

**Analyse des risques technologiques - terminal méthanier**



---

# RAPPORT TECHNIQUE

---

## PROJET RABASKA

ANALYSE DES RISQUES  
TECHNOLOGIQUES

TERMINAL MÉTHANIER

RAPPORT N° 2005-0430

NOVEMBRE 2005

DET NORSKE VERITAS



## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. RÉSUMÉ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCTION .....</b>	<b>3</b>
2.1.    Qu'est-ce qu'une évaluation des risques technologiques ?.....	3
2.2.    Directives applicables au projet.....	3
2.3.    Périmètre de l'étude .....	3
2.4.    Qui est DNV ?.....	4
2.5.    Structure du rapport .....	4
<b>3. MÉTHODOLOGIE .....</b>	<b>6</b>
3.1.    Abréviations.....	6
3.2.    Indicateurs de risque .....	7
3.2.1.    Critères d'acceptabilité pour le risque individuel .....	7
3.2.2.    Critères d'acceptabilité pour le risque collectif.....	8
3.3.    Processus d'évaluation du risque .....	11
3.4.    Méthodologie d'identification des dangers (HAZID) .....	12
3.5.    Méthodologie d'évaluation des fréquences d'occurrence.....	13
3.6.    Méthodologie d'évaluation des conséquences.....	14
3.7.    Méthodologie d'évaluation des risques .....	14
3.8.    Mesures de réduction des risques .....	15
3.9.    Justification des outils informatiques de modélisation .....	17
3.9.1.    SAFETI .....	17
3.9.2.    PHAST .....	17
3.9.3.    Modèle unifié de dispersion .....	17
<b>4. BASES DE L'ÉVALUATION DES RISQUES.....</b>	<b>19</b>
4.1.    Aménagement du terminal.....	19
4.2.    Données géographiques .....	23
4.3.    Météorologie.....	23

## RAPPORT TECHNIQUE

4.4.	Conditions des vagues .....	25
4.5.	Formation de glace.....	26
4.6.	Sources d'inflammation.....	26
4.7.	Effets dominos .....	27
4.8.	Limites de l'étude .....	28
<b>5.</b>	<b>IDENTIFICATION DES DANGERS ET DÉFINITION DES SCÉNARIOS .....</b>	<b>30</b>
5.1.	Identification des dangers .....	30
5.1.1.	Dangers posés par des matières dangereuses – risques associés au GNL.....	30
5.1.2.	Dangers provoqués par les opérations et les autres activités .....	34
5.1.3.	Risques externes.....	36
5.2.	Identification des éléments sensibles.....	41
5.2.1.	Population .....	41
5.2.2.	École Sainte-Famille .....	42
5.2.3.	Fort de la Martinière.....	43
5.2.4.	Motels et terrains de camping.....	43
5.2.5.	Routes adjacentes .....	44
5.2.6.	Lignes électriques 735 kV entre les postes Manicouagan et Lévis.....	44
5.2.7.	Lignes électriques 230 kV entre les postes Montmagny et de la Chaudière .....	44
5.3.	Enquête sur les données historiques .....	45
5.4.	Définition des scénarios.....	47
5.5.	Présentation des scénarios d'accident.....	48
<b>6.</b>	<b>ANALYSE DES FRÉQUENCES .....</b>	<b>53</b>
6.1.	Introduction.....	53
6.2.	Scénarios d'accident de méthaniers.....	53
6.3.	Scénarios d'accident pendant le déchargement .....	58
6.4.	Scénarios d'accident touchant les réservoirs de GNL .....	60
6.5.	Scénarios d'accident touchant l'équipement de procédé du terminal.....	62
<b>7.</b>	<b>ANALYSE DES CONSÉQUENCES .....</b>	<b>71</b>
7.1.	Conséquences des scénarios d'accident majeurs .....	71
7.1.1.	Accidents survenant au méthanier.....	71
7.1.2.	Accidents survenant sur les installations terrestres.....	76

## RAPPORT TECHNIQUE

<b>8. ÉVALUATION DES RISQUES.....</b>	<b>82</b>
8.1. Risque pour la population .....	82
8.1.1. Risque individuel .....	82
8.1.2. Risque collectif.....	84
8.1.3. Principaux scénarios d'accident contributifs au risque .....	85
8.2. Impacts sur les autres éléments sensibles .....	87
8.2.1. École Sainte-Famille .....	87
8.2.2. Fort de la Martinière.....	87
8.2.3. Motels et terrains de camping .....	87
8.2.4. Routes situées à proximité.....	88
8.2.5. Lignes électriques 735 kV entre les postes de Manicouagan et de Lévis .....	89
8.2.6. Lignes électriques 230 kV entre les postes Montmagny et de la Chaudière .....	92
<b>9. MESURES DE SÉCURITÉ .....</b>	<b>93</b>
<b>10. PRÉPARATION ET RÉPONSE AUX SITUATIONS D'URGENCE .....</b>	<b>96</b>
10.1. Introduction.....	96
10.2. Objectif .....	96
10.3. Politique de Rabaska en matière de santé et de sécurité.....	97
10.4. Organisation et responsabilités .....	98
10.4.1. Généralités.....	98
10.4.2. Équipe de gestion des mesures d'urgence.....	98
10.4.3. Équipes internes d'intervention d'urgence.....	100
10.4.4. Ressources externes.....	101
10.4.5. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec.....	102
10.4.6. Environnement Canada .....	102
10.4.7. CANUTEC .....	102
10.4.8. Méthanier .....	103
10.5. Ressources d'intervention d'urgence.....	104
10.6. Planification des urgences .....	105
10.6.1. Généralités.....	105
10.6.2. Scénarios d'urgence .....	106
10.6.3. Exigences de performance .....	107

---

RAPPORT TECHNIQUE

---

10.6.4.	Mesures d'urgence .....	107
10.7.	Interventions d'urgence .....	110
10.8.	Programme de liaison des services d'urgence .....	112
10.9.	Exercices en intervention d'urgence .....	112
10.10.	Information et instructions destinées au public .....	113

## TABLE DES ANNEXES

Annexe 1	Identification des dangers
Annexe 2	Scénarios d'accident
Annexe 3	Fréquences des scénarios d'accident
Annexe 4	Paramètres pour l'évaluation des conséquences des scénarios d'accident
Annexe 5	Registre de préparation aux situations d'urgence
Annexe 6	Étude des données historiques
Annexe 7	Description du logiciel SAFETI

## TABLES DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1 - Critères typiques de risque collectif pour des installations industrielles .....	10
Figure 2 - Processus d'évaluation du risque.....	11
Figure 3 - Processus d'itération pour la mise en oeuvre des mesures de réduction des risques.....	16
Figure 4 - Aménagement des installations du terminal.....	20
Figure 5 - Rose des vents à la station Lauzon - hiver.....	24
Figure 6 - Rose des vents à la station Lauzon - été .....	24
Figure 7 - Population présente dans le secteur du terminal méthanier.....	42
Figure 8 - Méthanier heurté à la jetée .....	55
Figure 9 - Déversements provenant d'une cuve d'un méthanier – Brèche de 1 500 mm de diamètre – Nappe à l'équilibre .....	74
Figure 10 - Déversement provenant d'une cuve d'un méthanier – Brèche de 750 mm de diamètre – Nappe à l'équilibre .....	75
Figure 11 - Incendie provenant d'un réservoir de GNL.....	77
Figure 12 - Déversement provenant du plus grand segment ESD.....	78
Figure 13 - Déversement provenant de la conduite de déchargement vers la cuvette de rétention des installations riveraines .....	80
Figure 14 - Isocontours du risque individuel pour le terminal et le méthanier à quai.....	83
Figure 15 - Courbe F/N pour les opérations du terminal et du méthanier à quai .....	84
Figure 16 - Processus de maîtrise du danger.....	93
Figure 17 - Équipe de gestion des urgences.....	98
Figure 18 - Processus de la planification des urgences.....	105
Figure 19 - Processus de diffusion de l'alerte .....	110
Tableau 1 - Liste des abréviations.....	6
Tableau 2 - Indicateurs de risque .....	14
Tableau 3 - Installations et exploitation du terminal Rabaska .....	21
Tableau 4 - Dimension des cuvettes de rétention.....	22
Tableau 5 - Distribution des classes de vent et de stabilité.....	25
Tableau 6 - Sources d'inflammation au terminal Rabaska.....	27
Tableau 7 - Motels et terrains de camping.....	43
Tableau 8 - Historique des accidents majeurs liés au GNL .....	46
Tableau 9 - Description des segments.....	48
Tableau 10 - Probabilités de collision .....	55
Tableau 11 - Fréquences d'accident pendant le déchargement.....	60
Tableau 12 - Fréquences de fuite sur des conduites selon la taille de la perforation .....	63
Tableau 13 - Fréquences de fuite sur des canalisations terrestres enfouies .....	63
Tableau 14 - Fréquences de fuite sur des vannes.....	65
Tableau 15 - Fréquences de fuite sur des brides de raccordement.....	65
Tableau 16 - Fréquences de fuite sur des raccords de petit calibre.....	66
Tableau 17 - Fréquences de fuite sur des vaisseaux sous pression .....	66

## RAPPORT TECHNIQUE

Tableau 18 - Fréquences de fuite sur des compresseurs.....	67
Tableau 19 - Fréquences de fuite sur des pompes.....	68
Tableau 20 - Fréquences de fuite sur des échangeurs de chaleur et des vaporiseurs .....	69
Tableau 21 - Déversement provenant d'une cuve d'un méthanier – Acte terroriste - Brèche de 1 500 mm de diamètre .....	72
Tableau 22 - Déversement provenant d'une cuve d'un méthanier – Scénario maximum accidentel - Brèche de 750 mm de diamètre .....	73
Tableau 23 - Incendie provenant d'un réservoir de GNL.....	76
Tableau 24 - Déversement provenant du plus grand segment ESD .....	78
Tableau 25 - Déversement provenant des conduites du réservoir vers la cuvette de rétention de la zone des réservoirs.....	79
Tableau 26 - Déversement provenant de la conduite de déchargement vers la cuvette de rétention des installations riveraines .....	80
Tableau 27 - Déversement provenant des lignes de déchargement vers la cuvette de rétention de l'appontement .....	81
Tableau 28 - Risque individuel pour les motels et les terrains de camping .....	88
Tableau 29 - Distance entre les câbles conducteurs de chaque ligne et le centre du réservoir de GNL le plus proche.....	89
Tableau 30 - Résultats de la modélisation de l'impact sur les lignes électriques 735 kV.....	91
Tableau 31 : Mesures de sécurité .....	94
Tableau 32 - Équipe de gestion des mesures d'urgence de Rabaska .....	99
Tableau 33 - Équipes internes d'intervention d'urgence.....	100
Tableau 34 - Ressources externes d'intervention d'urgence.....	101
Tableau 35 - Équipes d'intervention requises en fonction des scénarios d'urgence .....	104
Tableau 36 - Scénarios d'urgence liés au terminal Rabaska .....	107
Tableau 37 - Scénario minute par minute pour une intervention d'urgence en cas de fuite de gaz naturel .....	111



---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

Les risques ont été quantifiés selon deux indicateurs : le risque individuel et le risque collectif. Le risque individuel indique la probabilité de décès pour un individu situé en permanence à un certain emplacement et il est représenté par des isocourbes de risque à la section 8. Les risques inacceptables pour le public correspondent à une période de retour de 10 000 ans ou moins. Les résultats indiquent qu'aucune résidence ou zone habitée en permanence n'est exposée à des risques inacceptables.

Le risque collectif est exprimé et calculé à l'aide de courbes F/N. Un point sur cette courbe indique la fréquence des accidents dont le total de décès excède un certain nombre. La courbe F/N, illustrée à la section 8, montre que le niveau de risque se situe bien en dessous des critères de risque maximal acceptable pour la collectivité.

L'impact des risques pour les infrastructures importantes et les éléments sensibles s'insère largement dans la plage acceptable, la période de retour étant au-delà de la limite de 10 000 ans.

## 2. INTRODUCTION

### 2.1. Qu'est-ce qu'une évaluation des risques technologiques ?

L'évaluation des risques technologiques est une analyse rigoureuse menée pour identifier et quantifier les risques que présentent des activités et installations industrielles pour le public. Le risque est une mesure qui sert à quantifier le danger. Il comporte deux composantes principales :

- 1) La probabilité qu'un danger survienne ;
- 2) La conséquence de cet éventuel danger.

Le risque est le produit de ces deux composantes :

$$\text{Risque} = \text{Probabilité} \times \text{Conséquence}$$

### 2.2. Directives applicables au projet

Les directives suivantes ont été prises en compte dans l'évaluation des risques :

- Lignes directrices générales du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP) en matière d'analyse des risques technologiques (réf. /12/).
- Exigences spécifiques au projet Rabaska :
  - Directives d'évaluation environnementale du MDDEP (réf. /5/).
  - Directives de l'Agence canadienne d'évaluation environnementale (réf. /13/).

### 2.3. Périmètre de l'étude

L'évaluation des risques porte sur le terminal méthanier, qui comprend deux réservoirs de GNL, une jetée où arrivent les méthaniers et où sont menées les opérations d'accostage et de déchargement des navires, des installations de pompage, de compression et de vaporisation, ainsi qu'un poste de mesurage du gaz envoyé dans le gazoduc. Ce périmètre délimite la zone d'étude. L'évaluation des risques technologiques a pour but d'identifier les risques pour le public que posent les accidents qui pourraient se produire dans ce périmètre.

L'évaluation des risques du gazoduc, qui se situe entre le lanceur de racleur et le point de raccordement au Gazoduc TQM, a été menée dans une autre étude.

L'analyse évalue uniquement les risques pour la population, c'est-à-dire les personnes qui ne sont pas des employés du terminal. Les risques relatifs au personnel du terminal seront évalués lors d'étapes ultérieures.

## 2.4. Qui est DNV ?

Det Norske Veritas (DNV) est une fondation indépendante et autonome, établie en 1864, dont l'objectif est de protéger la vie, les biens et l'environnement. L'organisation compte 300 bureaux dans 100 pays et un total de 6 000 employés. En tant qu'organisation internationale, DNV dessert des clients de l'industrie maritime et de transformation à travers le monde ainsi que d'autres secteurs comme l'industrie automobile, l'aviation et le secteur public.

Depuis plus de 30 ans, DNV contribue activement au développement de la production, de l'entreposage, du transport et de la distribution de gaz naturel, de GNL et d'autres dérivés du gaz par la recherche et le développement technologique, la classification, la certification, la vérification et le conseil aux entreprises. DNV se spécialise dans les secteurs suivants du développement du GNL :

- Production et liquéfaction terrestre et en mer ;
- Entreposage, déchargement et chargement terrestre et en mer ;
- Transport maritime ;
- Terminaux de réception terrestres, incluant les installations et les opérations de déchargement et de chargement ;
- Installations terrestres d'entreposage et de regazéification.

DNV a établi des règlements et des normes de classification pour les navires-méthaniers, les unités flottantes de production de GNL, les gazoducs et les systèmes annexes. DNV a acquis une solide expérience dans le domaine de l'évaluation des risques et de la gestion de la sécurité de la plupart des composantes de la chaîne de production et d'approvisionnement en gaz. De plus, DNV a participé à la gestion de la fiabilité des réseaux de transport de gaz alimentant l'Europe en gaz naturel provenant de la mer du Nord.

## 2.5. Structure du rapport

Ce rapport est divisé en huit sections principales.

Dans la section 3, on présente d'abord la méthodologie suivie, puis les indicateurs de risque et les critères d'acceptabilité.

Ensuite, on présente dans la section 4 les fondements de l'évaluation des risques et une description des installations.

La section 5 identifie les dangers et les éléments sensibles. De plus, on y présente les scénarios qui doivent être étudiés dans le cadre de l'évaluation quantitative des risques (EQR).

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

Dans la section 6 sur l'analyse de la fréquence, les dangers sont quantifiés et divisés en quatre groupes de calcul des fréquences de défaillance : méthaniers, opérations de déchargement, stockage du GNL et équipements de procédé.

Dans la section sur l'analyse des conséquences (section 7), les divers scénarios sont évalués et modélisés avec le programme d'analyse des risques SAFETI afin d'estimer les impacts pour la population.

Les risques quantifiés en termes de risque individuel et de risque collectif, ainsi que l'impact sur les structures, sur les infrastructures et sur l'environnement, sont présentés dans la section 8 sur l'évaluation des risques.

Les mesures de sécurité prévues pour le terminal Rabaska sont présentées dans la section 9, qui constitue une transition entre l'analyse des risques et la section finale du rapport portant sur la préparation aux situations d'urgence (section 10). Dans cette dernière section, on décrit les mesures préliminaires d'urgence prévues pour le terminal proposé, notamment l'organisation des intervenants et leurs responsabilités, les équipements et les procédures d'intervention en cas d'incident.

## RAPPORT TECHNIQUE

### 3. MÉTHODOLOGIE

#### 3.1. Abréviations

Le tableau 1 donne la liste des abréviations employées dans ce rapport.

**TABLEAU 1 - LISTE DES ABRÉVIATIONS**

ACÉE	Agence canadienne d'évaluation environnementale
ALARP	Aussi faible que raisonnablement possible (As Low As Reasonably Practicable)
BLEVE	Détente explosive des vapeurs d'un liquide en ébullition (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)
BOG	Gaz d'évaporation (Boil-Off Gas)
CANUTEC	Centre canadien d'urgence transport, offert par Transports Canada pour venir en aide aux intervenants lors d'urgences mettant en cause des marchandises dangereuses.
CCAIM	Conseil canadien des accidents industriels majeurs
DNV	Det Norske Veritas
EMT	Équipe de gestion des mesures d'urgence (Emergency Management Team)
EPA	Analyse de la préparation aux situations d'urgence (Emergency Preparedness Analysis)
EQR	Évaluation quantitative des risques
ESD	Arrêt d'urgence (Emergency Shutdown System)
F/N	Fréquence (F) d'accidents en fonction du nombre (N) de personnes touchées
GNL	Gaz naturel liquéfié
HAZID	Identification des dangers (Hazard Identification)
HSE	UK Health and Safety Executive Board (Comité exécutif de la santé et sécurité du Royaume Uni)
LII	Limite inférieure d'inflammabilité
LSI	Limite supérieure d'inflammabilité
MARPOL	Convention internationale de 1973 pour la prévention de la pollution par les navires
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP, auparavant ministère de l'Environnement du Québec)
MTBF	Moyenne des temps de bon fonctionnement
OMI	Organisation maritime internationale
PHAST	Outil logiciel pour le processus d'analyse des dangers (Process Hazard Analysis Software Tool)
PPA	Plan de poursuite des activités
RC	Risque collectif

## RAPPORT TECHNIQUE

RI	Risque individuel
SAFETI	Logiciel pour l'évaluation des impacts des substances inflammables, explosives et toxiques (Software for the Assessment of Flammable, Explosive and Toxic Impact)
SMEDIS	Scientific Model Evaluation of dense gas DISpersion models (évaluation scientifique des modèles de dispersion atmosphérique utilisés pour les accidents industriels)
SOPEP	Plan d'urgence du navire contre la pollution par les hydrocarbures
TQM	Gazoduc TransQuébec & Maritimes
TRP	Transition rapide de phase
UDM	Modèle unifié de dispersion (Unified Dispersion Model)

### 3.2. Indicateurs de risque

L'objectif de cette évaluation des risques est d'évaluer les niveaux de risque que pose le terminal méthanier. Rabaska. Le processus d'évaluation quantifie les risques selon deux indicateurs :

- Le risque individuel ;
- Le risque collectif.

Avec le risque individuel, on évalue la probabilité de décès pour un individu qui se situe à un certain emplacement de façon permanente. Le risque individuel est calculé et exprimé par des isocontours de risque tracés sur une carte. Par exemple, une personne située en permanence sur le contour de risque individuel  $10^{-4}$  sera en moyenne exposée à un accident mortel une fois tous les 10 000 ans.

Le risque collectif est calculé et exprimé par des courbes F/N. Ces courbes peuvent être interprétées comme des courbes de dépassement du nombre de décès lors d'accidents. En d'autres termes, un point sur la courbe représente la fréquence des accidents potentiels, F, en fonction d'un nombre N de personnes décédées.

#### 3.2.1. CRITÈRES D'ACCEPTABILITÉ POUR LE RISQUE INDIVIDUEL

Le risque individuel définit la probabilité de décès pour une personne qui se situe à un certain emplacement de façon permanente. Il est exprimé dans sa forme la plus simplifiée la période de retour. Si une installation est assumée être présente sur une base infinie, la période de retour correspond au nombre statistique d'années qu'il faudrait pour que le type d'accident considéré se reproduise. On obtient aussi la fréquence annuelle en divisant 1 par la période de retour. Plus la période de retour est élevée, plus le niveau de risque est faible. Les isocontours de risque, qui sont semblables aux isobares des prévisions météorologiques, permettent de tracer les limites du risque sur une carte en divisant 1 par la période de retour.

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

L'UK Health & Safety Executive Board (réf. /6/) recommande les critères suivants pour juger le risque individuel découlant de nouvelles activités :

- Risque maximal acceptable pour le public :  $10^{-4}$  par an soit une occurrence tous les 10 000 ans.
- Risque négligeable :  $10^{-7}$  par an soit une occurrence tous les 10 millions d'années.

Ces critères doivent être appliqués à la somme des risques industriels pour les individus qui sont le plus exposés, dont la vulnérabilité aux dangers est dans la moyenne, qui sont présents dehors pendant une partie réaliste du temps et qui tentent raisonnablement de s'échapper lors d'un éventuel accident.

Selon les critères du CCAIM (réf. /8/), qui a aujourd'hui cessé ses activités, aucune autre utilisation du territoire ne devrait être permise à l'intérieur d'une zone à risque individuel dont la période de retour correspond à 10 000 ans ( $10^{-4}$  par an). Il n'y a aucune restriction au-delà de 1 million d'années ou plus ( $10^{-6}$  par an ou moins).

De plus, voici d'autres exemples de niveau de risque qui sont considérés comme négligeables par diverses autorités (réf. /7/) :

- Comté de Santa Barbara, Californie :  $10^{-7}$  par an soit une occurrence tous les 10 millions d'années.
- UK Health & Safety Executive Board, Grande-Bretagne :  $10^{-6}$  par an, soit une occurrence tous les millions d'années, pour les installations existantes.

Les critères suivants, qui sont basés sur les exemples précédents, ont été appliqués au projet Rabaska :

- Risque maximal acceptable pour le public :  $10^{-4}$  par an soit une occurrence tous les 10 000 ans.
- Risque négligeable :  $10^{-7}$  par an soit une occurrence tous les 10 millions d'années.

### **3.2.2. CRITÈRES D'ACCEPTABILITÉ POUR LE RISQUE COLLECTIF**

Le risque collectif est exprimé par des courbes F/N. Un point arbitraire sur la courbe indique la fréquence, F, des accidents qui excèdent un certain nombre, N, de décès.

Deux droites délimitent trois zones :

- Risque négligeable ou acceptable. Quand un scénario est dans la zone négligeable, cela signifie qu'il a peu de conséquences et/ou que sa probabilité d'occurrence est faible. Dans ce cas, aucune mesure de sécurité supplémentaire n'est requise pour réduire le risque.
- Risque à surveiller / à réduire ou zone ALARP, qui signifie "As Low As Reasonably Practicable", c'est-à-dire "Aussi faible que raisonnablement possible". Quand un

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

scénario est dans la région ALARP, cela signifie que des mesures de sécurité pour réduire le risque doivent être prises aussi longtemps que cela est raisonnablement possible. C'est un principe important dans le domaine de la gestion des risques afin de donner la priorité aux investissements dans les mesures de sécurité les plus efficaces pour diminuer le niveau de risque d'une installation.

- Risque inacceptable. Quand un scénario se situe dans cette zone, cela signifie que des mesures de sécurité doivent être prises pour réduire le risque, quel qu'en soit le prix, afin de ramener le niveau de risque du scénario dans la zone du risque à réduire (ALARP), voire si possible dans la zone du risque négligeable ou acceptable.

Des critères typiques de risque collectif que posent les installations industrielles sont tirés de la base de données interne de DNV /7/ et sont illustrés à la figure 1. Plusieurs droites qui délimitent la zone inacceptable et la zone ALARP sont présentées dans la figure, pour des complexes industriels, des sites existants et des nouveaux sites.

Pour le terminal Rabaska, le seuil maximum des risques acceptables est représenté par la courbe rouge, soit celle pour une nouvelle installation industrielle.

RAPPORT TECHNIQUE

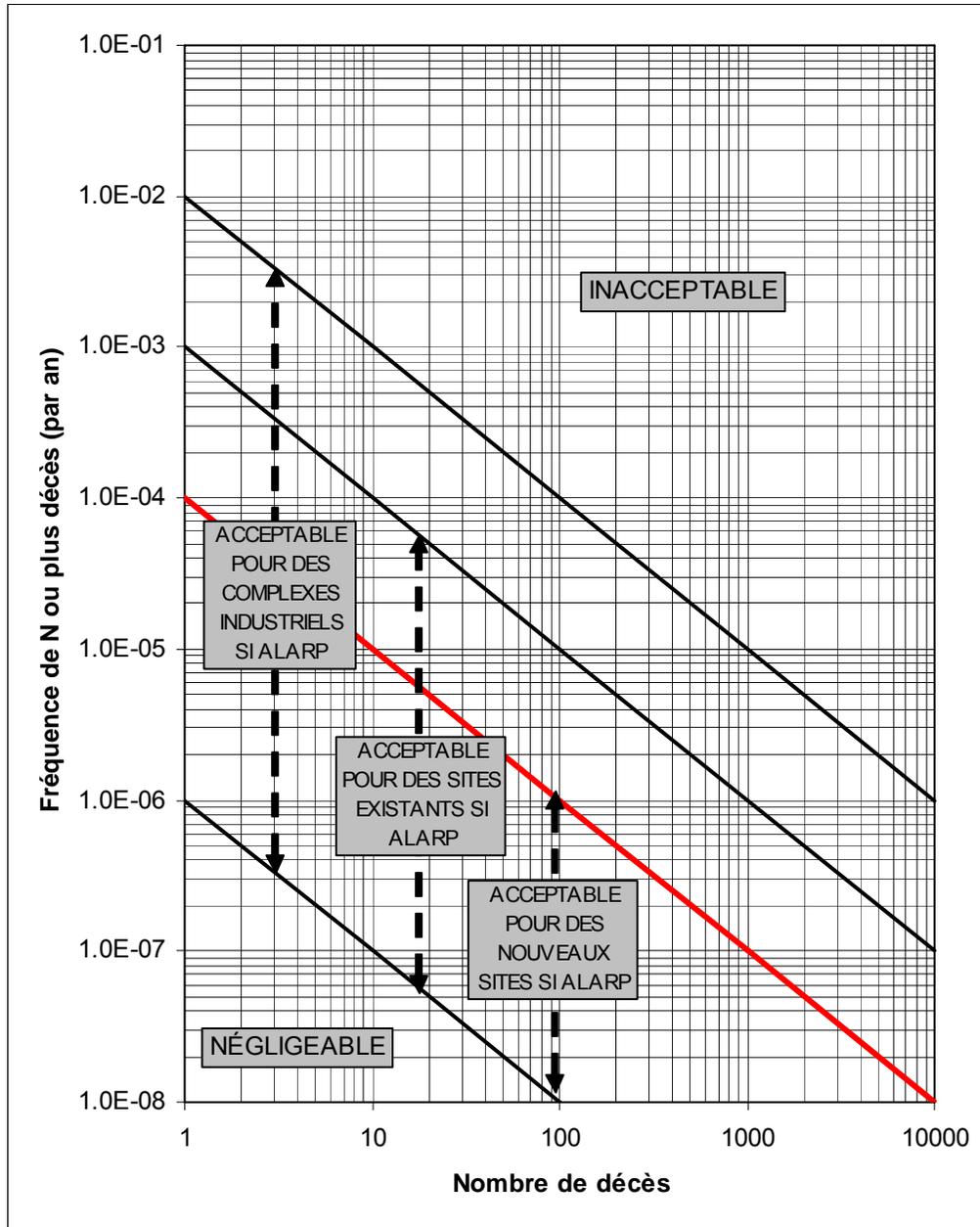


FIGURE 1 - CRITÈRES TYPQUES DE RISQUE COLLECTIF POUR DES INSTALLATIONS INDUSTRIELLES

### 3.3. Processus d'évaluation du risque

Le processus d'évaluation du risque est illustré à la figure 2. L'évaluation du risque est réalisée dans quatre modules de travail. L'identification des dangers constitue le premier module. Les scénarios d'accident pouvant affecter le public sont déterminés dans l'identification des dangers. Ces scénarios sont ensuite soumis à des évaluations de la fréquence et des conséquences, qui sont effectuées dans les modules 2 et 3 respectivement. Les niveaux du risque sont déterminés à partir des valeurs correspondant à la fréquence et aux conséquences. Ces opérations sont réalisées dans le module 4. La méthode suivie dans chaque module est décrite dans les sections 3.4 à 3.7.

Le processus d'évaluation des risques et la méthodologie suivie sont conformes aux directives du MDDEP et de l'ACÉE.

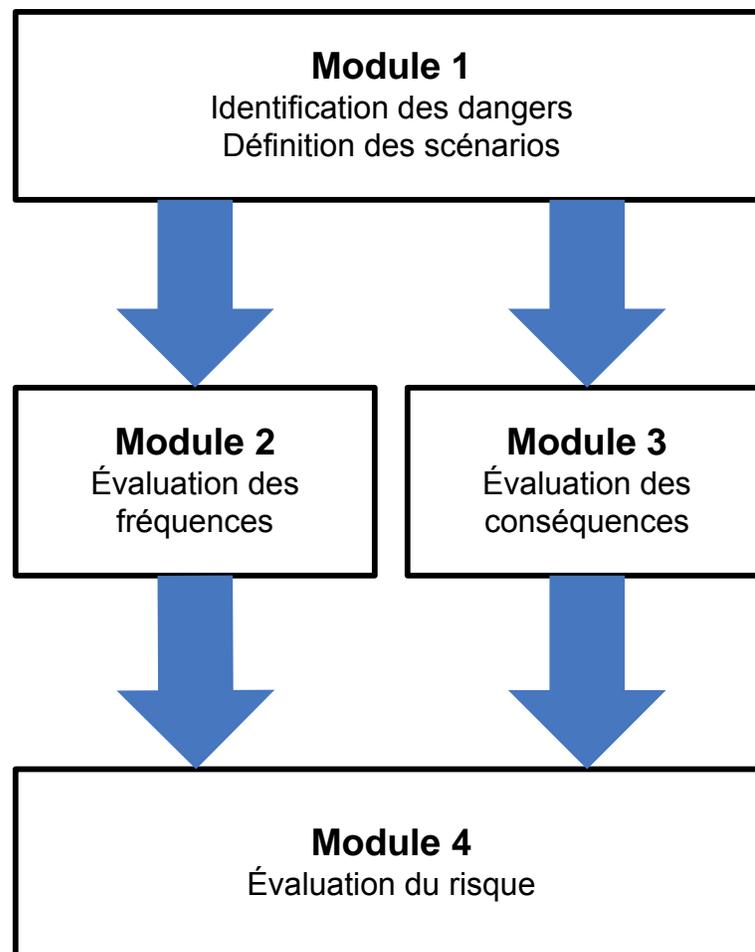
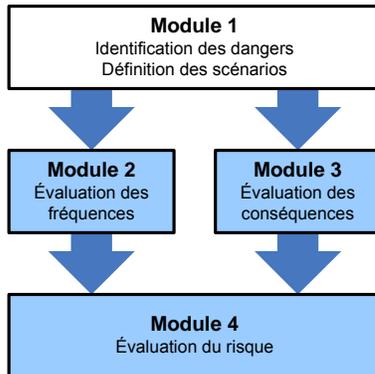


FIGURE 2 - PROCESSUS D'ÉVALUATION DU RISQUE

### 3.4. Méthodologie d'identification des dangers (HAZID)



Les dangers qui pourraient découler du projet ont été identifiés lors d'un atelier HAZID tenu à Montréal avec l'équipe de projet. Cette équipe HAZID était composée de membres qui connaissaient tous les aspects du projet, d'experts indépendants en risque et d'animateurs spécialisés en analyse du risque. L'objectif de l'atelier HAZID était d'identifier et d'évaluer les dangers potentiels correspondant au terminal Rabaska. Suite à l'identification des dangers, DNV a élaboré les scénarios d'accident qui ont servi à l'évaluation quantitative. Les scénarios ainsi définis ont été évalués aux modules 2 et 3. Les scénarios d'accident qui ont été évalués comme étant négligeables

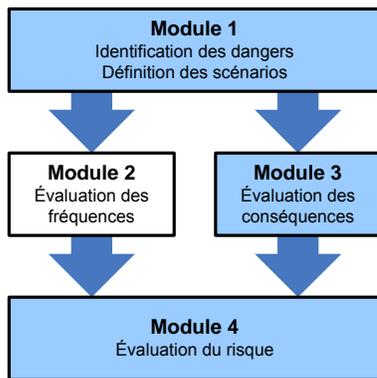
sont présentés de manière qualitative dans la section 5.

Une approche structurée a été utilisée. Un ensemble de mots-clés prédéfinis a servi à identifier les dangers potentiels pour chaque segment représenté sur le diagramme des opérations (terrestre) ainsi que pour les installations maritimes du terminal.

Le processus HAZID correspond aux 9 étapes suivantes :

- 1) Choisir un segment sur le diagramme des opérations (la partie du terminal donnant sur le fleuve est considéré comme un segment).
- 2) Définir, pour ce segment, sa fonction, son emplacement et les conditions normales de fonctionnement.
- 3) Sélectionner une source de dangers ou un scénario pour le segment choisi.
- 4) Identifier et commenter les facteurs de probabilité pour la source ou le scénario. Identifier une déviation par rapport aux conditions normales de fonctionnement qui pourrait avoir un impact sur la vraisemblance du scénario. Des listes de vérification standard ont été utilisées pour stimuler la discussion.
- 5) Identifier et commenter les facteurs de conséquence pour la source ou le scénario. Identifier une déviation par rapport aux conditions normales de fonctionnement qui pourrait avoir un impact sur les conséquences de l'événement. Des listes de vérification standard ont été utilisées pour stimuler la discussion.
- 6) Pour la source ou le scénario, identifier des mesures de sécurité prises pendant la conception pour contrôler ou atténuer les conséquences de l'événement.
- 7) Enregistrer la discussion, les mesures prises et les commentaires.
- 8) Passer à la source ou au scénario suivant.
- 9) Passer au segment suivant.

### 3.5. Méthodologie d'évaluation des fréquences d'occurrence



Les scénarios d'accident qui ont été sélectionnés dans le module 1 pour l'analyse quantitative ont été soumis à une évaluation de leur fréquence d'occurrence. Diverses méthodologies ont été suivies pour les différents scénarios. Les fréquences génériques de défaillance ont été basées sur des données publiées relatives à des défaillances ou sur des données historiques concernant des incidents dans des usines pétrochimiques. Ces données ont été adaptées aux conditions opératoires des équipements du terminal. Les fréquences génériques des défaillances ont été utilisées pour les méthaniers, les équipements de la jetée ou les autres équipements qui pourraient causer une fuite de GNL

à partir du méthanier. La première étape après la détermination des fréquences génériques consistait à les adapter au projet.

Les fréquences liées à des activités d'exploitation, comme le nombre d'escales de méthaniers au terminal, sont basées sur la description de projet et sur l'étude de procédures d'exploitation typiques relatives aux terminaux méthaniers. Les données historiques sur les incidents liés à des terminaux méthaniers et sur les quasi-accidents ont également été étudiées.

Les facteurs de fréquence et les mesures de réduction des risques identifiés dans le HAZID ont été étudiés pour obtenir des valeurs spécifiques au projet, par exemple, l'impact de la glace et du temps froid de même que l'alternative d'une conduite de déchargement enfouie.

Les scénarios d'accident ont été développés en tenant compte des dispositifs d'atténuation comme les arrêts d'urgence, la détection d'incendie et de gaz, la protection passive et les cuvettes de rétention des fuites.

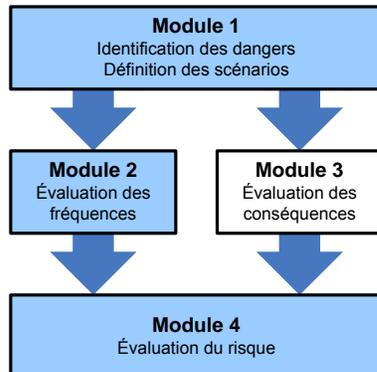
Les fréquences relatives aux méthaniers ont été évaluées à l'aide d'arbres d'événements qui tiennent compte de facteurs spécifiques au projet tels la direction du vent, le courant, la distance entre les navires passants à proximité et les méthaniers, le contrôle de la circulation, les remorqueurs et les pilotes, de même que les ancrages d'urgence. Des données historiques ont été utilisées pour les fréquences d'incident sur les méthaniers, de même que pour les collisions entre un méthanier et autre navire passant dans la même zone. Des données sur le trafic de navires dans le fleuve ont été utilisées pour passer ces données génériques aux données spécifiques au projet.

En ce qui concerne les réservoirs et les tuyauteries terrestres, les fréquences de fuite ont été évaluées à partir de données pour des fuites dans des équipements de même type. Les fréquences de fuite spécifiques au projet ont été évaluées en tenant compte du nombre d'équipements (vanne, brides...) et de la longueur de canalisation pour chaque scénario étudié. Des arbres d'événements ont été développés dans le logiciel SAFETI afin de

## RAPPORT TECHNIQUE

déterminer la fréquence des inflammations immédiates, des inflammations retardées et de la dispersion sans inflammation.

### 3.6. Méthodologie d'évaluation des conséquences



Les scénarios d'accident identifiés dans le module 1 ont été soumis à une évaluation des conséquences. Les logiciels SAFETI et PHAST sont développés et mis à jour par DNV pour évaluer les conséquences des fuites de gaz, des incendies, des explosions, de la toxicité et des autres dangers technologiques liés à diverses industries. Ces logiciels sont décrits à l'annexe 7 et la justification de leur utilisation est indiquée à la section 3.9. Une attention particulière a été portée aux facteurs identifiés dans le module 1 pour obtenir des valeurs spécifiques au projet. Parmi ces facteurs figurent des données météorologiques, atmosphériques et de population.

Les conséquences d'une fuite de gaz naturel au terminal dépendent aussi de divers facteurs tels que la pression, l'inventaire des segments ESD (c'est-à-dire la quantité de GNL ou de gaz qu'ils contiennent) et les conditions météorologiques.

### 3.7. Méthodologie d'évaluation des risques

Les résultats de l'évaluation des fréquences et des conséquences ont été combinés afin d'obtenir une estimation du risque individuel et du risque collectif qui ont été retenus comme indicateurs de risque pour le projet. Les risques ont été classés de façon à établir un ordre de priorité des mesures d'atténuation des risques.

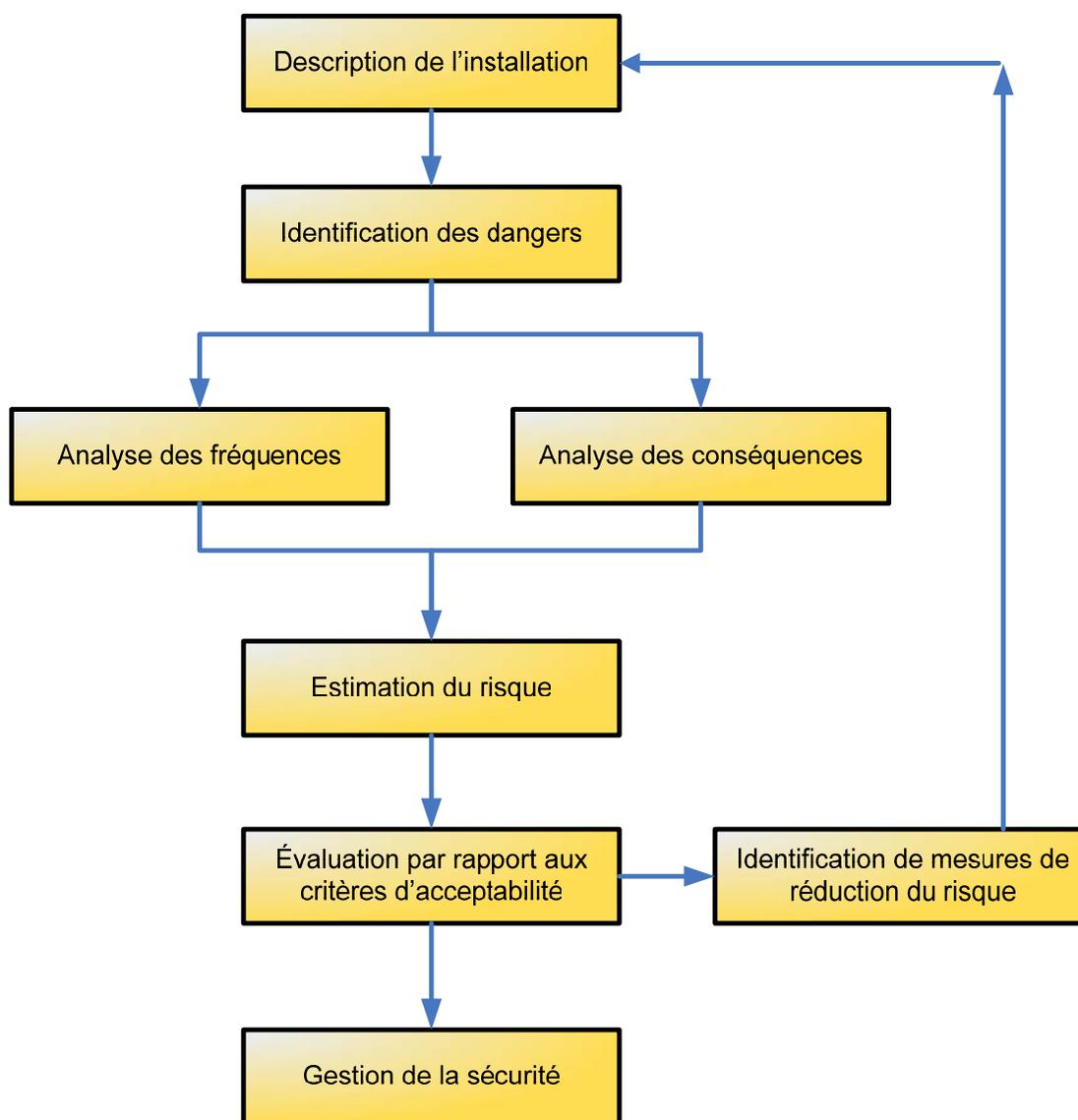
Les indicateurs de risque quantifiés sont le résultat de l'évaluation des risques. Les indicateurs de risque sont décrits plus en détails dans la section 3.2. Ces indicateurs comportent les éléments présentés dans le tableau suivant :

TABLEAU 2 - INDICATEURS DE RISQUE

Indicateurs de risque	Présentation
Risque individuel (RI)	Les isocontours de RI superposés au plan du terrain de l'installation et des zones environnantes. Niveaux de RI pour les individus les plus exposés ou à des emplacements déterminés, sur le site et à l'extérieur du site. Classement des risques et analyse des facteurs qui contribuent au RI.
Risque collectif (RC)	Courbe F/N pour l'ensemble des personnes (sur le site et à l'extérieur). Classement des risques et analyse des facteurs qui contribuent au RC.

### **3.8. Mesures de réduction des risques**

La figure 3 illustre le processus d'itération pour la mise en œuvre des mesures de réduction des risques. Dans le cadre de cette évaluation, les mesures de réduction des risques ont été listées à la section 9. Cette liste présente à la fois les mesures de réduction des risques définies à partir des pratiques et des normes industrielles, ainsi que des mesures identifiées lors du processus d'évaluation des risques. Dans ce rapport, on ne recommande aucune mesure additionnelle de réduction des risques parce que des mesures suffisantes ont déjà été mises en place à l'étape de l'ingénierie de base et intégrées au projet tel que décrit dans l'étude d'impact.

**FIGURE 3 - PROCESSUS D'ITÉRATION POUR LA MISE EN OEUVRE DES MESURES DE RÉDUCTION DES RISQUES**

### **3.9. Justification des outils informatiques de modélisation**

L'annexe 7 contient une description détaillée des logiciels SAFETI et PHAST.

#### **3.9.1. SAFETI**

Le logiciel SAFETI (Logiciel pour l'évaluation des impacts des substances inflammables, explosives et toxiques) a été développé par DNV afin de réaliser des évaluations quantitatives du risque (EQR) des usines terrestres dans les domaines de la transformation, de la chimie et de la pétrochimie. Le logiciel SAFETI analyse les conséquences complexes de scénarios d'accident, en tenant compte de la population locale, de l'utilisation du sol et des conditions météorologiques, afin de quantifier les risques associés au rejet de matières dangereuses, par exemple une fuite de gaz ou de GNL.

SAFETI est un logiciel de premier plan pour l'EQR des activités terrestres. Il comprend le logiciel PHAST qui représente le standard pour l'évaluation des conséquences d'accidents.

#### **3.9.2. PHAST**

Le logiciel PHAST est un outil informatique de modélisation intégré au logiciel SAFETI.

PHAST a été rigoureusement validé et vérifié. La théorie et la performance du modèle unifié de dispersion (UDM) développé par DNV ont également été analysées de façon indépendante dans le cadre des projets financés par la Communauté européenne (SMEDIS, réf. /11/). Le modèle a excellé au niveau de la théorie et de la performance.

#### **3.9.3. MODÈLE UNIFIÉ DE DISPERSION**

Le modèle unifié de dispersion (UDM) qui est utilisé dans les logiciels PHAST et SAFETI permet de simuler la dispersion d'une fuite pressurisée en phase liquide et/ou gazeuse, au niveau du sol ou en hauteur. En effet, il est composé des modules liés suivants :

- Dispersion d'un jet turbulent ;
- Évaporation et déposition au sol des gouttelettes ;
- Formation et vaporisation de nappes de liquide ;
- Dispersion de gaz lourds (p. ex., dispersion d'une fuite de GNL) ;
- Dispersion passive.

L'UDM permet de simuler des relâchements continus ou instantanés, à débit constant et de durée finie, ou à débit variant en fonction du temps, et ce pour diverses sources telles que les tuyaux courts et longs, les valves de surpression, les contenants pressurisés et non pressurisés, et les disques de rupture.

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

L'UDM qui est utilisé dans les logiciels PHAST et SAFETI a été rigoureusement validé et vérifié dans un grand nombre d'expériences sur le terrain. Parmi celles-ci figurent des rejets continus et en hauteur de vapeur ou d'un mélange vapeur et liquide, des déversements de liquide au niveau du sol et des relâchements instantanés non pressurisés. Une partie de ces expériences a servi au projet SMEDIS financé par la Communauté européenne. Ce projet constitue une étude indépendante de la théorie et de la performance de plusieurs modèles de dispersion. L'UDM a excellé dans les deux volets de l'étude.

Voici des extraits du rapport SMEDIS sur l'UDM (réf. /11/) :

**« Section 4.1.2 : Vérification entreprise »**

*Les auteurs ont pris des mesures considérables, en utilisant toutes les ressources et techniques disponibles, pour vérifier la codification de leur modèle. »*

**« Section 5.1 : Validation déjà effectuée »**

*Un document de validation élaboré a été produit pour l'UDM. Ce document comprend une description de chaque expérience de validation, les hypothèses détaillées sur la simulation de l'UDM ainsi qu'un commentaire approfondi sur les résultats obtenus à partir d'une comparaison statistique et graphique des données obtenues sur le terrain. Les comparaisons établies pour la validation ont été réalisées uniquement à partir d'expériences sur le terrain. Les expériences ont été choisies parcimonieusement et touchent à une vaste série de phénomènes. »*

## **4. BASES DE L'ÉVALUATION DES RISQUES**

Les données de base de l'évaluation des risques sont présentées dans les sections suivantes en termes de description des installations, de caractéristiques des opérations, de conditions météorologiques et d'autres facteurs importants.

### **4.1. Aménagement du terminal**

Les installations du terminal Rabaska sont illustrées à la figure 4.

RAPPORT TECHNIQUE

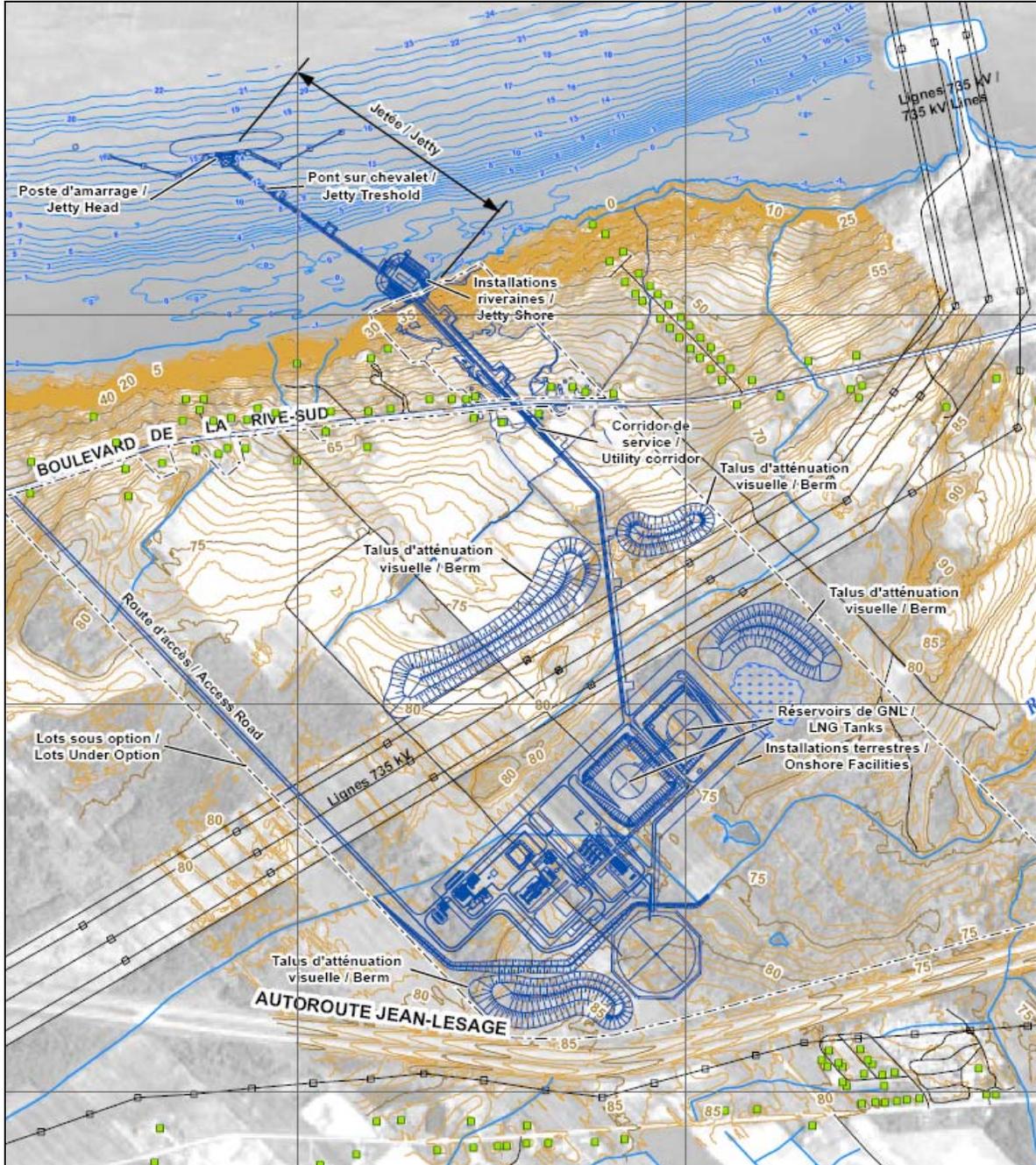


FIGURE 4 - AMÉNAGEMENT DES INSTALLATIONS DU TERMINAL

## RAPPORT TECHNIQUE

TABLEAU 3 - INSTALLATIONS ET EXPLOITATION DU TERMINAL RABASKA

Installation	Description	Données pour l'évaluation des risques
Méthanier	Terminal conçu pour des navires de 65 000 m <sup>3</sup> à 160 000 m <sup>3</sup> .	Capacité de 160 000 m <sup>3</sup>
	Terminal prévu pour approximativement 60 escales par année	60 escales de navire de 160 000 m <sup>3</sup>
	Assistance de remorqueurs pendant l'accostage	Aide de probablement 3 ou 4 remorqueurs pendant l'accostage
	Navigation fluviale devant la jetée	5 000 passages par année
	Cuvette de rétention installée sur l'appontement	100 m <sup>3</sup>
	Installations de la jetée	Bras de déchargement avec des alarmes de position et contrôle de la tension des amarres
Conduite de déchargement	Le temps normal des opérations de déchargement est de 12 à 14 heures. Le temps total estimé d'une escale, incluant les manœuvres et l'accostage, est de 24 heures.	Taux maximal de déchargement de 12 000 m <sup>3</sup> /h pour trois bras
	Taux maximal de déchargement	4 000 m <sup>3</sup> par heure et par bras
	Bras de déchargement	3 bras de 40,6 cm (16 po) de diamètre avec dispositif de déconnexion d'urgence
	Les deux conduites de déchargement liquide seront enfouies dans un caisson en béton à partir des installations riveraines jusqu'aux installations terrestres.	De l'appontement jusqu'aux pompes de surpression : 2 canalisations de diamètre de 61 cm ou 24 po Des pompes de surpressions jusqu'au terminal : 2 canalisations de diamètre de 61 cm ou 24 po
	Les pompes de surpression sont verticales, centrifuges	5 pompes de surpression installées
Retour gaz	Conduite de retour gaz	Diamètre de 15,2 cm (6 po)
	Bras de retour gaz	Diamètre de 40,6 cm (16 po)
	Conditions de retour du gaz	Température ≤ -140°C
Réservoir de GNL	Intégrité totale	2 réservoirs à intégrité totale de 160 000 m <sup>3</sup> . Diamètre externe : 90 m Diamètre interne: 83,5 m
	Pression et température d'entreposage	Température du réservoir : -160°C Pression normale maximale d'exploitation (pendant le déchargement du navire) : 25 kPag Pression nominale du réservoir : 29 kPag 160 km/h à 110 kg (résistance du toit aux projectiles)
Pompes de soutirage BP dans le réservoir	Pompes centrifuges immergées dans les réservoirs.	Deux pompes par réservoir

## RAPPORT TECHNIQUE

Installation	Description	Données pour l'évaluation des risques
Système de gestion des évaporations	3 compresseurs alternatifs de gaz d'évaporation (BOG). Cryogénique à deux étages.	Volume du segment : 35 m <sup>3</sup> Pression maximale : 17,5 kPag
Recondenseur et désurchauffeur BOG	Le recondenseur est conçu pour un taux de gaz évaporé correspondant à un déchargement de 12 000 m <sup>3</sup> /h tandis que le terminal est exploité au taux minimal de production de gaz.	Pression d'exploitation : 1000 kPag
Vaporiseur et expédition vers le gazoduc	4 vaporiseurs à combustion submergée	4 vaporiseurs
	Taux normal d'expédition : 500 MMscfd Taux maximal d'expédition 660 MMscfd	Le taux normal d'expédition (500 MMscfd) sert de base pour les données fournies.
	4 pompes centrifuges d'expédition	Conditions d'expédition : - pression : 9 928 kPa - température : > 0°C
Mises à l'évent	La capacité de la torchère est prévue pour le taux d'évaporation qui se produit lorsque les vaporiseurs sont à l'arrêt.	Système ESD
Composition du GNL	La conception du procédé a tenu compte de l'ensemble des teneurs possibles en hydrocarbure et en azote du GNL ainsi que des densités et des capacités calorifiques correspondantes.	Utilisation de méthane à 100% pour les simulations

Les systèmes de sécurité actifs et passifs sont détaillés dans la description du terminal incluse dans l'étude d'impact environnemental. La dimension des cuvettes de rétention qui a été déterminée après plusieurs itérations de l'analyse des risques est illustrée au tableau 4.

TABLEAU 4 - DIMENSION DES CUVETTES DE RÉTENTION

Cuvette de rétention	Dimensions (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
Appontement	5.2 x 5.2 x 3.75	100
Installations riveraines	10 x 10 x 3.75	375
Zone des réservoirs (2 cuvettes)	10 x 10 x 3.75	375
Zone de procédé	10 x 10 x 3.75	375

## RAPPORT TECHNIQUE

## 4.2. Données géographiques

Le terminal Rabaska sera situé à Lévis, près de la limite *est* de cette municipalité. Le GNL arrivera au terminal à partir d'une jetée qui s'étendra à 500 m dans le fleuve Saint-Laurent. La jetée et les conduites de déchargement sont également situées dans la municipalité de Lévis. Un flanc de coteau raide mène à la rive du fleuve, avec une différence de niveau d'environ 70 m entre la jetée et les réservoirs de GNL. Les réservoirs de GNL se trouvent entre la route 132, qui passe au nord du terminal, et l'autoroute 20, qui passe au sud. Les installations du terminal sont localisées sur la figure 4. L'étude des impacts environnementaux du projet présente une description détaillée des caractéristiques géographiques du terminal. Les éléments sensibles de la région sont présentés et commentés dans les sections 5.2 et 8.2 du présent rapport.

## 4.3. Météorologie

La dispersion d'un panache apparaissant suite à une éventuelle fuite de gaz naturel est gouvernée par la vitesse du vent, la direction du vent et la stabilité atmosphérique, et, dans une moindre mesure par l'humidité relative et la température. Dans le cas d'une émission continue, le nuage formé est dilué par un vent fort. Dans le cas d'une émission instantanée, un vent fort peut transporter plus loin le gaz libéré avant que la dilution ne rende le panache ininflammable. La direction du vent compte, dans la mesure où les individus qui se trouvent sous le vent sont directement exposés au nuage de gaz.

Même si la stabilité atmosphérique n'a pas un effet aussi évident que celui de la vitesse et de la direction du vent, elle a un impact important sur la dispersion d'un nuage de vapeur. En cas d'atmosphère instable, comme il arrive parfois par temps ensoleillé, les turbulences de l'atmosphère favorisent la dilution du nuage. À l'inverse, une atmosphère stable, fréquente pendant la nuit, présente peu de turbulences. Un nuage de gaz libéré dans une atmosphère stable se diluera plus lentement qu'un nuage libéré dans une atmosphère instable.

Les données météorologiques qui ont servi à cette étude ont été obtenues à la station Lauzon. Les figures 5 et 6 montrent la distribution des vents observés à Lauzon en hiver et en été, sur laquelle cette étude est basée.

Les autres paramètres météorologiques importants sont basés sur des moyennes annuelles. Les données sont basées sur les données climatologiques de la station Beauséjour, qui se trouve à Saint-Jean-Chrysostome. Ces données ont été enregistrées sur une période de 24 ans entre 1975 et 2000. Les moyennes obtenues sont les suivantes :

Moyenne quotidienne annuelle :	4 °C	
Moyenne quotidienne minimale :	-12,9 °C	(janvier)
Moyenne quotidienne maximale :	18,9 °C	(juillet)
Moyenne d'humidité relative :	70 %	

RAPPORT TECHNIQUE

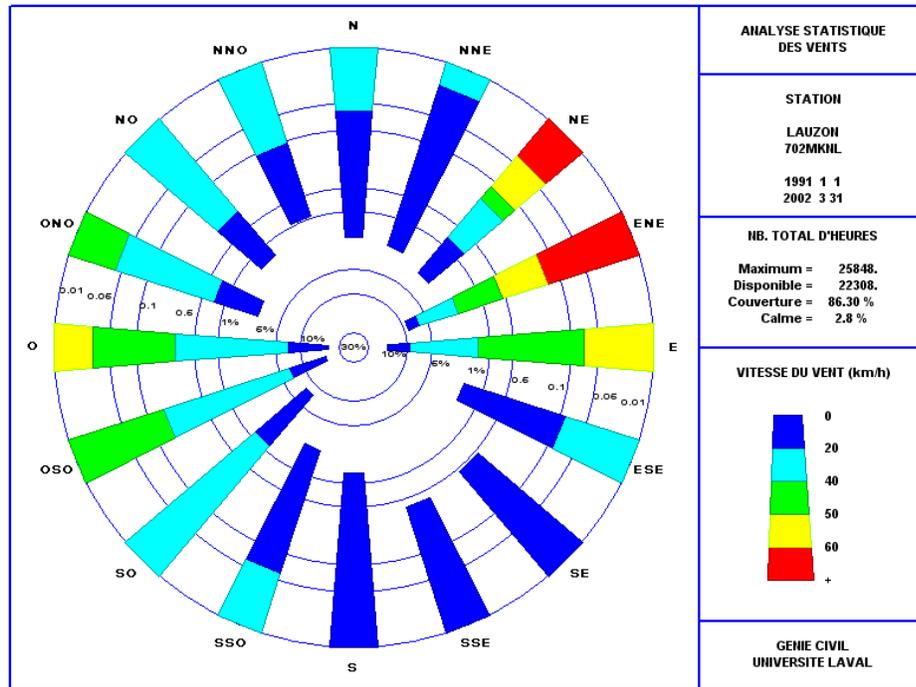


FIGURE 5 - ROSE DES VENTS À LA STATION LAUZON - HIVER

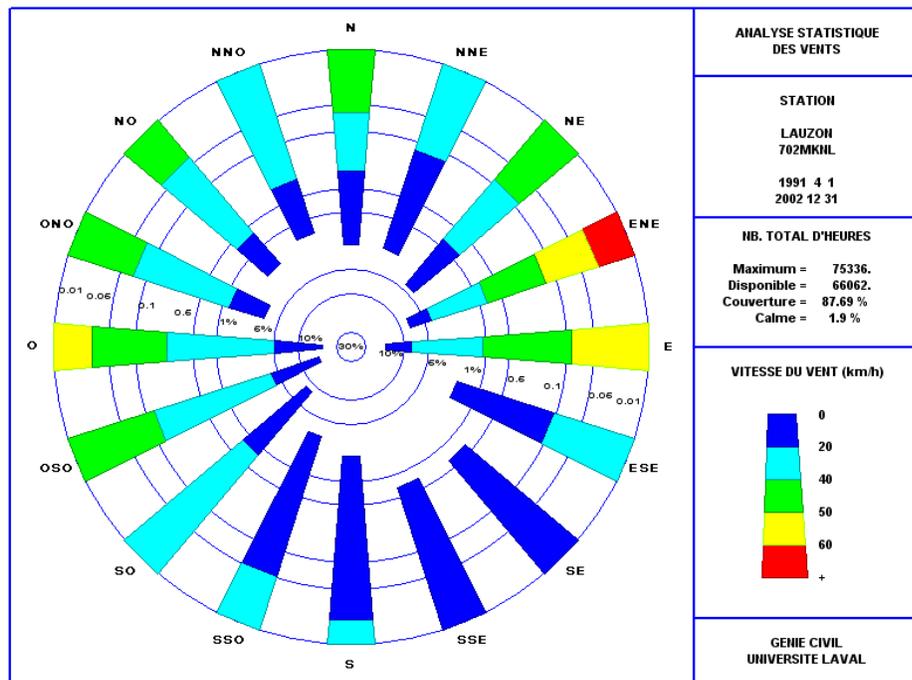


FIGURE 6 - ROSE DES VENTS À LA STATION LAUZON - ÉTÉ

## RAPPORT TECHNIQUE

Les données météorologiques sont ensuite réparties suivant la direction du vent, la vitesse du vent, la classe de stabilité et la période (jour/nuit). Pour la stabilité, une répartition typique en fonction de la vitesse du vent et du facteur jour nuit a été utilisée. Le tableau 5 présente la distribution en termes de pourcentage du temps des différentes conditions météorologiques.

TABLEAU 5 - DISTRIBUTION DES CLASSES DE VENT ET DE STABILITÉ

Vitesse du vent	Classe de stabilité	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1 m/s	1A-jour	0,27 %	0,20 %	0,38 %	0,22 %	0,32 %	0,37 %	0,53 %	0,20 %
1 m/s	1B-jour	0,27 %	0,20 %	0,38 %	0,22 %	0,32 %	0,37 %	0,53 %	0,20 %
3 m/s	3A-jour	0,20 %	0,33 %	0,51 %	0,08 %	0,20 %	0,86 %	1,17 %	0,13 %
3 m/s	3B-jour	0,61 %	1,03 %	1,59 %	0,24 %	0,62 %	2,67 %	3,66 %	0,41 %
3 m/s	3C/D-jour	0,42 %	0,70 %	1,08 %	0,16 %	0,42 %	1,82 %	2,49 %	0,28 %
5 m/s	5B-jour	0,13 %	0,59 %	1,82 %	0,02 %	0,03 %	0,88 %	1,86 %	0,27 %
5 m/s	5C/D-jour	0,38 %	1,76 %	5,47 %	0,05 %	0,10 %	2,64 %	5,57 %	0,81 %
1 m/s	1D-nuit	0,54 %	0,41 %	0,76 %	0,45 %	0,64 %	0,73 %	1,06 %	0,40 %
3 m/s	3D-nuit	0,41 %	0,69 %	1,06 %	0,16 %	0,42 %	1,78 %	2,44 %	0,27 %
3 m/s	3E-nuit	0,41 %	0,69 %	1,06 %	0,16 %	0,42 %	1,78 %	2,44 %	0,27 %
3 m/s	3F-nuit	0,41 %	0,69 %	1,06 %	0,16 %	0,42 %	1,78 %	2,44 %	0,27 %
5 m/s	5D-nuit	0,43 %	1,97 %	6,13 %	0,06 %	0,11 %	2,95 %	6,24 %	0,90 %
5 m/s	5E-nuit	0,08 %	0,38 %	1,17 %	0,01 %	0,02 %	0,56 %	1,19 %	0,17 %

Note : La répartition entre les classes de stabilité correspond à des données météorologiques typiques.

#### 4.4. Conditions des vagues

La formation de vagues est limitée par la présence de glace pendant l'hiver. Voici les caractéristiques approximatives des vagues dans la région de Lévis :

- Pourcentage de vagues excédant 1,5 m : 0,02 % (i.e., 0,5 h par saison)
- Période correspondante (1,5 m) : 5-6 s

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

#### **4.5. Formation de glace**

On dénote la présence de glace sur la rive au sud du fleuve entre l'île d'Orléans et Lévis/Beaumont. En revanche, l'eau est profonde près de la rive, ce qui implique que la glace ne s'étend pas trop loin dans le fleuve. Puisque l'eau devient rapidement profonde, il y a peu de formation de glace aux pointes de terre qui s'avancent dans le fleuve, la glace se formant plutôt dans les baies de chaque côté.

La construction du terminal permettrait de stabiliser la formation de bancs en amont, mais pas au-delà du dernier duc-d'albe protecteur. La combinaison d'une eau profonde, des courants de marée et du travail d'entretien de la voie navigable provoque une discontinuité au bord de la surface gelée, qui se rompt à marée basse et demeure reliée à la terre jusqu'à la marée haute suivante ou après plusieurs cycles de marée. La glace brisée dérive éventuellement lors d'un intervalle ultérieur de marée haute.

Selon les données d'une station qui se trouve à proximité du site de la jetée, l'épaisseur moyenne et maximale de la glace à Lévis est estimée à respectivement 40 cm et 100 cm.

#### **4.6. Sources d'inflammation**

Afin de calculer le niveau de risque, il est nécessaire d'avoir des renseignements sur les sources d'inflammation qui se trouvent dans les zones où un nuage inflammable pourrait être transporté. L'impact des sources d'inflammation a été estimé à partir de l'aménagement du terminal et de données d'exploitation fournies.

Il y a plusieurs sources d'inflammation autour des installations du terminal :

- Navires passant à la hauteur de Lévis, (p. ex., navires marchands, bateaux de plaisance et bateaux de pêche) ;
- Autres installations terrestres, locaux d'habitation et véhicules.

Les sources d'inflammation sont présentées plus en détail à l'annexe 1.

Le tableau 6 précise les caractéristiques des sources d'inflammation.

## RAPPORT TECHNIQUE

TABLEAU 6 - SOURCES D'INFLAMMATION AU TERMINAL RABASKA

Sources d'inflammation	Facteur de présence [% par an]	Probabilité d'inflammation en cas de présence de gaz inflammable [%]	Durée d'exposition [s]	Commentaire
Zone des compresseurs	100	25	60	Probabilité générique d'inflammation dans la zone des compresseurs.
Méthanier accosté	16.4	30	60	60 opérations de déchargement par année Durée d'une opération de déchargement fixée à 24 heures $(60 \times 24) / (8\ 760 \text{ heures par année}) \times 100 = 16,4 \%$
Circulation routière	100	10	60	Les voitures sont présentes 100 % du temps : 22 000 voitures par jour sur l'autoroute 20 et 4 200 par jour sur la route 132.

#### 4.7. Effets dominos

Les accidents qui peuvent survenir au terminal Rabaska pourraient se propager à d'autres équipements ou d'autres installations industrielles. Les effets dominos potentiels suivants ont donc été évalués.

##### Effet domino vers une autre installation industrielle

La possibilité d'une propagation vers d'autres installations industrielles est peu probable puisqu'il n'existe aucune autre usine à proximité du terminal projeté. La propagation vers le gazoduc est également peu probable, puisque ce dernier est enfoui et donc à l'abri des flux de radiations thermiques.

##### Effet domino interne d'un accident

Les accidents avec propagation interne qui peuvent avoir des effets sur la population sont inclus dans l'analyse, sous la forme de scénarios distincts auxquels sont associés des fréquences génériques. Ces scénarios sont pris en compte dans le calcul des fréquences. Aucun scénario d'accident avec propagation interne n'a été évalué au niveau des conséquences potentielles. En effet, ce type d'accidents n'augmente pas significativement les conséquences potentielles pour la population par rapport aux accidents les plus

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

importants et le délai à partir du premier accident augmente la probabilité d'évacuation des personnes.

#### **4.8. Limites de l'étude**

Les données et les modèles disponibles ont imposé l'utilisation de certaines hypothèses, comme c'est le cas pour toute évaluation des risques. Les éléments les plus importants pour l'étude sont présentés et commentés ci-dessous.

##### **Estimations de la fréquence**

Diverses bases de données sur les fréquences de fuite ont été consultées pour estimer la fréquence de ces accidents dans des terminaux et divers équipements. La fréquence est basée sur des événements historiques et constitue uniquement une estimation du nombre prévisible d'accidents par année.

##### **Obstacles et dispersion sur le terrain**

Le logiciel utilisé pour simuler la dispersion atmosphérique (PHAST) ne prend pas en compte l'effet des éléments du terrain, comme les collines, les bâtiments et les autres obstacles dans le calcul de la dispersion. Des outils de modélisation plus complexes (p. ex., outils de modélisation 3D) pourraient être utilisés afin de tenir compte de ces effets, mais cela n'a pas été possible dans cette étude.

##### **Dénombrement des personnes exposées**

Le nombre de personnes potentiellement exposées (autres que les employés du terminal) est basé sur le comptage des résidences et des bâtiments dans la région. Par conséquent, le nombre de personnes exposées résulte d'une estimation. Aucune distinction n'a été faite entre le jour et la nuit.

##### **Surpression provoquée par une explosion**

On sait que le modèle d'estimation de la surpression provoquée par des explosions confinées qui est intégré au logiciel PHAST n'est pas très sophistiqué. En revanche, puisque cette étude porte sur les risques pour la population, la surpression provoquée par des explosions n'a pas été retenue comme un élément important puisque la population se trouve à bonne distance du terminal. Si on doit évaluer les risques pour le personnel du terminal et prendre certaines décisions au sujet de la conception et de la construction de bâtiments, des outils plus performants doivent être utilisés.

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

**Classes de stabilité atmosphérique**

Des classes typiques de stabilité atmosphérique en fonction de la vitesse du vent et du facteur jour/nuit ont été utilisées dans cette étude parce qu'aucune information précise n'était disponible. La modélisation des conséquences serait plus précise si ces classes de stabilité pouvaient s'appuyer sur des données locales.

**Taille des vannes**

Le diamètre interne des vannes de chaque segment a été estimé selon le diamètre de la conduite de chaque segment.

**Caisson en béton où se trouvent les conduites de déchargement**

On estime que le volume disponible dans le caisson qui contient les conduites de déchargement suffit pour éviter une montée en pression critique dans ce caisson en cas de relâchement de GNL.

## 5. IDENTIFICATION DES DANGERS ET DÉFINITION DES SCÉNARIOS

### 5.1. Identification des dangers

L'identification des dangers a été menée lors d'une réunion de travail, dont les résultats et les participants sont présentés à l'annexe 1. Les feuilles de travail HAZID sont également incluses dans l'annexe 1. Les dangers identifiés ont été soumis à une sélection préliminaire afin de définir les scénarios qui pourraient contribuer au niveau de risque global et être inclus dans l'évaluation quantitative des risques. Le processus est résumé dans les sections suivantes.

#### 5.1.1. DANGERS POSÉS PAR DES MATIÈRES DANGEREUSES – RISQUES ASSOCIÉS AU GNL

A l'état liquide, le GNL n'est ni inflammable ni explosif. Lorsqu'il est réchauffé, le GNL se transforme en gaz, qui n'est pas explosif s'il n'est pas confiné. Le gaz naturel n'est inflammable que dans une gamme étroite de concentration dans l'air (5 % à 15 %). Aux concentrations supérieures à 15 %, il n'y a pas assez d'oxygène pour entretenir la combustion. Aux concentrations inférieures à 5 %, le gaz est trop dilué pour pouvoir s'enflammer.

Si une fuite se produit, les vapeurs de GNL seront dispersées par le vent. Des vapeurs froides de GNL apparaîtront sous la forme d'un nuage blanc. Afin d'assurer la sécurité du public, des zones d'exclusion pour la dispersion de vapeurs inflammables (gaz) sont établies pour les terminaux méthaniers.

Une fuite de GNL en présence d'une source d'inflammation provoquera un incendie local. Puisqu'un tel incendie produirait des températures élevées, des zones d'exclusion pour les radiations thermiques ont également été prévues pour maintenir le public à une distance sécuritaire des terminaux méthaniers.

Les relâchements de GNL peuvent provoquer plusieurs dangers, qui sont présentés ci-dessous.

#### **Fuite de GNL non pressurisé – phase 1**

Le GNL est entreposé à sa température d'ébullition atmosphérique (environ -162 °C). Tous les gaz d'évaporation sont recueillis et les soupapes de surpression sont réglées afin de ne permettre qu'une très faible pression nette positive.

La plupart des scénarios de fuite à partir d'un réservoir de GNL se produisent à la pression atmosphérique, à laquelle s'ajoute la pression hydrostatique de GNL (c'est-à-dire, la colonne liquide statique au-dessus du point de fuite). Cela implique qu'il n'y a pas de

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

vaporisation instantanée de GNL en gaz due à une chute de pression lors d'une fuite, le changement de phase est provoqué par un transfert rapide de chaleur et par évaporation.

Dans le cas de petites fuites de GNL situées en hauteur, la majeure partie du GNL s'évaporera avant d'atteindre les caniveaux de rétention, le sol ou l'eau à cause du transfert de chaleur avec l'air et le béton. Pour les fuites plus importantes, l'air ne peut pas apporter suffisamment de chaleur pour assurer l'évaporation d'une portion appréciable du GNL. La plus grosse partie de la fuite atteint donc probablement le sol.

**Formation de la nappe liquide – phase 2**

Les fuites de GNL sont soumises à plusieurs processus physiques simultanés, dont la formation d'une nappe de liquide, la dispersion et l'évaporation.

La formation d'une nappe de liquide à partir de liquides cryogéniques en ébullition est un processus dynamique au cours duquel le débit d'arrivée du GNL, l'étalement gravitationnel, les effets tensio-actifs, le transfert de chaleur et l'évaporation sont équilibrés.

**Transition rapide de phase**

Il s'agit d'une transition de phase physique extrêmement rapide qui transforme le GNL liquide en vapeur, principalement parce qu'il est submergé dans l'eau. Cette transition peut provoquer de petites mais violentes explosions localisées, qui ne peuvent que provoquer de faibles surpressions à plus grande distance. La possibilité d'une transition rapide de phase (TRP) est limitée aux zones de mélange entre le GNL et l'eau. A notre avis, l'intensité de l'explosion serait de beaucoup inférieure à celle d'une détonation (qui implique des vitesses supersoniques) et l'explosion serait plutôt équivalente à une onde de pression limitée au maximum à la vitesse sonique. Une telle explosion n'a que peu de chances de causer des dommages aux grands éléments structurels d'un navire. Aucune modélisation spécifique de TRP n'a été menée étant donné la faible probabilité pour une TRP d'aggraver la situation à la suite d'un déversement important.

**Dispersion – phase 3**

Le méthane gazeux (ainsi que possiblement d'autres hydrocarbures plus lourds) qui s'évapore de la nappe de GNL forme un gaz dense à cause de sa très faible température (initialement -162 °C). De plus, la condensation de la vapeur d'eau de l'atmosphère peut faire augmenter sa densité.

Au fur et à mesure que le vent disperse le nuage de gaz, celui-ci s'étend à cause des effets de gravité (densité) et il se mélange à l'air à cause de la turbulence atmosphérique (caractérisée par une mesure de stabilité). Le transfert de chaleur avec l'air et la ré-évaporation de vapeur d'eau condensée influent aussi ce processus de mélange.

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

Le nuage atteint finalement un point de densité neutre. À ce moment, les propriétés de gaz dense ont moins d'importance et le processus de dispersion est dominé par la turbulence atmosphérique.

Un nuage de vapeurs de GNL devient flottant, c'est-à-dire plus léger que l'air, parce que le méthane est beaucoup plus léger que l'air (masses molaires de 14 et 29 respectivement). Cependant la très basse température et la présence d'hydrocarbures plus lourds réduisent la flottabilité initiale du nuage, et celui-ci se dilue suffisamment avant de devenir plus léger que l'air, ne posant donc plus alors un risque d'inflammation.

**Feu éclair – phase 4**

Un nuage de méthane (et de tout autre hydrocarbure présent) qui se disperse devient inflammable partout où sa concentration est plus élevée que la limite inférieure d'inflammabilité (LII, 5 % pour le gaz naturel) et inférieure à la limite supérieure d'inflammabilité (LSI, 15 % pour le gaz naturel).

La plupart des nuages qui sont enflammés le sont à leur périphérie lorsque, durant la dispersion, le nuage rencontre une forte source d'inflammation (p. ex., flamme nue, moteur à combustion interne, étincelles).

Si un nuage s'enflamme, il s'effectue un « retour de flamme » ou feu éclair à travers toute sa masse inflammable (c'est-à-dire la portion à l'intérieur de l'étendue du nuage comprise entre la LSI et la LII). Le nuage brûlera ensuite à la limite de la LSI jusqu'à ce que l'hydrocarbure soit entièrement consommé. Le retour de flamme se fera presque toujours jusqu'à la source et la nappe s'enflammera.

Les feux éclairs se déplacent à diverses vitesses à travers les nuages inflammables. Plusieurs facteurs influent sur la vitesse de propagation d'un feu éclair : la vitesse intrinsèque de flamme de la substance, la concentration (vitesse maximale à la concentration stœchiométrique, vitesse moins élevée aux concentrations correspondantes aux LII et LSI), la température, la vapeur d'eau condensée, le degré de turbulence et la présence de zones congestionnées ou d'obstacles qui peuvent augmenter la turbulence.

Lorsqu'un feu éclair atteint une nappe de GNL en évaporation, cette nappe s'enflamme et provoque un feu de nappe.

**Feu de nappe – phase 5**

Si du GNL est déversé près d'une source d'inflammation, le gaz qui s'évapore et se mélange à l'air dans des proportions permettant la combustion, s'enflammera au dessus de la nappe de GNL. Les feux éclairs peuvent aussi provoquer des feux de nappe. Les feux de nappe de GNL génèrent un rayonnement thermique important. En revanche, les grands incendies de GNL ont tendance à produire de la fumée. Cette fumée absorbe une fraction importante des radiations thermiques et réduit le rayonnement vers l'extérieur. Il faut aussi tenir compte du fait qu'une nappe de GNL qui s'étend peut avoir une faible épaisseur. La combustion

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

ajoutée à l'évaporation contribue à réduire la taille de la nappe tandis que la fuite contribue à l'agrandir de sorte que le diamètre d'un feu de nappe finit par atteindre un équilibre.

**Boule de feu –BLEVE**

Les boules de feu constituent un processus de combustion très rapide qui est souvent provoqué par un BLEVE (Boiling liquid expanding vapour explosion), un phénomène qui est uniquement associé aux liquides pressurisés. Lorsque ces liquides sont relâchés, ils se vaporisent instantanément et se détendent, ce qui produit des vitesses et des turbulences extrêmes. Le front de flamme se déplace ensuite rapidement à travers l'ensemble de l'enveloppe inflammable. Comme ces déversements n'entraînent souvent que peu d'air, la boule de feu brûle sur toute la surface de l'enveloppe, ce qui pousse la masse inflammable vers le haut et produit de grandes quantités de chaleur durant une période allant habituellement de 20 à 40 secondes.

Les boules de feu sont également possibles lorsque de grandes quantités de gaz sont relâchées, mais elles produisent beaucoup moins de chaleur qu'un BLEVE et exigent des conditions particulières de grande turbulence, peu probables en cas de déversement de GNL à l'air libre.

Pour que se produise un BLEVE, il faut en général qu'un contenant pressurisé de gaz liquéfié (p. ex., propane ou butane) soit mis en contact avec un incendie externe. Les réservoirs de GNL ne sont pas conçus pour maintenir une pression et, même s'ils étaient exposés à un incendie externe, ils ne seraient pas pressurisés à un niveau pouvant provoquer un BLEVE. L'enceinte de béton externe des réservoirs de GNL constitue une barrière suffisante dans le cas d'un tel événement.

**Explosion d'un nuage de vapeur**

Une explosion d'un nuage de vapeur peut survenir lorsqu'une grande masse inflammable de vapeur d'hydrocarbure est enflammée dans un espace entièrement ou partiellement clos. La combustion thermodynamique d'un mélange stœchiométrique d'hydrocarbure dans l'air fera augmenter de 8 fois le volume des produits de combustion par rapport aux réactifs. Cela est principalement dû à la température élevée des gaz de combustion et partiellement dû à l'accroissement du nombre de moles de gaz. Dans un espace clos (p. ex., une boîte fermée), la pression finale maximale serait de 8 bars (environ 120 psi). Dans un espace ouvert à l'extérieur, il n'y a pas de confinement et des expériences ont démontré que le méthane brûlera relativement lentement avec principalement une expansion verticale des gaz.

La propagation du feu est lente dans les nuages de méthane (GNL). S'il n'y a aucun confinement ou congestion, l'accélération du feu dans un nuage au-dessus de l'eau ou du sol ne sera pas suffisante pour provoquer une explosion et des surpressions.

**5.1.2. DANGERS PROVOQUÉS PAR LES OPÉRATIONS ET LES AUTRES ACTIVITÉS****Panne de chauffage dans les fondations et tassement différentiel**

Le diamètre de la base des réservoirs de GNL est d'environ 90 m. Le tassement différentiel du sol peut éventuellement être transmis au réservoir et ainsi affecter son intégrité structurale. Une étude géotechnique sera menée sur le site et sera incluse dans le processus de conception. Des instruments de mesure seront aussi installés pour surveiller les tassements potentiels. Le tassement différentiel est un phénomène qui se développe lentement. Les mesures nécessaires peuvent donc être prises avant qu'une perte de confinement ne se produise. On estime donc que ce risque est négligeable et qu'il n'est pas nécessaire d'inclure ce scénario dans l'évaluation quantitative des risques.

Les fondations du réservoir de GNL sont chauffées afin d'éviter un refroidissement dans le sol qui pourrait provoquer des effets semblables à ceux du tassement différentiel. Si le chauffage des fondations ne fonctionne pas à cause d'une panne de courant par exemple, l'impact du refroidissement se développe lentement. Des mesures de surveillance seront prises (surveillance des basses températures) et le système de surveillance sera conçu avec une redondance. Dans l'ensemble, il est peu probable qu'un tassement ou une fuite due à une panne chauffage ne se produisent. Le scénario n'a donc pas été inclus dans l'évaluation quantitative des risques.

**Chute d'objets dans un réservoir de GNL**

Les pompes qui sont dans le réservoir de GNL doivent occasionnellement être soulevées pour l'entretien. Il arrive parfois pendant cette opération qu'on échappe la pompe dans le réservoir. Le cas échéant, la pompe tombe dans une atmosphère saturée, donc supérieure à la limite supérieure d'inflammabilité (LSI). Il est donc impossible que la chute de cet objet cause une inflammation de la masse de gaz dans le réservoir. Comme un tel événement n'aurait aucune conséquence pour la population, le scénario n'a donc pas été inclus dans l'évaluation quantitative des risques.

**Refroidissement trop rapide pendant la mise en service**

Si le refroidissement du réservoir de GNL est exécuté trop rapidement lors de la mise en service, il pourrait y avoir une perte de confinement. La procédure à suivre pour la mise en service a été conçue pour éviter ce danger. Puisque cette opération est menée pendant une période très limitée de la durée de vie des réservoirs et que la perte de confinement se produirait pendant la mise en service, on considère que le scénario ne contribue pas à la fréquence des fuites potentielles lors de l'exploitation et il n'a donc pas été inclus dans l'évaluation quantitative des risques.

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

**Dégradation de la structure en béton**

Un manque de contrôle ou un contrôle insuffisant pendant la phase de construction peut contribuer à la dégradation de la structure en béton du réservoir de GNL. La phase de construction sera strictement contrôlée. De plus, la dégradation se développe progressivement. Des contrôles et des inspections régulières devraient permettre de détecter toute dégradation. Une fuite majeure suite à une telle dégradation est donc improbable. En outre, les procédures d'exploitation incluront des directives sur les mesures à prendre en cas de dégradation. On considère que ce scénario contribue faiblement à l'ensemble du risque et il n'a donc pas été inclus dans l'évaluation quantitative des risques.

**Accumulation de neige sur le toit des bâtiments**

Une forte accumulation de neige sur le toit d'un bâtiment peut provoquer son effondrement, ce qui pourrait endommager les équipements qui se trouvent à l'intérieur. Les normes canadiennes du bâtiment contiennent des règles sur la résistance des toits en fonction des accumulations de neige prévisibles. De plus, on estime que les procédures d'exploitation incluront des directives sur le déneigement en cas de précipitation extrême de neige. On considère que le scénario est improbable et il n'a donc pas été inclus dans l'évaluation quantitative des risques.

**Accumulation de neige sur les supports des conduites**

Ce scénario est semblable à celui de la situation précédente. Les supports des conduites ont été conçus selon des critères en matière d'accumulation de neige. En cas de précipitation de neige extrême, les mesures de déneigement prévues seront prises. On considère que le scénario est improbable et il n'a donc pas été inclus dans l'évaluation quantitative des risques.

**Accidents à l'unité de production d'azote**

L'unité de production d'azote est située à environ 350 m de l'autoroute 20. La distance entre l'unité et les équipements liés aux hydrocarbures est d'environ 100 m. Au moment de l'évaluation des risques, la conception et l'aménagement détaillé de l'unité de production d'azote n'étaient pas terminés. Habituellement, les unités de production d'azote sont conçues avec de petites installations avec un volume d'azote limité. Ainsi, les conséquences d'un accident n'iraient pas beaucoup au-delà des limites du site d'implantation.

Étant donné la distance entre l'unité de production d'azote et les autres installations, la probabilité d'un effet domino causé par un débris projeté lors d'une explosion à une unité de production d'azote est négligeable. La distance jusqu'à l'autoroute est aussi jugée suffisamment grande pour ne pas mettre ses usagers en danger.

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

On estime que ce scénario ne contribue pas significativement au niveau de risque global. Il n'a donc pas été inclus dans l'évaluation quantitative des risques.

**Incendie électrique dans les bâtiments**

Si un incendie se déclare dans de l'équipement électrique, dans les salles ou les armoires prévues pour l'appareillage de commutation, il pourrait se propager vers les installations de GNL à cause des radiations thermiques et de la perte de résistance structurale. Puisque les incendies d'équipement électrique sont courants, l'industrie a développé plusieurs mesures de sécurité pour minimiser les risques de propagation. On estime que de telles mesures de sécurité seront prises, comme le choix d'équipement électrique ignifuge, la conception et l'aménagement optimaux des espaces et des équipements (p. ex., appareillage de commutation installé dans une pièce séparée) de même que la mise en place de systèmes de détection rapide ou de systèmes automatiques de lutte et de protection contre l'incendie (p. ex., gicleurs). On considère que ce scénario contribue faiblement à l'ensemble du risque et il n'a donc pas été inclus dans l'évaluation quantitative des risques.

**5.1.3. RISQUES EXTERNES****Chute d'avion**

Le terminal Rabaska n'est pas situé à proximité d'un aéroport ou dans des corridors de décollage ou d'atterrissage. Les accidents aériens de vols commerciaux dans le secteur du terminal sont donc improbables. Il se pourrait que de petits aéronefs passent dans les environs du terminal. Comme exemple de scénario, un petit aéronef pourrait passer au moment où la torchère est mise en opération, ce qui pourrait provoquer le décrochage de l'aéronef et, dans des circonstances défavorables, provoquer son écrasement dans les installations de GNL. Un tel scénario est par contre très peu probable et ne pose pas suffisamment de risque pour contribuer aux critères de conception des réservoirs de GNL. Il n'a donc pas été inclus dans l'évaluation. En tant que question à examiner d'ordre ALARP, on devrait envisager la possibilité d'introduire une restriction à la circulation à basse altitude au-dessus et autour du terminal.

**Séisme**

L'Est du Canada (Ontario, Québec et Maritimes) se trouve dans une région continentale stable des plaques tectoniques de l'Amérique du Nord, dont l'activité sismique est modérée. La plupart des séismes dans la région sont provoqués par la réactivation de failles existantes ou d'anciens points faibles de la croûte terrestre.

Le risque d'activité sismique à Lévis n'est pas négligeable, même s'il n'est pas comparable au risque auquel certains sites en Alaska ou au Japon sont exposés. Les conditions sismiques au site du terminal seront prises en compte dans la conception des installations. Les

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

émissions accidentelles de gaz naturel provoquées par des séismes sont ainsi considérées comme un risque négligeable et n'ont pas été considérées dans l'évaluation quantitative des risques.

**Glissement de terrain**

Le terminal Rabaska est situé dans une région géographique stable. Des études géotechniques seront menées sur le site du terminal et leurs résultats serviront à la conception des ouvrages. Les glissements de terrain sont improbables dans cette région et le scénario n'a donc pas été inclus dans l'évaluation quantitative des risques.

**Inondation**

Les inondations surviennent habituellement en amont des seuils qui entravent l'écoulement de l'eau. La formation de bancs de glace peut aussi contribuer aux inondations en obstruant l'écoulement de l'eau.

Les installations terrestres du terminal Rabaska seront construites en hauteur et ne seront pas exposées aux inondations du fleuve Saint-Laurent. Aucun cours d'eau important ne traverse le site. Toutefois, il y a un secteur mal drainé au nord-est/est du site principal. Le drainage des eaux sur le terrain du terminal sera conçu pour gérer les pluies maximales qui peuvent survenir dans ce secteur.

En principe, la jetée pourrait théoriquement être exposée aux inondations. En revanche, un tel événement n'aurait pour conséquence que la mise hors service temporaire du terminal, parce que la jetée pourrait être fermée en cas d'inondation.

Il est donc improbable que les installations soient endommagées en cas d'inondation et ce scénario n'a pas été inclus dans l'évaluation quantitative des risques.

**Feux de forêt**

La distance entre les forêts avoisinantes et le terminal sera suffisamment grande pour éviter la progression d'un feu de forêt vers les installations du terminal méthanier. De plus, il y aura suffisamment d'équipement de lutte contre l'incendie au terminal pour refroidir au besoin le matériel exposé. Les feux de forêt n'ont donc pas été inclus dans l'analyse quantitative des risques.

**Accidents impliquant des matières dangereuses sur l'autoroute 20 ou la route 132**

La conduite de déchargement sera enfouie. Il n'y a donc aucun risque de dommage sur cette conduite dans le cas d'un accident impliquant des matières dangereuses sur la route 132. De plus, les activités d'exploitation du terminal méthanier n'amènent pas de nouvelles sources d'inflammation dans les environs de la route 132 pouvant aggraver un accident sur cette route.

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

La distance la plus courte entre l'autoroute 20 et les installations du terminal projeté est celle qui sépare la torchère de l'autoroute, distantes d'environ 220 m. La torchère représente la plus importante source d'inflammation associée aux activités d'exploitation du terminal. Selon une évaluation sommaire des matières dangereuses en transit sur l'autoroute 20 qui pourraient constituer un danger pour le terminal méthanier, le propane en cas de fuite prendrait la forme d'un nuage de gaz lourd qui, dans des conditions très défavorables, pourrait atteindre le terminal sans toutefois atteindre la hauteur de l'extrémité de la torchère. Ainsi, il est très peu probable qu'une fuite de matières inflammables suite à un accident sur l'autoroute 20 atteigne les installations du terminal méthanier et y rencontre une source d'inflammation.

Le cas échéant, il y aurait un feu éclair ou une boule de feu. Dans les deux cas, le terminal serait exposé pendant une durée très limitée (mesurée en secondes plutôt qu'en minutes), avant que le feu ne retourne vers le lieu de l'accident et qu'il persiste jusqu'à ce que le combustible soit entièrement brûlé. Ainsi, il est peu probable qu'un accident routier impliquant des matières dangereuses affecte les installations du terminal méthanier.

De plus, les matières dangereuses sont en transit sur l'autoroute et ne sont présentes près du terminal que pendant une courte période, ce qui diminue davantage la probabilité qu'un accident puisse affecter le terminal. Le scénario n'a donc pas été inclus dans l'évaluation quantitative des risques.

**Pression de la glace sur la structure de la jetée**

L'état des glaces dans la région de Lévis est décrit dans l'étude réalisée par Paul Croteau et associés inc. (réf. /1/). Il est très peu probable que des floes apparaissent et les glaces à la dérive ne s'accumulent que rarement sur la rive sud dans cette région. La jetée est conçue pour résister à la pression potentielle exercée par la glace, en tenant compte de marges de sécurité. De plus, on estime que des procédures d'exploitation seront mises en place, comme des inspections régulières pour détecter tout dommage à la structure provoqué par les glaces à la dérive.

Le cas échéant, la glace à la dérive se heurtera d'abord à la structure portante et non aux équipements contenant le GNL, qui est situé sur le haut de la structure et partiellement en retrait par rapport au bord de l'eau. On considère donc qu'un tel événement ne contribue pas significativement à augmenter la fréquence des fuites qui peuvent survenir à la jetée. Le scénario n'a donc pas été inclus dans l'évaluation.

**Chute de roches sur le bâtiment des pompes de surpression**

Le bâtiment des pompes de surpression est situé sur la rive du fleuve, au pied d'une falaise qui s'élève à 70 m. Une chute de roches peut y survenir. Dans des circonstances défavorables, le toit du bâtiment des pompes de surpression pourrait être transpercé par une roche, qui heurterait l'équipement et provoquerait une perte de confinement. Des inspections pour identifier les roches détachées seront menées régulièrement et, si

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

nécessaire, ces roches seront enlevées et déposées dans un lieu approprié. On considère que les fuites potentielles provoquées par un tel événement contribuent faiblement à l'ensemble des risques au bâtiment des pompes de surpression. Ce scénario n'a donc pas été inclus dans l'évaluation quantitative des risques.

**Érosion et affaissement des terrains gagnés sur les eaux**

La zone des pompes de surpression et l'arrivée du pont sur chevalet seront construites sur des terrains partiellement remblayés sur les plans d'eau. Un cours d'eau est un élément qui transforme sans cesse son environnement. L'action des eaux peut donc provoquer une érosion ou un affaissement du terrain remblayé, mais ce type de phénomène progresse lentement. Lorsque le terminal méthanier sera en exploitation, la zone sera surveillée pour détecter toute érosion ou affaissement. On estime qu'il est peu probable qu'un tel phénomène affecte les installations. Ce scénario n'a donc pas été inclus dans l'évaluation.

Des mesures de contrôle de la qualité et de surveillance pendant la construction permettront d'atténuer le risque d'érosion ou d'affaissement.

**Avalanche**

Le code du bâtiment au Canada ne prévoit aucune disposition pour les avalanches parce que ce type d'événement est très rare et ne survient qu'en très haute altitude, dans des endroits habituellement isolés où il n'y a aucune végétation. On estime qu'il est très peu probable que le bâtiment des pompes de surpression soit exposé aux avalanches. Ce scénario n'a donc pas été inclus dans l'évaluation.

Afin de contrôler le risque d'une éventuelle avalanche sur la pente du fleuve, on estime que des procédures de surveillance et des mesures de suivi seront appliquées les années où il y aura d'importantes chutes de neige.

**Effondrement de lignes de transport d'énergie électrique, coup de fouet d'un câble ou chute d'un support**

Il arrive qu'une accumulation de verglas se forme sur les lignes électriques, ce qui peut éventuellement faire basculer les supports et rompre les câbles. La hauteur des pylônes varie de 48 à 51 m et la distance entre deux supports est d'environ 450 m. La plus courte distance entre le réservoir de GNL le plus rapproché et la ligne d'Hydro-Québec est de 175 m. Les conduites de déchargement passent en dessous des lignes d'Hydro-Québec, à environ 80 m du support le plus rapproché.

Les dangers possibles sont soit un dommage sur les conduites de déchargement qui passent sous les lignes de transport ou un coup de fouet provoqué par un câble sur les installations du terminal. Les conduites de déchargement sont enfouies dans un caisson en béton et la distance qui les sépare des supports est de loin supérieure à la hauteur d'un support. On considère ainsi que la probabilité d'une perte de confinement des conduites de

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

déchargement dans le caisson en béton est négligeable et il n'a donc pas été inclus dans l'évaluation.

Étant donné la distance entre la ligne électrique et les installations du terminal, la dimension (poids) du câble, ainsi que les forces potentielles liées à un câble rompu, on considère qu'il est très peu probable que ces installations subissent un impact grave. Le scénario n'a donc pas été inclus dans l'évaluation quantitative des risques.

**Décharge électrique d'une ligne de transport d'énergie électrique**

Les lignes de transport à haute tension peuvent provoquer des décharges électriques. L'effet d'une telle décharge est comparable à celui de la foudre, bien que l'effet de la décharge soit moins puissant. Dans des circonstances défavorables, une décharge pourrait endommager des installations du terminal (ligne de déchargement) et, si les mesures nécessaires ne sont pas prises, elle pourrait provoquer une fuite de GNL. Les conduites de déchargement sont enfouies et protégées par une gaine de béton. On estime donc que les conséquences potentielles d'une décharge électrique sont limitées et que ce scénario ne contribue pas significativement à l'ensemble du risque. Il n'a pas été inclus dans l'évaluation quantitative des risques.

**Courants induits des lignes de transport d'énergie électrique**

Les champs magnétiques autour des lignes de transport à haute tension peuvent produire des courants induits sur les conduites de déchargement. Des études préliminaires ont démontré que l'impact ne serait pas important et que les courants induits sont improbables à cause de la distance entre les lignes et les conduites, de la profondeur d'enfouissement des lignes et de la protection (caisson en béton) qui renferme les conduites. On estime toutefois que ce type de phénomène pourrait se produire et il a été pris en considération dans la conception des installations du terminal méthanier. Ce scénario contribue faiblement à la fréquence des fuites et il n'a pas été inclus dans l'évaluation quantitative des risques.

**Conditions météorologiques extrêmes**

On estime que des marges de sécurité liées aux conditions météorologiques extrêmes ont été prévues dans la conception du terminal. Il est peu probable que des vents très forts, par exemple des ouragans, qui sont très peu courants selon les statistiques du vent (réf. /18/), endommagent les réservoirs de GNL. Ils pourraient toutefois endommager certains équipements, selon les observations faites dans des régions géographiques où les ouragans sont plus fréquents. Dans le cas de conditions météorologiques extrêmes, les mesures d'urgence nécessaires seront prises pour sécuriser les installations du terminal. On considère que les conséquences des accidents potentiels provoqués par de telles conditions sont très limitées qu'il n'y a pas lieu d'en tenir compte dans l'évaluation quantitative des risques.

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

**Terrorisme et sabotage**

Ce type de danger pour la sécurité n'a pas été quantifié dans cette étude parce qu'il a été classé comme un acte intentionnel et non un événement probabiliste. Néanmoins, dans la section sur les scénarios majeurs inclus dans l'évaluation quantitative des risques, un scénario maximal crédible causé par un acte terroriste est étudié pour les méthaniers (réf. /14/).

**5.2. Identification des éléments sensibles**

Cette section porte sur la population, les infrastructures importantes, les hôpitaux, les sites naturels ou les autres zones d'intérêt qui pourraient être touchés par les conséquences d'un accident au terminal méthanier. Les éléments sensibles suivants ont été identifiés autour des installations du terminal méthanier :

- Population ;
- École Sainte-Famille ;
- Fort de la Martinière ;
- Motels et terrains de camping ;
- Routes adjacentes ;
- Lignes électriques 735 kV entre les postes Manicouagan et Lévis ;
- Lignes électriques 230 kV entre les postes Montmagny et de la Chaudière.

**5.2.1. POPULATION**

Les résidences dans les secteurs qui sont adjacents à la jetée, à la conduite de déchargement et aux installations du terminal ont été minutieusement répertoriées et cartographiées dans l'étude d'impact sur l'environnement. Dans la présente étude, on fait l'hypothèse que le nombre moyen de personnes par résidence est de 4 à l'intérieur et de 1 à l'extérieur. L'emplacement de la population et des résidences a été inclus dans le progiciel SAFETI pour l'estimation des courbes F/N. Les résidences répertoriées sont illustrées à la figure 7.

En ce qui concerne les terrains de camping et les motels, on estime que la moyenne annuelle de la population est de deux personnes par site, gîte ou chambre. Cette estimation est basée sur l'hypothèse que les terrains de camping ou les gîtes sont occupés par des familles de quatre personnes pendant la moitié de l'année. La population en transit sur les routes, soit une moyenne de deux personnes par voiture, est basée sur des données récentes de circulation routière. La circulation routière, les motels et les terrains de camping sont présentés plus en détail dans les sections suivantes.

## RAPPORT TECHNIQUE

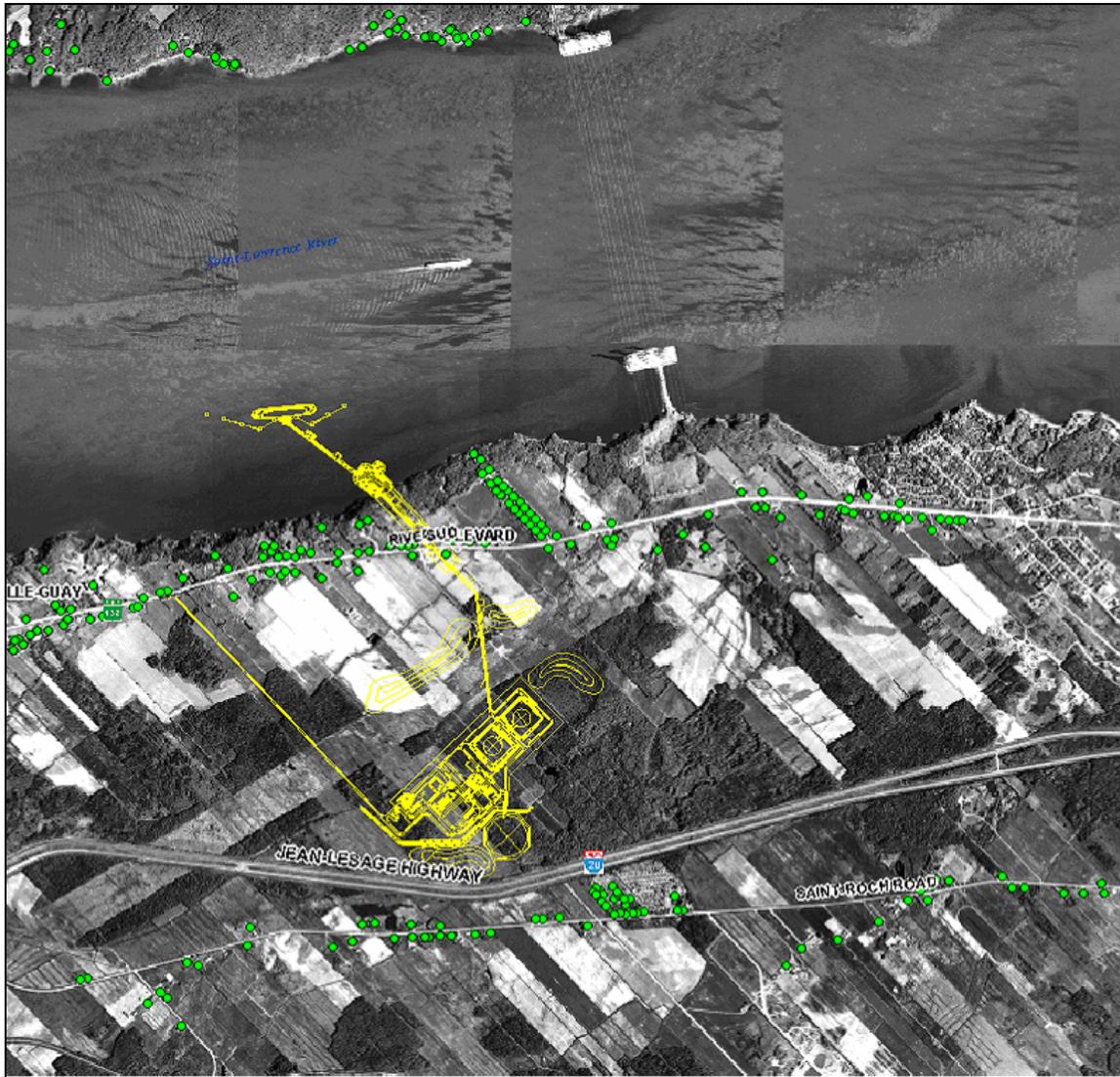


FIGURE 7 - POPULATION PRÉSENTE DANS LE SECTEUR DU TERMINAL MÉTHANIER

### 5.2.2. ÉCOLE SAINTE-FAMILLE

L'école privée Sainte-Famille compte 100 élèves qui ont entre 6 et 16 ans. Le bâtiment de l'école est situé à plus de 1 250 m de la conduite de déchargement et de la jetée, et il se trouve à plus de 2 000 m des installations du terminal.

Le niveau de risque pour l'école est présenté à la section 8.2.1. La population de l'école a été incluse dans la population qui a servi de base pour le calcul des courbes F/N.

## RAPPORT TECHNIQUE

**5.2.3. FORT DE LA MARTINIÈRE**

Le Fort de la Martinière a été utilisé jusqu'à la Deuxième guerre Mondiale. La batterie de tir supérieure de la Martinière était composée de deux canons MK C Vickers de 19,1 cm (7,5 po) et la batterie de tir inférieure était composée de deux canons à tir rapide MK1. Le site du fort original est aujourd'hui occupé par un terrain de camping. Le musée et le centre d'information touristique ont été rénovés depuis peu. La distance entre le fort et le point le plus rapproché des installations du terminal, c'est-à-dire la jetée, est de plus de 2 200 m.

Le niveau de risque pour le fort est présenté à la section 8.2.2.

**5.2.4. MOTELS ET TERRAINS DE CAMPING**

Les motels et les terrains de camping énumérés au tableau 7 sont situés dans la région avoisinante du terminal.

La population des motels et des terrains de camping a été incluse dans la population qui a servi de base pour le calcul des courbes F/N.

**TABLEAU 7 - MOTELS ET TERRAINS DE CAMPING**

<b>Nom</b>	<b>Taille</b>	<b>Distance jusqu'à l'élément le plus rapproché des installations du terminal (jetée, site principal ou conduite de déchargement)</b>
Motel Parc Beaumont	14 chambres, 2 logements	1750 m
Manoir de Beaumont	5 chambres	1000 m
Gîte Au petit matin	2 chambres	1900 m
Camping Transit	200 emplacements pour les caravanes et 25 emplacements de camping rustique	700 m
Camping du Fort de la Martinière	24 emplacements	2200 m
Camping municipal de Vincennes	110 emplacements	1850 m
Camping Parc Beaumont	151 emplacements	1750 m

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

**5.2.5. ROUTES ADJACENTES**

Il y a deux routes dont la circulation est importante à proximité des installations du terminal.

L'autoroute 20 (autoroute Jean-Lesage) est la route principale qui passe à proximité des installations du terminal méthanier. Elle passe à 220 m des installations. Selon les données de 2002 de Transports Québec, environ 22 000 véhicules (moyenne annuelle de la circulation quotidienne) passent tous les jours, dont 15 % de camions.

La route 132 (boulevard de la Rive-Sud) passe au-dessus des conduites de déchargement du GNL, lesquelles sont dans un caisson de béton enfoui.

Les usagers des routes ont été inclus dans la population qui a servi de base pour le calcul des courbes F/N.

De plus, la probabilité d'un incendie à cause de la circulation routière (source d'inflammation) a été prise en compte dans le logiciel SAFETI.

**5.2.6. LIGNES ÉLECTRIQUES 735 kV ENTRE LES POSTES MANICOUAGAN ET LÉVIS**

Les trois lignes de transport ont une tension de 735 kV. En hiver, les trois lignes peuvent transporter jusqu'à 20 % de la demande d'électricité du Québec. Une panne simultanée des trois lignes peut provoquer une panne d'électricité dans l'ensemble de la province. Les lignes de transport croisent le caisson enfoui où se trouvent les conduites de déchargement. La distance minimale entre les installations terrestres (réservoirs de GNL) et les lignes de transport est de 175 m, tandis que la distance jusqu'à la jetée est d'approximativement 1 400 m. Les conséquences potentielles concernant les lignes de transport d'énergie électrique sont présentées à la section 8.2.5.

**5.2.7. LIGNES ÉLECTRIQUES 230 kV ENTRE LES POSTES MONTMAGNY ET DE LA CHAUDIÈRE**

Les lignes de transport entre les postes Montmagny et de la Chaudière ont une tension de 230 kV. La plus faible distance entre les lignes et les installations du terminal est d'environ 1100 m. Les conséquences potentielles concernant ces lignes de transport sont présentés à la section 8.2.6.

### 5.3. Enquête sur les données historiques

L'industrie du GNL a une excellente cote de sécurité depuis de nombreuses années grâce à des normes industrielles strictes qui sont appliquées dans le monde entier.

À cette date, les méthaniers ont effectué approximativement 40 000 voyages sur une distance de plus de 100 millions de milles, sans qu'il y ait eu d'accident ou d'incident majeur, que ce soit dans les ports ou au cours des déplacements. Au cours des 40 années de transport de GNL par navires, il n'y a eu que deux échouements graves, durant lesquels il n'y a eu aucune perte de cargaison de GNL. L'El Paso Kaiser (1979) et le LNG Taurus (1979) sont les deux méthaniers qui ont subi un échouement.

L'El Paso Kaiser était un méthanier de type membrane qui transportait un volume de 95 000 m<sup>3</sup> de GNL, en partance de l'Algérie vers les États-Unis, le 29 juin 1979. Il s'est échoué à pleine vitesse au large de Gibraltar. Les réservoirs de GNL n'ont pas été percés.

Survenu en 1980 au large des côtes sud du Japon, l'échouement du LNG Taurus s'est produit pendant des conditions météorologiques sévères. L'échouement a provoqué une déchirure de la coque et l'entrée d'eau dans les ballasts. Il n'y a eu aucun dommage aux cuves de cargaison. Le navire, chargé, a été déséchoué et remorqué jusqu'au terminal de déchargement.

Les méthaniers sont équipés de dispositifs de sûreté tels que des radars de haute technologie et des systèmes de positionnement qui avertissent l'équipage s'il y a de la circulation et d'autres dangers à proximité du navire. Les dispositifs de sécurité du cargo comprennent un ensemble complexe d'appareils qui met le système en arrêt si celui-ci commence à fonctionner en dehors des paramètres prévus. Les navires sont aussi équipés de systèmes de détection d'incendie et de gaz.

Il existe 47 terminaux de regazéification de GNL semblable au terminal méthanier Rabaska. Quatre terminaux de regazéification se trouvent en Amérique du Nord, plus précisément en Géorgie, en Louisiane, au Maryland et au Massachusetts. On trouve plus d'une centaine d'installations de stockage de GNL en Amérique du Nord, pour assurer un approvisionnement continu en saison de forte demande. De plus, il y a 15 usines de liquéfaction de GNL à travers le monde, dont une en Alaska. Il y a eu cinq accidents majeurs au cours des 65 années d'exploitation du GNL. Ces accidents sont présentés dans le Tableau 8. Un historique détaillé des incidents qui ont eu lieu dans les installations de GNL est présenté à l'annexe 6.

Les accidents de Cleveland et de Skikda ne sont pas des exemples pertinents pour le terminal Rabaska. L'accident de Cleveland a été provoqué par l'utilisation de matériaux inadéquats dans les années 1940 et ce type de matériaux n'est plus utilisé. L'accident de l'usine de Skikda a eu lieu dans une usine de liquéfaction et a été provoqué par une chaudière. Il n'y aura aucune opération de liquéfaction dans le terminal Rabaska et il n'y aura aucune chaudière sur place.

## RAPPORT TECHNIQUE

TABLEAU 8 - HISTORIQUE DES ACCIDENTS MAJEURS LIÉS AU GNL

Lieu et date	Description
Cleveland, Ohio, 1944	Le pire accident de l'industrie du GNL a eu lieu dans un terminal d'écêtement de la demande de pointe à Cleveland, en 1944. C'est le seul accident qui a eu des répercussions sur la population. À cause des pénuries pendant la guerre, un réservoir de GNL a été fabriqué avec un acier contenant moins de nickel que nécessaire pour prévenir la fragilisation. Peu après que le réservoir ait été rempli avec du GNL, le métal s'est fissuré, ce qui a provoqué une fuite de GNL. Parce que le système de rétention secondaire était de capacité insuffisante, les vapeurs de gaz naturel ont migrés dans un égout pluvial et se sont enflammées. Étant donné que le gaz naturel était confiné dans les égouts, une explosion provoquée par une montée de pression a tué 128 personnes et blessé de nombreuses personnes qui habitaient à proximité. La conception des nouveaux réservoirs et les normes de sécurité préviennent aujourd'hui ce type de situation et aucun incident semblable ne s'est produit au cours des 60 dernières années.
Raunheim, Allemagne, 1966	Le GNL rejeté dans la partie haute d'un vaporisateur a formé un nuage de vapeurs au niveau du sol, qui par la suite s'est enflammé. 3 morts et 83 blessés.
Staten Island, New York, 1973	En 1973, un accident industriel s'est produit dans une installation GNL à Staten Island, lorsqu'un réservoir a été mis hors service pour être nettoyé. Quarante employés qui se trouvaient dans le réservoir ont été tués lorsque les vapeurs du fluide de nettoyage se sont enflammées et que le toit du réservoir s'est effondré. Bien que l'accident se soit produit dans une installation de GNL, les autorités chargées de l'enquête ont jugé que c'était un accident lié à une activité de construction et non relié à l'utilisation du réservoir.
Cove Point, Maryland, 1979	En 1979, un employé a trouvé la mort et un autre a été gravement blessé au terminal méthanier de Cove Point. Une fuite de GNL a été provoquée par un joint inadéquat sur une pompe. Cette fuite est passée dans un conduit souterrain pour finir dans une sous-station qui se trouvait à 61 m (200 pi) de distance. Les vapeurs confinées se sont enflammées et ont provoqué une explosion. Cette sous-station n'avait pas de système de détection de gaz. Selon les normes actuelles, les installations de GNL doivent avoir un tel système.
Skikda, Algérie, 2004	Une chaudière à vapeur a explosé dans une usine de liquéfaction de GNL, ce qui a provoqué une seconde explosion plus grave d'un nuage d'hydrocarbures (méthane, propane ou autre). Les explosions et l'incendie ont détruit une partie de l'usine de GNL et provoqué des dommages matériels en dehors des limites de l'usine. L'accident de Skikda n'a pas entraîné de décès ou de blessés autres que des employés de l'usine (27 décès et 74 blessés).

## 5.4. Définition des scénarios

Les dangers suivants ont été inclus dans l'évaluation quantitative des risques.

### **Méthanier à quai**

Fuites 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. L'évaluation des conséquences a été menée tel que présentée à la section 7.

### **Appontement et pont sur chevalet**

Les fuites qui surviennent dans la conduite de déchargement qui passe sur le pont sur chevalets ou sur l'appontement. Parmi ces fuites figurent celles qui surviennent au bras de déchargement ou dans les lignes de déchargement pendant les opérations de déchargement ainsi que pendant les opérations normales. Les divers cas de défaillance sont présentés à la section 6.3. L'évaluation des fréquences inclut des causes, telles des impacts provoqués par des véhicules, la corrosion, des erreurs d'entretien, la surpression, etc. L'évaluation des conséquences a été menée tel que présentée à la section 7.

### **Lignes de déchargement**

Fuites qui surviennent à des endroits stratégiques dans les conduites de déchargement et les conduites de retour du gaz. Des scénarios d'accident pendant les opérations de déchargement et pendant les opérations normales sont présentés. Les divers cas de défaillance sont présentés à la section 6.5. L'évaluation des fréquences inclut des causes typiques, telles des impacts, la corrosion, les erreurs d'entretien, de surpression, etc. L'évaluation des conséquences a été menée tel que présentée à la section 7.

### **Pompes de surpression**

L'étude présente des scénarios d'émission accidentelle de gaz qui surviennent sur les installations riveraines. Parmi eux figurent des scénarios pendant les opérations de déchargement et pendant les opérations normales. Les divers cas de défaillance sont présentés à la section 6.5. L'évaluation des fréquences inclut des causes typiques, telles des impacts, la corrosion, les erreurs d'entretien, etc. L'évaluation des conséquences a été menée tel que présentée à la section 7.

### **Installations terrestres de GNL**

Fuites qui peuvent survenir dans deux types d'équipements : les réservoirs de GNL et les divers segments d'arrêt d'urgence (ESD) dans le procédé. Les divers cas de défaillance sont présentés dans les sections 6.4 et 6.5. Dans le cadre de l'évaluation des fréquences, des

## RAPPORT TECHNIQUE

scénarios de basculement de couches, de surpression et de remplissage excessif ainsi que d'autres causes plus typiques — comme des erreurs de fabrication, la détérioration du matériel, la corrosion, des erreurs de manœuvre, les opérations d'entretien, etc. — ont été étudiés. L'évaluation des conséquences a été menée tel que présentée à la section 7.

## 5.5. Présentation des scénarios d'accident

Le tableau 9 présente un aperçu découpage des installations en segments pour la définition des scénarios d'accident.

TABLEAU 9 - DESCRIPTION DES SEGMENTS

Segments	Description
<b>Segments ESD</b>	
1	Bras de déchargement
2	Conduites de déchargement sur l'appontement
3	Conduites de déchargement sur le pont sur chevalets
4	Conduites de déchargement aux installations riveraines (incluant les pompes de surpression)
5 à 8	Conduites de déchargement en caisson enfoui
9	Conduites de retour du gaz en caisson et dans les installations riveraines
10	Conduites de retour du gaz sur le pont sur chevalets et à l'appontement
11	Collecteur de déchargement et d'expédition vers le gazoduc (incluant les pompes d'expédition)
12	Collecteur de retour du gaz et de BOG
13	Conduite de remplissage et de soutirage des réservoirs de GNL
14	Système de gaz combustible BP (basse pression)
15	Recondenseur de BOG
16	Désurchauffeur de BOG
17	Compresseurs de BOG
18	Vaporiseurs à combustion submergée
19	Collecteur d'expédition de gaz
20	Collecteur de gaz combustible BP (dans les regazéificateurs à combustion submergée)
21	Système de gaz combustible HP (haute pression)
<b>Autres segments dans le modèle :</b>	
ST	Méthanier
ST01	Réservoir de GNL n° 1
ST02	Réservoir de GNL n° 2

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

Tous les segments et leurs scénarios d'accident respectifs sont présentés à l'annexe 2. Il faut souligner que les systèmes de gaz combustible (14, 20 et 21) n'ont pas été évalués davantage parce qu'on estime que le risque associé à ces segments est négligeable en raison des faibles volumes et faible diamètre des conduites.

Les scénarios ont été incorporés au logiciel SAFETI en incluant des paramètres tels que la pression, la température, la taille de la brèche, la direction et la durée de la fuite, etc. Les calculs de fuite et de dispersion sont effectués par SAFETI, en plus des évaluations du risque qui sont basées sur la contribution de chaque scénario d'accident. Les hypothèses importantes relativement au développement de ces scénarios d'accident dans SAFETI sont présentées ci-dessous.

Les résultats de la simulation des conséquences, comme la dispersion et la rayonnement thermique, sont présentés à la section 7.1.

**Mode attente/déchargement**

Le mode d'attente concerne les périodes où il n'y a aucun méthanier à la jetée. Lorsqu'on est en mode d'attente, le GNL circule dans les conduites de déchargement avec un débit réduit par rapport au mode de déchargement. Les conduites de déchargement seront le plus souvent en mode d'attente et environ 9 % de l'année seront consacrés au déchargement.

**Relâchement de GNL à partir du début ou de la fin du caisson**

Si le GNL fuit à l'intérieur du caisson de déchargement, le liquide est dirigé vers la cuvette aménagée près des installations riveraines. Sur ce trajet, une partie du liquide s'évapore avant d'atteindre l'entrée du caisson. Selon la direction de la ventilation naturelle dans le caisson, la vapeur est évacuée à l'entrée du caisson ou à sa sortie. On estime que 50 % du gaz est évacué à l'entrée du caisson et que l'autre moitié est évacuée à sa sortie.

On estime également que la moitié d'une fuite dans la canalisation de retour du gaz est évacuée à l'entrée du caisson et l'autre moitié, à sa sortie.

**Fuite de GNL à l'intérieur/extérieur d'un bâtiment**

Les compresseurs se trouvent dans un bâtiment. Les fuites qui surviennent à l'intérieur ne sont pas dispersées comme les fuites dans l'air ambiant parce qu'elles sont alors confinées et qu'elles perdent leur vitesse. On considère que le gaz sortira du bâtiment par un puits ventilé de ventilation de 1 m<sup>2</sup>.

**Taille de la fuite**

Les statistiques disponibles sur les fréquences de fuite sont divisées en plusieurs catégories selon la taille de la fuite. Les catégories de taille de fuite appliquées à chaque segment sont

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

les suivantes : petite (5 mm), moyenne (25 mm), grande (100 mm) et rupture complète (diamètre de la canalisation).

Il est difficile d'estimer la taille d'une brèche provoquée sur un méthanier parce qu'il y a plusieurs barrières en place. Habituellement, entre quatre et cinq barrières physiques doivent être percées avant qu'il y ait une fuite de GNL. Le matériau des cuves a été conçu pour conserver sa ductilité à -162°C. De plus, les cuves ne sont pas entièrement remplies de liquide. En règle générale, elles sont remplies à environ 96-97 % de leur capacité à l'arrivée, ce qui laisse un espace de plus de 800 m<sup>3</sup> par cuve pour la vapeur, permettant ainsi une faible vitesse de déformation. Pour les événements qui peuvent conduire à une fuite, des ouvertures d'un diamètre compris entre 0 et 1500 mm sont autant probables. La moyenne est donc de 750 mm. Le scénario maximum crédible pour des causes accidentelles est une brèche d'un diamètre de 750 mm. On a choisi de suivre une approche prudente en utilisant une valeur de 1 500 mm dans le logiciel SAFETI, afin de tenir compte des cas d'actes terroristes (réf. /16/)

**Débit de fuite**

Les débits de fuite sont estimés selon la taille de la rupture, la pression de même que la composition et la vitesse d'écoulement du liquide dans le segment. Ces débits ont été pour la plupart estimés par SAFETI. L'équation de Bernoulli a été appliquée dans les cas où les débits ont été calculés manuellement.

**Durée de la fuite**

La durée totale de la fuite est basée sur la somme du temps de détection et d'isolement des vannes ESD ainsi que de la durée de vidange du segment isolé.

**Isolement et vidange réussis/échoués**

On estime que la durée entre la détection et l'arrêt des vannes ESD est de 2 minutes pour la zone de procédé (1,5 minute pour la détection et 30 secondes pour la fermeture de la vanne). Les 2 minutes sont une valeur caractéristique qui a été appliquée de manière générale aux autres installations et industries dont le système de détection et de contrôle est semblable. Il faut souligner que 2 minutes est un laps de temps relativement court pour les petites fuites, et il est important de s'assurer que les systèmes de détection et de contrôle fonctionnent correctement.

On estime que le temps de détection et d'arrêt des segments ESD relatifs aux bras de déchargement à la jetée est de 1 minute (30 secondes pour la détection et 30 secondes pour la fermeture des vannes), parce que des personnes chargées de contrôler l'opération sont présentes en tout temps et que le temps de détection est beaucoup plus court. Il faut noter que le système de déconnexion d'urgence permet d'isoler les bras sans aucune fuite, sauf en cas de panne.

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

On estime que le temps de détection et d'arrêt est plus long pour les segments ESD dans le caisson de déchargement parce qu'il est plus difficile de détecter une fuite dans un caisson. On estime donc prudemment que le temps de détection et d'arrêt est de 3,5 minutes (3 minutes pour la détection et 30 secondes pour la fermeture de la vanne).

On estime qu'un isolement réussi sous-entend une purge réussie.

**Direction du rejet**

Pour les rejets de gaz naturel, la direction du rejet est un facteur important pour la vitesse et la dispersion ultérieure du gaz. On estime que les fuites de gaz naturel sont de type jet libre ou impactant, si le jet rencontre un obstacle.

Pour les fuites de GNL, la modélisation des conséquences est basée sur l'évaporation dans les cuvettes de rétention. Dans ce cas, la direction du rejet liquide initial n'a pas d'influence sur la dispersion ultérieure des vapeurs.

**Inventaire dans chaque segment**

L'inventaire dans chaque segment ESD a été modélisé selon les volumes d'inventaire établis dans l'ingénierie de base du terminal réalisée par l'ingénierie MW Kellogg.

**Masse totale rejetée**

La masse totale rejetée provenant d'un segment dépend de l'inventaire du segment ainsi que du temps qui s'écoule avant la fermeture des vannes ESD et l'arrêt de l'écoulement provenant des autres segments.

**Cuvettes de rétention**

Les cuvettes de rétention sont installées à l'appontement, près des installations riveraines, à proximité des deux réservoirs de GNL ainsi que dans la zone procédé. Ces cuvettes sont conçues pour retenir les rejets accidentels de GNL et restreindre le diamètre des nappes formées par ces fuites. En revanche, si l'isolement des segments ESD fait défaut, ces cuvettes pourraient déborder, ce qui créerait une nappe plus étendue que la surface de la cuvette avec des conséquences potentiellement plus graves. Ces cuvettes sont équipées de détecteurs de gaz, de refroidissement et de flamme. Par ailleurs, de l'équipement de lutte contre l'incendie, comme des générateurs à mousse, est présent sur place.

**Dispersion d'un gaz vers un terrain en hauteur**

Une pente raide est présente du côté sud de la jetée, en direction des installations terrestres. Il est peu probable que des gaz lourds montent et se dispersent en haut de cette pente à cause des forces gravitationnelles, mais il est impossible d'inclure ce type de phénomène dans les simulations de la dispersion effectuées par SAFETI. Par conséquent, la rose des vents qui a

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

été utilisée pour les accidents à la jetée a été légèrement modifiée pour indiquer qu'une dispersion de gaz en montée vers le sud, le sud-ouest et le sud-est est improbable. Pour ce faire, on a supprimé les vents provenant du nord, du nord-ouest et du nord-est et on a reporté ces probabilités aux vents provenant de l'est et de l'ouest dans l'axe du fleuve parce que les nuages se disperseront plutôt dans ces directions que vers la pente ascendante.

**Conditions météorologiques saisonnières**

Il y a un grand écart dans les conditions météorologiques entre l'hiver et l'été. Comme décrit à la section 4.3, la température et l'humidité relative ont moins d'effet sur la dispersion que la vitesse, la direction et la stabilité du vent. Tous ces facteurs sont inclus dans l'évaluation quantitative des risques avec des valeurs basées sur les statistiques météorologiques pour l'été et pour l'hiver. Ces valeurs sont présentées à la section 4.3.

Les déversements dans la neige n'ont pas été considérés dans les conditions représentatives. Ceci est cependant une approche prudente pour l'évaluation quantitative des risques parce que la distance jusqu'à la LII est réduite pour les fuites dans la neige par rapport aux fuites sur sol sec. Bien que la durée d'évaporation de la nappe soit plus longue dans la neige, celle-ci ne présente aucun risque majeur pour la population du point de vue de l'évaluation quantitative des risques parce que la probabilité d'inflammation dans ces cas est déterminée davantage par la distance jusqu'à la LII que par la durée de l'événement.

## 6. ANALYSE DES FRÉQUENCES

### 6.1. Introduction

Les risques qui ont été jugés importants dans l'évaluation qualitative sont quantifiés dans cette section. Pour les besoins de l'analyse, les fréquences de défaillance ont été réparties dans les catégories suivantes :

- Scénarios d'accident de méthaniers ;
- Scénarios d'accident pendant les opérations de déchargement ;
- Scénarios d'accident dans les réservoirs de GNL ;
- Scénarios d'accident provoqué par les équipements de procédé du terminal.

La méthode d'évaluation des fréquences est présentée dans ce chapitre tandis que les fréquences de chaque scénario sont présentées à l'annexe 3. L'analyse de la fréquence pour les méthaniers est fondée sur les mêmes hypothèses et la même base de données que celles de l'étude de sécurité maritime.

### 6.2. Scénarios d'accident de méthaniers

#### *Généralités*

Dans toutes les conditions d'exploitation plausibles, la vitesse d'approche finale du méthanier n'est pas suffisante pour maintenir une commande de direction efficace; l'aide de remorqueurs est donc nécessaire. Les remorqueurs doivent aussi être disponibles au cas où le navire perdrait sa puissance pendant l'accostage.

La plupart des risques définis pour les opérations relatives au méthanier sont ainsi déterminés par les conditions sur le site, telles que les marées et le vent. Les manœuvres de départ posent en général moins de problèmes que les manœuvres d'accostage parce qu'elles ne nécessitent pas de contrôler le contact de la coque avec les défenses du quai. Le navire quitte le poste d'amarrage à l'aide d'une poussée du propulseur d'étrave. L'opération doit être préparée avec autant de soin que l'accostage. De plus, des remorqueurs facilitent cette opération pour les méthaniers. Il est essentiel de maintenir le navire en contrôle total pendant les manœuvres et de s'assurer que ce contrôle ne soit pas compromis par une éventuelle perte de propulsion du méthanier. L'accostage et l'appareillage se feront avec l'aide de remorqueurs.

Il est par ailleurs important de contrôler la circulation des autres embarcations pendant les manœuvres du méthanier à proximité du poste d'amarrage.

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

Les conditions de vagues à l'appontement proposé sont largement dans les limites acceptables : hauteur de 1,5 m et une période de la houle de 5-6 s. Le critère de vagues pour l'accostage et l'appareillage (connexion/déconnexion des bras et amarrage/désamarrage) est une hauteur maximale de 1,5 m avec une période maximale de 9 s. Les méthaniers sont vulnérables aux périodes de houle de 9 secondes ou plus, qui provoquent un roulis. Des conditions en dehors de ces critères ne se rencontrent pas dans la région de Lévis. De telles vagues ne se produisent pas dans le secteur du terminal et elles ne représentent pas un danger pour ce projet.

***Bases de calcul des fréquences*****Collision entre un méthanier et un navire tiers pendant l'approche au poste d'accostage**

Pour la dernière phase d'approche, le méthanier est sous contrôle des remorqueurs et attend la voie libre pour venir se présenter à quai. Ainsi, la probabilité d'une collision avec un navire à la dérive pendant l'approche est très faible.

**Un méthanier entre en collision avec la jetée**

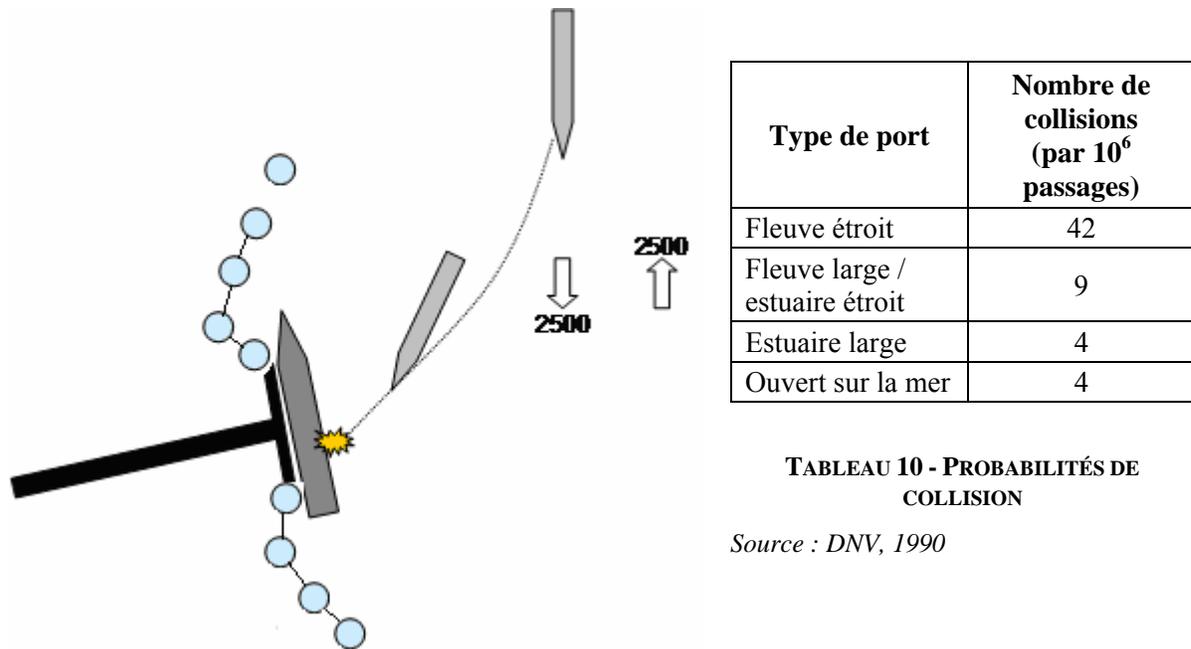
La jetée est située dans des eaux abritées des vagues. La force du courant et des vagues sont les éléments les plus importants pendant l'accostage. Les manœuvres du méthanier se feront à vitesse très lente et le méthanier sera remorqué à l'approche de la jetée.

Le méthanier a une double coque qui protège les cuves contenant le GNL. La coque externe et les cuves sont séparées par un espace d'environ 2-5 m. En tenant compte de la vitesse réduite pendant les manœuvres ainsi que de la capacité de déformation de la coque externe et des cuves, il est peu probable qu'une cuve soit percée suite à un impact avec la jetée.

**Un méthanier subit un impact à la jetée**

Lorsque le méthanier est amarré à la jetée, il est possible qu'un navire passant dans le chenal à proximité provoque une collision suite à une perte de propulsion ou de direction. La probabilité dépend du nombre de navires passant à proximité, de la largeur du passage et du nombre d'heures pendant lesquelles le méthanier est accosté à la jetée. Le scénario est illustré à la figure 8.

Il y a plusieurs sources de données sur les fréquences de collision provoquées par les navires passant à proximité dans un chenal. Une étude estimant la probabilité de collision dans un type donné de port est basée sur des données du Royaume-Uni /9/. Le tableau 10 résume ces probabilités de collision. Cette base de données est régulièrement utilisée et elle a l'avantage de présenter le nombre de collisions en fonction de la largeur de la voie navigable. Bien que ces données soient très prudentes, elles ont été utilisées pour les besoins de la présente étude.



**TABLEAU 10 - PROBABILITÉS DE COLLISION**

Source : DNV, 1990

**FIGURE 8 - MÉTHANIER HEURTÉ À LA JETÉE**

Voici les définitions des types de ports :

- Fleuve étroit : largeur moyenne inférieure à 0,5 km
- Fleuve large/estuaire étroit : largeur moyenne entre 0,5 et 2,5 km
- Estuaire large : plus de 2,5 km de largeur moyenne
- Ouvert sur la mer

La jetée du terminal Rabaska se situe dans une portion large du Saint Laurent (largeur de 1500 m entre les îlots d'Hydro-Québec) à un endroit où le chenal a environ 850 m de large à une profondeur de 15 m. Ainsi, avant que tout ajustement ne soit fait, la probabilité de collision dans un fleuve large a été utilisée pour l'étude, soit  $9 \times 10^{-6}$  par passage. On peut obtenir un indice du degré de prudence en comparant les valeurs de la base de données avec les statistiques génériques sur les accidents de navire (DNV, 2001), qui sont de  $2 \times 10^{-8}$  par passage indépendamment de la largeur de la voie navigable.

La durée totale des opérations d'accostage et d'amarrage est estimée à 24 heures en moyenne, tandis que l'opération de déchargement devrait prendre 14 heures.

Les données du Royaume-Uni sur les collisions (réf. /9/) concernent des ports à fort trafic où de nombreux navires sont amarrés les uns près des autres et où s'effectuent de fréquentes manœuvres. Pendant les manœuvres, un navire a plus de risques de subir une perte de propulsion et de se trouver à la dérive. Le terminal Rabaska diffère des terminaux d'où

## RAPPORT TECHNIQUE

proviennent ces données, car aucun autre poste d'amarrage ne se trouve dans son voisinage immédiat. Afin de tenir compte de ce fait, on a appliqué un facteur de correction de 0,1 (réduction de 90 %) sur les données provenant du Royaume-Uni. On considère une telle évaluation comme prudente étant donné que les navires passeront du côté nord du fleuve, à l'opposé de la jetée.

De plus, les terminaux méthaniers font l'objet de plus d'attention et de précautions de la part des autres types de navires. Un facteur de correction de 0,5 a ainsi été appliqué (réduction de 50 %) pour prendre cela en compte.

Des cellules d'amarrage en béton, conçus pour protéger les méthaniers des glaces, vont aussi offrir une protection contre les collisions avec les navires qui arrivent avec un angle d'environ 20 degrés. Cette protection ne s'applique que dans le cas des navires qui descendent le fleuve. On a ainsi estimé à 0,9 (réduction de 10 %) le facteur de correction correspondant. Considérant qu'environ 5 000 navires passeront devant le terminal méthanier chaque année et que la durée moyenne à quai est de 24 heures, la fréquence de collision alors qu'un méthanier est amarré à la jetée est de :

$$F_{\text{collision}} = (9 \times 10^{-6}) \times 0,1 \times 0,5 \times 0,9 \times 24 \text{ h} / (365 \times 24 \text{ h}) * 5\,000 = 5,6 \times 10^{-6} \text{ par accostage.}$$

Pour 60 méthaniers qui accostent au terminal par année, la fréquence estimée des collisions par année est de  $3,3 \times 10^{-4}$  (une collision par 3 030 années).

Pour qu'une fuite de GNL se produise, il faudrait que l'énergie et l'angle de l'impact soient suffisants pour percer une cuve du méthanier et que celle-ci contienne du GNL. Les probabilités sont les suivantes :

- Cuve pleine (voyage aller uniquement) : 0,5
- Probabilité de collision dans la zone de cargaison : 0,5
- Probabilité de percer la cuve : 0,09

$F_{\text{Collision avec fuite de GNL}} =$

$$(3,3 \times 10^{-4}) \times 0,09 \times 0,5 \times 0,5 = 7,43 \times 10^{-6} \text{ par année (donnée pour le logiciel SAFETI)}$$

La fréquence des fuites de GNL provoquées par une collision à quai, estimée à  $7,43 \times 10^{-6}$  par année (une collision provoquant une fuite par 135 000 années), a été appliquée au segment ST (fuite d'un méthanier). Les conséquences et l'ampleur d'une éventuelle fuite sont évaluées à la section 7.1.1.

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

Afin de réduire les risques de collision, un pilote sera à bord pendant toute l'opération de déchargement. Il y aura aussi un remorqueur en attente au quai. Ces deux facteurs permettront d'assurer une communication avec les navires marchands qui passent à proximité et, dans certaines situations, d'intervenir à temps lorsqu'un navire représente un danger pour le méthanier.

**Un navire tiers à la dérive heurte la jetée**

Avec une évaluation prudente, on a estimé la probabilité d'une collision avec un méthanier à  $5,6 \times 10^{-6}$  par méthanier accosté. Avec l'hypothèse que la probabilité d'une collision avec un méthanier amarré est égale à la probabilité d'une collision avec une partie de la jetée lorsqu'aucun méthanier n'est amarré, la fréquence annuelle de collision avec la jetée est ainsi :

$F_{\text{collision avec la jetée lorsqu'il n'y a aucun méthanier}} =$

$$(5,6 \times 10^{-6}) \times [(365 - 60) \times 24 / 24] = 1,7 \times 10^{-3} \text{ par année}$$

Pour qu'une fuite de GNL se produise, il faudrait que les conduites de GNL de la jetée soient endommagées ou qu'une collision suffisamment puissante se produise avec le raccordement quai-navire pour percer le râtelier. Cette collision pourrait se produire à l'appontement ou au pont sur chevalets, entre l'extrémité de la jetée et le rivage. Ces deux cas sont étudiés ci-dessous.

- **Un navire tiers percute les conduites sur l'appontement**

La jetée est fabriquée de plateformes de béton sur pieux. Les conduites de GNL se trouvent uniquement dans la plateforme centrale où le collecteur et les bras de déchargement sont situés. Un impact sur les bras de déchargement ne provoquerait pas de fuite de GNL parce qu'ils sont physiquement isolés et purgés avec de l'azote lorsqu'ils ne sont pas en opération. En revanche, il est possible que, dans ces circonstances, une fuite se produise dans les conduites qui sont sur l'appontement adjacentes aux bras de déchargement, car ces conduites sont refroidies par une recirculation de GNL. On estime que la structure de béton formée par le caisson du poste d'accostage sera plus rigide que la structure en acier du navire. Dans le cas d'un impact provoqué par une structure rigide dans une structure moins rigide, cette dernière absorbera la plupart de l'énergie de l'impact par déformation. On estime à 5 % la probabilité qu'un navire entre en collision avec les conduites de GNL de l'appontement, avec une force suffisante pour provoquer un impact sur la conduite de déchargement dans le segment isolé du bras de déchargement et provoquer une fuite de GNL.

RAPPORT TECHNIQUE

---

- **Un navire tiers percute la liaison aux installations riveraines (pont sur chevalets)**

Un navire pourrait entrer en collision avec une partie du pont sur chevalets qui est situé à une plus grande profondeur que le tirant d'eau du navire.. On estime qu'il faudrait une profondeur de 4 m ou plus pour qu'un navire de taille suffisante endommage les conduites de GNL. Les derniers 215 m avant l'appontement ont une profondeur de 4 m ou plus. De plus, l'autre partie du pont est protégée des navires par la jetée elle-même. Ainsi, on estime que 1 % des navires pourraient provoquer une collision et une fuite de GNL dans le râtelier sur le pont sur chevalet.

De ce qui précède, la fréquence de collision avec les conduites de déchargement est calculée à partir de la fréquence de collision avec la jetée lorsqu'il n'y a aucun méthanier, donnée plus haut.

$F_{\text{Collision avec les conduites de déchargement et fuite de GNL}} =$

$$(1,7 \times 10^{-3}) \times (0,05 + 0,01) = 1,02 \times 10^{-4} \text{ par année (donnée pour le logiciel SAFETI)}$$

La fréquence des fuites dans les lignes de déchargement provoquées par une collision,  $1,02 \times 10^{-4}$  par année, a été appliquée au segment 2 (conduite de déchargement de l'appontement).

### 6.3. Scénarios d'accident pendant le déchargement

Les scénarios d'accident entraînant un relâchement de GNL en provenance d'un ou plusieurs bras de déchargement couvrent trois événements :

- 1) Défaillance du raccord de branchement d'un bras de déchargement
- 2) Défaillance de l'amarrage provoquant un mouvement excessif du méthanier et l'arrachage de bras de déchargement
- 3) Arrachage de bras de déchargement causé par la collision d'un autre navire

#### Défaillance du raccord d'un bras de déchargement

La référence /15/ comporte des statistiques sur les défaillances de bras de déchargement de GNL. La fréquence de défaillance est de  $3 \times 10^{-8}$  par heure. Avec une durée de 14 heures par déchargement et 60 méthaniers par année, on obtient une fréquence de  $2,5 \times 10^{-5}$  par an. Cette fréquence générique s'applique aux fuites de bras de déchargement provoquées par toutes les causes autres qu'une défaillance de l'amarrage ou une collision. La fréquence de fuite provoquée par une défaillance de l'amarrage ou une collision est précisée ci-dessous, étant donné que de tels scénarios d'accident sont plus spécifiques au site que les pannes

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

générales d'équipements. Les conséquences et le volume des fuites en cas de défaillance de bras de déchargement sont évalués dans la section 7.

$F_{\text{Défaillance du raccord d'un bras de déchargement et fuite de GNL}} = (3 \times 10^{-8}) \times 60 \times 14 = 2,5 \times 10^{-5}$  par année

**Défaillance d'amarrage entraînant l'arrachage d'un bras de déchargement**

La défaillance de l'amarrage est définie comme une défaillance du système d'amarrage alors que le méthanier est à quai, due à des événements tels que :

- Des conditions météorologiques extrêmes (vent, courant, glace)
- Des vagues excessives provenant des navires passants dans le chenal
- Une défaillance de l'équipement d'amarrage

Si une défaillance du système d'amarrage se produit pendant un déchargement, les bras de déchargement pourraient se rompre et provoquer une fuite de GNL. Cependant, le terminal Rabaska dispose de mesures de prévention mises en place pour réduire la probabilité de ce type d'événement :

- Le réseau d'amarrage a été renforcé pour pouvoir résister à des conditions environnementales extrêmes et aux vagues produites par les navires passant dans le chenal.
- Un remorqueur est toujours présent pendant le déchargement pour intervenir en cas d'urgence et repositionner le navire à quai.
- Un équipement de mesure de tension des amarres contrôle les tensions trop hautes ou trop basses de chaque amarre.
- L'activation automatique du dispositif de déconnexion d'urgence des bras de déchargement (ERS). Le système est programmé pour entrer en action lorsque le méthanier amarré se déplace au-delà de certaines limites (alarme de position).

D'après la référence /10/, deux défaillances d'amarrage ont été répertoriées pour 49 600 escales. Il s'agit d'une moyenne des données sur les terminaux méthaniers. Pour qu'il y ait une rupture des bras de déchargement et qu'un déversement de GNL en résulte, les conditions suivantes doivent être remplies :

- L'alarme de position qui déclenche la fermeture d'urgence des vannes doit avoir une défaillance pendant le débranchement d'urgence. La probabilité est de 4 %.
- L'équipement de mesure de tension des amarres doit avoir une défaillance. La probabilité est de 10 %.

La fréquence totale de défaillance d'amarrage par année, causant une rupture de bras de déchargement et une fuite de GNL, est alors estimée à :

$F_{\text{Défaillance d'amarrage et fuite de GNL}} = 2 / 49\ 600 \times 60 \times 0,04 \times 0,10 = 9,7 \times 10^{-6}$  par année

## RAPPORT TECHNIQUE

**Arrachage d'un bras de déchargement à la suite d'une collision à quai**

La fréquence de collision est estimée à  $3,3 \times 10^{-4}$  par an dans la section 6.2. La probabilité que le navire provoquant la collision ait suffisamment d'énergie pour produire un bris de bras de déchargement est évaluée à 100%. La probabilité pour qu'une défaillance des vannes d'urgence à fermeture rapide se produise est de 4%. Par conséquent, la fréquence de bris de bras de déchargement avec fuite de GNL, provoquée par une collision est évaluée à :

$$F_{\text{collision à quai et fuite de GNL}} = 3,3 \times 10^{-4} \times 0,04 = 1,3 \times 10^{-5} \text{ par année}$$

TABLEAU 11 - FRÉQUENCES D'ACCIDENT PENDANT LE DÉCHARGEMENT

Type d'accident	Fréquence par année	Période de retour
Défaillance du raccord d'un bras de déchargement	$2,5 \times 10^{-5}$	40 000 ans
Défaillance de l'amarrage	$9,7 \times 10^{-6}$	103 000 ans
Arrachage de bras de déchargement à la suite d'une collision	$1,3 \times 10^{-5}$	77 000 ans
<b>Total (pour SAFETI)</b>	<b><math>4,8 \times 10^{-5}</math></b>	<b>21 000 ans</b>

La fréquence totale d'accident touchant le bras de déchargement, qui est de  $4,8 \times 10^{-5}$  par an, a été appliquée au segment 1 (bras de déchargement).

**6.4. Scénarios d'accident touchant les réservoirs de GNL**

Il y a eu plusieurs estimations de la fréquence de défaillance touchant différents types de réservoirs cryogéniques. Les données historiques portent principalement sur les réservoirs à simple paroi. L'étude de Canvey (HSE, 1981) traitait des réservoirs de GNL à double paroi, l'étude de COVO (Autorité publique de Rijnmond, 1982) traitait des réservoirs à double intégrité et l'IPO (1994) a plus tard traité des réservoirs à confinement double et total. DNV a analysé ces sources ainsi que les données historiques disponibles afin de produire un ensemble cohérent d'estimation des fréquences de rupture accidentelle de différents types de réservoirs de stockage réfrigérés et cryogéniques.

**Réservoirs à simple intégrité**

Ces réservoirs ont une paroi interne en aluminium ou en acier basse température, ainsi qu'une paroi externe en acier ordinaire avec une isolation entre les deux parois. La paroi externe n'est pas conçue pour contenir du liquide très froid, c'est pourquoi une fuite de la paroi interne sera généralement suivie par une fuite externe.

Fréquence d'accident :  $7,3 \times 10^{-6}$  par année-réservoir

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

**Réservoirs à double confinement**

Ces réservoirs sont normalement dotés d'une digue de protection (habituellement de 2 m de hauteur ou plus) afin de garantir un confinement secondaire. Depuis le début des années 1970, les réservoirs à double confinement incluent aussi des enceintes externes en béton (ou des murs de protection de pleine hauteur), séparées du réservoir interne par un espace de 6 m et dont la structure est indépendante du réservoir. Ils sont conçus pour contenir le liquide, mais non les vapeurs, et sont protégés contre les débordements par-dessus le mur de protection, bien qu'une rupture de l'enveloppe externe puisse toujours se produire en cas d'impact.

Fréquence d'accident :  $2,5 \times 10^{-7}$  par année-réservoir

**Réservoirs à confinement total**

Ces réservoirs sont constitués de deux enveloppes structurellement indépendantes, l'une à l'intérieur et l'autre à l'extérieur. Ils ressemblent aux réservoirs à double confinement avec l'enveloppe externe dotée d'un toit, ou aux réservoirs à double intégrité dont les enveloppes internes et externes sont distantes de 1 à 2 m. Une défaillance simultanée des deux confinements peut toujours se produire en cas d'impact.

Fréquence d'accident :  $1,0 \times 10^{-8}$  par année-réservoir

**Projet Rabaska**

Le projet Rabaska a sélectionné des réservoirs à confinement total. La fréquence utilisée dans cette étude est donc :

Fréquence d'accident :  $1,0 \times 10^{-8}$  par année-réservoir — soit environ une fois tous les 100 millions d'années

Les conséquences de la rupture totale d'un des réservoirs de GNL seraient majeures, mais, étant donné qu'un tel événement est totalement improbable compte tenu de la technologie retenue, les conséquences ne sont pas évaluées dans cette étude. Il convient de noter que la norme européenne EN1473 ne retient aucun scénario de rupture pour les réservoirs de conception analogue à ceux de Rabaska (intégrité totale). Les bassins d'atténuation visuel, d'une profondeur de 10 m et d'une superficie de 150 m par 150 m font office de rétention tertiaire.

Comme exigé par la norme canadienne CSA Z276 et par la norme américaine NFPA 59A, un effondrement du toit d'un réservoir, conduisant à un feu majeur, a été étudié. La probabilité d'un feu de toit d'un réservoir a donc été incluse dans le modèle SAFETI. Pour qu'un feu de toit se produise, la succession peu probable des incidents suivants devrait se produire : le confinement interne se brise, provoquant une fuite dans l'espace compris entre les confinements internes et externes; une hausse de pression survient dans cet espace

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

annulaire; le toit en béton est endommagé et s'effondre car le système de régulation de la pression dans l'espace intermédiaire ne fonctionne pas.

Probabilité de défaillance du confinement interne :  $3,0 \times 10^{-5}$  par année-réservoir\* (réf. /7/)

\* La fréquence indiquée est une fréquence générique pour des simples cuves de réservoir (à ne pas confondre avec les réservoirs à simple intégrité). Il s'agit d'une approche très prudente, étant donné que le confinement interne d'un réservoir de GNL est de bien meilleure qualité qu'une simple cuve. De plus, le confinement interne est protégé des impacts et de l'environnement externe par le confinement externe.

Probabilité de défaillance du système ESD : 0,01

$F_{\text{Bris du toit d'un réservoir}} =$

$$(3 \times 10^{-5}) \times 0,01 = 3,0 \times 10^{-7} \text{ par année (donnée pour le logiciel SAFETI)}$$

La fréquence de bris touchant le toit d'un réservoir, de  $3,0 \times 10^{-7}$  par année, a été appliquée aux segments ST01 et ST02 (réservoirs de GNL en milieu terrestre). La probabilité qu'une telle fuite soit enflammée est calculée dans SAFETI.

## **6.5. Scénarios d'accident touchant l'équipement de procédé du terminal**

### **Conduites**

Il existe peu de données historiques relatives aux conduites cryogéniques. Une seule étude de fuite porte sur les conduites de GNL (Johnson et Welker, 1981). Cependant, cette étude ne fournit pas suffisamment d'informations fiables pour établir des estimations de fréquence de défaillance. Elle ne fournit pas non plus d'information sur le diamètre des conduites ou sur la cause des défaillances. Par conséquent, les fréquences de fuite relatives aux conduites de procédé en général sont utilisées dans la présente étude.

Les données de fréquence de fuite proviennent des données de Gulf Oil. Ces données correspondent essentiellement à des installations terrestres et les fréquences de fuite sont identiques à celles des canalisations de transport. DNV a analysé les données de Gulf Oil afin d'en extraire une fonction de fréquences de fuite pour différentes tailles de conduites.

Le tableau 12 indique les fréquences de fuite retenues, basées sur l'analyse des données de Gulf Oil par DNV.

## RAPPORT TECHNIQUE

TABLEAU 12 - FRÉQUENCES DE FUITE SUR DES CONDUITES SELON LA TAILLE DE LA PERFORATION

Diamètre de la conduite		Diamètre de la perforation	Fréquence de fuite (par mètre et par an)
(pouces)	(mm)		
8	200	5 mm (0-10 mm)	$9,0 \times 10^{-7}$
		25 mm (10-50 mm)	$1,1 \times 10^{-6}$
		100 mm (50-150 mm)	$2,5 \times 10^{-7}$
		Rupture complète (> 150 mm)	$5,6 \times 10^{-8}$
16	400	5 mm (0-10 mm)	$2,9 \times 10^{-7}$
		25 mm (10-50 mm)	$7,5 \times 10^{-7}$
		100 mm (50-150 mm)	$7,6 \times 10^{-8}$
		Rupture complète (> 150 mm)	$5,0 \times 10^{-8}$
24	600	5 mm (0-10 mm)	$1,9 \times 10^{-7}$
		25 mm (10-50 mm)	$5,0 \times 10^{-7}$
		100 mm (50-150 mm)	$5,0 \times 10^{-8}$
		Rupture complète (> 150 mm)	$3,4 \times 10^{-8}$
32	800	5 mm (0-10 mm)	$1,5 \times 10^{-7}$
		25 mm (10-50 mm)	$3,8 \times 10^{-7}$
		100 mm (50-150 mm)	$3,7 \times 10^{-8}$
		Rupture complète (> 150 mm)	$2,6 \times 10^{-8}$

Ces fréquences de fuite ont été appliquées à tous les segments correspondant à des conduites, sauf le segment 5, dont la conduite passe dans un caisson enfoui et dont la fréquence de fuite est par conséquent plus faible.

Une distinction a été faite entre les conduites hors terre, les conduites enfouies, et celles installées dans un caisson. Pour ce deuxième type de conduite, les fréquences de fuite proviennent de la référence /17/, qui spécifie les fréquences de fuite pour les canalisations enfouies en milieu terrestre. Le tableau 13 indique les fréquences de fuite pour les canalisations enfouies en milieu terrestre.

TABLEAU 13 - FRÉQUENCES DE FUITE SUR DES CANALISATIONS TERRESTRES ENFOUIES

Épaisseur de la paroi (mm)	Fréquence de fuite (par mètre et par an)
≤ 5	$5,3 \times 10^{-7}$
5-10	$3,2 \times 10^{-7}$
10-15	$8,2 \times 10^{-8}$
> 15	$2,9 \times 10^{-8}$

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

Ces fréquences de fuite ont été appliquées aux conduites correspondant au segment 5.

Les conduites installées dans un caisson en béton enfoui sont significativement plus protégées que les canalisations de transport enfouies, qui peuvent être plus facilement endommagées depuis l'extérieur, par exemple par une excavatrice. De plus, les conduites s'y trouvent dans un environnement protégé (non corrosif). Pour cette raison, les fréquences de fuite des canalisations enfouies en milieu terrestre sont divisées par 10 pour établir les fréquences de fuite pour les conduites dans le caisson. Les différentes fréquences de fuite utilisées pour les conduites dans le caisson sont réparties comme suit :

- Petite fuite (5 mm) : 46%
- Fuite moyenne (25 mm) : 20%
- Grande fuite (100 mm) : 20%
- Rupture complète : 14%

**Vannes**

Une base de données, basée sur une enquête auprès des exploitants de terminaux méthaniers et définissant les probabilités de panne dans les terminaux, a été établie par Johnson et Welker (1981) pour l'US Gas Research Institute. Il y a eu quatre défaillances majeures des vannes cryogéniques de même qu'une « défaillance liée à la sécurité » (c'est-à-dire ayant le potentiel de former un nuage de vapeur) due à une erreur humaine. La plupart des défaillances étaient de petites fuites causées par une garniture défectueuse ou usée. Plusieurs cas de vanne gelée (bloquée dans une position) ont aussi été constatés. Le rapport a établi une moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) de  $1,57 \times 10^6$  heures pour les pannes majeures et de 262 000 heures pour les pannes mineures. Ceci correspond à une fréquence est de  $5,6 \times 10^{-3}$  par an pour les défaillances majeures (excluant les fuites de la garniture). Cependant, le rapport ne fournit pas assez d'information pour obtenir des estimations de fréquences fiables et ne fournit aucune indication sur la taille de la vanne ni sur les causes de la défaillance. Les fréquences de fuite pour les industries de procédé ont donc été utilisées dans la présente étude.

DNV a analysé les fréquences de fuite liées à différents types de vannes mentionnées dans la base de données de l'UK Health and Safety Executive Board (HSE). Les résultats indiquent que les fréquences pour les vannes manuelles sont plus basses que pour les vannes automatisées et qu'elles dépendent davantage de la taille de la vanne ; c'est-à-dire, la fréquence de fuite augmente avec la taille des vannes manuelles, mais pas pour les vannes automatisées. Le tableau 14 indique les fréquences de fuite pour les vannes manuelles et automatisées.

Ces fréquences de fuite ont été appliquées à tous les segments possédant des vannes manuelles ou automatisées.

## RAPPORT TECHNIQUE

TABLEAU 14 - FRÉQUENCES DE FUITE SUR DES VANNES

Diamètre de la perforation		Fréquence de fuite (par année)	
Catégorie	Nominal	Vannes manuelles	Vannes automatisées
0-10 mm	5 mm	$2,73 \times 10^{-4}$	$6,10 \times 10^{-4}$
10-50 mm	25 mm	$4,90 \times 10^{-5}$	$1,10 \times 10^{-4}$
50-150 mm	100 mm	$1,30 \times 10^{-5}$	$2,80 \times 10^{-5}$
> 150 mm	Rupture complète	$1,20 \times 10^{-5}$	$2,60 \times 10^{-5}$

**Brides de raccordement**

La meilleure estimation des fréquences de fuite provenant des brides est tirée de la base de données du HSE sur les rejets d'hydrocarbures (HSE, 2000). DNV a ajusté une fonction à ces données pour lisser les variations de la fréquence de fuite selon le diamètre de la bride et la taille de la fuite. Le tableau 15 indique les fréquences de fuite pour les diamètres de bride typiques et les catégories de diamètre de la fuite.

Ces fréquences de pannes ont été appliquées à tous les segments.

Ces valeurs s'appliquent aux liquides, aux gaz et aux gaz liquéfiés, pour les industries terrestres ou maritimes. En l'absence de données plus spécifiques, elles sont considérées comme convenables pour tous les types de joints d'étanchéité et pour les autres types de raccords mécaniques de conduites (par exemple, avec un collier de serrage).

TABLEAU 15 - FRÉQUENCES DE FUITE SUR DES BRIDES DE RACCORDEMENT

Diamètre de la fuite		Fréquence de fuite (par année) selon le diamètre de la bride		
Catégorie	Nominal	50 mm (2 po)	150 mm (6 po)	600 mm (24 po)
0-10 mm	5 mm	$5,90 \times 10^{-5}$	$7,30 \times 10^{-5}$	$3,06 \times 10^{-4}$
10-50 mm	25 mm	$2,40 \times 10^{-5}$	$1,68 \times 10^{-5}$	$7,05 \times 10^{-5}$
50-150 mm	100 mm	-	$1,18 \times 10^{-5}$	$2,24 \times 10^{-5}$
> 150 mm	Rupture complète	-	-	$2,70 \times 10^{-5}$

**Raccords de petit calibre**

La meilleure estimation disponible des fréquences de fuite aux raccords de petit calibre (de diamètre inférieur à 50 mm) est tirée de la base de données du HSE sur les rejets d'hydrocarbures (HSE, 2000). DNV a ajusté une fonction à ces données pour lisser les variations de la fréquence de fuite selon la grosseur du raccord et la taille de la fuite. Le

## RAPPORT TECHNIQUE

tableau 16 indique les fréquences de fuite utilisées dans la présente étude pour les raccords de petit calibre.

Ces fréquences de fuite ont été appliquées à tous les segments ayant des raccords de petit calibre.

**TABLEAU 16 - FRÉQUENCES DE FUITE SUR DES RACCORDS DE PETIT CALIBRE**

Diamètre de la fuite		Fréquence de fuite (par année et par raccord)
Catégorie	Nominal	
0-10 mm	5 mm	$4,80 \times 10^{-4}$
10-50 mm	25 mm	$1,20 \times 10^{-4}$

### Vaisseaux sous pression

La source des fréquences de fuite des vaisseaux sous pression contenant des hydrocarbures est fournie par la base de données du HSE sur les rejets d'hydrocarbures (HSE, 2000). DNV a ajusté une fonction à ces données pour lisser les variations de la fréquence de fuite selon la taille de la perforation. Le tableau 17 indique les fréquences de fuite pour les catégories typiques du diamètre de la perforation.

Ces fréquences de fuite ont été appliquées aux segments 10, 15 et 17.

**TABLEAU 17 - FRÉQUENCES DE FUITE SUR DES VAISSEaux SOUS PRESSION**

Diamètre de la perforation		Fréquence de fuite (par année et par unité de procédé)
Catégorie	Nominal	
0-10 mm	5 mm	$3,50 \times 10^{-3}$
10-50 mm	25 mm	$7,10 \times 10^{-4}$
50-150 mm	100 mm*	$4,30 \times 10^{-4}$
>150 mm	Rupture complète	$4,70 \times 10^{-5}$

\* Ou diamètre de la plus grande conduite reliée à l'unité si ce diamètre est plus petit

### Compresseurs

L'estimation des fréquences de fuite provenant des compresseurs est tirée de la base de données du HSE sur les rejets d'hydrocarbures (HSE, 2000). DNV a ajusté une fonction à ces données pour lisser les variations de la fréquence de fuite selon la taille de la perforation.

## RAPPORT TECHNIQUE

TABLEAU 18 - FRÉQUENCES DE FUITE SUR DES COMPRESSEURS

Diamètre de la perforation		Fréquence de fuite (par année de compresseur en service)	
Catégorie	Nominal	Compresseur centrifuge	Compresseur à pistons alternatifs
0-10 mm	5 mm	$8,00 \times 10^{-3}$	$5,80 \times 10^{-2}$
10-50 mm	25 mm	$1,30 \times 10^{-3}$	$6,50 \times 10^{-3}$
50-150 mm	100 mm	$3,50 \times 10^{-4}$	$1,20 \times 10^{-3}$
> 150 mm	Rupture complète	$3,00 \times 10^{-4}$	$7,40 \times 10^{-4}$

Ces fréquences de fuite pour les compresseurs à pistons alternatifs ont été appliquées au segment 17 (compresseurs des gaz d'évaporation).

Les fréquences sont basées sur la durée d'utilisation du compresseur et représentent la moyenne de la durée d'utilisation. Dans la plupart des cas, la fuite se produit pendant que le compresseur est en fonctionnement normal. D'après les données du HSE, 38 % des fuites des compresseurs centrifuges et 7 % des fuites des compresseurs alternatifs se produisent lorsque le système est isolé, éteint, en maintenance, à l'essai, etc. Dans ces cas, les quantités émises seraient relativement faibles.

Les compresseurs à plusieurs étages sont plus complexes que les compresseurs centrifuges à étage unique et sont de ce fait plus propices aux fuites. Dans une précédente analyse, DNV a fait l'hypothèse que la fréquence de fuite est directement proportionnelle au nombre d'étages. On a de plus considéré une moyenne de 2,5 étages par compresseur afin de convertir les fréquences de fuite par année et par compresseur en fréquences de fuite par année et par étage. Les seules données disponibles à ce sujet proviennent du « Nuclear Plant Reliability Data System » (NPRDS, 1981). Ces données indiquent pour les compresseurs à plusieurs étages une fréquence 1,5 fois supérieure à celle des compresseurs centrifuges à étage unique, bien que ce ne soit pas statistiquement significatif en raison d'un nombre peu élevé d'événements. En l'absence de données plus fiables, les données du HSE présentées dans le tableau 18 sont utilisées, sans modification, pour les compresseurs centrifuges à plusieurs étages.

## Pompes

La meilleure estimation disponible des fréquences de fuite des pompes est tirée de la base de données du HSE sur les rejets d'hydrocarbures (HSE, 2000).

Le tableau 19 indique les fréquences de fuite correspondant à des diamètres de fuite représentatifs pour les cas de pompes raccordées à une conduite d'un diamètre supérieur à 150 mm (6 po) de diamètre.

## RAPPORT TECHNIQUE

TABLEAU 19 - FRÉQUENCES DE FUITE SUR DES POMPES

Diamètre de la perforation		Fréquence de fuite (par année de pompe en service)	
Catégorie	Nominal	Pompe centrifuge	Pompe à piston
0-10 mm	5 mm	$5,40 \times 10^{-3}$	$3,80 \times 10^{-3}$
10-50 mm	25 mm	$6,50 \times 10^{-3}$	$1,20 \times 10^{-3}$
50-150 mm	100 mm	$1,40 \times 10^{-4}$	$4,70 \times 10^{-4}$
> 150 mm	Rupture complète	$8,80 \times 10^{-5}$	$8,50 \times 10^{-4}$

Les fréquences de fuite des pompes centrifuges ont été appliquées au segment 4 (pompe de surpression) et 11 (pompe d'expédition à haute pression).

Les fréquences sont basées sur le temps de service de la pompe et elles reflètent les durées moyennes des périodes d'activité. Elles sont considérées comme correctes à la fois pour les pompes à étanchéité simple et à étanchéité double, à la fois pour les liquides et les gaz liquéfiés, dans des installations terrestres ou maritimes.

Dans la plupart des cas, la fuite se produit alors que la pompe est en fonctionnement normal. D'après les données du HSE, 12 % des fuites se produisent lorsque le système est isolé, éteint, en maintenance, à l'essai, etc. Dans ces cas, les quantités émises seraient relativement faibles.

### Vaporiseurs

Une base de données, établie à partir des résultats d'une enquête auprès des exploitants de terminaux méthaniers et regroupant les taux de défaillance dans les terminaux, a été préparée par Johnson et Welker (1981) pour l'US Gas Research Institute. L'étude a couvert les échangeurs de chaleur à température ambiante et les échangeurs de chaleur cryogéniques, de type à calandre et de type à ailettes avec ventilation à pales. Il y a eu 16 pannes majeures des échangeurs de chaleur, mais aucune défaillance liée à la sécurité (c'est-à-dire ayant le potentiel de former un nuage de vapeur). Dans la plupart des cas, il s'agissait de défaillances des tubes (fuite et fissuration). Le rapport a établi une MTBF de 177 000 heures pour les défaillances majeures. La fréquence de défaillance est donc de 0,05 par an, en considérant une activité continue. La fraction de défaillance qui a produit des fuites n'est pas précisée.

La société « Risk & Industrial Safety Consultants » a également fourni un rapport sur "Reduction of LNG Operator Error and Equipment Failure Rates" pour l'US Gas Research Institute (GRI, 1990). Le rapport fournit un tableau des diverses fréquences de défaillance de divers équipements. Certaines données sont spécifiques au GNL, mais la plupart d'entre elles proviennent des industries de transformation et de l'industrie nucléaire. La fréquence de défaillance suggérée dans le rapport pour les vaporiseurs est de  $3,7 \times 10^{-7}$  par heure ( $2,63 \times 10^{-3}$  par année).

## RAPPORT TECHNIQUE

Sur la base des données du rapport de la firme « Risk & Industrial Safety Consultants » et après avoir distribué les fréquences selon les différentes tailles de perforation, on a retenu une fréquence de fuite de  $2,63 \times 10^{-3}$  pour le vaporiseur de GNL prévu au terminal Rabaska. La distribution des fréquences qui est observée avec les échangeurs industriels à calandre a été utilisée pour estimer les dimensions des fuites provenant des vaporiseurs de GNL. Le tableau 20 indique les fréquences de fuite pour les catégories typiques de tailles de perforation des vaporiseurs de GNL. Pour l'échangeur à calandre, les fréquences de fuite se divisent également entre les tubes et la calandre.

Ces fréquences de fuite ont été appliquées aux segments 15, 16, 17 et 18.

**TABLEAU 20 - FRÉQUENCES DE FUITE SUR DES ÉCHANGEURS DE CHALEUR ET DES VAPORISEURS**

Diamètre de la perforation		Fréquence de fuite (par année)	
Catégorie	Nominal	Échangeur de chaleur	Calandre ou tube
0-10 mm	5 mm	$2,09 \times 10^{-3}$	$1,05 \times 10^{-3}$
10-50 mm	25 mm	$3,59 \times 10^{-4}$	$1,80 \times 10^{-4}$
50-150 mm	100 mm	$9,38 \times 10^{-5}$	$4,69 \times 10^{-5}$
> 150 mm	Rupture complète	$8,08 \times 10^{-5}$	$4,04 \times 10^{-5}$

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

**Conclusion**

Les fréquences des scénarios d'accident sont présentées à l'annexe 3. La fréquence d'événement (fuite de GNL ou de gaz naturel selon les conditions d'opération, en ne considérant pas l'inflammation) est définie par la formule suivante :

Fréquence d'événement =

$$\begin{aligned} & \sum (\text{fréquence de fuite de base} \times \text{nombre/longueur des éléments}) \\ & \times P (\text{échec/réussite de l'isolement}) \\ & \times P (\text{direction de la fuite}) \\ & \times \text{facteur temps} \end{aligned}$$

- La fréquence de fuite de base (par année) correspond aux valeurs détaillées précédemment pour les divers types d'équipement. Elle résume la fréquence d'une défaillance pour chaque segment ESD, basée sur le type, le nombre et la longueur des éléments qui composent le segment.
- P (échec/réussite de l'isolement) : la probabilité d'échec de l'isolement du segment ESD est égale à 1 %, alors que la probabilité de réussite est égale à 99 %.
- P (direction de la fuite) est la probabilité de fuite dans une direction donnée, ou la probabilité d'avoir un relâchement de type jet libre (75 %) ou jet impactant (25 %).
- Le facteur temps est la fraction du temps pendant laquelle l'équipement est utilisé. Pour tous les équipements de procédé, le facteur temps est toujours égal à 100 %. Pour les équipements utilisés pendant les opérations de déchargement, le facteur temps est égal à 9,6 % (14 h x 60 déchargements / 8 760 h) pour un scénario d'accident survenant pendant le déchargement et égal à 90,4 % pour un scénario survenant pendant une période hors déchargement.

## 7. ANALYSE DES CONSÉQUENCES

Les installations terrestres, les lignes de déchargement, la jetée et les méthaniers sont séparés en différents segments. Pour chacun de ces segments, des scénarios d'accident sont développés et modélisés par la suite dans SAFETI, afin d'estimer les risques de répercussions sur la population. Le développement des scénarios est décrit dans la section 5.4.

### 7.1. Conséquences des scénarios d'accident majeurs

Cette section propose quatre événements typiques de l'évaluation quantitative des risques (EQR). Les événements choisis sont les pires scénarios d'accident crédibles en fonction des mesures de sécurité spécifiques au terminal Rabaska. Les principaux paramètres d'entrée et les résultats sont indiqués pour chaque scénario. Les figures illustrent chaque accident.

Voici quelques explications des termes utilisés dans les tableaux et les figures :

- Limite inférieure d'inflammabilité (LII) : Le gaz doit atteindre une certaine concentration avant d'être inflammable. La LII est le point où le gaz devient trop dilué pour s'enflammer.
- Le feu de nappe est la combustion de vapeur provenant d'une couche de liquide à la base des flammes.
- Le feu éclair est la combustion d'un mélange d'air et de vapeur formant un nuage à travers lequel la flamme passe sans provoquer d'explosion.
- Le feu en chalumeau est la combustion de matière expulsée à grande vitesse en une vaporisation ou un jet concentré.
- $37,5 \text{ kW/m}^2$  : Niveau de rayonnement thermique conduisant au décès immédiat des personnes exposées. Inflammation spontanée du bois.
- $12,5 \text{ kW/m}^2$  : Niveau de rayonnement thermique conduisant à une douleur extrême en moins de 20 secondes.
- $5 \text{ kW/m}^2$  : Il est toujours de possible de fuir ou de trouver un abri. Niveau de rayonnement thermique conduisant à des brûlures du second degré après une minute 30 secondes.

#### 7.1.1. ACCIDENTS SURVENANT AU MÉTHANIER

Comme présenté à la section 5.5, deux scénarios (brèches de diamètre 1 500 mm et 750 mm) sont présentés afin d'illustrer les conséquences potentielles des pires scénarios d'accidents crédibles et d'actes terroristes pour les méthaniers.

## RAPPORT TECHNIQUE

Les tableaux ci-dessous présentent les dimensions maximales des nappes de GNL formées sur l'eau. Ces dimensions maximales sont atteintes au début du déversement. Après un certain temps mesuré en secondes, la nappe se réduit et se maintient à l'équilibre avec une dimension plus petite. Cette dimension correspond à approximativement 43-48% de la superficie maximale de la nappe. Les conséquences sont aussi présentées dans les tableaux ci-dessous.

Dans le cas d'une brèche causée par un acte terroriste, l'inflammation immédiate du rejet est quasi certaine. Le calcul de la distance à la limite d'inflammabilité n'est pas pertinent s'il y a inflammation immédiate. Les conséquences dans ce cas seront celles du feu de nappe.

Dans le cas d'une collision, l'inflammation du rejet par le navire abordeur est très probable (90%).

**TABLEAU 21 - DÉVERSEMENT PROVENANT D'UNE CUVE D'UN MÉTHANIER – ACTE TERRORISTE - BRÈCHE DE 1 500 MM DE DIAMÈTRE**

Scénario	Résultats
<p><b>Déversement provenant d'une cuve d'un méthanier - Scénario maximum crédible de DNV causé par un acte terroriste :</b></p> <p>Diamètre de la brèche : 1 500 mm  Vitesse de combustion : 43 000 kg/s  GNL déversé à la surface de l'eau</p> <p>Conditions météo pour le calcul du rayonnement et de la dispersion :</p> <p>Vitesse du vent : 3 m/s (condition de vent prédominante)  Classe de stabilité : D  Longueur de rugosité : 18,3 cm  Humidité : 70 %  Température : 4 °C</p>	<p>Nappe initiale :</p> <p>Rayon maximum de la nappe : 200 m  À 1 m au-dessus du sol :</p> <p>Distance à 37,5 kW/m<sup>2</sup> : 540 m  Distance à 12,5 kW/m<sup>2</sup> : 1 000 m  Distance à 5 kW/m<sup>2</sup> : 1 500 m</p> <p>Nappe à l'équilibre :</p> <p>Rayon de la nappe à l'équilibre : 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</p> <p>Distance à la LII : 2 100 m</p>

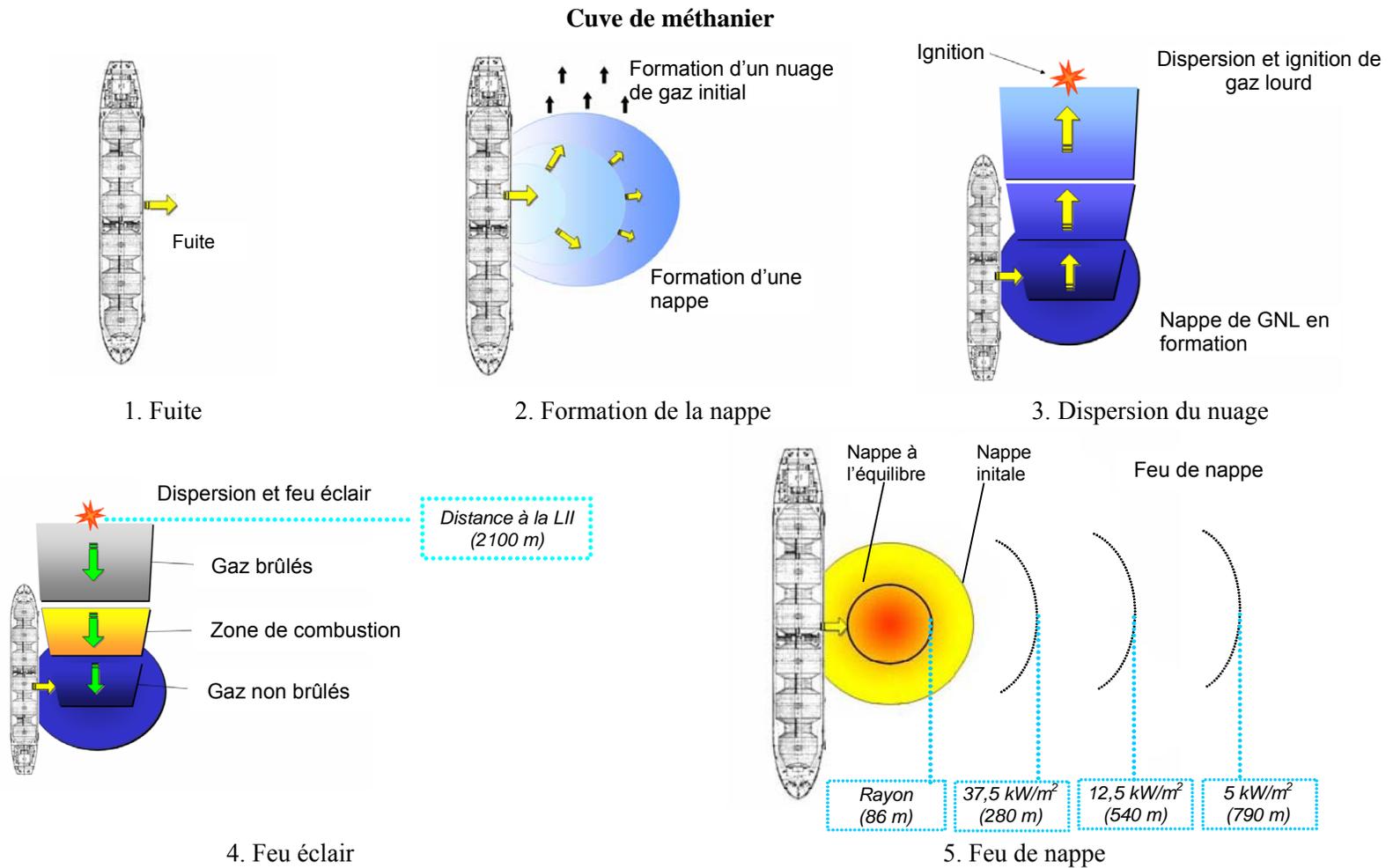
## RAPPORT TECHNIQUE

**TABLEAU 22 - DÉVERSEMENT PROVENANT D'UNE CUVE D'UN MÉTHANIER – SCÉNARIO MAXIMUM  
ACCIDENTEL - BRÈCHE DE 750 MM DE DIAMÈTRE**

Scénario	Résultats
<p><b>Déversement provenant d'une cuve d'un méthanier - Scénario maximum crédible de DNV pour des causes accidentelles :</b></p> <p>Diamètre de la brèche : 750 mm  Vitesse de combustion : 10 000 kg/s  GNL déversé à la surface de l'eau  Conditions météo pour le calcul du rayonnement et de la dispersion:  Vitesse du vent : 3 m/s (condition de vent prédominante)  Classe de stabilité : D  Longueur de rugosité : 18,3 cm  Humidité : 70 %  Température : 4 °C</p>	<p>Nappe initiale :</p> <p>Rayon maximum de la nappe : 100 m  À 1 m au-dessus du sol :</p> <p>Distance à 37,5 kW/m<sup>2</sup> : 310 m  Distance à 12,5 kW/m<sup>2</sup> : 585 m  Distance à 5 kW/m<sup>2</sup> : 870 m</p> <p>Nappe à l'équilibre :</p> <p>Rayon de la nappe à l'équilibre : 43 m  Distance à 37,5 kW/m<sup>2</sup> : 170 m  Distance à 12,5 kW/m<sup>2</sup> : 310 m  Distance à 5 kW/m<sup>2</sup> : 450 m</p> <p>Distance à la LII : 1 000 m</p>

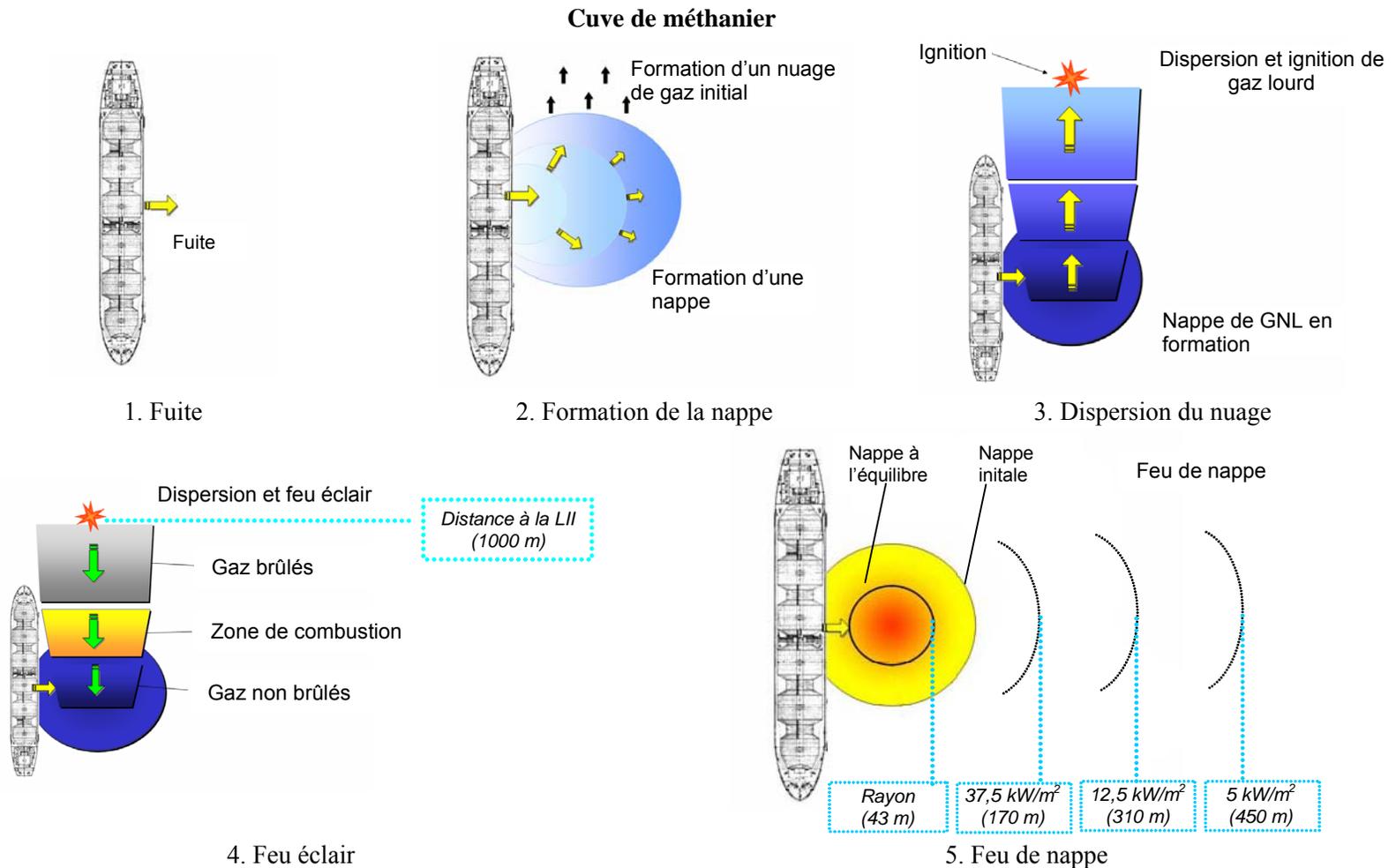
Les figures 9 et 10 donnent un aperçu des scénarios d'accident décrits ci-dessus.

RAPPORT TECHNIQUE



**FIGURE 9 - DÉVERSEMENTS PROVENANT D'UNE CUVE D'UN MÉTHANIER – BRÈCHE DE 1 500 MM DE DIAMÈTRE – NAPPE À L'ÉQUILIBRE**

RAPPORT TECHNIQUE



**FIGURE 10 - DÉVERSEMENT PROVENANT D'UNE CUVE D'UN MÉTHANIER – BRÈCHE DE 750 MM DE DIAMÈTRE – NAPPE À L'ÉQUILIBRE**

## RAPPORT TECHNIQUE

**7.1.2. ACCIDENTS SURVENANT SUR LES INSTALLATIONS TERRESTRES**

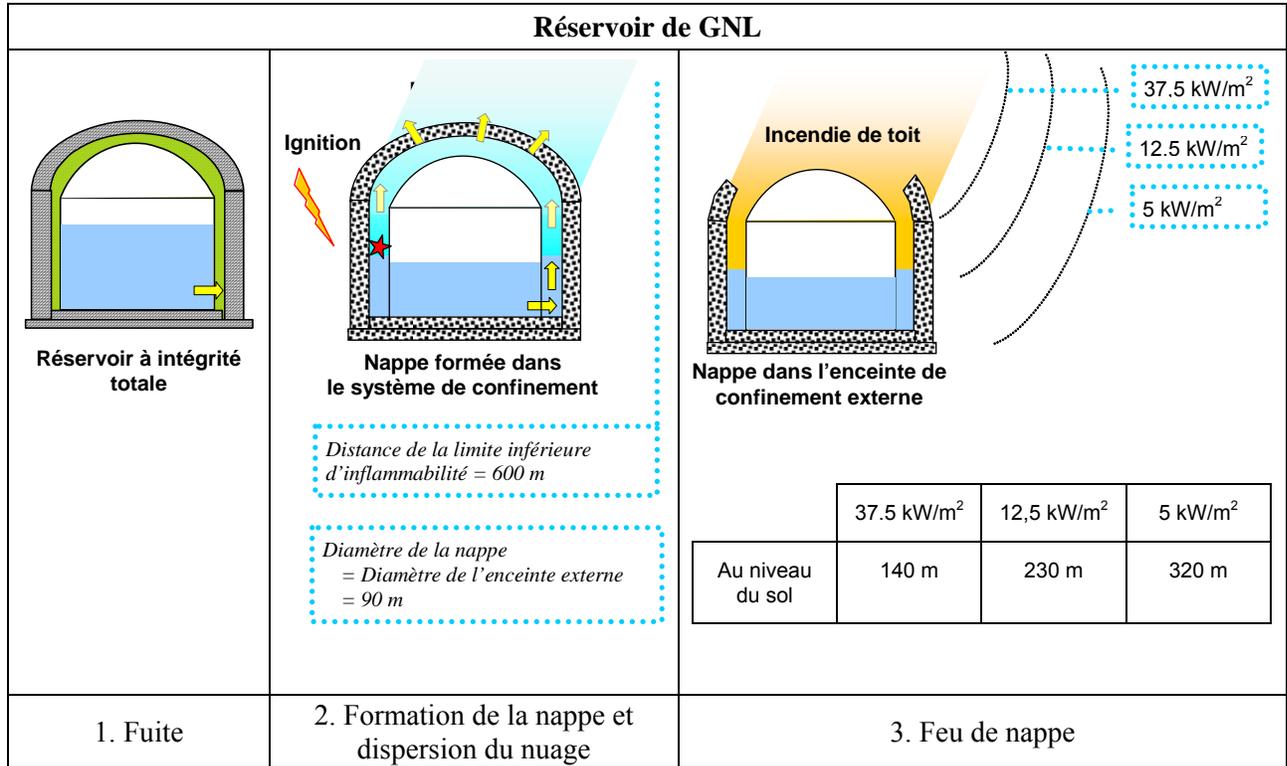
Quatre scénarios ont été choisis pour illustrer les conséquences potentielles des scénarios d'accidents survenant sur les installations terrestres.

Le scénario relatif aux réservoirs de GNL, considéré comme étant le résultat d'une approche très prudente, est un incendie du dessus de l'enceinte extérieure, ou feu de toit de réservoir. La probabilité d'un tel scénario est pratiquement nulle. Les conséquences sont calculées pour des conditions météorologiques telles qu'exigées par les normes NFPA 59A et CSA Z276.

**TABLEAU 23 - INCENDIE PROVENANT D'UN RÉSERVOIR DE GNL**

Scénario	Résultats
<p><b>Effondrement du toit d'un réservoir de GNL :</b>            Diamètre de la nappe : 90 m à 25 m au-dessus du sol (toit du réservoir)            Vitesse de combustion : 700 kg/s            Conditions météo pour le calcul du rayonnement thermique :                Vitesse du vent : 11 m/s                Classe de stabilité : D                Longueur de rugosité : 3 cm                Humidité : 50 %                Température : 10 °C            Conditions météo pour le calcul de la dispersion :                Vitesse du vent : 2 m/s                Classe de stabilité : F                Longueur de rugosité : 3 cm                Humidité : 50 %                Température : 10 °C</p>	<p>Rayon de la nappe : 45 m (taille du confinement)            Longueur de la flamme : 110 m            Inclinaison de la flamme : 21°              À 1 m au-dessus du sol :            Distance à 37,5 kW/m<sup>2</sup> : 140 m            Distance à 12,5 kW/m<sup>2</sup> : 230 m            Distance à 5 kW/m<sup>2</sup> : 320 m              Distance à la LII : 600 m</p>

RAPPORT TECHNIQUE



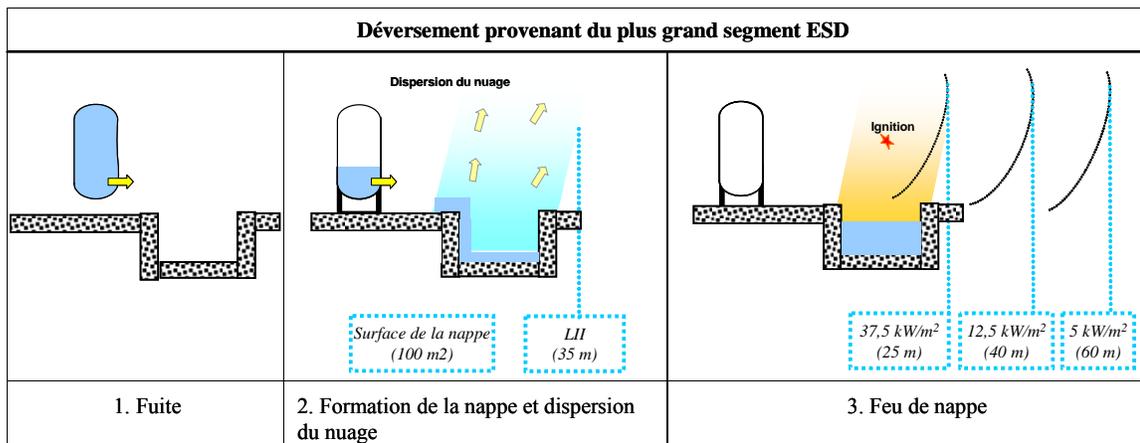
**FIGURE 11 - INCENDIE PROVENANT D'UN RÉSERVOIR DE GNL**

RAPPORT TECHNIQUE

La figure 12 et le tableau 24 indiquent les distances de la dispersion et du rayonnement thermique des déversements provenant du plus grand segment ESD confiné dans la cuvette de rétention de la zone de procédé. Ce segment ESD correspond au collecteur de déchargement et d'expédition (segment 11 dans le logiciel SAFETI).

**TABLEAU 24 - DÉVERSEMENT PROVENANT DU PLUS GRAND SEGMENT ESD**

Scénarios	Résultats
<p>Cuvette de rétention : 100 m<sup>2</sup> (zone de procédé)                      Vitesse de combustion : 11 kg/s</p> <p>Conditions météo pour le calcul du rayonnement et de la dispersion :</p> <p>Vitesse du vent : 3 m/s                      Classe de stabilité : D                      Longueur de rugosité : 18,3 cm                      Humidité : 70 %                      Température : 4 °C</p>	<p>Diamètre de la nappe : 11,3 m (taille de la cuvette de rétention)                      Longueur de la flamme : 25,5 m                      Inclinaison de la flamme : 41,7°</p> <p>À 1 m au-dessus du sol :</p> <p>Distance à 37,5 kW/m<sup>2</sup> : 25 m                      Distance à 12,5 kW/m<sup>2</sup> : 40 m                      Distance à 5 kW/m<sup>2</sup> : 60 m                      Distance à la LII : 35 m</p>



**FIGURE 12 - DÉVERSEMENT PROVENANT DU PLUS GRAND SEGMENT ESD**

## RAPPORT TECHNIQUE

Le tableau 25 indique les distances de la dispersion et du rayonnement thermique des déversements provenant de la zone des réservoirs et s'écoulant dans une des deux cuvettes de rétention de la zone des réservoirs. Les résultats sont similaires à ceux illustrés à la figure 12, les cuvettes étant de dimensions similaires.

**TABLEAU 25 - DÉVERSEMENT PROVENANT DES CONDUITES DU RÉSERVOIR VERS LA CUVETTE DE RÉTENTION DE LA ZONE DES RÉSERVOIRS**

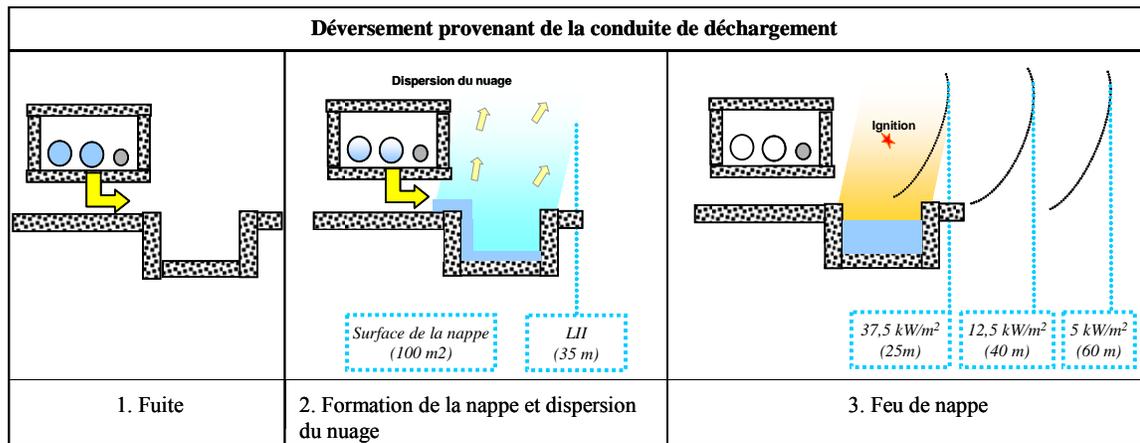
Scénarios	Résultats
Cuvette de rétention : 100 m <sup>2</sup> (zone des réservoirs de GNL) Vitesse de combustion : 11 kg/s  Conditions météo pour le calcul du rayonnement thermique et de la dispersion : Vitesse du vent : 3 m/s Classe de stabilité : D Longueur de rugosité : 18,3 cm Humidité : 70 % Température : 4 °C	Diamètre de la nappe : 11,3 m (taille de la cuvette de rétention) Longueur de la flamme : 25,5 m Inclinaison de la flamme : 41,7°  À 1 m au-dessus du sol : Distance à 37,5 kW/m <sup>2</sup> : 25 m Distance à 12,5 kW/m <sup>2</sup> : 40 m Distance à 5 kW/m <sup>2</sup> : 60 m Distance à la LII : 35 m

RAPPORT TECHNIQUE

La figure 13 et le tableau 26 indiquent les distances de la dispersion et du rayonnement thermique des déversements provenant des conduites de déchargement et s'écoulant dans la cuvette de rétention des installations riveraines (cette cuvette de rétention retient les fuites provenant des segments 3, 4 et 5 dans le logiciel SAFETI).

**TABLEAU 26 - DÉVERSEMENT PROVENANT DE LA CONDUITE DE DÉCHARGEMENT VERS LA CUVETTE DE RÉTENTION DES INSTALLATIONS RIVERAINES**

Scénarios	Résultats
<p>Cuvette de rétention : 100 m<sup>2</sup> (installations riveraines)                      Taux de combustion : 11 kg/s</p> <p>Conditions météo pour le calcul du rayonnement thermique et de la dispersion :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vitesse du vent : 3 m/s</li> <li>Classe de stabilité : D</li> <li>Longueur de rugosité : 18,3 cm</li> <li>Humidité : 70 %</li> <li>Température : 4 °C</li> </ul>	<p>Diamètre de la nappe = 11,3 (taille de la cuvette de rétention)                      Longueur de la flamme : 25,5 m                      Inclinaison de la flamme : 41,7°</p> <p>À 1 m au-dessus du sol :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Distance à 37,5 kW/m<sup>2</sup> : 25 m</li> <li>Distance à 12,5 kW/m<sup>2</sup> : 40 m</li> <li>Distance à 5 kW/m<sup>2</sup> : 60 m</li> <li>Distance à la LII : 35 m</li> </ul>



**FIGURE 13 - DÉVERSEMENT PROVENANT DE LA CONDUITE DE DÉCHARGEMENT VERS LA CUVETTE DE RÉTENTION DES INSTALLATIONS RIVERAINES**

## RAPPORT TECHNIQUE

Le tableau 27 indique les distances de la dispersion et du rayonnement thermique pour les déversements provenant des lignes de déchargement et s'écoulant dans la cuvette de rétention de l'appointement (cette cuvette reçoit les fuites provenant du segment 12). Les résultats sont similaires à ceux illustrés à la figure 12.

**TABLEAU 27 - DÉVERSEMENT PROVENANT DES LIGNES DE DÉCHARGEMENT VERS LA CUVETTE DE RÉTENTION DE L'APPOINTEMENT**

Scénarios	Résultats
Cuvette de rétention : 27 m <sup>2</sup> (appointement) Vitesse de combustion : 2 kg/s  Conditions météo pour le calcul du rayonnement et de la dispersion : Vitesse du vent : 3 m/s Classe de stabilité : D Longueur de rugosité : 18,3 cm Humidité : 70 % Température : 4 °C	Diamètre de la nappe : 5,9 m (taille de la cuvette de rétention) Longueur de la flamme : 13 m Inclinaison de la flamme : 45,7°  À 1 m au-dessus du sol : Distance à 37,5 kW/m <sup>2</sup> : 10 m Distance à 12,5 kW/m <sup>2</sup> : 20 m Distance à 5 kW/m <sup>2</sup> : 30 m Distance à la LII : 25 m

## 8. ÉVALUATION DES RISQUES

### 8.1. Risque pour la population

Tel que cela est expliqué dans la section 3, le processus d'évaluation quantifie les risques grâce à deux indicateurs :

- Le risque individuel ;
- Le risque collectif.

Ces résultats sont présentés ci-dessous.

#### 8.1.1. RISQUE INDIVIDUEL

Les isocontours de risque individuel sont indiqués sur la figure 14.

Tel que cela est expliqué dans la section 3.2, le risque individuel représente la probabilité de décès pour un individu situé à un certain endroit de façon permanente. Les isocontours de risque individuel indiqués sur la figure 14 incluent tous les scénarios d'accident relatifs aux installations de GNL, y compris le méthanier à quai mais excluant le gazoduc qui est traité dans une étude séparée.

Les zones où les risques sont considérés comme inacceptables pour le public sont situées à l'intérieur de l'isocontour  $10^{-4}$  par an correspondant à une fréquence d'occurrence de 1 tous les 10 000 ans. On peut voir à partir de cet isocontour de risque qu'aucune maison ni zone habitée en permanence n'est exposée à un risque inacceptable. Comme le montre la figure, ce contour ne touche que les installations de GNL et la jetée, qui ne sont pas des endroits publics.

L'analyse des risques permet d'établir que l'ensemble des bâtiments, à l'exception de trois résidences, sont situés dans une zone où le risque qu'un décès survienne est inférieur à une fois par million d'années.

Ces résultats constituent l'aboutissement de plusieurs améliorations successives dans la conception des installations visant à réduire les risques. L'accent a été mis à la fois sur le dimensionnement des cuvettes de rétention des déversements de GNL et sur la conception des conduites de déchargement, de la jetée et des autres installations de GNL, de telle sorte que le public reste le plus à l'abri possible des risques. Parmi toutes les mesures décrites dans la section 9, le choix de la technologie à intégrité totale pour les réservoirs, les conduites de déchargement souterraines protégées par un caisson en béton, et avec le dimensionnement approprié des cuvettes de rétention peuvent être citées en tant que principales mesures de prévention des risques pour le public.

## RAPPORT TECHNIQUE

Les zones de risque individuel sont discutées dans la section 8.2 en lien avec les éléments sensibles spécifiques au projet Rabaska.

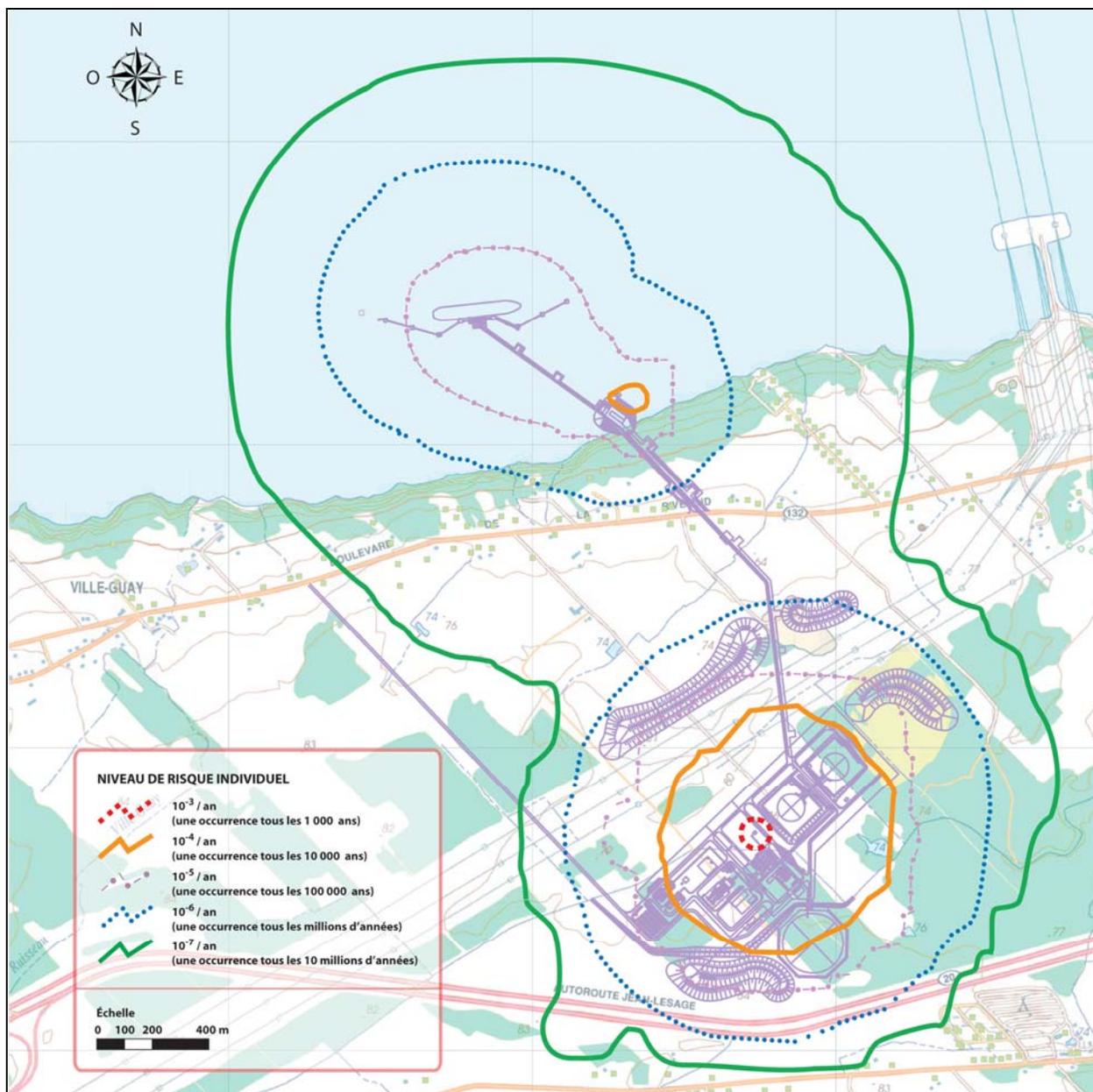


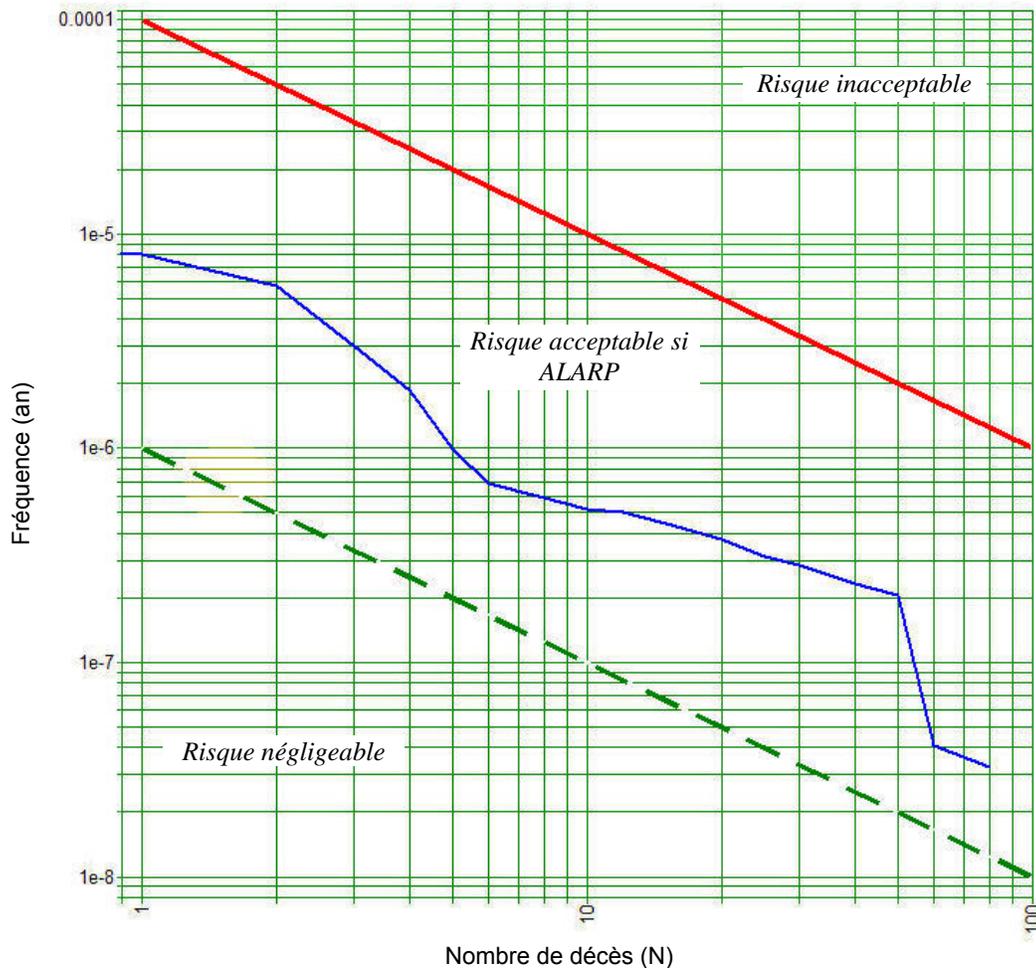
FIGURE 14 - ISOCONTOURS DU RISQUE INDIVIDUEL POUR LE TERMINAL ET LE MÉTHANIER À QUAI

## RAPPORT TECHNIQUE

**8.1.2. RISQUE COLLECTIF**

La courbe F/N du terminal méthanier du projet Rabaska est représentée à la figure 15. La ligne du haut (rouge) représente le risque collectif maximum, tandis que la ligne du bas (verte) indique le risque collectif négligeable, selon les critères d'acceptabilité définis dans la section 3.2.2. La courbe F/N des installations est représentée par la courbe bleue, située entre les deux lignes précédentes.

Comme on peut le voir sur la figure, la courbe F/N est bien en dessous du critère de risque collectif maximum. Ceci reflète l'intégration des mesures de sécurité dans la conception du projet. Les mesures de réduction des risques mises en place sont décrites dans la section 9.



**FIGURE 15 - COURBE F/N POUR LES OPÉRATIONS DU TERMINAL ET DU MÉTHANIER À QUAI**

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

**8.1.3. PRINCIPAUX SCÉNARIOS D'ACCIDENT CONTRIBUTIFS AU RISQUE**

Cette section présente les principaux scénarios d'accident qui contribuent au risque collectif généré par le projet Rabaska.

Étant donné que les installations s'étendent sur une vaste zone, il est jugé préférable de séparer le terminal en trois grandes zones pour définir ces principaux scénarios d'accident contributifs :

- Zone d'entreposage et de procédé (installations terrestres) ;
- Conduites de déchargement et jetée ;
- Appontement et méthanier à quai.

**Principaux scénarios d'accident contributifs au risque pour la zone d'entreposage et de procédé**

Les principaux scénarios d'accident contributifs pour la zone d'entreposage et de procédé sont des fuites provenant du collecteur de déchargement et d'expédition ainsi que des pompes d'expédition.

Les installations sont conçues en suivant les normes canadienne CSA Z276 et américaine NFPA 59A. Dans le but de réduire le niveau de risque, les cuvettes de rétention ont été dimensionnées pour contenir le volume de GNL du plus grand segment ESD de la zone de procédé. Le système d'arrêt d'urgence (ESD) est lié au système de détection feu & gaz. De plus, il y a contrôle strict de toute source d'inflammation dans la zone de procédé, incluant le matériel électrique qui est adapté.

Le plan des installations a été conçu pour être le moins congestionné possible. Les espaces entre les équipements permettent d'éviter des explosions. La taille et l'emplacement des principaux équipements sont choisis pour éviter tout impact à l'extérieur du terminal dans le cas d'un incident dans la zone procédé.

**Principaux scénarios d'accident contributifs au risque pour les conduites de déchargement et la jetée**

Les principaux scénarios d'accident contributifs au risque sont des fuites provenant des conduites de déchargement au niveau des installations riveraines.

Les lignes de déchargement sont placées dans un caisson de béton enfoui pour une protection maximale et une limitation de la dispersion de vapeurs de GNL dans le cas très improbable d'une fuite. La cuvette de rétention des installations riveraines a été dimensionnée pour réduire le plus possible le niveau de risque. Cette cuvette est localisée de façon à éviter tout impact sur des tierces parties. En plus des dispositifs d'arrêt d'urgence, l'accès aux installations riveraines est strictement contrôlé.

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

**Principaux scénarios d'accident contributifs au risque pour l'appontement et le méthanier à quai**

Le principal scénario contributif au risque pour l'appontement et le méthanier à quai est une fuite sur les bras de déchargement pendant le transfert de la cargaison. Un certain nombre de mesures de sécurité, techniques et opérationnelles, sont mises en place pour réduire le risque.

- Mesures techniques :
  - Contrôle de la tension des amarres ;
  - Système de déconnexion rapide des bras de déchargement couplé à des alarmes de position.
- Mesures opérationnelles :
  - Le plan d'amarrage sera établi en fonction des conditions locales de vent, de vague et de courant. Ce plan pourra être augmenté l'hiver à cause des glaces, même si les cellules de protection fournissent un abri au méthanier et qu'aucune situation de glace compressive ne se produira ;
  - Le pilote lamaneur restera à bord pendant toute la durée de l'escale. Un remorqueur, équipé d'équipement de lutte contre l'incendie, restera à proximité du navire. Ces mesures permettent d'assurer un départ d'urgence du navire. Cependant, il n'y a pas de raison météorologique qui pourrait provoquer un départ d'urgence, car l'appontement est bien orienté et abrité des vents et des glaces. De plus, des départs d'urgence potentiels sont toujours possibles quelques soient les conditions externes comme les courants, la marée ou le couvert de glace, étant donné les très bonnes conditions locales.

## **8.2. Impacts sur les autres éléments sensibles**

Cette section traite des probabilités et des conséquences potentielles sur les éléments sensibles définis dans la section 5.2, les conséquences sur la population ayant déjà été traités avec les indicateurs de risque dans les sections précédentes.

### **8.2.1. ÉCOLE SAINTE-FAMILLE**

L'école Sainte-Famille est située à plus de 1 250 m de la conduite de déchargement et de la jetée, alors que la distance jusqu'aux installations d'entreposage est de plus de 2 000 m. Elle se trouve en dehors de l'isocontour de risque  $10^{-7}$  par an correspondant à une occurrence tous les 10 millions d'années. Le terminal méthanier représente donc un risque négligeable pour l'école de la Sainte-Famille.

### **8.2.2. FORT DE LA MARTINIÈRE**

Le Fort de la Martinière est à plus de 2 200 m de la partie la plus proche du terminal méthanier, c'est-à-dire la jetée. Il se trouve bien en dehors de l'isocontour de risque  $10^{-7}$  par an correspondant à une occurrence tous les 10 millions d'années. Le terminal méthanier représente donc un risque très négligeable pour le fort.

### **8.2.3. MOTELS ET TERRAINS DE CAMPING**

Le tableau 28 résume les niveaux de risque des différents motels et terrains de camping situés autour du terminal méthanier. Il est important de remarquer que la population potentiellement exposée à ces endroits a été incluse dans le calcul de la courbe F/N. Cette courbe est bien en dessous du niveau maximum acceptable pour le risque collectif décrit dans la section 3.2.2. On peut voir à la fois sur la figure 14 et dans le tableau 28 qu'aucun de ces éléments ne sera exposé à un niveau de risque supérieur à  $10^{-7}$  par an, soit une occurrence tous les 10 millions d'années. Le niveau de risque individuel est donc négligeable pour les personnes demeurant dans les motels et les terrains de camping.

## RAPPORT TECHNIQUE

TABLEAU 28 - RISQUE INDIVIDUEL POUR LES MOTELS ET LES TERRAINS DE CAMPING

Nom	Taille	Distance jusqu'à l'installation de GNL la plus proche (jetée, conduite de déchargement ou installations terrestres)	Niveau de risque individuel
Motel Parc Beaumont	14 unités, 2 logements	1750 m	Négligeable > 10 millions d'années ( $< 10^{-7}$ par an)
Manoir de Beaumont	5 chambres	1000 m	Négligeable > 10 millions d'années ( $< 10^{-7}$ par an)
Gîte Au petit matin	2 chambres	1900 m	Négligeable > 10 millions d'années ( $< 10^{-7}$ par an)
Camping Transit	200 sites pour caravanes et 25 emplacements de camping sauvage	700 m	Négligeable > 10 millions d'années ( $< 10^{-7}$ par an)
Camping du Fort de la Matinière	24 sites	2200 m	Négligeable > 10 millions d'années ( $< 10^{-7}$ par an)
Camping Municipal Vincennes	110 sites	1850 m	Négligeable > 10 millions d'années ( $< 10^{-7}$ par an)
Camping Parc Beaumont	151 sites	1750 m	Négligeable > 10 millions d'années ( $< 10^{-7}$ par an)

## 8.2.4. ROUTES SITUÉES À PROXIMITÉ

D'après les isocontours de risque, le niveau de risque pour les personnes empruntant les routes situées à proximité est bien en dessous du niveau maximum acceptable. Pour la route 132, le niveau de risque est inférieur à  $10^{-6}$  par an et pour l'autoroute 20, le niveau de risque est en dessous de  $10^{-5}$  par an. Il se situe donc bien en dessous du critère d'acceptabilité du risque pour cet usage. Il est important de remarquer que tous les déplacements des personnes sur ces routes les exposent au risque généré par le terminal pendant une période très courte. L'exposition au risque individuel est ainsi négligeable.

## RAPPORT TECHNIQUE

**8.2.5. LIGNES ÉLECTRIQUES 735 kV ENTRE LES POSTES DE MANICOUAGAN ET DE LÉVIS****Caractéristiques des lignes électriques**

Les lignes de transport d'électricité entre les postes de Manicouagan et de Lévis sont constituées de 3 lignes différentes

- Ligne n°7007 au nord
- Ligne n°7008 au milieu
- Ligne 7023 au sud

La tension de chaque ligne est de 735 kV.

Chaque ligne est composée de 3 phases. Chaque phase est elle-même constituée d'un faisceau de 4 conducteurs faits d'aluminium avec une âme en acier. La distance entre les phases d'une ligne est d'environ 15 m. Par simplification dans la suite du document, le terme « câble » désigne un faisceau ou phase d'une ligne. Pour chaque ligne, les trois « câbles » sont repérés par leur position (sud, centrale ou nord).

Les distances entre chaque câble de chaque ligne et le centre du réservoir de GNL le plus proche sont données dans le tableau ci-dessous.

**TABLEAU 29 - DISTANCE ENTRE LES CÂBLES CONDUCTEURS DE CHAQUE LIGNE ET LE CENTRE DU RÉSERVOIR DE GNL LE PLUS PROCHE**

Ligne 7007 (Nord)			Ligne 7008 (Milieu)			Ligne 7023 (Sud)		
câble sud	câble central	câble nord	câble sud	câble central	câble nord	câble sud	câble central	câble nord
341 m	356 m	371 m	277 m	292 m	307 m	205 m	220 m	235 m

Les câbles conducteurs sont considérés comme les éléments vulnérables des lignes électriques, étant donné qu'ils sont fabriqués en alliage d'aluminium. Les pylônes des lignes électriques sont en acier, un métal significativement plus résistant aux élévations de température que l'aluminium.

Les impacts sur les lignes électriques d'un accident survenant sur le terminal méthanier ont été calculés pour le câble le plus proche du terminal, c'est-à-dire le câble sud de chaque ligne.

Les conducteurs en aluminium des lignes électriques ont deux fonctions : ils agissent comme conducteurs et ils contribuent en partie à la résistance à la tension de la ligne. Comme l'aluminium assure une partie de la résistance de la ligne, la capacité thermique de

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

celle-ci sera limitée par la perte de résistance de l'aluminium. L'âme en acier n'est pas prise en compte pour évaluer la résistance des câbles.

D'un point de vue général, plusieurs sources indiquent que l'aluminium perd sa résistance aux environs de 200°C. Cependant, ce seuil de température dépend du type d'alliage d'aluminium utilisé. Pour une approche prudente, une température de 140°C a été choisie comme seuil des premiers dommages potentiels. Hydro-Québec indique que la température maximale d'exploitation des câbles est de 95°C. Une température de 500°C est choisie comme seuil de destruction des câbles (à titre d'information, nous rappelons que la température de fusion de l'aluminium est de 660°C).

En résumé, les trois seuils de températures retenus pour l'étude sont les suivants :

- 95°C Température maximale d'exploitation des câbles
- 140°C Début de la dégradation potentielle de la partie en aluminium
- 500°C Destruction des câbles

**Scénario d'accident retenu pour l'étude**

Le scénario d'accident lié au terminal retenu pour l'évaluation de l'impact potentiel sur les lignes électriques est le scénario d'un feu majeur d'un réservoir suite à l'effondrement du toit.

La probabilité d'occurrence du feu de toit de réservoir de GNL est de  $3 \times 10^{-8}$  par an soit une occurrence tous les 33 millions d'années.

**Hypothèses de modélisation**

L'échauffement des câbles soumis au rayonnement thermique provenant d'un feu de toit de réservoir a été calculé en prenant les hypothèses suivantes :

- Les calculs sont faits pour le réservoir le plus proche des lignes et pour le câble le plus proche de chaque ligne ;
- Rayon de la nappe : 90 m ;
- Hauteur de la nappe par rapport au sol : 25 m ;
- Le vent est supposé souffler dans la direction des lignes électriques, ce qui a pour conséquence d'incliner la flamme vers les lignes et donc de conduire à une estimation prudente du rayonnement thermique. Il faut noter qu'un vent soufflant dans la direction des lignes électriques (Vents de ESE, SE et SSE) n'est observé que dans environ 3% du temps, de sorte que la probabilité que l'accident étudié se produise dans ces conditions est inférieure à  $10^{-9}$  par an ;
- La vitesse du vent est de 3 m/s, soit une vitesse représentative pour le terminal méthanier ;

## RAPPORT TECHNIQUE

- Température initiale des câbles de 50°C, ce qui correspond à la température maximum observée en été ;
- Les pertes par convection (effet du vent qui refroidi les câbles) sont prises en compte dans la modélisation ;
- Un facteur d'émissivité prudent de 0,5 a été retenu. D'après la référence /3/, un facteur d'émissivité pour des surfaces touchées par les intempéries est de 0,2 et de 0,04 pour de l'aluminium poli. Plus le facteur d'émissivité est proche de 1 et plus le matériau va absorber la chaleur reçue et plus sa température va augmenter.

Un effet d'écran possible par les parois du réservoir qui pourrait masquer une partie de la flamme n'est pas pris en compte. De même, au cours du temps, la hauteur de GNL dans le réservoir va diminuer, accentuant l'effet d'écran par les parois. Cet effet n'est pas non plus pris en compte.

Du fait de la présence des parois du réservoir, l'incendie sera difficilement alimenté en air frais (comburant). Par conséquent, la combustion sera incomplète, produisant de la fumée. Le rayonnement thermique réel est dans ce cas plus faible que celui qui résulte de la modélisation.

### Résultats et conclusion

Les résultats des modélisations sont présentés dans le tableau ci-dessous. Le tableau donne, pour chaque ligne électrique, le temps mis par le câble le plus proche du terminal pour atteindre chacun des trois seuils de température.

**TABLEAU 30 - RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION DE L'IMPACT SUR LES LIGNES ÉLECTRIQUES 735 kV**

Ligne	Rayonnement thermique reçu par le câble	Température maximum atteinte par le câble	Temps mis pour atteindre les seuils de température		
			95°C	140°C	500°C
Câble le plus proche de la ligne 7023 (Sud)	14 kW/m <sup>2</sup>	154°C	560 s (9 min)	1880 s (31 min)	-
Câble le plus proche de la ligne 7008 (Milieu)	6,8 kW/m <sup>2</sup>	97°C	3780 s (1 h 3 min)	-	-
Câble le plus proche de la ligne 7007 (Nord)	4,2 kW/m <sup>2</sup>	73°C	-	-	-

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

Les principaux résultats sont les suivants :

- La ligne nord, la plus éloignée du terminal n'est pas impactée par un accident sur le terminal méthanier, malgré les hypothèses prudentes prises.
- Après environ une heure, la température maximale de la ligne électrique centrale est dehors de sa plage de fonctionnement normal tout en restant proche du seuil de 95°C et sans jamais atteindre le seuil des premiers dommages potentiels.
- La ligne la plus proche du terminal est la plus susceptible d'être impactée par un accident sur le terminal méthanier. Pour des conditions de vent moyennes, le début de la dégradation potentielle des câbles survient environ trente minutes après le début de l'accident.

Compte tenu de ces résultats, des hypothèses prudentes et du caractère très improbable du scénario (probabilité d'occurrence d'environ  $10^{-9}$  par an, soit une fois tous les milliards d'années, en tenant compte de la direction du vent), le risque d'un dommage sur les lignes Hydro-Québec par suite d'un accident sur le terminal méthanier est négligeable.

#### **8.2.6. LIGNES ÉLECTRIQUES 230 KV ENTRE LES POSTES MONTMAGNY ET DE LA CHAUDIÈRE**

En raison de l'éloignement significatif par rapport au terminal méthanier, aucun scénario d'incendie n'a été identifié avec une durée et une intensité suffisante pour endommager ces lignes électriques.

## 9. MESURES DE SÉCURITÉ

Les mesures de sécurité sont constituées d'un ensemble de moyens mécaniques et opérationnels qui permettent de prévenir, de détecter, de maîtriser, d'atténuer des dangers pouvant se produire au terminal méthanier. L'approche à suivre est d'éliminer ces dangers aussi tôt que possible dans la chaîne des événements, afin de réduire le potentiel de développement de l'incident en accident majeur. Comme on peut le voir sur la figure 16, plus on met de temps à détecter un incident et à y réagir, plus cet incident peut s'aggraver.

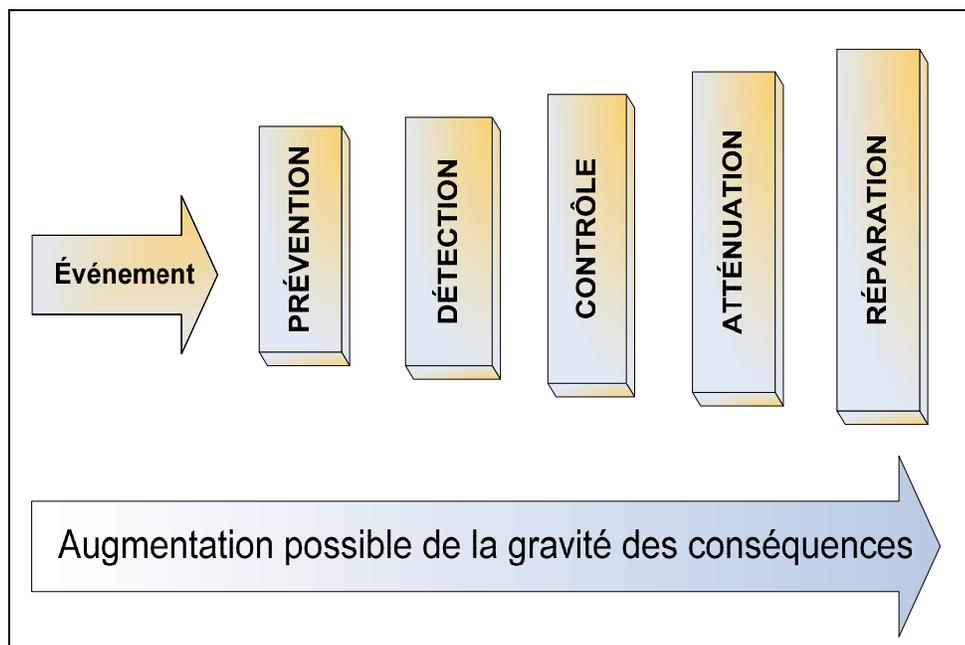


FIGURE 16 - PROCESSUS DE MAÎTRISE DU DANGER

Afin de garantir que les risques pour la santé, la sécurité et l'environnement seront gérés durant toute la période d'exploitation du terminal, les mesures de sécurité sont définies lors de la conception technique et sont basées sur les résultats de l'analyse des risques et la préparation des mesures d'urgence.

Le tableau 31 fournit un aperçu cohérent et méthodique des mesures de sécurité prévues pour le terminal méthanier Rabaska. Ce tableau fait le lien entre l'analyse des risques et la planification des urgences. Il est à noter que le nombre de mesures de sécurité n'est pas une indication du niveau de risque ; le tableau indique tout au plus quelle mesure s'applique à quel danger, quelle que soit la probabilité du danger.



---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

**Leçons d'accidents passés liés au GNL**

Les mesures de sécurité sont basées sur les résultats de l'analyse des risques mais aussi sur l'analyse des accidents passés, accidents qui sont présentés à la section 5.3.

L'industrie du GNL a d'excellents antécédents en matière de sécurité, grâce à l'application partout dans le monde de normes strictes de sécurité. Ces normes ont été développées en tirant les leçons des activités passées liées au GNL. Certains de ces enseignements proviennent de quasi accidents ainsi que des quelques accidents connus, alors que la plupart des mesures sont issues d'un effort continu de la part de l'industrie afin d'améliorer la sécurité.

Les procédures modernes de gestion de la sécurité utilisent des systèmes qui détectent les situations de danger potentiel dès la conception et tout le long de la période d'exploitation des installations. Ces mesures sont résumées dans le tableau 31 et la planification des mesures d'urgence est décrite dans la section 10. La mise en œuvre de ces mesures et la planification des mesures d'urgence, conjointement à l'utilisation de codes applicables aux installations de GNL, empêcheront et limiteront à la fois l'éventualité d'un accident et ses effets, tels qu'on l'a vu par le passé. Un registre des incidents passés est présenté à l'annexe 6.

Des exemples spécifiques sont cités ci-dessous afin d'illustrer comment le développement de la conception des terminaux méthaniers peut empêcher la répétition d'accidents comme ceux survenus dans le passé.

À Cleveland (Ohio), en 1944, un réservoir en alliage d'acier avec une faible teneur en nickel s'est fissuré. Ce type d'alliage n'est plus utilisé. De nouveaux matériaux ont été développés et sont utilisés afin que les réservoirs ne puissent se fissurer du fait des températures cryogéniques. De plus, des réservoirs à intégrité totale seront utilisés au terminal Rabaska.

L'accident de Staten Island à New York, en 1973, a été provoqué par un incendie à l'intérieur d'un réservoir, pendant la maintenance et la présence d'ouvriers à l'intérieur du réservoir. Le développement, ces dernières années, de politiques en matière de sécurité et de méthodes de gestion ont permis d'améliorer les procédures d'inspection et de maintenance.

En Algérie, une chaudière à vapeur faisant partie d'une usine de liquéfaction de GNL a explosé, entraînant une seconde explosion provoquée par un important nuage d'hydrocarbures. Les installations du terminal méthanier Rabaska ne sont pas celles d'une usine de liquéfaction et ne contiennent donc ni de chaudière à vapeur ni d'hydrocarbures autres que le gaz naturel. De plus, il est à remarquer que l'agencement interne des équipements de procédé a été conçu selon les codes et les méthodes propres aux terminaux méthaniers afin de limiter la possibilité de propagation des incidents.

## **10. PRÉPARATION ET RÉPONSE AUX SITUATIONS D'URGENCE**

### **10.1. Introduction**

Cette section décrit les aspects clés du plan préliminaire des mesures d'urgence relatif au terminal Rabaska. Il est à noter que les mesures d'urgence prévues pour chaque scénario sont décrites en détail à l'annexe 5. L'approche structurée et méthodique présentée à l'annexe 5 garantit une planification des mesures d'urgence complète et détaillée.

Les principaux scénarios d'urgence associés au terminal sont liés aux risques de déversement ou de fuite de GNL ou de gaz naturel.

Le GNL n'est pas explosible à l'état liquide. Suite à un déversement ou une fuite, le GNL devient du gaz naturel. Le gaz naturel est seulement inflammable dans une gamme étroite de concentration dans l'air (5 % à 15 %). Il n'est pas explosif s'il n'est pas confiné. En cas de déversement majeur, les vapeurs de GNL se dispersent en fonction de la direction du vent. Les vapeurs froides de GNL forment un nuage blanc.

Il est essentiel que la planification des mesures d'urgence du terminal permette de traiter efficacement toutes les situations d'urgence possibles. Cette section décrit le plan préliminaire des mesures d'urgence, qui constitue un aspect de la planification des urgences. Le plan détaille les mesures planifiées pour que tous les dangers soient empêchés, détectés, contrôlés et limités, afin de réduire les risques pour la population, les employés, l'environnement et les biens.

### **10.2. Objectif**

L'objectif principal d'un plan des mesures d'urgence est de gérer les risques qui ne peuvent pas être éliminés par la mise en place de mesures de protection et de planifier les interventions d'urgence lorsqu'un accident se produit. L'intention de ce plan est de définir les types d'urgences pouvant raisonnablement se produire ainsi que les mesures de prévention, de préparation, d'intervention et de réparation qui leur sont associés.

### 10.3. Politique de Rabaska en matière de santé et de sécurité



**La santé et la sécurité du public et de nos employés sont primordiales dans le déroulement des activités de Rabaska.**

Les risques présents dans toutes les opérations doivent être gérés afin de prévenir tout impact sur le public, les accidents du travail et les maladies professionnelles. Ce but sera atteint grâce à une planification et une organisation adéquates du travail, à l'identification des dangers, à l'inspection des installations et aux enquêtes sur les accidents.

Tous les échelons de la direction de Rabaska sont responsables et imputables de ce qui suit :

- appliquer la politique de santé et de sécurité à son champ d'activité.
- fournir l'équipement adéquat et un milieu de travail sécuritaire.
- établir les règles et les procédures de santé et de sécurité.
- favoriser des attitudes de travail sécuritaires.
- fournir une formation appropriée aux employés.

Tous les employés doivent se conformer à la politique concernant la santé et la sécurité et suivre toutes les règles et les procédures établies, à tout moment.

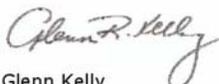
C'est la responsabilité de tous les employés de travailler d'une manière qui garantisse leur sécurité personnelle ainsi que celle de leurs collègues de travail.

Nous attendons de nos sous-traitants qu'ils suivent la politique en matière de santé et de sécurité de l'entreprise afin d'améliorer leur propre approche sécuritaire du travail.

Les procédures et règles de Rabaska concernant la santé et la sécurité doivent être conformes aux règlements et normes gouvernementales, et être en accord avec les codes et les règles de l'industrie. Rabaska établira des normes corporatives et effectuera des audits pour garantir la conformité à ces normes. Des rapports sur le rendement opérationnel en matière de santé et de sécurité seront régulièrement transmis à la direction de Rabaska.

La planification des mesures d'urgence de Rabaska doit assurer une réponse rapide et appropriée aux urgences, en plus d'être conformes aux règlements et aux bonnes pratiques de l'industrie.

**L'excellence dans le domaine de la santé et de la sécurité est le premier de nos objectifs.**

  
Glenn Kelly  
Président et chef des opérations



## 10.4. Organisation et responsabilités

### 10.4.1. GÉNÉRALITÉS

Cette section indique les équipes, les organisations et les agences qui pourraient être sollicitées lors d'une situation d'urgence, ainsi que leurs rôles et responsabilités. Cela comprend les équipes internes d'intervention présentes au terminal et sur les méthaniers de même que les ressources externes telles que la police et le service municipal de lutte contre l'incendie.

### 10.4.2. ÉQUIPE DE GESTION DES MESURES D'URGENCE

Cette section décrit l'équipe de gestion des mesures d'urgence (EMT) de Rabaska qui sera mobilisée dans le cas d'une urgence survenant au terminal. L'organisation, les rôles et les responsabilités sont détaillés ci-dessous.

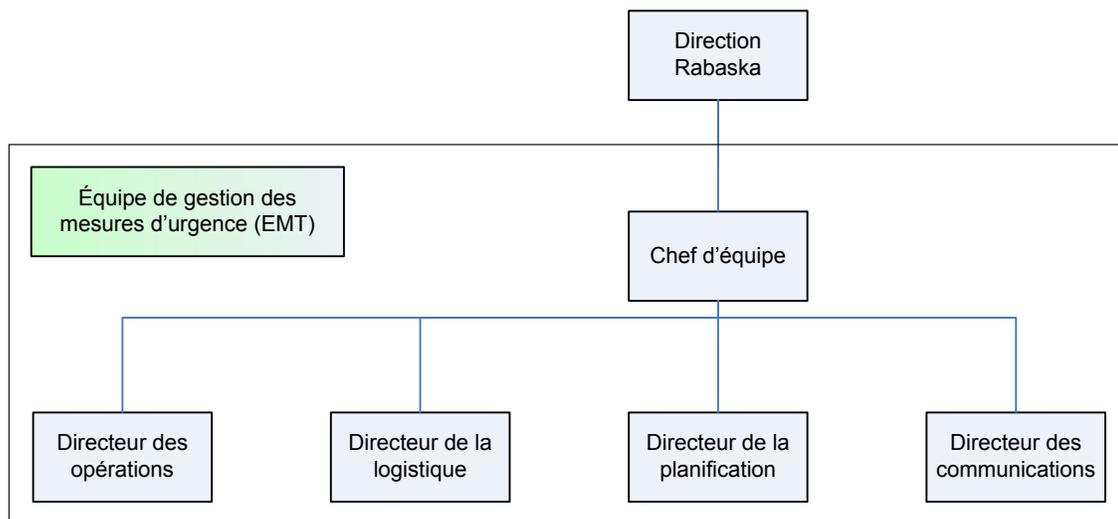


FIGURE 17 - ÉQUIPE DE GESTION DES URGENCES

Chaque membre de l'EMT aura un remplaçant désigné qui pourra le remplacer en cas d'absence ou d'indisponibilité pendant ou avant l'urgence. Les numéros permettant de joindre toutes les personnes concernées seront inscrits dans le plan des mesures d'urgence. Le chef d'équipe de l'EMT, pouvant être rejoint le jour comme la nuit, est contacté par la salle de contrôle dans le cas d'une urgence. Le chef d'équipe de l'EMT mobilise alors son équipe. L'EMT s'appuie sur le personnel d'exploitation et les moyens disponibles sur le terminal.

## RAPPORT TECHNIQUE

Le tableau 32 détaille les fonctions clés, les rôles et les responsabilités de l'EMT de Rabaska.

**TABLEAU 32 - ÉQUIPE DE GESTION DES MESURES D'URGENCE DE RABASKA**

Fonction	Rôles et responsabilités
Chef EMT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Communiquer avec la direction générale (états, prise de décision, résolution des problèmes).</li> <li>• Déclarer l'urgence et prévenir les équipes d'urgence internes et externes.</li> <li>• Coordonner les activités de l'EMT.</li> <li>• Contacter les membres de l'EMT.</li> </ul>
Directeur des opérations	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aviser les chefs d'équipe du Plan de poursuite des activités (PPA) qu'une urgence est déclarée.</li> <li>• Communiquer les directives aux chefs d'équipe PPA.</li> <li>• Communiquer les rapports de demande/état du chef d'équipe PPA à l'EMT.</li> <li>• Coordonner toutes les activités de l'équipe PPA.</li> <li>• Gérer la situation du personnel.</li> </ul>
Directeur de la planification	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Développer et suivre le plan d'action de l'EMT.</li> <li>• Suivre la progression et l'état du PPA du service.</li> <li>• Résumer les rapports d'état du PPA afin de les soumettre à la direction générale.</li> <li>• Avertir l'EMT de conflits, d'incongruités, etc. au regard du PPA.</li> <li>• Rassembler/enregistrer tous les documents concernant la reprise/réparation.</li> <li>• Gérer les documents concernant la reprise/réparation pour les mises à jour du plan.</li> <li>• Coordonner les communications entre plusieurs EMT (au besoin).</li> <li>• Autoriser l'approvisionnement d'urgence.</li> <li>• Réclamation et compensation.</li> <li>• Suivre les coûts.</li> </ul>
Directeur de la logistique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acquérir/entretenir les installations physiques.</li> <li>• Transport/logement.</li> <li>• Acquérir le matériel et les services de soutien.</li> <li>• Acquérir les fournitures de bureau/nourriture/médicaments.</li> <li>• Opérer le centre des opérations d'urgence.</li> <li>• Acquérir les services extérieurs.</li> <li>• Sites de réparation technique.</li> </ul>
Directeur des communications	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Communications externes et médias.</li> <li>• Communications internes.</li> <li>• Communication avec les parties intéressées.</li> </ul>

## RAPPORT TECHNIQUE

L'EMT se réunira dans la salle de gestion de crise qui se trouve près de la salle de contrôle. Une salle de gestion de crise de remplacement sera située à côté de la salle de contrôle de secours, dans le poste de garde.

#### 10.4.3. ÉQUIPES INTERNES D'INTERVENTION D'URGENCE

Le tableau 33 détaille les rôles et les responsabilités des équipes internes d'intervention d'urgence qui pourraient devoir agir pendant une situation d'urgence.

TABLEAU 33 - ÉQUIPES INTERNES D'INTERVENTION D'URGENCE

Fonction	Rôles et responsabilités	Équipement
Personnel de la salle de contrôle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surveiller les alarmes et autres indicateurs d'urgence</li> <li>• Activer les systèmes d'arrêt d'urgence au besoin</li> <li>• Prévenir les équipes d'intervention d'urgence requises (internes et externes)</li> <li>• Prévenir l'EMT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S/O</li> </ul>
Équipe de lutte contre l'incendie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le site comportera suffisamment de personnel pour assurer tous les quarts de travail.</li> <li>• Lutter contre l'incendie, effectuer des recherches et des sauvetages à l'intérieur des installations, si possible.</li> <li>• Les équipes doivent être formées ; cela comprend une formation professionnelle fournie par le service municipal d'incendie.</li> <li>• Les équipes doivent être formées pour donner les premiers secours.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extincteurs d'incendie portatifs</li> <li>• Moniteurs de surveillance d'incendie portatifs</li> <li>• Générateurs à mousse chimique portatifs</li> <li>• Camions de lutte contre l'incendie</li> </ul>
Équipes médicales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le personnel sera formé aux premiers secours.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'équipement médical nécessaire sera conservé dans la salle d'infirmerie.</li> </ul>

## RAPPORT TECHNIQUE

**10.4.4. RESSOURCES EXTERNES**

Les rôles et les responsabilités des ressources externes pouvant être requises lors d'une situation d'urgence, incluant le matériel d'intervention d'urgence, sont détaillés au tableau 34. Chaque intervenant externe sera consulté pour s'assurer que la planification d'urgence de l'exploitant du terminal s'harmonise avec les plans, les exigences et les ressources municipales disponibles.

**TABLEAU 34 - RESSOURCES EXTERNES D'INTERVENTION D'URGENCE**

<b>Service d'urgence</b>	<b>Rôles et responsabilités</b>	<b>Équipement</b>
Service de police	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Définir un périmètre de sécurité autour des installations</li> <li>• Établir un contrôle du trafic et de la foule</li> <li>• Assurer l'évacuation du public, si requis.</li> <li>• Sécuriser la zone d'intervention d'urgence pour y enquêter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Système d'annonce au public</li> </ul>
Service d'incendie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lutte contre l'incendie, si requis.</li> <li>• Sauvetage</li> <li>• Communication avec les services d'incendie des municipalités avoisinantes</li> <li>• Soutien à la communication des risques au public</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Équipements de lutte contre l'incendie</li> <li>• Matériel de sauvetage</li> </ul>
Garde côtière canadienne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surveiller et intervenir lors de déversements dans le domaine maritime</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gamme complète d'équipement de contrôle de la pollution maritime</li> </ul>
Ambulance	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soins paramédicaux</li> <li>• Informer l'hôpital du nombre de blessés</li> <li>• Établir un poste médical temporaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambulances</li> <li>• Unités et fournitures médicales</li> </ul>

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

**10.4.5. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS DU QUÉBEC**

En général, Urgence-Environnement intervient en fournissant des conseils techniques. Au Québec, chaque municipalité est responsable de l'intervention d'urgence dans les limites de son territoire. Urgence-Environnement garantit que toutes les mesures adéquates sont suivies afin de protéger l'environnement. Lors d'une urgence environnementale majeure, l'intervention du gouvernement est coordonnée par la Direction générale de la Sécurité et de la Prévention du Québec. Urgence-Environnement peut demander l'assistance de certaines organisations, lorsque c'est nécessaire :

- Sécurité civile du Québec
- Services municipaux de police
- Sûreté du Québec
- Services de prévention incendie
- Services médicaux
- Environnement Canada
- Transport Canada
- Garde côtière canadienne
- Autorités portuaires
- Entreprises privées

**10.4.6. ENVIRONNEMENT CANADA**

Environnement Canada a la responsabilité, au niveau fédéral, de fournir des conseils techniques et scientifiques ainsi que de soutenir les premiers intervenants dans une situation d'urgence. Environnement Canada doit être avisé si une fuite se produisait conformément aux exigences du Règlement fédéral sur les urgences environnementales. Le service propose soutien et conseils tous les jours de la semaine, de jour comme de nuit, grâce au Centre national des urgences environnementales situé à Gatineau, au Québec.

**10.4.7. CANUTEC**

Les scientifiques de CANUTEC, grâce au réseau d'information informatisé auquel ils accèdent, ainsi qu'à leur expérience et leurs connaissances professionnelles, peuvent fournir des conseils immédiats et recommander des actions à suivre ou à éviter lors d'urgences liées à des matières dangereuses.

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

Prenant en considération les caractéristiques des matières dangereuses en cause et les conditions particulières sur le site de l'urgence, CANUTEC peut fournir des conseils immédiats sur :

- les propriétés chimiques, physiques et toxicologiques des matières dangereuses ainsi que leurs incompatibilités ;
- les dangers liés à la santé et les premiers soins ;
- les dangers liés à un incendie, à une explosion, à un déversement ou à une fuite ;
- les mesures correctives pour la protection de la vie, des biens et de l'environnement ;
- les distances d'évacuation ;
- les vêtements de protection personnelle et la décontamination.

Le personnel de CANUTEC ne se déplace pas sur les lieux d'un incident. Des conseils et des informations sont fournis par un service téléphonique d'urgence offert jour et nuit.

**10.4.8. MÉTHANIER**

Le méthanier dispose d'un plan d'urgence du navire contre la pollution par les hydrocarbures (SOPEP), en accord avec les exigences de l'Organisation maritime internationale (OMI) et de la Convention internationale de 1973 pour la prévention de la pollution par les navires (MARPOL). Le SOPEP s'étend au-delà d'une mesure destinée à éviter les déversements en cours d'exploitation. Il inclut des directives permettant d'aider le commandant à suivre la procédure en cas de déversement majeur.

Conformément aux exigences de l'OMI, le plan comprend au minimum les mesures suivantes :

- La procédure devant être suivie par le commandant, ou une autre personne responsable du navire, afin de signaler un incident de pollution ;
- Une liste des autorités ou des personnes à contacter lors d'un incident de pollution ;
- Une description détaillée des actions à prendre immédiatement par l'équipage à bord afin de diminuer ou de contrôler le déversement du polluant ;
- La procédure et le point de contact sur le navire pour coordonner les activités à bord avec celles des autorités locales et nationales, dans le but d'endiguer le polluant.

En plus, un document commun terre-navire sera préparé pour faire le lien entre les plans des mesures d'urgence des méthaniers et du terminal méthanier. Il y aura un document spécifique à chaque méthanier. Le document de transition doit être révisé et approuvé par la direction du terminal méthanier avant l'arrivée du navire. Ce document commun doit détailler les questions de gestion des urgences et de protection civile, telles que la

## RAPPORT TECHNIQUE

hiérarchisation des procédures, des rôles et des responsabilités, les liens de communication et d'autorité ainsi que les coordonnées des personnes qui doivent être avisées.

## 10.5. Ressources d'intervention d'urgence

Basé sur la planification préliminaire des urgences (voir l'annexe 5), le tableau 35 détaille les équipes d'intervention requises pour les situations d'urgence liées au terminal. Le nombre d'employés et l'efficacité de chaque équipe d'intervention seront vérifiés grâce à des exercices (voir section 10.9).

TABLEAU 35 - ÉQUIPES D'INTERVENTION REQUISES EN FONCTION DES SCÉNARIOS D'URGENCE

Scénarios d'urgence	Équipes internes		Équipes externes			
	Lutte anti-incendie	Médicale	Incendie	Police	Gardes-côtes	Ambulance
<b>Déversement et fuite de substances dangereuses</b> - GNL à l'intérieur des limites des installations	X	X	X	X	X	X
<b>Déversement et fuite de substances dangereuses</b> - Gaz naturel à l'intérieur des limites des installations	X	X	X	X		X
<b>Incendie et explosion de substances dangereuses</b> - Inflammation de GNL et gaz naturel à l'intérieur des limites des installations	X	X	X	X	X	X
<b>Tremblement de terre</b>	X	X	X	X	X	X
<b>Accident de transport</b>		X	X	X	X	X
<b>Terrorisme</b>	X	X	X	X	X	X
<b>Conditions météorologiques extrêmes</b>	X	X	X	X	X	X

## 10.6. Planification des urgences

### 10.6.1. GÉNÉRALITÉS

Cette section détaille le processus de planification des urgences (EPA) suivi afin de garantir que des mesures d'urgence adéquates ont été mises en place pour les installations du terminal méthanier Rabaska. Les étapes principales du processus sont illustrées à la figure 18.

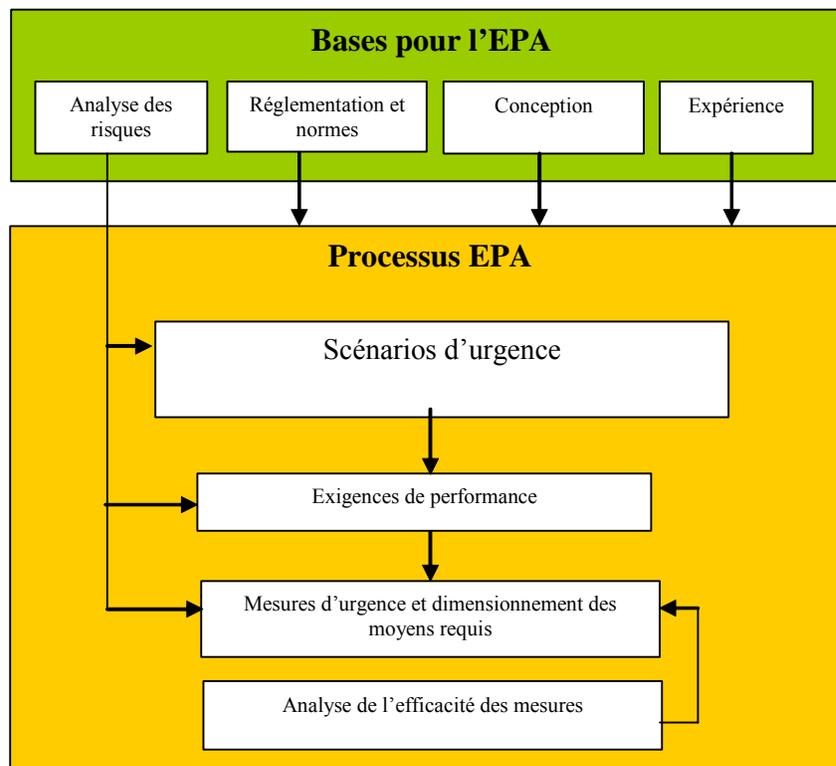


FIGURE 18 - PROCESSUS DE LA PLANIFICATION DES URGENCES

Ce processus systématique, servant à planifier les situations d'urgence, est constitué des éléments principaux suivants :

- 1) Identification des scénarios d'urgence ;
- 2) Établissement des actions requises et des objectifs de performance (exigences de performance) ;
- 3) Identification des procédures et des équipements d'urgence (mesures d'urgence) qui correspondent aux exigences.

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

La planification des urgences est évaluée pour chacune des cinq phases suivantes :

- 1) **Alerte** : Garantir une mobilisation efficace de toutes les ressources pertinentes aux situations d'urgence.
- 2) **Limitation du danger** : Mettre en place des mesures de protection, lorsqu'une situation dangereuse se produit, afin d'éviter qu'elle se transforme en accident ou, lorsqu'un accident se produit, afin de limiter les conséquences.
- 3) **Sauvetage** : S'assurer que les personnes manquantes sont retrouvées, que les premiers secours sont administrés aux blessés et que ces derniers sont en sécurité dans un endroit où ils peuvent être soignés par le service médical.
- 4) **Évacuation** : Emmener l'ensemble du personnel dans un endroit sécuritaire, et ce, d'une manière sécuritaire et organisée.
- 5) **Normalisation** : Emmener le personnel blessé à l'hôpital pour qu'il y reçoive un traitement et des soins, remettre l'environnement en bon état, réparer les dommages aux installations et reprendre les opérations.

Chaque phase est visée par un certain nombre d'exigences de performance qui doivent être prises en compte dans la gestion des situations d'urgence.

L'annexe 5 contient des registres préliminaires de la planification des urgences, incluant pour chaque scénario d'urgence et pour chaque phase d'urgence :

- les exigences de performance (actions requises et objectifs de performance) ;
- les mesures d'urgence (procédures et équipements d'urgence) permettant de réaliser ces actions et de remplir ces objectifs.

#### **10.6.2. SCÉNARIOS D'URGENCE**

Les scénarios d'urgence sont des événements spécifiques, avec une portée et des conséquences connues, et qui doivent être adressés dans la planification des urgences. Ces scénarios ont été identifiés au moyen de l'analyse de risque, tel que recommandé dans la norme CAN/CSA-Z731-03 « Planification des mesures et interventions d'urgence » (réf. /4/). Toutes les exigences concernant la planification des urgences ont été définies en considérant ces scénarios. Les scénarios d'urgence associés au terminal Rabaska sont détaillés dans le tableau 36.

## RAPPORT TECHNIQUE

**TABLEAU 36 - SCÉNARIOS D'URGENCE LIÉS AU TERMINAL RABASKA**

N°	Scénarios d'urgence
01	Déversement et fuite de substances dangereuses – GNL à l'intérieur des limites des installations
02	Déversement et fuite de substances dangereuses – Gaz naturel à l'intérieur des limites des installations
03	Incendie et explosion de substances dangereuses – GNL et gaz naturel à l'intérieur des limites des installations
04	Tremblements de terre
05	Accident de transport
06	Terrorisme
07	Conditions météorologiques exceptionnelles

**10.6.3. EXIGENCES DE PERFORMANCE**

Des exigences de performance, c'est-à-dire des actions requises et des objectifs de performance, ont été définies afin de fournir un point de référence pour la planification des urgences. Des exigences de performance sont définies pour chaque scénario d'urgence inscrit au tableau 36.

Toutes les exigences de performance ont été établies en tenant compte des éléments suivants :

- 1) Règlements et normes ;
- 2) Expérience (tirée des projets précédents) ;
- 3) Exigences identifiées à partir de l'analyse des risques ;
- 4) Spécification de conception du projet.

**10.6.4. MESURES D'URGENCE**

Les procédures et équipements d'urgence sont les moyens mis en place pour que les situations d'urgence soient évitées ou que leurs conséquences soient réduites grâce à une intervention efficace.

Pour chaque scénario d'urgence, les procédures et les équipements prévus pour les phases d'alerte, de limitation du danger, de sauvetage, d'évacuation et de normalisation sont détaillés à l'annexe 5.

Les paragraphes suivants présentent un résumé de ces procédures et équipements, lesquels ont été systématiquement identifiées pendant l'analyse des risques et la planification des urgences.

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

**Procédures d'urgence**

Les procédures d'urgence décrivent les actions destinées à gérer les urgences, en spécifiant les éléments suivants :

- Détection du danger et alarme ;
- Mise en place de l'EMT ;
- Procédures d'alerte (interne et externe) ;
- Procédures de sauvetage et d'évacuation ;
- Intervention des équipes d'urgence (incendie, premiers secours, etc.) ;
- Manipulation des équipements de sauvetage (treuils, civières, etc.) ;
- Formation aux premiers secours et à la lutte contre l'incendie ;
- Établissement de périmètres de sécurité ;
- Procédures de normalisation et de réparation ;
- Tirer les leçons des incidents, y compris les causes, les interventions et la prévention futures ;
- Notification d'évacuation des résidants ;
- Intégration et mise à jour de l'information sur les centres d'évacuation municipaux dans les procédures de planifications des urgences ;
- Exercices de préparation aux situations d'urgence.

**Équipements d'urgence relatifs au GNL**

Certains équipements prévus pour répondre aux situations d'urgence associées aux relâchements de GNL sont décrits ci-dessous :

- Détection de gaz et de déversement froid ;
- Détecteurs de basse température ;
- Détecteurs de température à senseurs (DTS) reliés par fibre optique ;
- Supervision permanente des opérations de déchargement ;
- Affichages de la salle de contrôle ;
- Arrêts d'urgence automatiques (ESD) ;
- Cuvette de rétention des fuites et systèmes de drainage ;
- Protection de tous les équipements et structures exposés au GNL liquide par un matériau de protection contre les éclaboussures de froid ;

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

- Équipements de protection personnels contre les expositions au GNL ;
- Systèmes de déluge d'eau ;
- Systèmes de gicleurs ;
- Rideaux d'eau ;
- Systèmes d'extinction à mousse à haut foisonnement.

**Équipements d'urgence relatifs au gaz naturel**

Certains équipements prévus pour répondre aux situations d'urgence associées aux relâchements de gaz naturel sont décrits ci-dessous :

- Détecteurs de gaz combustible capables de déclencher l'alarme à deux niveaux, faible et élevé ;
- Instrumentation de basse pression ;
- Détecteurs de gaz situés aux sources potentielles de fuite, comme les pompes, les vannes, les regazéificateurs à combustion submergée et les compresseurs de gaz d'évaporation, ou près des équipements sensibles, tels les entrées de ventilation et des unités d'azote, ainsi que les entrées d'air des regazéificateurs à combustion submergée ;
- Détecteurs de fumée ;
- Détecteurs de flamme ;
- Détecteurs de chaleur ;
- Bornes d'appel pour donner l'alarme manuellement ;
- Systèmes d'arrêt d'urgence automatique (ESD) ;
- Systèmes de déluge d'eau pulvérisée ;
- Systèmes de gicleurs ;
- Rideaux d'eau ;
- Équipements portatifs de lutte contre l'incendie et réseau d'eau d'incendie avec pompes ;
- Lances-moniteurs ;
- Bornes-fontaines du réseau d'extinction d'incendie ;
- Extincteurs d'incendie portatifs ;
- Unités de lutte contre les incendies avec poudre sèche ;

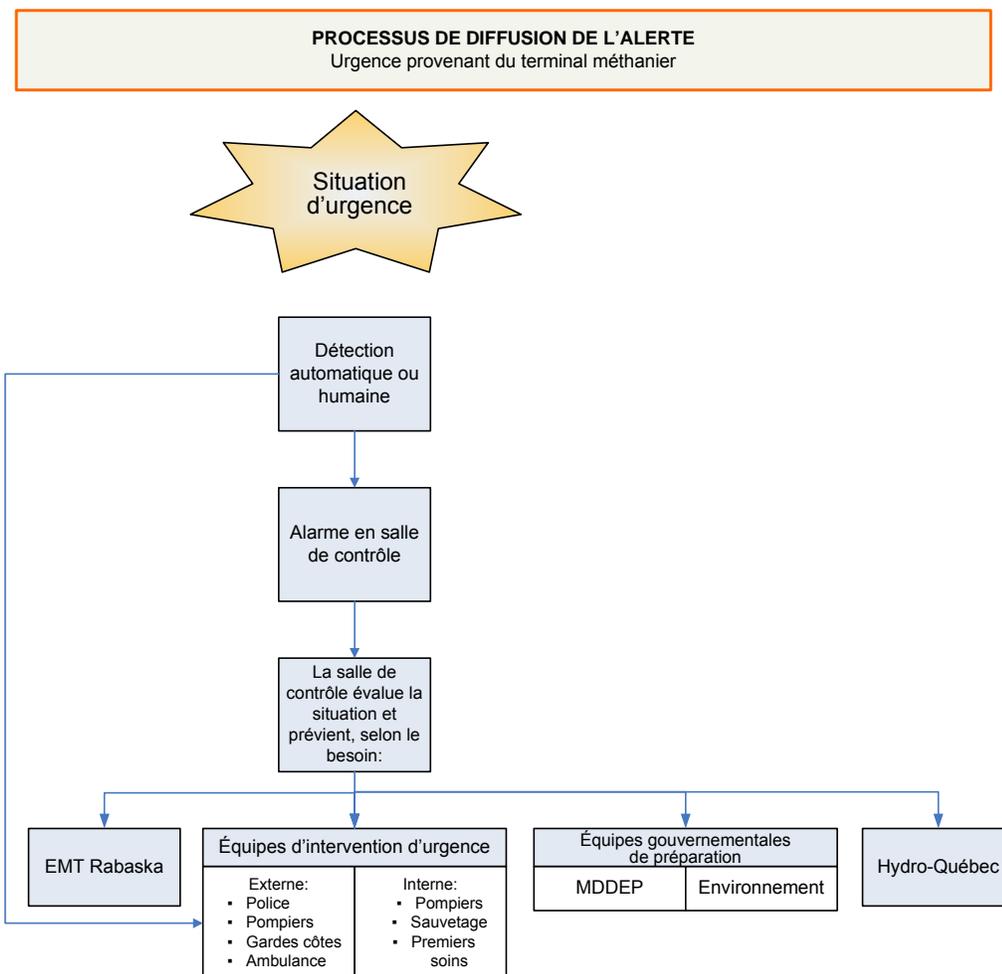
## RAPPORT TECHNIQUE

- Protection passive contre l'incendie servant à minimiser les possibilités d'effondrement des charpentes d'acier comportant des matières inflammables.

L'efficacité des procédures et des équipements mentionnés ci-dessus sera finalement vérifiée au cours d'exercices (voir section 10.9).

## 10.7. Interventions d'urgence

Des organigrammes du processus de diffusion de l'alerte seront développés pour chaque situation d'urgence détaillée dans la section 10.6.2. La figure 19 décrit la méthode générale de diffusion de l'alerte.



**FIGURE 19 - PROCESSUS DE DIFFUSION DE L'ALERTE**

## RAPPORT TECHNIQUE

Le tableau 37 donne un exemple sommaire du déroulement d'une intervention d'urgence pour une fuite de gaz naturel. Cet exemple est montré à l'aide d'un scénario minute par minute qui indique la chronologie et la responsabilité des actions à entreprendre lors de l'urgence. Les durées seront testées et précisées lors de la préparation du plan des mesures d'urgence final et des exercices, tel que le précise la section 10.9.

**TABLEAU 37 - SCÉNARIO MINUTE PAR MINUTE POUR UNE INTERVENTION D'URGENCE EN CAS DE FUITE DE GAZ NATUREL**

Début	Fin	Durée (min)	Responsable	Action
0	2	2	Salle de contrôle des installations	Détection et évaluation de l'urgence
2	2	4	Salle de contrôle des installations	Activation des ESD
2	10	8	Personnel du site	Première intervention d'urgence par les travailleurs (pas nécessairement par les équipes d'intervention désignées)
2	-	-	Salle de contrôle des installations	Alarme sonore
2	20	18	Personnel du site	Évacuation, rassemblement et enregistrement
2	3	1	Salle de contrôle des installations	Prévenir l'EMT de Rabaska
3	4	1	Salle de contrôle des installations	Prévenir le méthanier (s'il est présent)
4	5	1	Salle de contrôle des installations	Composer le 911 ou utiliser la ligne téléphonique dédiée aux urgences
5	6	1	Salle de contrôle des installations	Prévenir le MDDEP
6	7	1	Salle de contrôle des installations	Prévenir Environnement Canada
7	8	1	Salle de contrôle des installations	Prévenir Hydro-Québec
5	10	5	911	Prévenir les services externes d'urgence (police, pompiers, ambulance, etc.)
10	45	30	Équipes d'urgence des installations	Intervention (générateurs à mousse chimique, etc.)
17	32	15	Équipes d'urgence des installations	Évacuation du personnel non essentiel et des blessés
20	25	5	Service de police	Arrivée sur les lieux
25	45	20	Service de police	Établissement d'un périmètre de sécurité
20	25	10	Équipes externes d'incendie	Arrivée sur les lieux
25	85	60	Équipes externes d'incendie	Intervention
20	25	5	Ambulanciers	Arrivée sur les lieux
25	85	60	Ambulanciers	Prise en charge des blessés
20	25	5	MDDEP	Arrivée sur les lieux
25	85	60	MDDEP	Surveillance

## **10.8. Programme de liaison des services d'urgence**

Un coordonnateur, responsable du développement et de la gestion du programme de liaison des services d'urgence, sera choisi. Le coordonnateur consultera les organismes externes en établissant le plan de mesures d'urgence final, incluant la police, les pompiers et les services d'ambulance ainsi que le service des mesures d'urgence de la municipalité et les fournisseurs de service médical. Cela sera effectué afin de garantir que la planification des urgences au terminal Rabaska est complète, précise et en conformité avec la planification municipale.

## **10.9. Exercices en intervention d'urgence**

Une programmation des exercices sera mise en place. Cette procédure sera effectuée annuellement et aboutira au développement d'un programme qui fournit :

- Un calendrier des exercices pour l'année civile suivante, accompagné d'une description de chaque exercice (c'est-à-dire une recommandation sur les exigences fondamentales et sur la portée de l'exercice) ;
- Une prévision des exercices pour les années à venir.

Des exercices réguliers et bien planifiés sont le moyen le plus efficace de réussir à améliorer de manière significative et mesurable la capacité d'intervention d'urgence et le niveau de préparation d'une organisation.

Des exercices réguliers permettent au personnel d'intervention de se connaître et de travailler ensemble en améliorant leur compétence collective et individuelle, sur les plans des techniques et de leur capacité. Effectuer des exercices réguliers permet également de valider ou de prouver l'efficacité opérationnelle des interventions d'urgence, du matériel et des procédures. Suite à un exercice, les lacunes ou les faiblesses sur l'ensemble d'une procédure d'intervention seront identifiées et les mesures correctives nécessaires seront mises en place.

Des exercices administratifs et opérationnels seront effectués. Les exercices administratifs, tels que la simulation sur maquette, seront généralement effectués à l'aide d'un ou deux représentants de chaque service, groupe et organisme d'intervention interne. L'accent sera mis sur la résolution de problèmes plutôt que sur la rapidité de prise de décision. Lors d'une simulation d'exercice sur maquette, les problèmes tels que l'attribution des ressources, les conflits de rôles ou de procédures et la familiarisation des nouveaux venus avec les opérations d'urgence peuvent être résolus sans subir la pression d'une urgence réelle ou les demandes importantes d'exercice à échelle réelle.

Les exercices opérationnels seront menés, y compris les exercices de communication et les exercices majeurs mettant à contribution des organismes d'intervention d'urgence et

---

**RAPPORT TECHNIQUE**

---

Rabaska, et exigeant le déploiement de toutes les ressources nécessaires pour vérifier le plan. Un exercice majeur sera tenu à chaque année, tel qu'exigé par le Règlement fédéral sur les urgences environnementales.

### **10.10. Information et instructions destinées au public**

Le public a le droit d'être informé des dangers auxquels il est exposé et de recevoir des informations pendant et après une situation d'urgence. L'information au public doit être documentée et diffusée avant qu'une urgence ne se produise. Avant la phase d'exploitation des installations, une rencontre sera organisée avec la population afin de discuter des points suivants :

- Les dangers liés aux installations, y compris les effets à court et long terme ;
- Le plan des mesures d'urgence ;
- Les systèmes de communication et d'avertissement ;
- Les options pour la protection (mise à l'abri sur place, évacuation, etc.) ;
- Qui contacter si un danger est perçu ;
- Qui contacter pour plus d'informations.

De plus, un dépliant couvrant les aspects ci-dessus sera distribué aux personnes qui habitent dans le secteur des installations.

## RÉFÉRENCES

- /1/ Paul Croteau et associés inc., 2003. Study of ice conditions at selected sites on the St.Lawrence River for the location of a LNG marine terminal. Projet 0117
- /2/ Manufacturing of 6101 Aluminium Alloy Trapezoidal Wire for Overhead Conductors
- /3/ Basic Heat Transfer, Frank Kreith and William Z. Black
- /4/ CAN/CSA-Z731-03 Planification des mesures et interventions d'urgence
- /5/ Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. Direction des évaluations environnementales. Directive pour le projet Rabaska - Implantation d'un terminal méthanier des infrastructures connexes. 3211-04-39. Mai 2004
- /6/ UK Health and Safety Executive Board (HSE)
- /7/ DNV Risknet, Internal Database
- /8/ Conseil canadien des accidents industriels majeurs (CCAIM)
- /9/ Study performed by DNV for UK health and Safety Executive Board, 1990
- /10/ DNV Joint Sponsor project, Reference to Eagle Lyon Pope assessment fo Loyds List and SIGTTO data for 1964-1996 with 49600 port calls
- /11/ Model Evaluation Report on UDM version 6.0, Ref. No. SMEDIS/00/9/E, Janvier 2002
- /12/ Guide - Analyse de risques d'accidents technologiques majeurs, Ministère de l'Environnement du Québec, Marie-Claude Théberge, juin 2002
- /13/ Directive pour la préparation de l'étude d'impact du projet Rabaska. Agence canadienne d'évaluation environnementale Mars 2005
- /14/ LNG marine Release Consequence Assessment, for Joint Sponsor Project, 16 juillet 2004, Project No. 70004197
- /15/ Reduction of LNG operator error and equipment failure rates, Topical Report, 20 avril 1990
- /16/ Consequences of LNG Marine Incidents, RM Pitblado, J Baik, G J Huges, C Ferro, S J Shaw
- /17/ ARF – Base de données confidentielle DNV, section 6 : Cross Country Pipelines
- /18/ ROCHE, 2004. Construction of a LNG Terminal on the Saint-Laurent. Pre-feasibility of the Jetty Component of the Project.

# ANNEXE

---

1

## IDENTIFICATION DES DANGERS

## 1 INTRODUCTION

L'identification des dangers pour le terminal de Rabaska a été menée par les personnes suivantes :

Nom	Poste	Entreprise
Delphine Cherel-Sparham	Directrice, Ingénierie	RABASKA
Olivier Denoux	Directeur, Sécurité et environnement	RABASKA
Carlos Prado	Directeur adjoint, Ingénierie	RABASKA
Jean Trudelle (présent en partie)	Directeur, Gazoduc et obtention de permis	RABASKA
Yves Comtois (présent en partie)	Directeur de projet – Étude d'impact sur l'environnement	SNC –Lavalin
Claude Côté	Environnement	SNC –Lavalin
Chris Bradley	Ingénierie HSE	MW Kellogg
Dilip Patel	Directeur des services d'ingénierie	MW Kellogg
Lynton Willcocks	Études de procédé	MW Kellogg
Hans Kristian Danielsen	Analyse des risques - Responsable HAZID	DNV
Stine U. Musæus	Analyse des risques - secrétaire HAZID	DNV

## 2 IDENTIFICATION DES DANGERS

L'identification des dangers est résumée dans les tableaux suivants. Le tableau 1 sur les installations terrestres de GNL, le tableau 2 sur la ligne de déchargement, le tableau 3 sur le bâtiment des pompes de surpression et le tableau 4 sur la jetée.

Dans le cadre de l'identification, les dangers potentiels sont décrits et suivis d'une liste de causes possibles. Cette liste ne répertorie pas toutes les causes potentielles, mais fait plutôt ressortir soit des causes typiques soit des questions soulevées lors de la réunion.

L'évaluation de la fréquence et des conséquences constitue une première estimation, qui est présentée plus en détail dans le rapport principal. Cette évaluation permet de déterminer si un danger sera étudié dans le cadre de l'évaluation quantitative ou fera simplement l'objet d'une évaluation qualitative. Les conclusions de l'examen préalable sont présentées sous « Inclus dans SAFETI » pour l'évaluation quantitative et sous « Traité dans l'EQR (évaluation qualitative des risques), mais non inclus dans SAFETI » pour l'évaluation qualitative.

**Tableau 1 - Identification des dangers dans le terminal**

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
<b>Terminal –Réservoirs de GNL</b>						
GNL.01	Accident d'avion ou d'aéronef	Petit aéronef en perte de contrôle	Improbable	Structure de béton endommagée, mais la résistance structurale reste intacte. Il est peu probable que l'aéronef pénètre dans le réservoir interne. L'aéronef absorbe la plupart de l'énergie de déformation. Peu de risques d'accident avec de plus gros aéronefs parce qu'il n'y a pas d'aéroport à proximité.	- Paroi du réservoir en béton. - Conçue pour résister à un missile de 110 kg à 160 km/h (corps de vanne de 4"), impactant à 90° la surface.	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
GNL.02	Séisme	Activité sismique	2,5 x 10 <sup>-3</sup> (Critères de conception du Canada)	Structure de béton endommagée, mais pas de perte de la résistance structurale.	- Conçu selon les Normes du Canada en matière de séisme.	Étude menée pour déterminer si les failles sont inactives. Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
GNL.03	Glissement de terrain	Identique à GNL.02		Identique à GNL.02		Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
GNL.04	Tassement différentiel	Sol instable	Improbable	Aucune défaillance catastrophique grâce à la détection avant qu'une fuite se déclare. Détection mise en place pour le suivi du tassement.	- Campagne géotechnique menée. - Radier du réservoir chauffé - Instruments de tassement mis en place.	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
GNL.05	Incendie externe	Autres incendies	Faible	L'aménagement de l'usine et les volumes ESD ne permettent pas un incendie, dont le niveau de rayonnement excède 32 kW/m <sup>2</sup> , pendant plus de deux heures. Il est donc peu probable que l'incendie se propage au réservoir de GNL lui-même. Propagation aux équipements du dôme du réservoir prévue dans SAFETI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le béton a été conçu pour résister à 32 kW/m<sup>2</sup> pendant deux heures sans déluge.</li> <li>- En cas d'incendie sur le dôme d'un réservoir, la distance au réservoir voisin prévient ce niveau de rayonnement.</li> <li>- Un système déluge d'eau a été installé pour protéger les équipements sur le toit du réservoir.</li> </ul>	Inclus dans SAFETI comme phénomène d'aggravation potentielle.
GNL.06		Incendie de forêt	Probable	Ne provoque pas un niveau de rayonnement pouvant endommager le réservoir du GNL.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il y a peu de végétation à proximité du réservoir. Le terminal est équipé de matériel de lutte contre l'incendie.</li> </ul>	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
GNL.07	Surpression	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Panne des compresseurs de gaz d'évaporation / panne de courant</li> <li>- Réception de GNL à température trop élevée</li> <li>- Réception trop rapide de GNL</li> <li>- Basculement de couches</li> </ul>	Doit être évaluée dans l'EQR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réservoir interne endommagé et possibilité de rejet important dans l'enceinte de béton.</li> <li>- Rejet dans l'atmosphère par les soupapes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soupapes.</li> <li>- Les distances de dispersion sont évaluées par rapport à la distance à la torchère.</li> <li>- Béton résistant à 32kW/m<sup>2</sup> pendant deux heures sans déluge.</li> <li>- En cas d'incendie sur le dôme d'un réservoir, la distance au réservoir voisin prévient ce niveau de rayonnement.</li> <li>- Un système de déluge d'eau a été installé pour protéger les équipements sur le toit du réservoir.</li> <li>- Système d'extinction à l'azote pour les petits rejets ou système d'extinction à poudre.</li> </ul>	Inclus dans SAFETI

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
GNL.08	Dépression	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volumes émis ne sont pas compensés.</li> <li>- Perte du système d'expédition de gaz</li> <li>- Système casse-vide qui ne s'ouvre pas.</li> </ul>	Improbable	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réservoir interne endommagé et possibilité de rejet important dans la structure de béton.</li> <li>- Rejet dans l'atmosphère par les soupapes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fermeture des compresseurs de gaz d'évaporation</li> <li>- Injection de gaz</li> <li>- Soupapes casse-vide</li> </ul>	Impossible d'obtenir une entrée d'air suffisante pour produire un mélange dans les limites inflammables. Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
GNL.09	Explosion externe	Ignition de fuites produites dans d'autres parties confinées du site	Doit être évaluée dans l'EQR	Structure de béton endommagée, mais aucune perte de résistance structurale grâce à l'espacement des installations et à la résistance structurale. Peu probable que l'explosion pénètre dans le réservoir interne.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conçu pour résister à un missile de 110 kg à 160 km/h (corps de vanne de 4"), impactant à 90° la surface.</li> <li>- Distances entre équipements</li> <li>- Conception pour une surpression de 0.2 bar.</li> </ul>	Inclus dans SAFETI comme phénomène d'aggravation potentielle.
GNL.10	Sur-remplissage	Niveau du liquide mal mesuré pendant le déchargement	Doit être évaluée dans l'EQR	Entrée de GNL dans l'espace d'isolation, provoquant une augmentation de la pression, due à la vaporisation de GNL dans l'espace d'isolation.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trois dispositifs indépendants de contrôle du niveau couplés aux arrêts d'urgence</li> <li>- Procédures d'exploitation.</li> <li>- Dispositifs de mesure du niveau avec alarmes.</li> </ul>	Inclus dans SAFETI
GNL.11	Foudre		Fréquente	Dispositifs d'instrumentation endommagés Source potentielle d'inflammation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réseau de mise à la terre</li> </ul>	Inclus dans la probabilité d'inflammation utilisée dans SAFETI
GNL.12	Basculement de couches	Stratification due au remplissage d'une autre qualité de GNL	Très faible	Augmentation soudaine du débit de gaz d'évaporation Surpression	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dispositifs de remplissage</li> <li>- Contrôle de la densité</li> <li>- Procédure d'exploitation</li> </ul>	Inclus dans SAFETI

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
GNL.13	Chute d'objet dans un réservoir	Défaillance des opérations de levage pendant l'entretien des pompes immergées dans le réservoir.	Pas évaluée parce que sans conséquence grave	Fond du réservoir endommagé. Les objets échappés dans le réservoir seront dans une atmosphère saturée en gaz et ainsi bien au-delà de la LSI. Aucune conséquence grave pour une tierce partie.	- Procédure de travail - Conception des puits	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
GNL.14	Chute d'objet sur le couvercle d'un réservoir	Défaillance des opérations de levage pendant l'entretien des pompes d'un réservoir.	Doit être évaluée dans l'EQR	Impact sur les équipements du toit du réservoir et rejet dans l'atmosphère	- Procédure de travail - Conception du dôme (coupole en acier protégée par du béton)	
GNL.15	Refroidissement trop rapide pendant la mise en service	Mauvaise opération pendant la procédure de mise en service.	Très faible	Réservoir endommagé	- Procédure de mise en service	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
GNL.16	Perte du chauffage des fondations	Panne de courant	Improbable	Probablement sans gravité, apparaît lentement et probablement découvert à temps	- Redondance - Contrôle de température	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
GNL.17	Effondrement des lignes HQ	Lignes prises en glace	Apparaît occasionnellement	Improbable que les réservoirs soient touchés à cause de l'espacement	- Distance entre les réservoirs et les lignes HQ	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
GNL.18	Faible pression hydrostatique	Réservoirs trop vidés		Structure du réservoir endommagée	- Contrôle de niveau - Talon de GNL maintenu en tout temps au fond des réservoirs	Inclus dans SAFETI
GNL.19	Dégradation de la structure de béton	Aucun ou mauvais contrôle pendant la construction	Improbable	Structure de béton endommagée, mais sans affecter l'intégrité de la structure. Peut provoquer une défaillance du confinement dans le réservoir interne.	- Contrôle de la phase de construction - Inspections	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
GNL.20	Inondation	Cuvettes des réservoirs remplies	Pas évaluée parce que sans conséquence grave	Ne pose aucun danger pour l'intégrité du réservoir Le système de chauffage du fond du réservoir est submersible et imperméable	- Inspections	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
<b>Terminal - Compresseurs de gaz d'évaporation (BOG)</b>						
GNL.21	Explosion	Fuite d'hydrocarbure (HC) en milieu confiné. Sources d'inflammation	Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz	- Détection d'incendie et de gaz - Ventilation du bâtiment - Mesures de prévention de l'inflammation.	Panneau anti-explosion à considérer
GNL.22	Incendie	Fuite d'HC Sources d'inflammation	Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront incluses dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz	- Détection d'incendie et de gaz - Matériel d'incendie	Protection externe contre l'incendie à évaluer.
GNL.23	Chute d'objet	Systèmes de levage avec grues	Doit être incluse à la fréquence des fuites de gaz	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz	- Procédure de travail	
GNL.24	Fuite de gaz	Refoulement bloqué	Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz	- Alarmes - Soupapes	
GNL.25	Incendie provoqué par les lubrifiants	Surchauffe		La possibilité de propagation sera étudiée.	- Détection d'incendie et de gaz	
GNL.26	Accumulation de neige sur le toit du bâtiment	Chutes de neige plus importantes que les critères de dimensionnement des bâtiments	Peu probable	Matériel ou accessoires endommagés (raccordements des instruments, etc.) pouvant provoquer des rejets.	- Bâtiments construits selon le Code national du bâtiment du Canada - Procédures opérationnelles pour enlever la neige des toits lors de conditions extrêmes	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
GNL.27	Séisme	Voir GNL.02	Voir GNL.02	Voir GNL.02	- Voir GNL.02	

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
GNL.28	Explosion externe	Explosion dans des zones confinées pouvant impacter les compresseurs BOG	Doit être évaluée dans l'EQR	Propagation vers d'autres zones incluse dans l'évaluation SAFETI	-	Protection contre les explosions externes à évaluer
GNL.29	Aspiration de GNL		Doit être évaluée dans l'EQR comme incluse dans la fréquence générique des compresseurs	Voir GNL.24	- Séparateur - Alarmes de niveau	
<b>Regazéifieurs à combustion submergée (SCV)</b>						
GNL.30	Explosion	Défaillance des tubes provoquée par une mauvaise opération pendant la mise en route	Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz	- Détecteurs d'incendie	
GNL.31	Explosion dans le bâtiment	Applicable si les vaporiseurs sont dans un bâtiment	Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz	- Détecteurs d'incendie	Solution des vaporiseurs en bâtiment non retenue
GNL.32	Incendie		Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz	- Détecteurs d'incendie	
GNL.33	Chute d'objet	Applicable si les vaporiseurs sont dans un bâtiment	Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz		Solution des vaporiseurs en bâtiment non retenue

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
GNL.34	Fuite de gaz	Corrosion externe pouvant être problématique dans le faisceau tubulaire (le tube lui-même ou un raccord) Source d'inflammation potentielle au niveau des vaporiseurs	Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz	- Détection de gaz dans les ventilateurs - Détecteurs d'incendie de gaz	
GNL.35	Surpression	Blocage du GNL dans un vaporiseur		Possibilité d'endommagement des tubes	- Soupape de surpression collectée vers la torchère	
GNL.36	Accumulation de neige sur le toit du bâtiment	Applicable si les vaporiseurs sont dans un bâtiment Voir GNL.26	Voir GNL.26	Voir GNL.26	- Voir GNL.26	Solution des vaporiseurs en bâtiment non retenue
GNL.37	Séisme	Voir GNL.02	Voir GNL.02	Voir GNL.02	- Voir GNL.02	
GNL.38	Explosion externe	Explosion dans des zones confinées pouvant impacter les vaporiseurs	Doit être évaluée dans l'EQR	Propagation vers d'autres zones incluse dans l'évaluation SAFETI		
GNL.39	Incendie externe	Incendie dans des zones pouvant impacter les vaporiseurs	Doit être évaluée dans l'EQR	Propagation vers d'autres zones incluse dans l'évaluation SAFETI	-	

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
GNL.40	Passage de GNL vers l'aval des vaporiseurs	Température de l'eau trop faible à cause d'une panne de brûleur ou d'autres causes	On présume que la tuyauterie sera en acier cryogénique sur une longueur critique en aval des vaporiseurs, les fuites seront donc peu fréquentes. Aucune quantification dans l'EQR	Rupture fragile des tuyaux d'expédition provoquant une fuite	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôle de la température</li> <li>- Tuyauterie en acier cryogénique sur une longueur suffisante en aval des vaporiseurs (longueur à déterminer)</li> </ul>	
GNL.41	Déversement de soude caustique (danger pour le personnel)				-	Danger pour le personnel non évalué dans l'EQR
<b>Terminal – Recondenseur</b>						
GNL.42	Explosion	Fuite d'HC en milieu confiné. Sources d'inflammation	Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SA-FETI avec les incendies et fuites de gaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Détection d'incendie et de gaz</li> <li>- Système d'eau incendie</li> <li>- Protection passive des supports contre l'incendie</li> </ul>	
GNL.43	Incendie	Fuite d'HC en milieu confiné. Sources d'inflammation	Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SA-FETI avec les incendies et fuites de gaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Détection d'incendie et de gaz</li> <li>- Système d'eau incendie</li> <li>- Protection passive des supports contre l'incendie</li> </ul>	
GNL.44	Fuite de gaz ou de GNL	Surpression	Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SA-FETI avec les incendies et fuites de gaz	- Cuvette de rétention en cas de fuite de GNL	Volume de 60 m <sup>3</sup>
GNL.45	Séisme	Voir GNL.02	Voir GNL.02	Voir GNL.02	Voir GNL.02	

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
GNL.46	Explosion externe	Explosion dans des zones confinées pouvant impacter le recondenseur	Doit être évaluée dans l'EQR	Propagation vers d'autres zones incluse dans l'évaluation SAFE-TI		Aucune disposition particulière pour ce danger
GNL.47	Incendie externe	Incendie dans la cuvette de rétention de la zone procédé Incendie dans des zones pouvant impacter le recondenseur	Doit être évaluée dans l'EQR	Propagation vers d'autres zones incluse dans l'évaluation SAFE-TI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protection passive contre l'incendie</li> <li>- Système de déluge d'eau</li> <li>- Générateur de mousse dans la cuvette de rétention</li> </ul>	
<b>Terminal - Désurchauffeur des gaz d'évaporation</b>						
GNL.48	Explosion	Fuite d'HC en milieu confiné. Sources d'inflammation	Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFE-TI avec les incendies et fuites de gaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Détection d'incendie et de gaz</li> <li>- Système d'eau incendie</li> <li>- Protection passive des supports contre l'incendie</li> </ul>	
GNL.49	Incendie	Fuite d'HC. Sources d'inflammation	Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFE-TI avec les incendies et fuites de gaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Détection d'incendie et de gaz</li> <li>- Système d'eau incendie</li> <li>- Protection passive des supports contre l'incendie</li> </ul>	
GNL.50	Fuite de gaz ou de GNL		Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFE-TI avec les incendies et fuites de gaz	- Cuvette de rétention en cas de fuite de GNL	Volume 60 m <sup>3</sup>
GNL.51	Fuite de gaz interne	Défaillance des tubes		Entrée de GNL HP dans le système basse pression de gaz d'évaporation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- À étudier pendant l'ingénierie. Ou soupape, ou conception pour la haute pression.</li> <li>- Produit propre et non corrosif.</li> <li>- Contrôle de la fabrication.</li> </ul>	
GNL.52	Séisme	Voir GNL.02	Voir GNL.02	Voir GNL.02	Voir GNL.02	

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
GNL.53	Explosion externe	Explosion dans des zones confinées pouvant impacter le désurchauffeur de BOG	Doit être évaluée dans l'EQR	Propagation vers d'autres zones incluse dans l'évaluation SAFE-TI		Aucune provision spéciale pour ce danger
GNL.54	Incendie externe	Incendie dans la cuvette de rétention Incendie dans des zones pouvant impacter le désurchauffeur de BOG	Doit être évaluée dans l'EQR	Propagation vers d'autres zones incluse dans l'évaluation SAFE-TI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protection passive contre l'incendie</li> <li>- Système de déluge d'eau</li> <li>- Générateur de mousse dans la cuvette de rétention</li> </ul>	
<b>Pompes HP</b> (Pompes centrifuges verticales multi-étages en baril (semblable aux pompes de surpression) moteurs entièrement submergés, pression normale de fonctionnement de 105-110 bar)						
GNL.55	Explosion en milieu confiné	Important uniquement si se produit dans le bâtiment	Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFE-TI avec les incendies et fuites de gaz		
GNL.56	Incendie		Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFE-TI avec les incendies et fuites de gaz		
GNL.57	Chute d'objet	Systèmes de levage avec grues	Incluse dans la fréquence de fuite de gaz	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFE-TI avec les incendies et fuites de gaz	- Procédure de travail	
GNL.58	Fuite de GNL		Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFE-TI avec les incendies et fuites de gaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Détection d'incendie et de gaz</li> <li>- Cuvette de rétention</li> </ul>	
GNL.59	Accumulation de neige sur le toit des bâtiments	Important uniquement si se produit dans le bâtiment Voir GNL.26	Voir GNL.26	Voir GNL.26	Voir GNL.26	Voir GNL.26

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
GNL.60	Séisme	Voir GNL.02	Voir GNL.02	Voir GNL.02	Voir GNL.02	
GNL.61	Explosion externe	Explosion dans des zones confinées pouvant impacter les pompes	Doit être évaluée dans l'EQR	Propagation vers d'autres zones incluse dans l'évaluation SAFETI		
GNL.62	Incendie externe	Incendie dans la cuvette de rétention Incendie dans des zones pouvant impacter les pompes	Doit être évaluée dans l'EQR	Propagation vers d'autres zones incluse dans l'évaluation SAFETI		
<b>Dispositifs d'expédition et poste de comptage</b> (la limite entre le gazoduc et les installations du terminal se trouve à l'entrée du lanceur de piston racleur)						
GNL.63	Explosion	Rejet dans l'abri de l'instrumentation Sources d'inflammation	Doit être évaluée dans l'EQR	Aucune conséquence grave pour une tierce partie. Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI		
GNL.64	Incendie	Fuite d'HC Sources d'inflammation	Doit être évaluée dans l'EQR	Feu de jet dirigé vers les lignes de transport d'énergie. Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI	- Arrêt d'urgence (arrêt manuel, volume limité, courte durée)	
GNL.65	Fuite de gaz		Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz		
GNL.66	Séisme	Voir GNL.02	Voir GNL.02	Voir GNL.02	Voir GNL.02	
GNL.67	Explosion externe	Explosion dans des zones confinées pouvant impacter les équipements d'expédition	Doit être évaluée dans l'EQR	Propagation vers d'autres zones incluse dans l'évaluation SAFETI		

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
GNL.68	Incendie externe	Incendie dans des zones pouvant impacter les équipements d'expédition	Doit être évaluée dans l'EQR	Propagation vers d'autres zones incluse dans l'évaluation SAFE-TI		
<b>Canalisations entre les équipements (GNL, gaz, toute tuyauterie hors-sol)</b>						
GNL.69	Explosion	Les canalisations de la zone procédé sont dans une zone congestionnée Sources d'inflammation	Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz		
GNL.70	Incendie	Fuite d'HC Sources d'inflammation	Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz		
GNL.71	Fuite de gaz		Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz		
GNL.72	Fuite de GNL		Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz	- Cuvette de rétention de la zone procédé - Minimiser l'utilisation de brides et de raccords de petit diamètre	
GNL.73	Séisme	Voir GNL.02	Voir GNL.02	Voir GNL.02	Voir GNL.02	
GNL.74	Explosion externe	Explosion dans des zones confinées pouvant impacter la tuyauterie	Doit être évaluée dans l'EQR	Propagation vers d'autres zones incluse dans l'évaluation SAFE-TI		
GNL.75	Incendie externe	Incendie dans des zones pouvant impacter la tuyauterie	Doit être évaluée dans l'EQR	Propagation vers d'autres zones incluse dans l'évaluation SAFE-TI		

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
GNL.76	Accumulation de neige sur les râteliers		Évaluée et incluse dans l'ingénierie, contribution négligeable à la fréquence globale		- Évaluée dans l'ingénierie	
GNL.77	Impact provoqué par un véhicule (routes internes)	Route glissante Erreur humaine	Sera évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SA-FETI avec les incendies et fuites de gaz	- Prévoir des glissières de sécurité	Prévoir des glissières de sécurité
GNL.78	Impact provoqué par un véhicule haut	Violation des procédures Erreur humaine	Sera évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SA-FETI avec les incendies et fuites de gaz	- Barrière d'avertissement de hauteur	
<b>Terminal - Torchère et ballon de la torchère</b>						
GNL.79	Explosion interne	Entrée d'air dans la torchère et dysfonctionnement du système de vidange			- Vidange de la torchère. - Joint d'étanchéité de la torchère.	
GNL.80	Explosion		Voir conséquences	Sera évalué dans l'EQR et s'il y a une possibilité d'impact pour une tierce partie, sera inclus dans les calculs		
GNL.81	Incendie		Voir conséquences	Sera évalué dans l'EQR et s'il y a une possibilité d'impact pour une tierce partie, sera inclus dans les calculs		La distance de sécurité à la torchère est conçue pour éviter toute inflammation de gaz rejetés par les événements des soupapes des réservoirs

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
GNL.82	Fuite de gaz		Voir conséquences	Sera évalué dans l'EQR et s'il y a une possibilité d'impact pour une tierce partie, sera inclus dans les calculs		Aucun système ne doit contenir d'HC lorsqu'il est en marche normale
GNL.83	Séisme	Voir GNL.02	Voir GNL.02	Voir GNL.02	Voir GNL.02	
GNL.84	Explosion externe	Explosion dans des zones confinées pouvant impacter la torchère	Doit être évaluée dans l'EQR	Propagation vers d'autres zones incluse dans l'évaluation SAFETI		
GNL.85	Incendie externe	Incendie dans des zones pouvant impacter la torchère	Doit être évaluée dans l'EQR	Propagation vers d'autres zones incluse dans l'évaluation SAFETI		
GNL.86	Défaillance de la structure		Évaluée et incluse dans l'ingénierie, contribution négligeable à la fréquence globale			
GNL.87	Accident d'autoroute impliquant des matières dangereuses		Il est improbable que de tels nuages de gaz puissent être enflammés par une torchère de 60 m de haut			Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
GNL.88	Rayonnement thermique dangereux émis par la torchère	Rejet d'urgence		Danger principalement pour le personnel		Concevoir une mesure d'urgence en cas de danger Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
GNL.89	Chute d'avion		Improbable	La chaleur de la torchère et la turbulence peuvent avoir un impact sur un avion		Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
<b>Unité de production d'azote</b>						
GNL.90	Explosion	Niveau d'oxygène élevé dans la colonne de distillation dans l'unité et au niveau de l'évent, entrée d'HC à l'arrivée d'air Un accident d'autoroute peut aussi être une source d'HC	Improbable	Contribue faiblement à la probabilité de risques pour une tierce partie	- Disposition du terminal - Détection de gaz dans l'arrivée d'air	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
GNL.91	Fuite d'azote			Niveau faible d'oxygène dans le local des compresseurs (danger pour le personnel)	- Mesure du niveau d'oxygène	
GNL.92	Source d'inflammation dans le compresseur d'azote				- Disposition de l'usine - Détection de gaz dans l'arrivée d'air	
<b>Utilités</b>						
GNL.93	Perte de l'alimentation électrique	Service HQ interrompu	Très faible		- Génératrice diesel d'urgence pour les équipements critiques	La perte des utilités fait partie de l'évaluation de la vulnérabilité ou de l'évaluation des mesures d'urgence
GNL.94	Perte du gaz combustible	Fuite dans le réseau de gaz combustible		Perte de la fonction expédition Envoi de gaz d'évaporation à la torchère	- Redondance prévue à la conception	La perte des utilités fait partie de l'évaluation de la vulnérabilité ou de l'évaluation des mesures d'urgence

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
GNL.95	Perte de l'air comprimé	Panne du matériel de production d'air Détection de gaz à l'admission d'air du compresseur d'air		Arrêt d'urgence Envoi de gaz d'évaporation à la torchère	- Redondance prévue à la conception - Accumulateur d'air pour maintenir la pression pendant trente minutes	La perte des utilités fait partie de l'évaluation de la vulnérabilité ou de l'évaluation des mesures d'urgence
GNL.96	Perte de l'eau du réseau d'extinction d'incendie	Fuite d'eau dans le réseau incendie Panne des pompes à eau du réseau incendie		Équipements du réseau incendie inopérants	- Redondance prévue à la conception (diesel de secours) - Distribution par un réseau maillé - Réseau incendie enfoui	La perte des utilités fait partie de l'évaluation de la vulnérabilité ou de l'évaluation des mesures d'urgence
GNL.97	Perte de l'azote	Fuite dans le réseau d'azote Panne dans l'unité de production d'azote		Arrêt de l'usine à cause de la perte du système de purge. Ne constitue pas une situation dangereuse sauf pour la torchère Au fil du temps, peut conduire à une situation dangereuse		La perte des utilités fait partie de l'évaluation de la vulnérabilité ou de l'évaluation des mesures d'urgence

**Tableau 2 - Identification des dangers de la ligne de déchargement**

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
UNL.01	Impact externe	Véhicule provenant de la route 132	Improbable	Il est improbable que l'impact provoque l'effondrement du toit du caisson et par conséquent la possibilité d'une fuite est improbable	- Concevoir le caisson pour résister à une collision	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
UNL.02		Véhicule provenant de la route d'accès	Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI	- Glissières de sécurité et limitation de vitesse	Inclus dans SAFETI
UNL.03		Effondrement du toit de béton	Improbable			

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
UNL.04	Hydro Québec (HQ) : effet de fouet ou décharge électrique provoqué par un câble électrique	Lignes prises en glace	Occasionnelle	Peu de conséquences et contribue donc faiblement au danger global	- Toutes les options enterrées lorsqu'elles passent sous des câbles électriques HQ	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
UNL.05	Chute d'un pylône HQ	Gel et câbles électriques entremêlés	Occasionnelle	Peu de conséquences et contribue donc faiblement au danger global	- Toutes les options enterrées lorsqu'elles passent sous des câbles électriques HQ	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
UNL.06	Courants induits à partir des lignes de transport d'énergie HQ		Évaluée et incluse dans l'ingénierie, contribution négligeable à la fréquence globale	Pourrait avoir un impact sur l'instrumentation	- Inclus dans l'ingénierie	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
UNL.07	Séisme	Activité sismique	$2,5 \times 10^{-3}$		- Conçu selon les Normes canadiennes	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
UNL.08	Inondation	Terrains marécageux	Contribution négligeable à la fréquence globale	Insolant ou support de tuyauterie endommagé, mais peu probable qu'une fuite de GNL ne soit provoquée		Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
UNL.09	Fuite dans une canalisation		Doit être évaluée dans l'EQR	Incendie ou explosion affectant une tierce partie		Inclus SAFETI
UNL.10			Peu probable	Pressurisation dans le caisson affectant une tierce partie		Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
UNL.11	Panne de la canalisation de retour gaz	Suppression	Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz	- Système d'évent	

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
UNL.12	Panne du système de ventilation			Refroidissement du caisson, dommage mécanique dans le caisson, effondrement du toit en béton. À évaluer dans SAFETI		
UNL.13	Incendie dans la cuvette de rétention des installations riveraines	Fuite drainée dans la cuvette et inflammation	À évaluer avec les fuites	À évaluer dans SAFETI		

**Table 3 - Identification des dangers du bâtiment des pompes de surpression**

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
BOS.01	Collision provoquée par un camion	Défaillance des freins, route glissante, pente raide	Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Envisager des glissières de sécurité ou une disposition adaptée</li> <li>- Limitation de vitesse</li> </ul>	
BOS.02	Impact sur le bâtiment des pompes de surpression	Éboulement de la falaise	Peu fréquent et donc contribution négligeable à la fréquence globale	Bâtiment des pompes de surpression potentiellement endommagé et donc possibilité de fuite	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Étudier le terrain pour déterminer s'il y a des risques d'éboulement et prendre les mesures de prévention nécessaires</li> </ul>	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
BOS.03	Propagation d'un incendie électrique		Mesure de sécurité mise en place : peu fréquent et donc contribution négligeable à la fréquence globale	Aggravation potentielle jusqu'à un rejet d'HC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'ensemble du matériel électrique est ignifuge, appareillage de commutation situé dans une salle séparée, détecteur de fumée, système d'évent conçu pour les incendies</li> </ul>	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
BOS.04	Fuite d'HC dans le matériel du bâtiment	Défaillance du joint de pompe Fuite sur une bride	Les pompes et les vannes sont assemblées avec des brides pour faciliter leur entretien. Fréquence à évaluer dans l'EQR	Explosion en milieu confiné. Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Détection d'incendie et de refroidissement</li> <li>- Panneaux d'évent pour le bâtiment.</li> <li>- Collecte des fuites liquides dans la cuvette de rétention (comme pour la conduite de déchargement)</li> <li>- Pompes conçues en barrel, aucun joint extérieur</li> <li>- Système de purge du GNL</li> </ul>	
BOS.05	Autres fuites dans les installations				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Systèmes d'évent</li> <li>- Détection d'incendie et de froid</li> </ul>	
BOS.06	Séisme	Activité sismique	10 <sup>-4</sup>	Système partiellement endommagé, mais enceinte de confinement intacte.	- Conçu pour un séisme de 10 <sup>-4</sup> .	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
BOS.07	Feu de nappe dans la cuvette de rétention des installations riveraines	Fuite drainée dans la cuvette	À évaluer avec les fuites	À évaluer dans SAFETI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emplacement de la cuvette</li> <li>- Mesures de prévention de l'inflammation</li> </ul>	Pompes de reprise de la cuvette fonctionnent pour la pluie, l'eau et la neige, elles sont installées avec un système de détection de froid pour ne pas pomper du GNL
BOS.08	Chute d'objet	Opérations de levage	Opérations d'entretien, une pompe par année	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz		
BOS.09	Érosion et affaissement de la plate-forme des installations riveraines		Contribution négligeable à la fréquence globale	Peu probable de provoquer une fuite puisque la situation apparaît progressivement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inspections de routine</li> <li>- Conception de la plate-forme (protégée par des enrochements)</li> </ul>	À évaluer dans l'ingénierie Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
BOS.10	Avalanche de neige		Très rare Contribution négligeable à la fréquence globale	Bâtiment des pompes de surpression endommagé et matériel potentiellement endommagé (instrumentation, etc.)		Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.

**Table 4 - Identification des dangers pour la jetée et le pont sur chevalets**

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
JET.01	Impact violent pendant les opérations normales	Impact provoqué par un navire. Eau peu profonde, 400m au large du bord de la rivière, derniers 200 m passent à une profondeur de 15m	Voir conséquences	L'énergie provoquée par l'impact potentiel d'un navire comparée à l'endommagement potentiel de la conduite de déchargement du GNL sera évaluée dans l'EQR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Règlements de port</li> <li>- Contrôle de la circulation</li> </ul>	Amplitude de la marée 5-6 m
JET.02	Banquise ou glace à la dérive		Prévue et incluse dans l'ingénierie Contribution négligeable à la fréquence globale	Impact dans la structure portante de la jetée et non directement dans les lignes de déchargement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conçu pour ce type de pression</li> <li>- Remorqueurs brise-glace</li> </ul>	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
JET.03	Impact provoqué par un camion ou un véhicule léger	Routes glissantes Erreur humaine	À chaque escale de méthanier, 5 véhicules Inspection 1x par jour ouvrable Visites pour entretien Visites d'approvisionnement en azote liquide du méthanier	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Glissière de sécurité</li> <li>- Accès réglementé à la route d'accès de la jetée</li> <li>- Limitation de vitesse</li> </ul>	

## 1. RÉSUMÉ

Dans le cadre du projet de terminal méthanier Rabaska dans la ville de Lévis, Det Norske Veritas (DNV) a reçu le mandat de mener une évaluation des risques technologiques du projet.

Les directives suivantes ont été prises en compte dans l'évaluation des risques :

- Lignes directrices générales du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP) en matière d'analyse des risques technologiques (réf. /12/).
- Exigences spécifiques pour le projet Rabaska :
  - Directives d'évaluation environnementale du MDDEP (réf. /5/).
  - Directives de l'Agence canadienne d'évaluation environnementale (réf. /13/).

L'évaluation des risques concerne le terminal méthanier, lequel comprend deux réservoirs de GNL, une jetée où arrivent les méthaniers et où sont menées les opérations d'accostage et de déchargement des navires, des installations de pompage, de compression et de vaporisation, ainsi qu'une station de mesurage du gaz envoyé dans le gazoduc.

L'analyse évalue uniquement les risques pour la population, c'est-à-dire les personnes qui ne sont pas des employés du terminal. Les risques relatifs au personnel du terminal seront évalués lors d'étapes ultérieures.

Le niveau de sécurité de l'industrie du gaz naturel liquéfié (GNL) est excellent depuis plusieurs années grâce à des normes strictes de sécurité industrielle qui sont appliquées à travers le monde. Jusqu'à présent, les méthaniers ont effectué à peu près 40 000 voyages sur une distance de plus de 100 millions de milles, sans qu'il n'y ait eu d'accident ou de problème important lié à la sécurité, que ce soit dans les ports ou en pleine mer. Il n'y a eu que deux échouements graves au cours des 40 années de transport de GNL par navires, et ces échouements n'ont entraîné aucune perte de cargaison de GNL.

Il y a 47 terminaux de regazéification semblables au terminal Rabaska à travers le monde. De plus, il y a 15 usines de liquéfaction, dont une se trouve en Alaska. Cinq accidents graves reliés au GNL ont eu lieu au cours des 65 années d'exploitation du GNL. Ces accidents sont présentés à la section 5.3. Deux de ces accidents ne sont pas pertinents pour l'évaluation des risques liés au terminal Rabaska. L'un de ces accidents a été provoqué par l'utilisation dans les années 40 de matériaux inappropriés qui ne sont plus utilisés aujourd'hui. L'autre accident a eu lieu dans une usine de liquéfaction ; ce type d'installation n'est pas prévu au terminal Rabaska.

Les risques estimés respectent largement les critères d'acceptabilité fixés par des organismes de réglementation à travers le monde pour les installations de gaz et de pétrole, les installations des industries de procédé, les moyens de transport public ainsi que les ports.

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
JET.04	Chute d'objet	Opérations de levage	Une fois aux cinq ans pour les bras de chargement et les pompes à incendie	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz		Levage des bras de chargement opéré à partir du bord du fleuve
		Autres systèmes de levage p. ex. vannes		Aucun hydrocarbure dans la ligne et contribue donc faiblement au danger global	- Lignes purgées, aucun HC	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
JET.05	Séisme	Activité sismique	$2,5 \times 10^{-3}$	Système partiellement endommagé, mais pas de perte de confinement	- Conçu selon les Normes canadiennes	Traité dans l'EQR, mais non inclus dans SAFETI.
JET.06	Fuite à partir du ballon de drainage des bras de déchargement		Chaque escale de méthanier, purgé en 8 heures	Volume liquide de $50 \text{ m}^3$ Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SAFETI avec les incendies et fuites de gaz	- Fuite dirigée vers la cuvette de rétention à proximité - Ballon protégé contre les incendies par une soupape	Cuvette de rétention située sur un duc-d'Albe
JET.07	Propagation d'un incendie à bord d'un navire	Incendie à bord d'un navire		Faible rejet de GNL pendant la déconnexion	- Déconnexion d'urgence - Moyens de lutte du méthanier	Scénario à évaluer dans l'analyse des situations d'urgence
JET.08	Feu de nappe dans la cuvette de rétention de l'appontement	Fuite drainée dans la cuvette et inflammation	À évaluer avec les fuites	Sera évalué dans SAFETI	- Cuvette de rétention située à l'appontement - Mesures de prévention de l'inflammation	

No	Danger	Causes typiques	Fréquence	Conséquences	Mesures de sécurité	Commentaires
JET.09	Fuite dans une canalisation		Doit être évaluée dans l'EQR	Plusieurs conséquences probables seront évaluées dans SA-FETI avec les incendies et fuites de gaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Détecteur de flammes et de froid</li> <li>- Système télévision en circuit fermé</li> <li>- Équipements de lutte contre l'incendie de l'appontement</li> <li>- Arrêts d'urgence</li> <li>- Déluge d'eau et générateur de mousse</li> <li>- Protection passive contre l'incendie des structures portantes</li> <li>- Câblage protégé contre l'incendie pendant 1/2 heure</li> </ul>	

# ANNEXE

---

2

## SCÉNARIOS D'ACCIDENT

## 1 INTRODUCTION

L'annexe suivante présente divers scénarios d'accident qui ont été modélisés dans SAFETI. Les différents segments ESD sont illustrés par un diagramme à la fin de l'annexe.

## 2 SCÉNARIOS D'ACCIDENT

Une brève description des colonnes du tableau principal de cette annexe est donnée ci-dessous.

<b>Nom de la colonne</b>	<b>Description</b>
Description	Une brève description du scénario modélisé.
No de segment	La numération des divers segments qui ont été modélisés.
Mode attente/déchargement	Le mode d'attente représente les périodes où il n'y a aucun méthanier amarré au quai et qu'il n'y a aucun déchargement de GNL.
Rejet par la partie basse ou haute du caisson	En cas de fuite dans la conduite de déchargement du caisson, une quantité de GNL s'évaporerait et sera évacuée du caisson à l'une des deux entrées (bas ou haut)
Taille de la brèche	Des fuites petites, moyennes ou grandes et des ruptures complètes (plein diamètre) ont été modélisées.
Phase	Description de la phase du fluide (liquide ou vapeur)
Isolement réussi/échoué	Isolement automatique du segment ESD réussi ou échoué
Direction du rejet	Direction géométrique du rejet initial (horizontal, vertical, jet libre ou impactant)
Identification du scénario	Un code d'identification a été attribué à chaque scénario. Ce code est constitué des premières lettres des colonnes précédentes.
Température représentative du segment	La température représentative de chaque segment ESD a été fournie par l'ingénierie (MW Kellogg).
Pression représentative du segment	La pression représentative de chaque segment ESD a été fournie par l'ingénierie (MW Kellogg).

Description	Commentaires	No de segment	Mode Attente/ Déchargement	Rejet haut / bas caisson	Rejet intérieur / extérieur bâtiment	Taille de la brèche	Phase	Isolement réussi / échoué	Direction du rejet	Identification du scénario	Température représentative du segment (°C)	Pression représentative du segment (kPa)
Rejet à partir d'un bras de déchargement	Rejet à partir de l'un des bras de déchargement	Segment 1	Déchargement	-	-	Rupture	Liquide	Échoué	horizontal	1RLFH	-158	477
		-	Déchargement	-	-	Rupture	Liquide	Réussi	horizontal	1RLSH	-158	477
		-	Déchargement	-	-	Rupture	Liquide	Échoué	impactant	1RLFI	-158	477
		-	Déchargement	-	-	Rupture	Liquide	Réussi	impactant	1RLSI	-158	477
Lignes de déchargement	Rejet à partir des tuyauteries de l'appontement	Segment 2	Attente	-	-	Petite	Liquide	Échoué	Les deux	2H-SLFB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Petite	Liquide	Réussi	Les deux	2H-SLSB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Moyenne	Liquide	Échoué	Les deux	2H-MLFB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Moyenne	Liquide	Réussi	Les deux	2H-MLSB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Grande	Liquide	Échoué	Les deux	2H-LLFB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Grande	Liquide	Réussi	Les deux	2H-LLSB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Rupture	Liquide	Échoué	Les deux	2H-RLFB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Rupture	Liquide	Réussi	Les deux	2H-RLSB	-154	1141
		-	Déchargement	-	-	Petite	Liquide	Échoué	Les deux	2U-SLFB	-158	477
		-	Déchargement	-	-	Petite	Liquide	Réussi	Les deux	2U-SLSB	-158	477
		-	Déchargement	-	-	Moyenne	Liquide	Échoué	Les deux	2U-MLFB	-158	477
		-	Déchargement	-	-	Moyenne	Liquide	Réussi	Les deux	2U-MLSB	-158	477
		-	Déchargement	-	-	Grande	Liquide	Échoué	Les deux	2U-LLFB	-158	477
		-	Déchargement	-	-	Grande	Liquide	Réussi	Les deux	2U-LLSB	-158	477
		-	Déchargement	-	-	Rupture	Liquide	Échoué	Les deux	2U-RLFB	-158	477
-	Déchargement	-	-	Rupture	Liquide	Réussi	Les deux	2U-RLSB	-158	477		
Impact provoqué par un navire qui passe près du quai	Rejet à partir des tuyauteries de la jetée à cause de l'impact	Segment 2b	Attente	-	-	rupture	Liquide	Échoué	impactant	2bH-RLFI	-154	1141
		-	Attente	-	-	Rupture	Liquide	Réussi	impactant	2bH-RLSI	-154	1141
Lignes de déchargement	Rejet à partir des tuyauteries sur le pont sur chevalet	Segment 3	Attente	-	-	Petite	Liquide	Échoué	Les deux	3H-SLFB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Petite	Liquide	Réussi	Les deux	3H-SLSB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Moyenne	Liquide	Échoué	Les deux	3H-MLFB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Moyenne	Liquide	Réussi	Les deux	3H-MLSB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Grande	Liquide	Échoué	Les deux	3H-LLFB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Grande	Liquide	Réussi	Les deux	3H-LLSB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Rupture	Liquide	Échoué	Les deux	3H-RLFB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Rupture	Liquide	Réussi	Les deux	3H-RLSB	-154	1141

Description	Commentaires	No de segment	Mode Attente/ Déchargement	Rejet haut / bas caisson	Rejet intérieur / extérieur bâtiment	Taille de la brèche	Phase	Isolement réussi / échoué	Direction du rejet	Identification du scénario	Température représentative du segment (°C)	Pression représentative du segment (kPa)
		-	Déchargement	-	-	Petite	Liquide	Échoué	Les deux	3U-SLFB	-158	330
		-	Déchargement	-	-	Petite	Liquide	Réussi	Les deux	3U-SLSB	-158	330
		-	Déchargement	-	-	Moyenne	Liquide	Échoué	Les deux	3U-MLFB	-158	330
		-	Déchargement	-	-	Moyenne	Liquide	Réussi	Les deux	3U-MLSB	-158	330
		-	Déchargement	-	-	Grande	Liquide	Échoué	Les deux	3U-LLFB	-158	330
		-	Déchargement	-	-	Grande	Liquide	Réussi	Les deux	3U-LLSB	-158	330
		-	Déchargement	-	-	Rupture	Liquide	Échoué	Les deux	3U-RLFb	-158	330
		-	Déchargement	-	-	Rupture	Liquide	Réussi	Les deux	3U-RLSB	-158	330
Lignes de déchargement	Rejet à partir des tuyauteries et des équipements aux installations riveraines	Segment 4	Attente	-	-	Petite	Liquide	Échoué	Les deux	4H-SLFB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Petite	Liquide	Réussi	Les deux	4H-SLSB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Moyenne	Liquide	Échoué	Les deux	4H-MLFB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Moyenne	Liquide	Réussi	Les deux	4H-MLSB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Grande	Liquide	Échoué	Les deux	4H-LLFB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Grande	Liquide	Réussi	Les deux	4H-LLSB	-154	1141
		-	Attente	-	-	Rupture	Liquide	Échoué	Les deux	4H-RLFb	-154	1141
		-	Attente	-	-	Rupture	Liquide	Réussi	Les deux	4H-RLSB	-154	1141
		-	Déchargement	-	-	Petite	Liquide	Échoué	Les deux	4U-SLFB	-158	900
		-	Déchargement	-	-	Petite	Liquide	Réussi	Les deux	4U-SLSB	-158	900
		-	Déchargement	-	-	Moyenne	Liquide	Échoué	Les deux	4U-MLFB	-158	900
		-	Déchargement	-	-	Moyenne	Liquide	Réussi	Les deux	4U-MLSB	-158	900
		-	Déchargement	-	-	Grande	Liquide	Échoué	Les deux	4U-LLFB	-158	900
		-	Déchargement	-	-	Grande	Liquide	Réussi	Les deux	4U-LLSB	-158	900
		-	Déchargement	-	-	Rupture	Liquide	Échoué	Les deux	4U-RLFb	-158	900
		-	Déchargement	-	-	Rupture	Liquide	Réussi	Les deux	4U-RLSB	-158	900
Lignes de déchargement (dans le caisson)	Rejet de liquide qui s'est évaporé avant d'avoir quitté le caisson à l'entrée basse du côté des installations riveraines	Segment 5	Attente	Bas	-	Petite	Vapeur	Échoué	vertical	5HB-SVfV	-154	1141
		-	Attente	Bas	-	Petite	Vapeur	Réussi	vertical	5HB-SVSV	-154	1141
		-	Attente	Bas	-	Moyenne	Vapeur	Échoué	vertical	5HB-MVfV	-154	1141
		-	Attente	Bas	-	Moyenne	Vapeur	Réussi	vertical	5HB-MVSV	-154	1141
		-	Attente	Bas	-	Grande	Vapeur	Échoué	vertical	5HB-LVfV	-154	1141
		-	Attente	Bas	-	Grande	Vapeur	Réussi	vertical	5HB-LVSV	-154	1141
		-	Attente	Bas	-	Rupture	Vapeur	Échoué	vertical	5HB-RVfV	-154	1141
-	Attente	Bas	-	Rupture	Vapeur	Réussi	vertical	5HB-RVSV	-154	1141		

Description	Commentaires	No de segment	Mode Attente/ Déchargement	Rejet haut / bas caisson	Rejet intérieur / extérieur bâtiment	Taille de la brèche	Phase	Isolement réussi / échoué	Direction du rejet	Identification du scénario	Température représentative du segment (°C)	Pression représentative du segment (kPa)
	Rejet de liquide qui s'est évaporé avant d'avoir quitté le caisson à l'entrée haute côté terminal	-	Attente	Haut	-	Petite	Vapeur	Échoué	vertical	5HT-SVFV	-154	1141
		-	Attente	Haut	-	Petite	Vapeur	Réussi	vertical	5HT-SVSV	-154	1141
		-	Attente	Haut	-	Moyenne	Vapeur	Échoué	vertical	5HT-MVFV	-154	1141
		-	Attente	Haut	-	Moyenne	Vapeur	Réussi	vertical	5HT-MVSV	-154	1141
		-	Attente	Haut	-	Grande	Vapeur	Échoué	vertical	5HT-LVFV	-154	1141
		-	Attente	Haut	-	Grande	Vapeur	Réussi	vertical	5HT-LVSV	-154	1141
		-	Attente	Haut	-	Rupture	Vapeur	Échoué	vertical	5HT-RVFV	-154	1141
		-	Attente	Haut	-	Rupture	Vapeur	Réussi	vertical	5HT-RVSV	-154	1141
	Rejet de liquide qui ne s'est pas évaporé avant d'avoir quitté le caisson	-	Déchargement	-	-	Grande	Liquide	Échoué	Les deux	5U-LLFB	-158	724
		-	Déchargement	-	-	Grande	Liquide	Réussi	Les deux	5U-LLSB	-158	724
		-	Déchargement	-	-	Rupture	Liquide	Échoué	Les deux	5U-RLFB	-158	724
		-	Déchargement	-	-	Rupture	Liquide	Réussi	Les deux	5U-RLSB	-158	724
	Rejet de liquide qui s'est évaporé avant d'avoir quitté le caisson à l'entrée basse du côté des installations riveraines	-	Déchargement	Bas	-	Petite	Vapeur	Échoué	Vertical	5UB-SVFV	-130	NA
		-	Déchargement	Bas	-	Petite	Vapeur	Réussi	Vertical	5UB-SVSV	-129	NA
		-	Déchargement	Bas	-	Moyenne	Vapeur	Échoué	Vertical	5UB-MVFV	-128	NA
		-	Déchargement	Bas	-	Moyenne	Vapeur	Réussi	Vertical	5UB-MVSV	-127	NA
		-	Déchargement	Bas	-	Grande	Vapeur	Échoué	Vertical	5UB-LVFV	-126	NA
		-	Déchargement	Bas	-	Grande	Vapeur	Réussi	Vertical	5UB-LVSV	-125	NA
		-	Déchargement	Bas	-	Rupture	Vapeur	Échoué	Vertical	5UB-RVFV	-124	NA
		-	Déchargement	Bas	-	Rupture	Vapeur	Réussi	Vertical	5UB-RVSV	-123	NA
	Rejet de liquide qui s'est évaporé avant d'avoir quitté le caisson à l'entrée haute côté terminal	-	Déchargement	Haut	-	Petite	Vapeur	Échoué	Vertical	5UT-SVFV	-122	NA
		-	Déchargement	Haut	-	Petite	Vapeur	Réussi	Vertical	5UT-SVSV	-121	NA
		-	Déchargement	Haut	-	Moyenne	Vapeur	Échoué	Vertical	5UT-MVFV	-120	NA
		-	Déchargement	Haut	-	Moyenne	Vapeur	Réussi	Vertical	5UT-MVSV	-119	NA
		-	Déchargement	Haut	-	Grande	Vapeur	Échoué	Vertical	5UT-LVFV	-118	NA
		-	Déchargement	Haut	-	Grande	Vapeur	Réussi	Vertical	5UT-LVSV	-117	NA
		-	Déchargement	Haut	-	Rupture	Vapeur	Échoué	Vertical	5UT-RVFV	-116	NA
		-	Déchargement	Haut	-	Rupture	Vapeur	Réussi	Vertical	5UT-RVSV	-115	NA
Ligne de retour gaz (section dans le	Rejet à partir de la canalisation de	Segment 9	Déchargement	Bas	-	Petite	Vapeur	Échoué	vertical	9UB-SVFV	-5	421
		-	Déchargement	Bas	-	Petite	Vapeur	Réussi	vertical	9UB-SVSV	-5	421
		-	Déchargement	Bas	-	Moyenne	Vapeur	Échoué	vertical	9UB-MVFV	-5	421

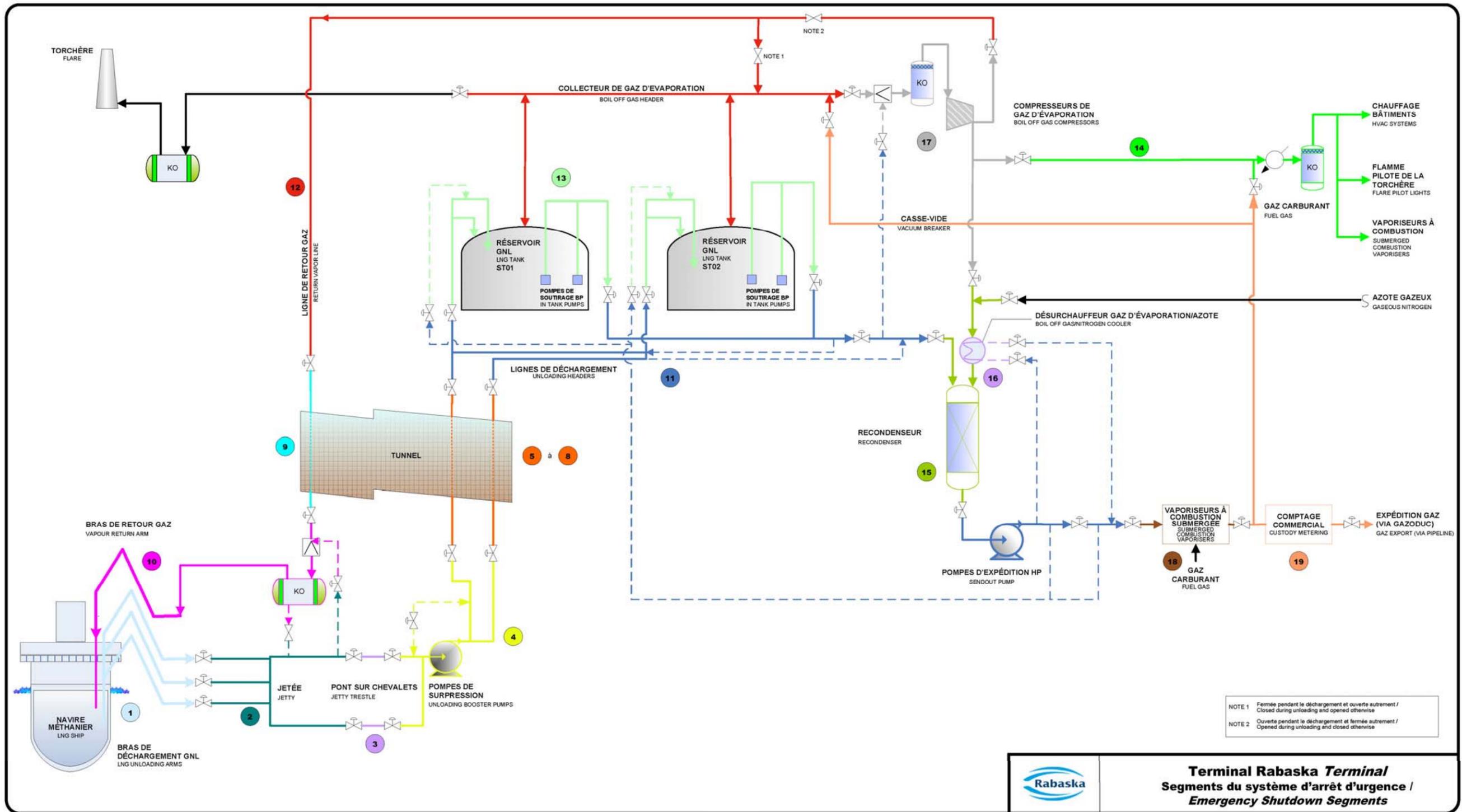
Description	Commentaires	No de segment	Mode Attente/ Déchargement	Rejet haut / bas caisson	Rejet intérieur / extérieur bâtiment	Taille de la brèche	Phase	Isolement réussi / échoué	Direction du rejet	Identification du scénario	Température représentative du segment (°C)	Pression représentative du segment (kPa)
caisson)	retour gaz aux installations riveraines ou dans le caisson	-	Déchargement	Bas	-	Moyenne	Vapeur	Réussi	vertical	9UB-MVSV	-5	421
		-	Déchargement	Bas	-	Grande	Vapeur	Échoué	vertical	9UB-LVSV	-5	421
		-	Déchargement	Bas	-	Grande	Vapeur	Réussi	vertical	9UB-LVSV	-5	421
		-	Déchargement	Bas	-	Rupture	Vapeur	Échoué	vertical	9UB-RVSV	-5	421
		-	Déchargement	Bas	-	Rupture	Vapeur	Réussi	vertical	9UB-RVSV	-5	421
		-	Déchargement	Haut	-	Petite	Vapeur	Échoué	vertical	9UT-SVSV	-5	421
		-	Déchargement	Haut	-	Petite	Vapeur	Réussi	vertical	9UT-SVSV	-5	421
		-	Déchargement	Haut	-	Moyenne	Vapeur	Échoué	vertical	9UT-MVSV	-5	421
		-	Déchargement	Haut	-	Moyenne	Vapeur	Réussi	vertical	9UT-MVSV	-5	421
		-	Déchargement	Haut	-	Grande	Vapeur	Échoué	vertical	9UT-LVSV	-5	421
		-	Déchargement	Haut	-	Grande	Vapeur	Réussi	vertical	9UT-LVSV	-5	421
		-	Déchargement	Haut	-	Rupture	Vapeur	Échoué	vertical	9UT-RVSV	-5	421
		-	Déchargement	Haut	-	Rupture	Vapeur	Réussi	vertical	9UT-RVSV	-5	421
Ligne de retour gaz	Rejet à partir de la canalisation de retour gaz sur le pont sur chevalet ou à l'appontement	Segment 10	-	-	-	Petite	Vapeur	Échoué	Jet libre	10SVFF	-140	55
		-	-	-	-	Petite	Vapeur	Échoué	Impactant	10SVFI	-140	55
		-	-	-	-	Petite	Vapeur	Réussi	Jet libre	10SVSF	-140	55
		-	-	-	-	Petite	Vapeur	Réussi	Impactant	10SVSI	-140	55
		-	-	-	-	Moyenne	Vapeur	Échoué	Jet libre	10MVFF	-140	55
		-	-	-	-	Moyenne	Vapeur	Échoué	Impactant	10MVFI	-140	55
		-	-	-	-	Moyenne	Vapeur	Réussi	Jet libre	10MVSF	-140	55
		-	-	-	-	Moyenne	Vapeur	Réussi	Impactant	10MVSI	-140	55
		-	-	-	-	Grande	Vapeur	Échoué	Jet libre	10LVFF	-140	55
		-	-	-	-	Grande	Vapeur	Échoué	Impactant	10LVFI	-140	55
		-	-	-	-	Grande	Vapeur	Réussi	Jet libre	10LVSF	-140	55
		-	-	-	-	Grande	Vapeur	Réussi	Impactant	10LVSI	-140	55
		-	-	-	-	Rupture	Vapeur	Échoué	Jet libre	10RVFF	-140	55
		-	-	-	-	Rupture	Vapeur	Échoué	Impactant	10RVFI	-140	55
-	-	-	-	Rupture	Vapeur	Réussi	Jet libre	10RVSF	-140	55		
-	-	-	-	Rupture	Vapeur	Réussi	Impactant	10RVSI	-140	55		
Collecteur de déchargement et d'expédition		Segment 11	-	-	-	Petite	Liquide	Échoué	Les deux	11SLFB	-139	11365
		-	-	-	-	Petite	Liquide	Réussi	Les deux	11SLSB	-139	11365
		-	-	-	-	Moyenne	Liquide	Échoué	Les deux	11MLFB	-139	11365

Description	Commentaires	No de segment	Mode Attente/ Déchargement	Rejet haut / bas caisson	Rejet intérieur / extérieur bâtiment	Taille de la brèche	Phase	Isolement réussi / échoué	Direction du rejet	Identifica- tion du scénario	Température représentative du segment (°C)	Pression représentative du segment (kPa)
vers le gazoduc		-	-	-	-	Moyenne	Liquide	Réussi	Les deux	11MLSB	-139	11365
		-	-	-	-	Grande	Liquide	Échoué	Les deux	11LLFB	-139	11365
		-	-	-	-	Grande	Liquide	Réussi	Les deux	11LLSB	-139	11365
		-	-	-	-	Rupture	Liquide	Échoué	Les deux	11RLFB	-139	11365
		-	-	-	-	Rupture	Liquide	Réussi	Les deux	11RLSB	-139	11365
Collecteur de retour gaz et de BOG		Segment 12	-	-	-	Petite	Vapeur	Échoué	Jet libre	12SVFF	-156	13
		-	-	-	-	Petite	Vapeur	Échoué	Impactant	12SVFI	-156	13
		-	-	-	-	Petite	Vapeur	Réussi	Jet libre	12SVSF	-156	13
		-	-	-	-	Petite	Vapeur	Réussi	Impactant	12SVSI	-156	13
		-	-	-	-	Moyenne	Vapeur	Échoué	Jet libre	12MVFF	-156	13
		-	-	-	-	Moyenne	Vapeur	Échoué	Impactant	12MVFI	-156	13
		-	-	-	-	Moyenne	Vapeur	Réussi	Jet libre	12MVSF	-156	13
		-	-	-	-	Moyenne	Vapeur	Réussi	Impactant	12MVSI	-156	13
		-	-	-	-	Grande	Vapeur	Échoué	Jet libre	12LVFF	-156	13
		-	-	-	-	Grande	Vapeur	Échoué	Impactant	12LVFI	-156	13
		-	-	-	-	Grande	Vapeur	Réussi	Jet libre	12LVSF	-156	13
		-	-	-	-	Grande	Vapeur	Réussi	Impactant	12LVSI	-156	13
		-	-	-	-	Rupture	Vapeur	Échoué	Jet libre	12RVFF	-156	13
		-	-	-	-	Rupture	Vapeur	Échoué	Impactant	12RVFI	-156	13
	-	-	-	-	Rupture	Vapeur	Réussi	Jet libre	12RVSF	-156	13	
	-	-	-	-	Rupture	Vapeur	Réussi	Impactant	12RVSI	-156	13	
Conduite de remplissage et de soutirage des réservoirs de stockage de GNL		Segment 13	-	-	-	Petite	Liquide	Échoué	Les deux	13SLFB	-157	1411
		-	-	-	-	Petite	Liquide	Réussi	Les deux	13SLSB	-157	1411
		-	-	-	-	Moyenne	Liquide	Échoué	Les deux	13MLFB	-157	1411
		-	-	-	-	Moyenne	Liquide	Réussi	Les deux	13MLSB	-157	1411
		-	-	-	-	Grande	Liquide	Échoué	Les deux	13LLFB	-157	1411
		-	-	-	-	Grande	Liquide	Réussi	Les deux	13LLSB	-157	1411
		-	-	-	-	Rupture	Liquide	Échoué	Les deux	13RLFB	-157	1411
	-	-	-	-	Rupture	Liquide	Réussi	Les deux	13RLSB	-157	1411	
Recondenseur de BOG		Segment 15	-	-	-	Petite	Liquide	Échoué	Les deux	15SLFB	-145	1000
		-	-	-	-	Petite	Liquide	Réussi	Les deux	15SLSB	-145	1000
		-	-	-	-	Moyenne	Liquide	Échoué	Les deux	15MLFB	-145	1000

Description	Commentaires	No de segment	Mode Attente/ Déchargement	Rejet haut / bas caisson	Rejet intérieur / extérieur bâtiment	Taille de la brèche	Phase	Isolement réussi / échoué	Direction du rejet	Identification du scénario	Température représentative du segment (°C)	Pression représentative du segment (kPa)
		-	-	-	-	Moyenne	Liquide	Réussi	Les deux	15MLSB	-145	1000
		-	-	-	-	Grande	Liquide	Échoué	Les deux	15LLFB	-145	1000
		-	-	-	-	Grande	Liquide	Réussi	Les deux	15LLSB	-145	1000
		-	-	-	-	Rupture	Liquide	Échoué	Les deux	15RLFB	-145	1000
		-	-	-	-	Rupture	Liquide	Réussi	Les deux	15RLSB	-145	1000
Désurchauffeur de BOG		Segment 16	-	-	-	Petite	Liquide	Échoué	Les deux	16SLFB	-139/-10	11365
		-	-	-	-	Petite	Liquide	Réussi	Les deux	16SLSB	-139/-10	11365
		-	-	-	-	Moyenne	Liquide	Échoué	Les deux	16MLFB	-139/-10	11365
		-	-	-	-	Moyenne	Liquide	Réussi	Les deux	16MLSB	-139/-10	11365
		-	-	-	-	Grande	Liquide	Échoué	Les deux	16LLFB	-139/-10	11365
		-	-	-	-	Grande	Liquide	Réussi	Les deux	16LLSB	-139/-10	11365
		-	-	-	-	Rupture	Liquide	Échoué	Les deux	16RLFB	-139/-10	11365
		-	-	-	-	Rupture	Liquide	Réussi	Les deux	16RLSB	-139/-10	11365
Compresseurs de BOG	Émission à partir du segment des compresseurs, à la fois à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment	Segment 17	-	-	À l'extérieur	Petite	Vapeur	Échoué	Jet libre	17O-SVFF	-2	1103
		-	-	-	À l'extérieur	Petite	Vapeur	Échoué	Impactant	17O-SVFI	-2	1103
		-	-	-	À l'extérieur	Petite	Vapeur	Réussi	Jet libre	17O-SVSF	-2	1103
		-	-	-	À l'extérieur	Petite	Vapeur	Réussi	Impactant	17O-SVSI	-2	1103
		-	-	-	À l'extérieur	Moyenne	Vapeur	Échoué	Jet libre	17O-MVFF	-2	1103
		-	-	-	À l'extérieur	Moyenne	Vapeur	Échoué	Impactant	17O-MVFI	-2	1103
		-	-	-	À l'extérieur	Moyenne	Vapeur	Réussi	Jet libre	17O-MVSF	-2	1103
		-	-	-	À l'extérieur	Moyenne	Vapeur	Réussi	Impactant	17O-MVSI	-2	1103
		-	-	-	À l'extérieur	Grande	Vapeur	Échoué	Jet libre	17O-LVFF	-2	1103
		-	-	-	À l'extérieur	Grande	Vapeur	Échoué	Impactant	17O-LVFI	-2	1103
		-	-	-	À l'extérieur	Grande	Vapeur	Réussi	Jet libre	17O-LVSF	-2	1103
		-	-	-	À l'extérieur	Grande	Vapeur	Réussi	Impactant	17O-LVSI	-2	1103
		-	-	-	À l'extérieur	Rupture	Vapeur	Échoué	Jet libre	17O-RVFF	-2	1103
		-	-	-	À l'extérieur	Rupture	Vapeur	Échoué	Impactant	17O-RVFI	-2	1103
		-	-	-	À l'extérieur	Rupture	Vapeur	Réussi	Jet libre	17O-RVSF	-2	1103
		-	-	-	À l'extérieur	Rupture	Vapeur	Réussi	Impactant	17O-RVSI	-2	1103
-	-	-	À l'intérieur	Petite	Vapeur	Échoué	Impactant	17I-SVFI	-2	1103		
-	-	-	À l'intérieur	Petite	Vapeur	Réussi	Impactant	17I-SVSI	-2	1103		
-	-	-	À l'intérieur	Moyenne	Vapeur	Échoué	Impactant	17I-MVFI	-2	1103		

Description	Commentaires	No de segment	Mode Attente/ Déchargement	Rejet haut / bas caisson	Rejet intérieur / extérieur bâtiment	Taille de la brèche	Phase	Isolement réussi / échoué	Direction du rejet	Identifica- tion du scénario	Température représentative du segment (°C)	Pression représentative du segment (kPa)
		-	-	-	À l'intérieur	Moyenne	Vapeur	Réussi	Impactant	17I-MVSI	-2	1103
		-	-	-	À l'intérieur	Grande	Vapeur	Échoué	Impactant	17I-LVFI	-2	1103
		-	-	-	À l'intérieur	Grande	Vapeur	Réussi	Impactant	17I-LVSI	-2	1103
		-	-	-	À l'intérieur	Rupture	Vapeur	Échoué	Impactant	17I-RVFI	-2	1103
		-	-	-	À l'intérieur	Rupture	Vapeur	Réussi	Impactant	17I-RVSI	-2	1103
Vaporisateurs à combustion submergée		Segment 18	-	-	-	Petite	Liquide	Échoué	Les deux	18SLFB	-138	11365
		-	-	-	-	Petite	Liquide	Réussi	Les deux	18SLSB	-138	11365
		-	-	-	-	Moyenne	Liquide	Échoué	Les deux	18MLFB	-138	11365
		-	-	-	-	Moyenne	Liquide	Réussi	Les deux	18MLSB	-138	11365
		-	-	-	-	Grande	Liquide	Échoué	Les deux	18LLFB	-138	11365
		-	-	-	-	Grande	Liquide	Réussi	Les deux	18LLSB	-138	11365
		-	-	-	-	Rupture	Liquide	Échoué	Les deux	18RLFB	-138	11365
		-	-	-	-	Rupture	Liquide	Réussi	Les deux	18RLSB	-138	11365
		-	-	-	-	Petite	Vapeur	Échoué	Impactant	18SVFI	14	10128
		-	-	-	-	Petite	Vapeur	Échoué	Jet libre	18SVFF	14	10128
		-	-	-	-	Petite	Vapeur	Réussi	Impactant	18SVSI	14	10128
		-	-	-	-	Petite	Vapeur	Réussi	Jet libre	18SVSF	14	10128
		-	-	-	-	Moyenne	Vapeur	Échoué	Impactant	18MVFI	14	10128
		-	-	-	-	Moyenne	Vapeur	Échoué	Jet libre	18MVFF	14	10128
		-	-	-	-	Moyenne	Vapeur	Réussi	Impactant	18MVSI	14	10128
		-	-	-	-	Moyenne	Vapeur	Réussi	Jet libre	18MVSF	14	10128
		-	-	-	-	Grande	Vapeur	Échoué	Impactant	18LVFI	14	10128
		-	-	-	-	Grande	Vapeur	Échoué	Jet libre	18LVFF	14	10128
		-	-	-	-	Grande	Vapeur	Réussi	Impactant	18LVSI	14	10128
		-	-	-	-	Grande	Vapeur	Réussi	Jet libre	18LVSF	14	10128
	-	-	-	-	Rupture	Vapeur	Échoué	Impactant	18RVFI	14	10128	
	-	-	-	-	Rupture	Vapeur	Échoué	Jet libre	18RVFF	14	10128	
	-	-	-	-	Rupture	Vapeur	Réussi	Impactant	18RVSI	14	10128	
	-	-	-	-	Rupture	Vapeur	Réussi	Jet libre	18RVSF	14	10128	
Collecteur d'expédition du gaz-		Segment 19	-	-	-	Petite	Vapeur	Échoué	Jet libre	19SVFF	14	10128
		-	-	-	-	Petite	Vapeur	Échoué	Impactant	19SVFI	14	10128
		-	-	-	-	Petite	Vapeur	Réussi	Jet libre	19SVSF	14	10128

Description	Commentaires	No de segment	Mode Attente/ Déchargement	Rejet haut / bas caisson	Rejet intérieur / extérieur bâtiment	Taille de la brèche	Phase	Isolement réussi / échoué	Direction du rejet	Identification du scénario	Température représentative du segment (°C)	Pression représentative du segment (kPa)
		-	-	-	-	Petite	Vapeur	Réussi	Impactant	19SVSI	14	10128
		-	-	-	-	Moyenne	Vapeur	Échoué	Jet libre	19MVFF	14	10128
		-	-	-	-	Moyenne	Vapeur	Échoué	Impactant	19MVFI	14	10128
		-	-	-	-	Moyenne	Vapeur	Réussi	Jet libre	19MVSF	14	10128
		-	-	-	-	Moyenne	Vapeur	Réussi	Impactant	19MVSI	14	10128
		-	-	-	-	Grande	Vapeur	Échoué	Jet libre	19LVFF	14	10128
		-	-	-	-	Grande	Vapeur	Échoué	Impactant	19LVFI	14	10128
		-	-	-	-	Grande	Vapeur	Réussi	Jet libre	19LVSF	14	10128
		-	-	-	-	Grande	Vapeur	Réussi	Impactant	19LVSI	14	10128
		-	-	-	-	Rupture	Vapeur	Échoué	Jet libre	19RVFF	14	10128
		-	-	-	-	Rupture	Vapeur	Échoué	Impactant	19RVFI	14	10128
		-	-	-	-	Rupture	Vapeur	Réussi	Jet libre	19RVSF	14	10128
		-	-	-	-	Rupture	Vapeur	Réussi	Impactant	19RVSI	14	10128
Navire à la dérive impactant un méthanier à quai	Perforation d'une cuve d'un méthanier provoquée par un navire à la dérive	Impact sur le méthanier	-	-	-	Rupture	Liquide	NA	horizontal	ST-RALH	NA	NA
		-	-	-	-	Rupture	Liquide	NA	vertical	ST-RBLV	NA	NA
Vaporisation d'une nappe d'un réservoir sans toit		Émission à partir du réservoir 1	-	-	-	Grande	Liquide	NA	vertical	STO1-LLFV	-161	20
		Émission à partir du réservoir 2	-	-	-	Grande	Liquide	NA	vertical	STO2-LLFV	-161	20





## ANNEXE

---

3

### FRÉQUENCES DES SCÉNARIOS D'ACCIDENT

## 1 INTRODUCTION

L'annexe suivante présente la fréquence d'occurrence des scénarios d'accident qui ont été modélisés dans SAFETI. Cette fréquence n'inclut pas la probabilité d'inflammation.

## 2 FRÉQUENCES DES SCÉNARIOS D'ACCIDENT

Une brève description des colonnes du tableau principal de cette annexe est donnée ci-dessous.

<b>Nom de la colonne</b>	<b>Description</b>
Identification du scénario	Comme cela est décrit dans l'annexe 2, un code d'identification de scénario a été attribué à chaque scénario d'accident.
Fréquence de fuite	La fréquence de fuite établie pour une dimension donnée de brèche dans le segment.
P (isolement réussi/échoué)	La probabilité de réussite ou d'échec de l'isolement.
P (direction du rejet)	La probabilité de rejet pour la direction donnée.
Fréquence de l'événement	La fréquence de l'événement pour une dimension donnée de brèche dans le segment, réussite ou échec donné de l'isolement et direction du rejet.
Facteur temps	Certains types d'équipement ne sont pas utilisés tout au long de l'année. Ce facteur est pris en compte comme ajustement, p. ex. pour le mode d'attente ou de déchargement.
Fréquence de l'événement (ajustée)	La fréquence de l'événement est entrée comme donnée dans SAFETI pour le scénario d'accident considéré.

Identification du scénario	Fréquence de fuite (par an)	P (Isolement réussi/échoué)	P (direction du rejet)	Fréquence de l'événement (par an)	Facteur temps	Fréquence de l'événement (ajustée) (par an)
1RLFH	4,80E-05	0,01	0,75	3,60E-07	100,00%	3,60E-07
1RLSH	4,80E-05	0,99	0,75	3,56E-05	100,00%	3,56E-05
1RLFI	4,80E-05	0,01	0,25	1,20E-07	100,00%	1,20E-07
1RLSI	4,80E-05	0,99	0,25	1,19E-05	100,00%	1,19E-05
2H-SLFB	3,23E-03	0,01	1	3,23E-05	90,40%	2,92E-05
2H-SLSB	3,23E-03	0,99	1	3,19E-03	90,40%	2,89E-03
2H-MLFB	6,59E-04	0,01	1	6,59E-06	90,40%	5,95E-06
2H-MLSB	6,59E-04	0,99	1	6,52E-04	90,40%	5,89E-04
2H-LLFB	1,87E-04	0,01	1	1,87E-06	90,40%	1,69E-06
2H-LLSB	1,87E-04	0,99	1	1,85E-04	90,40%	1,67E-04
2H-RLFB	2,02E-04	0,01	1	2,02E-06	90,40%	1,82E-06
2H-RLSB	2,02E-04	0,99	1	2,00E-04	90,40%	1,81E-04
2U-SLFB	3,23E-03	0,01	1	3,23E-05	9,60%	3,10E-06
2U-SLSB	3,23E-03	0,99	1	3,19E-03	9,60%	3,07E-04
2U-MLFB	6,59E-04	0,01	1	6,59E-06	9,60%	6,32E-07
2U-MLSB	6,59E-04	0,99	1	6,52E-04	9,60%	6,26E-05
2U-LLFB	1,87E-04	0,01	1	1,87E-06	9,60%	1,80E-07
2U-LLSB	1,87E-04	0,99	1	1,85E-04	9,60%	1,78E-05
2U-RLFB	2,02E-04	0,01	1	2,02E-06	9,60%	1,94E-07
2U-RLSB	2,02E-04	0,99	1	2,00E-04	9,60%	1,92E-05
2bH-RLFI	1,02E-04	0,01	1	1,02E-06	100,00%	1,02E-06
2bH-RLSI	1,02E-04	0,99	1	1,01E-04	100,00%	1,01E-04
3H-SLFB	2,53E-03	0,01	1	2,53E-05	90,40%	2,29E-05
3H-SLSB	2,53E-03	0,99	1	2,51E-03	90,40%	2,26E-03
3H-MLFB	7,33E-04	0,01	1	7,33E-06	90,40%	6,63E-06
3H-MLSB	7,33E-04	0,99	1	7,26E-04	90,40%	6,56E-04
3H-LLFB	1,69E-04	0,01	1	1,69E-06	90,40%	1,53E-06
3H-LLSB	1,69E-04	0,99	1	1,67E-04	90,40%	1,51E-04
3H-RLFB	1,76E-04	0,01	1	1,76E-06	90,40%	1,59E-06
3H-RLSB	1,76E-04	0,99	1	1,74E-04	90,40%	1,57E-04
3U-SLFB	2,53E-03	0,01	1	2,53E-05	9,60%	2,43E-06
3U-SLSB	2,53E-03	0,99	1	2,51E-03	9,60%	2,41E-04
3U-MLFB	7,33E-04	0,01	1	7,33E-06	9,60%	7,04E-07
3U-MLSB	7,33E-04	0,99	1	7,26E-04	9,60%	6,97E-05
3U-LLFB	1,69E-04	0,01	1	1,69E-06	9,60%	1,62E-07
3U-LLSB	1,69E-04	0,99	1	1,67E-04	9,60%	1,61E-05
3U-RLFB	1,76E-04	0,01	1	1,76E-06	9,60%	1,69E-07
3U-RLSB	1,76E-04	0,99	1	1,74E-04	9,60%	1,67E-05
4H-SLFB	3,17E-02	0,01	1	3,17E-04	90,40%	2,86E-04
4H-SLSB	3,17E-02	0,99	1	3,13E-02	90,40%	2,83E-02
4H-MLFB	4,30E-03	0,01	1	4,30E-05	90,40%	3,89E-05

Identification du scénario	Fréquence de fuite (par an)	P (Isolement réussi/échoué)	P (direction du rejet)	Fréquence de l'événement (par an)	Facteur temps	Fréquence de l'événement (ajustée) (par an)
4H-MLSB	4,30E-03	0,99	1	4,26E-03	90,40%	3,85E-03
4H-LLFB	9,59E-04	0,01	1	9,59E-06	90,40%	8,67E-06
4H-LLSB	9,59E-04	0,99	1	9,49E-04	90,40%	8,58E-04
4H-RLFB	7,01E-04	0,01	1	7,01E-06	90,40%	6,33E-06
4H-RLSB	7,01E-04	0,99	1	6,94E-04	90,40%	6,27E-04
4U-SLFB	3,17E-02	0,01	1	3,17E-04	9,60%	3,04E-05
4U-SLSB	3,17E-02	0,99	1	3,13E-02	9,60%	3,01E-03
4U-MLFB	4,30E-03	0,01	1	4,30E-05	9,60%	4,13E-06
4U-MLSB	4,30E-03	0,99	1	4,26E-03	9,60%	4,09E-04
4U-LLFB	9,59E-04	0,01	1	9,59E-06	9,60%	9,20E-07
4U-LLSB	9,59E-04	0,99	1	9,49E-04	9,60%	9,11E-05
4U-RLFB	7,01E-04	0,01	1	7,01E-06	9,60%	6,73E-07
4U-RLSB	7,01E-04	0,99	1	6,94E-04	9,60%	6,66E-05
5HB-SVFB	1,55E-03	0,01	1	7,73E-06	90,40%	6,98E-06
5HB-SVSV	1,55E-03	0,99	1	7,65E-04	90,40%	6,91E-04
5HB-MVFB	3,02E-04	0,01	1	1,51E-06	90,40%	1,36E-06
5HB-MVSV	3,02E-04	0,99	1	1,49E-04	90,40%	1,35E-04
5HB-LVFB	1,18E-04	0,01	1	5,89E-07	90,40%	5,32E-07
5HB-LVSV	1,18E-04	0,99	1	5,83E-05	90,40%	5,27E-05
5HB-RVFB	1,01E-06	0,01	1	5,06E-09	90,40%	4,57E-09
5HB-RVSV	1,01E-06	0,99	1	5,01E-07	90,40%	4,53E-07
5HT-SVFB	1,55E-03	0,01	1	7,73E-06	90,40%	6,98E-06
5HT-SVSV	1,55E-03	0,99	1	7,65E-04	90,40%	6,91E-04
5HT-MVFB	3,02E-04	0,01	1	1,51E-06	90,40%	1,36E-06
5HT-MVSV	3,02E-04	0,99	1	1,49E-04	90,40%	1,35E-04
5HT-LVFB	1,18E-04	0,01	1	5,89E-07	90,40%	5,32E-07
5HT-LVSV	1,18E-04	0,99	1	5,83E-05	90,40%	5,27E-05
5HT-RVFB	1,01E-06	0,01	1	5,06E-09	90,40%	4,57E-09
5HT-RVSV	1,01E-06	0,99	1	5,01E-07	90,40%	4,53E-07
5U-LLFB	1,18E-04	0,01	1	1,18E-06	9,60%	1,13E-07
5U-LLSB	1,18E-04	0,99	1	1,17E-04	9,60%	1,12E-05
5U-RLFB	1,01E-06	0,01	1	1,01E-08	9,60%	9,71E-10
5U-RLSB	1,01E-06	0,99	1	1,00E-06	9,60%	9,62E-08
5UB-SVFB	1,55E-03	0,01	1	7,73E-06	9,60%	7,42E-07
5UB-SVSV	1,55E-03	0,99	1	7,65E-04	9,60%	7,34E-05
5UB-MVFB	3,02E-04	0,01	1	1,51E-06	9,60%	1,45E-07
5UB-MVSV	3,02E-04	0,99	1	1,49E-04	9,60%	1,43E-05
5UB-LVFB	1,18E-04	0,01	1	5,89E-07	9,60%	5,65E-08
5UB-LVSV	1,18E-04	0,99	1	5,83E-05	9,60%	5,59E-06
5UB-RVFB	1,01E-06	0,01	1	5,06E-09	9,60%	4,86E-10
5UB-RVSV	1,01E-06	0,99	1	5,01E-07	9,60%	4,81E-08
5UT-SVFB	1,55E-03	0,01	1	7,73E-06	9,60%	7,42E-07
5UT-SVSV	1,55E-03	0,99	1	7,65E-04	9,60%	7,34E-05

Identification du scénario	Fréquence de fuite (par an)	P (Isolement réussi/échoué)	P (direction du rejet)	Fréquence de l'événement (par an)	Facteur temps	Fréquence de l'événement (ajustée) (par an)
5UT-MVFF	3,02E-04	0,01	1	1,51E-06	9,60%	1,45E-07
5UT-MVSV	3,02E-04	0,99	1	1,49E-04	9,60%	1,43E-05
5UT-LVFF	1,18E-04	0,01	1	5,89E-07	9,60%	5,65E-08
5UT-LVSV	1,18E-04	0,99	1	5,83E-05	9,60%	5,59E-06
5UT-RVFF	1,01E-06	0,01	1	5,06E-09	9,60%	4,86E-10
5UT-RVSV	1,01E-06	0,99	1	5,01E-07	9,60%	4,81E-08
9UB-SVFF	1,12E-03	0,01	1	5,61E-06	9,60%	5,39E-07
9UB-SVSV	1,12E-03	0,99	1	5,56E-04	9,60%	5,34E-05
9UB-MVFF	3,03E-04	0,01	1	1,52E-06	9,60%	1,46E-07
9UB-MVSV	3,03E-04	0,99	1	1,50E-04	9,60%	1,44E-05
9UB-LVFF	2,11E-04	0,01	1	1,06E-06	9,60%	1,01E-07
9UB-LVSV	2,11E-04	0,99	1	1,05E-04	9,60%	1,00E-05
9UB-RVFF	1,12E-05	0,01	1	5,58E-08	9,60%	5,36E-09
9UB-RVSV	1,12E-05	0,99	1	5,53E-06	9,60%	5,31E-07
9UT-SVFF	1,12E-03	0,01	1	5,61E-06	9,60%	1,08E-06
9UT-SVSV	1,12E-03	0,99	1	5,56E-04	9,60%	1,60E-04
9UT-MVFF	3,03E-04	0,01	1	1,52E-06	9,60%	5,82E-07
9UT-MVSV	3,03E-04	0,99	1	1,50E-04	9,60%	7,20E-05
9UT-LVFF	2,11E-04	0,01	1	1,06E-06	9,60%	6,08E-07
9UT-LVSV	2,11E-04	0,99	1	1,05E-04	9,60%	7,02E-05
9UT-RVFF	1,12E-05	0,01	1	5,58E-08	9,60%	4,29E-08
9UT-RVSV	1,12E-05	0,99	1	5,53E-06	9,60%	4,77E-06
10SVFF	8,58E-03	0,01	0,75	6,44E-05	9,60%	6,18E-06
10SVFI	8,58E-03	0,01	0,25	2,15E-05	9,60%	2,06E-06
10SVSF	8,58E-03	0,99	0,75	6,37E-03	9,60%	6,12E-04
10SVSI	8,58E-03	0,99	0,25	2,12E-03	9,60%	2,04E-04
10MVFF	1,73E-03	0,01	0,75	1,30E-05	9,60%	1,25E-06
10MVFI	1,73E-03	0,01	0,25	4,34E-06	9,60%	4,16E-07
10MVSF	1,73E-03	0,99	0,75	1,29E-03	9,60%	1,24E-04
10MVSI	1,73E-03	0,99	0,25	4,29E-04	9,60%	4,12E-05
10LVFF	6,39E-04	0,01	0,75	4,79E-06	9,60%	4,60E-07
10LVFI	6,39E-04	0,01	0,25	1,60E-06	9,60%	1,53E-07
10LVSF	6,39E-04	0,99	0,75	4,74E-04	9,60%	4,55E-05
10LVSI	6,39E-04	0,99	0,25	1,58E-04	9,60%	1,52E-05
10RVFF	2,39E-04	0,01	0,75	1,79E-06	9,60%	1,72E-07
10RVFI	2,39E-04	0,01	0,25	5,97E-07	9,60%	5,73E-08
10RVSF	2,39E-04	0,99	0,75	1,77E-04	9,60%	1,70E-05
10RVSI	2,39E-04	0,99	0,25	5,91E-05	9,60%	5,68E-06
11SLFB	4,34E-02	0,01	1	4,34E-04	100,00%	4,34E-04
11SLSB	4,34E-02	0,99	1	4,30E-02	100,00%	4,30E-02
11MLFB	8,15E-03	0,01	1	8,15E-05	100,00%	8,15E-05
11MLSB	8,15E-03	0,99	1	8,06E-03	100,00%	8,06E-03
11LLFB	1,86E-03	0,01	1	1,86E-05	100,00%	1,86E-05

Identification du scénario	Fréquence de fuite (par an)	P (Isolement réussi/échoué)	P (direction du rejet)	Fréquence de l'événement (par an)	Facteur temps	Fréquence de l'événement (ajustée) (par an)
11LLSB	1,86E-03	0,99	1	1,84E-03	100,00%	1,84E-03
11RLFB	1,23E-03	0,01	1	1,23E-05	100,00%	1,23E-05
11RLSB	1,23E-03	0,99	1	1,22E-03	100,00%	1,22E-03
12SVFF	6,17E-03	0,01	0,75	4,63E-05	100,00%	4,63E-05
12SVFI	6,17E-03	0,01	0,25	1,54E-05	100,00%	1,54E-05
12SVSF	6,17E-03	0,99	0,75	4,58E-03	100,00%	4,58E-03
12SVSI	6,17E-03	0,99	0,25	1,53E-03	100,00%	1,53E-03
12MVFF	2,16E-03	0,01	0,75	1,62E-05	100,00%	1,62E-05
12MVFI	2,16E-03	0,01	0,25	5,39E-06	100,00%	5,39E-06
12MVSF	2,16E-03	0,99	0,75	1,60E-03	100,00%	1,60E-03
12MVSI	2,16E-03	0,99	0,25	5,34E-04	100,00%	5,34E-04
12LVFF	4,87E-04	0,01	0,75	3,65E-06	100,00%	3,65E-06
12LVFI	4,87E-04	0,01	0,25	1,22E-06	100,00%	1,22E-06
12LVSF	4,87E-04	0,99	0,75	3,61E-04	100,00%	3,61E-04
12LVSI	4,87E-04	0,99	0,25	1,20E-04	100,00%	1,20E-04
12RVFF	1,66E-04	0,01	0,75	1,25E-06	100,00%	1,25E-06
12RVFI	1,66E-04	0,01	0,25	4,16E-07	100,00%	4,16E-07
12RVSF	1,66E-04	0,99	0,75	1,24E-04	100,00%	1,24E-04
12RVSI	1,66E-04	0,99	0,25	4,12E-05	100,00%	4,12E-05
13SLFB	1,03E-02	0,01	1	1,03E-04	100,00%	1,03E-04
13SLSB	1,03E-02	0,99	1	1,02E-02	100,00%	1,02E-02
13MLFB	2,54E-03	0,01	1	2,54E-05	100,00%	2,54E-05
13MLSB	2,54E-03	0,99	1	2,51E-03	100,00%	2,51E-03
13LLFB	5,17E-04	0,01	1	5,17E-06	100,00%	5,17E-06
13LLSB	5,17E-04	0,99	1	5,12E-04	100,00%	5,12E-04
13RLFB	1,77E-04	0,01	1	1,77E-06	100,00%	1,77E-06
13RLSB	1,77E-04	0,99	1	1,75E-04	100,00%	1,75E-04
15SLFB	1,28E-02	0,01	1	1,28E-04	100,00%	1,28E-04
15SLSB	1,28E-02	0,99	1	1,27E-02	100,00%	1,27E-02
15MLFB	2,69E-03	0,01	1	2,69E-05	100,00%	2,69E-05
15MLSB	2,69E-03	0,99	1	2,66E-03	100,00%	2,66E-03
15LLFB	8,79E-04	0,01	1	8,79E-06	100,00%	8,79E-06
15LLSB	8,79E-04	0,99	1	8,71E-04	100,00%	8,71E-04
15RLFB	4,40E-04	0,01	1	4,40E-06	100,00%	4,40E-06
15RLSB	4,40E-04	0,99	1	4,35E-04	100,00%	4,35E-04
16SLFB	2,27E-03	0,01	1	2,27E-05	100,00%	2,27E-05
16SLSB	2,27E-03	0,99	1	2,25E-03	100,00%	2,25E-03
16MLFB	4,45E-04	0,01	1	4,45E-06	100,00%	4,45E-06
16MLSB	4,45E-04	0,99	1	4,41E-04	100,00%	4,41E-04
16LLFB	1,21E-04	0,01	1	1,21E-06	100,00%	1,21E-06
16LLSB	1,21E-04	0,99	1	1,20E-04	100,00%	1,20E-04
16RLFB	1,22E-04	0,01	1	1,22E-06	100,00%	1,22E-06
16RLSB	1,22E-04	0,99	1	1,20E-04	100,00%	1,20E-04

Identification du scénario	Fréquence de fuite (par an)	P (Isolement réussi/échoué)	P (direction du rejet)	Fréquence de l'événement (par an)	Facteur temps	Fréquence de l'événement (ajustée) (par an)
17O-SVFF	1,83E-01	0,01	0,75	7,47E-05	100,00%	7,47E-05
17O-SVFI	1,83E-01	0,01	0,25	2,49E-05	100,00%	2,49E-05
17O-SVSF	1,83E-01	0,99	0,75	7,39E-03	100,00%	7,39E-03
17O-SVSI	1,83E-01	0,99	0,25	2,46E-03	100,00%	2,46E-03
17O-MVFF	2,12E-02	0,01	0,75	8,66E-06	100,00%	8,66E-06
17O-MVFI	2,12E-02	0,01	0,25	2,89E-06	100,00%	2,89E-06
17O-MVSF	2,12E-02	0,99	0,75	8,58E-04	100,00%	8,58E-04
17O-MVSI	2,12E-02	0,99	0,25	2,86E-04	100,00%	2,86E-04
17O-LVFF	4,31E-03	0,01	0,75	1,76E-06	100,00%	1,76E-06
17O-LVFI	4,31E-03	0,01	0,25	5,87E-07	100,00%	5,87E-07
17O-LVSF	4,31E-03	0,99	0,75	1,74E-04	100,00%	1,74E-04
17O-LVSI	4,31E-03	0,99	0,25	5,81E-05	100,00%	5,81E-05
17O-RVFF	2,48E-03	0,01	0,75	1,01E-06	100,00%	1,01E-06
17O-RVFI	2,48E-03	0,01	0,25	3,38E-07	100,00%	3,38E-07
17O-RVSF	2,48E-03	0,99	0,75	1,00E-04	100,00%	1,00E-04
17O-RVSI	2,48E-03	0,99	0,25	3,34E-05	100,00%	3,34E-05
17I-SVFI	1,83E-01	0,01	1	1,73E-03	100,00%	1,73E-03
17I-SVSI	1,83E-01	0,99	1	1,71E-01	100,00%	1,71E-01
17I-MVFI	2,12E-02	0,01	1	2,01E-04	100,00%	2,01E-04
17I-MVSI	2,12E-02	0,99	1	1,99E-02	100,00%	1,99E-02
17I-LVFI	4,31E-03	0,01	1	4,08E-05	100,00%	4,08E-05
17I-LVSI	4,31E-03	0,99	1	4,03E-03	100,00%	4,03E-03
17I-RVFI	2,48E-03	0,01	1	2,35E-05	100,00%	2,35E-05
17I-RVSI	2,48E-03	0,99	1	2,32E-03	100,00%	2,32E-03
18SLFB	1,09E-02	0,01	1	5,45E-05	100,00%	5,45E-05
18SLSB	1,09E-02	0,99	1	5,40E-03	100,00%	5,40E-03
18MLFB	2,01E-03	0,01	1	1,00E-05	100,00%	1,00E-05
18MLSB	2,01E-03	0,99	1	9,93E-04	100,00%	9,93E-04
18LLFB	4,63E-04	0,01	1	2,32E-06	100,00%	2,32E-06
18LLSB	4,63E-04	0,99	1	2,29E-04	100,00%	2,29E-04
18RLFB	4,07E-04	0,01	1	2,03E-06	100,00%	2,03E-06
18RLSB	4,07E-04	0,99	1	2,01E-04	100,00%	2,01E-04
18SVFI	1,09E-02	0,01	0,25	1,36E-05	100,00%	1,36E-05
18SVFF	1,09E-02	0,01	0,75	4,09E-05	100,00%	4,09E-05
18SVSI	1,09E-02	0,99	0,25	1,35E-03	100,00%	1,35E-03
18SVSF	1,09E-02	0,99	0,75	4,05E-03	100,00%	4,05E-03
18MVFI	2,01E-03	0,01	0,25	2,51E-06	100,00%	2,51E-06
18MVFF	2,01E-03	0,01	0,75	7,52E-06	100,00%	7,52E-06
18MVSI	2,01E-03	0,99	0,25	2,48E-04	100,00%	2,48E-04
18MVSF	2,01E-03	0,99	0,75	7,44E-04	100,00%	7,44E-04
18LVFI	4,63E-04	0,01	0,25	5,79E-07	100,00%	5,79E-07
18LVFF	4,63E-04	0,01	0,75	1,74E-06	100,00%	1,74E-06
18LVSI	4,63E-04	0,99	0,25	5,73E-05	100,00%	5,73E-05

Identification du scénario	Fréquence de fuite (par an)	P (Isolement réussi/échoué)	P (direction du rejet)	Fréquence de l'événement (par an)	Facteur temps	Fréquence de l'événement (ajustée) (par an)
18LVSF	4,63E-04	0,99	0,75	1,72E-04	100,00%	1,72E-04
18RVFI	4,07E-04	0,01	0,25	5,09E-07	100,00%	5,09E-07
18RVFF	4,07E-04	0,01	0,75	1,53E-06	100,00%	1,53E-06
18RVSI	4,07E-04	0,99	0,25	5,03E-05	100,00%	5,03E-05
18RVSF	4,07E-04	0,99	0,75	1,51E-04	100,00%	1,51E-04
19SVFF	6,49E-03	0,01	0,75	4,87E-05	100,00%	4,87E-05
19SVFI	6,49E-03	0,01	0,25	1,62E-05	100,00%	1,62E-05
19SVSF	6,49E-03	0,99	0,75	4,82E-03	100,00%	4,82E-03
19SVSI	6,49E-03	0,99	0,25	1,61E-03	100,00%	1,61E-03
19MVFF	1,45E-03	0,01	0,75	1,09E-05	100,00%	1,09E-05
19MVFI	1,45E-03	0,01	0,25	3,63E-06	100,00%	3,63E-06
19MVSF	1,45E-03	0,99	0,75	1,08E-03	100,00%	1,08E-03
19MVSI	1,45E-03	0,99	0,25	3,60E-04	100,00%	3,60E-04
19LVFF	3,85E-04	0,01	0,75	2,89E-06	100,00%	2,89E-06
19LVFI	3,85E-04	0,01	0,25	9,64E-07	100,00%	9,64E-07
19LVSF	3,85E-04	0,99	0,75	2,86E-04	100,00%	2,86E-04
19LVSI	3,85E-04	0,99	0,25	9,54E-05	100,00%	9,54E-05
19RVFF	8,01E-05	0,01	0,75	6,01E-07	100,00%	6,01E-07
19RVFI	8,01E-05	0,01	0,25	2,00E-07	100,00%	2,00E-07
19RVSF	8,01E-05	0,99	0,75	5,95E-05	100,00%	5,95E-05
19RVSI	8,01E-05	0,99	0,25	1,98E-05	100,00%	1,98E-05
ST-RALH	7,43E-06	1	1	3,72E-06	100,00%	3,72E-06
ST-RBLV	7,43E-06	1	1	3,72E-06	100,00%	3,72E-06
STO1-LLFV	3,00E-07	1	1	3,00E-07	100,00%	3,00E-07
STO2-LLFV	3,00E-07	1	1	3,00E-07	100,00%	3,00E-07

## **ANNEXE**

---

4

### **PARAMÈTRES POUR L'ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES DES SCÉNARIOS D'ACCIDENT**

# 1 INTRODUCTION

Cette annexe décrit les paramètres utilisés dans le modèle SAFETI pour l'évaluation des conséquences.

## 2 PARAMÈTRES POUR L'ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES DES SCÉNARIOS D'ACCIDENT

Une brève description des colonnes du tableau principal de cette annexe est donnée ci-dessous.

Nom de la colonne	Description
Identification du scénario	Comme cela est décrit dans l'annexe 2, un code d'identification a été attribué à chaque scénario d'accident.
Inventaire de segment	La masse contenue dans les segments ESD telle que fournie par l'ingénierie MW Kellogg.
Taille de la brèche	Le diamètre représentatif de la perforation (Petit : 5 mm ; Moyen : 25 mm ; Grand : 100 mm ; Rupture complète : diamètre extérieur de la canalisation)
Débit de fuite	Le débit de fuite appliqué servant à estimer la masse rejetée pour chaque scénario d'accident.
Délai d'isolement	Le temps mis pour fermer les vannes d'arrêt d'urgence. En cas d'échec de l'isolation, on considère que le temps d'isolement est d'une heure.
Durée de la purge	La durée avant que le segment ne soit considéré comme vide après la fermeture des vannes d'arrêt d'urgence.
Durée totale du rejet	Le total de la durée du rejet (somme de « délai d'isolement » et « durée de la purge »).
Masse totale renvoyée sans les effets de la mise à l'évent	La masse totale rejetée pour chaque scénario. Les effets de la mise à l'évent ne sont pas inclus dans cette colonne.
Réduction de la masse rejetée par mise à l'évent	Le système de mise à l'évent permet de mettre à l'évent une certaine quantité de la masse totale du segment ESD. Cette masse libérée est estimée d'après le ratio taux de purge/débit de fuite.
Masse totale rejetée avec les effets de la mise à l'évent	L'estimation de la masse totale rejetée pour chaque scénario, incluant les effets de la mise à l'évent.
Surface de rétention	La surface de la cuvette de rétention dans laquelle le liquide est déversé. Fournie par MW Kellogg.
Hauteur de la rétention	La profondeur/hauteur de la cuvette de rétention dans laquelle le liquide est déversé. Fournie par MW Kellogg.

Identification du scénario	Inventaire du segment (kg)	Taille de la brèche (mm)	Débit de fuite (kg/s)	Délai d'isolement (s)	Durée de la purge (s)	Durée totale du rejet (s)	Masse totale renvoyée sans les effets de la mise à l'évent (kg)	Réduction de la masse rejetée par mise à l'évent (kg)	Masse totale rejetée avec les effets de la mise à l'évent (kg)	Surface de la rétention (m <sup>2</sup> )	Hauteur de la rétention (m)
1RLFH	1353	-	530,00	300	3	303	160353	-	160353	NA	NA
1RLSH	1353	-	530,00	60	3	63	33153	-	33153	NA	NA
1RLFI	1353	-	530,00	300	3	303	160353	-	160353	NA	NA
1RLSI	1353	-	530,00	60	3	63	33153	-	33153	NA	NA
2H-SLFB	2100	5,0	0,35	3600	3600	3600	1275	-	1275	27,04	3
2H-SLSB	2100	5,0	0,35	120	3600	3600	1275	-	1275	27,04	3
2H-MLFB	2100	25,0	8,85	3600	237	3600	31876	-	31876	27,04	3
2H-MLSB	2100	25,0	8,85	120	237	357	3163	-	3163	27,04	3
2H-LLFB	2100	100,0	24,44	3600	86	3600	88000	-	88000	27,04	3
2H-LLSB	2100	100,0	24,44	120	86	206	5033	-	5033	27,04	3
2H-RLFB	2100	609,6	24,44	3600	86	3600	88000	-	88000	27,04	3
2H-RLSB	2100	609,6	24,44	120	86	206	5033	-	5033	27,04	3
2U-SLFB	2255	5,0	0,22	3600	3600	3600	795	-	795	27,04	3
2U-SLSB	2255	5,0	0,22	120	3600	3600	795	-	795	27,04	3
2U-MLFB	2255	25,0	5,52	3600	408	3600	19878	-	19878	27,04	3
2U-MLSB	2255	25,0	5,52	120	408	528	2918	-	2918	27,04	3
2U-LLFB	2255	100,0	88,35	3600	26	3600	318051	-	318051	27,04	3
2U-LLSB	2255	100,0	88,35	120	26	146	12857	-	12857	27,04	3
2U-RLFB	2255	609,6	795,00	3600	3	3600	2862000	-	2862000	27,04	3
2U-RLSB	2255	609,6	795,00	120	3	123	97655	-	97655	27,04	3
2bH-RLFI	2100	609,6	24,44	3600	86	3600	88000	-	88000	NA	NA
2bH-RLSI	2100	609,6	24,44	120	86	206	5033	-	5033	NA	NA
3H-SLFB	59640	5,0	0,35	3600	3600	3600	1275	-	1275	100	3
3H-SLSB	59640	5,0	0,35	120	3600	3600	1275	-	1275	100	3
3H-MLFB	59640	25,0	8,85	3600	3600	3600	31876	-	31876	100	3
3H-MLSB	59640	25,0	8,85	120	3600	3600	31876	-	31876	100	3
3H-LLFB	59640	100,0	24,44	3600	2440	3600	88000	-	88000	100	3
3H-LLSB	59640	100,0	24,44	120	2440	2560	62573	-	62573	100	3
3H-RLFB	59640	609,6	24,44	3600	2440	3600	88000	-	88000	100	3
3H-RLSB	59640	609,6	24,44	120	2440	2560	62573	-	62573	100	3

Identification du scénario	Inventaire du segment (kg)	Taille de la brèche (mm)	Débit de fuite (kg/s)	Délai d'isolement (s)	Durée de la purge (s)	Durée totale du rejet (s)	Masse totale renvoyée sans les effets de la mise à l'évent (kg)	Réduction de la masse rejetée par mise à l'évent (kg)	Masse totale rejetée avec les effets de la mise à l'évent (kg)	Surface de la rétention (m <sup>2</sup> )	Hauteur de la rétention (m)
3U-SLFB	64042	5,0	0,17	3600	3600	3600	621	-	621	100	3
3U-SLSB	64042	5,0	0,17	120	3600	3600	621	-	621	100	3
3U-MLFB	64042	25,0	4,31	3600	3600	3600	15526	-	15526	100	3
3U-MLSB	64042	25,0	4,31	120	3600	3600	15526	-	15526	100	3
3U-LLFB	64042	100,0	69,01	3600	928	3600	248422	-	248422	100	3
3U-LLSB	64042	100,0	69,01	120	928	1048	72323	-	72323	100	3
3U-RLFB	64042	609,6	795,00	3600	81	3600	2862000	-	2862000	100	3
3U-RLSB	64042	609,6	795,00	120	81	201	159442	-	159442	100	3
4H-SLFB	6300	5,0	0,35	3600	3600	3600	1275	-	1275	100	3
4H-SLSB	6300	5,0	0,35	120	3600	3600	1275	-	1275	100	3
4H-MLFB	6300	25,0	8,85	3600	712	3600	31876	-	31876	100	3
4H-MLSB	6300	25,0	8,85	120	712	832	7363	-	7363	100	3
4H-LLFB	6300	100,0	24,44	3600	258	3600	88000	-	88000	100	3
4H-LLSB	6300	100,0	24,44	120	258	378	9233	-	9233	100	3
4H-RLFB	6300	762,0	24,44	3600	258	3600	88000	-	88000	100	3
4H-RLSB	6300	762,0	24,44	120	258	378	9233	-	9233	100	3
4U-SLFB	6765	5,0	0,32	3600	3600	3600	1158	-	1158	100	3
4U-SLSB	6765	5,0	0,32	120	3600	3600	1158	-	1158	100	3
4U-MLFB	6765	25,0	8,04	3600	841	3600	28957	-	28957	100	3
4U-MLSB	6765	25,0	8,04	120	841	961	7730	-	7730	100	3
4U-LLFB	6765	100,0	128,70	3600	53	3600	463309	-	463309	100	3
4U-LLSB	6765	100,0	128,70	120	53	173	22209	-	22209	100	3
4U-RLFB	6765	762,0	795,00	3600	9	3600	2 862 000,00	-	2862000	100	3
4U-RLSB	6765	762,0	795,00	120	9	129	102165	-	102165	100	3
5HB-SVfV	475020	5,0	0,35	3600	3600	3600	1275	-	1275	NA	NA
5HB-SVSV	475020	5,0	0,35	210	3600	3600	1275	-	1275	NA	NA
5HB-MVfV	475020	25,0	8,85	3600	3600	3600	31876	-	31876	NA	NA
5HB-MVSV	475020	25,0	8,85	210	3600	3600	31876	-	31876	NA	NA
5HB-LVfV	475020	100,0	24,44	3600	3600	3600	88000	-	88000	NA	NA
5HB-LVSV	475020	100,0	24,44	210	3600	3600	88000	-	88000	NA	NA
5HB-RVfV	475020	762,0	24,44	3600	3600	3600	88000	-	88000	NA	NA
5HB-RVSV	475020	762,0	24,44	210	3600	3600	88000	-	88000	NA	NA

Identification du scénario	Inventaire du segment (kg)	Taille de la brèche (mm)	Débit de fuite (kg/s)	Délai d'isolement (s)	Durée de la purge (s)	Durée totale du rejet (s)	Masse totale renvoyée sans les effets de la mise à l'évent (kg)	Réduction de la masse rejetée par mise à l'évent (kg)	Masse totale rejetée avec les effets de la mise à l'évent (kg)	Surface de la rétention (m <sup>2</sup> )	Hauteur de la rétention (m)
5HT-SVfV	475020	5,0	0,35	3600	3600	3600	1275	-	1275	NA	NA
5HT-SVSV	475020	5,0	0,35	210	3600	3600	1275	-	1275	NA	NA
5HT-MVfV	475020	25,0	8,85	3600	3600	3600	31876	-	31876	NA	NA
5HT-MVSV	475020	25,0	8,85	210	3600	3600	31876	-	31876	NA	NA
5HT-LVfV	475020	100,0	24,44	3600	3600	3600	88000	-	88000	NA	NA
5HT-LVSV	475020	100,0	24,44	210	3600	3600	88000	-	88000	NA	NA
5HT-RVfV	475020	762,0	24,44	3600	3600	3600	88000	-	88000	NA	NA
5HT-RVSV	475020	762,0	24,44	210	3600	3600	88000	-	88000	NA	NA
5U-LLFB	137489	100,0	47,66	3600	2885	3600	171583	-	171583	100	3
5U-LLSB	137489	100,0	47,66	210	2885	3095	147498	-	147498	100	3
5U-RLFB	283195	762,0	675,00	3600	412	3600	2430000	-	2430000	100	3
5U-RLSB	283195	762,0	675,00	210	412	622	420136	-	420136	100	3
5UB-SVfV	327877	5,0	0,28	3600	3600	3600	1023	-	1023	NA	NA
5UB-SVSV	327877	5,0	0,28	210	3600	3600	1023	-	1023	NA	NA
5UB-MVfV	327877	25,0	7,10	3600	3600	3600	25574	-	25574	NA	NA
5UB-MVSV	327877	25,0	7,10	210	3600	3600	25574	-	25574	NA	NA
5UB-LVfV	190388	100,0	66,00	3600	2885	3600	237600	-	237600	NA	NA
5UB-LVSV	190388	100,0	66,00	210	2885	3095	204248	-	204248	NA	NA
5UB-RVfV	44682	762,0	120,00	3600	412	3600	432000	-	432000	NA	NA
5UB-RVSV	44682	762,0	120,00	210	412	622	74691	-	74691	NA	NA
5UT-SVfV	327877	5,0	0,28	3600	3600	3600	1023	-	1023	NA	NA
5UT-SVSV	327877	5,0	0,28	210	3600	3600	1023	-	1023	NA	NA
5UT-MVfV	327877	25,0	7,10	3600	3600	3600	25574	-	25574	NA	NA
5UT-MVSV	327877	25,0	7,10	210	3600	3600	25574	-	25574	NA	NA
5UT-LVfV	190388	100,0	66,00	3600	2885	3600	237600	-	237600	NA	NA
5UT-LVSV	190388	100,0	66,00	210	2885	3095	204248	-	204248	NA	NA
5UT-RVfV	44682	762,0	120,00	3600	412	3600	432000	-	432000	NA	NA
5UT-RVSV	44682	762,0	120,00	210	412	622	74691	-	74691	NA	NA
9UB-SVfV	178,6	5,0	0,02	3600	3600	3600	54	-	54	NA	NA
9UB-SVSV	178,6	5,0	0,02	120	3600	3600	54	0,90	5	NA	NA
9UB-MVfV	178,6	25,0	0,38	3600	470	3600	1368	-	1368	NA	NA
9UB-MVSV	178,6	25,0	0,38	120	470	590	224	0,50	112	NA	NA

Identification du scénario	Inventaire du segment (kg)	Taille de la brèche (mm)	Débit de fuite (kg/s)	Délai d'isolement (s)	Durée de la purge (s)	Durée totale du rejet (s)	Masse totale renvoyée sans les effets de la mise à l'évent (kg)	Réduction de la masse rejetée par mise à l'évent (kg)	Masse totale rejetée avec les effets de la mise à l'évent (kg)	Surface de la rétention (m <sup>2</sup> )	Hauteur de la rétention (m)
9UB-LVFF	178,6	100,0	6,00	3600	30	3600	21600	-	21600	NA	NA
9UB-LVSV	178,6	100,0	6,00	120	30	150	899	0,10	809	NA	NA
9UB-RVFF	178,6	-	14,00	3600	13	3600	50400	-	50400	NA	NA
9UB-RVSV	178,6	-	14,00	120	13	133	1859	-	1859	NA	NA
9UT-SVFF	178,6	5,0	0,02	3600	3600	3600	54	-	54	NA	NA
9UT-SVSV	178,6	5,0	0,02	120	3600	3600	54	0,90	5	NA	NA
9UT-MVFF	178,6	25,0	0,38	3600	470	3600	1368	-	1368	NA	NA
9UT-MVSV	178,6	25,0	0,38	120	470	590	224	0,50	112	NA	NA
9UT-LVFF	178,6	100,0	6,00	3600	30	3600	21600	-	21600	NA	NA
9UT-LVSV	178,6	100,0	6,00	120	30	150	899	0,10	809	NA	NA
9UT-RVFF	178,6	-	14,00	3600	13	3600	50400	-	50400	NA	NA
9UT-RVSV	178,6	-	14,00	120	13	133	1859	-	1859	NA	NA
10SVFF	139,2	5,0	0,01	3600	3600	3600	18	-	18	NA	NA
10SVFI	139,2	5,0	0,01	3600	3600	3600	18	-	18	NA	NA
10SVSF	139,2	5,0	0,01	120	3600	3600	18	0,90	2	NA	NA
10SVSI	139,2	5,0	0,01	120	3600	3600	18	0,90	2	NA	NA
10MVFF	139,2	25,0	0,13	3600	1071	3600	468	-	468	NA	NA
10MVFI	139,2	25,0	0,13	3600	1071	3600	468	-	468	NA	NA
10MVSF	139,2	25,0	0,13	120	1071	1191	155	0,50	77	NA	NA
10MVSI	139,2	25,0	0,13	120	1071	1191	155	0,50	77	NA	NA
10LVFF	139,2	100,0	2,15	3600	65	3600	7740	-	7740	NA	NA
10LVFI	139,2	100,0	2,15	3600	65	3600	7740	-	7740	NA	NA
10LVSF	139,2	100,0	2,15	120	65	185	397	0,10	357	NA	NA
10LVSI	139,2	100,0	2,15	120	65	185	397	0,10	357	NA	NA
10RVFF	139,2	203,2	8,80	3600	16	3600	31680	-	31680	NA	NA
10RVFI	139,2	203,2	8,80	3600	16	3600	31680	-	31680	NA	NA
10RVSF	139,2	203,2	8,80	120	16	136	1195	-	1195	NA	NA
10RVSI	139,2	203,2	8,80	120	16	136	1195	-	1195	NA	NA
11SLFB	102000	5,0	1,17	3600	3600	3600	4219	-	4219	100	3
11SLSB	102000	5,0	1,17	120	3600	3600	4219	-	4219	100	3
11MLFB	102000	25,0	29,30	3600	3481	3600	105482	-	105482	100	3
11MLSB	102000	25,0	29,30	120	3481	3600	105482	-	105482	100	3

Identification du scénario	Inventaire du segment (kg)	Taille de la brèche (mm)	Débit de fuite (kg/s)	Délai d'isolement (s)	Durée de la purge (s)	Durée totale du rejet (s)	Masse totale renvoyée sans les effets de la mise à l'évent (kg)	Réduction de la masse rejetée par mise à l'évent (kg)	Masse totale rejetée avec les effets de la mise à l'évent (kg)	Surface de la rétention (m <sup>2</sup> )	Hauteur de la rétention (m)
11LLFB	102000	100,0	194,44	3600	525	3600	700000	-	700000	100	3
11LLSB	102000	100,0	194,44	120	525	645	125333	-	125333	100	3
11RLFB	102000	609,6	194,44	3600	525	3600	700000	-	700000	100	3
11RLSB	102000	609,6	194,44	120	525	645	125333	-	125333	100	3
12SVFF	382	5,0	0,00	3600	3600	3600	11	-	11	NA	NA
12SVFI	382	5,0	0,00	3600	3600	3600	11	-	11	NA	NA
12SVSF	382	5,0	0,00	120	3600	3600	11	0,90	1	NA	NA
12SVSI	382	5,0	0,00	120	3600	3600	11	0,90	1	NA	NA
12MVFF	382	25,0	0,06	3600	3600	3600	230	-	230	NA	NA
12MVFI	382	25,0	0,06	3600	3600	3600	230	-	230	NA	NA
12MVSF	382	25,0	0,06	120	3600	3600	230	0,50	115	NA	NA
12MVSI	382	25,0	0,06	120	3600	3600	230	0,50	115	NA	NA
12LVFF	382	100,0	1,03	3600	371	3600	3708	-	3708	NA	NA
12LVFI	382	100,0	1,03	3600	371	3600	3708	-	3708	NA	NA
12LVSF	382	100,0	1,03	120	371	491	506	0,10	455	NA	NA
12LVSI	382	100,0	1,03	120	371	491	506	0,10	455	NA	NA
12RVFF	382	152,4	37,00	3600	10	3600	133200	-	133200	NA	NA
12RVFI	382	152,4	37,00	3600	10	3600	133200	-	133200	NA	NA
12RVSF	382	152,4	37,00	120	10	130	4822	-	4822	NA	NA
12RVSI	382	152,4	37,00	120	10	130	4822	-	4822	NA	NA
13SLFB	19844	5,0	0,41	3600	3600	3600	1483	-	1483	79,2	3
13SLSB	19844	5,0	0,41	120	3600	3600	1483	-	1483	79,2	3
13MLFB	19844	25,0	10,30	3600	1927	3600	37069	-	37069	79,2	3
13MLSB	19844	25,0	10,30	120	1927	2047	21080	-	21080	79,2	3
13LLFB	19844	100,0	164,75	3600	120	3600	593099	-	593099	79,2	3
13LLSB	19844	100,0	164,75	120	120	240	39614	-	39614	79,2	3
13RLFB	19844	762,0	194,44	3600	102	3600	700000	-	700000	79,2	3
13RLSB	19844	762,0	194,44	120	102	222	43177	-	43177	79,2	3
15SLFB	34286	5,0	0,33	3600	3600	3600	1205	-	1205	100	3
15SLSB	34286	5,0	0,33	120	3600	3600	1205	-	1205	100	3
15MLFB	34286	25,0	8,37	3600	3600	3600	30129	-	30129	100	3
15MLSB	34286	25,0	8,37	120	3600	3600	30129	-	30129	100	3

Identification du scénario	Inventaire du segment (kg)	Taille de la brèche (mm)	Débit de fuite (kg/s)	Délai d'isolement (s)	Durée de la purge (s)	Durée totale du rejet (s)	Masse totale renvoyée sans les effets de la mise à l'évent (kg)	Réduction de la masse rejetée par mise à l'évent (kg)	Masse totale rejetée avec les effets de la mise à l'évent (kg)	Surface de la rétention (m <sup>2</sup> )	Hauteur de la rétention (m)
15LLFB	34286	100,0	133,91	3600	256	3600	482062	-	482062	100	3
15LLSB	34286	100,0	133,91	120	256	376	50355	-	50355	100	3
15RLFB	34286	508,0	191,67	3600	179	3600	690000	-	690000	100	3
15RLSB	34286	508,0	191,67	120	179	299	57286	-	57286	100	3
16SLFB	4250	5,0	1,17	3600	3600	3600	4219	-	4219	100	3
16LSLB	4250	5,0	1,17	120	3600	3600	4219	-	4219	100	3
16MLFB	4250	25,0	1,39	3600	3060	3600	5000	-	5000	100	3
16MLSB	4250	25,0	1,39	120	3060	3180	4417	-	4417	100	3
16LLFB	4250	100,0	1,39	3600	3060	3600	5000	-	5000	100	3
16LLSB	4250	100,0	1,39	120	3060	3180	4417	-	4417	100	3
16RLFB	4250	609,6	1,39	3600	3060	3600	5000	-	5000	100	3
16RLSB	4250	609,6	1,39	120	3060	3180	4417	-	4417	100	3
17O-SVFF	311,5	5,0	0,04	3600	3600	3600	144	-	144	NA	NA
17O-SVFI	311,5	5,0	0,04	3600	3600	3600	144	-	144	NA	NA
17O-SVSF	311,5	5,0	0,04	120	3600	3600	144	0,90	14	NA	NA
17O-SVSI	311,5	5,0	0,04	120	3600	3600	144	0,90	14	NA	NA
17O-MVFF	311,5	25,0	0,90	3600	346	3600	3240	-	3240	NA	NA
17O-MVFI	311,5	25,0	0,90	3600	346	3600	3240	-	3240	NA	NA
17O-MVSF	311,5	25,0	0,90	120	346	466	420	0,50	210	NA	NA
17O-MVSI	311,5	25,0	0,90	120	346	466	420	0,50	210	NA	NA
17O-LVFF	311,5	100,0	14,00	3600	22	3600	50400	-	50400	NA	NA
17O-LVFI	311,5	100,0	14,00	3600	22	3600	50400	-	50400	NA	NA
17O-LVSF	311,5	100,0	14,00	120	22	142	1992	0,10	1792	NA	NA
17O-LVSI	311,5	100,0	14,00	120	22	142	1992	0,10	1792	NA	NA
17O-RVFF	311,5	-	500,00	3600	1	3600	1800000	-	1800000	NA	NA
17O-RVFI	311,5	-	500,00	3600	1	3600	1800000	-	1800000	NA	NA
17O-RVSF	311,5	-	500,00	120	1	121	60312	-	60312	NA	NA
17O-RVSI	311,5	-	500,00	120	1	121	60312	-	60312	NA	NA
17I-SVFI	311,5	5,0	0,04	3600	3600	3600	144	-	144	NA	NA
17I-SVSI	311,5	5,0	0,04	120	3600	3600	144	0,90	14	NA	NA
17I-MVFI	311,5	25,0	0,90	3600	346	3600	3240	-	3240	NA	NA
17I-MVSI	311,5	25,0	0,90	120	346	466	420	0,50	210	NA	NA

Identification du scénario	Inventaire du segment (kg)	Taille de la brèche (mm)	Débit de fuite (kg/s)	Délai d'isolement (s)	Durée de la purge (s)	Durée totale du rejet (s)	Masse totale renvoyée sans les effets de la mise à l'évent (kg)	Réduction de la masse rejetée par mise à l'évent (kg)	Masse totale rejetée avec les effets de la mise à l'évent (kg)	Surface de la rétention (m <sup>2</sup> )	Hauteur de la rétention (m)
17I-LVFI	311,5	100,0	14,00	3600	22	3600	50400	-	50400	NA	NA
17I-LVSI	311,5	100,0	14,00	120	22	142	1992	0,10	1792	NA	NA
17I-RVFI	311,5	-	500,00	3600	1	3600	1800000	-	1800000	NA	NA
17I-RVSI	311,5	-	500,00	120	1	121	60312	-	60312	NA	NA
18SLFB	425	5,0	1,17	3600	363	3600	4219	-	4219	100	3
18SLSB	425	5,0	1,17	120	363	483	566	-	566	100	3
18MLFB	425	25,0	29,30	3600	15	3600	105482	-	105482	100	3
18MLSB	425	25,0	29,30	120	15	135	3941	-	3941	100	3
18LLFB	425	100,0	208,33	3600	2	3600	750000	-	750000	100	3
18LLSB	425	100,0	208,33	120	2	122	25425	-	25425	100	3
18RLFB	425	203,2	208,33	3600	2	3600	750000	-	750000	100	3
18RLSB	425	203,2	208,33	120	2	122	25425	-	25425	100	3
18SVFI	95,5	5,0	0,35	3600	273	3600	1260	-	1260	NA	NA
18SVFF	95,5	5,0	0,35	3600	273	3600	1260	-	1260	NA	NA
18SVSI	95,5	5,0	0,35	120	273	393	138	0,90	14	NA	NA
18SVSF	95,5	5,0	0,35	120	273	393	138	0,90	14	NA	NA
18MVFI	95,5	25,0	9,00	3600	11	3600	32400	-	32400	NA	NA
18MVFF	95,5	25,0	9,00	3600	11	3600	32400	-	32400	NA	NA
18MVSI	95,5	25,0	9,00	120	11	131	1176	0,90	118	NA	NA
18MVSF	95,5	25,0	9,00	120	11	131	1176	0,90	118	NA	NA
18LVFI	95,5	100,0	140,00	3600	1	3600	504000	-	504000	NA	NA
18LVFF	95,5	100,0	140,00	3600	1	3600	504000	-	504000	NA	NA
18LVSI	95,5	100,0	140,00	120	1	121	16896	0,40	10137	NA	NA
18LVSF	95,5	100,0	140,00	120	1	121	16896	0,40	10137	NA	NA
18RVFI	95,5	-	600,00	3600	0	3600	2160000	-	2160000	NA	NA
18RVFF	95,5	-	600,00	3600	0	3600	2160000	-	2160000	NA	NA
18RVSI	95,5	-	600,00	120	0	120	72096	-	72096	NA	NA
18RVSF	95,5	-	600,00	120	0	120	72096	-	72096	NA	NA
19SVFF	1050,5	5,0	0,40	3600	2626	3600	1440	-	1440	NA	NA
19SVFI	1050,5	5,0	0,40	3600	2626	3600	1440	-	1440	NA	NA
19SVSF	1050,5	5,0	0,40	120	2626	2746	1099	0,90	110	NA	NA
19SVSI	1050,5	5,0	0,40	120	2626	2746	1099	0,90	110	NA	NA

Identification du scénario	Inventaire du segment (kg)	Taille de la brèche (mm)	Débit de fuite (kg/s)	Délai d'isolement (s)	Durée de la purge (s)	Durée totale du rejet (s)	Masse totale renvoyée sans les effets de la mise à l'évent (kg)	Réduction de la masse rejetée par mise à l'évent (kg)	Masse totale rejetée avec les effets de la mise à l'évent (kg)	Surface de la rétention (m <sup>2</sup> )	Hauteur de la rétention (m)
19MVFF	1050,5	25,0	9,00	3600	117	3600	32400	-	32400	NA	NA
19MVFI	1050,5	25,0	9,00	3600	117	3600	32400	-	32400	NA	NA
19MVSF	1050,5	25,0	9,00	120	117	237	2131	0,90	213	NA	NA
19MVSI	1050,5	25,0	9,00	120	117	237	2131	0,90	213	NA	NA
19LVFF	1050,5	100,0	150,00	3600	7	3600	540000	-	540000	NA	NA
19LVFI	1050,5	100,0	150,00	3600	7	3600	540000	-	540000	NA	NA
19LVSF	1050,5	100,0	150,00	120	7	127	19051	0,40	11430	NA	NA
19LVSI	1050,5	100,0	150,00	120	7	127	19051	0,40	11430	NA	NA
19RVFF	1050,5	-	800,00	3600	1	3600	2880000	-	2880000	NA	NA
19RVFI	1050,5	-	800,00	3600	1	3600	2880000	-	2880000	NA	NA
19RVSF	1050,5	-	800,00	120	1	121	97051	-	97051	NA	NA
19RVSI	1050,5	-	800,00	120	1	121	97051	-	97051	NA	NA
ST-RALH	8170000	1 500,0	8 130,00	NA	NA	1944	8170000	-	8170000	NA	NA
ST-RBLV	11600000	1 500,0	7 220,00	NA	NA	1800	11600000	-	11600000	NA	NA
STO1-LLFV	40000000	NA	NA	NA	NA	NA	80000000	-	80000000	6362	31
STO2-LLFV	40000000	NA	NA	NA	NA	NA	80000000	-	80000000	6362	31

## **ANNEXE**

---

5

### **REGISTRE DE PRÉPARATION AUX SITUATIONS D'URGENCE**

## 1 INTRODUCTION

Cette annexe détaille les mesures d'urgence planifiées dans le but de garantir pleinement la préparation aux situations d'urgence concernant le terminal méthanier.

Des registres préliminaires de la planification des urgences, incluant pour chaque scénario d'urgence et pour chaque phase d'urgence :

- les exigences de performance (actions requises et objectifs de performance) ;
- les mesures d'urgence (procédures et équipements d'urgence) permettant de réaliser ces actions et de remplir ces objectifs.

## 2 REGISTRE DE PRÉPARATION AUX SITUATIONS D'URGENCE

La planification des urgences est évaluée pour chacune des cinq phases suivantes :

- 1) **Alerte** : Garantir une mobilisation efficace de toutes les ressources pertinentes de préparation aux situations d'urgence.
- 2) **Limitation du danger** : Mettre en place des mesures de protection, lorsqu'une situation dangereuse se produit, afin d'éviter qu'elle se transforme en accident ou, lorsqu'un accident se produit, afin de limiter les conséquences.
- 3) **Sauvetage** : S'assurer que les personnes manquantes sont retrouvées, que les premiers secours sont administrés aux blessés et que ces derniers sont en sécurité dans un endroit où ils peuvent être soignés par le service médical.
- 4) **Évacuation** : Emmener l'ensemble du personnel dans un endroit sécuritaire, et ce, d'une manière sécuritaire et organisée.
- 5) **Normalisation** : Emmener le personnel blessé à l'hôpital pour qu'il y reçoive un traitement et des soins, remettre l'environnement en bon état, réparer les dommages aux installations et reprendre les opérations.

Cette approche structurée d'identification des exigences et des mesures d'urgence correspondantes garantit une planification complète et détaillée des situations d'urgence.

## Registre de préparation aux situations d'urgences

### EXIGENCES GÉNÉRALES – Tous les scénarios d'urgence

Phase d'urgence	No.	Exigences de performance	Mesures d'urgence
<b>Alerte</b>	G1	Tout le personnel du site doit être immédiatement alerté de la situation d'urgence confirmée.	La salle de contrôle des installations déclenche l'alarme pour prévenir les effectifs d'une situation d'urgence confirmée.
	G2	L'équipe de gestion des urgences Rabaska doit être prévenue de la situation d'urgence sans délai.	Les procédures de préparation à une situation d'urgence dans les installations incluront une rubrique sur les équipes de gestion des urgences. (Procédures à développer)
	G3	Les services d'urgence (Pompier, Police, Ambulance, Gardes côtières, etc.) doivent être avertis de la situation d'urgence réelle sans délai.	Les procédures de préparation à une situation d'urgence dans les installations incluront une rubrique sur les notifications courantes. (Procédures à développer)
	G4	Prévenir sans délai, si besoin est, la population environnante d'une véritable urgence qui pourrait les affecter.	Les procédures de préparation à une situation d'urgence dans les installations incluront une rubrique sur la notification d'urgence au public. (Procédures à développer)
	G5	Le MDDEP doit être averti des situations d'urgence réelle sans délai.	Les procédures de préparation à une situation d'urgence dans les installations incluront une rubrique sur les notifications courantes. (Procédures à développer)
	G6	Environnement Canada doit être prévenu par téléphone de toute situation d'urgence, sans délai. <b>Notification orale Québec / ligne téléphonique 24h/24 : (866) 283-2333</b>	Les procédures de préparation à une situation d'urgence dans les installations incluront une rubrique sur les notifications courantes. (Procédures à développer)
<b>Limitation du danger</b>	G7	Les équipes d'intervention d'urgence des installations (incendie, sauvetage, etc.) doivent se rassembler aussi vite que possible après que l'urgence a été confirmée.	Les procédures de préparation aux situations d'urgence incluront une rubrique sur la mobilisation des équipes d'intervention d'urgence sur le site. (Procédures à développer)
	G8	Différents sites de rassemblement prédéfinis doivent être identifiés.	Les procédures de préparation aux situations d'urgence incluront une rubrique sur l'identification des lieux de rassemblement utilisés en prenant en compte la direction du vent et les zones d'activité. (Procédures à développer) Des cartes de tracé d'évacuation d'urgence seront affichées partout dans les installations.

## Registre de préparation aux situations d'urgences

### EXIGENCES GÉNÉRALES – Tous les scénarios d'urgence

Phase d'urgence	No.	Exigences de performance	Mesures d'urgence
<b>Sauvetage</b>	G9	Le rassemblement dans un endroit sécuritaire doit être effectué sans délai après l'alarme.	Procédures de préparation aux situations d'urgence. Elles incluront une rubrique sur le rassemblement. (Procédures à développer)
	G10	S'assurer que le système garantisse le recensement de tout le personnel et l'identification du personnel manquant.	Les procédures de préparation aux situations d'urgence incluront une rubrique sur le recensement du personnel. (Procédures à développer)
	G11	Le sauvetage doit être possible depuis n'importe quel endroit du site.	Les procédures de préparation aux situations d'urgence incluront des rubriques sur : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les équipes de secours (incendie, premiers soins, etc.).</li> <li>• Les équipements et appareils de protection personnelle d'urgence de l'équipe de secours (appareils respiratoires, etc.).</li> <li>• Les équipements de secours d'urgence (treuils, civières, etc.).</li> </ul> (Procédures à développer) <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 voies d'accès au site.</li> </ul> Les équipes doivent être formées à administrer les premiers soins et à la lutte anti-incendie.
<b>Évacuation</b>	G12	Un endroit sécurisé éloigné, si possible, doit être établi sans délai.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les procédures de préparation aux situations d'urgence incluront une rubrique sur comment identifier les zones d'urgence.</li> </ul> (Procédures à développer)
	G13	Les résidents doivent être initialement alertés ou évacués, si nécessaire, en accord avec le centre régional des opérations d'urgence et les services locaux d'urgence.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un chef d'évacuation de la communauté sera désigné pour être coordonné avec les services municipaux d'urgences et mettre en place toutes notifications d'évacuation des résidents.</li> <li>• Le directeur municipal du service des catastrophes ou de l'organisation des mesures d'urgence du Québec doit être averti du besoin d'évacuation.</li> <li>• Les informations sur les centres municipaux d'évacuation seront incorporées aux procédures d'urgence et tenues à jour dans celles-ci.</li> <li>• Une formation sur les scénarios sera fournie.</li> </ul> (Procédures à développer)
	G14	Le personnel du site ne faisant pas partie des équipes d'urgence doit être évacué, si nécessaire.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les procédures de préparation aux situations d'urgence incluront une rubrique évacuation.</li> </ul> (Procédures à développer)

## Registre de préparation aux situations d'urgences

### EXIGENCES GÉNÉRALES – Tous les scénarios d'urgence

Phase d'urgence	No.	Exigences de performance	Mesures d'urgence
	G15	Le personnel nécessitant un traitement médical devra être évacué vers l'hôpital aussi vite que possible.	Les procédures de préparation aux situations d'urgence incluront une rubrique sur les urgences médicales.
<b>Normalisation</b>	G16	La normalisation ne doit pas causer de perte d'information pouvant être cruciale à l'enquête.	Les procédures de préparation aux situations d'urgence dans les installations incluront une rubrique sur la normalisation. (Procédures à développer)
	G17	L'ensemble du personnel et du public, touché le cas échéant, sera informé de la fin de l'urgence.	Les procédures de préparation aux situations d'urgence dans les installations incluront une rubrique sur la normalisation. (Procédures à développer)
	G18	Des évaluations après l'événement doivent être effectuées et des recommandations mises en place avant de revenir à un fonctionnement normal.	Les procédures de préparations aux situations d'urgence dans les installations incluront une rubrique concernant l'apprentissage sur les incidents, cela inclut la cause, la réaction et la prévention future.
	G19	Un rapport écrit doit être remis à Environnement Canada dans les 30 jours.	La procédure de préparation aux situations d'urgence inclura une rubrique sur comment fournir un rapport écrit à la personne désignée d'Environnement Canada : Directeur, protection de l'environnement Région du Québec Environnement Canada 4 <sup>ème</sup> étage, 105 McGill St. Montréal, QC, H2Y 2E7

## Registre de préparation aux urgences

### DHSA 01 – Déversement et fuite de substances dangereuses - GNL à l'intérieur des limites des installations

Phase d'urgence	No.	Exigences de performance	Mesures d'urgence
<b>Alerte</b>	1-1	Détection automatique de fuite ou déversement de GNL et notification immédiate à la salle de contrôle.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Détection de fuite de gaz et de froid à la jetée, le long de la ligne de déchargement et dans les zones de traitement et des réservoirs. Tous les détecteurs déclencheront automatiquement l'alarme et enverront des signaux d'erreurs à la salle de contrôle. L'affichage de la salle de contrôle peut localiser n'importe quelle alarme sur un plan détaillé du site.</li> <li>• Des détecteurs de basse température doivent être placés près des cuvettes de rétention, où les déversements de GNL sont collectés et le long des caniveaux de récupération des déversements. Une détection de la température par fibre optique doit être mise en place pour trouver les fuites de GNL tout le long de la ligne de déchargement.</li> <li>• Détection des instruments de procédé</li> </ul>
	1-2	Détection manuelle de fuite ou déversement de GNL, l'observateur doit immédiatement en informer la salle de contrôle des installations.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Des bornes d'appel seront disposées pour pouvoir déclencher l'alarme.</li> <li>• Les opérations de déchargement seront supervisées en permanence.</li> <li>• Télévision en circuit fermé</li> <li>• L'affichage de la salle de contrôle peut localiser n'importe quelle alarme sur un plan détaillé du site.</li> </ul>
<b>Limitation du danger</b>	1-3	En cas de confirmation de détection d'un incident, et selon son emplacement, les arrêts d'urgence, y compris ceux du système de déchargement et d'expédition, doivent être automatiquement actionnés.	<p>Arrêts d'urgence automatiques à la jetée, lignes de déchargement de GNL, zones de stockage ou de traitement du GNL avec une intervention adaptée à la situation, incluant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Déclenchement de l'arrêt d'urgence et isolation des opérations de transfert</li> <li>• Déclenchement de l'arrêt d'urgence et isolation de l'équipement de traitement</li> </ul> <p>Déclenchement des équipements de lutte contre l'incendie.</p>

## Registre de préparation aux urgences

### DHSA 01 – Déversement et fuite de substances dangereuses - GNL à l'intérieur des limites des installations

Phase d'urgence	No.	Exigences de performance	Mesures d'urgence
	1-4	En cas d'incident sur les lignes de déchargement de GNL, les zones de stockage et de traitement du GNL, les installations de protection anti-incendie doivent être automatiquement activées.	<p>Activation automatique des systèmes de protection anti-incendie actifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Systèmes de pulvérisation d'eau.</b> Rafraîchit la surface de l'équipement spécifiquement ciblé, contrôlant et minimisant ainsi les possibilités de propagation de l'incendie.</li> <li>• <b>Systèmes à eau diffusée.</b> Utilisés pour fournir une protection des zones à l'intérieur des immeubles.</li> <li>• <b>Rideaux d'eau.</b> Permettent de protéger la jetée des incidents à bord grâce à un écran et de protéger le navire des incidents sur l'appontement. Également utilisé pour la protection du personnel sur les voies d'accès au navire.</li> </ul>
	1-5	En cas de confirmation d'incident, les installations de lutte anti-incendie doivent être actionnées manuellement.	<p>Activation manuelle des systèmes de protection anti-incendie actifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Systèmes de mousse à haut foisonnement.</b> Réduit le rayonnement de chaleur et le taux d'évaporation des incendies provoqués par une fuite et l'inflammation de GNL. Utilisés pour contrôler le taux d'évaporation des nappes de GNL non enflammé dans les cuvettes de rétention. Un camion incendie équipé de réservoirs d'émulsifiant et de poudre doit être mis en place.</li> </ul>
	1-6	Confinement des fuites de GNL.	Cuvettes de rétentions et systèmes de drainage.
	1-7	Protection contre la fragilisation due au froid.	Tous les équipements et les structures exposés au GNL non enflammé devront avoir un équipement de protection contre les projections de froid (en amont des vaporisateurs).
<b>Sauvetage</b>	1-8	Protection du personnel de secours à l'exposition au froid.	Équipement individuel de protection contre les expositions de GNL.
	1-9	<i>Voir les exigences générales.</i>	
<b>Évacuation</b>	1-10	<i>Voir les exigences générales.</i>	
	1-11	<i>Voir les exigences générales.</i>	
<b>Normalisation</b>	1-12	<i>Voir les exigences générales.</i>	

## Registre de préparation aux situations d'urgence

### DHSA 02 - Déversement et fuite de substances dangereuses - Gaz naturel à l'intérieur des limites des installations

Phase d'urgence	No.	Exigences de performance	Mesures d'urgence
<b>Alerte</b>	2-1	Détection automatique du gaz et notification immédiate à la salle de contrôle.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Détecteurs de gaz combustibles capables de déclencher l'alarme avec deux niveaux d'alarme (bas et haut). Tous les détecteurs déclencheront automatiquement l'alarme et le signal d'erreur aux panneaux de contrôle. L'affichage de la salle de contrôle peut localiser n'importe quelle alarme sur un plan détaillé du terrain.</li> <li>Instrumentation sur les chutes de pression.</li> </ul> <p>Les détecteurs de gaz seront situés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aux sources potentielles de fuite telles que les pompes, les vannes, les vaporisateurs à combustion submergée et les compresseurs de gaz d'évaporation.</li> <li>Aux zones disposant d'un équipement potentiellement sensible, telles que les entrées des ventilations, des unités d'azote ou les entrées d'air des vaporisateurs à combustion submergée.</li> <li>Aux limites entre les différentes zones du terminal.</li> </ul>
	2-2	Détection manuelle de gaz, l'observateur doit immédiatement en informer la salle de contrôle.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Des bornes d'appel seront fournies pour pouvoir déclencher l'alarme manuellement.</li> <li>CCTV</li> <li>Le personnel sera alerté par le bruit situé à proximité.</li> <li>L'affichage de la salle de contrôle peut localiser n'importe quelle alarme sur un plan détaillé du terrain.</li> </ul>
	2-3	CANUTECH doit être informé si un incident implique un navire-méthanier.	<ul style="list-style-type: none"> <li>La procédure de préparation aux situations d'urgence inclura une rubrique sur l'établissement d'un rapport pour CANUTECH.</li> </ul>
<b>Limitation du danger</b>	2-4	En cas de confirmation de détection d'un incident, et selon son emplacement, les interrupteurs d'arrêt d'urgence doivent être automatiquement actionnés.	<p>Arrêts d'urgence automatiques (ESD) situés aux endroits suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lignes de déchargement de GNL de la jetée</li> <li>Système d'acheminement et de vaporisation dans la zone de traitement principal</li> <li>Pompes à l'intérieur des réservoirs</li> <li>Systèmes de ventilation</li> <li>Interrupteur d'alimentation du support de soudure.</li> </ul>

## Registre de préparation aux situations d'urgence

### DHSA 02 - Déversement et fuite de substances dangereuses - Gaz naturel à l'intérieur des limites des installations

Phase d'urgence	No.	Exigences de performance	Mesures d'urgence
	2-5	En cas d'incident sur les lignes de déchargement de GNL, les zones de stockage et de traitement du GNL, les installations de protection anti-incendie doivent être automatiquement activées.	Activation automatique des systèmes de protection anti-incendie actifs : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Systèmes de pulvérisation d'eau.</b> Rafraîchit la surface de l'équipement spécifiquement ciblé, contrôlant et minimisant ainsi les possibilités de propagation de l'incendie.</li> <li>• <b>Systèmes à eau diffusée.</b> Utilisés pour fournir une protection des zones à l'intérieur des immeubles.</li> <li>• <b>Rideaux d'eau.</b> Permet de protéger la jetée des incidents à bord grâce à un écran et de protéger le navire des incidents sur l'appontement. Également utilisé pour la protection du personnel sur les voies d'accès au navire.</li> </ul>
<b>Sauvetage</b>	2-6	<i>Voir les exigences générales.</i>	
<b>Évacuation</b>	2-7	<i>Voir les exigences générales.</i>	
<b>Normalisation</b>	2-8	<i>Voir les exigences générales.</i>	

## Registre de préparation aux situations d'urgence

**DHSA 03 - Incendie et explosion de substances dangereuses** - Inflammation de GNL et gaz naturel à l'intérieur des limites des installations

Phase d'urgence	No.	Exigences de performance	Mesures d'urgence
Alerte	3-1	Détection automatique de fumée, chaleur ou flamme et notification immédiate à la salle de contrôle.	<p><b>Des détecteurs de fumée</b>, qui détectent les particules de fumée, utilisés pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les bâtiments habités</li> <li>• Les bâtiments non habités ne servant pas au traitement, tel que les entrepôts</li> <li>• Les sous-stations électriques et zones avec de l'instrumentation</li> </ul> <p>Des détecteurs de fumée à ionisation doivent être utilisés pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les zones pouvant contenir des combustibles ordinaires</li> </ul> <p>Des détecteurs de fumée optique seront utilisés pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les zones comportant un risque d'incendie d'installations électriques.</li> </ul> <p><b>Des détecteurs de fumée à haute densité</b> sont utilisés pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les zones contenant de l'équipement indispensable</li> </ul> <p><b>Des détecteurs de flamme</b> sont spécifiés pour la plupart des emplacements et dans les bâtiments de traitement.</p> <p><b>Les détecteurs de chaleur</b> sont situés dans :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les bâtiments habités</li> <li>• Le toit des réservoirs de GNL</li> </ul> <p><b>Tous</b> les détecteurs déclenchent automatiquement l'alarme et envoient un signal d'erreur à la salle de contrôle.</p> <p>L'affichage de la salle de contrôle peut localiser n'importe quelle alarme sur un plan détaillé du terrain.</p> <p>Redondance des détecteurs.</p>
	3-2	Détection manuelle d'incendie, l'observateur doit immédiatement notifier la salle de contrôle.	<p>L'affichage de la salle de contrôle peut localiser n'importe quelle alarme sur un plan détaillé du terrain.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Des bornes d'appel seront disposées tout le long pour pouvoir déclencher l'alarme.</li> <li>• L'affichage de la salle de contrôle peut localiser n'importe quelle alarme sur un plan détaillé du terrain.</li> <li>• CCTV</li> </ul>

## Registre de préparation aux situations d'urgence

**DHSA 03 - Incendie et explosion de substances dangereuses - Inflammation de GNL et gaz naturel à l'intérieur des limites des installations**

Phase d'urgence	No.	Exigences de performance	Mesures d'urgence
<b>Limitation du danger</b>	3-3	En cas de confirmation d'un incident, et selon son emplacement, les arrêts d'urgence doivent être automatiquement actionnés et les installations de protection anti-incendie activés.	<p>Les arrêts d'urgence automatiques (ESD) situés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aux lignes de déchargement de GNL de la jetée</li> <li>• Aux zones de stockage ou de traitement de GNL.</li> </ul> <p>Les systèmes de protection anti-incendie proche du feu, tels que les équipements incendie portatifs et l'eau du réseau d'extinction anti-incendie à pompe.</p>
	3-4	En cas d'incident sur les lignes de déchargement de GNL, les zones de stockage et de traitement du GNL, les installations de protection anti-incendie doivent être automatiquement activées.	<p>Activation automatique des systèmes de protection anti-incendie actifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Systèmes de pulvérisation d'eau.</b> Rafraîchit la surface de l'équipement spécifiquement ciblé, contrôlant et minimisant ainsi les possibilités de propagation de l'incendie.</li> <li>• <b>Systèmes à eau diffusée.</b> Utilisés pour fournir une protection des zones à l'intérieur des immeubles.</li> <li>• <b>Rideaux d'eau.</b> Permet de protéger la jetée des incidents à bord grâce à un écran et de protéger le navire des incidents sur l'appontement. Également utilisé pour la protection du personnel sur les voies d'accès au navire.</li> </ul>

## Registre de préparation aux situations d'urgence

**DHSA 03 - Incendie et explosion de substances dangereuses - Inflammation de GNL et gaz naturel à l'intérieur des limites des installations**

Phase d'urgence	No.	Exigences de performance	Mesures d'urgence
	3-5	En cas de confirmation de détection d'un incident, les installations de lutte anti-incendie devront être actionnées manuellement.	<p>Activation manuelle des systèmes de protection anti-incendie actifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Lances monitors.</b> Utilisées là où de grandes quantités d'eau sont nécessaires pour éteindre un incendie ou pour l'équipement de protection contre une exposition au feu. Le débit du réseau anti-incendie est prévu pour faire face à l'ensemble des scénarios d'incendie crédibles.</li> <li>• <b>Bornes d'incendie.</b> Fournir un personnel formé, disposant d'une installation d'approvisionnement en eau disponible pour une application rapide d'eau sur les équipements visés, dans les zones à risque d'incendie.</li> <li>• <b>Systèmes de mousse à haut foisonnement.</b> Réduit le rayonnement de chaleur et le taux d'évaporation des incendies provoqués par une fuite et l'inflammation de GNL. Utilisés pour contrôler le taux d'évaporation des nappes de GNL non enflammé dans les cuvettes de rétention. Un camion incendie équipé de réservoirs d'émulsifiant et de poudre doit être mis en place.</li> <li>• <b>Extincteurs d'incendie portatifs.</b> Disponibles sur l'ensemble des installations, ils permettent d'éteindre des incendies mineurs. Des chariots à mousse mobiles sont également disponibles aux endroits stratégiques, en plus des extincteurs d'incendie portatifs.</li> <li>• <b>Extincteur à poudre sèche.</b> Un extincteur fixe à poudre sèche de 450 kg doit être placé sur la jetée pour lutter contre les incendies dus à de petites fuites de GNL. Un extincteur fixe à poudre sèche doit être installé pour éteindre une flamme lors d'un rejet par les événements des soupapes des réservoirs de GNL.</li> </ul>
	3-6	Protection anti-incendie passive.	<p>La protection anti-incendie passive est utilisée pour minimiser les possibilités d'effondrement des charpentes en acier soutenant de l'équipement inflammable, pour protéger l'équipement de sécurité indispensable et pour minimiser l'effondrement des structures, qui pourrait mettre en danger le personnel de lutte anti-incendie. En particulier :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'équipement de traitement et les pompes associées</li> <li>• Les structures et les bâtiments de traitement.</li> <li>• Les éléments de sécurité indispensables comprenant le câblage choisi et les boîtes de dérivation.</li> </ul>

## Registre de préparation aux situations d'urgence

**DHSA 03 - Incendie et explosion de substances dangereuses** - Inflammation de GNL et gaz naturel à l'intérieur des limites des installations

<b>Phase d'urgence</b>	<b>No.</b>	<b>Exigences de performance</b>	<b>Mesures d'urgence</b>
	3-7	Un service d'intervention d'urgence externe sera disponible sur le site aussi vite que possible, dans le cas d'un incendie.	La planification du service d'urgence d'incendie sera effectuée conjointement avec les services de lutte anti-incendie municipaux.
	3-8	Tout le personnel du site doit être formé à la lutte anti-incendie contre les feux de GNL et de gaz.	Formation de l'ensemble du personnel.
<b>Sauvetage</b>	3-9	<i>Voir les exigences générales.</i>	
<b>Évacuation</b>	3-10	<i>Voir les exigences générales.</i>	
<b>Normalisation</b>	3-11	<i>Voir les exigences générales.</i>	

## Registre de préparation aux situations d'urgence

### DHSA 04 - Tremblement de terre

Phase d'urgence	No.	Exigences de performance	Mesures d'urgence
<b>Alerte</b>	4-1	Tremblement de terre automatiquement détecté	Les détecteurs de tremblement de terre détectent immédiatement un tremblement de terre.
	4-2	<i>Voir les exigences générales.</i>	
<b>Limitation du danger</b>	4-3	Les installations sont automatiquement arrêtées lors d'un tremblement de terre.	Déclenchement automatique des arrêts d'urgence.
<b>Sauvetage</b>	4-4	<i>Voir les exigences générales.</i>	
<b>Évacuation</b>	4-5	<i>Voir les exigences générales.</i>	
<b>Normalisation</b>	4-6	<i>Voir les exigences générales.</i>	

## Registre de préparation aux situations d'urgence

**DHSA 05 - Accident de transport** – Chute d'un avion ou accidents sur l'autoroute, affectant le terminal méthanier

Phase d'urgence	No.	Exigences de performance	Mesures d'urgence
<b>Alerte</b>	5-1	La salle de contrôle doit être alertée d'un incident de transport pouvant affecter les installations.	Des plans municipaux d'urgence prenant en compte les risques d'accident de transport, pouvant potentiellement affecter les installations de GNL. Rabaska doit être notifié d'urgence en cas d'incident de transport pouvant affecter ses installations.
	5-2	<i>Voir les exigences générales.</i>	
<b>Danger Limitation</b>	5-3	<i>Voir les exigences générales.</i>	
<b>Sauvetage</b>	5-4	<i>Voir les exigences générales.</i>	
<b>Évacuation</b>	5-5	<i>Voir les exigences générales.</i>	
<b>Normalisation</b>	5-6	<i>Voir les exigences générales.</i>	

## Registre de préparation aux situations d'urgence

### DHSA 06 - Terrorisme

Phase d'urgence	No.	Exigences de performance	Mesures d'urgence
<b>Alerte</b>	6-1	Toute personne présente sur le site sans autorisation, devant être immédiatement détectée.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Télévision en circuit fermé des installations</li><li>• Dispositifs de localisation du personnel des installations</li><li>• Détection d'intrusion sur les clôtures</li><li>• Procédure de sûreté des installations</li><li>• Alerte manuelle</li></ul>
<b>Limitation du danger</b>	6-2	Procédures de sécurité pour limiter le préjudice causé les personnes non autorisées.	Procédure de sécurité des installations
<b>Sauvetage</b>	6-3	<i>Voir les exigences générales.</i>	
<b>Évacuation</b>	6-4	<i>Voir les exigences générales.</i>	
<b>Normalisation</b>	6-5	<i>Voir les exigences générales.</i>	

## Registre de préparation aux situations d'urgence

### DHSA 07 - Conditions météorologiques extrêmes – Orage d'été, tempête de neige, ouragan ou tornade

Phase d'urgence	No.	Exigences de performance	Mesures d'urgence
<b>Alerte</b>	7-1	Anticiper les conditions météorologiques extrêmes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surveillance des prévisions météorologiques</li> <li>• Détection manuelle</li> </ul>
<b>Limitation de danger</b>	7-2	Aucun accostage de méthanier lors de conditions météorologiques extrêmes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La procédure de préparation aux situations d'urgence inclura une rubrique sur la marche à suivre lors de conditions météorologiques extrêmes.</li> <li>• Limites météorologiques opérationnelles pour les méthaniers.</li> <li>• Surveillance des prévisions météorologiques</li> </ul>
	7-3	Opérations de déchargements interrompues lors de conditions météorologiques extrêmes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La procédure de préparation aux situations d'urgence inclura une rubrique sur la marche à suivre lors de conditions météorologiques extrêmes.</li> <li>• Limites météorologiques opérationnelles pour les méthaniers.</li> </ul>
<b>Sauvetage</b>	7-4	<i>Voir les exigences générales.</i>	
<b>Évacuation</b>	7-5	<i>Voir les exigences générales.</i>	
<b>Normalisation</b>	7-6	<i>Voir les exigences générales.</i>	



## ANNEXE

---

6

### ÉTUDE DES DONNÉES HISTORIQUES

## 1 INTRODUCTION

Les données sur les accidents de GNL ont été revues d'après des bases de données publiées. Le commerce de GNL implique environ 150 millions de m<sup>3</sup> de GNL transporté chaque année et 3 000 opérations de chargements et déchargements de navires par an, selon les données GTI de 2001. Ce secteur de transport de matière dangereuse augmente rapidement en raison de la hausse constante de demande d'énergie de nos jours.

Le but de revue des accidents est de préparer une liste de vérification spécifique à un projet pour l'étude sur l'identification des risques, basée sur les accidents et les leçons apprises de l'industrie du GNL.

## 2 SOURCES

Les sources de la revue des accidents du passé sont :

- [1] HSELINE Database, HSE Information Service (UK)
- [2] The Major Hazard Incidents Data Service Database (MHIDAS), UK Health and Safety Executive (maintained by AEA Technology plc.)
- [3] IChemE. The Accident Database, Institute of Chemical Engineers, UK
- [4] DNV Information Resource Database, Det Norske Veritas
- [5] WOAD, Worldwide offshore accident databank, Det Norske Veritas, 1998
- [6] Hazardous Cargo Bulletin, (various)
- [7] Incident Probabilities on Liquid Gas Ships, UK Health and Safety Executive, AEA/CS/HSE R1014, 1994
- [8] Liquefied Gases, Marine Transportation and Storage, Alain Vaudolon, Witherby & Company Limited, UK, 2000
- [9] Accident Prevention, The use of hoses and hard arms at marine terminals handling liquefied gas, Information paper 4, Soc. Int. Gas Tanker and Terminal Operators Ltd., UK, 1996
- [10] Site Selection and Design for LNG Ports and Jetties, Information paper 14, Soc. Int. Gas Tanker and Terminal Operators Ltd., UK, 1997
- [11] LCW, 12 Sep 2003
- [12] Hint, Jun 2004a
- [13] LCW, 5 Mar 2004-11-03
- [14] BBC, 20 Jan; LCW 30 Jan; Hint, Feb 2004a
- [15] George Melhem – IoMosaic
- [16] Lloyds Register Fairplay (LRFP) Database
- [17] LNG safety and security. Université de Houston, IELE
- [18] Report of LNG incidents, SIGTTO

### 3 REVUE DES ACCIDENTS PASSÉS

Les accidents relatifs au traitement, au stockage et au transport de GNL ont été passés en revue. Les incidents représentatifs et pertinents pour le GNL, extraits de la base de données complète, ont été listés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 1 – Accidents sur des installations terrestres de GNL**

Année	Lieux	Cause de la panne	Produit	Détails	Réf.
1944	Ohio, USA	Rupture fragile	GNL	Rupture d'un réservoir de 4200 m <sup>3</sup> de GNL, dont le contenu s'est déversé dans la rue et les égouts. Des séries d'explosions/incendies violents ont suivi. 128 décès et plusieurs centaines de blessés.	[1,2]
1965	Royaume Uni	-	GNL	En 1965, un employé a été gravement brûlé au Royaume-Uni lors d'une opération de transfert de GNL dans un terminal.	
1965	Louisiane, USA	Erreur humaine	GNL	Le méthane liquide froid a été envoyé par inadvertance dans le dispositif de torche en acier ordinaire. Une explosion s'en est suivie, causant des dégâts généralisés à l'usine Cities Service Oil Co.	[2]
1965	Essex, USA	Erreur humaine	GNL	Fuite de GNL provenant du réservoir pendant une maintenance. Le gaz s'est enflammé, un homme sérieusement brûlé et l'incendie a été éteint au bout de 15 minutes	[2]
1966	Raunheim Allemagne	Panne d'instrument	GNL	Le GNL rejeté dans la partie haute d'un vaporisateur a formé un nuage de vapeurs au niveau du sol, qui par la suite s'est enflammé. Une fumée blanche a été observée depuis la salle de commande, à 50 mètres de la brèche. 3 morts et 83 blessés.	[2]
1968	Portland Oregon -	-	GNL	4 personnes tuées, lors de la construction d'un réservoir de GNL, à cause d'une fuite de méthane.	[15]

Année	Lieux	Cause de la panne	Produit	Détails	Réf.
1971	La Spezia, Italie	Basculement de couches pendant un déchargement	GNL	Du GNL était maintenu depuis des mois sur un navire avant d'être déchargé. L'évaporation a conduit à rendre le liquide plus chaud et plus dense. Emplissage par le fond du réservoir 50 000 m <sup>3</sup> . 18 heures après le remplissage, un basculement de couches a entraîné une pression 1,42 fois supérieure à la pression maximum de conception. Le GNL a été mis à l'évent pendant plus de trois heures.	[2]
1972	Montréal Québec	-	GNL	5 blessés – Usine d'écrêtement de pointes de GNL. L'accident s'est produit à cause d'un retour dans une ligne d'azote de gaz naturel provenant des compresseurs.	[15]
1973	Canvey Island, GB	Panne mécanique	GNL	Une soupape sur une canalisation s'est déclenchée pendant le déchargement dans un réservoir de stockage. Le GNL s'est rendu dans le fossé de drainage rempli d'eau, entraînant une transition rapide de phase. Entendu et senti par les résidents proches.	[2]
1973	Staten Island NY	Maintenance	GNL	Une explosion lors de réparations sur un réservoir de stockage de GNL vide de 100 000 m <sup>3</sup> , appartenant à Texas Eastern Transmission (TETCO) à Staten Island, a causée la mort de 40 ouvriers qui se trouvaient dans le réservoir.	[1]
1974	Skikda, Algérie	Corrosion	GNL	Une corrosion au mercure à l'usine de liquéfaction a causé la rupture des tubes utilisés dans des échangeurs thermiques, entraînant la fermeture de l'usine. D'autres problèmes, liés aux tuyaux de transfert de GNL, ont entraîné un retard dans la reprise des opérations.	[2]
1977	Camel Algérie		GNL	1 mort des suites de « brûlures » cryogéniques de GNL non enflammé.	[15]
1978	Das Island		GNL	Un nuage de vapeur s'est formé à la suite d'une fuite, puis il s'est dispersé.	[15]
1979	Covepoint Maryland, USA	Erreur humaine	GNL	Une fuite de GNL, provoquée par un joint de pompe mal serré et sans le déclenchement des détecteurs de gaz, s'est produite et s'est propagée dans des canalisations souterraines sur 70 mètres et est entrée dans une sous-station conduisant à une explosion. Les opérations de lutte anti-incendie ont été retardées à cause de perte de l'approvisionnement en eau provoquée par l'explosion. 1 mort et 1 blessé.	[2]

Année	Lieux	Cause de la panne	Produit	Détails	Réf.
1980	Arzew, Algérie	Orage	GNL	Deux canalisations, provenant d'une usine de liquéfaction/stockage et transportant du GNL vers un méthanier accosté, se sont rompues pendant un orage, déversant leur contenu dans le port. Du pétrole brut s'est également déversé lorsque le pipeline, reliant le réservoir à la bouée de chargement au large, s'est rompu.	[2]
1983	À l'est de Kalimantan, Indonésie	Panne mécanique	GNL	L'échangeur thermique de l'usine de GNL s'est violemment rompu pendant les opérations de démarrage, tuant 3 ouvriers et en blessant 35. L'enquête a révélé que la vanne située sur la ligne de purge ne s'est pas ouverte après l'arrêt. L'incendie a été maîtrisé en 30 minutes.	[1,2]
1988	Everett MA	-	GNL	Hausse de pression dans le terminal GNL	
1989	Greater Manchester GB	Panne mécanique	GNL	Dans des installations britanniques de GNL, une quantité de GNL a été déversée et enflammée, provoquant une boule de feu et de sérieuses blessures à deux employés.	[1]
1993	Bontang		GNL	Fuite de GNL dans les égouts du site	[15]
2003	Indonésie	Incendie	GNL	Un incendie dans le champ de gaz de la province d'Aceh a diminué la production de GNL de 60%	[11]
2004	Trinidad et Tobago		GNL	La turbine à gaz d'un train de GNL a explosé. Pas de blessé.	[12]
2004	Indonésie	Incendie	GNL	La production a été interrompue dans le champ d'Attaka à la suite d'un incendie. L'approvisionnement à l'usine de GNL de Bontang a été affecté.	[13]
2004	Algérie	Fuite	GNL	Une explosion à l'usine de GNL de Skikda a tué 27 personnes et blessée 74 autres. La cause pourrait être une chaudière défectueuse ou une fuite d'une canalisation d'hydrocarbures.	[14]

**Tableau 2 – Accidents maritimes (opérations à quai)**

Année	Lieux	Cause de la panne	Détails	Réf.
1965	---	Transfert de cargaison	Fractures sur le pont d'un méthanier, fuite de petites quantités de GNL. Navire : Jules Verne.	[17]
1965	Canvey Island, UK	Transfert de cargaison	Un blessé pendant des opérations de déchargement, fuite de petites quantités de GNL.	[17]
1965	---	Transfert de cargaison	Une fuite de petites quantités de GNL sur une vanne cause des fractures sur le pont du méthanier.	[17]
1971	Everett, Boston Mass. US	Défaillance mécanique	Un méthanier a eu une fuite de gaz sur une cuve à cause d'un mauvais ajustement du dôme avec la membrane. Navire : Descartes	[2]
1974	Everett, Boston Mass. US	Transfert de cargaison	Une fuite de petites quantités de GNL sur une vanne cause des fractures sur le pont du méthanier.	[17]
1976	Canvey Island, UK	Pétrolier entrant en collision avec un quai méthanier	Le gouvernail d'un pétrolier de 2 500 tonnes est tombé en panne. Par la suite, le pétrolier est venu heurter la jetée GNL pour ne s'arrêter qu'à quelques mètres d'une canalisation de GNL de grand diamètre. Vent de 38 nœuds au cours de l'incident.	[2]
1977		Transfert de cargaison	Débordement d'une cuve, fuite de petites quantités de GNL. Navire : Aquarius	[17]
1979	Everett, Boston Mass. US	Transfert de cargaison	Un méthanier construit en 1974 (87 600 m <sup>3</sup> ), chargé de GNL. Fuite de GNL sur des tôles d'acier du pont pendant un déchargement. Navire : Pollenger, ex Challenger.	[7]
1979	---	Défaillance d'une vanne pendant un chargement	Une fuite de petites quantités de GNL sur une vanne cause des fractures sur le pont du méthanier. Navire : Mostefa Ben Boulaid.	[17]
1982	Bontang, Indonésie	Transfert de cargaison	Un méthanier s'écarte de la jetée alors qu'il était déjà raccordé. Ni le transfert de la cargaison, ni la mise en froid n'avait commencé, mais du gaz passait dans le bras gaz pour le purger. Coups de vent de 80 km/h. Des dommages matériels au manifold de raccordement ont nécessité des réparations à Singapour.	[18]
1984	---	Transfert de cargaison	La défaillance d'une pompe provoque une seconde défaillance. Le rotor d'aspiration de la pompe se brise. Des fragments de métal percent la membrane en Invar. Situation maîtrisée en suivant des procédures du fabricant	[18]
1985	---	Transfert de cargaison	Bris sur un rotor d'aspiration de pompe pendant un déchargement, la membrane d'Invar est percée.	[18]

Année	Lieux	Cause de la panne	Détails	Réf.
1985	Barcelona, Espagne	Transfert de cargaison	Une mise en ligne incorrecte de vannes provoque l'envoi de GNL d'une cuve du navire à une autre cuve, conduisant à un débordement. Des petites quantités de GNL ont débordé par l'évent de la cuve et se sont répandues sur le pont du navire, provoquant la fracture des constructions en acier.	[16]
1989	Skikda Algérie	Conditions météorologiques	Un méthanier a rompu ses amarres en raison d'un vent fort (160 km/h). Pendant le chargement du GNL, le navire s'est écarté du quai en entraînant la rupture des 4 bras de chargement. Une fuite d'une petite quantité de GNL s'est produite, conduisant à des fractures du pont du navire. Pas de dommage sur les cuves. Navire : Tellier.	[6]
1996	Everett, Boston Mass. US	Feu à bord	Incendie d'origine électrique sur un méthanier (125 600 m <sup>3</sup> ) dans la salle principale des machines, alors que le méthanier est à quai au terminal de Distrigas. L'équipage éteint l'incendie, le transfert de la cargaison reprend à un plus faible débit. Navire : Mostefa Ben Boulaid.	[2,6]
1997	Sakai Senboku, Japon	Collision avec une structure fixe	Un méthanier (126 000 m <sup>3</sup> construit en 1978) a subi des dommages au contact d'un duc-d'albe d'amarrage à l'appontement Harnasaki ; ni fuite ni dommage au système de cargaison. Navire : LNG Capricorn.	[2,6]
1999	Point Fortin, Trinidad	Collision avec une structure fixe	Un méthanier (71 500 m <sup>3</sup> construit en 1969) a eu une panne de propulsion en arrivant à l'appontement d'Atlantic LNG. L'appontement pétrolier voisin (Petrotrin) a été heurté, endommagé et fermé pendant 2 semaines. Ni pollution, ni blessé. Navire : Methane Polar	[2,6]
2001	Everett, Boston Mass. US	Transfert de cargaison	Petites fuites de GNL suite à une surpression d'une cuve, conduisant à un certain nombre de fissures sur le pont du navire. La cuve interne est intacte et aucun autre dommage n'est rapporté. Pas de blessé. Le déchargement s'achève de manière satisfaisante. Trois mois de réparation.	[18]



## **APPENDIX**

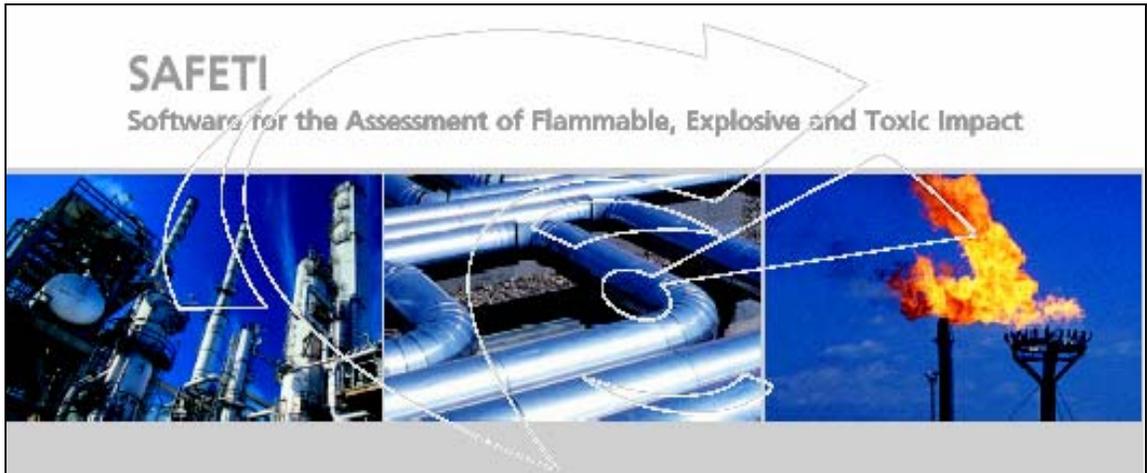
---

7

### **SAFETI DESCRIPTION**



## the SAFETI software package: description





## summary / model overview:

DNV Software's SAFETI program is a user-friendly, industry standard method for carrying out Quantitative Risk Assessments (QRA) of onshore process, chemical and petrochemical facilities. SAFETI allows you to quickly identify major risk contributors. Time and effort can then be directed to mitigating these highest risk activities.

SAFETI analyses complex consequences from accident scenarios, taking account of local population, land usage and weather conditions, to quantify the risk associated with the release of hazardous materials. SAFETI incorporates the industry standard consequence modelling of PHAST.

Key features:

- Integrated dispersion modelling
- Wide range of toxic and flammable effect models
- Risk contour and FN curve generation
- Risk ranking of failure scenarios
- Facility to overlay results in geographical information systems (GIS), aerial maps, plans and photographs
- Traceability and consistency in calculations



This document provides a description of the SAFETI software.

For further details contact:

- DNV Software
- Palace House, 3 Cathedral Street, London, SE1 9DE
- Tel: +44(0) 207 716 6545; Fax: +44(0) 207 716 6738
- E-mail: [Software.Risk@dnv.com](mailto:Software.Risk@dnv.com); Web: [www.dnvsoftware.com](http://www.dnvsoftware.com)

DNV Software is the commercial software house of DNV serving more than 3000 customers in the marine, offshore and process industries. DNV Software is market leading in software development for design, strength assessment, risk and information management.

## contents:

1	INTRODUCTION .....	4
1.1	Overview	4
1.2	Background	4
1.3	Layout	4
2	THE SAFETI PROGRAM .....	6
2.1	Overview	6
2.2	Layout of SAFETI	7
3	BACKGROUND DATA .....	9
3.1	Weather Conditions	9
3.2	Parameters	10
3.3	Materials Data	12
3.4	Maps	12
3.5	Risk Data	13
3.5.1	Populations	13
3.5.2	Ignition Sources	14
3.5.3	Risk Ranking Points	14
4	CONSEQUENCE ANALYSIS .....	15
4.1	Discharge Modelling Theory	15
4.1.1	Types of Release	15
4.1.2	Instantaneous Releases	16
4.1.3	Continuous Releases	16
4.2	Dispersion Modelling Theory	17
4.2.1	Overview	17
4.2.2	Release Phenomenology	19
4.2.3	Dispersing Cloud Models	21
4.2.4	The Unified Dispersion Model	22
4.3	Consequence Modelling Theory	24
4.3.1	Overview	24
4.3.2	Toxic Consequences	24
4.3.3	Flammable Consequences	25
4.3.4	Flash Fires	25
4.3.5	Pool Fires	25
4.3.6	Jet Fires	26
4.3.7	Fireballs / BLEVEs	27
4.3.8	Explosion Models	27
5	IMPACT ANALYSIS .....	28
5.1	Impact Event Trees	28



5.1.1	Overview	28
5.1.2	Continuous Release, Without Rainout, Event Tree	29
5.1.3	Continuous Release, With Rainout, Event Tree	31
5.1.4	Instantaneous Release, Without Rainout, Event Tree	32
5.1.5	Instantaneous Release, With Rainout, Event Tree	33
5.2	Impairment	35
5.2.1	Approach	35
5.2.2	Vulnerability Parameters	36
6	RISK ANALYSIS .....	39
6.1	Risk Calculation	39
6.2	Risk Results, Graphical Output	40
6.3	Tabular Output	42
7	REFERENCES .....	43

## the SAFETI software package: description

### 1 INTRODUCTION

#### 1.1 Overview

DNV Software's SAFETI program is a user-friendly, industry standard method for carrying out Quantitative Risk Assessments (QRA) of onshore process, chemical and petrochemical facilities. SAFETI allows you to quickly identify major risk contributors. Time and effort can then be directed to mitigating these highest risk activities.

SAFETI analyses complex consequences from accident scenarios, taking account of local population, land usage and weather conditions, to quantify the risk associated with the release of hazardous materials. SAFETI incorporates the industry standard consequence modelling of PHAST.

#### 1.2 Background

The SAFETI risk modelling package was originally developed by Technica (a DNV Company), initially under the sponsorship of the Netherlands Government Physical Planning and Environment Ministry (VROM). Largely in response to the findings of major studies into the technical approach adopted in risk assessments, based around Rijmond in the Netherlands and Canvey Island in the UK, VROM commissioned the SAFETI package – Software for the Assessment of Fire Explosion and Toxic Impacts. It was to incorporate all the main features of quantitative risk assessment, with substantial internal linkage and features to ease the use of the package.

The SAFETI package was developed over a two-year period and was initially released in 1984. Since then, substantial extra development has been invested in the program and overall, there have been at least 120 man-years of development effort.

#### 1.3 Layout

This document provides a description of the SAFETI software, aimed at highlighting the key features and summarising the main models and methodologies contained within the software. It is not practical within this document to provide full details of the software. Further details on any, or all, aspects of the software are, however, available upon request, either via DNV Consulting or by contacting DNV Software directly (contact details given on the summary page).

An overview of the SAFETI program and layout is given in Section 2. The key features are described in the following sections.

- Section 3: Background data (inputs and features that are not, necessarily, specific to an individual release scenario)
- Section 4: Consequence analysis (discharge, dispersion and consequence modelling theory, defining and developing each release scenario)
- Section 5: Impact analysis (criteria and approach for determining impacts, and risks)
- Section 6: Risk analysis (results drawing together the above stages)

References are given in Section 7.

## 2 THE SAFETI PROGRAM

### 2.1 Overview

SAFETI provides an integrated environment in which the user can define and analyse risks from major hazards. The structure of the program provides a flexible platform to meet the needs of a wide variety of approaches to, and uses of, QRA. Users are able to design a study choosing quickly and flexibly from a range of models and to apply these in a unique manner accommodating the specific needs of the analysis.

The process of studying risk with SAFETI can be broken down into a number of elements. Each part of the process involves the user supplying readily available data about the plant or the surrounding area. When all of the elements of the study have been built by the user the program is run to produce output in the form of consequence and risk results. Because the elements of the study are separate, studies can be built up in modular fashion and modules from past studies reused.

The typical stages of an onshore QRA are listed in Table 2.1, together with a summary of the application of each within SAFETI, and a cross-reference to the section of this study where each stage is described. In studies using SAFETI the earlier stages of this process (stages 1 to 5) are typically done “off-line”. However the later stages are traditionally calculation intensive and it is these stages which are the primary function of SAFETI, since it provides a powerful environment for integrating the stages and allowing data to be shared between them.

**Table 2.1: Typical Stages of Onshore QRA**

Stage / Activity	Group	SAFETI Application
1 Definition of scope / objectives	Case Definition	N/A (User inputs to <i>Models</i> )
2 Data collection		
3 Hazard identification		
4 Case definition		
5 Failure frequency estimation	Frequency Analysis	N/A (User inputs to <i>Models</i> )
6 Weather data input / definition	Background Data	Section 3
7 Ignition source input / definition		
8 Consequence modelling: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Discharge</li> <li>• Dispersion</li> <li>• Fire and explosion</li> <li>• Toxic</li> </ul>	Consequence Analysis ( <i>Models</i> )	Section 4
9 Event tree analysis	Impact Analysis	Section 5
10 Risk summation	Risk Analysis ( <i>Run Rows</i> )	Section 6
11 Sensitivity analysis		
12 Results reporting		
13 Analysis of acceptability of risks and risk reduction options	Risk Assessment	N/A (User analysis of SAFETI outputs)

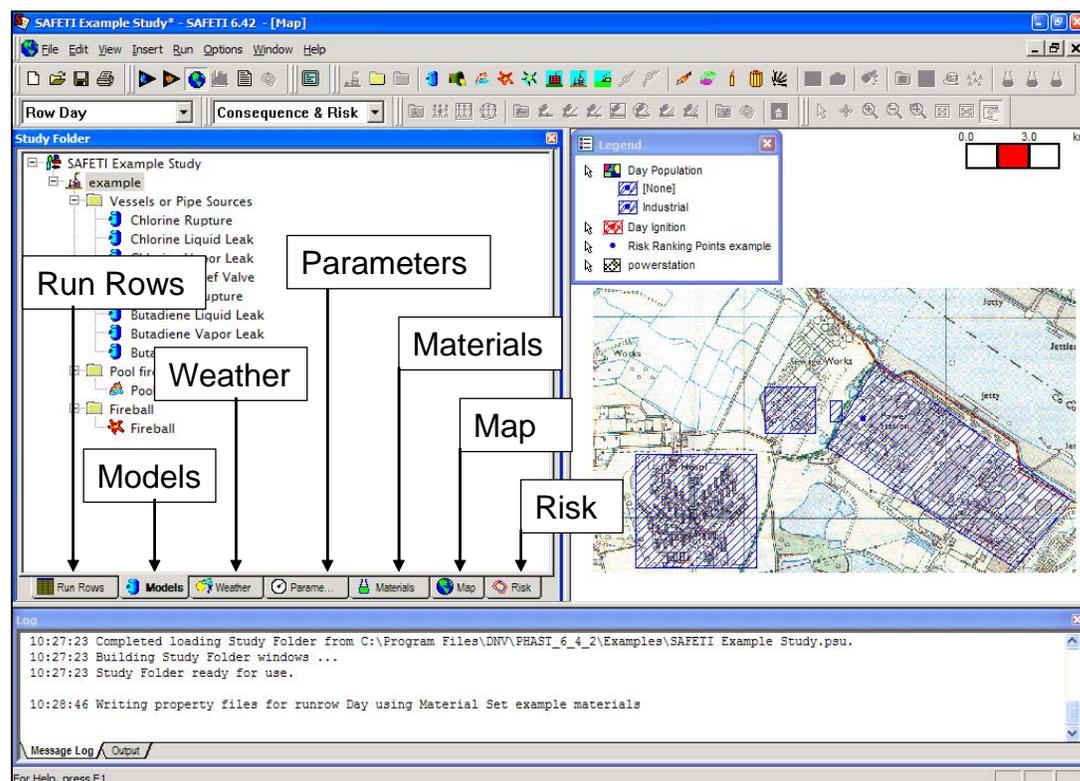
SAFETI is intended as a set of models for experts to enable them to provide timely accurate and appropriate advice on safety related issues. It is not the aim to provide a 'black box' for performing risk analysis, but rather that it provides an experienced risk analyst with a tool that allows them to focus their attention and experience on the real problem areas rather than the administration of large quantities of data.

Overall, SAFETI provides a high level of support to risk analysts allowing large and complex assessments to be carried out efficiently and accurately.

## 2.2 Layout of SAFETI

The top level of the SAFETI program structure is shown in Figure 2.1, with the key model tabs, or functions, indicated. A brief summary of each is given below, where further details are provided in the following sections.

**Figure 2.1 The Main Screen within SAFETI**



*Run Rows:*

This is the risk analysis tab, and is described further within Section 6. This is, in effect, the 'control' window, where the scenarios to be analysed are defined. Run rows (or QRA nodes / sections) are defined, where consequence models defined in the *Models* tab, are assigned to the selected *Weather*, *Material*, *Parameter* and *Risk* (ignition and population) data sets. The model can then be run for some or all of the defined run rows and will combine the various consequence outcomes with the background data to determine the risks.

*Models:*

This is the consequence analysis tab, and is described further within Section 4. The various release scenarios are input within this window, which can be operated independently to produce and manipulate consequence results without running the full risk model. This window operates exactly as the PHAST consequence software does, where each scenario has one additional input set that is specific to SAFETI, where release location, frequency and immediate ignition probability data is defined.

*Weather:*

One or more sets of meteorological data are defined in this window, as described further in Section 3.1.

*Parameters:*

This tab defines the parameters used within the model. An overview of the different parameters is given in Section 3.2, while some of the key parameters affecting the impact analysis are discussed in more detail in Section 5. Defaults are applied to each, such that the model can be used as soon as cases are input, while all parameters can be adjusted as required to enable users to refine the study to account for specific factors. Typically, the parameters are defined at a 'global' study level, such that the same parameters are applied to all scenarios. However, any number of parameter sets can be defined to enable different parameters to be specified as required for different consequences (*Models*) and/or risk scenarios (*Run Rows*).

*Materials:*

In the same way as *Parameters*, different sets of mixtures and materials can be defined for use in the *Models* (see Section 3.3).

*Map:*

Enables a variety of maps to be input to the model to facilitate interpretation of the model results (see Section 3.4).

*Risk:*

This window is used to define the risk-specific inputs such as ignition sources, risk ranking points and populations, as described in Section 3.5.

### **3 BACKGROUND DATA**

The inputs and methodology applied within SAFETI that are defined within the model, rather than within a specific case (consequence *Model* or risk *Run Row*) are considered in the following sections under the broad title of background data.

#### **3.1 Weather Conditions**

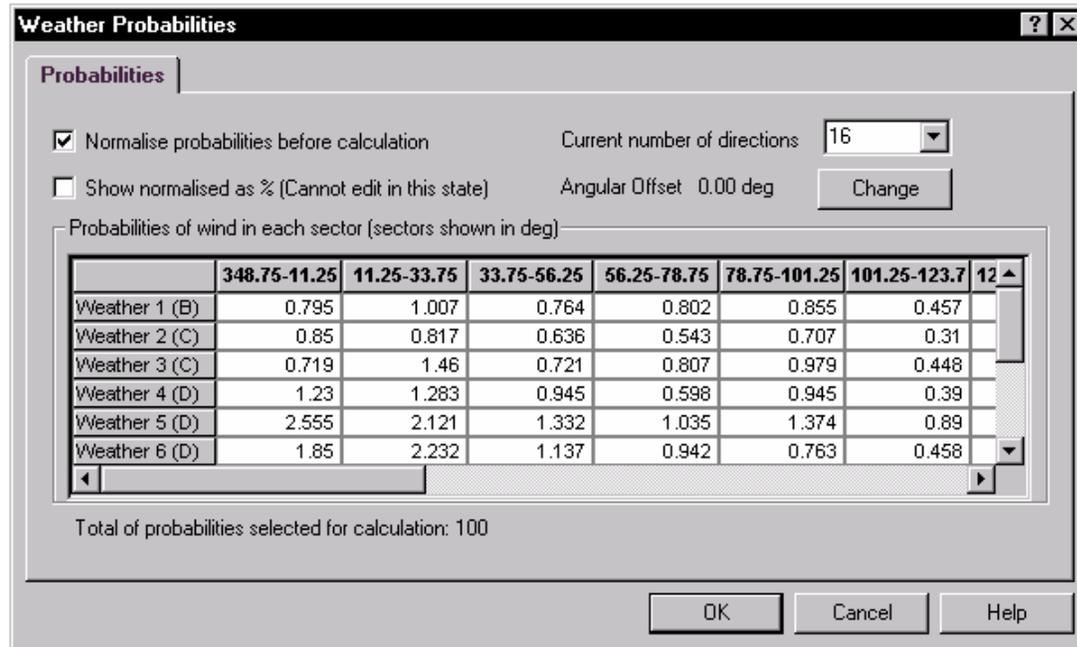
To evaluate the risk posed by hazardous releases it is necessary to know the range of weather conditions prevailing in the vicinity of the site and their relative frequency. Weather greatly affects the dilution and spreading of a release and SAFETI enables the user to supply this information to the consequence models to the level of detail for which data is available (i.e. ranging from a single wind speed applied uniformly to a detailed wind rose distribution).

Weather conditions can be defined at a 'global' study level, so that one set of conditions are applied to all consequence models, or as a range of data sets to enable different weather conditions to be applied to different models (for example, to enable sensitivity cases to be considered or to allow for seasonal or day/night variations).

Each weather class consists of wind speed and stability category, and each class is assigned a probability for each wind direction. Other conditions such as atmospheric and ground temperature can be made to depend on the weather class as required. Weather data in the required form is available for the whole world from several suppliers including the UK Meteorological Office.

As an example, a screen-shot of part of the weather data input module is shown in Figure 3.1 Example (Screen Shot) of Weather Data Input

**Figure 3.1 Example (Screen Shot) of Weather Data Input**



## 3.2 Parameters

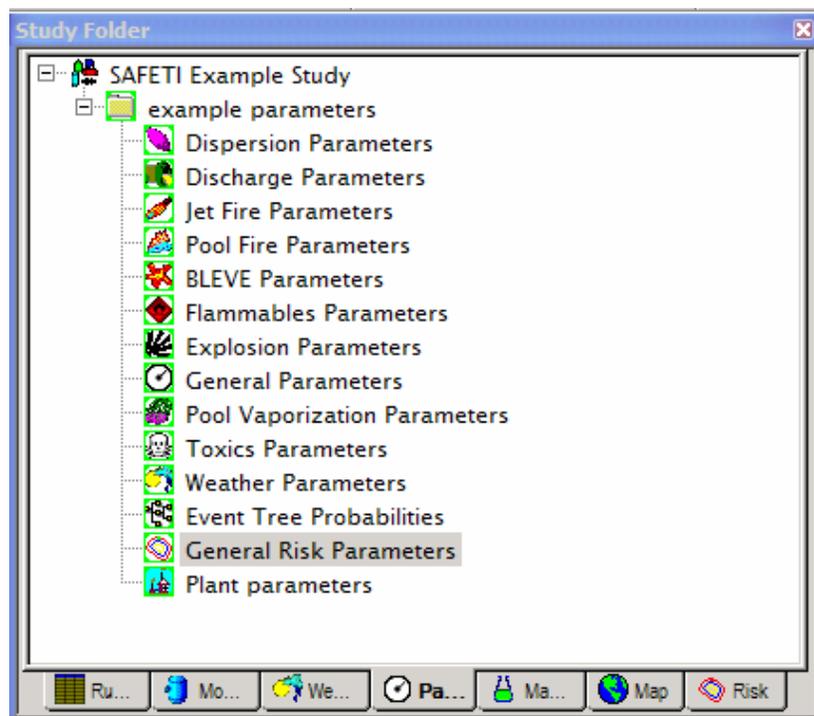
The mathematical modelling of such a large variety of physical effects and accident scenarios means that some equations may need to be tuned to the specific needs of the problem at hand. SAFETI contains over 180 parameters to enable the user to make these adjustments. The parameters cover discharge and dispersion calculations, damage effects, mitigation effects brought about by safety systems or human response to an accident. The probabilities used in the event trees, which determine the relative likelihood of different flammable outcomes are also included. A default set is provided, but many analysts wish to tune these to meet local requirements.

Because the conditions prevailing on one site, or even one plant within a site, may differ from those on another it is possible for the user to produce a number of different parameter files for use with different scenarios (consequence *Model* or risk *Run Row*). Alternative safety systems being considered for a process described by different parameter sets can thus be compared.

Figure 3.2 illustrates the classes of parameters which can be adjusted by the analyst. It is not practical to describe within this document all of the parameters that can be varied, but brief descriptions and cross-references to further information are given below:

- *Dispersion parameters:* These are detailed modelling parameters (rarely required to be varied by risk analysts), which underpin the dispersion modelling, described further in Section 4.1.
- *Discharge parameters:* Similarly, these underpin the discharge modelling, described further in Section 4.2, covering aspects such as pipe friction and limits for model inputs.
- The next eight parameter sets (Jet Fire, Pool Fire, BLEVE, Flammables, Explosion, General, Pool Vapourisation and Toxics) underpin the consequence modelling, which is described in more detail in Section 4.3. These parameters range from defining the radiation levels which are used for impact / risk assessments (often varied to suit the requirements of users) to detailed parameters and limits affecting the actual consequence calculations (varied only by expert users).
- *Weather parameters:* These define the atmospheric parameters. Note that these parameters are defined separately from the weather categories (i.e. wind rose data) defined in the *Weather* tab (Section 3.1).
- *Event tree probabilities:* These parameters guide how the model determines the outcomes (i.e. consequences and impacts) of different releases, for example enabling the probability of ignition of a vapour cloud to be split between flash fire, fireball and explosion hazards. This is not an event tree in the traditional sense, since many of the probabilities used are conditional on certain criteria being met by each release, as determined by the model, but remains an important aspect of the control that a user has on the outcomes. These parameters are discussed further in Section 5.1.
- *General risk parameters:* This includes detailed modelling parameters used within the risk calculations (grid density, minimum probability for risk reporting, etc) and also the key vulnerability parameters, which define the fatality rates applied to different impacts (radiation levels, etc). The vulnerability parameters are discussed further in Section 5.2.
- *Plant Parameters:* Parameters relevant to a special SAFETI sub-model, which enables a plant or site to be defined in terms of equipment items alone (where SAFETI will then generate the appropriate release scenarios).

**Figure 3.2 Parameter Classes within SAFETI**



### 3.3 Materials Data

SAFETI contains a chemical database of the most commonly used chemicals. This database can be expanded, depending on user requirements. The thermophysical data used is based to a large extent on the industry standard DIPPR database compiled under the supervision of the AIChE. This database now contains details of over 6000 chemicals. Extra data for each chemical may be required depending on whether some of the advanced models in SAFETI are to be used.

The material selection function includes the ability to add chemicals and edit their properties, to evaluate properties at user-specified pressure and temperature and to edit the attributes of each property (e.g. the name of the property). The user can also create mixtures of chemicals to simulate the contents of process streams.

### 3.4 Maps

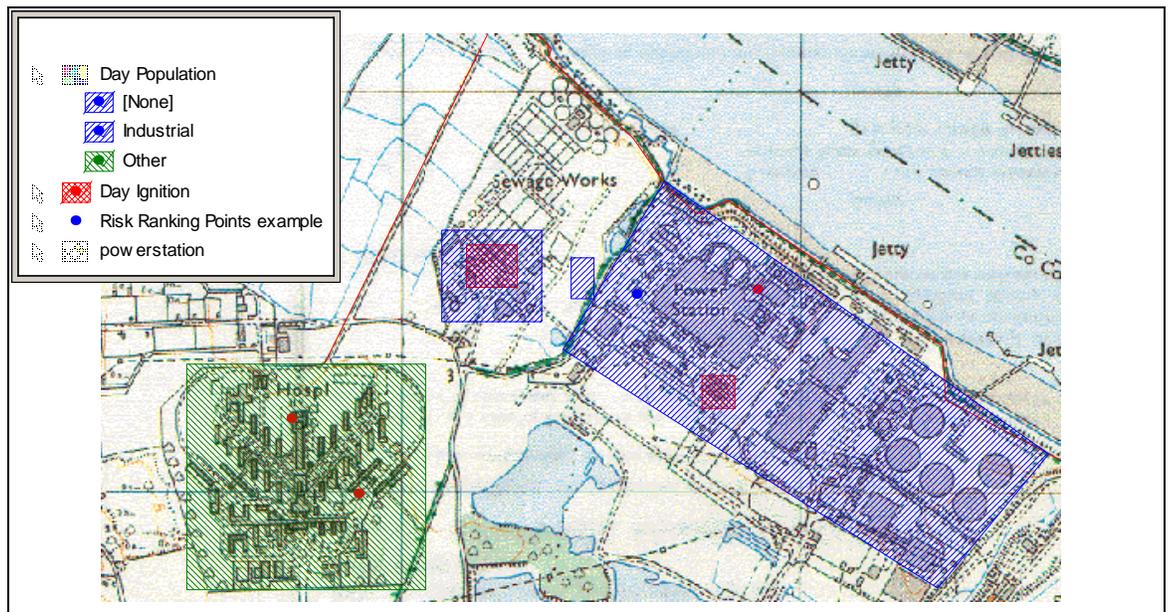
Some consequence results, such as release cloud footprints or explosion overpressure levels, and some measures of individual risk are more easily visualised when superimposed onto a map of the local area or a plan view of the plant. It is possible for

the user to create or import electronic images of such maps or plans of the area of interest to facilitate such visualisation.

A number of graphical image formats are supported by SAFETI. Because SAFETI is a Windows program allowing the export of such graphics to other applications such as word processors, the user can produce reports and effective presentations in entirely electronic form.

An example map is given in Figure 3.3.

**Figure 3.3 Example Map (Showing Ignition Sources, Populations and Risk Ranking Points)**



## 3.5 Risk Data

### 3.5.1 Populations

In order to calculate the risk posed by the facility in question it is necessary to know the human population in the neighbourhood of a hazardous release. The population module enables the user to build up a map of population density across the area of interest. This population map can be superimposed on to the geographical map both as a check on data input and to better understand the origins of the risk posed by the process facility.

To account for the fact that populations might change from day to night, or from summer to winter (etc), SAFETI allows the user to perform an analysis where such

changes take place and combine or isolate these risk features according to the requirements of the study.

Population data can be manipulated to assess the desirability of housing developments or can be used to represent the investment capital distribution and thus aid analysis of investment risk due to major accident hazards.

As an example, population groups are defined within the example map given as Figure 3.3.

### **3.5.2 Ignition Sources**

Where the materials giving rise to the major hazard are flammable then an additional uncertainty concerns the probability that the material released is ignited. Ignition source (and associated probability) data can be created and edited in SAFETI in a similar way to the creation of population data. Various ways of representing ignition sources exist. Point sources can be used to represent equipment like flares or furnaces; area sources can be used to represent the possibility that an event on a housing estate might cause ignition. A line source might be used to represent an electrical transmission line or traffic on a road.

All the ignition sources can be modified to allow for their strength or the possibility that they will not be present at a given time.

These ignition sources are used by the risk calculations within SAFETI to determine the probability that a release is ignited (and at what stage in the development of the release ignition occurs). This delayed ignition probability is a key aspect of the event tree / impact analysis described further in Section 5.1.

As an example, ignition sources (points, areas and lines) are defined within the example map given as Figure 3.3.

### **3.5.3 Risk Ranking Points**

The Risk tab is also used to define risk ranking points, which are defined by the user to enable individual risk results to be reported at specific points (in addition to the default form of a risk contour plot).

## 4 CONSEQUENCE ANALYSIS

Summaries of the consequence modelling techniques contained within SAFETI, and which are provided from the PHAST consequence software platform, are provided in terms of the following key stages:

- Section 4.1 - Discharge modelling
- Section 4.2 – Dispersion modelling
- Section 4.3 – Consequences (fire, explosion and toxic impacts)

Key features of the PHAST software, which apply to each of the above stages are:

- PHAST is a comprehensive hazard analysis software tool which is applicable to all stages of design and operation across a wide range of process industries. It has been adopted by many international companies and governments as a decision support tool in industrial risk and public safety matters.
- The Unified Dispersion Model (UDM) at its heart is respected as one of the world's leading dispersion models for process safety applications. The theory and performance has been independently reviewed as part of the EC funded project SMEDIS, and it has excelled in both areas.

The intention of the following sections is to provide an overview of the modelling. Further details are available upon request, either through the accompanying DNV Consulting reference (the SAFETI software package: modelling theory) or by contacting DNV Software, who have many references providing detail on any or all of the specific modelling features.

### 4.1 Discharge Modelling Theory

#### 4.1.1 Types of Release

SAFETI can model any of the release types covered by the PHAST suite of consequence models, which are defined by Vessel type, Scenario and Phase of material (under its containment conditions). Discharge data can be input directly for any scenario (as a 'user-defined' dispersion model) or calculated within the Unified Dispersion Model, which combines the discharge and dispersion modelling (as discussed further in Section 4.2).

- *Instantaneous discharge.* If a sudden catastrophic rupture and loss of containment of a pressurised vessel occurs, liquid will flash off and expand rapidly (described in more detail in Section 4.1.2) while gas contents may cool and condense. If the vessel is refrigerated and not under significant pressure, a liquid pool may be formed.

- *Continuous discharge.* A continuous release corresponds to a prolonged release from a ruptured pipe or through a hole in a vessel wall. In the case of a refrigerated release, hydrostatic forces (the liquid head) provide the driving force equivalent to a pressure. For continuous releases, a further distinction is required in order to model the final physical conditions. That is, whether the release takes place from the end of a pipe (full bore rupture) or from an orifice (a hole in a vessel wall or pipe). Both types are discussed in Section 4.1.3.

In each case, the modelling uses initial conditions specified by the user and calculates the final conditions. The final conditions are reached when the internal pressure of the released material has fallen to atmospheric pressure.

#### **4.1.2 Instantaneous Releases**

In the case of a pressurised release, the mass is assumed to expand symmetrically, adiabatically and reversibly, forming a hemisphere with homogeneous properties. In expanding, the mass performs work on the atmosphere until its internal pressure falls to atmospheric pressure.

The final physical condition is defined by the expansion energy and the thermodynamic state. The expansion energy is calculated as being the net energy released by the material in expanding to atmospheric pressure, i.e. the adiabatic expansion energy minus the work done on the atmosphere. For a refrigerated release the liquid head provides the driving force for expansion. In addition, an estimate of droplet size is made: this is required to determine if and when rainout occurs in the dispersion phase. Rainout is the fraction of an initial two-phase or liquid aerosol mixture that falls to the ground to form a liquid pool.

#### **4.1.3 Continuous Releases**

Continuous releases in SAFETI require no prior assumptions regarding the final phase or initial or final liquid fraction of the released material. From their thermophysical properties, the entropy and enthalpy of materials can be derived as functions of pressure and temperature. By applying conservation relations to these quantities, and the fundamental relation that the sum of enthalpy and kinetic energy is conserved for steady flow where no external work is done, the velocity, density and hence mass flux can be derived for any given pressure. Continuous releases are broken down into two categories for the purposes of modelling.

- The first category is of free flow from an orifice in an infinite reservoir. This is an idealisation of a leak from a large vessel or large diameter pipe.
- The second category is of flows along pipes from an infinite reservoir at the end.

The final conditions calculated are the same for both categories of release. They are the mass flow rate, velocity and thermodynamic state.

The key features of the modelling are summarised briefly below:

- The above conservation relation defines the velocity and final thermodynamic state. The hole or pipe size, the velocity and the density then determine the mass flow rate.
- The velocity is the key quantity in determining the rate of entrainment of air in the dispersion modelling.
- In addition, an estimate of droplet size is made: this is required to calculate settling velocities, and hence decide if and when rainout occurs in the dispersion phase.
- The unimpeded flow through an orifice can be approximated by reversible adiabatic expansion, i.e. isentropic expansion, where the general approach to modelling these flows is to calculate the mass flux through the orifice as a function of pressure in the plane of the orifice (accounting for either choked or unchoked flow).
- The pressure in the orifice is varied iteratively to find the maximum mass flux, provided that the corresponding maximum pressure is greater than atmospheric. Otherwise unchoked flow is assumed. From this mass flux, the discharge coefficient and the area of the orifice, the velocity and mass flowrate are calculated.
- If the flow is choked, further isentropic expansion to atmospheric pressure is allowed. This gives the final thermodynamic state (temperature and phase) of the release.

## 4.2 Dispersion Modelling Theory

### 4.2.1 Overview

Once a material has been released into the atmosphere and has expanded so that its internal pressure has fallen to atmospheric pressure, it will travel away from the release point under the influence of its own initial velocity and the ambient wind velocity. In the SAFETI package, horizontal releases are assumed always to be downwind (the worst case).

There are two main aspects to handling a release, which act in parallel:

- The first of these might be called the 'phenomenology' of the release, that is, whether liquid rains out or not and whether it behaves as an instantaneous or continuous release.
- Secondly, there are the various dilution (air entrainment) regimes: turbulent jet, slumping dense cloud or passive tracer.

As the cloud travels downwind, it will entrain air at its edges. This dilutes the cloud and causes it to spread outwards and upwards (if on the ground) or outwards in all directions (if above ground level). The rates of entrainment and spread depend on the cloud's motion relative to the airflow, its density and the level of ambient turbulence. These are the cloud models (or dispersion processes). At the same time, other factors contribute to the concentration and duration of exposure at points downwind: whether the release behaves as if instantaneous or continuous, whether rainout of any liquid droplets that are present occurs, and the rate of evaporation of the pool formed by rainout or by a liquid release. These factors are the phenomenology of the release; they are influenced by the physical parameters of the cloud as it disperses and also act on the dispersion.

In SAFETI the calculation of the dispersion of a release has been made as general as possible by incorporating all possible behaviour, in principle at least. That is, there is some treatment of every phenomenon that might occur for each release, with no prior assumptions about which ones are appropriate. The physical parameters defining a release are the only information used to decide how the modelling should proceed. As a result, the range of behaviour that can be exhibited is very large.

The dispersion processes and the phenomenology are handled simultaneously in the modelling, and, in principle at least, any phenomenology can occur in association with any of the entrainment regimes.

The procedure adopted in the consequence module of SAFETI is to calculate the physical parameters of the cloud (dimensions, density, temperature, concentration, liquid fraction) at regular intervals away from the release point. At each step, the program considers both the dispersion processes and the phenomenology, selecting the most appropriate models for each, given the current state of the cloud. Thus the models used for rates of entrainment and spread may change as the cloud evolves; this is done in such a way as to make the transitions as smooth as possible. Simultaneously, the possibility of, for example, rainout is considered at each step. Liquid rained out forms a pool which is then allowed to evaporate, either back into the cloud as this continues to pass or following the cloud once it has finished passing.

Thus, the consequence module is not one model but a set of models to represent different dispersion processes as they occur. The program selects automatically the appropriate models to use at any point in the cloud dispersion. Dispersion continues until the cloud concentration is below the minimum concentration of interest.

Finally, the results required by the risk calculations are not dispersion results but the consequences: doses and effect zones, which are also calculated by the consequence module.

#### 4.2.2 Release Phenomenology

The models are applied at whatever stage of the cloud dispersion modelling they become appropriate. In general, they are not used at every step thereafter but determine the change in the dispersion modelling after that point. For example, a pool formed by rainout may evaporate back into the cloud, so the vapour concentration in the cloud once this occurs must be calculated from the sum of that left in the cloud after rainout and that re-evaporated into it. If the evaporation continues after the main cloud has passed, then this forms a subsidiary cloud whose dispersion must also be modelled, with a release rate equal to the evaporation rate and a release location at the pool centre (rather than the original point of release). The evaporation model therefore calculates, at the point at which rainout occurs, the required evaporation rates and duration; these are then picked up by the dispersion models.

The key phenomena considered and addressed within SAFETI are:

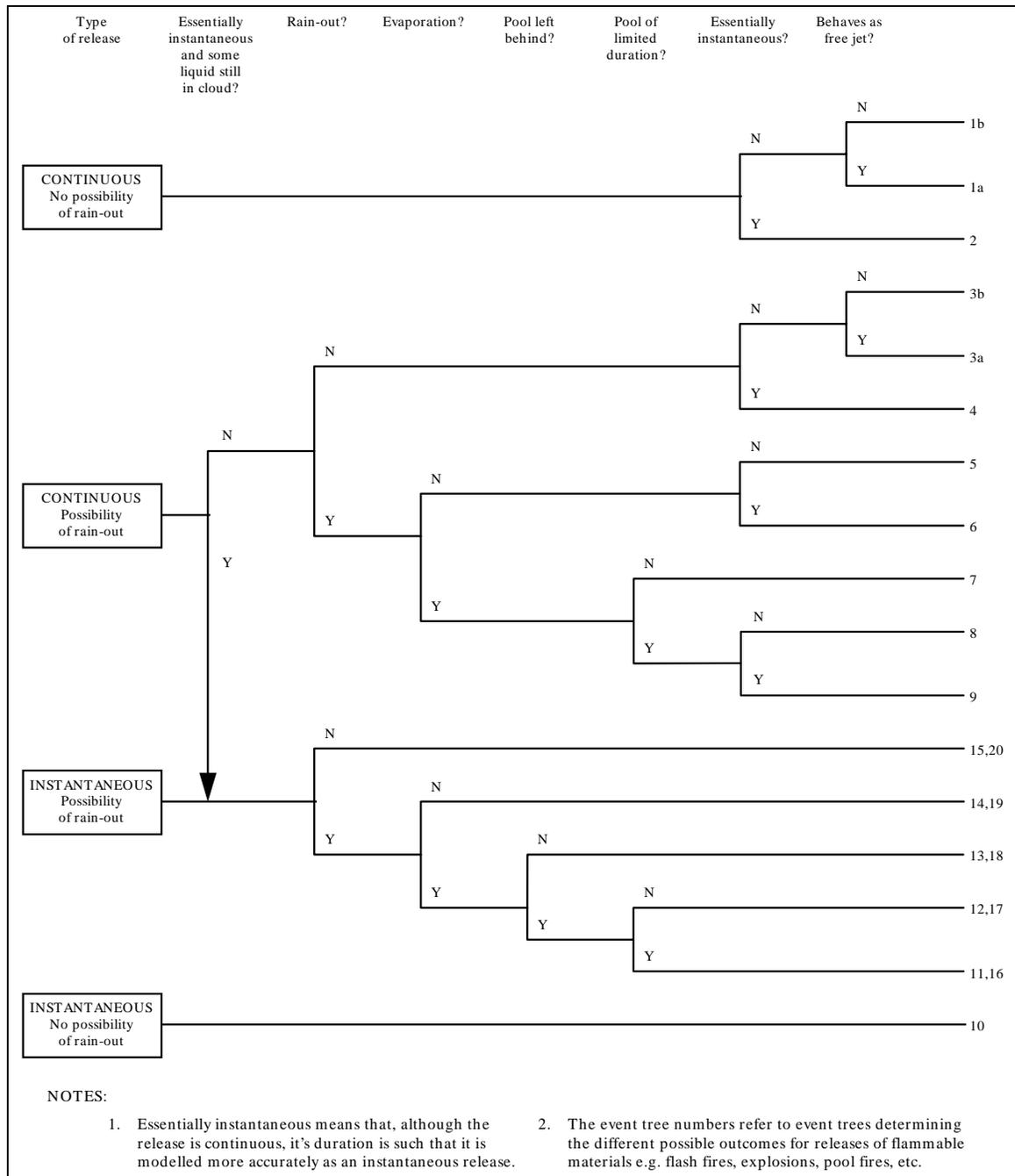
- Whether the cloud is best modelled as Instantaneous or Continuous
- Rainout
- Pool spreading and evaporation

The decisions as to release phenomenology and the most appropriate models to use follow an Event Tree, shown in Figure 4.1. The starting-point depends on the type of release (instantaneous or continuous) and whether there are liquid droplets present initially in the cloud. Thereafter, tests are made dependent on the starting-point and the results of previous tests.

It should be noted that this is not an 'event tree' in the sense often understood by risk analysts, in that there are no probabilities associated with the branch points. The route along the tree taken by the modelling of a release is deterministic in that the release phenomenology determines it. The numbers at the end of each branch identify the particular route taken.

For toxic materials, the question of whether the release behaves as a free jet is not considered, and the route numbers have no significance. However, both are important for flammable materials. In particular, the event trees used in the impact (risk) calculation module determine the range of possible consequences with finite probabilities: Jet flame, Fireball, Pool fire (early or late), Flash fire, Explosion. (See Section 5.1.)

**Figure 4.1 Event Tree for the Dispersion Modelling Used Within SAFETI**



### 4.2.3 Dispersing Cloud Models

Dispersion describes the process by which hazardous material released into the atmosphere is diluted by the air and transported away from the source. The degree of dilution is dependent upon the amount of turbulence present, either in the atmosphere or generated by the released material itself. The process of dispersion may be understood as changes in a number of key properties of the cloud:

- Movement of the cloud downwind from the release point;
- Spreading of the cloud;
- Dilution of the cloud by entraining air;
- Change of height of the cloud above the ground.

The spreading and dilution of the cloud are linked (law of conservation of mass) but neither is necessarily solely a function of the other.

A cloud released instantaneously is carried by the wind bodily away from the release point and spreads out in all directions. A continuous release forms a plume which spreads sideways as its front edge travels away from the release point with the wind and initial release velocity. If the release stops within the timescale of interest, the plume will detach from the release point and continue to spread and move downwind.

The dispersion of a cloud of released material is controlled, fundamentally, by two properties of the cloud and two of the atmosphere:

Cloud Properties:           (a) Density  
                                     (b) Velocity relative to the surrounding air

Atmosphere Properties:   (a) Windspeed  
                                     (b) Stability

The end product of dispersion modelling is the calculation of cloud concentrations, dimensions and duration of exposure with increasing distance from the release point.

The four dependent properties of dispersion all interact with one another and with the controlling properties to determine the development of the cloud with time and distance from release. Because of this complex interaction, no one cloud model can adequately predict the cloud behaviour, nor can cloud concentrations be calculated without reference to these interactions except in a very limited set of cases.

The dispersion modelling therefore makes use of two techniques:

- *(1) Stepwise Numerical Integration:* The cloud dispersion properties are calculated a step at a time (steps are distance for continuous clouds, time for instantaneous clouds). At each step the properties at the starting-point of the step are used to calculate those at the end-point. Thus the interaction of controlling and dependent properties is correctly modelled and updated at each step, limited by the problem inherent in all such numerical modelling of calculating properties at discrete intervals which in fact change continuously.
- *(2) Use of Appropriate Models:* The appropriate model to use depends on both the controlling and the dependent properties, and this may change as the properties change. The SAFETI package automatically chooses the correct model to use at each step according to various criteria; thus several different models may be used in the course of calculating the dispersion down to the lowest concentration of interest.

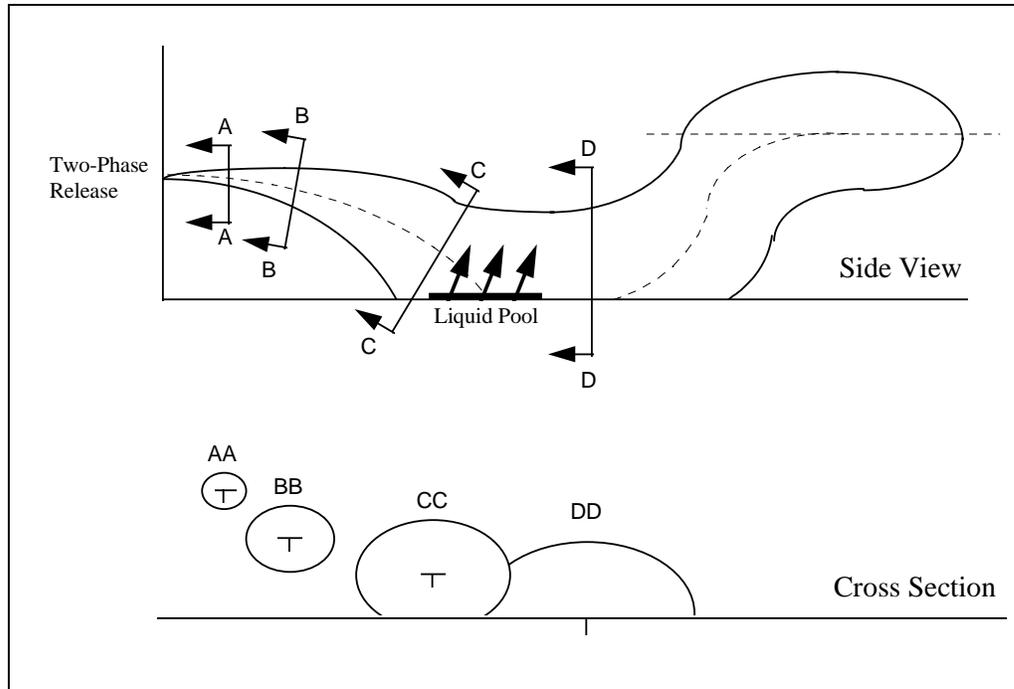
DNV has developed (Woodward et al, 1995) a Unified Dispersion Model (UDM), which treats all regimes of dispersion in a similar manner with smooth transitions from one stage to the next as needed. This model is introduced in the following section; further detail is available upon request.

#### **4.2.4 The Unified Dispersion Model**

The Unified Dispersion Model is an advanced similarity model capable of describing a wide range of types of accidental releases. The main characteristic of similarity models is that profiles for concentration, velocity, and temperature are assumed. The Unified Dispersion Model uses a particularly flexible form, allowing for sharp-edged profiles which become more diffuse downwind. Both instantaneous and continuous releases are treated, for which many model equations are common. The vertical cross section of each is, in general, an ellipse while elevated, and a truncated ellipse while touching the ground (or impinging the mixing height ceiling). A continuous release profile extends from the source downwind, whereas an instantaneous release profile is a volume defined by revolving the vertical cross section around the vertical axis.

An example of a general case continuous release is shown in Figure 4.2.

**Figure 4.2 Idealised Cloud Section**



An elevated, heavy vapour/aerosol release starts out with a circular cross section which tends to flatten into an ellipse as the cloud settles. Upon touching down, the cross section becomes a truncated ellipse, and the cloud levels off as the vertical component of momentum is dissipated. Aerosol droplets may rain out shortly after touchdown. Rain-out produces a pool which spreads and vaporises. If spilled onto water, part of the material may also dissolve. The vapour from the pool is added back to the plume, as a function of time. The plume can become buoyant after evaporating all aerosol droplets and picking up heat by ground conduction, or by condensing water picked up over a wet surface. A buoyant plume lifts off and rises until constrained by the mixing layer.

The figure shows side and cross-sectional views of a continuous release at various stages of dispersion. The release is assumed to be two-phase and elevated. Near the release point the cloud has a circular cross-section (AA). As the cloud disperses and falls to the ground an elliptical cross-section develops (BB). In the touchdown phase the elliptical cross-section is truncated by the ground (CC). Droplets raining out of the plume form a liquid pool which provides a secondary source of vapour. In the dense and passive phases the plume has a semi-elliptical cross-section (DD). The cloud may become positively buoyant, lift-off and rise until it is capped at the mixing layer.

## 4.3 Consequence Modelling Theory

### 4.3.1 Overview

The consequence models described in this section take the output from the dispersion model and use it to predict the effects on people (or effect zone) given that the release and weather conditions occur. These are expressed differently for toxic and flammable effects. Furthermore for toxic consequences there is one set of results which express the variation in fatality risk with distance from the release point whereas for flammable consequences there are two sets of results:

- One is a sequence of flammable masses and areas within the lower flammable limit contour as a function of distance and time from the release point - analogous to the toxic consequences but carrying no probability information
- The other is a set of effect levels for various possible consequences: jet fire, pool fire, fireball (or BLEVE), explosion.

### 4.3.2 Toxic Consequences

The probability of death, due to a toxic release, at a point is calculated via the "probit equation". The toxicity of a material is defined by three parameters, N, a and b, which are applied to the toxic load (L) calculated by the toxic dispersion model (i.e. the concentration averaged over a specified time period).

The "probit number"  $P_0$  is calculated as:

$$P_0 = a + b \cdot \log L$$

This is related to the probability of death by:

$$p(\text{death}) = \frac{1}{2} \left[ 1 + \operatorname{erf} \left( \frac{P_0 - 5}{\sqrt{2}} \right) \right]$$

Any release, no matter how complicated in behaviour, has its concentration-time history over the area affected reduced to this single measure of effect. The route followed through the modelling (see Figure 4.1) therefore has no effect on how the impact calculation is performed.

### 4.3.3 Flammable Consequences

These are far more complicated than toxic consequences since there is a range of possible effects.

- A "free jet" can give rise to a jet flame or explosion
- Immediate ignition of a continuous release can lead to a jet or pool fire
- Immediate ignition of an instantaneous release can lead to a fireball
- Delayed ignition of any release may lead to a flash fire, a pool fire, an explosion or a combination of these.

The possible consequences depend on the route taken through the dispersion modelling, as in Figure 4.1. Some only require the possibility to exist, others are time-dependent and so require the sequence of flammable masses and areas within the LFL contour as a function of distance and time calculated from the dispersion modelling.

The event trees determining the possible outcomes are discussed further in Section 5, while the key features of the corresponding effects models are summarised in the following sections, covering, respectively:

- Flash fires
- Pool fires
- Jet fires
- Fireball / BLEVE
- Explosions

### 4.3.4 Flash Fires

The area enclosed by the LFL is predicted in the dispersion modelling. It is assumed that ignition leading to a flash fire is of all material within the LFL, and that a certain proportion (i.e. the defined fatality rate, or vulnerability parameter) of people within the area with concentration above 100% LFL is killed.

### 4.3.5 Pool Fires

Releases which are either described as, or behave as, "refrigerated" are assumed to form a liquid pool which if ignited will give a pool fire in addition to the possible formation of a vapour cloud from evaporation. If a "pressurised" release contains liquid droplets, these may rain out to form a liquid pool which could be ignited to give a pool fire. Alternatively, simple pool fire release types will just have these effects. If liquid spills or rains out within a bunded area, the pool size is determined by the bund area defined. If the liquid is not contained within a bund, the pool diameter is determined by the

balance between spill/rain-out rate and burning rate. In all cases the results depend on windspeed since this affects flame shape.

The flame for a pool fire is assumed to be a sheared cylinder, and thus has a circular cross section in a plane parallel to the ground.

Key features of the model are summarised briefly below:

- The flame shape depends, first of all, on the mass burning rate and this is derived from the correlation of Burgess and Hertzberg (1974), based on experimental burning rate measurements.
- A correction to the heat of vaporization (used in determining the mass burning rate) is made for materials with a boiling point above ambient temperature to account for the heat required to raise the temperature of the liquid to its boiling point.
- The flame height correlation used is that derived by Thomas (1963) for the mean visible height of turbulent diffusion flames.
- The flame is assumed to be tilted from the vertical by an angle calculated using the American Gas Association (1974) correlation.
- Fuels for liquid pool fires are assumed to burn with either a luminous or a smoky flame. In general hydrocarbons lighter than pentane burn with a luminous flame and heavier hydrocarbons burn with a smoky flame. Separate correlations for the surface emissive power in each case are derived from Mudan and Croce (1988).

#### 4.3.6 Jet Fires

Releases which are either described as, or behave as, "pressurised" may form a free turbulent jet. If the dispersion indicates that a jet model is appropriate (the condition is that the jet dilutes below stoichiometric concentration before slumping) then a jet fire is modelled as follows.

The jet flame model (Chamberlain, 1987) from the Thornton Research Limited describes the shape of a jet flame as a frustrum of a cone. The parameters describing the frustrum, accounting for choked flow, have been derived from comparisons with experimental data from laboratory and field tests. Additional key features of the model are:

- A modified equation is derived for jet flames resulting from releases of two-phase and liquid jets (which adjusts the effective source diameter and lift-off distance).
- The emissive power and the fraction of heat radiated are based upon the experimental measurements in Chamberlain (1987) for natural gas flares, and include a function, which accounts for observed variation of the fraction of heat radiated with the molecular weight of the gas being released.

### 4.3.7 Fireballs / BLEVEs

Fireballs (or BLEVEs) result from the catastrophic failure of a pressure vessel and immediate ignition of the resulting vapour cloud; the failure of the vessel may result from an external heat source such as a jet fire or pool fire impinging on the vessel combined with inability of fire protection and pressure relief systems to cope with the heat transfer and consequent pressure rise.

The flame for a BLEVE is assumed to be a sphere resting on the ground. Correlations from the Health and Safety Executive (Crossthwaite et al, 1988) are used to predict the radius of the BLEVE and its duration.

### 4.3.8 Explosion Models

The explosion model used within SAFETI predicts the distances to various damage levels resulting from the explosion of a vapour cloud. These distances are the radii of the circles within which the damage resulting is defined by the analyst as part of the parameter input. Two standard values give:

- R1 - heavy building damage.
- R2 - repairable building damage.

The flammable mass is calculated in the course of the dispersion modelling. The explosion model is based entirely on the TNO vapour cloud explosion correlation model (Wiekema 1979). The 'energy content' of the explosive mass ( $M_c$ ) is calculated as:

$$E_{\text{expl}} = M_c \cdot H_{\text{comb}}$$

The radii of the blast circles are then given by:

$$R = C_s \cdot x(\mu E_{\text{expl}})^{1/3}$$

Where:  $\mu$  represents the fraction of the energy released that contributes to the blast, and can be determined by the analyst (the default value used in SAFETI is 0.1).  $C_s$  is a constant whose value depends on the damage level concerned. The default values of  $C_s$  used are:

- $C_s = 0.03$  - heavy damage to buildings (roughly equivalent to 350 mbar)
- $C_s = 0.06$  - repairable damage to buildings (roughly equivalent to 100 mbar)

## **5 IMPACT ANALYSIS**

### **5.1 Impact Event Trees**

#### **5.1.1 Overview**

The dispersion modelling, as described in Section 4.2, assesses all possible outcomes of a release and enables a range of consequence models, as described in Section 4.3, to be applied to each, where appropriate. The impacts associated with each are determined through a series of event trees, which guide how the model determines the outcome of each release.

It should be noted that these are not ‘event trees’ in the sense often understood by risk analysts, in that there are not pre-defined probabilities associated with all of the branch points. The event tree functions are:

- To set the constraints on the modelling of a release according to the dispersion (and discharge) phenomenology. This is described by Figure 4.1 (Section 4.2.2) and, in the context of impacts, results in four different basic event trees according to the type of discharge / dispersion (continuous or instantaneous, with or without rainout).
- To combine the dispersion results with the ignition probabilities applicable to each release (where immediate ignition is predefined for each release and delayed ignition is determined by the presence of ignition sources in relation to the dispersion characteristics), to determine the range of impact (or hazardous event) outcomes.
- The above factors limit the range of outcomes that can occur for a given release, but maintain some flexibility for certain outcomes, such as the fraction of delayed vapour cloud ignitions that result in explosions. Event tree parameters (i.e. branch probabilities) control these aspects of the route. These parameters can be varied by the risk analyst as required.

The event trees and the associated parameters are defined in the following sections for each of the four basic event trees:

- Section 5.1.2 - Continuous release, without rainout
- Section 5.1.3 - Continuous release, with rainout
- Section 5.1.4 - Instantaneous release, without rainout
- Section 5.1.5 - Instantaneous release, with rainout

Note that some description of the different parameters and branch outcomes is given for the first of the above event trees. The basic approach is the same in each case, so for the latter cases only the event tree structure and the SAFETI default parameters are given.

### 5.1.2 Continuous Release, Without Rainout, Event Tree

The event tree structure used within SAFETI for continuous releases, where rainout does not occur (i.e. where releases remain in the gas phase), is given in Figure 5.1. The corresponding default parameters that are applied within SAFETI are given in Figure 5.2.

The first stage in the event tree is to determine whether immediate ignition occurs:

- Immediate ignition is defined as that applying to the release before it has begun to disperse (and hence to move away from the release point).
- The default value applied within SAFETI is 0.3, which can be changed by the user within the parameters section (as shown in Figure 5.2), and hence can be specified at a study or a run row level. The Model definition also enables the immediate ignition probability to be defined, such that a different value can be applied to each and every release scenario. Where an immediate ignition probability is defined for the Model, this will be used in preference to the value within the parameters.

If immediate ignition does not occur then the delayed ignition probability is determined by the SAFETI model (by comparing the dispersion of each release against the defined ignition sources) and hence there are no default values given in Figure 5.2 for this branch.

- Where delayed ignition occurs, the impacts are determined by the flash fire and/or explosion consequence models according to the probabilities defined within the “delayed ignition of cloud” box within Figure 5.2. Note that if the cloud size or conditions are below the lower limits of the model parameters then no impacts will occur (hence the “no effect” branch of the event tree in Figure 5.1 is determined by the model and does not have a pre-defined probability).
- If no delayed ignition occurs there are no impacts associated with the release, other than those associated with any toxicity of the release.

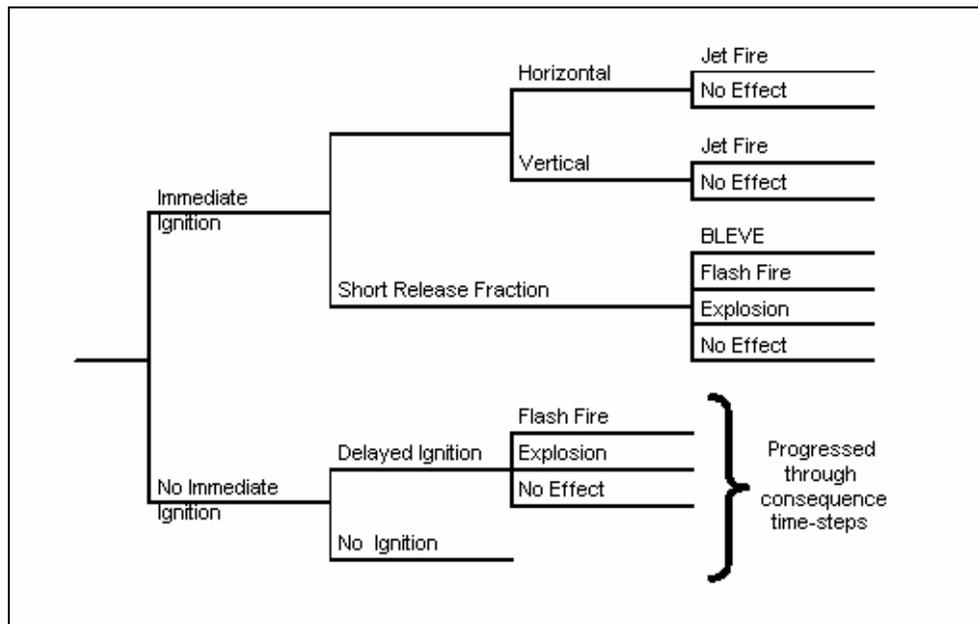
For immediate ignition events, two sets of outcomes are considered according to the duration of the release.

- The “short release fraction” (or “fraction for effects” in Figure 5.2) can be specified to determine the fraction of immediately ignited events for which short duration effects are considered. Note that if the value is set to 1 (as is the default) this means that the duration of each event is *evaluated* within SAFETI and does not mean that the “short duration effects” are automatically *applied*.
- If the release falls within the short duration criterion (which is part of the Flammables Parameters, where the default cut-off is set at 20 seconds) then the impacts are modelled by either the flash fire, explosion or fireball (BLEVE)

consequence models. The probabilities of each are set within the “short duration effects” box within Figure 5.2, where it can be seen that the default is that all such events are modelled as fireballs.

- For the remainder of immediate ignition events the jet fire consequence model is used. As shown in the event tree, jet fires can be modelled as either vertical or horizontal, where the default is that 60% are treated as horizontal.

**Figure 5.1 Continuous Release, Without Rainout, Event Tree Structure**



**Figure 5.2 Continuous Release, Without Rainout, Event Tree (Default) Parameters**

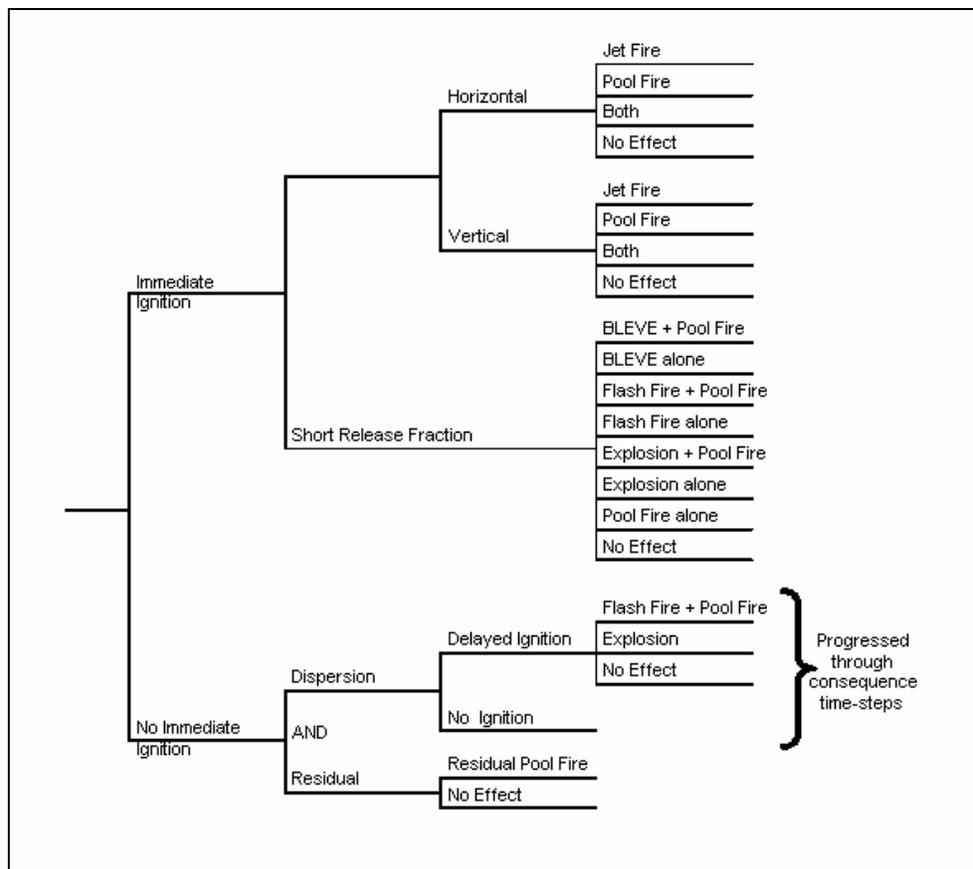
Category	Effect	Probability
Immediate ignition	Immediate Ignition	0.3
	Fireball	1
	Flash Fire	0
	Explosion	0
	Fraction for effects	1
Short-duration effects	Horizontal Fraction	0.6
	Jet Fire Effects (Alone)	
Jet Fire Effects (Alone)	Horiz.	1
	Vert.	1
Delayed ignition of cloud	Flash Fire	0.6
	Explosion	0.4

This category encompasses SAFETI version 5 Routes 1b, 2, 3b, 4 and 16

### 5.1.3 Continuous Release, With Rainout, Event Tree

The event tree structure used within SAFETI for continuous releases, where rainout occurs (i.e. where releases may be either gas or liquid, or both), is given in Figure 5.3. The corresponding default parameters that are applied within SAFETI are given in **Figure 5.4**. While there are additional outcomes in this case, to account for pool fire outcomes, the basic approach applied within SAFETI is the same as described in the previous section, for continuous releases without rainout.

**Figure 5.3 Continuous Release, With Rainout, Event Tree Structure**



**Figure 5.4 Continuous Release, With Rainout, Event Tree (Default) Parameters**

The screenshot shows the 'Event tree probabilities' window with the following parameters:

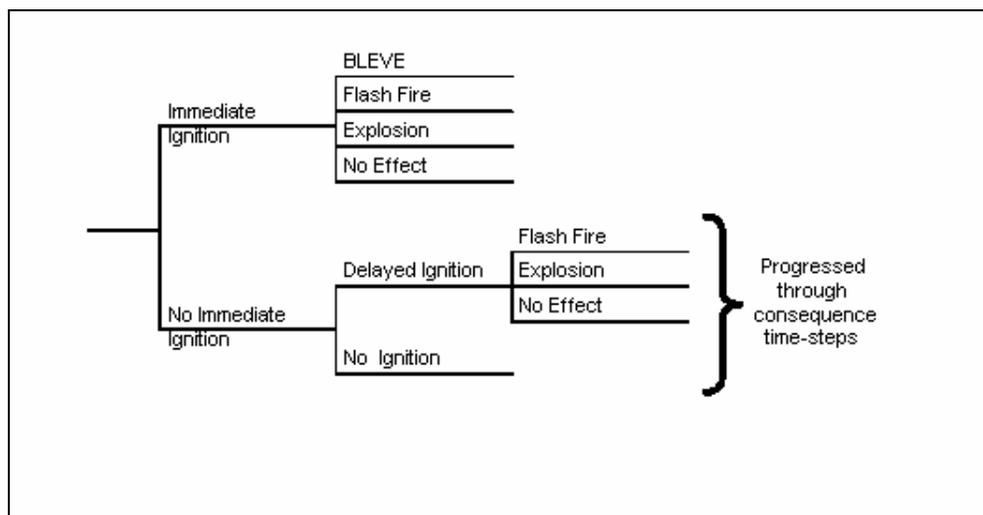
- Immediate ignition:** Immediate Ignition: 0.3
- Short-duration effects:**
  - Fireball: Alone 0, With Pool Fire 1
  - Flash Fire: Alone 0, With Pool Fire 0
  - Explosion: Alone 0, With Pool Fire 0
  - Fraction for effects: 1
  - Pool Fire alone: 0
- Long-duration effects:** Horizontal Fraction: 0.6
- Jet Fire Effects:**
  - Horiz.: Alone 0, With Pool Fire 1
  - Vert.: Alone 0, With Pool Fire 1
- Pool Fire Effects:** Horizontal: 0, Vertical: 0
- Delayed ignition of cloud:** Flash Fire: 0.6, Explosion: 0.4, Residual Pool Fire: 0.15

This category encompasses SAFETI version 5 Routes 5, 6, 7, 8, 9, 17, 18, 19 and 20

### 5.1.4 Instantaneous Release, Without Rainout, Event Tree

The event tree structure used within SAFETI for instantaneous releases, where rainout does not occur (i.e. where releases remain in the gas phase), is given in Figure 5.5. The corresponding default parameters that are applied within SAFETI are given in Figure 5.6.

**Figure 5.5 Instantaneous Release, Without Rainout, Event Tree Structure**



**Figure 5.6 Instantaneous Release, Without Rainout, Event Tree (Default) Parameters**

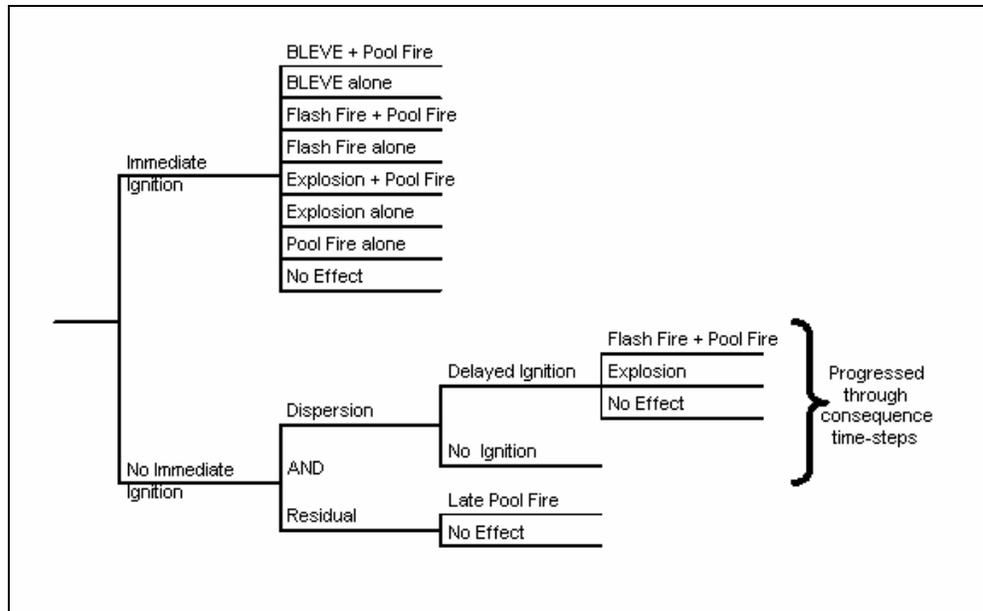
Category	Value
Immediate Ignition	0.8
Short-duration effects Alone	
Fireball	1
Flash Fire	0
Explosion	0
Delayed ignition of cloud	
Flash Fire	0.6
Explosion	0.4

This category encompasses SAFETI version 5 Routes 10 and 11

### 5.1.5 Instantaneous Release, With Rainout, Event Tree

The event tree structure used within SAFETI for instantaneous releases, where rainout occurs, is given in Figure 5.7. The corresponding default parameters that are applied within SAFETI are given in Figure 5.8.

**Figure 5.7 Instantaneous Release, With Rainout, Event Tree Structure**



**Figure 5.8 Instantaneous Release, With Rainout, Event Tree (Default) Parameters**

Event tree probabilities

Standalone | Cont./No Rainout | Cont./Rainout | Inst./No Rainout | Inst./Rainout

Immediate ignition

Immediate Ignition

Short-duration effects

	Alone	With Pool Fire
Fireball	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1"/>
Flash Fire	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Explosion	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Pool Fire alone	<input type="text" value="0"/>	

Delayed ignition of cloud

Flash Fire  Explosion  Residual Pool Fire

This category encompasses SAFETI version 5 Routes 12, 13, 14 and 15

## 5.2 Impairment

### 5.2.1 Approach

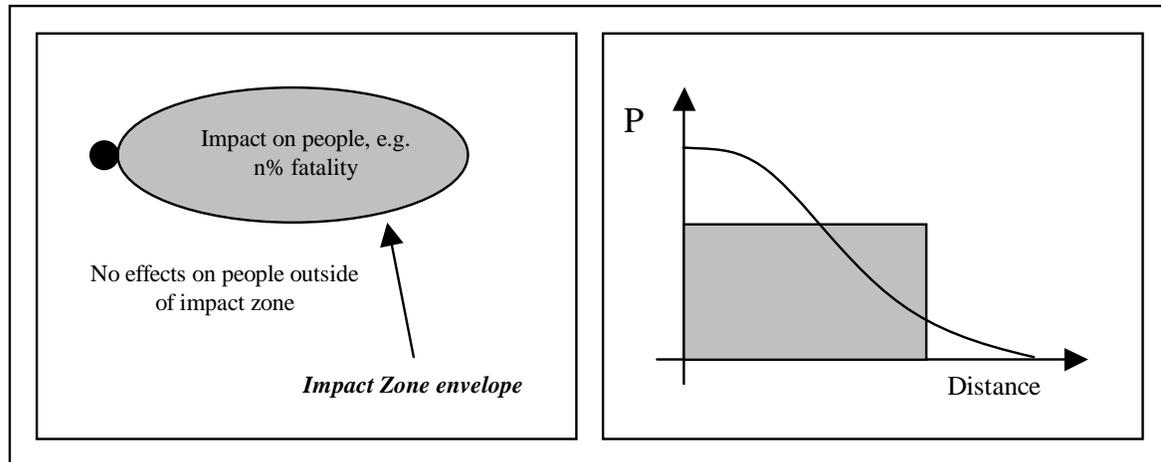
The outcomes of each event tree, i.e. the consequence model results, are used to predict the distance to any desired hazard level, e.g. a thermal radiation level of 12.5 kW/m<sup>2</sup> for a jet fire. However, for risk calculations, it is necessary to associate hazard levels with their effect, or impact, on personnel.

As risks to personnel will be measured in terms of fatality, it is necessary to relate hazard levels to likelihood of fatality. This is done by setting the modelling end point or impact criteria. With a simple cut-off model the assumption is that if the hazard exceeds the specified criterion at that location, any person present may suffer fatality.

The cut-off model approach is illustrated by **Figure 5.9**:

- In reality the consequences associated with a particular hazard, and hence the probability of fatality (P), will vary with distance from the release point. The curve shown (right hand side of Figure 5.9) illustrates the probability of fatality reducing from 1 to 0, as distance increases. It is not practical to calculate the exact probability and distance for every person, or asset, for every release. Hence a 'cut off' criteria is used, where the probability of fatality is set at a fixed consequence level (and hence distance) as illustrated by the shaded 'box'.
- This set consequence level (or end point criterion) determines the impact (or effect) zone, as illustrated in the left hand side of Figure 5.9. Risk levels are determined by calculating the number of people within an impact zone (for each release and hazard) and applying a set probability of fatality within this zone.
- It should be noted that a single end-point criterion may be sufficient to determine realistic risk levels associated with a hazard (such as for thermal radiation impact on people). Alternatively, more than one end-point criterion may be applied in the same way (such as for overpressure impacts on assets).

**Figure 5.9 Illustration of Simple Cut-off Model for End Point Criteria**



### 5.2.2 Vulnerability Parameters

As discussed in the previous section, the consequences or impacts to people of the various event tree outcomes are *end-point, or impact, criteria*, while the probabilities of impacts associated with these end-point criteria are referred to as *vulnerability parameters*.

- The end-point criteria are defined within the parameters associated with each consequence model within SAFETI.
- The vulnerability parameters are defined within the risk parameters, as illustrated by Figure 5.10 Vulnerability (Default) Parameters.
- In either case, the parameters can be set at a global (study) level, or defined separately for specific run rows.
- Table 5.1 summarises the default values applied within SAFETI, with brief notes on the basis for each.

**Figure 5.10 Vulnerability (Default) Parameters**

The screenshot shows a software window titled "General Risk Parameters" with a "Vulnerability" tab selected. The window contains several input fields for risk parameters. At the top, there are tabs for "General Risk", "Flammable Risk", "Toxic Risk", "Vulnerability", and "Grid". Below the tabs, there are two columns: "For Societal Risk" and "For Individual Risk". The "Fraction of Population Outdoors" parameter is set to 0.1 for Societal Risk and 1 for Individual Risk. Below this is a section titled "Fatalities as Fraction of Population for each Hazardous Effect" with sub-columns for "Indoors" and "Outdoors". The following table summarizes the values shown in the screenshot:

Hazardous Effect	Fatalities as Fraction of Population	
	Indoors	Outdoors
Heavy Explosion Damage	1	0.3
Light Explosion Damage	0.3	0.1
Flash Fire	0.1	1
Fireball	0.2	0.7
Jet Flame	0.1	0.7
Pool Fire	0.1	0.7
Toxics	0.1	0.9

**Table 5.1: Summary of (Default) Impact End Point and Vulnerability Criteria**

Human Impact	(End Point) Impact Criteria	Vulnerability Parameters	Notes and References
Fraction outdoors killed by explosion inside R1	Heavy blast damage (equated to 350 mbarg)	0.3	Where heavy building damage occurs, fatalities outdoors are likely to result from being close to collapsing buildings or being hit by missiles.
Fraction indoors killed by explosion inside R1		1.0	The likelihood of fatalities inside heavily damaged buildings is high.
Fraction outdoors killed by explosion between R1 and R2	Light blast damage (equated to 100 mbarg)	0.1	People outside are less likely than those inside to suffer fatality due to building damage.
Fraction indoors killed by explosion between R1 and R2		0.3	Some fatalities are likely to result indoors from building damage.
Fraction outdoors killed by flash fire	Effect concentration - within 100% LFL	1.0	People outside may be engulfed by the fire; historically most fatalities in such fires has been inhalation of hot combustion gases, so any protective outer clothing worn is unlikely to give sufficient protection to prevent fatality.
Fraction indoors killed by flash fire		0.1	A flash fire is only likely to cause fatalities indoors if the building is set on fire or else hot combustion gases enter the building.
Fraction outdoors killed by Fireball	Effect radiation dose 250 kJ/m <sup>2</sup>	0.7	The dose criterion of 250 kJ/m <sup>2</sup> is consistent with a high level of fatalities but not 100%, since some people may be shielded by buildings or other structures or may be able rapidly to find shelter.
Fraction indoors killed by fireball		0.2	Personnel indoors will suffer fatality if they have a line of sight to the fireball, i.e. through a window or open door.
Fraction outdoors killed by jet fire	Effect radiation level 12.5 kW/m <sup>2</sup>	0.7	The fraction located outdoors killed by a jet flame is high. People caught within the flame will die immediately while there could be some survivors among those affected by the heat radiation level of 12.5 kW/m <sup>2</sup> .
Fraction indoors killed by jet fire		0.1	The fraction killed inside buildings subjected to jet flame impingement and heat radiation is 0.1. This accounts for an interior building fire in which personnel may be trapped.
Fraction outdoors killed by pool fire	Effect radiation level 12.5 kW/m <sup>2</sup>	0.7	The assumption made is that this fraction are confined within the vicinity of the pool and that the pool ignites within 5 minutes of the release. Although it can be argued that no-one will be in the area after the first few minutes, historically personnel often stay behind trying to isolate the source of the leak rather than trying to escape.
Fraction indoors killed by pool fire		0.1	The building walls will offer shielding from the heat radiation levels for sufficient time to allow for an orderly escape to a safe area in the majority of cases. An evacuation of the building within 5 minutes is assumed.

## **6 RISK ANALYSIS**

### **6.1 Risk Calculation**

Once the consequences have been calculated, they are combined with the input weather, population and ignition source data, with the corresponding failure case frequencies and with the event tree probabilities to calculate the risks. The calculation of risk is undertaken within the impact module. This is a highly flexible program that can accept a wide variety of problem definitions (weather types, wind rose directions, grid size).

Each failure case is analysed to determine its impact. Frequency information is extracted from the failure case description and combined with meteorological probabilities and any event tree conditional probabilities leading to that particular outcome. Both risk at every grid point and societal risk for each incident can be determined.

In general terms, it is assumed for individual risk that the population is out of doors and does not shelter or escape. For societal risk, it is possible to include mitigation by sheltering or by evacuation.

The evaluation of the risk even at a single point involves a large number of calculations, especially for releases of flammable materials. Calculations must be performed for each release case and weather type, and for each wind direction which would include that point inside the effect zone. Often however the required result is not the risk at one point but over an area, in the form of "iso-risk contours". To obtain these, the point risk calculations must be repeated at a large number of grid points within the area of interest. The impact module uses a grid of 200 x 200 points.

To calculate societal risk, the total number of fatalities for each release case, weather type and wind direction must be calculated: this will usually be spread over a number of grid squares. The frequencies of all combinations contributing to the same number of fatalities must be summed. The results are typically presented as a F-N societal risk curve, but are also tabulated in terms of annual fatalities (i.e. potential loss of life, or PLL).

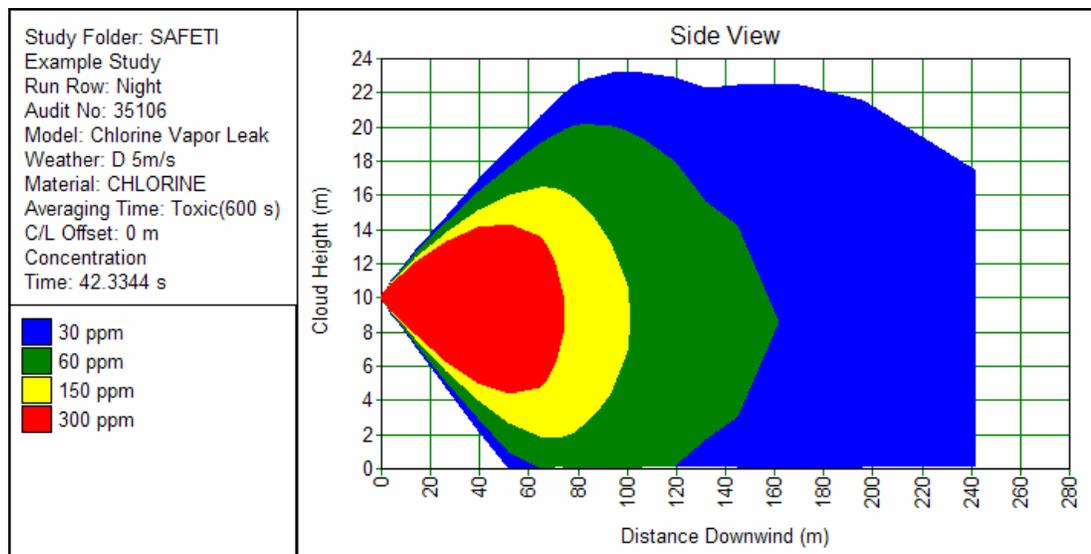
The impact module also produces tables showing the overall ranking of incidents in terms of their importance.

## 6.2 Risk Results, Graphical Output

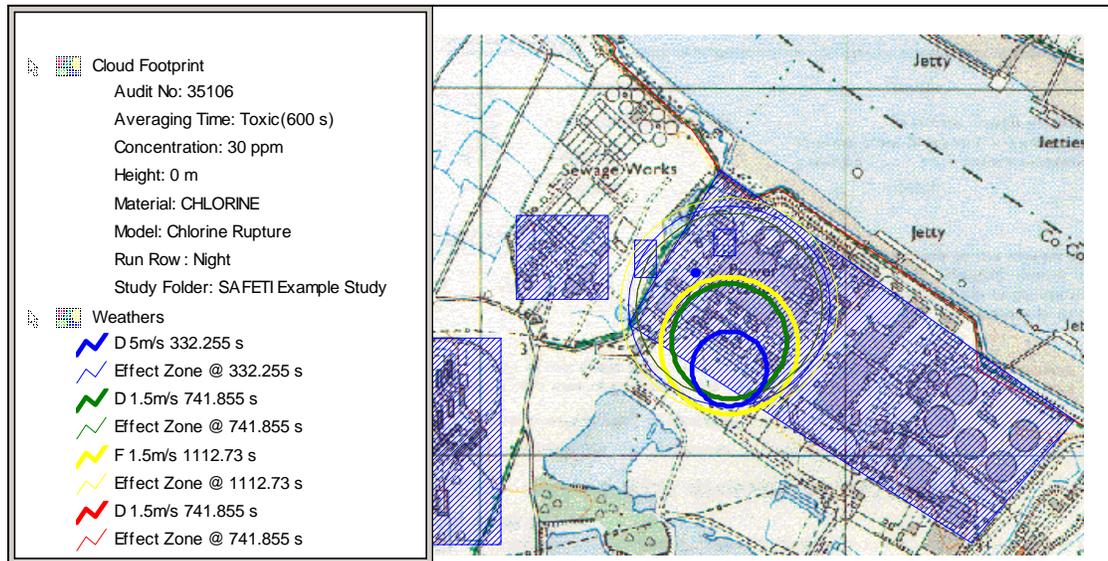
SAFETI provides graphical output of both consequence and risk results.

- Consequence results include cloud footprints and side views, heat radiation and explosion overpressure contours, concentration versus distance and other distance-dependent effects graphs, pool evaporation rate versus time and other time-dependent effects. These outputs can be produced for each release scenario (Model) as required, and can be superimposed on the map as hazard ranges or effect zones.
- Examples of consequence results are shown in Figure 6.1 and Figure 6.2, noting that there are many variations on these outputs (as indicated by the tabs underneath the plot in Figure 6.1).
- Risk results generated as graphical output are risk contours and FN curves. Examples of the graphical plots produced by SAFETI are given in Figure 6.3 and Figure 6.4. These results can be produced for the study as a whole, for individual run rows, or for a selection of run rows.

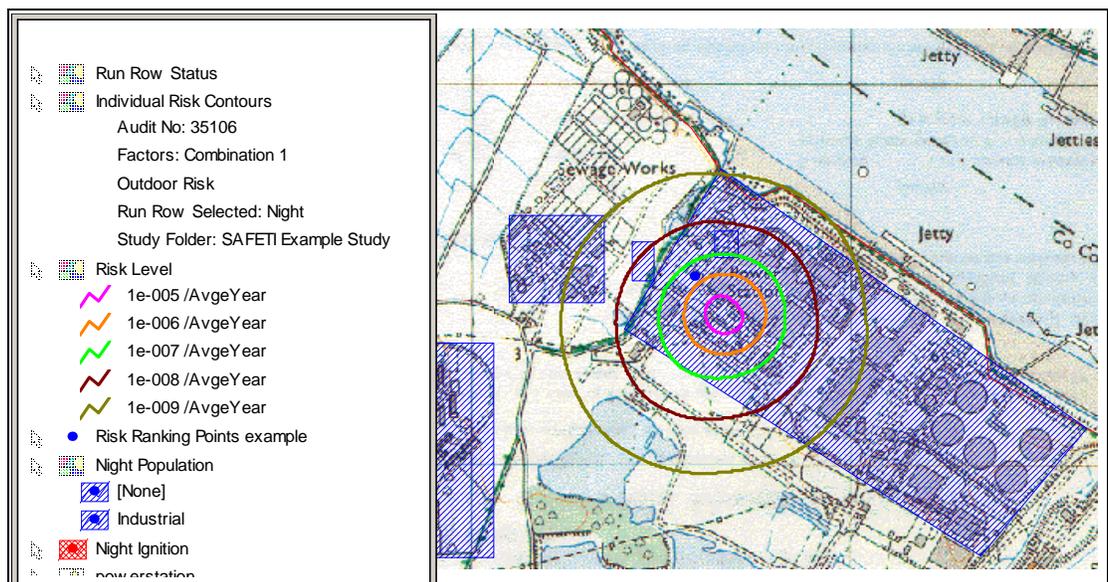
**Figure 6.1 Example Consequence Output (Chlorine Leak Cloud Dispersion Profile)**



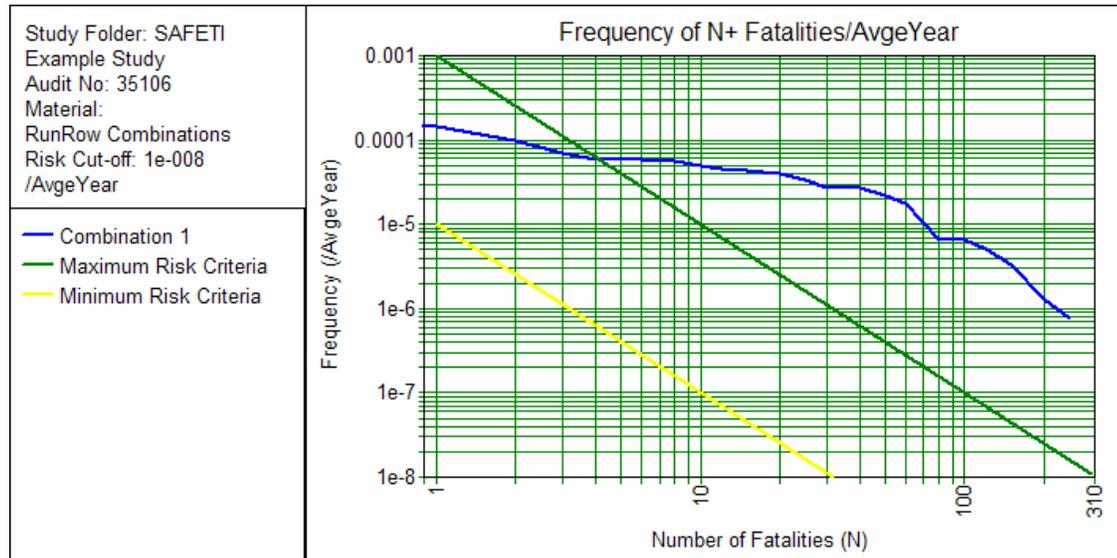
**Figure 6.2 Example Consequence Output (Chlorine Vessel Rupture, Hazard Range / Effect Zone)**



**Figure 6.3 Example of Individual Risk Results (Contours)**



**Figure 6.4 Example of Societal Risk Results (F-N Curve)**



### 6.3 Tabular Output

SAFETI produces tabular output to assist the user in the interpretation of results obtained during analysis and to provide data that can be exported to other applications for further analysis. Summary tables give the salient results of the dispersion and consequence modelling. Detailed results give a step by step reading of all physical parameters of a dispersing cloud.

Risk ranking results are available to enable the user to determine the contribution each accident scenario makes to the individual risk at a given location or to the societal risk. These data are then available for cost benefit analysis or other forms of financial risk analysis.

## 7 REFERENCES

American Gas Association, 1974. *LNG Safety Research Program*, Report IS-3-1.

Burgess, D S, and Hertzberg, M, 1974. *Advances in Thermal Engineering*, Ch. 27, p413, John Wiley and Sons.

Chamberlain, G A, 1987. *Developments in Design Methods for Predicting Thermal Radiation from Flares*, Chem. Eng. Res. Des. 65 299-309.

Crossthwaite, P J, Fitzpatrick, F D, and Hurst, N W, 1988. *Risk Assessment for the Siting of Developments near Liquefied Petroleum Gas Installations*, IChemE Symp. 110 373-400.

Mudan, K S, and Croce, P A, 1988. *Fire Hazard Calculations for Large Open Hydrocarbon Fires*, *Handbook of Fire Protection Engineering*, Society of Fire Protection Engineers, Ch 2-4.

Thomas, P H, 1963. *The Size of Flames from Natural Fires*, Proc. 9<sup>th</sup> Intl. Combustion Symposium, Comb. Inst.,Pittsburgh, PA, 844-859.

Wiekema, B, J, 1979. Vapour Cloud Explosions, *Methods for the Calculation of the Physical Effects of the Escape of Dangerous Material*, TNO, Ch. 4.

Woodward, J L, Cook, J and Papdourakis, A, 1995. *Modelling and validation of a dispersion aerosol jet*, J. Haz. Mat. 44 185-207.

