

Annexe 1

Principes directeurs de santé publique en matière de gestion des risques

Les sept principes de santé publique en matière de gestion des risques tels qu'énoncés par l'INSPQ (2003) :

1. **Appropriation de ses pouvoirs**

La gestion des risques par la santé publique doit favoriser le renforcement de la capacité des individus et des collectivités à prendre des décisions éclairées et à agir quant aux risques qui les concernent.

2. **Équité**

La gestion des risques par la santé publique doit garantir la juste répartition des bénéfices et des inconvénients des risques au sein des communautés.

3. **Ouverture**

La gestion des risques par la santé publique doit permettre aux parties intéressées et touchées de participer au processus afin qu'elles puissent exprimer leur point de vue, faire connaître leurs perceptions et leurs préoccupations face à la situation, contribuer à la recherche de solutions et influencer les décisions de gestion.

4. **Primauté de la protection de la santé humaine**

La gestion des risques par la santé publique doit accorder la priorité à la protection de la santé humaine.

5. **Prudence**

La gestion des risques par la santé publique doit prôner la réduction ou l'élimination des risques, chaque fois qu'il est possible de le faire et l'adoption d'une attitude vigilante afin d'agir de manière à éviter tout risque inutile. Cette attitude s'exerce tant dans un contexte de relative certitude (**prévention**) que d'incertitude scientifique (**précaution**).

6. **Rigueur scientifique**

La gestion des risques par la santé publique doit être basée sur les meilleures connaissances disponibles, doit reposer sur des avis scientifiques d'experts issus de toutes les disciplines pertinentes, doit considérer les points de vue minoritaires et les opinions provenant de diverses écoles de pensées et doit suivre une démarche structurée et systématique.

7. **Transparence**

La gestion des risques par la santé publique doit assurer un accès facile et le plus rapide possible à toute l'information critique et à toutes les explications pertinentes pour les parties intéressées et touchées, tout en respectant les exigences légales de confidentialité.

Annexe 2

Principales conséquences du bruit sur la santé¹³⁰

Perte d'audition

La perte d'audition est le problème de santé lié au bruit, le mieux connu. Dépendant principalement de l'intensité du bruit, de sa fréquence et de sa durée, les pertes d'audition résultent généralement du milieu de travail plutôt que de l'environnement résidentiel. Par exemple, l'OMS mentionne qu'une exposition pendant 24 heures à un niveau moyen pouvant atteindre 70 dBA ne devrait pas provoquer de déficit auditif en autant qu'il n'y ait pas de bruits de pression acoustique supérieurs à 120 dB pour les enfants et à 140 dB pour les adultes. Par ailleurs, un organisme comme l'*Environmental Protection Agency* des États-Unis estime à un maximum de 75 dBA, pour une exposition quotidienne de 8 heures, le niveau sécuritaire moyen d'exposition continue durant toute une vie pour protéger les travailleurs contre une perte auditive. Notons cependant que certaines expositions à des bruits environnementaux excessifs (ex. : fréquentation de discothèques ou de bars, pratique de sports bruyants dans des gymnases) peuvent entraîner une perte d'audition significative.

Perturbation du sommeil

Les troubles significatifs du sommeil sont une des conséquences les plus importantes du bruit communautaire. Les principales facettes de la perturbation du sommeil sont la difficulté à s'endormir, les réveils, les changements de phase et les altérations dans la profondeur du sommeil. En fait, le bruit a un impact non seulement sur la quantité de sommeil, mais aussi sur sa qualité.

Le sommeil occupe en moyenne un tiers de notre vie. Un sommeil ininterrompu est un préalable au bon fonctionnement physiologique et mental chez l'humain puisque des conséquences peuvent être constatées les lendemains d'expositions nocturnes au bruit. Une diminution de la durée ou de la qualité du sommeil peut entraîner des conséquences sur la santé physique et psychologique des individus dont, entre autres, la somnolence diurne, la fatigabilité, une baisse de performance au travail, des difficultés de mémoire, des problèmes de concentration et même possiblement, une augmentation d'accidents domestiques.

Déjà en 1980, l'OMS indiquait que des bruits moyens de 40 dBA sont susceptibles de perturber le sommeil chez 10 % de la population, tandis que des bruits de 70 dBA sont

130. Extrait d'un avis en préparation pour l'Institut national de santé publique du Québec : Turcotte, Éric et Richard Martin. *Avis bruit*, INSPQ, Document de travail, pp.75-76

susceptibles de perturber le sommeil chez 60 % de celle-ci. Ces mêmes niveaux de bruit sont susceptibles d'entraîner le réveil chez respectivement 5 % et 30 % de la population (Lévesque et Gauvin, 1996).

Par ailleurs, il suffit d'un petit nombre de bruits soudains avec un niveau acoustique relativement élevé par rapport au bruit ambiant pour affecter le sommeil. De plus, selon l'OMS, les personnes d'âge moyen et les aînés seraient plus affectés (Lévesque et Gauvin, 1996) de même que les femmes plus que les hommes (Berglund et Lindvall, 1995).

Gêne pour la communication et l'apprentissage

Dépendant de son intensité et du contexte, le bruit peut entraîner une gêne de la communication en nuisant à la bonne compréhension des paroles de l'interlocuteur. Dans une classe, le bruit élevé peut nuire à l'apprentissage des élèves et à leur rendement scolaire. La lecture, l'attention, la résolution de problèmes et la mémorisation sont parmi les effets cognitifs affectés par le bruit.

À titre indicatif, l'OMS mentionne, dans ses lignes directrices, que le niveau de bruit de fond ne devrait pas excéder 35 dBA dans une salle de classe pour une perception claire du langage en considérant un niveau de voix de 50 dBA.

Nuisance

L'effet subjectif le plus répandu relié au bruit est la nuisance (ou gêne). Selon l'OMS, la gêne est une sensation de désagrément, de déplaisir provoqué par un facteur de l'environnement (ex. : le bruit) dont l'individu ou le groupe connaît ou imagine la capacité d'affecter sa santé (Anfosso-Lédée et coll., 2004). Cette nuisance entraîne ainsi un sentiment de contrariété. En plus de souvent percevoir le bruit comme une intrusion dans la vie privée, les individus affectés croient foncièrement que l'agression sonore dont ils sont victimes pourrait facilement être évitée ou amoindrie.

Des études menées en Australie font ressortir que le pourcentage d'individus gênés *sérieusement par le bruit commence à partir de 42 dBA* tandis que 9 % des répondants se disant sérieusement gênés par le bruit, affirmaient être devenus agressifs en raison de l'intensité et de la nature du bruit. Ces études mettent aussi en lumière que les plaintes des citoyens affectés par le bruit communautaire sous-estiment la gêne ou la nuisance réellement ressentie (EnHealth Council, 2004). La gêne sérieuse causée par le bruit environnemental constitue une nuisance réelle et un facteur important de perte de qualité de vie.

Effets cardiovasculaires

Le bruit est aussi considéré, sans contredit, comme une source de stress. La modification du rythme cardiaque et de la tension artérielle chez les personnes exposées en sont des symptômes connus. Dans plusieurs études menées en laboratoire et exposant des personnes au bruit, des augmentations du taux d'hormones reliées au stress ainsi que des changements dans le débit de circulation sanguine, dans la pression sanguine et dans le rythme cardiaque ont été constatés (Babish, 2006).

Il est difficile de départager la contribution provenant du bruit environnemental de celle provenant du bruit en milieu de travail. Cependant, des études récentes menées dans des quartiers bruyants ont trouvé un risque relatif d'hypertension significativement plus élevé chez les personnes vivant dans des environnements sonores de 65 à 70 dBA (EnHealth Council, 2004).

De plus, lors d'une récente revue de la documentation, 61 études épidémiologiques ont été évaluées concernant la relation existant entre le bruit des transports et les effets cardiovasculaires (Babish, 2006). Pour des niveaux de bruit supérieurs à 60 dBA pendant le jour, le risque d'infarctus du myocarde augmente graduellement avec des risques relatifs variant entre 1,1 et 1,5 par rapport à des niveaux de bruit inférieurs ou égaux à 60 dBA; le risque relatif se situant notamment à 1,2 pour un niveau moyen de 71 à 75 dBA. Ainsi, il semble de plus en plus probant qu'une exposition répétée à des niveaux de bruit élevés puisse être liée à une augmentation de la fréquence des maladies cardiovasculaires.

Autres impacts

Les connaissances scientifiques actuelles sont en plein développement et tendent à laisser suspecter que d'autres effets du bruit existent. Mentionnons ceux sur le système endocrinien, sur le système immunitaire, sur la consommation de médicaments, sur le risque d'accidents domestiques ou encore sur la santé mentale.

Notes complémentaires sur le climat sonore

Note 1 relative à la nuisance, à la gêne et à l'irritation dues au bruit :

Au Québec, 32,5 % des gens se disent dérangés par le bruit provenant de la circulation routière. Au total, il y a 5,8 % qui se disent très ou extrêmement dérangés. Quant à leur perception du bruit comparé à leur état de santé, en se basant sur les données canadiennes issues de la même étude, ceux qui perçoivent leur état de santé comme étant seulement acceptable ou mauvais se disent davantage dérangés par le bruit causé par la circulation routière. Il faut aussi mentionner que les résidents des plus petites agglomérations étaient les moins enclins à être dérangés par ce type de bruit.

Note 2 relative aux maladies cardiovasculaires :

Dans sa méta-analyse, conduite en utilisant des critères stricts d'inclusion/exclusion, Babish (2006) a fait ressortir cinq études analytiques. Il a pu établir une courbe de risque commun entre la dose d'exposition au bruit du transport routier et le risque d'infarctus du myocarde. Ainsi, sous un seuil de 60 dB(A) pour le bruit du trafic routier pendant le jour ($L_{\text{day},6-22h}$), aucune augmentation notable du risque d'infarctus du myocarde n'a pu être détectée. Ce seuil sans effets néfastes observés de 60 dB(A) en journée (L_{day}), passe donc à 50 dB(A) (L_{night}) pendant la nuit, si on accepte de considérer que la gêne nocturne associée au bruit est plus importante que celle pendant la journée (et que cette différence mérite une pondération de 10 dB(A), qu'on applique couramment). Pour des niveaux de bruit supérieurs à 60 dB(A) (pendant le jour), le risque d'infarctus du myocarde augmente continuellement, avec des risques relatifs (rapports de cotes) variant entre 1,1 et 1,5 (en référence à ≤ 60 dB(A)), se situant notamment à 1,2 pour un niveau de 70 dB(A).

Il est de plus à noter que, généralement, l'estimation du risque tend à être supérieure chez les sujets qui ont vécu pendant une longue période de temps dans une zone d'exposition au bruit élevée (Babish et coll., 2005; Babish et coll., 1999; Babish et coll., 1994; cités par Babish, 2006). Ce qui est conforme à l'hypothèse quant aux effets chroniques du stress associé au bruit (Lercher et Kofler, 1996; Thompson, 1997; cités par Babish, 2006). Une période d'induction ou de latence de plus de 10 ans serait à considérer (McCaron et Smith, 2005; Rose, 2005; cités par Babish, 2006).

Annexe 3

Historique des accidents survenus dans l'industrie du gaz naturel liquéfié

DATE	LOCALISATION	DESCRIPTION
1944	<u>Ohio (USA)</u> ¹³¹	Rupture d'un réservoir de 4200 m ³ : 128 décès
1964-1965	Arzew (Algérie) ¹³²	La foudre frappe deux fois lors de chargement et de transport en mer Feu éteint avec purge d'azote
<u>Début 1965</u>	<u>Site inconnu</u>	Déversement du « <i>Methane Princess</i> » Bras de déchargement débranché avant la fin du chargement Fracture en étoile sur le pont
1965	<u>Grande-Bretagne</u>	Un employé gravement brûlé lors d'une opération de transfert
1965	<u>Arzew (Algérie)</u>	Débordement d'un réservoir de cargo Fracture en étoile du pont et du couvercle du réservoir
1966	<u>Raunheim (Allemagne)</u>	GNL rejeté dans la partie haute d'un vaporisateur Formation d'un nuage blanc suivi inflammation : 3 décès et 83 blessés
<u>1968 ou 1969</u>	<u>Portland, OR (USA)</u>	Explosion lors de la construction d'un réservoir : 4 décès
1971	<u>La Spéza (Italie)</u>	Basculement de couche suivi de surpression de 1,42 supérieur à la pression maximale de compression
1971	<u>Boston, Mass (USA)</u>	Fuite de GNL sur une cuve à la suite d'un mauvais ajustement du dôme avec la membrane
1972	<u>Montréal (Canada)</u>	Retour dans la ligne d'azote de GNL provenant des compresseurs Explosion déclenchée par une cigarette : 5 blessés
1973	<u>Canvey Island (GB)</u>	Soupape s'est déclenchée pendant le chargement dans un réservoir Le GNL vient en contact avec de l'eau de drainage Production de transition rapide de phase Onde de choc perçue par les résidents proches
1973	<u>Staten Island, NY (USA)</u>	Explosion lors de réparation d'un réservoir Chute du toit du dôme : 40 décès d'ouvriers
1974	<u>Skidda (Algérie)</u>	Corrosion due au mercure à l'usine de liquéfaction
1974	Arzew (Algérie) ¹³³	Vaisseau touche le fond Domages au navire sans fuite de GNL
1974	<u>Boston, Mas (USA)</u>	Fuite de 40 gallons qui cause fractures sur le pont

131. Tous les incidents soulignés ont été répertoriés par l'initiateur à l'annexe 6 de son ÉIE, tiré de Det Norsk Veritas (2005), ceux en caractères gras n'ont pas été répertoriés

132. California Energy Commission-Liquefied Natural Gas Safety [en ligne] 11 décembre 2006
<http://www.energy.ca.gov/lng/safety.html>

133. Michot Foss Center for Energy Economics (2003) *LNG Safety and Security*.

DATE	LOCALISATION	DESCRIPTION
1975	Philadelphie, Pa (USA) ³¹³⁴	Un produit intermédiaire d'iso pentane prend feu et brûle un vaporisateur Dommages Fuite inconnue
1976	Canvey Island (GB)	Pétrolier de 2,500 tonnes qui a perdu son gouvernail, vient frapper la jetée de GNL et s'arrête à quelques mètres d'une importante canalisation de GNL
1977	Bontang (Indonésie)	Débordement d'une cuve de petite quantité de GNL
1977	Camel (Algérie)	Décès d'un travailleur par brûlure cryogénique
1978	Mars Das Island (EAU)	Défaillance de connexion de tuyau de fond de réservoir externe Formation d'un épais nuage blanc qui ne s'enflamme pas
1979	Boston, Mass (USA)	Fuite de GNL sur des tôles d'acier de pont pendant un déchargement Fractures de tôles
1979	Cove Point, Md (USA)	Explosion dans une sous-station Absence de détecteur de GNL, car non prévu pour cet endroit : 1 mort et 1 blessé
1979	Algeciras, Espagne ¹³⁵	Échouement du navire « El Paso Paul Kaiser » Importants dommages aux moteurs, quille et ballasts Aucune fuite et aucun blessé
1980	En mer ³	Navire « <i>Libra</i> » Ennuis mécaniques sans fuite ni blessé
1980	Arzew (Algérie)	Déversement du contenu de deux canalisations dans le port
1980	¹³⁶	Échouement du navire LNG « Taurus » Dommages importants du fond du bateau Pas de fuite ni blessé.
1982	Bontang (Indonésie)	Méthanier qui s'écarte de la jetée à cause de vents de 80 km/h Dommages matériels
1983	Bontang (Indonésie)	Explosion d'un échangeur thermique par surpression : 3 morts et 35 blessés
1984	Navire Melrose en mer ¹³⁷	Navire « <i>Melrose</i> » Feu dans les salles de machines Pas de fuite ni blessé
1984	Transfert de cargaison	Défaillance d'une pompe provoque une deuxième défaillance Dommage à la membrane Invar
1985	Transfert de cargaison	Bris d'un rotor d'aspiration Bris de la membrane Invar
1985	¹³⁸	Défaillance du gouvernail du navire « Gradinia » Pas de dégâts, ni fuite, ni blessé
1985	Barcelone (Espagne)	Navire « <i>Isabella</i> » Débordement de petites quantités de GNL Fracture du pont

134 Aspen Environmental Group (2005) *International and National Efforts to Address the Safety and Security Risks of Importing Liquefied Natural Gas: a Compendium*. p. 35135 *Idem*136 *Idem*137 *Idem*138 *Idem*

DATE	LOCALISATION	DESCRIPTION
1987	Mercury, Nevada (USA) ¹³⁹	Site d'expérimentation Inflammation accidentelle lors d'expérimentation Légers dommages hors de l'enceinte expérimentale
1988	Boston, Mass (USA)	Hausse de pression dans le terminal GNL
1989	Skidda (Algérie)	Vents forts qui provoquent la rupture de quatre bras de chargement Petite fuite qui occasionne des fractures du pont
1989	Greater Manchester	Boule de feu suite à un déversement de GNL Blessures sérieuses à deux employés
1993	Bontang (Indonésie)	Fuite de GNL dans les égouts Transition rapide de phase Dégâts importants du système d'égouts Nombre de blessés inconnu
1996	Boston, Mass (USA)	Incendie d'origine électrique sur un méthanier L'équipage éteint l'incendie Pas de fuite ni blessé
1997	Sakai Senbuku (Japon)	Collision avec une structure fixe Dommages sans aucune fuite ni aucun blessé
1999	Point Fortin (Trinidad)	Collision avec structure fixe Panne de propulsion à l'appontement Appontement voisin fermé pendant deux semaines pour réparations Aucune fuite ni aucun blessé
2000	Elba Island, Italie ¹⁴⁰	Un navire de ravitaillement contenant de l'huile de palme et de coconut frappe un terminal GNL causant des dommages à presque la moitié de celui-ci Pas de déchargement en cours Les autorités de la garde côtière américaine déclarent que les conséquences auraient pu être beaucoup plus graves s'il y avait eu déchargement
2001	Boston, Mass (USA)	Petites fuites de GNL Fissures sur le pont du navire qui ont nécessité 3 mois de réparation
2002	2002 Navire LNG Norman Lady ²	Collision du navire « Norman Lady » avec le sous-marin nucléaire USS Oklahoma City Méthanier en condition de ballast L'eau de mer dans le double fond du réservoir sec Absence de GNL
2003	Aceh (Indonésie)	Incendie Impact de 60 % sur la production de GNL
2004	Trinidad Tobago	Explosion d'une turbine de gaz aucun blessé
2004	Attaka (Indonésie)	Incendie Approvisionnement affecté à l'usine de GNL
2004	Skidda (Algérie)	Explosion à l'usine : 27 morts et 74 blessés parmi les travailleurs Vitres cassées hors de l'enceinte de l'usine
2005	District Helgths, Maryland (USA)	Rapport d'une compagnie de Washington qui explique l'explosion dans une maison américaine en août 2003 par une différence moléculaire subtile dans le GNL importé

139 Michot Foss Center for Energy Economics (2003)

140. Aspen Environmental Group (2005) *International and National Efforts to Address the Safety and Security Risks of Importing Liquefied Natural Gas: a Compendium*. p. 35

Annexe 4

Reproduction de l'article de Luketa-Hanlin (2006)

Annexe 5

Reproduction de l'article de Pitblado et coll. (2004)

Reproduction de l'article de Hockey and Rew (1996)

Annexe 6

Annexe 7

Notions physiopathologiques de base en lien avec les brûlures par le feu et le froid

La peau est un organe du corps humain composé de plusieurs couches de tissus. Il s'agit d'une partie importante de l'anatomie humaine en vertu de sa masse et de sa superficie. Elle effectue de nombreuses fonctions dont celles de protection, de maintien de la température corporelle, de réponse immunitaire, de perception du toucher au niveau de la pulpe des doigts, de réservoir sanguin et de site d'activation de la vitamine D.

Elle est composée d'une première couche superficielle, l'épiderme, qui recouvre le derme et éventuellement l'hypoderme. L'épiderme est constitué de cellules épidermiques plus ou moins vivantes, produites par les cellules de la couche basale. Le derme est formé d'un tissu conjonctif et d'un gel protidique qui permettent le glissement de la peau, le contrôle de la température, la cicatrisation, et la nutrition de l'épiderme par effusion. Les glandes sudoripares et sébacées y sont localisées. L'hypoderme ou sous-sol de la peau, contient des vaisseaux sanguins et plus profondément des muscles, des tendons et des os.

Brûlures en cas de feu

Lors de contacts avec une source calorifique importante, la peau subira une brûlure qui se catégorise de la façon suivante :

- Brûlure du 1^{er} degré :
 - implique la seule couche épidermique;
 - rougeur et douleur bien connues du coup de soleil.
- Brûlure du 2^e degré :
 - touche le derme à différentes profondeurs;
 - se distingue par l'apparition de douleurs, d'œdème et plus tard de cloques;
 - en général si la surface atteinte est peu importante, cette blessure guérira sans laisser de trace, si ce n'est à l'occasion une légère zone d'hypo-pigmentation.
- Brûlure du 3^e degré :
 - atteint plus profondément le derme et l'hypoderme;
 - cette plaie est plus grave et nécessite souvent une greffe de peau si la surface touchée est importante.

Plusieurs études en laboratoire menées sur des volontaires humains et des animaux, plus particulièrement des porcelets¹⁴¹, ont révélé un seuil de douleur intense dans la zone superficielle de la peau lorsque la température atteignait $44,8 \pm 0,5$ °C (Bigelow, Harrison et coll., 1945). À cette température, la dénaturation protidique débute. Au-dessus de cette température, les capacités réparatrices de la peau sont en déficit et des lésions irréversibles peuvent éventuellement apparaître (Mixter, 1959). Pour chaque incrément de 1 °C, le facteur lésionnel est multiplié par trois, de sorte qu'à une température de 50 °C, ce facteur est 100 fois plus élevé (Raj, 2006). À 55 °C, les cloques apparaissent et le seuil de brûlure du 2^e degré est atteint (Stoll et Greene, 1959). Selon Mudan (1984)¹⁴², des scientifiques ont réussi, à partir de nombreuses études effectuées au milieu du XX^e siècle, à établir une relation mathématique relativement simple¹⁴³ entre le flux thermique frappant la peau à une température de base de 32,5 à 33 °C et le seuil de la douleur (figure 13, page 77) et entre ce même flux thermique et l'apparition de cloques à 55 °C (seuil des lésions du 2^e degré et plus) (voir figure 14, page 77). De plus, dans la figure 14, il est possible de constater deux droites. La première, à gauche, représente le résultat de plusieurs travaux, alors que celle de droite provient des résultats des expériences de Mixter (1959) sur les porcelets. Ces résultats se démarquent des autres en raison du fait que Mixter a utilisé une source à arc électrique pour générer le flux thermique, alors que les autres chercheurs ont utilisé une lampe projecteur de 1000 W. L'arc électrique génère plus de radiations ultra-violettes que les autres lampes de sorte que l'impact calorifique sera moins important.

Même si elles ont été effectuées dans les années quarante et cinquante, ces données expérimentales présentent des devis expérimentaux relativement robustes. Elles demeurent donc toujours d'actualité. Néanmoins, il faut être conscient qu'elles ont toutes été menées sur des peaux saines. Aucune mise en garde n'a été proposée par ces chercheurs quant à la validité à accorder à ces données, dans le cas de peaux plus minces d'enfants et de personnes âgées.

Brûlures par le froid

Un liquide cryogénique est un liquide qui possède un point d'ébullition maximum à – 150 °C. Les effets sur la santé se déclinent comme suit :

- Froid extrême :
 - Les vapeurs et gaz froids peuvent produire sur la peau du visage et des mains des engelures qui éventuellement évolueront comme des brûlures. Le seuil de la douleur au niveau de la peau est 10 °C. Ils peuvent aussi occasionner des lésions pulmonaires. Nous savons qu'un travailleur algérien est décédé suite à un tel accident. Par ailleurs, il nous est difficile

141. La peau de porcelet serait celle qui, histologiquement, ressemble le plus à la peau humaine. (Moritz et Henriques, 1947)

142. Cet article est fourni au complet à la fin de la présente annexe.

143. $T_p = (35/g'')^{1,33}$ où T_p = temps requis pour atteindre la température causant la douleur et g'' = flux thermique en kW/m²

de prévoir les conséquences cliniques dues à une telle exposition chez un résidant hors zone d'exclusion qui se retrouverait dans un nuage libéré lors d'une fuite.

- Asphyxie :
 - Le GNL et l'azote liquide sont plus lourds que l'air et éventuellement peuvent déplacer l'oxygène dans des espaces clos et occasionner un danger d'asphyxie. Un petit volume qui s'évapore peut former de grands volumes de gaz.

Pour en savoir plus :

Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail. *Les liquides cryogéniques et leurs dangers* . [en ligne] .

<http://www.cchst.ca/reponsesst/chemicals/cryogenic/cryogen1.html?print>

Rayonnement thermique, durée d'exposition et effets sur la santé

INTENSITÉ DE LA RADIATION (kW/m ²)	TEMPS D'EXPOSITION (sec)	EFFET SUR LA SANTÉ OU SUR CERTAINES INFRASTRUCTURES	RÉFÉRENCE	COMMENTAIRES ¹⁴⁴
1		Rayonnement solaire par un jour d'été ensoleillé	Mudan 1984	
1,6		Ne devrait pas entraîner de douleur	Lefebvre 2001	
2	45	Douleur intense	FEMA 1990	Tiré du document ABSG (2004) pour la FERC
3	27	Douleur intense	FEMA 1990	Tiré du document ABSG (2004) pour la FERC
3	60	Brûlures irréversibles	INERIS 2002	
3	92	Brûlure 2 ^e degré Apparition de cloques	FEMA 1990	Tiré du document ABSG (2004) pour la FERC
4	18	Douleur intense	FEMA 1990	Tiré du document ABSG (2004) pour la FERC
4	20	Seuil de douleur	Lefebvre 2001	Niveau suffisant pour entraîner une brûlure au 2 ^e degré, mais aucune mortalité
5	13	Douleur intense	FEMA 1990	Tiré du document ABSG (2004) pour la FERC
5	20	Brûlure 1 ^{er} degré Coup de soleil.	Prugh 1994	Tiré du document ABSG (2004) pour la FERC
5	30	Brûlure 2 ^e degré Apparition de	Prugh 1994	Tiré du document ABSG (2004) pour la

144. Légende des acronymes d'organisations citées en référence :

API : American Institute of Petroleum (ÉUA)
 FEMA : Federal Emergency Management Agency (ÉUA)
 FERC : Federal Energy Regulatory Commission (ÉUA)
 INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des RISques (France)
 MEDD : Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (France)

INTENSITÉ DE LA RADIATION (kW/m ²)	TEMPS D'EXPOSITION (sec)	EFFET SUR LA SANTÉ OU SUR CERTAINES INFRASTRUCTURES	RÉFÉRENCE	COMMENTAIRES ¹⁴⁴
		cloques		FERC
5	40 secondes	Brûlure 2 ^e degré Probabilité de 72 % de brûlures 1 ^{er} degré	FEMA 1990 NFPA 59A	Tiré du document ABSG (2004) pour la FERC
5	50 secondes	Brûlure 3 ^e degré Probabilité de 1 % de mortalité	Prugh 1994	Tiré du document ABSG (2004) pour la FERC
5	60 secondes	Probabilité de 1 % de mortalité	INERIS 2002	
5	100 secondes	Probabilité de 50 % de mortalité		Tiré du document ABSG (2004) pour la FERC
5		Bris de vitres	MEDD 2004	
8		La peinture cloque	API 1990	Tiré du document du MEDD 2004
8		Seuil des effets domino	MEDD 2004	
10		Intensité à partir de laquelle la végétation s'enflamme	Lees 1996	Tiré du document ABSG (2004) pour la FERC
10	120 secondes	Ignition du diesel (huile n° 2)	Lees 1996	Tiré du document ABSG (2004) pour la FERC
12		Le plastique fond	Lees 1996	Tiré du document ABSG (2004) pour la FERC
25		Auto-inflammation du bois	World Bank 1988	Tiré du document ABSG (2004) pour la FERC

Sources :

ABSG Consulting Inc. (2004); INERIS (2002); LEFEBVRE, L. (2001); MEDD (2004); MUDAN, K. S. (1984)

NOTE 1 : Les relations dose-effet sur la santé ont été estimées à partir d'études généralement réalisées chez des adultes en bonne santé. Outre l'intensité du rayonnement et la durée d'exposition, il faut considérer la résistance de la peau à la chaleur. Des populations plus vulnérables comme les enfants peuvent avoir la peau significativement plus mince que les sujets étudiés. Pour leur part, les personnes âgées pourraient, en raison par exemple de terminaisons nerveuses plus épaissies, ressentir plus tardivement la sensation de douleur leur laissant moins de temps de réaction avant une éventuelle brûlure. Par conséquent, d'un point de vue de santé publique, les relations dose-effet devraient être prises avec un facteur de sécurité additionnel en ce qui concerne les populations plus vulnérables comme les personnes âgées, les jeunes enfants et particulièrement les nourrissons.

NOTE 2 : Les personnes brûlées au 3^e degré sur des surfaces corporelles importantes deviennent particulièrement vulnérables à une série d'autres complications au-delà des brûlures comme telles (ex. : déshydratation, infections). Les relations dose-effet complètes ci-haut n'en font pas mention.

NOTE 3 : Les relations dose-effet complètes pourraient varier en fonction de la radiation ambiante, c'est-à-dire les conditions météorologiques, prévalant au moment de l'exposition.

NOTE 4 : Les relations dose-effet complètes pourraient varier en fonction de l'habillement effectivement porté lors d'une exposition réelle.

NOTE 5 : Il est à noter que lors d'un scénario de fuite de GNL, il est possible que des personnes soient exposées à la flamme nue lors de l'ignition du nuage dispersé. Les relations dose-effet complètes ci-haut ne tiennent pas compte de l'exposition directe de la peau avec la flamme.

NOTE 6 : Il est aussi possible que des personnes soient exposées à un nuage de GNL en expansion sans qu'il y ait d'ignition. Les relations dose-effet complètes ci-haut ne tiennent pas compte des effets possibles comme des brûlures par le froid.

Annexe 8

Indicateurs de risque utilisés par différentes autorités administratives et gouvernementales

AUTORITÉS ADMINISTRATIVES OU GOUVERNEMENTALES [RÉFÉRENCES]	INDICATEURS DE RISQUE	DÉTAILS
Environmental Protection Agency (U.S.-EPA) [40 CFR, part 68 <i>Accidental Release Prevention Requirement</i>]	Flux thermique sécuritaire : 5 kW/m ² pour 40 secs La limite sécuritaire sera celle du LII (5 % pour le méthane) pour : <ul style="list-style-type: none"> • les feux de vapeur non confinés UVCE (<i>Uncontained Vapor Cloud Explosion</i>) • les feux de vapeur simple (<i>Flash Fire</i>) 	Scénario choisi : <ul style="list-style-type: none"> • vitesse du vent : 1,5 m/sec • stabilité atmosphérique : F Population considérée à risque : <ul style="list-style-type: none"> • celle comprise dans un cercle dont le centre correspond au point de déversement et le rayon comprend la distance la plus éloignée du LII sous le vent.
U.S. Department of transportation (DOT) [49CFR, 1993, p. 100]	Le calcul de la zone d'exclusion est basé sur une vitesse de vent qui prédit la distance la plus éloignée de la concentration moyenne du gaz à 2,5 %, soit la moitié du LII du GNL. Pour ce calcul, il faut intégrer tous les vents dont la fréquence est supérieure à 5 % du temps en moyenne. Intégration de la condition atmosphérique qui prévoit la plus longue distance de dispersion sous le vent, sinon l'initiateur doit utiliser un vent de 2,0 m/sec avec une classe de stabilité F, une fuite à une hauteur de 10 m, une élévation de contour de 0,5 m et un indice de rugosité de 30 cm.	Utilisation du logiciel Longfire III, DEGADIS et FEMA3A

AUTORITÉS ADMINISTRATIVES OU GOUVERNEMENTALES [RÉFÉRENCES]	INDICATEURS DE RISQUE	DÉTAILS
National Fire Protection Association (NFPA) (USA) [NFPA 59A <i>Standard for the Production, Storage and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG)</i> , 2006, Chap. 5,2,3]	Zone d'exclusion calculée pour un flux thermique de 5 kW/m ² estimé à partir d'un vent de 0, d'une température de 21 °C et une humidité de 50 %. Zone d'exclusion calculée pour 50 % du LII avec la combinaison de vitesse de vent et de stabilité atmosphérique qui prévoit la distance la plus éloignée.	Il faut savoir qu'il y a une proposition de discussion pour ramener le seuil d'exclusion à 2,5 kW/m ² ¹⁴⁵
Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement [Document de travail, juin 2002]	13 kW/m ² : <ul style="list-style-type: none"> • pour feux autres que boule de feu 25 kW/m ² : <ul style="list-style-type: none"> • pour boule de feu 5 kW/m ² : <ul style="list-style-type: none"> • seuil de planification d'urgence 	
Environnement Canada [Évaluation des risques aux ports de Montréal, Chicoutimi, Québec, Sept-Îles, et Trois-Rivières ¹⁴⁶]	4 kW/m ² : <ul style="list-style-type: none"> • brûlures du deuxième degré 12,5 kW/m ² : <ul style="list-style-type: none"> • mortalité de 1 % 	

145. Raj, P.K. (2006)

146. Environnement Canada (1995)

AUTORITÉS ADMINISTRATIVES OU GOUVERNEMENTALES [RÉFÉRENCES]	INDICATEURS DE RISQUE	DÉTAILS
<p>Grande-Bretagne</p> <p>[« <i>Control of Major Accidents Hazards</i> » (COMAH)]</p>		<p>Cette loi adoptée en 1999 par le gouvernement britannique a conduit à la production des <i>HID- Safety Report Assessment Guide</i>. Ces guides prévoient toute une série de mesures auxquelles l'initiateur est obligé de se soumettre. Ces guides écrits sous la forme de questions/réponses sont très détaillés.</p> <p>Nous n'avons pu retrouver de guide spécifique pour le GNL, mais nous avons pu consulter le guide le plus rapproché de cette situation, celui portant sur le « <i>methane bullet</i> ». ¹⁴⁷</p> <p>Nous conseillons à la Commission de consulter le document sur Internet à l'adresse suivante : http://www.hse.gov.uk/comah/sraqmgb/images/mgbcriteria.pdf</p> <p>Les recommandations relatives aux zones d'exclusion sont faites sur une base probabiliste, telle que présentée par l'initiateur de Rabaska.</p> <p>Nous aimerions par ailleurs attirer l'attention sur quelques points jugés importants par les auteurs de ce guide.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le logiciel PHAST est considéré comme fiable. • La définition d'un accident majeur est : 1 décès et 6 personnes hospitalisées plus de 24 heures travaillant sur le site ou une personne hors du site hospitalisée plus de 24 heures. • L'opérateur doit : <ul style="list-style-type: none"> ○ tenir compte de toutes les possibilités d'accidents dans toutes les directions de la rose des vents et pour tous les types de conditions atmosphériques; ○ évaluer les dangers pour une période dépassant 20 min, même si la fuite est stoppée; ○ tenir compte des incertitudes dans le processus d'évaluation de risques. Nous transcrivons

147. Accessible sur Internet : <http://www.hse.gov.uk/comah/sraqmgb/images/mgbcriteria.pdf>

AUTORITÉS ADMINISTRATIVES OU GOUVERNEMENTALES [RÉFÉRENCES]	INDICATEURS DE RISQUE	DÉTAILS
		<p>intégralement ce point :</p> <p><i>Q. Does the analysis take into account uncertainties in the estimation process? The fact that most failure probabilities are not single value, but distributed about a mean should be accounted for in risk analysis. If there is no information on the probability distribution of the probability, it must be concluded that the upper figure is just as likely as the lower figure.</i></p>
<p>Ministère de l'écologie et du développement de la République française</p> <p>[Guide technique relatif aux valeurs de référence de seuils d'effets des phénomènes accidentels des installations classées¹⁴⁸, octobre 2004]</p>	<p>Effets sur l'homme :</p> <p>3 kW/m² ou 600 TDU :</p> <ul style="list-style-type: none"> • seuils des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers significatifs <p>5 kW/m² ou 1,000 TDU :</p> <ul style="list-style-type: none"> • seuils des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine <p>8 kW/m² ou 1,800 TDU :</p> <ul style="list-style-type: none"> • seuils des premiers effets létaux significatifs correspondant à la zone de danger très grave 	<p>Soulignons que :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 5 kW/m² correspond au seuil de destruction significative des vitres • 8 kW/m² correspond au seuil des effets dominos correspondant au seuil de dégâts graves

148. Accessible sur Internet : http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_technique_valeurs_de_ref_des_seuils_effets.pdf

AUTORITÉS ADMINISTRATIVES OU GOUVERNEMENTALES [RÉFÉRENCES]	INDICATEURS DE RISQUE	DÉTAILS
Autriche <i>[Recommendations of the Austrian Permanent SEVESO Working Group as a Basis to Determine Appropriate Distances for the Purpose of Land Use Planning. December 1996 ¹⁴⁹]</i>	3kW/m ² : <ul style="list-style-type: none"> • Seuil de dommages irréversibles à l'être humain (tient compte des capacités de fuite de toute la population) 500 TDU : <ul style="list-style-type: none"> • Pour les impacts de courte durée (non définie) 	

149. Accessible sur Internet : <http://72.14.203.104/search?q=cache:BVSGcqYF1cJ:sra-e-2006.ijs.si/files/contributions/workshops/LUPRecommendation2005.doc+Recommendations+of+the+Austrian+Permanent+Seveso+working+group+as+a+basis+to+determine+appropriate+distances+for+the+purpose+of+land-use+planning%22&hl=fr&gl=ca&ct=clnk&cd=1>

