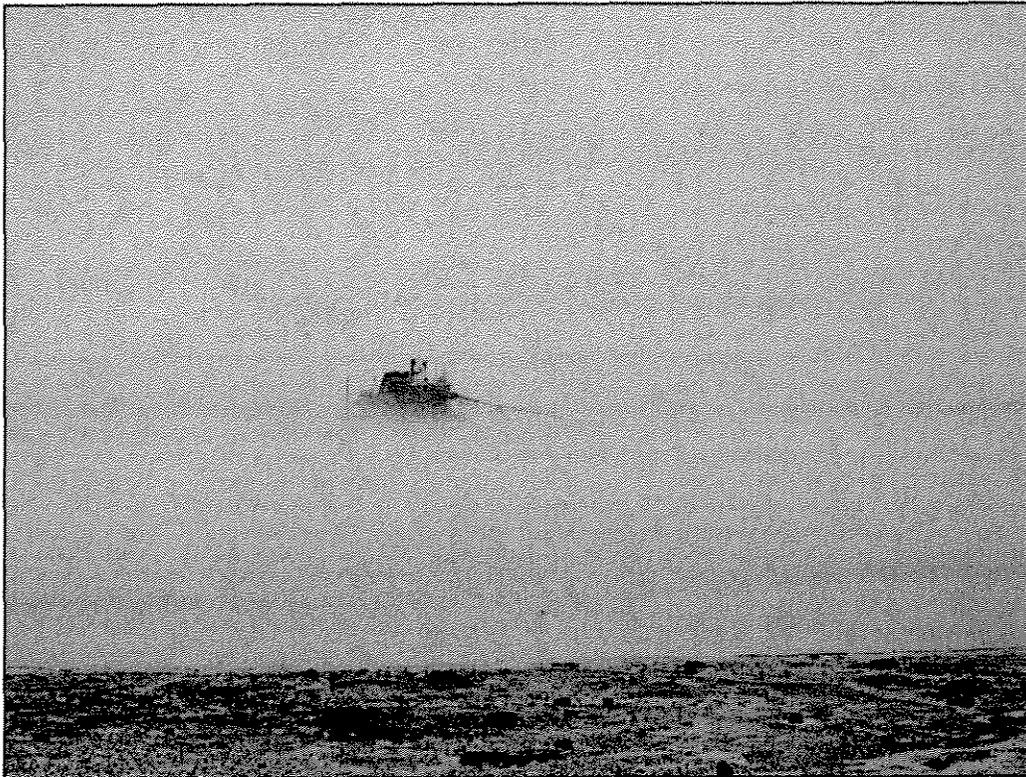


MÉMOIRE PRÉSENTÉ AU BAPE
*PROJET RABASKA DE LA SOCIÉTÉ EN COMMANDITE RABASKA:
IMPLANTATION D'UN PORT ET D'UN TERMINAL MÉTHANIER À LÉVIS*

LE PROJET RABASKA DANS LE CONTEXTE
DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

CRITIQUE DE L'ANALYSE DES RISQUES
FAITE PAR LE PROMOTEUR



UN MATIN DE JUILLET 2006 FACE À ST-JOSEPH DE LA RIVE

Présenté par Normand Gagnon
St-Pierre-de-l'Île-d'Orléans
18.01.2007

Sommaire

1. Résumé	1
2. Le projet Rabaska dans le contexte des changements climatiques	2
Combien faudra-t-il encore...?	2
Car voyez-vous, pendant ce temps, la planète se réchauffe!	2
Le projet Rabaska	3
3. Critique de l'analyse des risques faite par le promoteur	4
3.1 LA SITUATION PARTICULIÈRE DE L'ÎLE D'ORLÉANS	4
3.2 UNE ANALYSE DES RISQUES DISCUTABLE DANS SON APPLICATION	5
L'étude d'impact sous-évalue les risques	5
L'exemple d'une collision survenant au quai et sa fréquence d'occurrence	6
Les cas d'accidents plus graves et les conséquences pour les populations exposées	7
3.3 UNE ANALYSE DES RISQUES DISCUTABLE SUR LE FOND	12
L'expérience industrielle contredit l'approche probabiliste	12
Un retour d'expérience à partir d'accidents apparentés	15
L'omission des effets dominos	18
Une alternative à l'approche probabiliste	20
4. Conclusion	20
5. Notes	21

L'auteur, résident de l'île d'Orléans depuis 35 ans, a adhéré à l'Association de l'île d'Orléans contre le port méthanier il y a plus d'un an. Il a fait carrière dans l'enseignement de la chimie. C'est au Collège Limoilou, à Québec, qu'il a développé avec ses collègues une pédagogie axée sur les projets et sur des thématiques environnementales.

1. Résumé

Alors que la plupart des analystes et des scientifiques indépendants conviennent que la planète est en danger, qu'il nous faut agir rapidement pour ralentir le réchauffement climatique et procéder à des changements de fond dans les mentalités et dans les comportements, l'industrie gazière et pétrolière mènent un combat d'arrière-garde pour imposer un modèle de développement qui mène à la catastrophe écologique, sans égard aux dangers des technologies qui y sont associées.

Le projet Rabaska comporte des risques sérieux que le promoteur a minimisés en plus de s'éloigner de ce qui aurait pu, dans le même cadre conceptuel et technique, amener à des zones de sécurité beaucoup plus étendues autour des installations partuaires et industrielles de même que le long du parcours des méthanières en transit. Procéder ainsi aurait toutefois eu pour conséquence d'invalider le projet là où il a été prévu ou, à tout le moins, de rendre les mesures de mitigation difficilement réalisables.

L'analyse des risques telle que pratiquée par les promoteurs de Rabaska fait peu de cas des populations, notamment des populations riveraines de l'Île d'Orléans et de la Côte Sud, vulnérables face à des accidents technologiques de grande envergure, s'appuyant en cela sur des normes élaborées pour un cadre industriel non adaptées aux zones habitées. L'industrie gazière serait en quelque sorte et par définition, du fait notamment qu'elle emprunte aux dernières technologies, quasiment exemptée des risques d'accidents graves.

Pourtant l'analyse des accidents industriels et maritimes révèle qu'une technologie même sophistiquée ne peut empêcher les «erreurs humaines», premier facteur causal de la plupart des accidents survenus jusqu'ici, pas plus qu'elle n'est à l'abri de nombreuses défaillances techniques. D'ailleurs, l'expérience industrielle contredit l'analyse des risques menée par Rabaska en ce sens qu'elle révèle que les accidents qui surviennent, dans les faits, sont le plus souvent les plus graves.

L'approche selon laquelle on n'a pas à considérer les conséquences d'un accident grave du seul fait que le dit accident ait été préalablement jugé improbable est discutable parce qu'elle évacue, dès le départ, la mise en place de mesures de mitigation visant à éloigner les opérations dangereuses des populations; approche d'autant plus irresponsable qu'elle fait porter sur la société civile le poids de l'application des mesures d'urgence qui elles, doivent prendre en considération tous les événements accidentels, des plus probables au plus improbables.

Pour ces motifs, entre autre, le projet Rabaska ne doit pas recevoir l'aval ni du BAPE, ni des instances gouvernementales, ni des gouvernements, et le rejet doit être considéré comme l'opportunité de lancer un vaste chantier de recherche et de mise en oeuvre des énergies renouvelables.

2. Le projet Rabaska dans le contexte des changements climatiques

Combien faudra-t-il encore...?

Combien faudra-t-il encore de cris d'alarme, tel ceux récents de Nicholas Stern¹ et d'Al Gore², pour que nous donnions enfin ce coup de barre nécessaire à la sauvegarde de la planète?

Combien de guerres et de dévastations seront encore «nécessaires» pour assurer les approvisionnements énergétiques des pays qui les mènent sans égard aux peuples pillées de leurs ressources et aux vies sabotées?

Combien de politiques, de stratégies, d'orientations, faudra-t-il encore publier au Québec, au Canada et partout dans le monde avant qu'on ne privilégie dans l'action un développement axé sur les besoins des populations plutôt que sur une croissance économique qui mène à la catastrophe environnementale?

Car voyez-vous, pendant ce temps, la planète se réchauffe!

Les études sérieuses qui le confirment ne manquent pas. Et ce n'est pas dans un siècle mais dans un proche avenir que nous pourrions en constater les effets les plus sérieux. Selon le Woldwatch Institute «le changement climatique [...] est susceptible d'entraîner des sécheresses régionales, des famines et des catastrophes climatiques qui pourraient causer la mort de milliers, voire de millions de personnes, exacerber les tensions existantes et alimenter les litiges diplomatiques et commerciaux. Dans le pire des cas, un réchauffement supplémentaire augmenterait encore le niveau des mers et réduirait les capacités des systèmes naturels de la planète, ce qui menacerait la survie même de certains états insulaires, déstabiliserait l'économie mondiale, l'équilibre géopolitique, et provoqueraient de violents conflits»³. Or, on sait maintenant «que le réchauffement s'accélère au point de rejoindre certains scénarios parmi les plus pessimistes»⁴ affirme André Musy, directeur du Centre Ouranos de Montréal (Voir la note 7). Et les causes principales de ce réchauffement sont la déforestation et l'utilisation des combustibles fossiles comme le pétrole, le charbon et le gaz naturel. Le pétrole à lui seul compterait pour plus des deux cinquièmes des émissions totales de dioxyde de carbone, principal gaz à effet de serre. Le méthane quant à lui est aujourd'hui l'objet de grandes préoccupations à mesure que les recherches montrent son rôle dans les changements climatiques du passé.

Si le réchauffement apparaît comme inévitable, il n'en reste pas moins que nous pouvons en réduire les effets en intervenant maintenant car les mesures prises aujourd'hui vont se faire sentir dans quelques années seulement compte tenu de l'inertie du système climatique⁵ (Voir la note 8).

L'urgence est donc au changement de paradigme, à savoir effectuer une rupture avec la civilisation du pétrole, consummatrice, gourmande en énergies fossiles et polluante, et passer à celle notamment de l'efficacité énergétique dont les preuves ne sont plus à faire; à condition bien sûr que les programmes en ce sens soient encouragés et soutenus vigoureusement par

¹ Nicholas Stern. *Stern Review on the economics of climate change*. [en ligne (10 janvier 2007) :

http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_index.cfm

² *An Inconvenient Truth*. Film documentaire réalisé par Davis Guggenheim. 2006.

³ Thomas Prugh et coll. *Changer l'économie pétrolière in* WORLDWATCH INSTITUTE/ L'état de la planète 2005 / Redéfinir la sécurité mondiale. Genève, 2005, p.134.

⁴ Cité par Louis-Gilles Francoeur dans «Le réchauffement est irréversible». *Le Devoir*, édition du 4 janvier 2007.

⁵ Martin Boniston. «Le climat vous souhaite une bonne et chaude année 2007». *Le Temps*, no 2766, Éclairages, vendredi 12 janvier 2007.

des politiques publiques. En effet, selon l'OCDE⁶, ce secteur de l'efficacité énergétique, avec les technologies existantes, permet de très importantes réductions de la consommation d'énergie et donc des réductions considérables des gaz à effet de serre; 33% dans le secteur résidentiel (20-35% de la consommation énergétique d'un pays) et 50% dans le secteur commercial (10-30% de la consommation).

L'alternative de l'efficacité énergétique devrait permettre une transition en douceur vers les énergies renouvelables, en libérant un stock énergétique disponible pour de nouveaux développements, tout en assurant la pérennité des ressources pétrolières pour l'usage non-énergétique des générations actuelles et futures. Car, il faut aussi le souligner, les ressources pétrolières montrent des signes d'épuisement: la production plafonne ou a décliné dans 33 des 48 pays producteurs, y compris dans 6 des 11 pays membres de l'OPEP⁷. On peut d'ailleurs présumer qu'il en sera de même dans quelques années avec le gaz si la frénésie actuelle de l'industrie gazière persiste; en effet, comme le souligne le Professeur Ayoub⁸ de l'U.L., le rapport réserve/production du gaz pour la plupart des pays producteurs varie entre 25 et 50 ans (ce rapport serait de 9,2 pour le gaz albertain).

Le projet Rabaska

C'est dans ce contexte que Rabaska nous propose un port méthanier et une usine de regazéification du GNL, arguant que le gaz éventuellement produit à Lévis va principalement remplacer celui qui nous vient de l'Ouest. Un nouvel apport gazier pour le Québec? Très peu si l'on se fie aux dires du promoteur! Pour le Canada? On ne sait trop, mais on peut envisager une utilisation du gaz libéré au Québec pour l'extraction extrêmement polluante des sables bitumineux ou pour alimenter les centrales thermiques ontariennes. Pour les É.U.? Sûrement, s'ils invoquent les accords de libre échange pour exiger une hausse des exportations canadiennes comme le faisait remarquer récemment le député Bevington du NPD⁹. Dans tous les cas, le Québec va assumer les frais d'une exportation déguisée au nom de la sécurité d'approvisionnement d'un continent Nord-américain énergivore.

Envisager le retrait du projet Rabaska avec les possibles conséquences d'un tel geste: hausse des prix, de toute manière amorcée depuis longtemps et occasionnée surtout par une offre limitée par rapport à une demande à la hausse, difficultés d'approvisionnement pour le Québec dues à l'épuisement des ressources de l'Ouest? Pourquoi pas? La situation de relative pénurie qui en résulterait ne constituerait-elle pas une puissante incitation aux substitutions énergétiques (combustibles fossiles-électricité), aux économies d'énergie et à l'utilisation systématique de nouvelles énergies renouvelables (éolien, géothermie, etc.).

Il faut donc dire non à ce projet, d'autant plus qu'il comporte des risques inacceptables pour la population de la région, ce dont il sera question dans les lignes qui suivent.

⁶ D. Violette et coll. *An Initial View on Methodologies for Emission Baselines: Energy Efficiency Case Study*. OCDE et Agence internationale de l'énergie, 2000.

⁷ WORLDWATCH INSTITUTE. *L'état de la planète 2005 / Redéfinir la sécurité mondiale*. Genève, 2005, p.129.

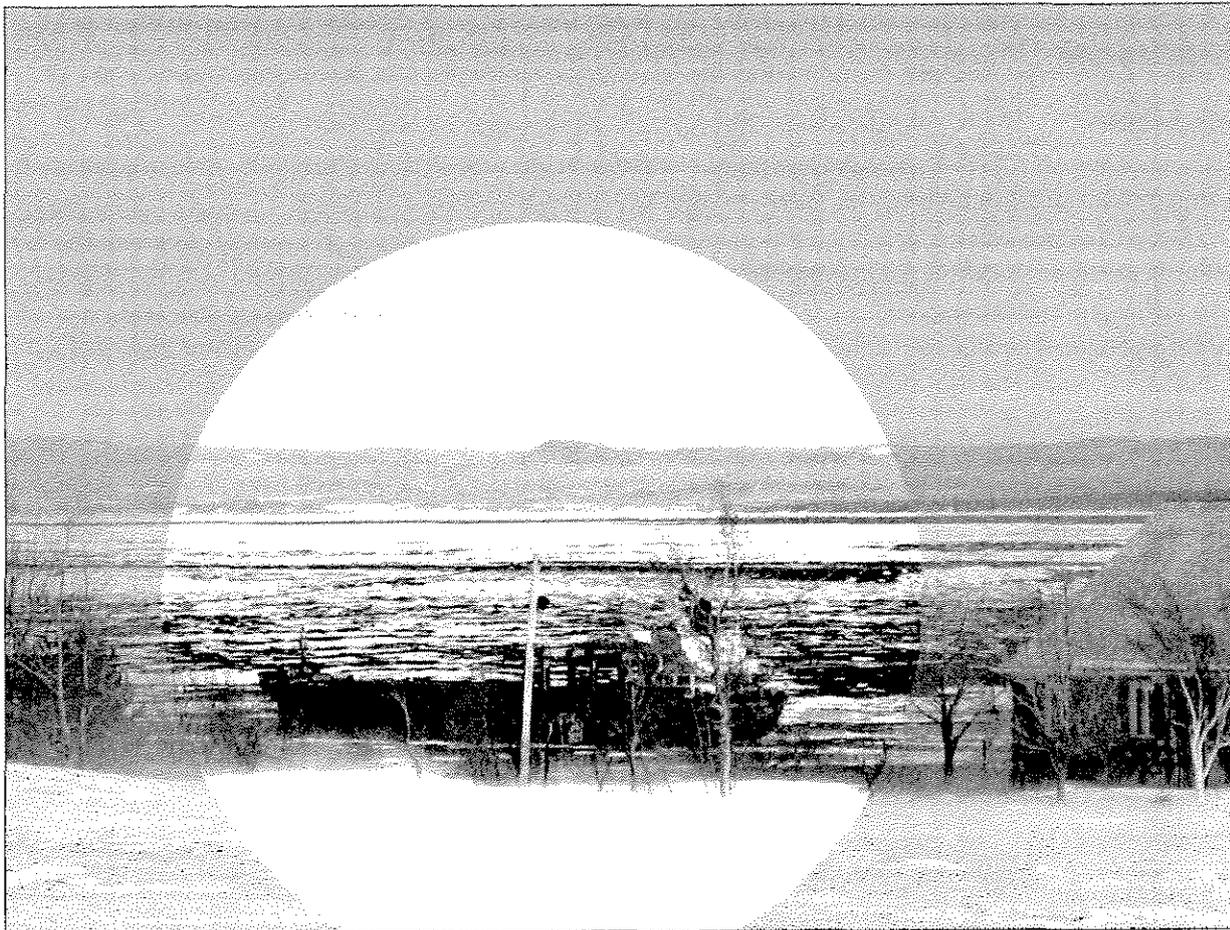
⁸ Antoine Ayoub. *Développement du marché du GNL et effets possibles sur le bilan énergétique du Québec*. Rapport présenté à la Fédération des Chambres de commerce du Québec (FCCQ), 21 août 2006.

⁹ «Le député Bevington du NPD critique l'entente sur le gaz liquéfié naturel russe; les conservateurs cachent leur rôle», 17 juillet 2006. [En ligne (10 janvier 2007) : <http://www.npd.ca/en-tete>]

3. Critique de l'analyse des risques faite par le promoteur

3.1 LA SITUATION PARTICULIÈRE DE L'ÎLE D'ORLÉANS

Le projet Rabaska tel que présenté implique la circulation dans le St-Laurent d'une soixantaine de méthaniers annuellement; à leur arrivée, après avoir emprunté la Traverse du nord, ces derniers vont longer de près la côte sud de l'Île d'Orléans avant de s'amarrer au quai de Lévis.



Vue sur le fleuve à St-Jean, Île d'Orléans, hiver 2006. Des bateaux dans la cour arrière des résidences.

Particulièrement à St-Jean et à St-Laurent, une bonne part des habitations se situent en bordure du fleuve. Prévoir les mesures d'urgence utiles à la protection des populations riveraines en cas d'accidents de méthaniers est d'une évidente nécessité. Encore que leur mise en place ne sera pas de tout repos compte tenu de l'absence à l'Île d'hôpitaux et de services d'urgence et de la configuration particulière de celle-ci qui rend difficile l'accès rapide à ces services. L'Île d'Orléans est en effet ceinturée d'une seule route étroite et l'accès au continent repose sur un pont qui constitue un véritable goulet d'étranglement.

Mais intervenir à la source, notamment en s'assurant que les citoyens et leurs biens soient à l'abri des éventuelles retombées délétères d'un accident grave, un échouement avec déversement de GNL par exemple, est davantage essentiel à la protection des populations et des biens matériels du territoire considéré; envisager les pires scénarios documentés de façon à établir des périmètres de protection assurant une véritable sécurité aux citoyens est incontournable. Or, il semble à l'analyse de l'étude d'impact du projet Rabaska que cette prémisse n'y figure pas; absence que l'on comprend mieux quand on procède à l'examen de l'analyse des risques façon Rabaska.



Sur la côte sud de l'île d'Orléans, une bonne part des habitations se situent en bordure du fleuve. Photo satellite d'une partie du village de St-Jean.

3.2 UNE ANALYSE DES RISQUES DISCUTABLE DANS SON APPLICATION

L'étude d'impact sous-évalue les risques

L'étude d'impact de Rabaska fait état des risques que le projet représente pour les humains et l'environnement. Ces risques, dont l'évaluation a été confiée à la société DNV, ont été considérés comme négligeables ou acceptables partout sauf aux abords immédiats des éventuelles installations de Rabaska. Selon nous, DNV a sous-évalué ces risques; sous le couvert de l'utilisation de logiciels reconnus (par définition objectifs!), la société fournit des données rassurantes qui frisent parfois l'impertinence. Prétendre par exemple que le pire accident par collision d'un méthanier provoquerait une brèche d'au maximum 750 mm dans l'un de ses réservoirs semble aberrant.

Pour évaluer les risques associés à une activité industrielle, les experts ont l'habitude de disséquer l'ensemble des opérations en segments et à établir pour chacun d'eux des scénarios d'accidents plausibles (selon eux). On évalue ensuite les risques de

chacun des scénarios. Quantifier les risques exige de considérer deux facteurs: la fréquence d'occurrence d'un accident (probabilité qu'il se produise) et les conséquences de cet accident.

Risque = Fréquence x Conséquences

Le risque est finalement exprimé en termes de nombre de décès probables sur une période donnée; par exemple, un décès tous les 10 000 ans. Pourquoi ne pas avoir évalué le risque à partir d'effets moins graves comme des brûlures légères? De même, pourquoi ne pas avoir tenu compte de la variable dite de «charge thermique» pour la détermination des zones de danger puisqu'il est communément admis que cette dernière décrit mieux les effets thermiques sur les humains¹⁰.

Ainsi par exemple, un événement aux conséquences très graves pourrait être considéré à faible risque si sa fréquence d'occurrence a été estimée faible. On voit donc comment l'évaluation du risque peut être majorée, soit en minimisant la gravité d'un événement accidentel (conséquence), soit en sous estimant sa probabilité (fréquence d'occurrence); l'étude de Rabaska fait les deux.

L'exemple d'une collision survenant au quai et sa fréquence d'occurrence

Cet événement a été choisi en raison du fait qu'il a servi d'exemple illustrant le mode de calcul du risque¹¹.

Le calcul de la fréquence de collision, F_{coll} , d'un méthanier à quai a été effectué de cette façon:

$$F_{coll} = 9.10^{-6} \times 0,1 \times 0,5 \times 0,9 \times [24h/(365 \times 24h) \times 5000] = 5,6. 10^{-6}$$

par accostage et $3,3.10^{-4}$ pour les 60 méthaniers dans une année

Le premier chiffre (9.10^{-6}) représente une fréquence de collision issue de données du Royaume-Uni (R.U.) pour un fleuve large (fréquence de base¹²); le deuxième (0,1), un facteur qui diminue de 90% le premier, serait justifié par le fait qu'il n'y aurait pas d'autres postes d'amarrage à proximité, le troisième (0,5), une autre réduction que l'on s'accorde à cause de mesures de sécurité particulières, le quatrième (0,9), pour tenir compte de la protection des cellules d'amarrage; enfin, le dernier facteur, entre crochets, tient compte de la durée d'accostage et du nombre de passages de bateaux par année à cet endroit. Ce calcul donc prévoit un accident tous les 3030 ans ($1/3,3.10^{-4}$), ce qui de toute façon, en statistique, est une fréquence élevée.

Le choix de la fréquence de base

Pourquoi ne pas avoir choisi pour la fréquence de base une valeur pondérée puisque le fleuve large se définit, selon les données du R.U., interprétées par DNV, comme se situant dans la plage comprise entre 0,5 et 2,5 km? Une simple intrapolation effectuée à partir de ces mêmes données nous donne $29,5.10^{-6}$ (au lieu de 9.10^{-6}) comme valeur de F pour un chenal de 850 m (largeur du chenal à la hauteur de Lévis).

¹⁰ INERIS. *Méthodes pour l'évaluation et la prévention des risques accidentels (DRA-006) / Le BLEVE / Phénoménologie et modélisation des effets thermiques*. Ω-5, Direction des Risques Accidentels. Septembre 2002. Voir la note 2.

¹¹ *Projet de terminal méthanier Rabaska / Étude d'impact sur l'environnement*. Tome 3, vol. 2, annexe F1, pages 54 et suivantes.

¹² Les fréquences de bases pour les risques maritimes issues de la base de données de la Lloyds Register Fairplay ne sont pas accessibles au grand public. Impossible donc de vérifier l'usage qui en a été fait.

L'utilisation des facteurs de correction

Le premier facteur de correction (0,1) serait justifié par le fait de la présence au port d'un seul poste d'amarrage, ce qui diminuerait les risques de collisions notamment à cause de la circulation des autres navires sur le versant nord du chenal. Hypothèse imprudente qui ne tient pas compte du croisement des navires face au port; au moment d'un croisement, le navire descendant sera nécessairement du côté sud du chenal. De plus, contrairement à un port où les navires circulent à très faible vitesse, ce qui diminue considérablement les risques de collisions, la position du poste d'amarrage directement dans un chenal où circulent des bateaux à grande vitesse, surtout à la marée baissante, devrait faire considérer comme inopportune l'utilisation d'un facteur de correction inférieur à l'unité. D'autant plus que la conformation coudée du fleuve à cet endroit, le mouvement des marées, les forts courants et la présence des glaces en hiver, en un mot la navigation difficile du St-Laurent à cet endroit, particulièrement pour y opérer des manoeuvres, n'ont pas été pris en compte dans ce calcul. Quant aux deux autres facteurs utilisés, respectivement 0,5 et 0,9, ils laissent supposer la négligence ailleurs et la vigilance ici...

Le trafic maritime

La valeur de 5000 utilisée comme caractéristique du trafic maritime face au port laisse perplexe. En effet, un recensement effectué par Transport Canada et présenté par Michel Boulianne¹³ lors de la période de questions des audiences sur Rabaska, le 12 décembre 06, montre que:

- seul les navires citernes (N.C.) et transportant des matières dangereuses (M.D.) de plus de 20 m ont été considérés; les navires de croisière et de plaisance, les barges remorquées ou encore ceux de plus faible gabarit que 20 m n'ont pas été comptabilisés;
- en 2006, ce trafic spécifique (N.C. + M.D.) s'élevait à 5516 navires;
- le taux moyen d'augmentation du trafic des dernières années était d'environ 4%.

Une projection de ces chiffres à l'horizon de l'an 2012, soit deux ans après l'éventuelle mise en oeuvre du port méthanier, donne 6978. Dans ce contexte, utiliser la valeur de 7500 comme valeur caractéristique au fins du calcul des risques ne semble pas exagérée.

Si l'on reprend maintenant ces calculs sur des bases qui avantagent moins les promoteurs, par exemple en utilisant une valeur de F (base) plus élevée ($29,5 \cdot 10^{-6}$), et sans faire intervenir un facteur (plus grand que 1,0) qui aurait été plus en accord avec les difficultés particulières de la navigation sur le St-Laurent, en utilisant un nombre de passages de 7500 bateaux (ce qui représente la réalité d'un avenir proche), en retirant les avantages divers que se donne le promoteur, on arrive à un résultat d'un accident tous les 27,5 ans. La différence est énorme: 27,5 ans plutôt que 3030 ans. Et puisque la valeur de F est l'une des données d'entrée, «l'input», qui alimente le logiciel SAFETI dédié au calcul du risque, ce dernier va donc évidemment restituer un résultat à la baisse. Nous ne prétendons pas ici avoir fait une évaluation exhaustive de la probabilité d'une collision. Nous voulons plutôt mettre en lumière jusqu'à quel point il est facile par des choix arbitraires d'infléchir les résultats pour les faire apparaître plus acceptables sur le plan de la sécurité.

Les cas d'accidents plus graves et les conséquences pour les populations exposées

Dans ce qui suit les accidents graves considérés seront ceux pour lesquels il pourrait y avoir des déversements de GNL: collision ou échouement d'un méthanier en transit, collision avec un méthanier à quai, fuite lors du déchargement, etc.

¹³ Michel Boulianne. *Données sur les transits des navires au Cap Brulé*. 12 décembre 2006. Audiences publiques sur le projet de terminal méthanier de Rabaska, document DB 33.

Quelques rappels sur les dangers du GNL

Une fois répandu sur l'eau ou sur le sol, le GNL forme une nappe liquide (-162 °C) qui s'évapore rapidement et produit un nuage froid, plus dense que l'air, qui se déplace dans la direction du vent à la façon d'un panache de fumée. Le nuage se réchauffe au contact de l'air et, s'il n'est pas enflammé, finit par se disperser complètement. Si par contre une source d'ignition se manifeste à l'intérieur du nuage alors que ce dernier est mélangé à l'air dans des proportions entre 5%, (limite inférieure d'inflammabilité, LII) et 15%, (limite supérieure d'inflammabilité, LSI), celui-ci s'enflamme (feu de nuage) et enflamme la nappe-source à son tour (feu de nappe). L'importance en taille et la distance pouvant être parcourue par un nuage de gaz potentiellement inflammable dépendent des dimensions de la nappe qui alimente le nuage (laquelle dépend à son tour de la taille du réservoir et de celle de la brèche) et des conditions météorologiques. On suppose habituellement qu'un épanchement formé après une collision assez énergétique pour porter atteinte à l'intégrité d'un réservoir ne va pas tarder à s'enflammer, la collision pouvant être une source d'ignition. Ce fait explique que certains ne vont considérer que les feux de nappe pour déterminer les zones à risques. D'autres au contraire vont envisager aussi les effets des feux de nuage ne serait-ce que pour tenir compte d'accidents, tels les échouements, où les fuites ont de fortes chances de se situer sous la ligne de flottaison et où l'énergie de l'impact ne pourra de ce fait enflammer la nappe. Quand un nuage s'enflamme, le feu se propage lentement et enflamme tout matériel combustible s'y trouvant en plus de consommer tout l'oxygène. Le feu de nuage devient alors un feu de nappe dont la dangerosité réside dans l'émission à distance de radiations thermiques¹⁴, lesquelles peuvent provoquer l'inflammation spontanée des matériaux combustibles comme le bois pour des flux de 9 kW/m² et des brûlures graves à la peau à des valeurs de ce flux égales ou supérieures à 5 kW/m².

Des conséquences à la hauteur des scénarios les plus faibles

Si l'on regarde maintenant les conséquences d'une collision entraînant un déversement de gaz naturel liquéfié (GNL), les pires scénarios évoqués par Rabaska utilisent des tailles de brèches faibles, 750 mm, comme maximum pour l'accidentel et 1,5 m pour l'intentionnel. Comment ces valeurs ont-elles été déterminées? Le rapport technique de DNV sur les risques technologiques du domaine maritime¹⁵ fournit des réponses. On y affirme que l'on s'est appuyé sur l'avis d'un expert de DND, Monsieur Simonsen, qui, sur la base d'un certain nombre d'hypothèses et de données statistiques, envisage que seulement 10 % des collisions et des échouements produiraient des avaries causant une fuite et que, dans de tels cas, la probabilité d'obtenir une brèche entre 0 et 1 500 mm est pratiquement égale pour toutes les dimensions comprises dans l'intervalle. C'est donc de façon arbitraire que la moyenne de cet intervalle, 750 mm, a été retenue comme maximum plausible dans le cas d'un échouement ou d'une collision et que la limite supérieure, 1 500 mm, choisie comme valeur associée à un acte terroriste (voir la note 3). Dans la logique de DNV, le choix d'une brèche de 1 500 mm n'aurait-il pas été plus conséquent avec le pire scénario si effectivement on avait voulu l'évoquer?

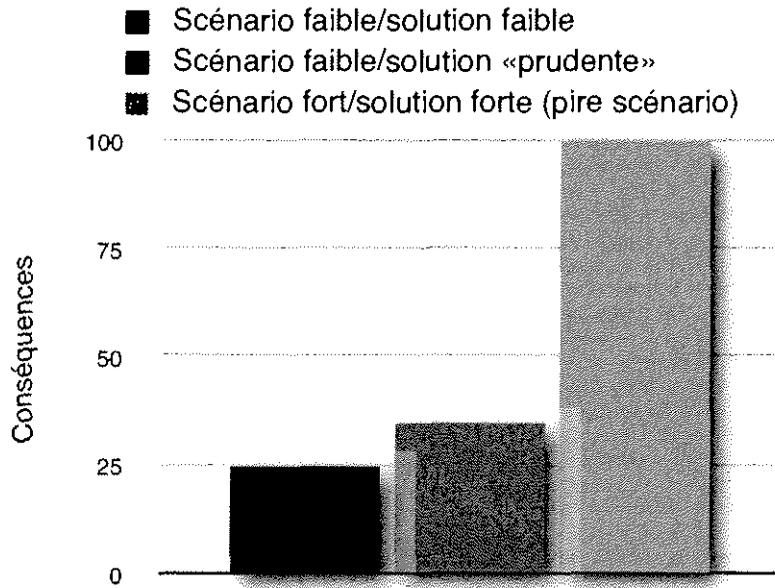
De plus, le choix fait par DNV du modèle de la nappe à l'équilibre pour déterminer les zones de danger réduit nécessairement les distances sécuritaires en plus de ne pas considérer le cumul de la charge radiative beaucoup plus importante durant les 20 premières secondes d'un feu de nappe avec celle suivant ce délai, lorsque la nappe est justement à l'équilibre (plus de 2000 secondes)¹⁶. Même si l'évaluation des conséquences par l'initiateur utilise des hypothèses qu'il dit être prudentes (débit de fuite constant par exemple) il n'en reste pas moins que les choix qu'il a fait relève du couple scénario faible - solution «prudente», ce qui de toute façon ramène les conséquences à la baisse.

¹⁴ *Projet Rabaska/Conséquences d'accidents majeurs*. Étude réalisée par Stabilis pour le compte de la ville de Beaumont. DB18.

¹⁵ *Projet de terminal méthanier Rabaska/Étude d'impact sur l'environnement*. Tome 3, vol. 2, annexe F2, pages 106 et suivantes.

¹⁶ Rabaska. *Sécurité/Épandage de GNL sur de l'eau*. DA12-1.

FIGURE 1: LES CONSÉQUENCES EN FONCTION DES CHOIX DE SCÉNARIOS



Les pires scénarios

Quoi qu'il en soit, plusieurs études indépendantes font état de dommages aux méthaniers plus importants encore (brèche jusqu'à 5 m²) avec bien entendu des conséquences beaucoup plus lourdes. Le tableau 1 présente une synthèse de ces études de laquelle on pourrait tirer les paramètres du pire scénario, paramètres justifiés par le souci de protection des populations proches des installations du terminal ou habitant à proximité des zones de transit des méthaniers:

- pire scénario pour un feu de nappe; distance à laquelle le flux radiatif est égal ou inférieur à 1,6 kW/m² pour une brèche de 5 m²: **3 000 m**,
- pire scénario pour un feu de nuage; distance pour laquelle tout danger d'inflammation est écarté (1/2 LII) pour un déversement à partir d'une brèche de 5 m²: **5 500 m**.

TABLEAU 1 : COMPARAISON DES RÉSULTATS DE DIVERSES ÉTUDES SUR LES EFFETS DE DÉVERSEMENTS DE GNL

Source	Taille de la brèche (m ²)	Feu de nappe			Feu de nuage	
		Distance sous le vent (en m) assurant un flux thermique de			Distance de dispersion (en m)	
		37,5 kW/m ²	5 kW/m ² (5)	1,6 kW/m ² (6)	à LII	à 1/2 LII (7)
Sandia (1)	1	177	554	-	1536	-
	2	250	764	-	1710	-
	2 (3 brèches)	398	1358	-	-	-
	5	-	-	-	2450	-
ABS Consulting (2)	1	370	860	-	3300	4800
	5	600	1400	2080 (2,5 kW/m ²)	3900	5500
James A. Fay (3)	5	-	-	3000	6000	> 6000
DNV (4) Rabaska	≅ 2 (1,5 m diam.)	540 (280, nappe à l'équilibre)	1500 (790, nappe à l'équilibre)	-	1900	-

(1): SANDIA REPORT / *Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied Natural Gas (LNG) Spill Over Water*. Sandia National Laboratories, déc. 2004.

(2): ABS Consulting, *Consequence Assessment Methods for Incidents Involving Releases from Liquefied Natural Gas Carriers*. Mai 2004.

(3): Dr. James A. Fay, *Public Safety Issues at the Proposed Cacouna LNG Terminal*. Mars 2005.

(4): DNV, *Projet de terminal méthanier Rabaska*. Tome 3, volume 2, Annexes F, janvier 2006.

(5): Flux radiatif provoquant des brûlures du deuxième degré après 20-30 secondes d'exposition.

(6): Flux considéré comme sans danger pour les humains.

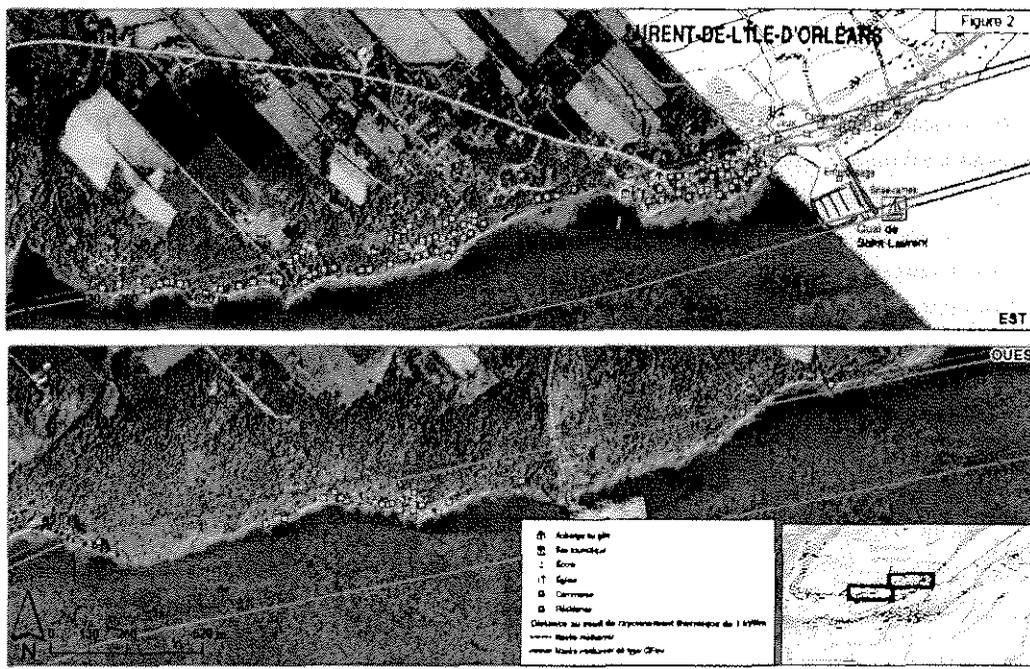
(7): Distance à laquelle tout risque d'inflammation est écarté.

Le pire scénario de Rabaska prévoit qu'en cas de feu de GNL, des brûlures graves pourraient survenir jusqu'à environ 790 m et qu'un nuage de gaz pourrait atteindre 1900 m avant de s'enflammer (voir le Tableau 1). Comment donc se justifie la zone d'exclusion de 500 m autour du méthanier à quai? Pourquoi ne pas avoir également considéré qu'une zone de danger accompagne le méthanier dans son déplacement surtout si ces déplacements s'effectuent près de côtes densément peuplées? Pourquoi ne pas avoir fait de distinction entre les «zones d'exclusion», pouvant à la rigueur convenir à un milieu industriel, et des «zones de sécurité», évidemment plus étendues, davantage convenables à des endroits habités où les populations seront peu préparées et démunies face à des catastrophes industrielles? Pourquoi devrait-on faire courir de tels risques à une population qui ne tire aucun profit de la situation?

Des explications pour cette sous-estimation des risques

L'application des résultats obtenus suite à la modélisation des pires scénarios aurait complètement invalidé le choix du site retenu par le promoteur; en effet, les zones constituées par un rayon de 5,5 km autour des installations portuaires et terrestres du port méthanier, de même que celle d'un corridor équivalent dans l'axe de déplacement des méthaniers le long des zones riveraines, renferment un très grand nombre d'habitations, tant à l'Île d'Orléans (la quasi totalité pour ce qui est de la côte sud) qu'à Lévis et à Beaumont. Les données du promoteur lui-même¹⁷ (Figure 2) montrent de toute façon que les zones habitées, englobées par l'isocontour de 5 kW/m² le long du corridor maritime pour une brèche de 1,5 m, sont loin d'être négligeables.

FIGURE 2: LES HABITATIONS DE ST-LAURENT ENGLOBÉES DANS L'ISOCONTOUR DE 5 kW/m²



Un autre élément d'explication est celui du respect des normes relatives à l'établissement des zones d'exclusion, notamment la norme CSA-Z276-01. Comme le souligne le Dr. Fay du MIT dans l'analyse qu'il produisit en 2004 sur le projet Beaumont¹⁸ la norme en question ne tient pas compte justement du pire scénario en ce sens qu'elle ignore les effets d'un déversement au delà des premières barrières de confinement (cuvettes de rétention, enceintes de confinement des réservoirs, double coque du méthanier), c'est-à-dire d'un déversement sur terre ou dans l'eau à la suite duquel il pourrait y avoir des conséquences sur de grandes distances; le Dr. Fay y évoque également le fait que la norme en question établit à 5 kW/m² la distance sécuritaire alors que des dommages thermiques à la peau peuvent survenir à partir de de 1,6 kW/m²

¹⁷ Complément à l'étude d'impact sur l'environnement/Réponses aux questions et commentaires des agences réglementaires. Addenda F, septembre 2006, annexe A. PR5-3-2_annA.

¹⁸ Dr. James A. Fay. *Public Safety Issues at the Proposed Beaumont LNG Terminal*. Septembre 2004. DB16.

(Voir la note 4).

Enfin, comme il a été mentionné précédemment, l'approche probabiliste utilisée par le promoteur amène ce dernier à ne pas envisager de mesures de mitigation dès lors qu'un événement a été considéré comme peu probable, imitant en cela, il faut le reconnaître, la plupart des intervenants du domaine industriel qui s'abreuvent aux mêmes sources d'outils logiciels et techniques et partagent le plus souvent l'idéologie selon laquelle

- aucun développement ne s'effectue sans risques et qu'il suffit de confier à des experts le soin de définir le risque acceptable,
- le développement social va de pair avec le développement économique,
- un développement économique constant ne peut se faire sans la contribution des énergies fossiles.

3.3 UNE ANALYSE DES RISQUES DISCUTABLE SUR LE FOND

L'approche la plus courante en sécurité industrielle consiste à évaluer les risques en les définissant et à utiliser une notion composite du risque à savoir le couple fréquence/conséquence. Approche qui mène à appréhender le risque à la baisse dès lors qu'on a attribué à un événement accidentel, même très grave, une occurrence faible; comme si la partie probabiliste du risque avait une influence sur la gravité de l'événement. Pourtant, comme le dit André Dauphiné¹⁹ «Le risque possède une dimension probabilistique qu'une catastrophe n'a malheureusement plus (...) Il n'est pas rare qu'un risque important déclenche une catastrophe de faible intensité, ou l'inverse (...) Il n'y a jamais de concordance, ni temporelle, ni spatiale, ni en intensité, entre le risque et la catastrophe».

Ce décalage entre risque et catastrophe, comme matérialisation dans le temps et dans l'espace d'un grave danger, ne devrait-il pas nous inciter à cette prudence qui consisterait à élaborer des mesures préventives et actives en fonction de la nature et de la vulnérabilité d'un milieu? Cette vulnérabilité étant comprise comme cette capacité à faire face à un événement qui conduirait à un nombre important de victimes et à des dégâts sérieux sur l'environnement, et à atténuer les effets immédiats et à long terme. Prudence d'autant plus nécessaire que bon nombre d'accidents industriels montrent que, le plus souvent, les causes relèvent d'erreurs humaines et de défaillances du matériel imprévisibles ou difficilement prévisibles.

L'expérience industrielle contredit l'approche probabiliste

Nichan Margossian²⁰ cite à cet effet les analyses statistiques menées par le Bureau des risques d'accidents majeurs (BRAM) de l'Union européenne qui fournit les courbes de répartition des accidents déclarés à la base de données MARS (Major accidents reporting system). L'examen de ces courbes révèle que les accidents les plus fréquents sont soit les plus graves soit ceux de plus faible importance (figures 3) et que les erreurs humaines viennent au premier rang des causes premières après les défaillances de composants et les réactions dangereuses (figure 4).

¹⁹ *Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer.* Paris, Armand Collin, 2001. Extraits parus dans *Les risques naturels et technologiques*. no 908, janvier 2005, Collection Problèmes politique et sociaux, La documentation Française.

²⁰ Nichan Margossian. *Risques et accidents industriels majeurs.* Dunod, Collection Technique et ingénierie, 2006. Extrait, chapitre 2.

FIGURE 3: GRAVITÉ DES ACCIDENTS SIGNALÉS À LA BASE DE DONNÉES MARS

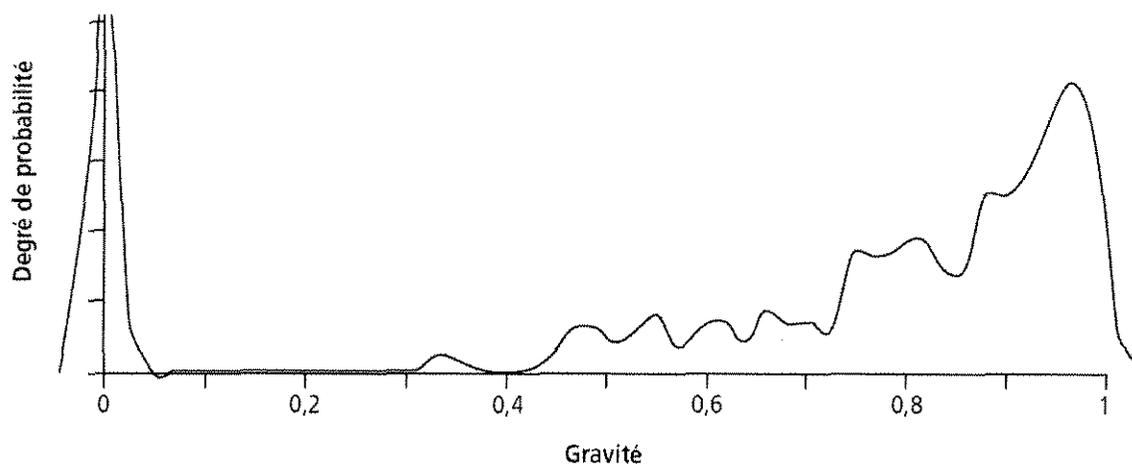
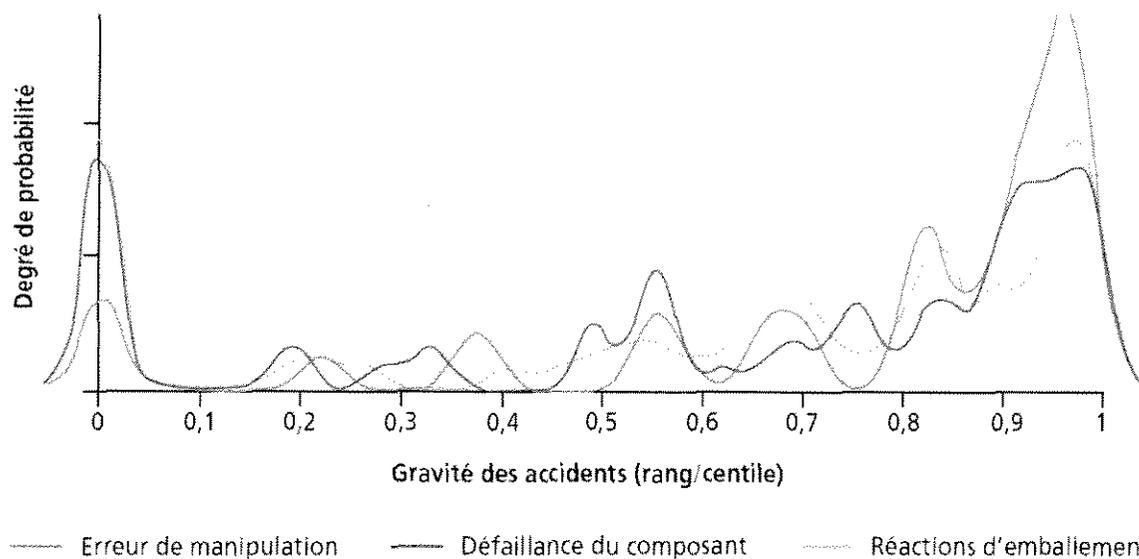


FIGURE 4: CAUSES PREMIÈRES DES ACCIDENTS SIGNALÉS À LA BASE DE DONNÉES MARS



Le réexamen de ces courbes interpelle à deux niveaux. D'abord que les accidents les plus graves sont plus fréquents encore que ceux de plus faible importance; il suffit pour s'en convaincre de procéder à l'intégration de la courbe de la figure 3 sur deux intervalles, le premier entre 0 et 0,2 sur l'échelle «gravité» et le second entre 0,8 et 1,0, et de procéder ensuite à la comparaison des deux aires sous la courbe. Cette opération amène à la conclusion que, parmi l'ensemble des accidents répertoriés, les accidents graves surviennent approximativement 5,7 fois plus souvent que ceux de faible importance. Cette conclu-

Un retour d'expérience à partir d'accidents apparentés

Des incidents et des accidents maritimes

Il est sans doute vrai que la feuille de route de l'industrie du GNL est relativement bonne mais il est aussi probable qu'elle soit entachée dans un proche avenir. La flotte vieillit (les premiers méthaniers ont été construits dans les années 70²²) et grandit (29 nouvelles mise en service prévues en 2007 seulement²²), la circulation maritime se densifie près des côtes, les habitudes s'installent et la vigilance se relâche même au É.U. où la menace terroriste (!) ne semble pas se relâcher.

Un exemple tout récent illustre ce dernier propos. Le 24 décembre dernier, le Savannah Morning News relatait sous le titre «River is no racetrack»²³ un jugement rendu par une cours administrative relativement à la confiscation du permis d'un pilote de cargo citerne pour cause de négligence et de mauvaise conduite. L'article permet d'apprendre que:

- le pilote circulait à une vitesse trop élevée, 12-14 noeuds, à proximité d'un méthanier, le Golar Freeze, en phase de déchargement;
- les oscillations de la vague auraient déstabilisé le méthanier et provoqué le relâchement de 4 de ses câbles d'amarage, les dispositifs automatisés de contrôle ayant heureusement empêché les fuites de GNL;
- les remorqueurs affectés au contrôle du méthanier n'était pas en position appropriée dans le contexte et
- le vigile du Golar Freeze était alors endormi.

Qu'en conclure sinon que l'incident met en relief «l'improbable» conjonction de trois erreurs humaines.

Un accident plus sérieux, survenu cette fois-ci à la pointe est de l'Île d'Orléans en novembre 1999, révèle quant à lui la superposition des facteurs, humains, environnementaux et techniques, dans la séquence d'événements ayant conduit à l'accident; il s'agit de l'échouement avec perte totale de l'Alcor dans la Traverse du Nord. Le rapport du Bureau de la sécurité des transports du Canada²⁴ est éloquent à ce sujet et ses conclusions sont claires:

- «Les effets de l'accroupissement, de la faible profondeur et du courant arrière, s'ajoutant à la vitesse du navire et à la faible profondeur d'eau sous quille, ont contribué à la mauvaise réponse du Alcor à la barre, [...].
- La formation et l'expérience du pilote ne lui permettaient pas de bien estimer et de bien prévoir les effets négatifs de la faible profondeur sous quille sur le comportement du navire. Croyant à tort qu'il s'agissait d'une situation d'urgence, le pilote a pris la place du timonier à la barre et a mis toute la barre pour un léger changement de cap, et il a déclenché une série d'événements qui ont mené à l'échouement.
- [...] la roue du navire a probablement été neutralisée par accident, ce qui expliquerait que le gouvernail n'a pas répondu à la barre pendant un bref moment (15 à 20 secondes) juste avant l'échouement. Vu que le sélecteur n'était pas muni d'une alarme, l'équipe à la passerelle ne s'est pas rendu compte à un moment critique que le sélecteur avait été déplacé.
- L'Administration de pilotage des Laurentides a permis que plusieurs modifications à la réglementation et au contrat de service soient mises en application sans évaluation des risques en bonne et due forme. Cela a permis que de grands navires soient confiés à des pilotes qui n'étaient peut-être pas tout à fait prêts à assumer cette tâche. Le pro-

²² SIMMONS & COMPANY. Integrates Oil Research. April 7, 2005.

²³ «River is no racetrack». Savannah Morning News. 24 décembre 2006. Disponible à l'adresse: <http://savannahnow.com/>

²⁴ BST. Rapport d'enquête sur un événement maritime / Échouement et perte totale du traquier Alcor dans la Traverse du Nord sur le fleuve Saint-Laurent le 9 novembre 1999 et la quasi-collision subséquente entre le navire-citerne Eternity et le porte-conteneurs Camnar Pride le 5 décembre 1999. Rapport numéro M99L0126.

gramme actuel d'apprentissage et de post-apprentissage ne permet pas d'évaluer avec justesse l'habileté des candidats à manoeuvrer de grands navires ou des bâtiments ayant une faible profondeur d'eau sous quille.»

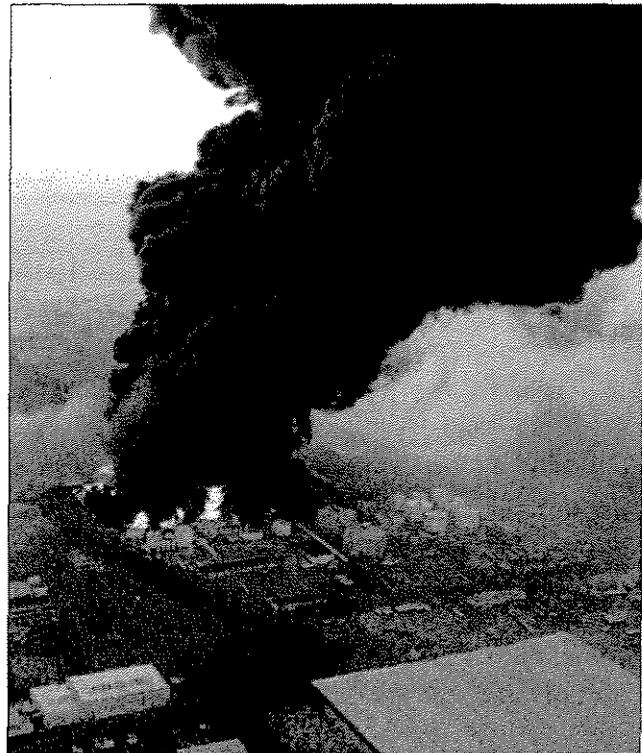
Le même rapport ne manque pas de signaler encore une fois les difficultés de la navigation à cet endroit et, advenant un échouement, l'urgence de déséchouer le navire dans les plus brefs délais: «Le navire doit être renfloué rapidement si l'on veut réduire les risques pour l'environnement et préserver la solidité structurale du navire dans des eaux à haut risque comme celle qu'on retrouve à proximité de la Traverse du Nord. Les eaux entre Québec et la station de pilotage de Les Escoumins peuvent, à bien des égards, être considérées comme des eaux à haut risque. Les éléments suivants, entre autres, présentent des dangers : la brume dense, les courants forts, les vents forts, la forte concentration d'embarcations de plaisance et d'embarcations d'observation des baleines durant la saison estivale, le nombre réduit d'aides flottantes à la navigation durant la saison hivernale, les fortes amplitudes des marées (jusqu'à 7,1 m, à l'Île-aux-Coudres), la formation de glace épaisse, les zones où la profondeur d'eau sous quille est faible et les navires lourds qui traversent régulièrement cette zone (Traverse du Nord) seulement quand la marée est à son plus haut.» Et si c'eût été un méthanier? Situation envisageable puisque c'est justement à cet endroit à haut risque que vont circuler les méthaniers 120 fois par année.

Des accidents industriels

Le choix des exemples d'accidents industriels apparaissant dans le tableau 2 a été dicté par les similitudes que l'on peut établir entre une usine de regazéification de GNL et les installations industrielles où des accidents ont eu lieu. Sur chacun de ces sites:

- on manipule des hydrocarbures légers très inflammables,
- le transport de ces hydrocarbures vers la zone de procédé ou à l'intérieur de l'usine se fait au moins en partie par oléoduc ou gazoduc ou ligne cryogénique,
- on procède à un entreposage densifié dans de grands réservoirs,
- on utilise une technologie qui fait appel aux mêmes appareils: pompes, vannes, échangeurs de chaleur, systèmes de contrôle, etc..

En plus de montrer la défaillance du matériel et des systèmes de contrôle, ces quelques événements illustrent les effets de la libération inopinée d'hydrocarbures légers dans l'environnement: un nuage se forme et s'étend, une source d'ignition l'enflamme, le feu se propage en cascade aux installations voisines, des explosions (gaz semi-confinés?) enveniment le tout. Les dommages en vies humaines et en biens matériels sont considérables, les coûts de reconstruction très importants. Autre phénomène à souligner: les effets dominos. À Skikda par exemple, une innocente chaudière explose, suite à une fuite de gaz semble-t-il, et l'explosion engendre une cascade d'événements qui conduisent à la catastrophe bien au delà des limites du site industriel. Et si cela se produisait sur l'éventuel site de Lévis?



L'accident de Buncefield à ses débuts; les bâtiments entourant le feu seront par la suite entièrement détruits.

TABEAU 2 : CAUSES ET CONSÉQUENCES DE QUELQUES ACCIDENTS INDUSTRIELS RÉCENTS

Identification	Type d'accident	Description	Causes identifiées ou présumées	Conséquences	Éléments d'analyse
11 décembre 2005 Buncefield (1) Angleterre Terminal pétrolier	Explosions et feu de nuage d'hydrocarbures légers issu de la vaporisation d'essence	Débordement d'un réservoir d'essence Formation d'un nuage de vapeur sur une grande partie du site renfermant une quarantaine de réservoirs	Malfonctionnement du système de protection et d'alarme	43 personnes blessées et 2000 évacuées Pertes de plus de 100 millions d'euros Pollution atmosphérique jusqu'en France et en Espagne	<i>Les causes d'explosions si violentes non encore comprises (confinement?)</i> <i>Le feu de nuage enflamme une grande partie du site</i> <i>Défaillance du matériel</i>
19 janvier 2004 Skikda (2) Algérie Usine de liquéfaction de gaz naturel	Explosion et incendie	Une chaudière explose et provoque une autre explosion et un incendie de vapeur Trois unités du complexe détruites	Entretien superficiel d'une chaudière défectueuse? Explosion de la chaudière suite à une fuite de gaz?	27 morts et 72 blessés (travailleurs) Reconstruction: 800 millions \$ 450 millions versés par l'assureur Des vitres volent en éclats dans une grande partie de la ville	<i>Effet domino</i> <i>Feu de nuage</i> <i>Défaillance du matériel</i> <i>Erreur humaine?</i>
19 novembre 1984 SanJuan IXHUATEPEC (3) Mexique Stockage de gaz de pétrole liquéfié	Feu de nuage de GPL BLEVE (boule de feu) Explosions en série	Durant le remplissage d'un réservoir de GPL, une canalisation se rompt. Un nuage se forme et s'allume à une torchère proche. Une boule de feu au niveau du sol se forme. Des explosions se succèdent.	Rupture d'une canalisation sous pression	500 morts, 7 000 blessés, 39 000 évacués	<i>Effet domino</i> <i>Feu de nuage</i> <i>BLEVE</i> <i>Défaillance du matériel</i>

(1) BUNCEFIELD Initial Report to the Health and Safety Commission and the Environment Agency of the investigation into the explosions and fires at the Buncefield oil storage and transfer depot, Hemel Hempstead, on 11 December 2005.

(2) « Reconstruction des unités détruites de Skikda. Une facture de 800 millions de dollars ». Le Quotidien d'Oran, 22 janvier 2004 et « Calastrophe de Skikda. 27 morts et 72 blessés à déplorer ». Africa.com., mardi 20 janvier 2004, par Saïd Aït-Harrit.

(3) Ministère de l'écologie et du développement durable, Direction de la prévention des pollutions et des risques SEI / BARPI. Base de données accessible sur www.aria.ecologie.gouv.fr.

L'omission des effets dominos

Comme on l'a dit précédemment, l'approche classique de l'analyse des risques procède par segments. L'événement accidentel est cloisonné dans l'espace et parfois dans le temps de telle sorte que l'après-événement est évacué et que les effets dominos, si souvent constatés dans les accidents industriels, ne sont pas pris en compte.

Prenons l'exemple d'un feu de nappe à proximité d'un méthanier à quai au début du déchargement, que l'on pourrait décrire comme suit:

- une collision à la suite de laquelle apparaît une brèche dans un réservoir du méthanier à la hauteur de la ligne de flottaison;
- un déversement d'une partie du réservoir crevé;
- la formation et l'inflammation de la nappe de GNL à proximité du navire.

Et après? Surtout si l'on ne dispose pas de moyens à la hauteur pour éteindre l'incendie? Si l'on ne peut s'approcher suffisamment de la flamme pour l'éteindre à cause de la radiation trop intense? S'il s'avère impossible de colmater la brèche?

- Au début du déchargement, alors que les caissons de ballast sont vides, le GNL qui va s'y engouffrer ne va-t-il pas provoquer la fragilisation-fracturation de l'acier des 2 coques et ainsi aggraver les dommages déjà créés par la collision?
- Ou au contraire, l'intense chaleur dégagée par la nappe sur le flanc du navire ne va-t-elle pas faire fondre l'acier de la coque et des éléments de structure et détruire l'isolant des cuves de GNL, fragiliser le navire dans son intégrité, provoquer la rupture d'autres réservoirs et multiplier les fuites ²⁵? (Voir la note 6).
- Une fois le réservoir vidé de cette partie de son contenu se trouvant au-dessus de la ligne de flottaison, l'eau ne va-t-elle pas pouvoir pénétrer à l'intérieur du réservoir, réchauffer et vaporiser une partie du GNL résiduel, provoquer une surpression, générer un souffle de gaz qui va alimenter le feu de nappe et en multiplier les effets thermiques et/ou en allonger la période ²⁶? (Voir la note 1).

Ces questions auxquelles l'étude d'impact n'apporte pas de réponses n'en restent pas moins pertinentes. Plusieurs études, dont celle de Sandia, invoquent ces scénarios sans pour autant y apporter d'éclaircissements faute d'outils de modélisation adéquats.

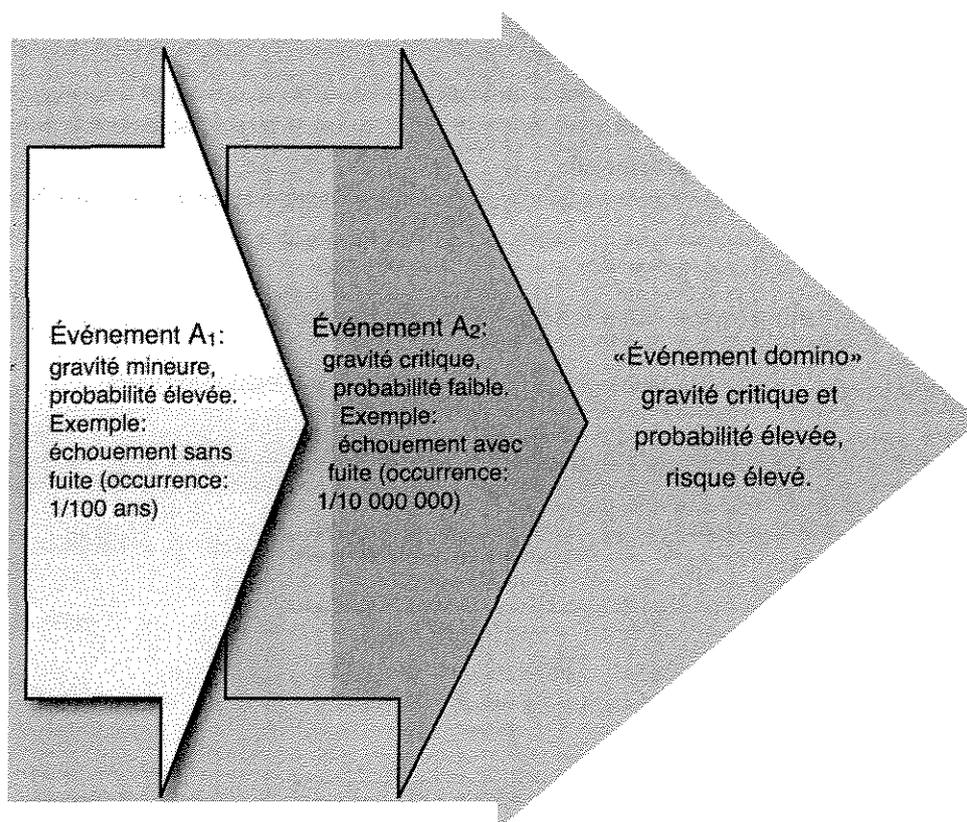
En résumé, on ne sait trop ce qui va se passer dans des situations accidentelles et cette incertitude est inquiétante d'autant plus que l'expérience en ce domaine montre que les barrières virtuelles dressées autour d'un segment d'accident pour les fins des calculs théoriques n'ont rien à voir avec la réalité sur le terrain.

Ces effets dominos si souvent observés expliqueraient, c'est une hypothèse, pourquoi les pronostics de l'analyse probabiliste des risques ne s'accordent pas avec l'expérience industrielle; en effet, évaluer les conséquences d'un événement isolé, de gravité mineure par exemple mais avec une fréquence élevée, amènerait à un résultat qui n'a rien à voir avec les autres événements d'une séquence domino qui eux, pourraient être beaucoup plus graves, de telle sorte que l'accident grave aurait cette fois-ci une probabilité élevée, donc un risque élevé! (Voir l'encadré de la page suivante). L'exemple de la figure 5 illustre ce propos: le premier événement, l'échouement sans fuite, n'a pas de graves conséquences dans l'immédiat mais, de l'impossibilité de procéder rapidement au renflouage, s'ensuit, après quelques cycles de marées, une altération de la structure du méthanier qui provoque une rupture de réservoir qui laisse s'échapper son contenu dans l'eau...

²⁵ SANDIA REPORT. *Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied Natural Gas (LNG) Spill Over Water*. Sandia National Laboratories, déc. 2004.

²⁶ «Consequences of underwater releases of LNG». Courriel acheminé à John Baik, de DNV.

FIGURE 5: UN PREMIER ÉVÉNEMENT MINEUR DÉCLENCHE UN AUTRE ÉVÉNEMENT CRITIQUE



Soit: • deux événements accidentels A_1 (mineur, occurrence élevée) et A_2 (critique, occurrence faible), tous deux à faible risque,
 • A_1 déclenche A_2 : effet domino (D).

On peut présumer que les conséquences de D seront la somme des conséquences de A_1 .

Ainsi, $C_{\text{domino}} = C_{A_1} + C_{A_2} \approx C_{A_2}$ puisque $C_{A_1} \ll C_{A_2}$;

$$C_{\text{domino}} \approx C_{A_2}$$

De même, puisque c'est A_1 qui déclenche A_2 , l'événement domino possède la fréquence de A_1 ;

$$f_{\text{domino}} = f_{A_1}$$

Conclusion: l'événement domino possède la fréquence de A_1 , élevée, et aura les conséquences de A_2 , également élevées: risque élevé. 1

Une alternative à l'approche probabiliste

Le tableau 3 qui suit suggère une alternative à l'approche probabiliste qui se justifierait surtout dans le cas d'installations industrielles à implanter dans des zones résidentielles occupées. Cette autre perspective s'appuierait sur les principes suivants:

- Pour les événements graves pouvant survenir à proximité de zones habitées, le calcul de risques devient un calcul de conséquences; en d'autres termes, on admet au point de départ que l'événement accidentel étudié va se produire ($F_{\text{occurrence}} = 1$) et donc que Risque = Conséquence.
- Apprécier les conséquences d'un événement en invoquant le pire scénario accessible au calcul, par exemple envisager la vidange complète d'un des réservoirs du méthanier lors d'un déversement à partir d'une brèche de 5 m².
- Définir le risque acceptable aux limites de 1,6 kW/m² et 1/2 LII.

TABLEAU 3 : UNE ALTERNATIVE À L'APPROCHE PROBABILISTE APPLICABLE EN ZONES HABITÉES

Risque	Fréquence d'occurrence	Conséquences	
Nombre de décès probables sur une période donnée.	Probabilité qu'un événement survienne.	Gravité de l'événement (impacts sur les humains, leurs biens et l'environnement).	<i>Application classique dans étude d'impacts</i>
Les décès exigent un couple flux radiatif-temps plus élevés que les brûlures et ce choix réduit la zone de danger.	Probabilité évaluée sur la base de données internationales pondérées de façon arbitraire.	Scénarios faibles. Pire accident: brèche de 750 mm; feu de nappe...	CRITIQUE
Risque acceptable aux limites de 1,6 kW/m ² et 1/2 LII.	En zone habitée, choix d'une fréquence égale à l'unité.	Pires scénarios selon études disponibles dont feu de nuages.	ALTERNATIVE

4. Conclusion

Les dangers associés à la chaîne du GNL ont ceci de particulier qu'ils risquent de mener à la catastrophe du fait de l'extraordinaire concentration en énergie du produit et à cause surtout de la capacité du gaz qu'il peut générer très rapidement à une combustion très rapide et facilement initiée.

Ces risques pourraient à la rigueur être acceptés, moyennant certaines conditions relatives à la sécurité, dans un contexte de disparition subite d'une source d'énergie essentielle au fonctionnement d'une société. Mais la situation est aujourd'hui tout autre. C'est la surconsommation d'énergie qui met en péril la survie même de nos sociétés.

Voilà pourquoi il faut mettre un frein à cette boulimie énergétique qui non seulement menace la planète mais perpétue les injustices à la base des guerres; guerres qui minent les sociétés humaines et dans lesquelles s'engouffrent des ressources qui pourraient justement être consacrées à la résolution de ses problèmes.

5. Notes

1 Consequences of underwater releases of LNG

Stephen Shaw, John Baik *, Robin Pitblado
Det Norske Veritas (USA), Inc., Houston, TX 77084
email: John Baik (john.baik@dnv.com)
*Correspondence to John Baik, Det Norske Veritas (USA),
Inc., Houston, TX 77084

ABSTRACT

The potential outcome of marine incidents involving liquefied natural gas (LNG) is of significant interest, but most work has examined above-waterline releases onto the sea surface. This paper examines the likely discharge rate and changes in hazard zones for underwater releases of LNG compared to surface releases. The discharge rate calculation for underwater LNG releases is more complex than that for the above-waterline case because of the initial ingress of water into the LNG tank. The entry of water into the LNG storage tank will cause a small positive pressure in the tank and increase the LNG discharge rate through the hole. This report, which identifies some uncertainties, while discussing the sequence of development for such LNG incidents, would support planning for larger-scale experimental projects. © 2005 American Institute of Chemical Engineers Process Saf Prog, 2005

2 «Il est communément admis que les effets thermiques dépendent d'une variable dite de charge thermique en $\varphi^{3/3}t$, où φ est la densité de flux thermique reçue (en kW/m²) et t la durée d'exposition à cette densité de flux (en secondes)». Document cité, page 68.

3 «M. Bo Cerup Simonsen, spécialiste en chef des structures chez DNV, s'est basé sur son jugement pour évaluer la dimension probable des brèches. On note parmi ses qualifications : chef du groupe d'hydrodynamique et de structure de DNV, docteur en génie mécanique, professeur agrégé à l'Université technique du Danemark, co-organisateur en 2001 de la 2e Conférence internationale sur les collisions et l'échouement, codéveloppeur au Massachusetts Institute of Technology (MIT) d'un modèle sur les collisions utilisé aux États-Unis et auteur de plus de 50 articles techniques sur le sujet des collisions et de l'échouement. Sverre Vålsgard, un de ses collègues dans le groupe d'hydrodynamique et de structure, qui possède également une bonne expertise en collisions et en échouements, a participé à l'exercice. L'opinion de M. Simonsen s'appuie sur les données statistiques relatives aux collisions et à l'échouement fournies dans le guide de conception pour les nouveaux navires-citernes de l'OMI / 11/. Comme ce document ne couvre pas tous les types de navires, il s'est basé sur son jugement pour évaluer

les dimensions probables des brèches. L'information statistique sur les dommages est non dimensionnelle par rapport à la taille du navire principal et la quantité de données effectives sur les dommages ne permet pas une analyse détaillée et précise, comme celle qu'on obtient avec la méthode des éléments finis. Selon DNV, seules des expériences concrètes pourraient donner des dimensions de brèches réalistes; les modèles sont tous fondés sur de multiples hypothèses et il en découle de grandes incertitudes. L'approche utilisée ici est donc considérée comme une évaluation approximative de l'étendue des dommages possibles. On pose comme hypothèse que la distance entre la coque extérieure et la cuve de GNL est de 2 m, que sa capacité de déformation est de 3 m et qu'un enfoncement de moins de 5 m ne cause pas de fuite. Sur la base de ces hypothèses, les données statistiques montrent que seulement 10 % des collisions et des échouements produisent des avaries causant une fuite. Dans le cas des événements menant à une fuite, la probabilité d'obtenir une brèche entre 0 et 1 500 mm est pratiquement égale pour toutes les dimensions comprises dans l'intervalle. La dimension moyenne de l'orifice par lequel se ferait le déversement est donc de 750 mm. Le JSP a retenu une dimension de 750 mm comme étant le maximum plausible dans le cas d'un échouement ou d'une collision.

(ii) Dimension de la brèche – Acte terroriste

L'analyse quantitative ne couvre pas les actes terroristes. Durant la réunion HAZID, le risque terroriste a été jugé faible et la probabilité d'un tel événement est difficile à évaluer. Le JSP a retenu une dimension de 1 500 mm comme étant le maximum plausible dans le cas d'un acte terroriste. Les conséquences d'un tel événement sont cependant étudiées dans ce rapport». Référence citée.

4 « First of all, CSA's regulations ignore 'worst case' spills, in which the primary containment system, whether on land or marine tanker, fails, allowing LNG to spill onto ground or water, where it would evaporate or burn. Because the lateral extent of such spills would be so much greater than those considered in the CSA regulations, it is to be expected that their harmful effects would exist very far beyond the site boundaries, including the marine tanker route to the terminal.

Secondly, CSA allows damaging thermal radiation beyond the site boundary as long as its level is below 5 kilowatts per square meter. However, it is not until the thermal radiation intensity falls below 1.6 kilowatts per square meter that there is no damage to exposed humans. A safe radiation distance for fires would be that for which the thermal radiation level does not exceed 1.6 kilowatts per square meter. Distances at which the radiation exceeds this value would define a thermal radiation danger zone. To show how public safety can be adversely affected by credible spills that have been

overlooked by the CSA standard, we have calculated [...]»
Référence citée.

5 Rapport d'enquête sur un événement maritime
Échouement et perte totale
du vraquier Alcor
dans la Traverse du Nord,
sur le fleuve Saint-Laurent
le 9 novembre 1999
et

la quasi-collision subséquente entre
le navire-citerne Eternity et
le porte-conteneurs Canmar Pride
le 5 décembre 1999

Rapport numéro M99L0126

Résumé

Le 9 novembre 1999, le vraquier chargé Alcor remontait le fleuve Saint-Laurent en direction de Trois-Rivières (Québec) sous la conduite d'un pilote. À 14 h 44, au cours d'un changement de route sur tribord, le navire s'est échoué près de la pointe est de l'île d'Orléans. Une opération de renflouement tentée le lendemain soir a permis de dégager le navire pendant quelque temps, mais le navire s'est échoué de nouveau non loin de l'endroit où il s'était échoué la première fois. Le Alcor a subi d'importantes avaries à la coque, à peu près au milieu du navire, à cause des contraintes de flexion qui se sont exercées sur la coque pendant les cycles de basse mer successifs.

La coque endommagée a été réparée de façon temporaire, et environ la moitié de la cargaison a été transbordée sur de plus petits bâtiments. Le 5 décembre 1999, le Alcor a été renfloué et amené au port de Québec (Québec). Le navire a été déclaré une perte totale.

Pendant que le Alcor était en train d'être renfloué et plus tard, lorsque des remorqueurs l'aidaient à remonter le fleuve, la partie de la Traverse du Nord du fleuve avait été fermée. En raison de cette fermeture spéciale, plusieurs navires descendant se sont retrouvés au mouillage en amont de ce secteur. Après la réouverture du chenal, plusieurs navires ont voulu quitter leur mouillage en même temps. Pendant cette période, deux navires ont failli entrer en collision : le navire-citerne Eternity qui faisait route, et le porte-conteneurs Canmar Pride qui était au mouillage.

6 «The insulation used in LNG ships varies considerably, from rigid foams to bulk zeolite-type materials. The susceptibility of these insulation materials to either burning or thermal degradation also varies considerably. Many LNG vessels use foam insulation materials that include polystyrene, polyurethane, phenolic resin, and hybrid foam systems. [Kawasaki 2003] [Kvaerner-Masa 2003,2004] [OTA 1977] These foams are considered combustible to slightly-

combustible; meaning, they will burn when exposed to an open flame, as might occur in abreach with a resulting fire. Of greater importance, though, is that these foams will begin to decompose at temperatures of about 550° K. Because an LNG fire can be expected to burn at temperatures of approximately 3000°F, thermal loading on the LNG vessel from an engulfing fire, if sufficient in duration, could lead to heat transfer through the structure, decomposition of the foam, and an increase in the LNG volatilization rate in an impacted cargo tank. This could lead to rupture or collapse of the tank, additional damage to the LNG vessel, and greater hazards to both the public and property. [...] The results, though, do suggest that damage to adjacent containers from an LNG spill and fire cannot be ruled out and should be carefully considered, especially in operations in highconsequence areas. Based on our analysis, it appears that one to two adjacent LNG cargo tanks might be affected at any one time from an LNG spill and fire. Efforts to manage the hazards from the impact of an LNG fire on adjacent cargo tanks should consider a combination of risk management approaches.» SANDIA REPORT, p. 150 et suivantes.

7 «On sait depuis plusieurs années -- parce que des dizaines d'études le confirment -- que le réchauffement du climat s'accélère, au point de rejoindre certains scénarios parmi les plus pessimistes, ajoute le directeur d'Ouranos. Mais on ne sait pas encore où se situe exactement le seuil à partir duquel le réchauffement s'emballerait grâce à la libération des millions de tonnes de CO₂ emprisonnées dans le pergélisol ou des millions de tonnes de méthane solide -- 22 fois plus efficace que le CO₂ comme gaz à effet de serre (GES) -- qui dorment sur le plancher des océans à très grande profondeur. Sans parler des impacts de l'arrêt de l'oscillation de l'océan Atlantique et du Golf Stream, dont dépend le climat européen.

«Ce qu'on sait cependant, explique André Musy, c'est qu'il est pratiquement inévitable que le climat de la planète se réchauffe de 4 à 5 °C d'ici 2050, car on ne peut pas retirer de l'atmosphère terrestre les énormes quantités de GES émises depuis 10 ou 15 ans, qui vont y rester encore longtemps. L'effet de ce réchauffement variera selon les régions. Dans le nord du Canada, on parle d'un réchauffement qui pourrait atteindre 7 à 8 °C si la couverture de neige s'y modifie sensiblement. Même si la marge d'erreur dans ce domaine demeure relativement importante, il faut constater que tous les modèles mathématiques convergent dans la même direction.» Référence citée.

8 «Le climat vous souhaite une bonne et chaude année 2007

Martin Beniston, Professeur, titulaire de la chaire de climatologie de l'Université de Genève

Alors que le début de l'année 2007 prolonge la douceur record des mois qui l'ont précédé, on est en droit de se de-

mander combien de rapports IPCC* seront encore nécessaires pour sortir le monde de sa léthargie.

Il ne se passe plus un jour sans que la presse fasse état d'un événement d'ordre climatique quelque part dans le monde: typhon meurtrier en Asie du Sud-Est, dislocation de la banquise dans l'Arctique et l'Antarctique, inondations exceptionnelles en Chine, sécheresse du siècle en Australie, progression de l'aridité en Afrique, etc. [...].

Que va nous apprendre le 4e rapport d'évaluation de l'IPCC? Pas de grandes nouveautés, son contenu sera plutôt un affinement des résultats du précédent rapport, publié en 2001. Si le rapport de 2001 prévoyait un réchauffement global de 2 à 6 °C, l'une des conclusions du rapport 2007, encore officieuse mais déjà citée dans la presse, est que l'on se situera très probablement dans le haut de cette fourchette. Les conséquences négatives d'un tel réchauffement sur l'hydrologie, l'agriculture, les écosystèmes, les glaces polaires et le niveau des océans seront plus importantes que prévu. Les coûts pour se prémunir contre les risques associés seront donc beaucoup plus lourds à supporter, comme l'indique par exemple le rapport Stern publié en Grande-Bretagne en novembre dernier.

Le climat, on le sait, est un système très complexe et qui fait intervenir de nombreux aspects environnementaux et socio-économiques. De manière non exhaustive, on peut citer les éléments suivants qui, chacun à leur manière, contribuent à la problématique du réchauffement climatique:

L'inertie du système climatique: Quoique l'on fasse aujourd'hui, l'effet de serre dû aux activités humaines continuera à déployer ses effets pendant encore de nombreuses décennies, car une fois dans l'atmosphère, un gaz comme le CO₂ y réside pendant près de deux siècles. En réaction aux gaz à effet de serre émis depuis le début de l'ère industrielle au XIXe siècle, le climat continuera à se réchauffer même si toutes les émissions devaient s'arrêter demain déjà. Dès lors, si l'on ne peut pas pour l'instant arrêter le réchauffement, il est néanmoins possible de tenter de contrôler son amplitude pour minimiser les risques associés.

Le rôle des carburants fossiles: Le secteur du pétrole, du charbon, du gaz naturel et du bois est responsable de plus de 75% des émissions anthropiques de carbone. Même avec les prix actuellement élevés du baril et la raréfaction programmée du pétrole, les carburants fossiles dominent tous les autres secteurs énergétiques. Vu les faibles niveaux d'investissement pour encourager le développement d'autres technologies, il n'existe pour l'instant aucune alternative pour assurer durablement l'approvisionnement énergétique de la planète. La demande en énergie ne cessera de croître au fur et à mesure que les pays émergents commenceront à consommer massivement à leur tour, à l'instar de la Chine, de l'Inde ou du Brésil, malgré les progrès réalisés au niveau des économies d'énergie et de la consommation des moyens

de transports. Les carburants riches en carbone continueront à dominer le marché de l'énergie et donc à doper les tendances climatiques actuelles.

[...] Aujourd'hui déjà, les notions d'aménagement du territoire et de développement durable urbain semblent partout balayées par un développement quasi anarchique des métropoles, dont la dynamique propre paraît échapper à tout contrôle. Dans ces conditions, comment favoriser la gestion de la mobilité et de l'approvisionnement énergétique, principales sources de gaz à effet de serre au coeur des grandes villes?

[...]

Alors que le Centre météorologique britannique annonce que 2007 risque fort d'être l'année la plus chaude jamais enregistrée, il est urgent que le débat d'aujourd'hui ne se situe plus au niveau de la réalité du changement climatique mais qu'il se focalise sur les stratégies à mettre en oeuvre afin d'en minimiser les risques pour nos sociétés et l'environnement planétaire.

On se prend même à rêver qu'en 2007, une année où le climat fera certainement parler de lui à plus d'une occasion, la Suisse prenne un rôle de leader dans le dossier climat au même titre qu'elle offrait ses bons offices pour résoudre les conflits d'antan. Car la résolution (partielle) du problème climatique passe non seulement par l'économie et la technologie, mais aussi par la diplomatie. On tiendrait ici un réel projet fédérateur qui nous changerait des querelles partisanes habituelles...

* Intergovernmental Panel on Climate Change; en français le GIEC: Groupe Intergouvernemental pour l'étude de l'Évolution du Climat, dont le 4e rapport d'évaluation est attendu pour le mois de février.

