



## QUESTION

La commission apprécierait recevoir vos réactions à propos du rapport ci-joint, rapport rédigé par le Laboratoire de recherche en explosifs de Ressources naturelles Canada dans le cadre du processus TERMPOL du projet Rabaska. La commission est particulièrement intéressée à recevoir vos réactions et commentaires à propos de ce qui est de:

- I. l'utilisation du facteur de pondération K en matière d'évaluation des périodes de retour concernant les risques d'échouement dans les secteurs navigables du fleuve entre le détroit de Cabot et Ville-Guay;
- II. l'opportunité d'inclure dans l'analyse les conséquences possibles de recours à un havre-refuge par un méthanier en situation d'urgence;
- III. l'opportunité d'utiliser des diamètres moyens plutôt que des superficies moyennes dans les calculs des conséquences des déversements résultant des brèches suite à des collisions ou des actes intentionnels;
- IV. l'opportunité d'utiliser la nappe à l'équilibre versus la nappe initiale pour l'évaluation des conséquences des feux de nappe, le tout en fonction des commentaires du rapport;
- V. la méthodologie suivie en matière d'élaboration de l'arbre d'événements (Fault Tree), et de l'évaluation des risques (notamment pour ce qui est de l'absence d'évaluation plus précise du nombre de victimes, et de l'utilisation de données démographiques des zones habitées le long du chenal de navigation);
- VI. la méthodologie qui s'impose en matière de détermination des rayons de zones d'exclusion.

## RÉPONSE

### 1. PRÉAMBULE

Ce rapport produit par le Laboratoire de recherche en explosifs de Ressources naturelles Canada (RNCAN) dans le cadre du processus TERMPOL du projet Rabaska date de juin 2006.

De nombreuses interrogations et sujets de ce rapport ont été transmis à Rabaska sous forme de questions provenant du Comité d'Examen Termpol (CET). Il y a eu en tout trois séries de questions en juin et juillet 2006, plus une séance de clarifications sur des points particuliers en novembre 2006.

Les questions du CET portaient sur des sujets variés et émanaient de l'ensemble des membres du CET, y compris les représentants de RNCAN. Rabaska a répondu à l'ensemble de ces questions dans trois documents envoyés au CET en août, octobre et novembre 2006.

Le rapport du Laboratoire de recherche en explosifs de RNCAN est un document de travail suite à l'examen préliminaire des documents déposés par Rabaska dans le cadre du processus d'examen Termpol, ce rapport a été rédigé avant les échanges de clarification entre le CET et Rabaska.

Nous donnons ci-dessous nos réactions à la lecture de ce rapport. La majeure partie du texte qui suit provient des questions/réponses échangées avec le CET après l'émission du rapport de RNCAN ou des questions échangées avec l'ACÉE et le MDDEP. Lors des échanges avec le CET, le français et l'anglais sont utilisés indifféremment.

## **2. SYNTHÈSE**

Nous reprenons ci-dessous les 6 points soulevés par la Commission dans la question C83. Pour chaque point nous donnons la synthèse de nos réactions et de nos commentaires. Des commentaires détaillés sont donnés au chapitre 3 de ce document.

- I. L'utilisation du facteur de pondération K en matière d'évaluation des périodes de retour concernant les risques d'échouement dans les secteurs navigables du fleuve entre le détroit de Cabot et Ville-Guay.

L'utilisation de coefficients d'ajustement est une pratique courante et reconnue en analyse des risques. DNV est parti de chiffres généraux et conservateurs provenant de bases de données. Des coefficients d'ajustement permettent de tenir compte des particularités locales.

Les résultats ont été confrontés aux statistiques issues du retour d'expérience de la navigation sur le Saint-Laurent depuis 1994. Ceci a validé la méthode employée par DNV et a démontré le caractère prudent de la démarche et de la définition des facteurs K.

- II. L'opportunité d'inclure dans l'analyse les conséquences possibles de recours à un havre-refuge par un méthanier en situation d'urgence

Le recours à un port de refuge est une situation exceptionnelle, qui peut être motivée par des raisons variées. La désignation des ports de refuge est du ressort des autorités canadiennes.

Le recours à un port de refuge a pour objectif de mettre le navire en sécurité en attente d'assistance ou de réparation. Cette situation est bien contrôlée et suivie. Dans ce cas, le niveau de risque, pour la population et pour le navire, est plus faible que le niveau pour le navire dans la voie navigable. Ces situations, exceptionnelles, représentent un niveau de risque moins élevé que celles décrites dans l'analyse des risques. Il ne nous semble donc pas opportun d'inclure les ports de refuge dans l'analyse.

- III. L'opportunité d'utiliser des diamètres moyens plutôt que des superficies moyennes dans les calculs des conséquences des déversements résultant des brèches suite à des collisions ou des actes intentionnels.

Le sujet de la taille de la brèche a fait l'objet de nombreuses discussions. La difficulté de cette question est principalement due au fait qu'il n'y a jamais eu de brèche sur des cuves de méthanier depuis l'origine du transport maritime de GNL. En d'autres termes, basée sur le passé, la taille maximum crédible d'une brèche est 0! Les dimensions utilisées dans les différentes

études sont des évaluations reposant soit sur des modélisations de collision ou d'échouement, soit sur des jugements d'expert.

La taille maximum crédible d'une brèche accidentelle proposée par DNV a été déterminée par un groupe d'experts à partir d'analyses structurales, d'une revue de la littérature et du retour d'expérience de l'industrie du GNL depuis 40 ans.

Selon DNV, les études de collision ou d'échouement sont effectuées pour déterminer la taille d'une brèche et non sa surface. Les distributions se font en fonction du diamètre de la brèche. C'est la pratique courante (voir par exemple les études de collision pour tous les types de navire dans le cadre du projet européen HARDER). L'utilisation de la surface fausserait les données et conduirait à utiliser un diamètre de brèche qui est au-delà de ce que DNV considère comme maximum crédible.

- IV. L'opportunité d'utiliser la nappe à l'équilibre versus la nappe initiale pour l'évaluation des conséquences des feux de nappe, le tout en fonction des commentaires du rapport.

D'abord, il importe de souligner les différences de terminologie utilisées dans l'industrie. Le terme « nappe initiale » utilisé par DNV et Rabaska fait référence à la taille maximale (et qui dure quelques secondes) d'une **nappe non enflammée**.

Il a aussi été démontré que s'il y avait inflammation d'une nappe au moment exact de sa taille maximale (« nappe initiale »), les effets thermiques seraient du même ordre que ceux d'un de feu de nuage (c'est-à-dire peu de rayonnement thermique). Le rayonnement thermique est à son maximum pour le feu bien développé de la nappe à l'équilibre (« sustainable pool size »).

Nous n'avons pas trouvé d'autres études qui utilisent la taille maximale d'une nappe non enflammée pour établir les effets (distances) du rayonnement thermique. Au contraire, les autres études utilisent soit une nappe à l'équilibre comme DNV (SANDIA), soit la taille maximale d'une nappe enflammée au début de sa formation (ABS). Dans ces deux cas (ABS et SANDIA), les distances de rayonnement thermique pour une nappe de même taille sont très en accord avec celles de DNV.

- V. La méthodologie suivie en matière d'élaboration de l'arbre d'événements (Fault Tree), et de l'évaluation des risques (notamment pour ce qui est de l'absence d'évaluation plus précise du nombre de victimes, et de l'utilisation de données démographiques des zones habitées le long du chenal de navigation).

Les arbres d'événements ont été mis en œuvre par DNV en gardant une approche prudente (voir plus loin la comparaison avec SANDIA). Ainsi, les distances de conséquences ont été arrondies au kilomètre supérieur pour évaluer le nombre potentiel de victimes. L'utilisation de densité de population nous semble légitime pour évaluer les risques le long du trajet du méthanier. L'approche est faite pour l'ensemble de chaque tronçon et non pour des points particuliers du trajet du méthanier. Une approche « moyenne » utilisant les densités de population est tout à fait suffisante dans ce cas. Dans les zones où le méthanier est plus proche de la rive (de la Traverse du Nord jusqu'au quai) des courbes de risques ont été générées et

démontrent que le niveau de risque est très faible le long du parcours du méthanier.

VI. La méthodologie qui s'impose en matière de détermination des rayons de zones d'exclusion.

Encore une fois il y a ici un problème de terminologie ou de définition du terme « zone d'exclusion ».

Les zones d'exclusion définies par les normes sont basées sur des scénarios précis prescrits par ces normes. Ces zones s'appliquent autour des installations du terminal et interdisent la présence de résidences ou d'autres bâtiments.

Une zone de 50 m a été proposée au CET. Elle s'applique entre le méthanier à quai et les autres embarcations. C'est une mesure de prévention pour éviter la présence de sources d'inflammation potentielles pendant les opérations de déchargement.

Enfin, le rapport de RNCAN parle d'une zone pour le plan d'urgence qui n'est pas une « zone d'exclusion ». Cette zone n'est pas encore définie. Elle le sera de manière définitive quand le projet Rabaska sera analysé par le CMMI. La proposition de 1,6 km du rapport de RNCAN nous semble réaliste et cohérente avec la pratique sur des terminaux existants.

### **3. COMMENTAIRES DÉTAILLÉS**

Le texte repris du document de RNCAN est cité en caractères italiques.

Plusieurs des points soulevés par RNCAN ont aussi fait l'objet de questions transmises soit par l'ACÉE soit par le MDDEP. Enfin, certains sujets ont largement été discutés pendant la première partie des audiences publiques du projet Rabaska.

Pour faciliter la lecture du document, nous reprenons dans l'ordre les différentes sections du document de RNCAN.

#### **3.1 Page 2 - HAZID study (Étude HAZID)**

*"Although the Qualitative Risk Assessment claims to have addressed the problem of terrorism, the HAZID sheets in the Appendix of Study 3.15 do not contain any typical scenarios relating to terrorism. .../..*

*While it may be correct that terrorist attacks may be low risk, the problem merits a more detailed analysis than was presented in the TERMPOL submission. Some effort should be made to justify the conclusion. .../..*

*Hazard 7, Terrorism - This is very incomplete, no risk or consequence assigned, explosives not covered. "*

Il convient tout d'abord de rappeler que les directives Termpol ne nous demandent pas d'étudier le risque terroriste, mais les « déversements accidentels » (voir section 3.15 du guide Termpol).

Cependant, Rabaska a ajouté un scénario lié à un acte terroriste. Ce scénario est étudié uniquement en termes de conséquences (rayonnement thermique et dispersion).

L'analyse des risques maritimes ne contient pas de détails sur les scénarios intentionnels possibles ni sur les mesures de sûreté pour prévenir ces types d'acte. En effet, les aspects sûreté sont par nature confidentiels. Ils ne sont traités ni dans les documents Termpol ni dans l'étude d'impact qui est publique. L'étude d'impact donne un aperçu des mesures de sûreté, sans rentrer dans les détails et sans donner d'information sur l'organisation qui sera mise en place pour assurer la sûreté des installations (Tome 3, Chapitre 4, Section 4.8.11). Les risques spécifiques liés à la sûreté des installations et des opérations sont traités dans un document à part, le plan de sûreté du terminal.

Ce plan de sûreté préliminaire a été transmis à Transports Canada qui l'a analysé et qui a conclu que les procédures de prévention, de détection et de sûreté telles que décrites dans le plan de sûreté préliminaire sont conformes aux critères d'approbation et d'émission d'un certificat de conformité en vertu du Règlement sur la sûreté du transport maritime (voir document DA46).

Le scénario d'acte terroriste sera considéré lors de l'élaboration du plan des mesures d'urgence qui sera complété au moins six mois avant le début de l'exploitation du terminal.

Enfin, une étude spécifique du risque terroriste a été menée pour Rabaska (document DA6 déposé à la Commission).

*"Another scenario which does not appear to have been addressed in the HAZID is that of a LNG carrier in a harbour other than the LNG terminal. ... This risk should be identified. Furthermore it would be useful to see mitigating options, contingency plans, and a list of acceptable harbours of refuge."*

La question des ports de refuge a fait l'objet d'échanges entre le CET et Rabaska.

Le terme de port de refuge ici est pris en tant que port où le navire a la possibilité de venir au mouillage pour de petites réparations telles que des avaries sur du matériel électronique, informatique, réparations machine... qui nécessitent l'intervention d'un spécialiste ou d'une équipe avant que le navire puisse transiter, en toute sécurité, de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent jusqu'au terminal méthanier.

Les critères de sélection des ports de refuge sont le caractère abrité du lieu de refuge, la disponibilité des services de pilotage, de remorquage et des ressources terrestres de réparation et d'intervention.

Différents sites ont été identifiés comme ports de refuge potentiels. Du fait de ses infrastructures, de l'abri et de la profondeur d'eau que la baie offre aux navires, la baie de Sept-Îles est la plus appropriée.

L'accès à la baie de Sept-Îles se fait par le Chenal du Milieu qui dans sa plus faible largeur est de 1,8 mille. La baie proprement dite assure un lieu de mouillage abrité pour le méthanier et éloigné d'au moins 1,5 mille du rivage.

La désignation d'un port de refuge pris dans un sens plus large, c'est-à-dire refuge pour un navire en perdition quel qu'il soit (pétrolier ou méthanier) afin d'éviter par exemple qu'une rupture de coque et une pollution

éventuelle ait des conséquences non localisées, est du ressort des autorités canadiennes.

Le recours à un port de refuge a pour objectif de mettre le navire en sécurité en attente d'assistance ou de réparation. Cette situation est bien contrôlée et suivie. Dans ce cas, le niveau de risque, pour la population et pour le navire, est plus faible que le niveau pour le navire dans la voie navigable. Ces situations, exceptionnelles, représentent un niveau de risque moins élevé que celles décrites dans l'analyse des risques. Il ne nous semble donc pas opportun d'inclure les ports de refuge dans l'analyse.

*"A risk assessment was performed by six experts listed on Page 42 of Study 3.15. Résumés or statements of qualifications for each of these experts have not been included."*

La qualification des personnes ayant participé à l'atelier HAZID a été transmise au CET.

#### Jean Lemonnier (Gaz de France)

Jean Lemonnier has joined Gaz de France LNG technical department in 2000. He is a 1984 graduate of the French merchant navy school and has sailed as engineer and mate.

His experience with Gaz de France includes:

- Strategy for ship approval and inspection;
- New buildings specifications and assessment of new propulsion technologies;
- Risks and feasibility studies of marine works and port areas (Altamira, Idku, Melkoya, Fos);
- Participation in SIGTTO working group for LNG operation in port areas;
- Audit of operational aspects of LNG production and handling facilities (Arzew, Dahej), upgrade of an existing terminal for new traffic (Montoir);
- Ship/shore compatibility and safety plans.

#### Captain Philippe Bor (Independent LNG consultant, ex LNG Master)

Captain Philippe Bor has more than 35 years of seagoing experience. Graduated from the French Maritime University as Chief Engineer and Master without restriction, he has an experience of 26 years on all types of tankers, 19 of which on LNG carriers. On LNG vessels, he worked as Cargo Engineer for one year, then Chief Mate for 4 years, and Master for 14 years. Capt Bor is now working as an independent Marine Surveyor involved in various LNG projects mainly for navigation operations. He is accredited by OCIMF as an inspector.

#### Ole Vidar Nilsen (DNV)

Ole is currently a Principal Consultant within DNV Maritime Solutions department. Ole has some 15 years of international experience in various maritime shipping and engineering environments, both in technical, operational and management roles. Positions in Poland/Eastern Europe and

the USA provided him with P&L responsibility and the task of leading large groups of people (almost 100), and from work in France, Sweden, the UK, and Norway, he has gained additional management, consulting, and technical experience. Ole is in possession of a MSc in Marine Engineering and an MBA from Anderson Graduate School of Management, University of California, Los Angeles. He speaks French and English fluently, and he has in recent years been heavily involved in various LNG projects, mainly on risk assessment and safety regime projects.

#### Jason Clifton-Samuel (DNV)

Jason Clifton-Samuel graduated with a B.Eng (Hons) in Ship Science from the University of Southampton in 1990. After completing training as a surveyor he served a year's shipyard apprenticeship at Chantiers de L'Atlantique in France, where he remained as a surveyor on the Petronas LNG project. He then moved to Kvaerner Masa Yards Turku New Shipyard where he surveyed the construction of the ADNOC LNG carriers. This was followed by four years working on plan and containment systems approvals for LNG and LPG vessels. He joined DNV in 1998 in their London office, and spent several years working in the London Maritime service centre, most recently as Deputy Manager. He currently has a specific role as the DNV officer responsible for LNG in the Region. Jason speaks French and English fluently.

#### Wilhelm Christian Magelssen (DNV)

Wilhelm is currently working as Consultant within DNV Maritime Solutions department, which he joined in 2003. He has an MSc in Industrial Engineering from the Norwegian university of Science and Technology, with a specialization in Quantitative Risk Analyses and Cost Benefit Assessments. He has been involved with analysis and statistical modeling of reliability data for small vessels as well as QRA studies for a variety of projects. He has also provided auditing support to the review of FSA submissions and has experience in quantitative risk management. He is currently responsible for various LNG projects, including LNG trading in arctic regions.

#### Tom Arne Bakken (DNV - Hazid facilitator)

Tom Arne currently is Principal Consultant within DNV Consulting's office in Oslo, Norway. He has a background in mechanical, production and quality engineering from the Norwegian Institute of Technology, where he graduated in 1995. Tom Arne main working areas are in Safety, Health and Environment (SHE) Management, where he specializes in the use of risk based techniques to assist clients in the oil, gas and maritime industry with their decision making processes. He has over the past years been engaged in a wide variety of offshore and onshore projects in Norway, Australasia, UK and the US.

Tom Arne is familiar with several risk software tools, including PHAST, SAFETI, NEPTUNE, LEAK, etc. Tom Arne is DNV Consulting's global Customer Service Manager for rig and FPSO owners.

### 3.2 Page 3 - Chapter 6 of study 3.15, Frequency Assessment (Calculs de fréquences)

*“While this is a common and accepted approach to determining event frequency, determination of the appropriate modifiers can be problematic, since in many cases they are based on judgment. .../..*

*The lack of substantiation of the K-factors is prevalent throughout the document.”*

Le rapport de RNCan s’interroge sur les facteurs K utilisés pour déterminer les fréquences d’accidents en tenant compte des spécificités de chaque tronçon du trajet du méthanier.

Ces facteurs K ont fait l’objet de nombreux échanges entre le CET et Rabaska. L’utilisation des facteurs K a aussi fait l’objet d’une question (QC-140) de la part du MDDEP dans le cadre d’analyse de recevabilité.

L’utilisation de coefficients d’ajustement est une pratique courante et reconnue en analyse des risques. DNV est parti de chiffres généraux et conservateurs provenant de bases de données. Des coefficients d’ajustement permettent de tenir compte des particularités locales.

Le tableau ci-dessous résume de manière agrégée les facteurs K pour les différents scénarios.

**Résumé des facteurs K pour chaque scénario étudié**

	Échouement d’un navire propulsé		Échouement d’un navire à la dérive		Collision	
	Sans glace	Avec glace	Sans glace	Avec glace	Sans glace	Avec glace
Tronçon 1	0,036	0,162	0,016	0,045	0,060	0,120
Tronçon 2	<b>1,056</b>	<b>1,056</b>	0,100	0,135	0,364	0,273
Tronçon 3	<b>1,404</b>	<b>1,404</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>2,160</b>	<b>2,160</b>
Tronçon 4	0,200	0,200	0,004	0,018	0,400	0,400

Des justifications plus détaillées des facteurs K sont données plus loin. De façon synthétique, les différences entre les tronçons s’expliquent par les raisons suivantes :

- Les statistiques mondiales utilisées (voir section 6.1 de l’annexe F-2) comptent une forte proportion de collisions dans des secteurs portuaires à forte densité de trafic, ou des collisions liées à des manœuvres. La comparaison s’est faite par rapport à ces configurations.
  - Tronçon 1 – Golfe du Saint-Laurent.  
Facteurs K inférieurs à 1 car le golfe est très large et dégagé, la densité du trafic est faible par rapport à la grandeur de la zone, et il y a quand même un dispositif de séparation du trafic.
  - Tronçon 2 – Des Escoumins à la Traverse du Nord.  
Facteurs K inférieurs à 1 car, même s’il y a quelques passages plus restreints, la voie navigable reste large et la navigation se

fait pilotée. Le trafic reste moins dense que beaucoup d'endroits dans le monde déjà fréquentés par des méthaniers.

- Tronçon 3 – Traverse du Nord  
Facteurs K supérieurs à 1. Le chenal est étroit. L'évaluation ne tient pas compte de la mesure proposée de passage à sens unique du méthanier.
- Tronçon 4 – De Saint-Laurent au quai  
Facteurs K inférieurs à 1. Cette section est proche des conditions moyennes, toutefois, la densité de trafic reste faible et le méthanier est sous le contrôle des remorqueurs.
- La fréquence d'échouement dépend de nombreux facteurs. Les deux principaux échouements qui se sont déjà produits sur des méthaniers sont arrivés, pour l'un dans le détroit de Gibraltar (détroit de 15 km de large avec plus de 90 000 passages de navires par an), pour l'autre dans le chenal d'entrée de la baie de Tobata par mauvais temps.
  - Tronçon 1 – Golfe du Saint-Laurent.  
Facteurs K inférieurs à 1 car le Golfe est très large et la navigation se fait loin du rivage ou des obstacles potentiels.
  - Tronçon 2 – Des Escoumins à la Traverse du Nord.  
Facteurs K proches de 1 pour les échouements d'un navire propulsé. Le rivage est plus proche que dans le cas du Golfe. On se rapproche ici des conditions moyennes.  
Facteurs K inférieurs à 1 pour les échouements d'un navire à la dérive. Le rivage est proche, mais les vents soufflent souvent du nord et la disponibilité de remorqueurs ou la possibilité d'ancrage d'urgence sont bonnes.
  - Tronçon 3 – Traverse du Nord  
Facteurs K supérieurs à 1. Le chenal est étroit. L'évaluation ne tient pas compte de la mesure proposée d'accompagnement par un remorqueur d'escorte.
  - Tronçon 4 – De Saint-Laurent au quai  
Facteurs K inférieurs à 1. L'approche finale se fait sous escorte des remorqueurs. L'échouement est très peu probable.

*“Throughout the submission the majority of K-factors are less than 1 indicating that conditions in the St Lawrence are better than the average condition around the world. This is difficult to believe, since the St. Lawrence has strong currents, high tides and relatively intense winter conditions. Therefore one must wonder whether the values are correct.”*

Une fois que les calculs ont été complétés, les valeurs globales d'échouement ou de collision ont été confrontées aux fréquences d'échouement ou de collision dans le fleuve Saint-Laurent, valeurs basées sur le retour d'expérience (voir section 6.2.4 et 6.3.2 de l'annexe F-2). La fréquence d'échouement obtenue par DNV était cohérente avec la valeur basée sur le retour d'expérience. Par contre, la valeur globale de collision

dans le Saint-Laurent obtenue par DNV était supérieure à la valeur basée sur le retour d'expérience. Un coefficient d'ajustement a été appliqué. **Ceci valide la méthode employée par DNV et démontre le caractère prudent de la démarche et de la définition des facteurs K.**

En complément, il faut rappeler que ces évaluations des fréquences d'accident ont été faites sans tenir compte des mesures de sécurité additionnelles proposées par Rabaska au CET, comme le remorqueur d'escorte et le trafic à sens unique dans la Traverse du Nord. Or, l'objectif de ces mesures est justement de réduire le plus possible les fréquences d'accidents. Les estimations utilisées sont le résultat d'une approche prudente.

Concernant la comparaison entre les différents tronçons, nous renvoyons le lecteur à la question C83 de la Commission (Document DQ58 – C83, référence DQ58.9). La réponse à cette question montre que la comparaison entre les différents tronçons doit se faire en considérant la fréquence par an et par mille marin pour s'affranchir de la longueur du tronçon. Les résultats obtenus sont alors cohérents avec le retour d'expérience (importance de la Traverse du Nord) et justifient les mesures de sécurité additionnelles présentées par Rabaska.

Nous fournissons ci-dessous différentes informations sur la justification et l'utilisation des facteurs K.

#### Justification de certains facteurs K

Les facteurs K proposés correspondent à l'étude de risque initiale c'est-à-dire avant mesure d'atténuation des risques. Ils ont aussi été établis à la lumière de l'étude des risques de navigation faite par Stratégies Saint-Laurent en 2002 (§3.14).

À titre de référence, les facteurs K ont été établis en prenant comme référence les mesures et précautions en usage pour les pétroliers dédiés d'Ultramar.

Les justifications de DNV sur les facteurs utilisés sont indiquées dans les tableaux ci-dessous (texte en anglais en caractères italiques).

## Powered grounding frequency estimation

$K_{\text{navigation difficulty}}$ :

NODE	ICE FREE CONDITIONS	$K_{\text{NAV. DIFF.}}$	ICE CONDITIONS	$K_{\text{NAV. DIFF.}}$
1	Foggy weather in summer. No special visibility or current difficulties, few disturbing vessels.	0.8	Snow conditions in winter.	0.9
2	Increased fog probability, strong currents and pleasure boat traffic.	<b>1.2</b>	Snow conditions, but no fog, Broken ice in passage. Less traffic disturbance.	<b>1.2</b>
<p><i>Explanation to the node 2 K-factor: The K factor navigational difficulty for ice free and ice condition is set the same. This is done based on expert judgments and the fact that a presumably more difficult ice trading is "compensated" by a busier ice-free season (more leisure boats and general traffic in the summer season), plus the phenomena with fog (less fog when ice). We will not object to a small difference between ice-free and ice, however, and in addition to what is said above, real case incidents from the past do not defend a significant difference between ice-free and ice season trading. Hence, we propose to maintain a similar K level for ice-free and ice for node 2.</i></p>				
3	Strong currents in very narrow channel. Never crossed in poor visibility. Limited depth of water versus draft.	<b>1.2</b>	Snow conditions, no fog, but channel never crossed in poor visibility. Less traffic disturbance. Less marking (buoys).	<b>1.2</b>
<p><i>Explanation to the node 3 K-factor: The same arguments as for node 2.</i></p>				
4	Average conditions.	<b>1.0</b>	Average conditions.	<b>1.0</b>
<p><i>Explanation to the node 4 K-factor: Navigation in node 4 is performed with slightly longer distance to the shore side compared to node 3 (Traverse du Nord). One might argue that during the ice season, vessels are less likely to hit shore (the ice along the shore is working as a "soft buffer", reducing the speed of the unfortunate vessel), however, also for node 4 this effect has been assumed to be offset by the fact that during the ice season vessels have less room for manoeuvring (following a more defined navigation line). The probability for powered grounding in ice-free and ice condition with respect to navigational difficulties has been assessed to represent an equal level.</i></p>				

## Drift grounding frequency estimation per year

### $K_{\text{drift toward shore}}$

NODE	ICE FREE CONDITIONS	$K_{\text{DRIFT.}}$	ICE CONDITIONS	$K_{\text{DRIFT.}}$
1	Very wide area, long distance to shore in many directions.	0.1	Route is sometimes changed closer to northern shore.	0.2
2	Ship passes closer to shore, but wind direction is often away from north shore.	<b>0.5</b>	Same conditions.	<b>0.5</b>
<p><i>Explanation to node 2 K-factor: For node 2 – where navigation is predominantly done in relatively open water – the probability of drifting towards shore is low, summer as winter. Admittedly, drifting in ice may occur at a slower speed than during the ice-free season, and one should also assume that the navigation route at winter time is more restricted (narrower). The K-factor is assumed to be within the same range.</i></p>				
3	The Traverse du Nord channel is very narrow. Vessel will always hit shore.	1.0	Same conditions.	1.0
4	The vessel is relatively close to shore both north and south but under the control of tugs.	0.1	Same conditions with effect of ice.	0.2

### $K_{\text{tug assistance failure}}$

NODE	ICE FREE CONDITIONS	$K_{\text{TUG FAIL.}}$	ICE CONDITIONS	$K_{\text{TUG FAIL.}}$
1	Very wide area, but the vessel will be far from nearest tug.	<b>0.8</b>	Increase in failure probability as ice will reduce the speed of the tugs.	<b>0.9</b>
<p><i>Explanation to node 1 (vs node 2) K-factor: The probability that tug assistance will fail (due to reduced speed) is slightly higher for ice trading. This probability is set the same for node 1 and 2. Even if the tugs will have a longer distance to travel to reach an incident vessel in node 1 compared to node 2, it is rather the external conditions than distance travelled which say something about a tug failing, and in this case nodes 1 and 2 are assumed to have the same "tug failure probability".</i></p>				
2	The vessel will be closer to shore, but also closer to tug stations.	0.8	Same as for node 1.	0.9
3	The Traverse du Nord channel is very narrow. No tug will reach the vessel in time	1.0	Same conditions.	1.0
4	The vessel is relatively close to shore both north and south, but harbour tugs are already secured.	0.1	Same conditions with effect of ice.	0.2

## Ship Collision Frequency Estimation

### $K_{\text{Traffic density}}$

NODE	ICE FREE CONDITIONS	$K_{\text{TR. DENS.}}$	ICE CONDITIONS	$K_{\text{TR. DENS.}}$
1	Very wide area, low traffic density despite free ferry crossings in this node because the collision risk only applies to a very short distance compared with the total 450 NM of node 1.	0.1	The ice forces meeting vessels to pass closer. On the other hand 50% reduction in traffic.	0.2
2	Relatively wide area, but traffic more congested and more vessels enter into the traffic lane. Pleasure crafts.	0.4	Less traffic, no pleasure crafts Vessels follow same route as in summer.	0.3
3	The Traverse du Nord channel is very narrow and this leads to close encounters. Even if the general traffic density is low this is a high risk situation.	<b>2.0</b>	Same conditions.	<b>2.0</b>
<p><i>Explanation to node 3 traffic density K-factor: Ice-free and ice season is set at same level: fewer vessels at winter time, but the vessels are getting somewhat closer due to ice along the navigation route. Admittedly, this correction factor is difficult to calculate, but is rather a qualitative expert judgment.</i></p>				
4	General traffic density is low, but relatively close encounters and vessel is vulnerable during preparation to berthing and unberthing operations (low speed).	<b>1.0</b>	Same.	<b>1.0</b>
<p><i>Explanation to node 4 traffic density K-factor: Same argument as for node 3, hence no distinction between ice-free and ice trading has been made. If the Termpol Committee reckons that changes should be made, the ice factor could probably be increased, to, say, 1.2 or so.</i></p>				

### $K_{\text{Measures}}$

NODE	ICE FREE CONDITIONS	$K_{\text{MEASURES}}$	ICE CONDITIONS	$K_{\text{MEASURES}}$
1	No pilot onboard, but meeting traffic is separated.	<b>0.6</b>	Ice advisor onboard	<b>0.6</b>
<p><i>Explanation to node 1 navigation measures K-factor: The correction factor is set the same for ice-free and for ice condition. The assumption behind this is that an ice pilot does not necessarily increase the navigational safety per se, but rather reduces the risk which the ice represents.</i></p>				
2	Pilot on board. Traffic separation, but also crossing traffic and traffic entering into the main route.	0.7	As for Node 1	0.7
3	Pilot onboard (important to take into account effect of currents).	0.9	As for Node 1	0.9
4	Pilot onboard all vessels. No traffic separation, but tugs connected and low speed. However, other ship may strike into LNG vessel.	0.4	As for Node 1	0.4

### **K** Navigational difficulty

<b>NODE</b>	<b>ICE FREE CONDITIONS</b>	<b>K<sub>NAV. DIFF.</sub></b>	<b>ICE CONDITIONS</b>	<b>K<sub>NAV. DIFF.</sub></b>
1	No specific difficulties. Foggy weather in summer.	1.0	Snow in winter reduces visibility.	1.0
2	Restricted passages, strong currents and dense fog in the summer in some areas.	<b>1.3</b>	No fog, but snow reduces visibility.	<b>1.3</b>
<i>Explanation to node 2 navigational difficulty K-factor: Same correction factor in ice-free and ice condition; more fog in the summer "compensated" by snow in the winter season.</i>				
3	Restricted passage and currents effect on the vessels course is critical. No crossing of <i>Traverse du Nord</i> in poor visibility.	<b>1.2</b>	As in no-ice conditions.	<b>1.2</b>
<i>Same arguments as for node 2.</i>				
4	No specific difficulties.	1.0	No specific difficulties.	1.0

### Facteur K lié à la densité du trafic

*"In the section discussing ship collision it is stated that ship collisions increase with the square of the ship density. This formula does not seem to have been applied to the collision model K-factors."*

La probabilité de collision dépend de la densité du trafic. Mais d'autres facteurs ont également un effet sur cette probabilité : la qualité de l'équipage, la séparation du trafic et des conditions comme la visibilité, la présence à bord de pilotes ou les conseils des Services du trafic maritime (STM).

Le facteur  $K_{\text{Traffic density}}$  utilisé pour pondérer la fréquence de collision est déterminé à partir des informations suivantes :

- Le trafic dans le tronçon considéré, tel que décrit dans l'étude Termpol 3.2 (Étude reproduite intégralement à la section 3.1 de l'annexe F-2 du Tome 3 de l'étude d'impact) et exprimée en nombre de passages par an ;
- La largeur de la voie navigable et les particularités en termes de navigation de chaque tronçon.

Le facteur  $K_{\text{Traffic density}}$  n'est pas le résultat d'un calcul mathématique à partir de ces données, mais il est basé sur un jugement d'expert de l'intensité du trafic par rapport à la taille ou la largeur de la voie maritime, l'objectif étant d'évaluer la fréquence de collision dans le fleuve.

La fréquence de base provient de la base de données sur les accidents maritimes du Lloyds Register Fairplay (LRFP). Le tronçon 4 (De Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans) est considéré comme le plus proche des conditions moyennes de cette base de données vis-à-vis du risque de collision. En effet, les statistiques mondiales comptent beaucoup de collisions dans des secteurs portuaires à plus forte densité de trafic et

incluent les collisions survenues durant les manœuvres. Seul le tronçon 4 a des conditions qui se rapprochent de cette description. C'est pour cette raison que la valeur de 1 a été retenue. Pour le tronçon 3 (Traverse du Nord), étant donné la largeur du chenal, une valeur de 2 a été retenue. Pour les tronçons plus en aval, la largeur du fleuve et de la voie navigable, ainsi que l'existence d'un dispositif de séparation du trafic a conduit à retenir des valeurs plus faibles (0,4 pour le tronçon 2, des Escoumins à la Traverse du Nord et de 0,1 dans le golfe jusqu'aux Escoumins).

*"Although the amount of data is limited, the number of groundings in Node 4 does not differ substantially from those in the other nodes, so the prediction of a very high return period for Node 4 needs to be explained."*

Le tronçon 4 est le tronçon de Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans à la jetée du terminal méthanier. Contrairement à tous les autres navires qui passent dans cette section du fleuve, le méthanier est à faible vitesse et est assisté de 3 ou 4 remorqueurs. Il est donc logique que la fréquence d'échouement du méthanier soit beaucoup plus faible que celle des autres navires (et donc celle issue du retour d'expérience) pour ce tronçon du fleuve.

### **3.3 Page 5 – Chapter 7 of study 3.15, Consequence Evaluation (Évaluation des conséquences)**

*"A key part of evaluating the consequences of a ship striking an object or a ship-to-ship collision is the estimation of the size of the hole, since it is the size of the hole that will largely determine the extent of the leak. On Page 79 of Study 3.15 it is stated that for events that lead to leakage, hole sizes between 0 and 1.5 m (1.8 m<sup>2</sup>) are almost equally likely. Based on this, DNV decided to continue the analysis using the average diameter, i.e. 0.75 m (0.44 m<sup>2</sup>), as the maximum credible hole size from an accidental event. As the flow through an opening will depend on its area, an average area of 0.9 m<sup>2</sup> (1.3 m) would have been more appropriate."*

La taille des brèches à retenir a fait l'objet de nombreuses discussions, à la fois avec le CET, lors de l'analyse de recevabilité avec les ministères fédéraux et provinciaux et aussi pendant la première partie des audiences publiques.

Paradoxalement, la difficulté de cette question est principalement due au fait qu'il n'y a jamais eu de brèche sur des cuves de méthanier depuis l'origine du transport maritime de GNL. En d'autres termes, basée sur le passé, la taille maximum crédible d'une brèche est 0! Les dimensions utilisées dans les différentes études sont des évaluations reposant soit sur des modélisations de collision ou d'échouement, soit sur des jugements d'expert.

La détermination de la taille de la brèche a aussi fait l'objet de plusieurs questions (QC-150 / CA300s2) de la part de l'ACÉE et du MDDEP dans le cadre de l'analyse de recevabilité.

#### Détermination de la taille de brèche par DNV

Det Norske Veritas (DNV) a convié les membres de l'industrie du GNL à participer à une étude afin d'identifier, en suivant une approche basée sur l'évaluation du risque, les pires conséquences crédibles en cas de rejet de

GNL sur l'eau, cette étude devant faire l'objet d'une revue externe par des pairs. 23 compagnies ont participé à cette étude et les travaux ont été achevés en 2004.

Les résultats et les conclusions de cette étude ont été résumés dans une publication technique en 2004 à la conférence CCPS à Orlando, Floride. La publication s'intitule « *LNG Marine Release Consequence Assessment for Joint Sponsor Project* » (« *Évaluation des conséquences d'un rejet maritime de GNL dans le cadre d'un projet en partenariat* »).

Comme cela est détaillé dans cette publication (voir aussi la section 7.2 de l'annexe F-2, Tome 3, Volume 2 de l'étude d'impact), la taille maximum crédible d'une brèche accidentelle a été déterminée par un groupe d'experts à partir d'analyses structurales, d'une revue de la littérature et du retour d'expérience de l'industrie du GNL depuis 40 ans. DNV en conclut que la dimension maximale d'une brèche suite à des causes accidentelles (collision, échouement) est de 750 mm.

DNV a considéré que des brèches de 0 à 1 500 mm étaient possibles pour des causes accidentelles. Toutefois, compte tenu des contrôles et des normes dans l'industrie maritime, ils considèrent que les scénarios de très haute vitesse de collision avec les plus gros navires ne sont pas réalistes. Ainsi, ils ont déterminé que la brèche maximum crédible est de 750 mm de diamètre.

La brèche maximum crédible est le résultat d'un événement qui est loin au-delà de la taille d'un accident normal.

Les études/analyses de DNV ont été effectuées pour déterminer une taille de brèche et non pas une surface de brèche. L'utilisation de la surface moyenne, telle que préconisée dans le rapport RNCAN, fausserait les données et conduirait à utiliser un diamètre de brèche de 1,3 m qui est loin au-delà de ce que DNV considère comme scénario maximum crédible.

Pour l'étude des actes terroristes, des échanges ont eu lieu entre DNV et Sandia National Laboratories sur le sujet. Suite à ces échanges et suite aux analyses de DNV, une brèche de 1 500 mm a été retenue comme taille maximum crédible en cas d'acte terroriste.

L'annexe Fs2 de l'addenda B d'août 2006 à l'étude d'impact (document PR5.2.1) fournit une note de comparaison entre différentes études sur le sujet (DNV, SANDIA, ABS, QUEST), ainsi que la publication de la conférence d'Orlando et une présentation plus récente (Vancouver, 2005) de comparaison des différentes études.

Dans l'étude terrestre (Tome 3, Volume 2, Annexe F-1), DNV a choisi de suivre une approche prudente en utilisant une valeur de 1 500 mm dans le logiciel SAFETI comme scénario pour le navire à quai, afin de tenir compte des cas d'actes terroristes pour la détermination des courbes de risque individuel et de la courbe F/N.

*“Furthermore, in two separate reviews of the hazards posed by LNG spills over water Sandia and ABS used larger hole sizes (1.5 m<sup>2</sup> (1.38 m) for Sandia and at least 0.78 m<sup>2</sup> (1.0 m) for ABS). Furthermore, using 0.44 m<sup>2</sup> (0.75 m) is*

*inconsistent with the risk assessment DNV performed for the Cacouna project, where DNV chose to use 1.5 m<sup>2</sup> (1.38 m) instead.”*

Concernant l'étude ABS, l'objectif de ce rapport est d'analyser des méthodes et des modèles de calculs pour l'évaluation des conséquences d'une fuite d'un méthanier (« *Consequence Assessment Methods for Incidents Involving Releases from Liquefied Natural Gas Carriers* », Mai 2004). Les scénarios utilisés sont définis a priori et ne sont pas le résultat d'une analyse de risque. D'ailleurs, ABS Consulting précise bien (page v du rapport) :

*“It is also important to note that this study addresses the potential consequences of large scale LNG cargo releases without regard to the sequence of events leading to such an incident or their probabilities of occurrence. As such, this report does not and was not intended to provide a measure of risk to the public. A thorough risk assessment would consider both the probabilities and consequences of hazardous events. And finally it should not be assumed that the levels of hazards presented in this study are the assured outcome of an LNG vessel release, given the conservatism in the models and the level of damage required to yield such large-scale releases.”*

Dans cette étude, le diamètre de la brèche est uniquement une hypothèse pour pouvoir mener des calculs de conséquences. Les scénarios étudiés dans ce rapport sont des exemples d'application des différents modèles et non pas des scénarios représentatifs de situations crédibles résultant d'une analyse des risques.

#### Comparaison entre les études Rabaska et Cacouna

Le tableau ci-dessous présente une comparaison entre les résultats présentés pour le projet Rabaska (Étude Termpol 3.15 ou annexe F-2 de l'étude d'impact, page 123) et pour le projet Énergie Cacouna (Étude d'impact d'Énergie Cacouna, pages 9-67 et 9-68).

	<b>Projet Rabaska Annexe F-2, page 123</b>	<b>Projet Énergie Cacouna Étude d'impact pages 9-67 et 9-68</b>
Diamètre de la brèche	1 500 mm	1 380 mm
Taux maximum de combustion	43 000 kg/s	-
Taux de combustion à l'équilibre	8 130 kg/s	8 820 kg/s
Durée totale de la fuite	-	15 minutes
Durée totale de la nappe	-	20 minutes
<b>Nappe initiale</b>		
Rayon de la nappe	200 m	185 m
Distance à 37,5 kW/m <sup>2</sup>	540 m	485 m
Distance à 12,5 kW/m <sup>2</sup>	1 000 m	915 m
Distance à 5 kW/m <sup>2</sup>	1 500 m	1365 m
<b>Nappe à l'équilibre</b>		
Rayon de la nappe	86 m	-
Distance à 37,5 kW/m <sup>2</sup>	280 m	-
Distance à 12,5 kW/m <sup>2</sup>	540 m	-
Distance à 5 kW/m <sup>2</sup>	790 m	-

Tel qu'indiqué à la Commission (DA69 – QE-0028) :

1. DNV a été retenue par Énergie Cacouna et aussi par Rabaska pour effectuer l'analyse des risques. Toutefois, seul Rabaska a déposé les rapports complets de DNV (en annexe de l'étude d'impact).
2. DNV est toujours de l'avis que le scénario maximal crédible pour cause accidentelle est un trou de 750 mm et que le scénario maximal crédible pour un acte intentionnel est de 1 500 mm. Donc, dans le cadre d'une analyse basée uniquement sur les conséquences d'un accident, c'est une brèche de 750 mm qu'il faut retenir.
3. Dans le cadre d'une analyse probabiliste, pour évaluer les niveaux de risques (isocontours de risque individuel), DNV a retenu une brèche maximale de 1 500 mm pour le projet Rabaska. Pour le projet Cacouna, à la demande d'Énergie Cacouna, DNV a retenu une brèche de 1 380 mm. Cette différence n'est pas significative pour l'évaluation des courbes de risque.
4. Dans le rapport de DNV pour le projet Rabaska (Étude d'impact, Tome 3, Volume 3, Annexe F-1, Chapitre 7), DNV a extrait des scénarios étudiés dans l'analyse des risques afin d'en présenter les conséquences. Les scénarios de 750 mm et 1 500 mm sont présentés, en donnant l'ensemble des conséquences possibles (rayonnement thermique et dispersion).

Pour le projet Cacouna, Énergie Cacouna a décidé de ne présenter qu'un seul scénario, la brèche de 1 380 mm et de ne présenter que le rayonnement thermique pour la nappe initiale. Tel qu'expliqué dans le document DA61 - QE-0002, le rayonnement thermique doit être évalué à partir de la nappe à l'équilibre. D'ailleurs, la durée de 20 minutes indiquée par Énergie Cacouna semble se référer à la durée de la nappe à l'équilibre. Selon DNV, ces résultats sont donnés à titre d'illustration de l'analyse des risques seulement, mais ne doivent pas être considérés dans le cadre d'une approche visant à évaluer les conséquences.

### **Durée de la nappe**

Comme indiqué dans le tableau plus haut, le rapport pour le projet Rabaska (Annexe F-2, page 123) présente les distances de conséquences à la fois pour la nappe initiale et pour la nappe à l'équilibre. Seules les distances de conséquences pour la nappe à l'équilibre doivent être prises en considération (voir DA61 - QE-0002).

Le projet d'Énergie-Cacouna (Étude d'impact d'Énergie Cacouna, pages 9-67 et 9-68) présente les distances de conséquences seulement pour la nappe initiale. La durée de 20 minutes qui est donnée se rapporte à la durée complète du feu de nappe, y compris la période qui correspond au feu de la nappe à l'équilibre.

### Comparaison avec d'autres études

La note en annexe Fs2 de l'addenda B d'août 2006 à l'étude d'impact (document PR5.2.1) détaille la position de DNV sur les différentes études citées dans la question.

La finalité de ces études et de ces calculs est la détermination de distance d'effets potentiels (5 kW/m<sup>2</sup>, LIE). Ces distances d'effet dépendent de nombreux paramètres et de nombreuses hypothèses. Au-delà de la taille de la brèche, il faut aussi considérer ces autres facteurs dans toute comparaison. Ainsi, même si dans l'étude de SANDIA les tailles de brèches sont supérieures à celles de l'étude DNV, les résultats en termes de distance de dispersion sont comparables, voire plus faibles, que dans l'étude DNV. Cela est dû au fait que SANDIA a une approche beaucoup moins prudente que DNV quant à la modélisation des conséquences et aux modèles utilisés.

Ainsi, pour les causes accidentelles, pour une brèche de 2 m<sup>2</sup> (diamètre 1.6 m), SANDIA évalue la distance de dispersion à 1 710 m. Pour une brèche de 0,44 m<sup>2</sup> (diamètre 750 mm), DNV évalue la distance de dispersion à une valeur comprise entre 900 m et 1 500 m selon les conditions atmosphériques. Une valeur de 2 000 m a été retenue par DNV pour la détermination de la matrice du risque (Voir Tome 3, Volume 2, Annexe F-2, Section 7.3.3, page 120). Cette valeur est supérieure à la distance de 1 710 m du rapport SANDIA obtenue avec une brèche plus importante.

Voici un extrait des réponses au CET concernant spécifiquement la comparaison entre DNV et SANDIA. De plus, le rectificatif général aux mémoires n° 22 contient une comparaison des distances de rayonnement thermique et de dispersion pour les études DNV, SANDIA et ABS (voir Annexe 1).

### Discussion on the DNV vs SANDIA approach

This section compares the approach followed by DNV for the Rabaska project and the approach of SANDIA in their report "*Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied Natural Gas (LNG) Spill Over Water*".

Some relevant extracts from the SANDIA report are given in appendix 1.

SANDIA Report	RABASKA / DNV Study
One of the main propositions of the SANDIA report is to promote a risk-based approach.	Such a risk assessment was done by DNV for the Rabaska project. The 3.15 study (Appendix F-2 of the Impact Study) is based on both: <ul style="list-style-type: none"> <li>• General knowledge of DNV on LNG marine safety (see Orlando paper from R. Pitblado)</li> <li>• Specific assessment of the navigational conditions on the Saint-Lawrence River.</li> </ul>
SANDIA considers both accidental events (grounding and collision) and intentional events	Rabaska study also addresses accidental and intentional events
For accidental events, SANDIA concludes that: <ul style="list-style-type: none"> <li>• grounding <b>will not</b> lead to a tank breach,</li> <li>• only a 90 degree collision with a large vessel at speeds <b>in excess</b> of 7 knots could lead to tank breach. (See tables 9 and 32, from the SANDIA report)</li> <li>• Vessels larger than the 'Large vessels as defined by SANDIA (50,000 metric tonnes) represent 11 % of the existing traffic on the St. Lawrence.</li> </ul>	DNV has a more conservative approach : <ul style="list-style-type: none"> <li>• A tank breach may be due to grounding in the case of grounding on a rock bottom. DNV uses a distribution of 50% soft sea bed and 50% hard (rock) sea bed for the Saint-Lawrence River, <b>even in Traverse-du-Nord</b>. (Appendix F-2, table 7.11, page 129)</li> <li>• A tank breach may be due to collision (Appendix F-2, table 7.14, page 134). To assess the probability of collision, DNV takes into account <b>all of the traffic</b> on the Saint-Lawrence River, and not only large displacement vessels.</li> </ul>
SANDIA proposes that most accidental / terrorism events will immediately ignite and cause a pool fire. They calculate unignited dispersion distances as well.	Rabaska study provides both dispersion distances and radiant heat from a pool fire for all scenarios. Rabaska uses a more conservative approach for grounding (probability of immediate ignition 10 % - see Appendix F-2, page 129). Rabaska uses a probability of 90 % for immediate ignition in the case of a collision (see Appendix F-2, page 134).
SANDIA hole sizes (See page 21, from SANDIA report): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accidental events: 0.5 – 1.5 m<sup>2</sup> (0.8 – 1.4 m diameter)</li> <li>• Intentional events: 2 – 12 m<sup>2</sup> range (1.6 – 3.9m diameter), 5 – 7 m<sup>2</sup> likely (2.5 – 3.0m diameter)</li> </ul>	DNV hole sizes : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accidental events: 0.75 m (0.44 m<sup>2</sup>)</li> <li>• Intentional events: 1.5 m (1.8 m<sup>2</sup>)</li> </ul>

The conclusion of SANDIA for accidental breach is:

*"The most significant impacts to public safety and property from an **accidental spill** exist within approximately **250 m** of a spill, with lower impacts at distances beyond approximately **750 m** from a spill"* (SANDIA report, page 21)

The conclusion of SANDIA for **intentional breach** is:

*"In general, the most significant impacts on public safety and property from an intentional spill exist within approximately **500 m** of a spill, with lower impacts at distances beyond approximately **1600 m** from a spill"* (SANDIA report, page 22)

SANDIA recommends having a zone approach based on these distances and to adapt the mitigation measures depending on the presence of population or other sensitive elements within these zones (SANDIA report, page 22, Sections 1.3.1 and 1.3.2).

If we incorporate the aforementioned conclusions of the SANDIA report; i.e., no breaches due to grounding and breaches for collisions with large vessels only, some scenarios will be removed (grounding) and the likelihood of collisions would be further reduced (taking into account only large vessels).

### Conclusion

As a conclusion, we think that the DNV approach is a correct and coherent approach. This study is based on both the general knowledge of DNV on LNG marine safety and a specific assessment of the conditions in the Saint-Lawrence River. The assessment has been done **without** taking into account the safety measures proposed by Rabaska to the TRC (One-way traffic in Traverse-du-Nord and Île-aux-Coudres, escort tug, moving safety zone...).

It is also important to note that the DNV study for Rabaska and the SANDIA report both lead to similar impact zones for public safety.

### Extracts from SANDIA report

**Table 3: Guidance for Impacts on Public Safety from LNG Breaches and Spills**

EVENT	POTENTIAL SHIP DAMAGE AND SPILL	POTENTIAL HAZARD	POTENTIAL IMPACT ON PUBLIC SAFETY*		
			High	Medium	Low
<b>Collisions: Low speed</b>	Minor ship damage, no spill	Minor ship damage	None	None	None
<b>Collisions: High Speed</b>	LNG cargo tank breach and small - medium spill	Damage to ship and small fire	~ 250 m	~ 250 – 750 m	> 750 m
<b>Grounding: &lt;3 m high object</b>	Minor ship damage, no breach	Minor ship damage	None	None	None
<b>Intentional Breach</b>	Intentional breach and medium to large spill	Damage to ship and large fire	~ 500 m	~ 500 m – 1600 m	> 1600 m
	Intentional, large release of LNG	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Damage to ship and large fire</li> <li>▪ Vapor cloud dispersion with late ignition</li> </ul>	~ 500m  ~ 500 m	~ 500 m – 1600 m  > 1600 m	> 1600 m  > 2000 m

<sup>a</sup> Distance to spill origin, varies according to site  
 Low – minor injuries and minor property damage  
 Medium – potential for injuries and property damage  
 High – major injuries and significant damage to property

**Table 9: Estimated LNG Cargo Tank Breach Sizes for Accidental Scenarios**

ACCIDENTAL BREACHES			
Type	Breach Size	Tanks Breached	Ship Damage
Accidental collision with small vessel	None	None	Minor <sup>b</sup>
Accidental collision with large vessel	5 - 10m <sup>2</sup> (Spill area 0.5 – 1m <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>	1	Moderate <sup>c</sup>
Accidental Grounding	None	None	Minor

Notes: a - Assumes vessels remain joined during spill event and breach is mostly plugged  
 b - Minor suggests ship can be moved and unloaded safely  
 c - Moderate suggests damage that might impact vessel and cargo integrity

**Table 32: Estimated LNG Cargo Tank Breach Sizes for Various Scenarios**

BREACH EVENT	BREACH SIZE	CARGO TANKS BREACHED
Accidental Collision with Small Vessel	none	none
Accidental Collision with Large Vessel, (90° @ 7 knots)	none	none
Accidental Collision with Large Vessel, (90° @ 12knots)	5-12m <sup>2</sup> (effective breach: 0.5 – 1m <sup>2</sup> )	1
Accidental Grounding	none	none
Intentional Breach	0.5 m <sup>2</sup>	1
Intentional Breach	2 m <sup>2</sup>	3
Intentional Breach	2-12m <sup>2</sup>	1
Intentional Breach	5 m <sup>2</sup>	2
Intentional Spill	Premature offloading of LNG	none

### **1.2.2 Accidental Breach Scenario Conclusions**

1. Accidental LNG cargo tank damage scenarios exist that could potentially cause an effective breach area of 0.5 to 1.5 m<sup>2</sup>.
2. Due to existing design and equipment requirements for LNG carriers, and the implementation of navigational safety measures such as traffic management schemes and safety zones, the risk from accidents is generally low.
3. The most significant impacts to public safety and property from an accidental spill exist within approximately 250 m of a spill, with lower impacts at distances beyond approximately 750 m from a spill.

### **1.2.3 Intentional Breach Scenario Conclusions**

1. Several credible, intentional LNG cargo tank damage scenarios were identified that could initiate a breach of between 2 m<sup>2</sup> to approximately 12 m<sup>2</sup>, with a probable nominal size of 5 – 7 m<sup>2</sup>.
2. Most of the intentional damage scenarios identified produce an ignition source and an LNG fire is very likely to occur.
3. Some intentional damage scenarios could result in vapor cloud dispersion, with delayed ignition and a fire.
4. Several intentional damage scenarios could affect the structural integrity of the vessel or other LNG cargo tanks due to ignition of LNG vapor trapped within the vessel. While possible under certain conditions, these scenarios are likely to involve no more than two to three cargo tanks at any one time, as discussed in Sections 4 and 5.
5. Rapid phase transitions (RPT) are possible for large spills. Effects will be localized near the spill source and should not cause extensive structural damage.
6. The potential damage from spills to critical infrastructure elements such as bridges, tunnels, industrial/commercial centers, LNG unloading terminals and platforms, harbors, or populated areas can be significant in high hazard zones.
  7. In general, the most significant impacts on public safety and property from an intentional spill exist within approximately 500 m of a spill, with lower impacts at distances beyond approximately 1600 m from a spill, even for very large spills.

SANDIA Report – Pages 21 and 22

*“Because terrorism was considered to be low risk in the initial qualitative risk assessment, consequence evaluation was not performed for any terrorist-based scenarios.”*

Cette affirmation est erronée. Un scénario lié à un acte terroriste a bien été étudié dans l’analyse des risques. C’est le scénario d’une brèche de 1 500 mm. Les conséquences potentielles d’un tel scénario sont décrites dans l’analyse des risques maritimes.

#### *“Pool Fire Calculations*

*DNV proposes that the determination of a hazard zone due to thermal flux from pool fires be based on what they term as a “sustainable pool size” rather than a maximum pool size. ...*

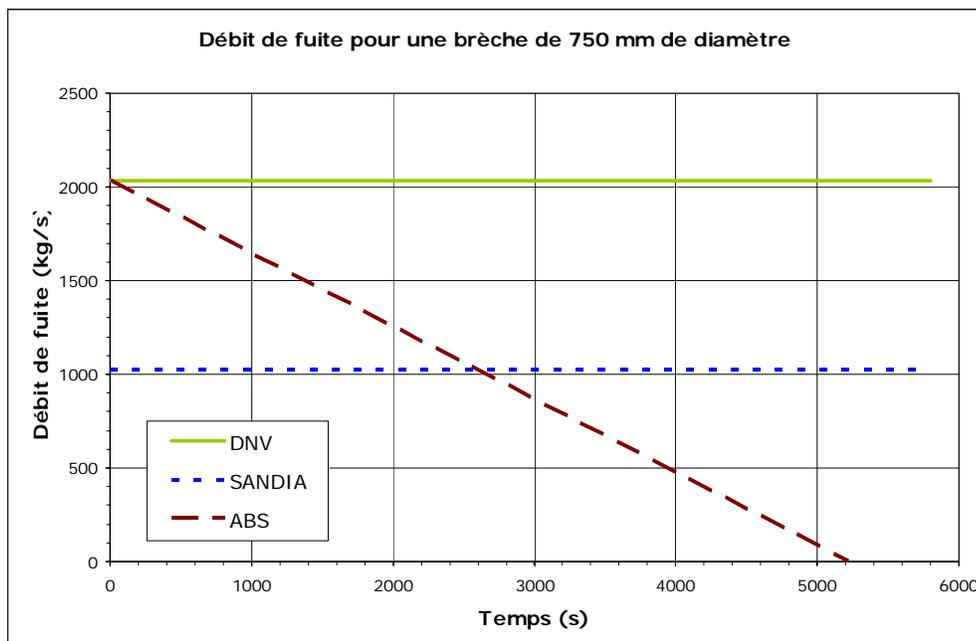
*Thus it is very important to justify this 50% reduction, particularly since it was not apparently used by other organizations in previous analyses, where larger thermal hazard distances were calculated.”*

Nous renvoyons le lecteur au rectificatif général n° 22 sur l’utilisation de la nappe à l’équilibre ou de la nappe initiale (voir annexe 1).

Nous reprenons ci-dessous les principales conclusions de cette comparaison des études DNV, SANDIA et ABS.

#### Calcul du débit de fuite

Pour un même scénario, SANDIA utilise un débit deux fois inférieur au débit maximum, débit utilisé par DNV. ABS utilise la courbe donnant le débit en fonction du temps. Les différences peuvent être illustrées par le graphique ci-dessous.



## Calcul de la taille de la nappe et du rayonnement thermique

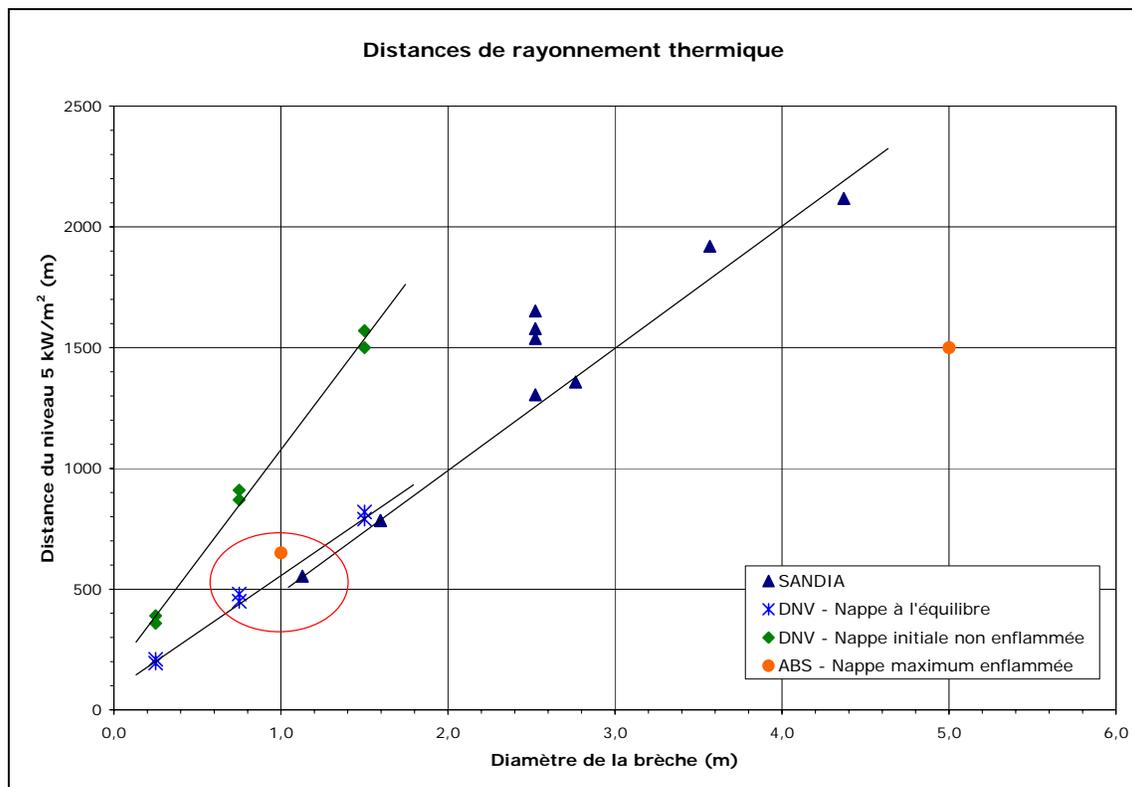
SANDIA, et toutes les études qui y réfèrent, ont une approche basée sur une nappe à l'équilibre (équilibre entre le débit de fuite et le taux de combustion).

DNV a une approche basée sur l'utilisation du débit de fuite maximum que DNV appelle nappe à l'équilibre.

ABS utilise la taille maximum de la nappe enflammée. Il importe de noter qu'ABS utilise la taille maximale de la **nappe enflammée** pour calculer le rayonnement thermique ET NON la taille maximale de sa nappe sans inflammation (que DNV appelle « nappe initiale »).

En conclusion, il est faux de dire seul DNV utilise la notion de nappe à l'équilibre et que toutes les autres études sont basées sur la nappe initiale. Les études sont faites pour des nappes à l'équilibre ou la taille maximale des nappes enflammées. Aucune étude n'utilise la taille maximale de la nappe non enflammée que DNV appelle la « nappe initiale ».

Dans ces autres études, les distances de rayonnement thermique pour une nappe de même taille sont très en accord avec les distances de DNV.



**Distance du niveau 5 kW/m<sup>2</sup> en fonction de la taille de la brèche.**

Enfin, nous renvoyons le lecteur au document DA61 - QE-0002 sur les effets du rayonnement thermique de la nappe initiale. La conclusion de ce document est que les effets du rayonnement thermique sont maximums pour le feu bien développé de la nappe à l'équilibre. Ainsi, le degré de rayonnement thermique advenant une exposition à la nappe initiale sera inférieur au rayonnement thermique pour un feu de la nappe à l'équilibre.

*“Both the pool fire and vapour dispersion calculations appear to assume a flat terrain, and no water flow. However, the escarpment rises up very steeply from the river to a height of approximately 60 m above the river at Highway 132. It would be interesting to know what effect the local topography would be expected to have on the results of the calculations.”*

L'effet de l'élévation du terrain sur le rayonnement thermique a fait d'échanges entre le CET et Rabaska.

Une note technique a été produite sur le sujet pour le CET (note non reproduite ici).

Les conclusions de cette note sont que les distances des différents seuils de rayonnement thermique augmentent légèrement quand l'élévation du récepteur augmente. Cette augmentation est très faible (quelques pour cent) pour les seuils 5 kW/m<sup>2</sup> et 12,5 kW/m<sup>2</sup>.

Il est important de noter que les modèles de calcul de rayonnement thermique ont des approches prudentes. Notamment, ils supposent que la flamme émet un rayonnement thermique uniforme sur toute la hauteur de la flamme. Or un feu de nappe d'hydrocarbures émet un rayonnement thermique plus important à sa base qu'en hauteur où la flamme est plus turbulente et où la flamme peut être partiellement masquée par des fumées.

*“Similarly, there can be a strong downstream current at this location, which might have a significant effect on the same calculations.”*

L'effet du courant a fait l'objet d'une étude qui a déjà été communiquée à la Commission dans le document DA83 – QE-0041 (voir annexe 2).

#### *“General Comments on Consequence Evaluation*

*The case of a carrier at the terminal is a special case because the carrier is at this location for a considerable time and because it is close to shore. However again no maps with hazard or risk contours are shown and no indication is given of the proximity of the nearest house or business. Therefore it is difficult to determine whether anyone is at risk.”*

Les courbes de risques produites dans le cadre de l'analyse des risques terrestres (courbes de risque pour le terminal méthanier et le méthanier à quai) ont été ultérieurement transmises au CET. À la demande du CET, des courbes de risques additionnelles ont été produites pour le méthanier à quai et pour le passage du méthanier dans la Traverse du Nord.

La figure 1 donne les isocontours de risque pour un méthanier à quai. Ces courbes de risque sont calculées en tenant compte des scénarios suivants :

- Fuite sur une des cuves du méthanier à quai. L'évaluation des fréquences inclut comme cause une collision par un navire tiers. À ce scénario s'ajoute un scénario de brèche suite à un acte terroriste (brèche de 1 500 mm). Afin de tenir compte de tous les cas, on a choisi de suivre une approche prudente en utilisant une valeur de 1 500 mm de diamètre pour la détermination des courbes de risque.

- Fuites sur les bras de déchargement pendant l'opération de transbordement de la cargaison.

La figure 2 donne les courbes de risque individuel pour le méthanier dans la Traverse du Nord et jusqu'à la prise des remorqueurs en face de Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans. Ces courbes de risque sont calculées en tenant compte des scénarios de fuite sur une des cuves du méthanier suite à un échouement ou une collision.

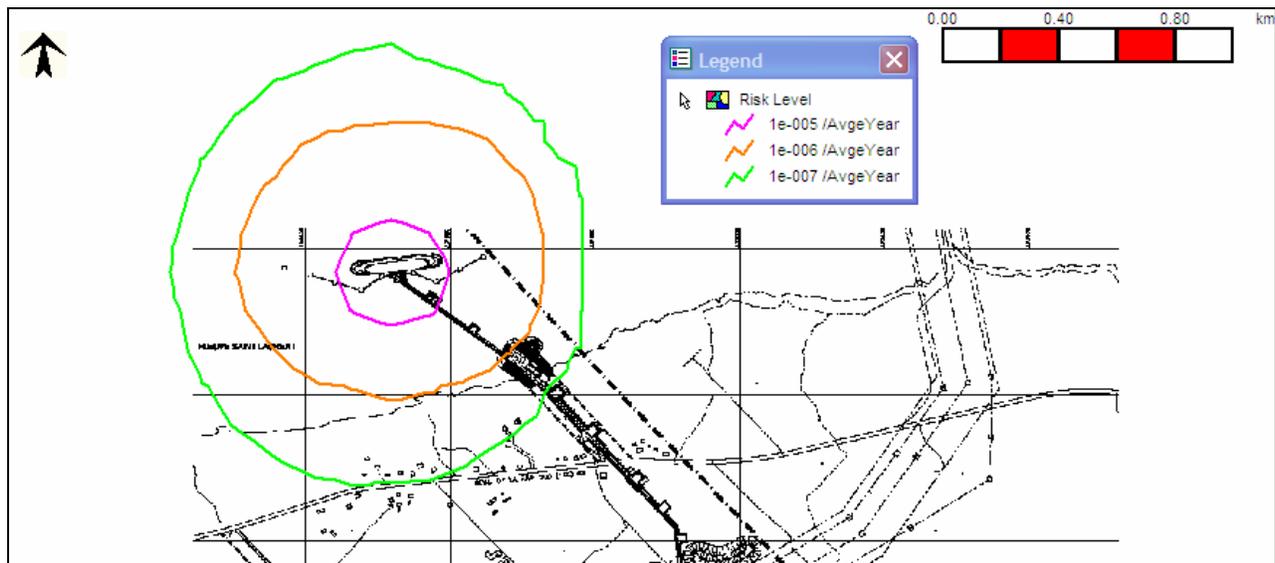
En se fondant sur les critères d'acceptabilité fixés par des organismes de réglementation à travers le monde, DNV a appliqué au projet Rabaska les critères suivants pour le risque individuel :

- Risque maximal acceptable pour le public :  $10^{-4}$  par an soit une occurrence tous les 10 000 ans. Ce critère est la récurrence maximale acceptable pour l'ensemble des risques industriels, pour des personnes non abritées et les plus exposées;
- Risque négligeable :  $10^{-7}$  par an soit une occurrence tous les 10 millions d'années.

On peut constater sur les figures 1 et 2, que les niveaux de risque sont toujours inférieurs au niveau de risque maximal acceptable.

Pour le méthanier à quai, il n'y a aucun bâtiment ou résidence dans l'isocontour  $10^{-6}$  par an. 12 résidences sont situées entre le niveau  $10^{-6}$  et le niveau  $10^{-7}$ , qui est le niveau de risque négligeable.

De l'entrée de la Traverse du Nord jusqu'à quai, le niveau de risque est inférieur au niveau négligeable ( $10^{-7}$  par an, soit une occurrence tous les 10 millions d'années) sur la rive.



**Figure 1 – Courbes de risque individuel pour le méthanier à quai et les bras de déchargement**

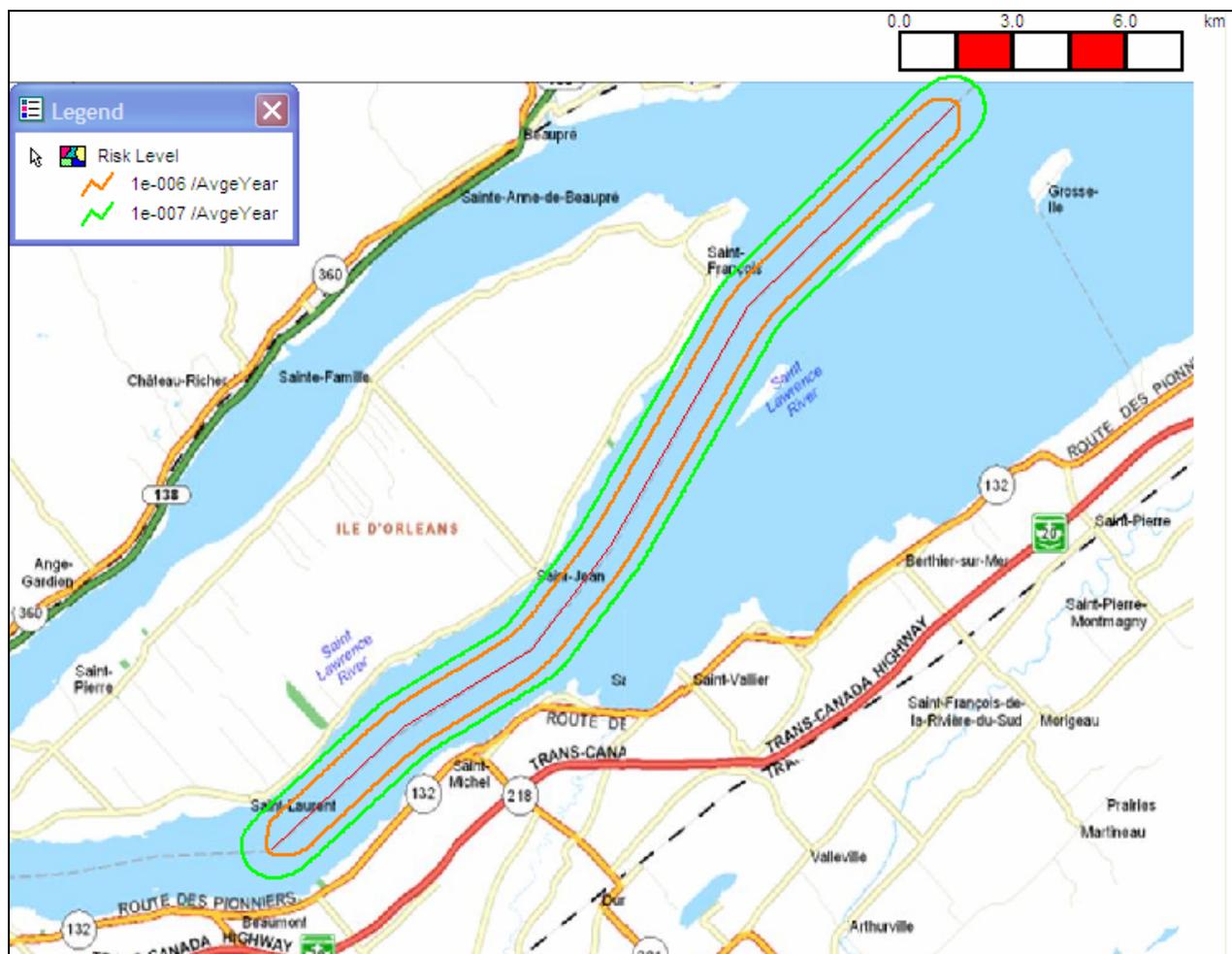


Figure 2 – Courbes de risque individuel pour le transit du méthane dans la Traversée du Nord

### 3.4 Page 7 – Fault Tree Analysis (Arbres d'événements)

*"What is significant in Table 3 is that three of the five assigned probabilities appear to be assumptions and are not supported with data or documentation."*

Les valeurs utilisées dans les arbres d'événements pour les scénarios étudiés sont basées sur l'expérience et le savoir-faire de DNV. DNV a utilisé plusieurs bases de données sur des accidents du passé (par exemple, on a constaté qu'un échouement sur 60 de pétrolier conduit à un déversement de pétrole dans l'environnement) ainsi que des études de l'OMI (Courbes de probabilité de pénétration verticale de l'OMI pour l'étude des échouements).

La comparaison avec le rapport SANDIA montre que l'approche de DNV est une approche prudente.

	SANDIA	DNV
<b>Échouement</b>	Selon SANDIA, un échouement ne conduirait pas une brèche dans la cuve. (Voir tableaux 9 et 32 du rapport SANDIA)	DNV considère la possibilité d'une brèche dans une cuve en cas d'échouement sur un fond rocheux. DNV utilise une distribution de 50 % de fond rocheux et de 50 % de fond meuble sur tout le long du parcours du méthanier. (Voir tableau 7.11 de l'Annexe F-2)
<b>Collision</b>	Selon SANDIA, seule une collision à 90° avec un gros navire naviguant à plus de 7 nœuds pourrait conduire à une brèche dans une cuve. Les navires de tonnage supérieur ou égal aux gros navires (« <i>Large vessels</i> »), c'est-à-dire de plus 50 000 tonnes, représentent 11 % du trafic sur le Saint-Laurent.	DNV considère la possibilité d'une brèche dans une cuve, en l'appliquant à l'ensemble du trafic tiers, sans considération de la taille du navire abordeur. (Voir tableau 7.14 de l'Annexe F-2)
<b>Inflammation</b>	SANDIA calcule les conséquences des rejets sans inflammation, mais écrit : « <i>Many of the hazard zones identified in Table 3 are based on thermal hazards from a pool fire, because many of the events will provide ignition sources such that a fire is likely to occur immediately.</i> » (Rapport SANDIA, page 20)	DNV calcule aussi les conséquences avec et sans inflammation immédiate. DNV utilise les valeurs suivantes : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 % de probabilité d'inflammation immédiate dans le cas d'un échouement</li> <li>• 90 % de probabilité d'inflammation immédiate dans le cas d'une collision.</li> </ul>

### 3.5 Page 7 – Chapter 8 of study 3.15, Risk Evaluation (Évaluation du risque)

*“However no attempt has been made to define the terms “some”, “several” and “multiple” as they relate to the number of fatalities.”*

La définition de ces termes a fait l'objet d'une question du CET et d'une question du public transmise à Rabaska par la Commission (DQ27 - QUES126).

« Some fatalities » (« De un à quelques décès » dans la version française) signifie entre une et six victimes.

« Several fatalities » (« Plusieurs décès » dans la version française) signifie entre 6 et 30 victimes.

« Multiple fatalities » (« Nombreux décès » dans la version française) signifie plus de 30 victimes.

Le niveau de gravité est évalué à partir des informations suivantes :

- Distances de dispersion d'un nuage inflammable. Afin de faire une estimation prudente, les distances de dispersion sont arrondies au kilomètre supérieur, soit 1 km pour une brèche de 250 mm et 2 km pour une brèche de 750 mm.
- Densité de population le long du parcours du méthanier.
- Parcours du méthanier afin d'estimer la distance entre le méthanier en route ou à quai et les résidences ou les zones peuplées (voir les figures A-42 à A-46 de l'annexe A du complément à l'étude d'impact de mai 2006, document PR5.1).

*"A plot of frequency or risk contours would help resolve some of these issues. These plots, in strategic areas such as at the jetty, would allow the assessment of the potential impact on the public."*

Comme indiqué plus haut, des courbes de risque ont été fournies au CET pour le méthanier à quai et pour la section de la Traverse du Nord jusqu'au quai.

### **3.6 Page 9 – Determination of an exclusion zone radius**

*"The size of an exclusion zone around an accident scene should be based on the distance at which there is a substantial hazard to the public, the ability to put the exclusion zone in place in a timely manner and the consequences of maintaining the zone. .../.."*

*For example a 1.6-km evacuation distance would cover most of the hazardous scenarios, and it would be consistent with the Sandia report which states that beyond 1.6 km impacts on public safety should be considered low."*

Le titre de cette section peut prêter à confusion. Il faut en effet distinguer 3 différentes zones :

- Les zones d'exclusions définies par les normes canadienne (CSA Z276), américaine (NFPA50A) et européenne (EN1473).
- La zone de 50 m définie autour du méthanier et du quai vis-à-vis des petites embarcations.
- Le périmètre défini pour le plan d'urgence.

Le rapport de RNCan ne traite que de ce dernier point. La conclusion du rapport, page 10, est plus claire : *"A part of an emergency response procedure would be to set up a secure perimeter around an accident site. A secure perimeter with a radius of 1.6 km should be sufficient to cover most credible accident scenarios."*

#### Zones d'exclusion des normes

Les zones d'exclusion prévues par ces normes s'appliquent entre les installations du terminal, installations aussi bien terrestres que maritimes et les résidences ou autres bâtiments qui pourraient se trouver autour du

terminal. Pour l'appointement, la zone d'exclusion proposée par Rabaska est de 500 m. Cette zone est cohérente avec des exemples récents en Amérique du Nord et en Europe. Elle va même au-delà de ce qui est exigé par les normes en considérant un scénario de brèche sur le navire à quai.

#### Zone de 50 m

La zone de 50 m autour du méthanier à quai proposée au Comité Termpol est une zone qui s'applique aux petites embarcations côté fleuve ou aux véhicules à moteur côté appointement. Cette zone est une mesure de prévention pour éviter la présence de sources d'inflammation potentielles pendant les opérations de transfert de la cargaison. Cette distance correspond à une largeur de navire sachant que les engins motorisés éloignés de la sorte sont également à une élévation inférieure d'au moins 10 m de celle du pont du navire et que les rejets éventuels de gaz naturel ont une propension à s'élever rapidement dans les airs. Des distances comparables sont données pour le terminal méthanier de Montoir de Bretagne.

#### Périmètre du plan d'urgence

Le périmètre du plan d'urgence n'est pas encore défini. Il le sera de manière définitive quand le projet Rabaska sera analysé par le CMMI de Lévis.

Cependant, la proposition de RNCan d'un périmètre de 1600 m nous semble réaliste et cohérente avec les pratiques sur les terminaux méthaniers en France (périmètre de 1 500 m de rayon pour les trois terminaux de Gaz de France).

#### Rapport SANDIA

RNCan fait référence au rapport SANDIA. SANDIA a en effet une approche par zone. Dans ce rapport SANDIA définit 3 zones (voir sections 1.3.1 et 1.3.2 du rapport SANDIA), et propose des mesures de gestion du risque dans chacune des zones s'il y a présence de population ou d'infrastructures particulières à l'intérieur de ces zones. SANDIA distingue toujours les risques accidentels (collision et échouement), des risques liés à des actes intentionnels (actes terroristes).

Les conclusions pour les brèches **accidentelles** sont les suivantes :

*"The most significant impacts to public safety and property from an accidental spill exist within approximately 250 m of a spill, with lower impacts at distances beyond approximately 750 m from a spill"* (SANDIA, page 21)

Les conclusions pour les brèches **intentionnelles** sont les suivantes :

*"In general, the most significant impacts on public safety and property from an intentional spill exist within approximately 500 m of a spill, with lower impacts at distances beyond approximately 1600 m from a spill"* (SANDIA, page 22)

Le tableau suivant (Table 3, page 20 du rapport SANDIA) résume ces distances pour les différents scénarios.

**Table 3: Guidance for Impacts on Public Safety from LNG Breaches and Spills**

EVENT	POTENTIAL SHIP DAMAGE AND SPILL	POTENTIAL HAZARD	POTENTIAL IMPACT ON PUBLIC SAFETY*		
			High	Medium	Low
<b>Collisions: Low speed</b>	Minor ship damage, no spill	Minor ship damage	None	None	None
<b>Collisions: High Speed</b>	LNG cargo tank breach and small - medium spill	Damage to ship and small fire	~ 250 m	~ 250 – 750 m	> 750 m
<b>Grounding: &lt;3 m high object</b>	Minor ship damage, no breach	Minor ship damage	None	None	None
<b>Intentional Breach</b>	Intentional breach and medium to large spill	Damage to ship and large fire	~ 500 m	~ 500 m – 1600 m	> 1600 m
	Intentional, large release of LNG	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Damage to ship and large fire</li> <li>▪ Vapor cloud dispersion with late ignition</li> </ul>	~ 500m  ~ 500 m	~ 500 m – 1600 m  > 1600 m	> 1600 m  > 2000 m

<sup>a</sup> Distance to spill origin, varies according to site  
Low – minor injuries and minor property damage  
Medium – potential for injuries and property damage  
High – major injuries and significant damage to property

### 3.7 Page 12 – Recommendations

*“1. Ask the federal security agencies for an assessment of the likelihood of a deliberate attack on a LNG carrier at Rabaska. If the intelligence assessment is that the probability of an attack is significant, request a risk assessment based on this worst-case scenario.”*

La sûreté est traitée dans un plan de sûreté spécifique. Une étude de risque terroriste a été menée pour Rabaska.

*“2. Ask the project coordinator to develop an emergency response plan that includes a secure perimeter with a radius of at least 1.6 km.”*

Le plan d'urgence sera développé ultérieurement dans le cadre du CMMI de Lévis pour être finalisé au moins 6 mois avant le début de la mise en service du terminal.

*“3. Request data to justify the key “factors” used in event frequency calculations.”*

Les facteurs K ont largement été discutés avec le CET. Les justifications ont été fournies par Rabaska et aucune autre question n'a été posée à cet égard.

*“4. Request details on Harbours of Refuge, locations, facilities, emergency response plans.”*

Les ports de refuge possibles ont été définis et fournis au CET.

*"5. Request that event frequency contours be provided for key sites along the route."*

Des courbes de risques ont été fournies au CET pour le méthanier à quai et pour la section de la Traverse du Nord jusqu'au quai.

*"6. Request a more complete justification for the use of the reduced pool radii."*

Des justifications ont été fournies sur l'utilisation de la nappe à l'équilibre. Une comparaison a été faite avec des études de référence (SANDIA, ABS). Le résultat de cette comparaison est qu'il est légitime d'utiliser la nappe à l'équilibre comme le font la plupart des autres études. Cette approche est aussi cohérente avec la réalité des phénomènes physiques qui entrent en jeu (phénomène transitoire lors de l'inflammation de la nappe initiale vs feu de nappe bien développé de la nappe à l'équilibre).

*"7. Request that DNV provide a clearer link between the number of potential fatalities and the event scenarios."*

Des clarifications sur ce point ont été fournies au CET.

*"8. Provide more complete justification for the selection of the small hole size (0.44 m<sup>2</sup>, 0.75 m) as opposed to the larger hole size (1.5 m<sup>2</sup>, 1.38 m) suggested by Sandia."*

Des justifications ont été fournies au CET sur le choix de la taille de la brèche.

## **Annexe 1**

**Rectificatif général aux mémoires n° 22 portant sur  
l'utilisation de la nappe à l'équilibre ou de la nappe initiale**

## 22. UTILISATION DE LA NAPPE À L'ÉQUILIBRE OU DE LA NAPPE INITIALE

Plusieurs mémoires (DM302 de Pierrette Bélanger, DM377 d'Yves Saint-Laurent, DM459 de l'APPEL, DM590 de Gaëtan Paradis...) reviennent sur le sujet du calcul des conséquences en cas d'épandage sur de l'eau suite à une brèche dans une des cuves d'un méthanier. Le sujet de la taille de la nappe à retenir est souvent évoqué, en affirmant par exemple que la pratique aux États-Unis est de baser les calculs de conséquences (rayonnement thermique) sur ce que DNV appelle la nappe initiale. Cette affirmation est fautive.

La détermination de distances de conséquences (soit dispersion, soit rayonnement thermique) se fait en suivant les étapes suivantes :

- Détermination de la taille de la brèche et des caractéristiques de la cuve du méthanier (notamment hauteur de GNL dans la cuve). Nous ne traiterons pas de ce sujet dans ce rectificatif.
- Calcul du débit de fuite.
- Calcul d'épandage du GNL sur l'eau pour déterminer la taille de la nappe de GNL.
- Et enfin selon les cas, soit calcul du rayonnement thermique d'un feu de nappe (cas avec inflammation), soit calcul de dispersion d'un nuage de vapeurs de GNL (cas sans inflammation).

Nous avons comparé les approches suivantes :

- SANDIA : l'approche décrite par SANDIA dans le rapport « *Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied Natural Gas (LNG) Spill Over Water* ». Voir particulièrement l'annexe D de ce rapport qui décrit dans le détail les calculs.
- DNV : l'approche retenue par DNV pour la réalisation des analyses des risques du projet Rabaska.
- ABS : l'approche décrite par ABS dans le rapport « *Staff's Responses To Comments On Consequence Assessment Methods For Incidents Involving Releases From Liquefied Natural Gas Carriers* » du 18 juin 2004. Ce document modifie et met à jour le rapport initial d'ABS.

Le rapport SANDIA est actuellement l'étude utilisée comme référence par les autorités des États-Unis. Par exemple, les USCG la cite explicitement comme référence dans le document « *Guidance On Assessing The Suitability Of A Waterway For Liquefied Natural Gas (LNG) Marine Traffic* » NVIC 2005-05. La plupart des études de sécurité réalisées actuellement aux États-Unis utilisent le rapport SANDIA. Même si l'étude ABS n'est plus considérée comme la référence, elle continue d'être utilisée dans quelques études, c'est pour cette raison que nous l'avons quand même incluse dans notre comparatif.

### 1. Calcul du débit de fuite

Les trois approches utilisent l'équation de Bernoulli pour le calcul du débit de fuite. Les différences sont les suivantes :

- SANDIA détermine un seul débit qui est égal au débit moyen, c'est-à-dire à la moitié du débit de fuite initial (Cf. annexe D, section 4, page 143, « Average flow rate »).
- DNV détermine un seul débit qui est égal au débit maximum, c'est-à-dire au débit de fuite initial.
- ABS fait un calcul du débit en fonction du temps en tenant compte de la décroissance du débit de fuite, à cause de la diminution de la hauteur de GNL dans la cuve, au fur et à mesure que celle-ci se vide.

Dans la suite des calculs, pour un même scénario, SANDIA utilise donc un débit deux fois inférieur au débit maximum, débit utilisé par DNV.

## 2. Calcul de la taille de la nappe

Le tableau ci-dessous résume les différences entre les 3 approches pour déterminer la taille de la nappe enflammée :

Calcul de la taille de la nappe	SANDIA	DNV	ABS
Type de calcul	Modèle simple basé sur un bilan massique entre le débit de fuite et le taux de combustion	Modèle dynamique (évolution de la taille de la nappe en fonction du temps)	Modèle dynamique (évolution de la taille de la nappe en fonction du temps)
Taux de combustion	$3 \times 10^{-4}$ m/s	$8 \times 10^{-4}$ m/s	$6.67 \times 10^{-4}$ m/s
Résultat	Diamètre de la nappe pour le débit de fuite moyen	Diamètre de la nappe en fonction du temps	Diamètre de la nappe en fonction du temps

On constate que SANDIA calcule uniquement une taille de nappe pour une nappe à l'équilibre :

*« The diameter of the spill was determined by assuming a steady state where the mass coming in is balanced by the mass going out, due to the heat flux from the heating of the water below and from the fire above » (Rapport SANDIA, page 143)*

Par contre, SANDIA utilise un taux de combustion plus faible que DNV et ABS, cela conduit à prédire une taille de nappe à l'équilibre plus importante pour un même débit de fuite. Cependant, comme SANDIA utilise un débit de fuite plus faible, ces deux effets se compensent (voir illustration à la figure 1, montrant le bon accord entre DNV et SANDIA).

## 3. Calcul du rayonnement thermique d'un feu de nappe

Les trois approches retiennent un modèle de calcul de type « flamme solide ».

Pour ce type de modèle, les paramètres importants, outre les conditions de vent, sont la taille de la nappe et le pouvoir émissif de la flamme.

Concernant, le pouvoir émissif de la flamme, les valeurs suivantes sont utilisées :

- SANDIA : 220 kW/m<sup>2</sup>
- DNV : 220 kW/m<sup>2</sup>
- ABS : 265 kW/m<sup>2</sup>

Pour la taille de la nappe, les approches suivantes sont retenues :

- SANDIA : Diamètre de la nappe pour le débit de fuite moyen. SANDIA calcule donc le rayonnement thermique d'une nappe à l'équilibre.
- DNV utilise le diamètre pour le débit de fuite maximum. DNV appelle cette nappe la nappe à l'équilibre (avec inflammation)
- ABS : Diamètre maximum de la nappe enflammée.

## 4. Calcul des distances de dispersion

Les trois approches reposent sur des modèles très différents :

- Modèles simples de type intégral pour DNV (modèle PHAST) et ABS (modèle DEGADIS)
- Modèle 3D pour SANDIA (VULCAIN).

Les informations sur les paramètres d'entrée du modèle de dispersion sont plus difficiles à obtenir, mais à partir des informations dans les différents rapports, on constate que les approches suivantes sont retenues :

- SANDIA : Diamètre de la nappe pour le débit de fuite moyen. SANDIA calcule donc la dispersion à partir d'une nappe à l'équilibre.
- DNV et ABS : diamètre de la nappe en fonction du temps. Le calcul de dispersion intègre l'aspect dynamique dans l'étalement de la nappe.

#### 5. Conclusion sur les trois approches

À partir de ces comparaisons, on arrive aux constats suivants :

- SANDIA, et toutes les études qui y réfèrent, ont une approche basée sur une nappe à l'équilibre (équilibre entre le débit de fuite et le taux de combustion).
- DNV a une approche basée sur l'utilisation du débit de fuite maximum que DNV appelle nappe à l'équilibre.
- ABS utilise la taille maximum de la nappe enflammée.

Les graphiques ci-dessous illustrent les différences entre les trois approches :

- Figure 1 : Diamètre de la nappe en fonction de la taille de la brèche. On notera le très bon accord entre la taille de nappe calculée par SANDIA et la nappe à l'équilibre de DNV. On notera aussi que la taille de la nappe d'ABS (sans inflammation) est la même que celle de DNV (nappe initiale – sans inflammation)
- Il importe de noter qu'ABS utilise la taille maximale de la **nappe enflammée** pour calculer le rayonnement thermique ET NON la taille maximale de sa nappe sans inflammation (que DNV appelle « nappe initiale »).
- Figure 2 : Distance du niveau 5 kW/m<sup>2</sup> en fonction de la taille de la brèche. Ici encore, on observe un bon accord entre DNV et SANDIA et un bon accord entre ABS, DNV et SANDIA pour la brèche de 1 m de diamètre.
- Figure 3 : Distance de la limite inférieure d'inflammabilité en fonction de la taille de la brèche. On notera que DNV prédit des distances plus grandes que SANDIA. Cela est dû à la différence entre les modèles de dispersion.

En conclusion, il est faux de dire seul DNV utilise la notion de nappe à l'équilibre et que toutes les autres études sont basées sur la nappe initiale. Les études sont faites pour des nappes à l'équilibre ou la taille maximale des nappes enflammées. Aucune étude n'utilise la taille maximale de la nappe non enflammée que DNV appelle la « nappe initiale ».

#### 6. Terminologie

Une certaine confusion peut provenir de la terminologie utilisée. En effet, certains auteurs parlent de nappe maximale comme étant celle d'une nappe à l'équilibre pour le débit de fuite maximum (débit initial). Cette nappe maximale est équivalente à la nappe à l'équilibre dans la terminologie utilisée par DNV.

De plus, il importe de faire la distinction entre l'évolution d'une nappe enflammée et une nappe sans inflammation. Encore une fois, ABS utilise la taille maximale de la nappe, mais pour une nappe enflammée.

DNV, dans une approche très conservatrice a calculé le rayonnement thermique d'une nappe ayant la taille maximale de la nappe non enflammée !

Pour les calculs de risques, DNV utilise une approche « arbre d'événements ». Les courbes de risque individuel tiennent à la fois compte d'un feu de nappe à l'équilibre (cas d'une inflammation immédiate) et dans le cas d'une inflammation retardée, de la distance de dispersion du nuage et du rayonnement thermique d'une nappe de la taille de la nappe initiale sans inflammation. DNV, dans le modèle SAFETI, prend l'hypothèse très

conservatrice qu'en cas d'inflammation retardée, le feu éclair ou feu de nuage va parcourir le nuage de vapeurs de GNL et revenir à la source alors que la nappe est à son extension maximale que DNV nomme « nappe initiale » (sans inflammation). (Voir DA61 – QE-0002 pour plus de précisions.)

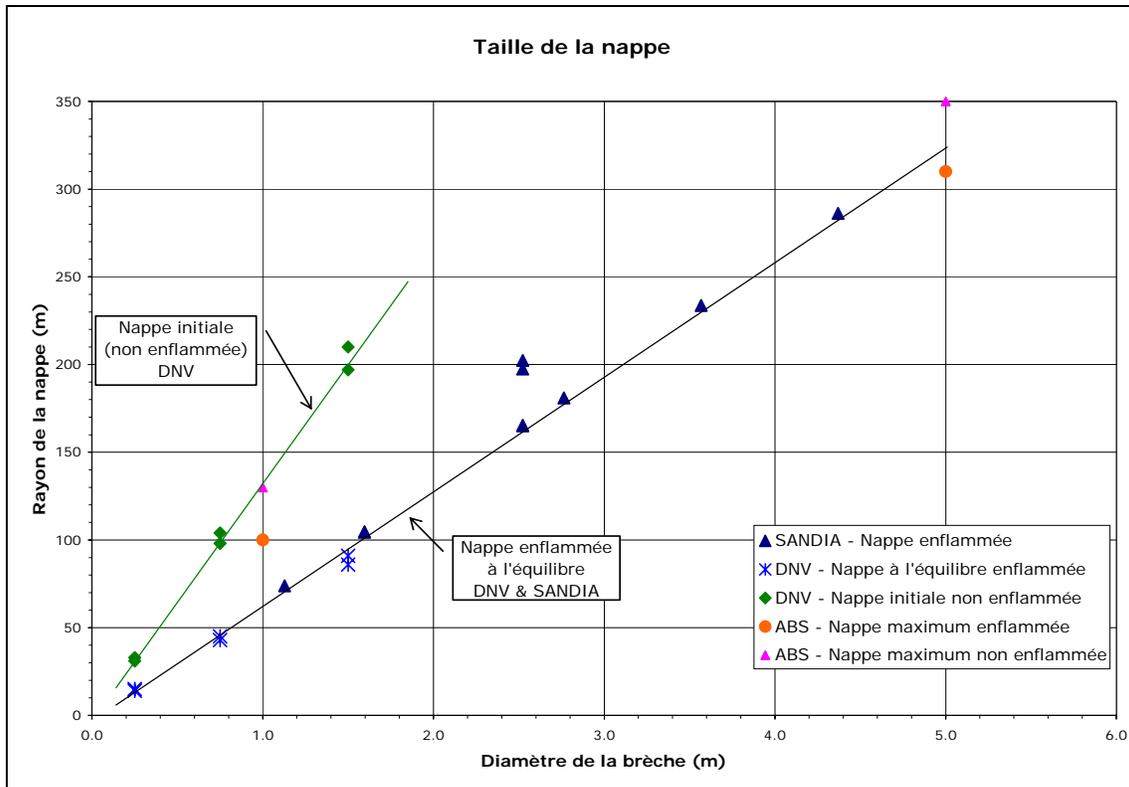


Figure 1 : Diamètre de la nappe en fonction de la taille de la brèche

### Distances de rayonnement thermique

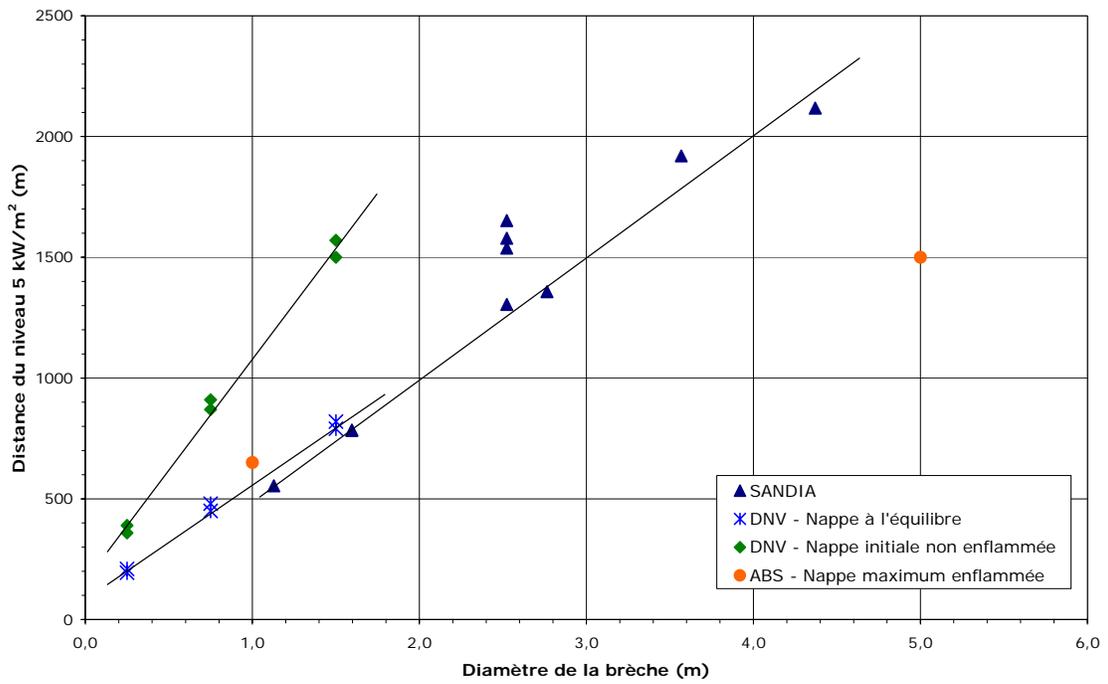


Figure 2 : Distance du niveau 5 kW/m<sup>2</sup> en fonction de la taille de la brèche.

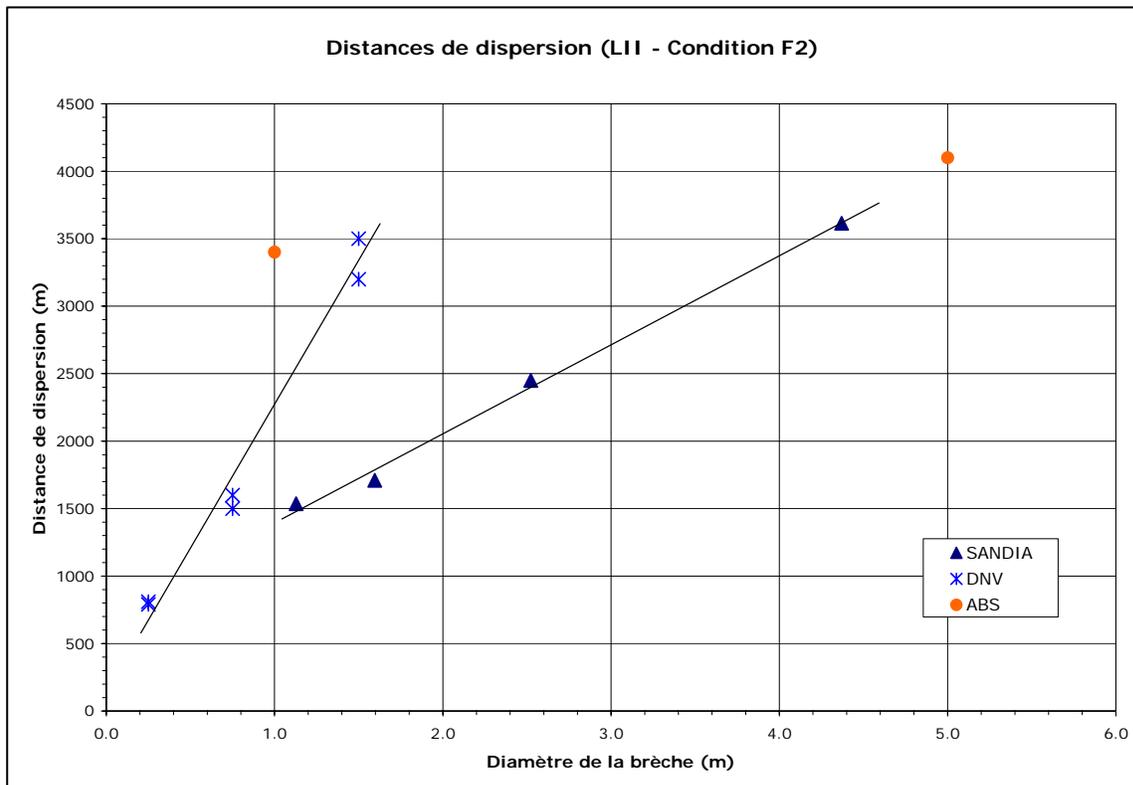


Figure 3 : Distance de la LII en fonction de la taille de la brèche.

## **Annexe 2**

**Question/Engagement n° QE-0041 (DA83)  
sur l'effet du courant sur une nappe de GNL.**



## QUESTION/ENGAGEMENT

Déposer le document Termpol sur le déversement de GNL à la suite d'une brèche de 750 mm sur le méthanier (Effets du courant – modélisation)

## RÉPONSE

### **Impact du courant sur le comportement de la nappe de GNL déversée**

Tout d'abord, il convient de bien noter les différences entre une nappe de GNL sur de l'eau et une nappe d'un autre hydrocarbure liquide sur de l'eau. À la différence des autres hydrocarbures, le GNL s'évapore rapidement et ne provoque pas de pollution de l'eau. Le transfert de chaleur entre l'eau et le GNL favorise une évaporation rapide. Cet effet est d'autant plus important quand la nappe est enflammée, puisque la chaleur du feu de nappe s'ajoute à l'énergie provenant de l'eau. La vaporisation de la nappe de GNL est dans ce cas encore plus rapide. C'est le pourtour extérieur de la nappe, loin du point de rejet qui alimente la nappe qui est de faible épaisseur et qui va s'évaporer ou se consumer le plus rapidement.

Une nappe de GNL est donc dans un état transitoire, ce n'est pas une nappe stable qui peut s'étendre et se déplacer sur de grandes distances.

Dans le cas d'une brèche sur une cuve d'un méthanier, du GNL va être rejeté et va former une nappe à la surface de l'eau à proximité immédiate du point de rejet. Cette nappe va être déformée dans la direction du courant, mais son expansion en aval du point de fuite sera limitée par l'évaporation du GNL, comme expliqué dans la note de DNV jointe. Plutôt que d'avoir une forme circulaire ou semi-circulaire, la nappe aura alors une forme oblongue ou ellipsoïde.

Quand la nappe atteint une superficie telle que le taux d'évaporation de la nappe est égal au débit de fuite l'alimentant, la taille de la nappe va se stabiliser et la nappe ne va plus se déformer.

Quand la fuite alimentant la nappe s'arrête, la nappe va s'évaporer rapidement tout en se réduisant en surface (ce qui a pour effet de réduire le rayonnement thermique). Par exemple, DNV estime que le temps pour qu'une nappe de GNL sur de l'eau s'évapore complètement est d'environ 10 s.

La superficie de la nappe est gouvernée par l'équilibre entre le taux d'évaporation (ou le taux de combustion) et le débit d'alimentation de la nappe (débit de fuite de la cuve). Quelles que soient la condition de courant et la forme de la nappe (circulaire ou ellipsoïde), la superficie sera donc la même pour des conditions de

rejet donné. Le rayonnement thermique d'une nappe et la dispersion de vapeurs dépendent principalement de la superficie de la nappe. Le courant aura donc un effet très limité sur le rayonnement thermique émis par la nappe ou sur les distances de dispersion. L'effet sera principalement dû au déplacement du centre de la nappe dans le sens du courant dans le cas d'une nappe ellipsoïde par rapport à une nappe circulaire.

En conclusion, l'effet du courant sur une nappe de GNL est très limité. Il n'y a pas de risque de dérive de la nappe. Dès que l'alimentation s'arrête, la nappe va se résorber rapidement. On estime que l'effet du courant sur les distances de rayonnement thermique et de dispersion est mineur.

### **Impact de la glace**

Les études ont été réalisées en supposant un déversement sur de l'eau à l'état liquide. C'est une approche prudente. Le transfert thermique serait inférieur en cas de déversement sur de la glace ou sur un mélange de glace et d'eau. Par conséquent, l'évaporation serait moins forte et les distances de conséquences seraient plus courtes, en comparaison avec un déversement sur de l'eau liquide.

Un cas qui a été soulevé pendant la première partie des audiences publiques est la possibilité d'avoir du GNL « piégé » dans les glaces. C'est ce point qui est discuté ci-dessous.

Dans le cas d'une nappe de GNL emprisonnée dans une sorte de bassin formé entre des glaces dérivantes, ceci aurait pour effet, comme dans le cas d'une cuvette de rétention, de réduire la surface de la nappe (hauteur de GNL plus importante que dans le cas d'un déversement libre sur de l'eau) et par conséquent de réduire aussi les distances de dispersion et de rayonnement thermique.

Théoriquement, on pourrait penser qu'un tel « bassin » de GNL dans les glaces pourrait dériver sous l'effet du courant, au-delà d'une distance correspondant au rayon de la nappe à l'équilibre sur de l'eau (exemple, 45 m dans le cas d'une brèche de 750 mm sur un navire de type Qflex). Avec un courant de 4 nœuds, cela prendrait environ 22 secondes. Cependant, pour une telle vitesse du courant, un « bassin » dans les glaces aurait peu de temps pour se remplir de GNL en passant au niveau du point de fuite. Par conséquent, il est improbable qu'une nappe de GNL dans un « bassin » dans les glaces dure plus de 20 secondes. Dans le cas d'un courant plus faible, il y aurait plus de temps pour remplir le bassin mais aussi plus de temps pour l'évaporation du GNL.

La détermination de distances de conséquences devrait prendre en compte le fait que le « bassin » ne serait sûrement pas étanche, et que le transfert de chaleur entre du GNL et de la glace est plus faible qu'entre du GNL et de l'eau liquide.

Pour ces raisons, DNV est d'avis que les calculs PHAST sont prudents et que la prise en compte de la glace conduirait à une légère réduction des distances de conséquence.

**NOTE TECHNIQUE**

NOTE NO. : TMAR /03  
DE : DNV Consulting  
DATE : 2006-09-06  
PREP. PAR : TORUNN HIORTH MATHINSEN

## **Effet du courant sur le comportement d'une nappe de GNL**

### **1 RÉSUMÉ**

L'objectif de ce document est d'évaluer l'effet du courant sur une nappe de GNL qui serait déversé sur de l'eau et l'impact correspondant sur les distances de rayonnement thermique et de dispersion.

On évalue que le courant pourrait conduire à une augmentation maximum des distances de conséquence de 120 m dans le sens du courant. Avec une surface de nappe inchangée, cela conduirait à des effets limités sur les zones impactées.

### **2 INTRODUCTION**

Si du GNL est déversé sur une surface mobile comme un fleuve, la forme de la nappe ne sera pas circulaire, mais la nappe se déformera et s'étirera dans le sens du courant.

Cette note discute des principes de base sur la dérive de la nappe et évalue comment la forme de la nappe évoluera à cause du courant. Ce travail est basé sur les résultats de l'analyse des risques, obtenus pour des nappes circulaires, et sur des considérations d'ordre géométrique tenant compte du courant dans le fleuve.

### **3 DÉRIVE DE LA NAPPE**

Dans l'hypothèse d'un scénario de pénétration d'une cuve de GNL, du GNL serait rejeté par la brèche et formerait une nappe de GNL à la surface de l'eau. La nappe sera étirée dans le sens du courant et l'expansion en aval sera limitée par le taux d'évaporation de la nappe.

Une fois que la nappe atteint une taille où le taux d'évaporation est égal au débit de fuite, la nappe ne s'étendra pas loin du point de fuite. La taille de la nappe et le taux d'évaporation atteignent un état d'équilibre.

Quand la fuite s'arrête, la nappe pourrait s'éloigner du point de fuite. Cependant, en raison de son évaporation rapide, la nappe ne dérivera pas plus loin.

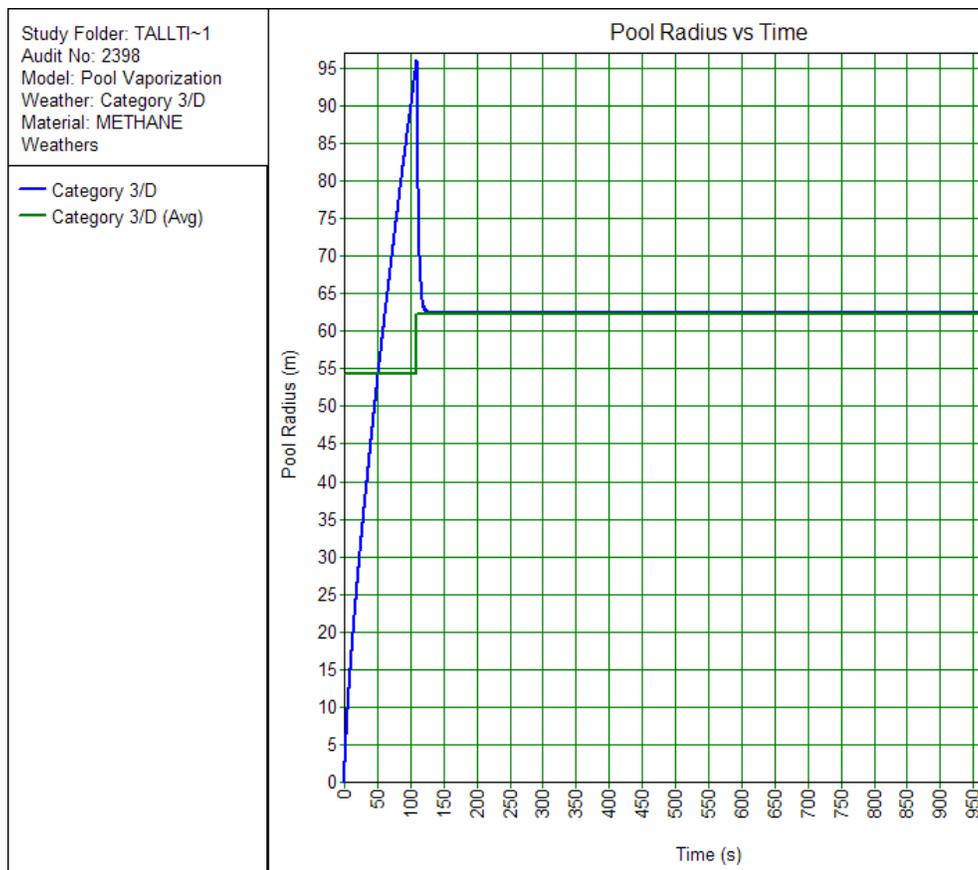
## 4 DONNÉES D'ENTRÉE

Les calculs sont basés sur les résultats précédents de PHAST d'une brèche de 750 mm, avec une colonne liquide de 16,6 mètres au-dessus de la brèche. Les résultats de PHAST utilisés dans cette analyse sont donnés au tableau 4-1 et l'évolution du rayon de la nappe en fonction du temps est donnée à la figure 4-1.

La forme de la nappe est estimée pour trois courants différents : 1, 2 et 4 nœuds.

**Table 4-1 Données extraites d'analyses précédentes avec PHAST**

Diamètre de la brèche [mm]	Débit de fuite [kg/s]	Rayon de la nappe à l'équilibre sans inflammation [m]	Durée pour atteindre le rayon de la nappe à l'équilibre [s]
750	2032	60	120 s



**Figure 4-1 Rayon de la nappe en fonction du temps pour un rejet sans inflammation d'une brèche de 750 mm.**

## 5 MÉTHODE DE MODÉLISATION

### 5.1 Hypothèses

La modélisation est basée sur l'approche et les hypothèses suivantes :

- La forme de la nappe est modifiée, passant d'un cercle à deux demi-ellipsoïdes à cause des effets du courant.
- Le courant est uniforme, constant au cours du temps et l'effet du navire sur le courant n'est pas pris en compte.
- Le transfert de chaleur de l'eau vers la nappe de GNL par unité de surface est identique pour les différentes formes de nappe.
- La surface de la nappe et le taux d'évaporation sont fonction des transferts de chaleurs entre l'eau et la nappe, ils sont donc indépendants de la forme de la nappe.
- Aux conditions d'équilibre, le taux d'évaporation est égal au débit de fuite.
- Le courant ne va pas modifier, ni le taux d'évaporation, ni le taux de combustion.

### 5.2 Modélisation

- 1) La nappe est constituée de deux demi-ellipsoïdes, de demi-axes  $(a_1, b_1)$  et  $(a_2, b_1)$ , comme illustré à la figure 5-1, dont le centre est situé en aval à une distance du point de fuite correspondant à la distance parcourue par le courant durant le temps nécessaire pour que la nappe atteigne sa taille à l'équilibre.
- 2) La nappe va se déplacer vers l'aval tant que le taux de croissance de la nappe est plus grand que l'ordre de grandeur du courant. La distance est ajoutée à la distance parcourue par le courant durant le temps nécessaire pour que la nappe atteigne sa taille à l'équilibre, ceci permettant d'obtenir la longueur du demi-axe  $a_1$ .
- 3) La longueur du demi-axe  $a_2$  est égale au rayon de la nappe circulaire.
- 4) Après avoir déterminé les demi-axes  $a_1$  et  $a_2$  en suivant les règles ci-dessus, la longueur du demi-axe  $b_1$  est calculée pour obtenir une nappe ellipsoïde de surface égale à la surface de la nappe circulaire (sans effet du courant).

Les distances de dispersion (distances à la limite inférieure d'inflammabilité), si le courant n'est pas pris en considération, sont calculées dans PHAST et ces distances sont données par rapport au centre de la nappe (le centre de la nappe étant « en face » du point de fuite).

Si le courant est pris en compte, les mêmes distances sont par rapport au centre de l'ellipsoïde. Dans le pire des cas, quand la direction du vent est dans la direction du courant, la distance entre le point de fuite et le centre d'ellipsoïde doit être ajoutée aux distances de dispersion.

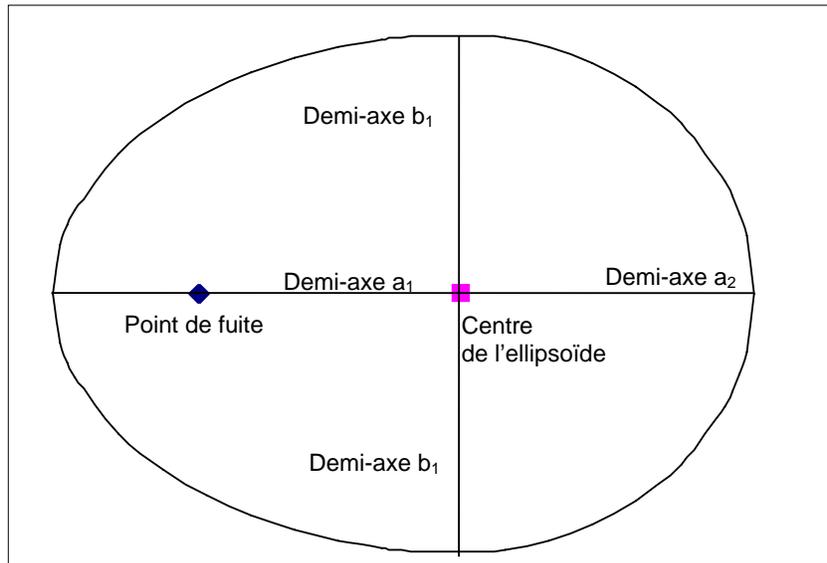


Figure 5-1 Schéma de la nappe modélisée

## 6 RÉSULTATS

### 6.1 Formes des nappes

En employant la méthode décrite ci-dessus, les formes des nappes pour une brèche de 750 mm et avec différents courants sont estimées. Les résultats sont montrés dans les figures ci-dessous.

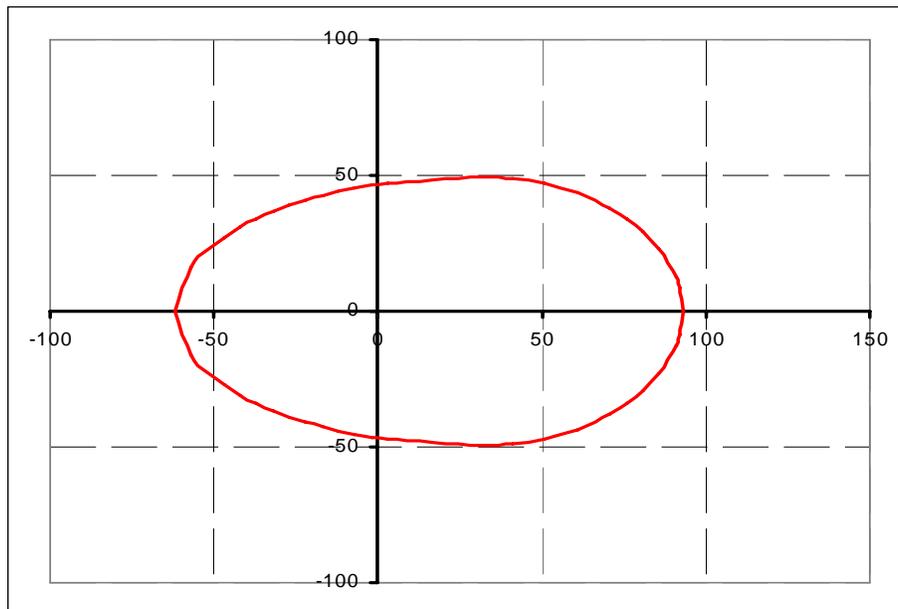
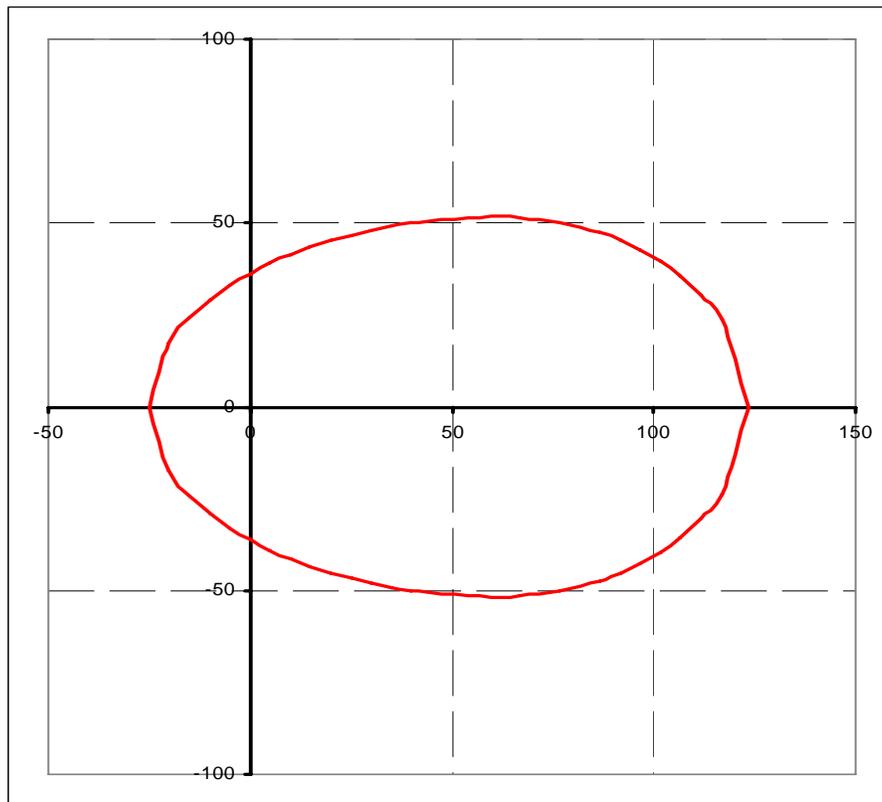
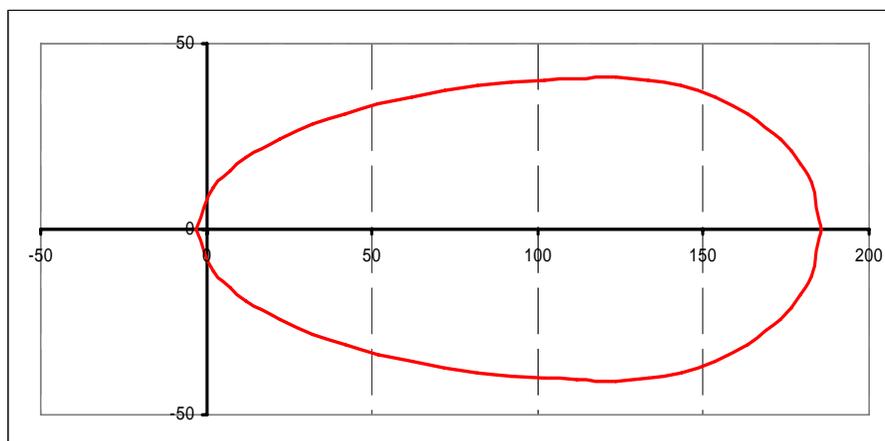


Figure 6-1 Forme de la nappe en cas de déversement sur l'eau, sans inflammation.  
Brèche : 750 mm, Débit de fuite : 2 032 kg/s, Courant : 1 nœud  
Le point de fuite est situé en (0,0). Les axes sont gradués en mètres.



**Figure 6-2** Forme de la nappe en cas de déversement sur l'eau, sans inflammation.  
Brèche : 750 mm, Débit de fuite : 2 032 kg/s, Courant : 2 nœuds  
Le point de fuite est situé en (0,0). Les axes sont gradués en mètres.



**Figure 6-3** Forme de la nappe en cas de déversement sur l'eau, sans inflammation.  
Brèche : 750 mm, Débit de fuite : 2 032 kg/s, Courant : 4 nœuds  
Le point de fuite est situé en (0,0). Les axes sont gradués en mètres.

## 6.2 Distances de dispersion et de rayonnement thermique

Les distances de dispersion et de rayonnement thermique ne changeront pas compte tenu que la superficie totale de la nappe ne change pas. Le courant déplacera la nappe et son centre dans la direction du courant. Ainsi, les distances de dispersion et de rayonnement thermique mesurées à partir du point de fuite seront affectées mais dans le sens du courant seulement.

Dans le cas où la direction du vent est dans la direction du courant, les distances de dispersion sont obtenues en ajoutant la distance de dispersion calculée par PHAST à la distance entre le point de fuite et le centre de l'ellipsoïde. Dans ce cas la distance de dispersion peut être augmentée jusqu'à un maximum de 120 m pour une brèche de 750 mm. Si la direction du vent est opposée à la direction du courant, la distance de dispersion est diminuée de la distance entre le point de fuite et le centre de l'ellipsoïde. Les distances dans les autres directions ne sont pas affectées.

La modification des distances des différents niveaux de rayonnement thermique serait plus faible que dans le cas des distances de dispersion, car la taille d'une nappe enflammée est plus faible que celle d'une nappe sans inflammation. La distance entre le point de fuite et le centre de l'ellipsoïde sera donc plus faible que dans le cas sans inflammation. Les distances à partir du point de fuite des niveaux de rayonnement thermique dans la direction du courant seraient les distances calculées par PHAST augmentées de la distance entre le point de fuite et le centre de l'ellipsoïde. Les distances dans la direction contre le courant seraient diminuées d'autant. Les distances dans les autres directions ne seraient pas affectées.

## 7 CONCLUSIONS

Dans le cas d'un courant de 4 nœuds et d'une brèche de 750 mm, le déplacement maximum du centre de la nappe de GNL dans le sens du courant serait de 120 m.

Le déplacement vers l'aval de la nappe de GNL à cause du courant est relativement faible comparée aux distances de dispersion. De plus, l'augmentation potentielle des distances de conséquence à partir du point de fuite se ferait dans la direction du courant et cela ne conduirait pas à une augmentation du risque pour les tiers.

- o0o -