsèque consiste à confiner le réfrigérant dans le local technique et à utiliser des fluides caloporteurs pour réfrigérer la dalle de la patinoire et pour chauffer l'enceinte et les chambres des joueurs.
- Les approches où le réfrigérant circule dans l'espace occupé ou à l'extérieur de l'aréna ne sont pas intrinsèquement sécuritaires. Dans ces cas des mesures de mitigations doivent être appliquées pour réduire le risque sans jamais l'éliminer.

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Recommandations générales des Guides de gestion des risques

- L'analyse de risques **doit** faire partie des critères de décision
- Favoriser les concepts intrinsèquement sécuritaires
- Minimiser les inventaires de réfrigérants
- Les donneurs d'ouvrage **exigent** une étude de dangers
- Implanter un Programme global de sécurité opérationnelle
  - Formation
  - plans d'urgence
  - registres des accidents
  - plans d'intervention...

CanmetÉNERGIE

*Leadership en écoInnovation*

# Questions?

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Programme de gestion de la sécurité opérationnelle

- Mettre en place un programme de gestion de la sécurité opérationnelle qui comprend les éléments suivants :
  - **Imputabilité** : Nommer une personne responsable des programmes de prévention et des plans d'urgence des installations de réfrigération;
  - **Connaître le procédé** : garder à jour la documentation des installations de réfrigération y incluant les plans et procédures;
  - **Dangers du procédé** : Garder à jour la liste des dangers du procédé qui ont été répertoriés dans l'étude de risques;
  - **Revue prédémarrage** : Faire des revues prédémarrage avant la mise en marche après des arrêts prolongés, des réparations ou des modifications aux installations;
  - **Gestions des changements** : Établir une procédure de gestion des changements aux installations ou aux procédures, s'assurer que les pièces conformes sont utilisées pour la maintenance;
  - **Gestion des entrepreneurs** : Établir une procédure de gestion des entrepreneurs œuvrant dans ces installations;
  - **Intégrité mécanique** : Établir un programme pour conserver l'intégrité mécanique des équipements : maintenance préventive;
  - **Procédures** : Élaborer les procédures critiques d'opération et de maintenance;
  - **Formation** : Prodiguer la formation sur l'opération des équipements, la maintenance, le plan d'urgence;
  - **Plan d'urgence** : Élaborer un plan d'urgence qui couvre les riverains, le personnel d'opération et les clients de l'aréna. Ce plan couvre la communication à fournir aux travailleurs, l'alerte, l'évacuation, le confinement, l'intervention;
  - **Vérifications** : Faire des vérifications de conformité de ce programme selon une fréquence préétablie.

CanmetÉNERGIE

*Leadership en écoInnovation*

# Les intentions de l'analyse de risques

- Sensibiliser les arénas aux risques qui entourent l'utilisation des systèmes de réfrigération
- Commencer à développer un guide sur la gestion des risques à l'intention des concepteurs de système de réfrigération dans les arénas

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*

# Comment réaliser l'analyse de risques

- Pour les travailleurs, les usagers, les riverains et les intervenants:
  - Faire une étude de dangers, Et-si?
  - Modéliser les scénarios de fuites
  - Appliquer les mesures de réduction de risques

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*



# Pourquoi une analyse de risque?

- S'assurer que les populations exposées sont informées du risque ainsi que des manières de se protéger;
- Connaître les risques technologiques
- Implanter les diverses approches ou composantes permettant de réduire le risque à la source;
- Connaître les méthodes d'intervention adéquates qui nécessiteront l'intervention rapide de la sécurité publique;

Statistiques : Depuis 2000, il y a en moyenne 2 à 3 fuites d'ammoniac accidentelles par année dans le milieu des arénas

E

# Qu'est-ce qu'un système de réfrigération à sécurité intrinsèque

- Concevoir des équipements avant tout sécuritaires,
  - prévenir les fuites
  - Atténuer les conséquences des fuites
- Identifier les dangers associés aux fuites accidentelles de réfrigérant,
- former le personnel qui opère le système,
- favoriser la prévention plutôt que l'intervention.
- Éliminer les risques à la source

**CanmetÉNERGIE**

*Leadership en écoInnovation*