


Note 2014/010/PACA/ENV

ETUDE DES RISQUES LIES A LA CANALISATION DE
METHANE ALIMENTANT LA CHAUFFERIE DU
CEA DE CADARACHE



Note Technique

Edition 1 du 28/11/2014

<i>Rédaction :</i> Éric MARCHAND Directeur Pôle Risques Industriels et Environnement	<i>Vérification :</i> Stéphanie TRAINA Chargée d'affaire - Pôle risques Industriels et Environnement	<i>Approbation :</i> Gabriel DELORME Directeur DAVIDSON PACA
Signature 	Signature 	Signature 



REVISIONS

Version	Nature des modifications	Date	Rédacteur
0	Version initiale	28/02/2014	S. TRAINA
1	Version finale intégrant l'ensemble des remarques du CEA	28/11/2014	E.MARCHAND



SOMMAIRE

REVISIONS.....	2
SOMMAIRE.....	3
GLOSSAIRE	5
LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX.....	6
INTRODUCTION.....	7
ETUDE	8
1 Risques liés à la canalisation de méthane	9
1.1 Objectifs de l'étude.....	9
1.2 Description générale de la canalisation	9
1.3 Caractéristiques techniques de la ligne de GN.....	10
1.3.1 La partie HP de la ligne de GN dans le site.....	11
1.3.2 Le poste de détente et de comptage	11
1.3.3 La partie BP de la ligne de GN dans le site.....	11
1.4 Implantation et éloignement des cibles de l'étude	11
2 Hypothèses de l'étude	12
2.1 Scénarios retenus.....	12
2.1.1 Modèle des brèches 100% de la ligne enterrée.....	12
2.1.2 Modèle appliqué pour les fuites de brides, les fuites de corrosion et les ruptures de piquages pour les parties aériennes	12
2.1.3 Points de rupture pour la ligne HP	13
2.1.4 Points de rupture pour la ligne BP	13
2.1.5 Conditions particulières des modélisations de chaque rupture 100% des lignes HP et BP	14
2.1.6 Exclusions	14
2.2 Indices de sévérité d'explosion pour la méthode multi-énergie.....	14
2.2.1 Rupture 100% de la ligne HP.....	14
2.2.2 Fuites et rupture de piquage au poste HP/BP	14
2.2.3 Rupture 100% de la ligne BP	15
2.2.4 Rupture 100% de la ligne enterrée et fuite devant la chaufferie..	15
2.3 Seuils d'effets étudiés	15
3 Modèles de calculs des phénomènes dangereux	16
3.1 Explosion avec dérive (UVCE)	16
3.2 Jets enflammés.....	16
3.3 Dérives des panaches avec le logiciel PHAST	17
3.3.1 Conditions météorologiques retenues dans PHAST	17
3.3.2 Rugosité pour les modélisations PHAST	17
4 Résultats déterministes	18
4.1 Sélection des résultats enveloppes.....	18
4.1.1 Brèche 100% de la ligne enterrée HP.....	18



4.1.2	Brèches au poste de détente HP/BP	18
4.1.3	Brèche 100% de la ligne enterrée BP	18
4.1.4	Brèches de la ligne aérienne devant la chaufferie	18
4.2	Distances d'effet pour la canalisation HP	19
4.2.1	Surpressions	19
4.2.2	Jets enflammés	19
4.3	Distances d'effet pour la ligne aérienne au poste HP / BP	19
4.3.1	Surpressions	20
4.3.2	Jets enflammés	20
4.4	Distances d'effet pour la canalisation BP enterrée entre le poste de détente et la chaufferie	21
4.4.1	Surpressions	21
4.4.2	Jets enflammés	21
4.5	Distances d'effet pour la canalisation BP enterrée devant la chaufferie	22
4.5.1	Jets enflammés	22
4.6	Distances d'effet pour les fuites de la ligne aérienne devant la chaufferie	23
4.6.1	Surpressions	23
4.6.2	Jets enflammés	23
4.7	Synthèse	24
5	Conclusion	26

REFERENCES.....	27
------------------------	-----------

ANNEXE	28
---------------------	-----------



GLOSSAIRE

BP	Basse Pression
CEA	Commissariat à l'Energie Atomique et aux énergies alternatives
DN	Diamètre Nominal
EDF	Electricité De France
GN	Gaz Naturel
HP	Haute Pression
INB	Installation Nucléaire de Base
LIE	Limite Inférieure d'Explosion
LSE	Limite Supérieure d'Explosion
NA	Non Atteint
ND	Non Déterminé
PMS	Pression Maximale de Service
SO	Sans Objet
UVCE	Unconfined Vapor Cloud Explosion
VCE	Vapor Cloud Explosion



LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1 : Implantation de la ligne de GN (bleu clair) alimentant la chaufferie du Centre de Cadarache et installations du Centre environnantes	10
Figure 2 : Schéma de l'installation de GN	10
Tableau 1 : Distances des Installations Nucléaires de Base environnantes à la ligne de gaz naturel du site	11
Tableau 2 : Distances d'effet de surpression pour la ligne HP obtenues pour différents seuils de surpression et pour les conditions de dispersion étudiées 2F, 3F et 5D – Masses de GN explosifs associées	19
Tableau 3 : Distances d'effet du flux thermique pour la ligne HP pour les jets enflammés et pour les conditions de dispersion étudiées 2F, 3F et 5D	19
Tableau 4 : Distances d'effet de surpression pour la ligne aérienne du poste de détente et de comptage HP/BP obtenues pour différents seuils de surpression et pour les conditions de dispersion étudiées 2F, 3F et 5D – Masses de GN explosifs associées	20
Tableau 5 : Distances d'effet du flux thermique autour de la canalisation aérienne du poste de détente et de comptage HP / BP pour les jets enflammés et pour les conditions de dispersion étudiées 2F, 3F et 5D	20
Tableau 6 : Distances d'effet de surpression pour la ligne enterrée BP obtenues pour différents seuils de surpression et pour les conditions de dispersion étudiées 2F, 3F et 5D – Masses de GN explosifs associées	21
Tableau 7 : Distances d'effet du flux thermique autour de la canalisation enterrée BP pour les jets et pour les conditions de dispersion étudiées 2F, 3F et 5D	22
Tableau 8 : Distances d'effet de surpression pour la ligne enterrée BP devant la chaufferie obtenues pour différents seuils de surpression et pour les conditions de dispersion étudiées 2F, 3F et 5D – Masses de GN explosifs associées	22
Tableau 9 : Distances d'effet du flux thermique autour de la canalisation enterrée BP devant la chaufferie pour les jets enflammés et pour les conditions de dispersion étudiées 2F, 3F et 5D	23
Tableau 10 : Distances d'effet de surpression pour la ligne aérienne devant la chaufferie obtenues pour différents seuils de surpression et pour les conditions de dispersion étudiées 2F, 3F et 5D – Masses de GN explosifs associées	23
Tableau 11 : Valeurs maximales des distances d'effet des surpressions d'UVCE des lignes HP et BP enterrées, du poste de détente HP/BP et la ligne aérienne devant la chaufferie.....	24
Tableau 12 : Valeurs maximales des distances d'effet du flux thermique des jets enflammés des lignes HP et BP enterrées, du poste de détente HP/BP et la ligne aérienne devant la chaufferie.....	25



INTRODUCTION

Cette note concerne l'analyse des risques liés à la canalisation de méthane alimentant la chaufferie du Centre de Cadarache. Elle a été réalisée à la demande du CEA Cadarache dans le cadre de compléments d'études en vue de la mise à jour de la Présentation Générale de la Sécurité de l'Etablissement (PGSE) du Centre de Cadarache [R1].



ETUDE

Les risques liés à la canalisation de méthane alimentant le Centre ont fait l'objet d'une étude en 1995 par Gaz De France, dans le cadre du passage en gaz de l'alimentation de la chaufferie centrale du CEA [R2, R3].

Compte tenu de l'évolution des méthodes et outils depuis la note de 1995, le CEA a décidé de réaliser une actualisation de l'étude pour ce qui concerne la canalisation de gaz méthane alimentant la chaufferie.

Les méthodes de la circulaire du 10 mai 2010 [R10], la méthode multi-énergie et le logiciel PHAST ont été employés pour les modélisations d'UVCE en remplacement de la méthode TNT et du logiciel Météocru d'EDF. Les termes sources de la dispersion atmosphériques ont été établis avec le logiciel PHAST en remplacement du logiciel Météocru.

Après un rappel des caractéristiques de la canalisation, la note présente :

- les modélisations des dérives des nuages inflammables pour la brèche 100% (rupture guillotine) de la ligne enterrée HP,
- les modélisations des dérives des nuages inflammables pour les fuites de corrosion, les fuites de brides et la rupture d'un piquage sur le poste de détente aérien HP/BP,
- les modélisations des dérives des nuages inflammables pour chaque brèche 100% (rupture guillotine) de la ligne enterrée BP,
- les modélisations des dérives des nuages inflammables pour les fuites de corrosion, les fuites de brides sur la ligne aérienne BP entrant dans le bâtiment chaufferie,
- l'estimation de la masse d'hydrocarbure inflammable dans le nuage inflammable, pour chacune de ces modélisations,
- la détermination des zones de dangers selon le modèle multi-énergie, pour chacune de ces modélisations.



1 Risques liés à la canalisation de méthane

1.1 Objectifs de l'étude

Cette étude constitue une mise à jour de l'ensemble des scénarios liés à la canalisation de gaz Haute Pression (HP), au poste de détente et de comptage, et à la canalisation de gaz Basse Pression (BP) située entre le poste de détente et la chaufferie du Centre.

Ces modélisations prennent en compte :

- une dérive selon les conditions météorologiques de dispersion préconisées par la circulaire du 10 mai 2010 [R5] auxquelles ont été ajoutées les classes de stabilité représentatives du site de Cadarache,
- une analyse multi-énergie des surpressions pour les seuils définis dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [R4],
- une analyse selon le modèle de SHELL des jets enflammés pour les seuils définis dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [R4],
- une évaluation des surpressions incidentes et des effets thermiques sur les cibles identifiées dans l'environnement de la canalisation de Gaz Naturel (GN).

1.2 Description générale de la canalisation

Le gaz naturel (produit de la rubrique 1972) alimentant la chaufferie du Centre est amené par une canalisation GRT GAZ (PMS 80 bar / DN 80 mm) au niveau du poste de livraison (ou poste de détente et de comptage) identifié "bâtiment 381". La pression de service est de 25 bar.

Après ce poste, la canalisation aval (DN 150 mm / PMS 5 bar) achemine le gaz détendu (P service 4 bar) vers le poste de détente situé en entrée de chaufferie (bâtiment 257). A l'entrée de la chaufferie, le gaz est détendu à 400 mbar pour être acheminé jusqu'aux brûleurs des chaudières. Le débit maximum acceptable par l'ensemble des générateurs en fonctionnement (3 brûleurs) est de 4000 Nm³/h.

La zone, au-dessus des tronçons de ligne HP et BP enterrés, est sans obstacle.

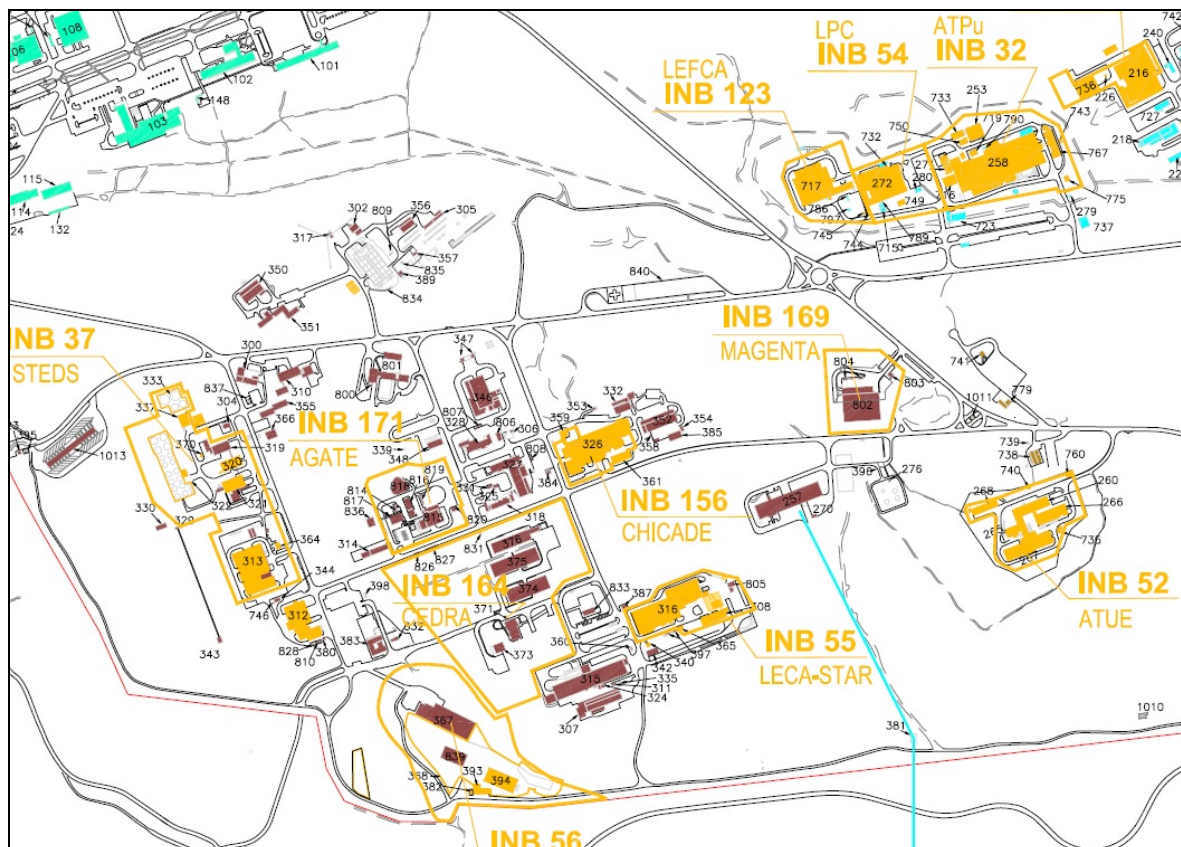


Figure 1 : Implantation de la ligne de GN (bleu clair) alimentant la chaufferie du Centre de Cadarache et installations du Centre environnantes

1.3 Caractéristiques techniques de la ligne de GN

La ligne objet de l'étude est constituée de deux tronçons, la partie HP, de fourniture GRT Gaz et la partie BP, propriété du CEA. Le schéma de la figure 2 précise ces deux tronçons.

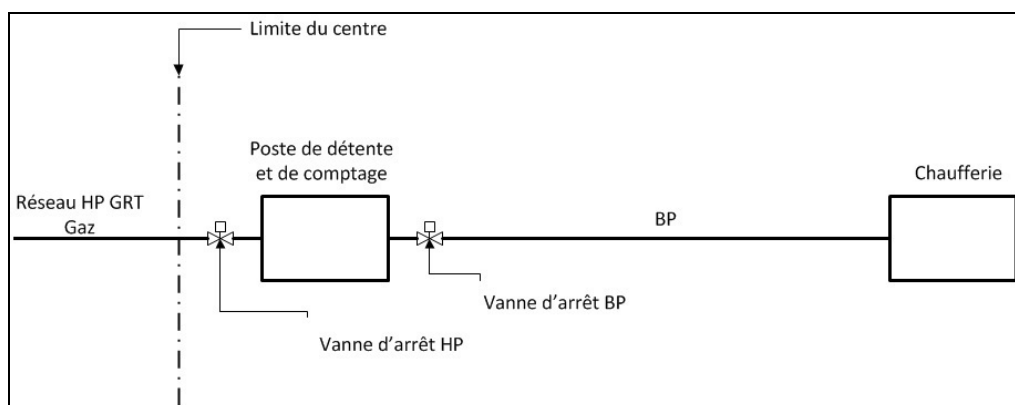


Figure 2 : Schéma de l'installation de GN



1.3.1 La partie HP de la ligne de GN dans le site

Les caractéristiques de la ligne acier enterrée sont les suivantes :

- Diamètre : 80 mm,
- Longueur dans le site : environ 45 m,
- Pression Maximale de Service (PMS) : 80 bar,
- Longueur à l'embranchement de la canalisation principale « Cabrières-Manosque » : 7 km environ.

La canalisation est raccordée à la canalisation principale « Cabrières-Manosque » de DN 750, dont le débit garanti est de l'ordre de 300 000 Nm³/h (59 kg/s).

1.3.2 Le poste de détente et de comptage

Le débit maximal du poste de détente et de comptage est estimé à 4000 Nm³/h.

1.3.3 La partie BP de la ligne de GN dans le site

Dès lors que la PMS est inférieure à 16 bars, il est permis de parler de BP. Les caractéristiques de la ligne acier enterrée sont les suivantes :

- Diamètre : 150 mm,
- Longueur : environ 430 m,
- Pression Maximale de Service (PMS) : 5 bar.

1.4 Implantation et éloignement des cibles de l'étude

Le tableau 1 suivant présente les distances les plus courtes entre la ligne de GN et les Installations Nucléaires de Base (INB) environnantes, les plus proches (cf. figure 1).

Cible	Distance la plus courte (m)
INB 55 LECA STAR	180
INB 156 CHICADE	290
INB 169 MAGENTA	165
INB 52 ATUE	265

Tableau 1 : Distances des Installations Nucléaires de Base environnantes à la ligne de gaz naturel du site



2 Hypothèses de l'étude

2.1 Scénarios retenus

2.1.1 Modèle des brèches 100% de la ligne enterrée

Pour la ligne enterrée, l'ensemble des modélisations retenues est de type « rupture guillotine ». Cette brèche correspond à une rupture 100% du DN de la canalisation. L'étude de ce type de brèche est à prendre en compte selon [R7] pour les lignes enterrées afin de considérer une potentielle agression mécanique ou une secousse sismique.

Afin de prendre en compte le ralentissement du jet et son effet dérivant du fait de la forme du cratère formé, il est retenu le modèle « Angled from horizontal impinged » avec une valeur de 45° dans le logiciel PHAST 6-7 de DNV, correspondant à un rejet au sein d'un cratère, d'une ligne enfouie à 0,8 m de profondeur.

2.1.2 Modèle appliqué pour les fuites de brides, les fuites de corrosion et les ruptures de piquages pour les parties aériennes

Pour le poste de détente HP / BP en bordure de clôture, selon [R7], les scénarios à prendre en compte sont :

- Les fuites de corrosion,
- Les fuites de brides,
- Les ruptures de piquages.

Les modélisations retenues pour ces 3 types de fuites, selon le modèle « Leak » de PHAST, avec une direction de rejet horizontale, sont les suivantes :

- Fuite de corrosion, orifice de diamètre équivalent de 5 mm [R8],
- Fuite de bride de la ligne DN 80 HP, orifice de diamètre équivalent de 9,4 mm,
- Rupture piquage, orifice de diamètre équivalent 15 mm.

Pour la ligne aérienne devant le bâtiment chaufferie, les scénarios à prendre en compte selon [R8] sont :

- Les fuites de corrosions,
- Les fuites de brides.

Les modélisations retenues pour ces 2 types de fuites, selon le modèle « Leak » de PHAST, avec une direction de rejet horizontale, sont les suivantes :

- Fuite de corrosion, orifice de diamètre équivalent de 5 mm [R8],
- Fuite de bride de la ligne DN 150 BP, orifice de diamètre équivalent de 3,9 mm.



Les diamètres des fuites équivalents aux brides sont les valeurs usuelles retenues pour les données de quantification relatives aux études de dangers concernant les ICPE, pour des brides simples entre deux boulons.

2.1.3 Points de rupture pour la ligne HP

La ligne HP de plusieurs kilomètres est alimentée par le réseau GRT Gaz. Aussi, le choix de rupture dans le site, qu'il soit pris en bord de clôture ou juste à la hauteur du poste de détente et de comptage HP/BP, n'a aucune incidence sur le terme source du débit à la brèche et les termes sources de l'explosion (masse de GN dans le nuage, LIE).

2.1.4 Points de rupture pour la ligne BP

La rupture 100% de la canalisation va engendrer deux flux de GN, venant de chaque côté de la brèche. Dans les premiers instants, il s'agit :

- de la vidange gazeuse de la canalisation sous pression côté chaufferie,
- d'une rupture alimentée par le poste de détente et de comptage (4000 Nm³/h).

Si la rupture est considérée tout au début de la canalisation, à 1 m du poste de détente et de comptage par exemple, le terme source du débit à la brèche, pour la double fuite des premiers instants, sera maximal pour les 430 m sous pression et extrêmement faible pour les quelques centimètres restants. Dans le régime établi, en revanche, la proximité immédiate du poste de détente va minimiser la perte de charge et le terme source final sera maximal.

Si la rupture est considérée au milieu de la canalisation, le terme source du débit à la brèche sera maximal aux premiers instants, car les deux tronçons de 215 m fuiront en même temps. La perte de charge des 215 m de ligne jusqu'au poste de détente va diminuer un peu le rejet alimenté en régime établi.

Entre une brèche au début de la ligne, en fin de ligne, ou encore au milieu, les termes sources de l'explosion (masse de GN dans le nuage, LIE), sont les plus pénalisants à mi-distance de la ligne, du fait du débit cumulé lors des premiers instants. Il est donc retenu comme scénario enveloppe de la canalisation, la rupture à mi-longueur de la canalisation BP.

Etant donné que la fuite en bout de ligne n'aura pas les mêmes effets que sur tout le trajet de la canalisation, en raison de la présence de la chaufferie, une modélisation de rupture à 1 m de la fin de la canalisation BP enterrée est aussi réalisée.

Au final, deux ruptures sont étudiées :

- Une rupture à mi-longueur (215 m), (brèche représentant la rupture enveloppe de la canalisation BP),
- Une rupture en bout de canalisation (430 m) devant la chaufferie.



2.1.5 Conditions particulières des modélisations de chaque rupture 100% des lignes HP et BP

S'agissant de brèches 100% de lignes de grande longueur par rapport à leur diamètre, il convient de réaliser 2 modélisations pour chaque rupture guillotine :

- la vidange des premières secondes (bouffée initiale),
- la fuite alimentée par la canalisation amont / le poste de détente.

La première modélisation va permettre de simuler la bouffée initiale de GN expulsée dans les premières secondes. La seconde modélisation déterminera le régime établi. En réalisant ces deux modélisations séparément, les termes sources de la bouffée initiale (masse explosive, LIE), sont généralement 10 fois supérieurs aux termes sources de la brèche alimentée.

2.1.6 Exclusions

La rupture 100% de la ligne aérienne de GN, au poste de détente HP/BP peut être exclue au motif que la longueur de canalisation aérienne est trop faible pour qu'une oscillation de type séisme puisse rompre la canalisation et que le poste de gaz est éloigné de toute voie de circulation.

Il en est de même pour la ligne aérienne située devant le bâtiment. En effet, la longueur de canalisation aérienne est trop faible pour qu'une oscillation de type séisme puisse rompre la canalisation et la ligne est éloignée des voies de communication, de plus elle est protégée par des obstacles (massifs bétons des fûts, poteaux en acier).

2.2 Indices de sévérité d'explosion pour la méthode multi-énergie

2.2.1 Rupture 100% de la ligne HP

En application du guide INERIS [R6] faisant référence aux recommandations du TNO, un indice de sévérité de 3 est retenu (cas d'une fuite en champ libre, selon le TNO – paragraphe 5-4-3 de [R6]).

2.2.2 Fuites et rupture de piquage au poste HP/BP

Pour chaque brèche, les éléments retenus pour l'utilisation de la matrice de KINSELLA sont :

- ignition de la poche de gaz par une énergie faible (un point chaud, une étincelle, mais pas une explosion primaire, ni une onde de choc),
- zone faiblement encombrée par la toiture métallique légère de l'auvent de protection du poste,



- zone non confinée (un mur et un sol¹).

En application de [R6], un indice de sévérité de 4 est donc retenu pour les explosions au poste de détente.

2.2.3 Rupture 100% de la ligne BP

En application du guide INERIS [R6] faisant référence aux recommandations du TNO, un indice de sévérité de 3 est retenu (cas d'une fuite en champ libre, selon le TNO – paragraphe 5-4-3 de [R6]).

2.2.4 Rupture 100% de la ligne enterrée et fuite devant la chaufferie

Pour les fuites et la rupture guillotine de la canalisation enterrée devant le bâtiment de la chaufferie et les fuites de la partie aérienne, les éléments retenus pour l'utilisation de la matrice de KINSELLA sont :

- ignition de la poche de gaz par une énergie faible (un point chaud, une étincelle, mais pas une explosion primaire, ni une onde de choc),
- zone faiblement encombrée par la seule cheminée de la chaufferie et un petit auvent au-dessus de la ligne aérienne,
- zone non confinée (un mur et un sol¹).

En application de [R6], un indice de sévérité de 4 est donc retenu pour les explosions devant la chaufferie du centre du CEA Cadarache.

2.3 Seuils d'effets étudiés

L'intensité des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence exprimées sous forme d'effets de surpression et d'effets thermiques.

Les valeurs de référence utilisées sont celles figurant à l'annexe II de l'arrêté du 29 septembre 2005 [R4], soit respectivement 20, 50, 140, 200 et 300 mbar pour les surpressions et 5, 8, 16, 20 et 200 kW/m² pour les flux thermiques.

Les résultats sont présentés en termes de distance d'effet, il s'agit de la distance, à partir du lieu de l'évènement, pour laquelle le seuil est atteint.

¹ En application de la méthode de détermination des coefficients de confinement et d'encombrement, selon Baker [R9].



3 Modèles de calculs des phénomènes dangereux

3.1 Explosion avec dérive (UVCE)

Dès lors qu'un gaz inflammable va générer un panache inflammable pouvant dériver vers le site, il est envisagé un scénario d'UVCE en application de la circulaire du 10 mai 2010 [R5]. La démarche de modélisation repose sur 3 étapes :

1. Une modélisation de la dérive avec le logiciel PHAST, selon les caractéristiques détaillées dans le paragraphe 3.3,
2. Le calcul de l'énergie de l'explosion du nuage dérivant,
3. L'estimation des zones de dangers (ou distance d'effets) selon la méthode multi-énergie.

Avec le logiciel PHAST, la modélisation de la brèche et de la dérive du panache permet d'obtenir :

- la distance entre la brèche et le centre de l'explosion, considéré à mi-longueur de la distance maximale établie pour la LIE du produit,
- la masse explosible dans le nuage, calculée pour une limite basse égale à la LIE, sans limite de LSE.

L'énergie de l'explosion du nuage est calculée en multipliant la masse d'hydrocarbure dans le nuage établie précédemment, avec l'enthalpie de combustion du produit tiré de la base DIPPR de PHAST 6-7.

Les abaques de la multi énergie permettent d'établir enfin les distances d'effet à considérer au départ de la canalisation de gaz, à partir :

- de la distance entre la voie et le centre d'explosion (établie par PHAST),
- de l'énergie d'explosion du gaz naturel assimilé au méthane, établie en multipliant la masse d'hydrocarbure calculée par PHAST 6.7 par l'enthalpie de combustion nette du méthane soit 50,02 MJ/kg [Base DIPPR L12+],
- de l'indice de sévérité d'explosion, tel qu'explicité au paragraphe 2.2.

3.2 Jets enflammés

Les jets enflammés sont établis selon le modèle de SHELL, par PHAST 6-7, aux valeurs des seuils réglementaires d'une exposition aux effets thermiques supérieure ou égale à 2 minutes minimum, conformément à [R5]. Les distances d'effet du flux thermique sont comptées à partir de la canalisation.



3.3 Dérives des panaches avec le logiciel PHAST

3.3.1 Conditions météorologiques retenues dans PHAST

Pour chacun des scénarios, les conditions météorologiques retenues sont les suivantes :

- 2 F – 15°C, hygrométrie 70 %,
- 3 F - 15°C, hygrométrie 70 %,
- 5 D – 20°C, hygrométrie 70 %.

Les conditions météorologiques 5D et 3F (échelle de Pasquill) sont retenues conformément aux préconisations de la circulaire du 10 mai 2010 [R5]. La condition 5D (condition neutre et vitesse du vent de 5 m/s) permet de représenter une situation courante. La condition 3F (condition très stable et vitesse de vent de 3 m/s) permet une évaluation dans des conditions atmosphériques défavorables.

Dans un souci de représentativité du site et de cohérence, à ces conditions a été ajoutée la condition 2F (condition très stable et vitesse de vent de 2 m/s), condition proche de DF2 (diffusion faible et vent de 2 m/s selon l'échelle de Doury), utilisée par le CEA Cadarache pour les modélisations de dispersion atmosphérique de substances radioactives et toxiques.

Remarque : la condition DN5 (diffusion neutre et vent de 5 m/s selon l'échelle de Doury) également utilisée dans les modèles de dispersion atmosphérique du CEA, est proche de la condition D5 déjà retenue.

Pour chaque condition de dispersion, les valeurs de température et d'hygrométrie sont retenues en application de la circulaire du 10 mai 2010 [R5] (paragraphe D3 de la fiche UVCE).

3.3.2 Rugosité pour les modélisations PHAST

Dans le cadre des fuites de GN et des calculs d'UVCE, les distances jusqu'à l'atteinte de la ½ LIE (méthode pour caractériser le centre d'explosion selon [R5]) sont en général toujours inférieures à 100 m. L'influence de la rugosité de dispersion n'est donc pas très importante. Etant donné la faible taille des zones inflammables par rapport à la végétation de feuillus aux abords de la canalisation enterrée, il est retenu une rugosité maximale de 1 m pour les modélisations.



4 Résultats déterministes

4.1 Sélection des résultats enveloppes

Pour les brèches 100% des canalisations, les distances d'effet les plus contraignantes entre les modélisations de type « bouffée » et les modélisations de fuites alimentées, sont retenues comme enveloppe pour l'examen déterministe. Seuls ces résultats sont présentés dans les paragraphes qui suivent, l'ensemble des résultats étant donné en annexe 1.

Pour les fuites et les ruptures de piquage des lignes aériennes, les distances d'effet les plus contraignantes sont retenues comme enveloppe pour l'examen déterministe. Seuls ces résultats sont présentés dans les paragraphes qui suivent, l'ensemble des résultats étant donné en annexe 1.

4.1.1 Brèche 100% de la ligne enterrée HP

Le scénario enveloppe de la surpression consécutive d'un UVCE est la brèche à la hauteur du poste de détente et de comptage HP / BP sans considérer une alimentation amont (bouffée de dépressurisation).

Le scénario enveloppe du jet enflammé est la brèche à la hauteur du poste de détente et de comptage avec alimentation amont par la canalisation « Cabrières-Manosque ».

4.1.2 Brèches au poste de détente HP/BP

Le scénario enveloppe de la surpression consécutive d'un UVCE et du jet enflammé est la rupture du piquage DN.

4.1.3 Brèche 100% de la ligne enterrée BP

Le scénario enveloppe de la surpression consécutive d'un UVCE est la brèche à mi-longueur de la canalisation sans considérer une alimentation amont (bouffée de dépressurisation).

Le scénario enveloppe du jet enflammé est la brèche à mi-longueur avec alimentation amont par le poste de détente et de comptage HP/BP.

4.1.4 Brèches de la ligne aérienne devant la chaufferie

Le scénario enveloppe de la surpression consécutive d'un UVCE et du jet enflammé est la fuite de corrosion.



4.2 Distances d'effet pour la canalisation HP

4.2.1 Surpressions

Le tableau 2 présente pour une rupture 100 % de la ligne HP, les distances d'effet des surpressions pour un indice de sévérité 3. Les seuils de surpressions de 140, 200 mbar et 300 mbar ne sont pas atteints.

Seuil	Distances d'effet (m)		
	Condition 2F	Condition 3F	Condition 5D
20 mbar	42	39	33,5
50 mbar	18,5	17	14

	Condition 2F	Condition 3F	Condition 5D
Masse de GN dans le nuage (kg)	13,5	10,9	7,2

Tableau 2 : Distances d'effet de surpression pour la ligne HP obtenues pour différents seuils de surpression et pour les conditions de dispersion étudiées 2F, 3F et 5D – Masses de GN explosifs associées

Les distances d'effet maximales sont établies pour le scénario d'UVCE consécutif de la bouffée des premières secondes.

4.2.2 Jets enflammés

Le tableau 3 présente pour une rupture de la ligne HP, les distances d'effet du flux thermique.

Le seuil de 200 kW/m² n'est pas atteint.

Seuil	Distances d'effet à partir de la canalisation (m)		
	Condition 2F	Condition 3F	Condition 5D
5 kW/m ²	31	30	30
8 kW/m ²	24	25	27
16 kW/m ²	NA	13	19
20 kW/m ²	NA	NA	16

NA : Non Atteint

Tableau 3 : Distances d'effet du flux thermique pour la ligne HP pour les jets enflammés et pour les conditions de dispersion étudiées 2F, 3F et 5D

4.3 Distances d'effet pour la ligne aérienne au poste HP / BP



4.3.1 Surpressions

Le tableau 4 présente pour le scénario le plus pénalisant entre la fuite de bride, la fuite de corrosion et la rupture du piquage, les distances d'effet des surpressions pour un indice de sévérité 4. Les seuils de surpression de 140, 200 et 300 mbar ne sont pas atteints.

Seuil	Distances d'effet (m)		
	Condition 2F	Condition 3F	Condition 5D
20 mbar	25	24	21,5
50 mbar	15	14	12

	Condition 2F	Condition 3F	Condition 5D
Masse de GN dans le nuage (kg)	0,38	0,34	0,25

Tableau 4 : Distances d'effet de surpression pour la ligne aérienne du poste de détente et de comptage HP/BP obtenues pour différents seuils de surpression et pour les conditions de dispersion étudiées 2F, 3F et 5D – Masses de GN explosifs associées

Les distances d'effet maximales sont établies pour la rupture du piquage de DN15.

4.3.2 Jets enflammés

Le tableau 5 présente pour les scénarios les plus pénalisants entre la fuite de bride, de corrosion et la rupture du piquage, les distances d'effet du flux thermique.

Le seuil de 200 kW/m² n'est pas atteint.

Seuil	Distances d'effet (m)		
	Condition 2F	Condition 3F	Condition 5D
5 kW/m ²	25	25,5	26
8 kW/m ²	23	23	24
16 kW/m ²	20	20	21
20 kW/m ²	18	19	19

Tableau 5 : Distances d'effet du flux thermique autour de la canalisation aérienne du poste de détente et de comptage HP / BP pour les jets enflammés et pour les conditions de dispersion étudiées 2F, 3F et 5D

Les distances d'effet maximales sont établies pour la rupture du piquage de DN15.



4.4 Distances d'effet pour la canalisation BP enterrée entre le poste de détente et la chaufferie

4.4.1 Surpressions

Le tableau 6 présente pour une rupture de la ligne BP, les distances d'effet de surpression pour l'indice de sévérité 3. Les seuils de surpression de 140, 200 et 300 mbar ne sont pas atteints.

Seuil	Distances d'effet (m)		
	Condition 2F	Condition 3F	Condition 5D
20 mbar	33,5	30,5	29
50 mbar	15	13,5	12,5

	Condition 2F	Condition 3F	Condition 5D
Masse de GN dans le nuage (kg)	6,07	4,83	4,57

Tableau 6 : Distances d'effet de surpression pour la ligne enterrée BP obtenues pour différents seuils de surpression et pour les conditions de dispersion étudiées 2F, 3F et 5D – Masses de GN explosifs associées

Les distances d'effet maximales sont établies pour le scénario d'UVCE consécutif de la bouffée des premières secondes.

4.4.2 Jets enflammés

Le tableau 7 présente pour une rupture de la ligne BP, entre le poste de détente et de comptage et la chaufferie, les distances d'effet du flux thermique du jet enflammé, pour la brèche alimentée afin d'avoir un flux supérieur à 2 minutes. Le seuil de 200 kW/m² n'est pas atteint.



Seuil	Distances d'effet (m)		
	Condition 2F	Condition 3F	Condition 5D
5 kW/m ²	28	28	27
8 kW/m ²	21	22	23
16 kW/m ²	5	7	14
20 kW/m ²	NA	4	9

NA : Non Atteint

Tableau 7 : Distances d'effet du flux thermique autour de la canalisation enterrée BP pour les jets et pour les conditions de dispersion étudiées 2F, 3F et 5D

4.5 Distances d'effet pour la canalisation BP enterrée devant la chaufferie

Le tableau 8 présente pour une rupture de la ligne BP, les distances d'effet de surpression, devant la façade du bâtiment chaufferie, pour un indice de sévérité 4. Les seuils de surpressions de 140, 200 mbar et 300 mbar ne sont pas atteints.

Seuil	Distances d'effet (m)		
	Condition 2F	Condition 3F	Condition 5D
20 mbar	43	39	32,5
50 mbar	22,5	20,5	16,5

	Condition 2F	Condition 3F	Condition 5D
Masse de GN dans le nuage (kg)	2,97	2,23	1,29

Tableau 8 : Distances d'effet de surpression pour la ligne enterrée BP devant la chaufferie obtenues pour différents seuils de surpression et pour les conditions de dispersion étudiées 2F, 3F et 5D – Masses de GN explosifs associées

Les distances d'effet maximales sont établies pour le scénario d'UVCE consécutif de la bouffée des premières secondes.

4.5.1 Jets enflammés

Le tableau 9 présente pour une rupture de la ligne enterrée BP, au niveau de la chaufferie, les distances d'effet du flux thermique pour la brèche alimentée afin d'avoir un flux supérieur à 2 minutes. Le seuil de 200 kW/m² n'est pas atteint.



Seuil	Distances d'effet (m)		
	Condition 2F	Condition 3F	Condition 5D
5 kW/m ²	27	27	26
8 kW/m ²	21	22	23
16 kW/m ²	6	7	15
20 kW/m ²	NA	4	9

NA : Non Atteint

Tableau 9 : Distances d'effet du flux thermique autour de la canalisation enterrée BP devant la chaufferie pour les jets enflammés et pour les conditions de dispersion étudiées 2F, 3F et 5D

4.6 Distances d'effet pour les fuites de la ligne aérienne devant la chaufferie

4.6.1 Surpressions

Le tableau 10 présente pour les scénarios les plus pénalisants entre la fuite de bride et la fuite de corrosion de la ligne aérienne devant la chaufferie, les distances d'effet de surpressions pour un indice de sévérité 4. Les seuils de surpressions de 140, 200 et 300 mbar ne sont pas atteints.

Seuil	Distances d'effet (m)		
	Condition 2F	Condition 3F	Condition 5D
20 mbar	2	2	NA
50 mbar	1,2	1,2	NA

	Condition 2F	Condition 3F	Condition 5D
Masse de GN dans le nuage (kg)	0,0002	0,0002	ND

NA : Non Atteint

ND : Non Déterminé (masse trop faible)

Tableau 10 : Distances d'effet de surpression pour la ligne aérienne devant la chaufferie obtenues pour différents seuils de surpression et pour les conditions de dispersion étudiées 2F, 3F et 5D – Masses de GN explosifs associées

Les distances d'effet maximales sont établies pour le scénario de fuite de corrosion.

4.6.2 Jets enflammés



Les flux thermiques des fuites de la canalisation de GN devant la chaufferie sont trop faibles pour générer le flux de 5 kW/m² des premiers effets sur le bâti (le flux minimal de 3 kW/m² des effets sur l'homme n'est également pas atteint). Il n'y a pas de zones de dangers liées aux flux thermiques pour la canalisation devant la chaufferie.

4.7 Synthèse

Les modélisations ont systématiquement montré que le scénario le plus pénalisant est l'explosion de la bouffée suivant les premières secondes de vidange gazeuse de la canalisation.

Le tableau 11 donne les distances d'effet maximales obtenues pour chaque seuil de surpression atteint, pour les explosions résultant :

- de la rupture 100% de la ligne HP devant le poste de détente HP/BP,
- de la rupture d'un piquage de DN15 au poste HP/BP,
- des deux cas de rupture étudiés (mi-longueur et en bout de ligne devant le bâtiment chaufferie) de la ligne BP (ligne la plus proche des INB),
- de la fuite la plus pénalisante de la ligne aérienne devant la chaufferie.

Les seuils de surpression de 140 et 200 mbar ne sont pas atteints.

La cartographie des isobares des seuils de surpressions est représentée en annexe 2.

	Ligne enterrée HP et explosion en champ libre	Poste de détente HP/BP	Ligne enterrée BP et explosion en champ libre	Ligne enterrée BP devant la chaufferie	Ligne aérienne devant la chaufferie
Seuil	Distances d'effet (m) (*)				
20 mbar	42	25	33,5	43	2
50 mbar	18,5	15	15	22,5	1,2

Tableau 11 : Valeurs maximales des distances d'effet des surpressions d'UVCE des lignes HP et BP enterrées, du poste de détente HP/BP et la ligne aérienne devant la chaufferie

(*) Ces valeurs maximales sont obtenues pour la condition 2F.

Le tableau 12 donne les distances d'effet maximales obtenues pour chaque seuil thermique atteint, pour les jets enflammés résultant :

- de la rupture 100% de la ligne HP devant le poste de détente HP/BP,
- de la rupture d'un piquage de DN15 au poste HP/BP,
- des deux cas de rupture étudiés (mi-longueur et en bout de ligne devant le bâtiment chaufferie) de la ligne BP (ligne la plus proche des INB),
- de la fuite la plus pénalisante de la ligne aérienne devant la chaufferie,

Le seuil de 200 kW/m² n'est jamais atteint.



	Ligne enterrée HP	Poste de détente HP/BP	Ligne enterrée BP	Ligne enterrée BP devant la chaufferie	Ligne aérienne devant la chaufferie
Seuil	Distances d'effet (m) (*)				
5 kW/m ²	30 (31)	26	27 (28)	26 (27)	NA
8 kW/m ²	27	24	23	23	NA
16 kW/m ²	19	21	14	15	NA
20 kW/m ²	16	19	9	9	NA

NA : Non Atteint

Tableau 12 : Valeurs maximales des distances d'effet du flux thermique des jets enflammés des lignes HP et BP enterrées, du poste de détente HP/BP et la ligne aérienne devant la chaufferie

(*) Ces valeurs maximales sont obtenues dans la quasi-totalité des cas pour la condition 5D, entre parenthèses : valeurs maximales obtenues pour la condition 2F.

On remarque que les distances d'effet les plus élevées pour les seuils de 5 kW/m² (premiers seuils d'effets sur des installations [R4]) et 50 mbar, sont obtenues pour les effets thermiques par rapport aux effets de surpression.

Ces résultats montrent que la distance d'effet maximale est de 43 m pour le premier seuil de surpression étudié (20 mbar) pour l'explosion devant la chaufferie, et que la distance d'effet maximale est de 31 m pour la ligne HP et de 23 m pour la ligne BP devant la chaufferie pour le seuil de 5 kW/m², l'INB la plus proche de la canalisation de GN (INB 169 MAGENTA) étant située à 165 m, elle est hors de portée des distances de sécurité maximales obtenues. Aucune INB du Centre n'est donc impactée par un sinistre pouvant concerner la canalisation de gaz alimentant la chaufferie.

Compte tenu des résultats déterministes obtenus, aucun calcul probabiliste des effets d'une explosion et des effets du flux thermique n'est à réaliser pour les INB.

Remarque : La chaufferie serait concernée par les effets de surpression de 50 mbar et les effets thermiques de 20 kW/m² pour le scénario concernant la ligne enterrée BP devant la chaufferie.



5 Conclusion

La présente étude a traité les modélisations :

- de « rupture guillotine » de la canalisation HP et BP de GN du Centre en :
 - simulant un rejet provenant du fond d'un cratère,
 - simulant des dérives de nuage inflammable, pour des bouffées et pour les fuites alimentées,
- des fuites de brides, de corrosion, des ruptures d'un piquage au poste de détente HP/BP du Centre,
- des fuites de bride et de corrosion de la ligne aérienne devant le bâtiment chaufferie,

en prenant en compte les conditions de dispersions réglementaires et propres au site.

Les modélisations d'explosion des panaches, établies selon la méthode multi-énergie, ont permis d'estimer les distances d'effet de surpression autour de la canalisation et devant le bâtiment chaufferie. Les modélisations de jets enflammés selon la méthode de SHELL ont permis d'estimer les distances d'effet de flux thermiques.

Que ce soit pour le flux thermique de 5 kW/m² ou pour une surpression au seuil de 20 mbar, valeurs de référence des premiers seuils d'effet thermique et de surpression fixées dans [R4], l'INB la plus proche de la canalisation de GN (INB 169 MAGENTA), est hors de portée des distances d'effet maximales obtenues. Aucune INB du Centre n'est donc impactée par un sinistre pouvant concerner la canalisation de gaz alimentant la chaufferie.



REFERENCES

[R1] - Présentation Générale de la Sûreté de l'Établissement (PGSE) du Centre CEA de Cadarache, édition 2013 (dont chapitre « Utilisation de l'espace » indice B et chapitre « Climatologie » indice B).

[R2] - Note « Alimentation en gaz naturel de la chaufferie centrale du CEA Cadarache » jointe à la lettre CEA Cadarache 95/982 DIR/CSN/JCS du 15 septembre 1995.

[R3] - Note « Étude de sécurité concernant l'alimentation en gaz de la chaufferie centrale du CEA Cadarache, CEA/ST/GFV, CAST SEC/GAZ ETS.001 0 du 31 juillet 1995 » jointe à la lettre CEA/CSN 96/403 DIR/CSN/JCS du 30 mai 1996.

[R4] - Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

[R5] – Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 – Fiche n°3 relative aux UVCE.

[R6] – Guide des méthodes d'évaluation des effets d'une explosion de gaz à l'air libre – Rapport final – INERIS – Juillet 1999.

[R7] - Guide méthodologique pour la réalisation d'une étude de dangers concernant une canalisation de transport (hydrocarbures liquides ou liquéfiés, gaz combustibles et produits chimiques) – INERIS - Rapport n°2008/01- Révision 2012 version du 21.09.2012.

[R8] - DRA INERIS 46036 – DRA034 Opération j – Intégration de la dimension probabiliste dans l'analyse de risques – Partie 2 : Données quantifiées – Rapport d'étude N°46036 – 27.03.2006.

[R9] – Estimating the flammable mass of a vapor cloud – John L. Woodward – AICHE – CCPS -1998 – ISBN 0-8169-0778-1.



ANNEXE

Annexe 1 : Fichier des calculs de modélisations Gaz

Annexe 2 : Cartographie



Annexe 1 : Fichier des calculs de modélisations Gaz

Annexe 1 : Fichier des calculs de modélisations Gaz

Annexe 1 : Fichier des calculs de modélisations Gaz.....	1
1 Modélisations pour le réseau de GN	3
1.1 Scénarios pour la ligne HP	3
1.1.1 Scénario G1 : Rupture guillotine de canalisation HP – pump inflow = 0 (Calcul de la bouffé initiale consécutive de la dépressurisation)	3
1.1.2 Scénario G2 : Rupture guillotine de canalisation HP – pump inflow = 59 kg/s (Modélisation de la fuite alimentée)	6
1.1.3 Synthèse des résultats des scénarios G1 et G2 pour la canalisation HP avant le poste HP/BP	11
1.2 Scénarios pour le poste de détente HP / BP	12
1.2.1 Scénario G3 : Fuite de corrosion de la canalisation aérienne du poste HP/BP	12
1.2.2 Scénario G4 : Fuite de bride de la canalisation aérienne du poste HP/BP	19
1.2.3 Scénario G5 : Rupture de piquage de la canalisation aérienne du poste HP/BP	26
1.3 Scénarios pour la ligne BP	33
1.3.1 Scénario G6 : Rupture guillotine 215 m de canalisation BP – pump inflow = 0 (Calcul de la bouffé initiale consécutive de la dépressurisation)	33
1.3.2 Scénario G7 : Rupture guillotine 215 m de canalisation BP – pump inflow = 0,800 kg/s (4000 Nm ³ /h) (Modélisation avec fuite alimentée)	36
1.3.3 Synthèse des résultats des scénarios G6 et G7 pour la canalisation BP à 215 m du poste HP/BP	41
1.3.4 Scénario G8 : Rupture guillotine 430 m de canalisation BP – Pump inflow = 0 (Calcul de la bouffé initiale consécutive de la dépressurisation)	42
1.3.5 Scénario G9 : Rupture guillotine 430 m de canalisation BP – Pump inflow = 0,8 kg/s (4000 Nm ³ /h) (Rupture alimentée)	45
1.3.6 Synthèse des résultats des scénarios G8 et G9 pour la canalisation BP à 430 m du poste HP/BP	49
1.4 Scénarios pour la ligne aérienne BP	51
1.4.1 Scénario G10 : Fuite de corrosion de la canalisation aérienne devant la chaufferie.....	51
1.4.2 Scénario G11 : Fuite de bride de la canalisation aérienne devant la chaufferie.....	56

Cette annexe présente l'ensemble des modélisations et leurs résultats réalisés pour l'étude des risques liés à la canalisation de méthane alimentant le Centre de Cadarache. Comme indiqué au paragraphe 3 de la présente note, pour chaque situation étudiée, il est retenu en termes de distances d'effets, les résultats de la modélisation conduisant aux valeurs enveloppes.

Pour les modélisations, le gaz naturel est assimilé au méthane 100 % de la base DIPPR L12+ de PHAST 6.7.

Les distances sont données à partir de la canalisation. Lorsque les distances aux seuils ne sont pas atteintes, la mention NA est indiquée.

1 Modélisations pour le réseau de GN

1.1 Scénarios pour la ligne HP

1.1.1 Scénario G1 : Rupture guillotine de canalisation HP – pump inflow = 0 (Calcul de la bouffé initiale consécutive de la dépressurisation)

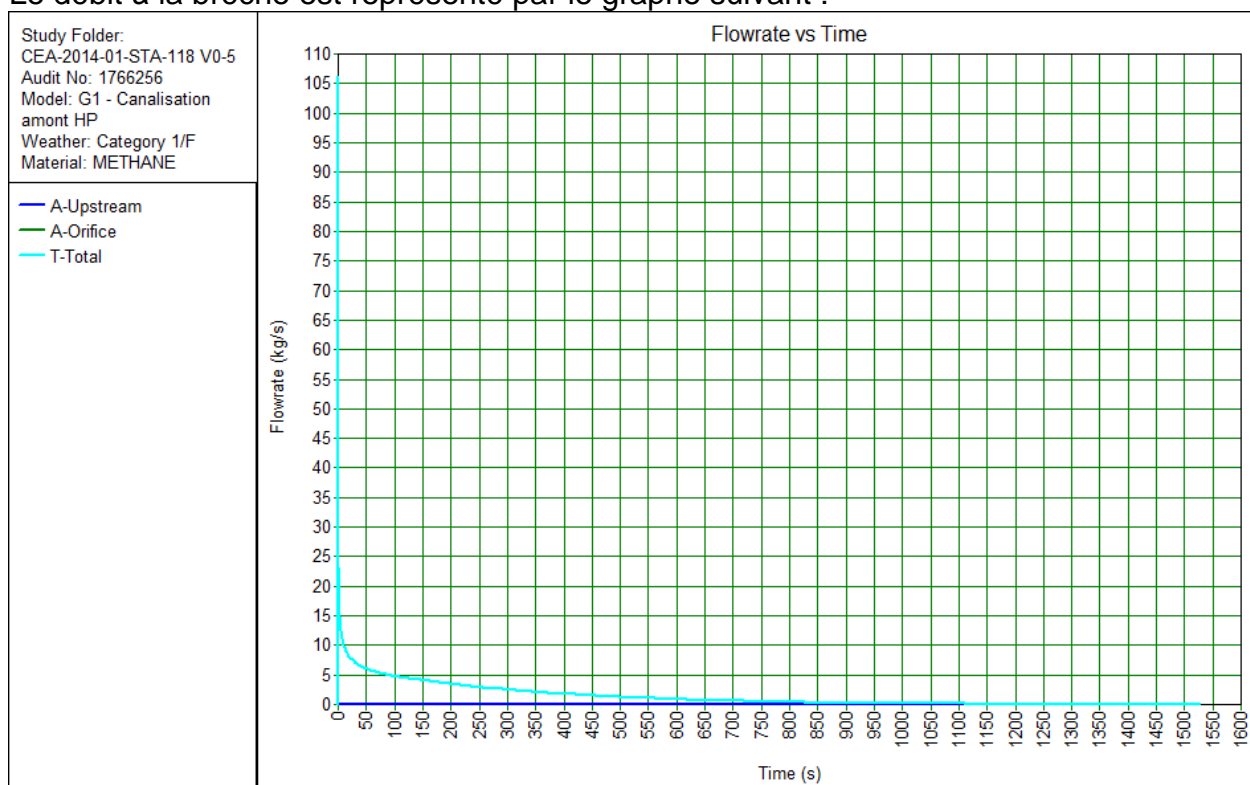
1.1.1.1 Termes sources

Les données d'entrée du scénario sont :

- Diamètre : 80 mm,
- Brèche 100 %,
- Brèche à 7 km,
- Pression : 80 bar,
- Angle de rejet : Angled horizontal impinging (45°),
- Modèle : Longpipeline,
- Inflow = 0,
- Hauteur du rejet : 0 m.

1.1.1.2 Caractéristiques du nuage explosif et zones d'explosions

Le débit à la brèche est représenté par le graphe suivant :



1.1.1.2.1 Condition 2F

La LIE est de : 18,0 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 13,5 kg.

1.1.1.2.2 Condition 3F

La LIE est de : 16,0 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 10,9 kg.

1.1.1.2.3 Condition 5D

La LIE est de : 13,6 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 7,2 kg.

1.1.1.3 Distances de sécurité

1.1.1.3.1 Surpressions

1.1.1.3.1.1 Condition 2F

Masse méthane : 13,5 kg

Energie d'explosion : $13,5 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 675 \text{ MJ}$

Indice de sévérité 3

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	9	42
50 mbar	9	18,5
140 mbar	9	NA
200 mbar	9	NA

1.1.1.3.1.2 Condition 3F

Masse méthane : 10,9 kg

Energie d'explosion : $10,9 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 545 \text{ MJ}$

Indice de sévérité 3

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	8	39
50 mbar	8	17
140 mbar	8	NA
200 mbar	8	NA

1.1.1.3.1.3 Condition 5D

Masse méthane : 7,2 kg

Energie d'explosion : 7,2 kg x 50 MJ/kg = 360 MJ

Indice de sévérité 3

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	6,5	33,5
50 mbar	6,5	14
140 mbar	6,5	NA
200 mbar	6,5	NA

1.1.1.4 Jets enflammés

Les jets enflammés pour la fuite de la bouffée initiale de dépressurisation ne sont pas présentés ils car correspondent à des phénomènes de moins de 2 minutes qui ne peuvent pas être exprimés avec les seuils en kW/m² programmables dans PHAST.

1.1.2 Scénario G2 : Rupture guillotine de canalisation HP – pump inflow = 59 kg/s (Modélisation de la fuite alimentée)

1.1.2.1 Termes sources

Les données d'entrée du scénario sont :

- Diamètre : 80 mm,
- Brèche 100 %,
- Brèche à 2 km,
- Pression : 80 bar,
- Angle de rejet : Angled horizontal impinging (45°),
- Modèle : Line rupture à 7 km,
- Hauteur du rejet : 0 m.

Le modèle line rupture est retenu car forcer le modèle long pipe-line avec le débit de la canalisation amont est impossible du fait de la perte de charge.

1.1.2.2 Caractéristiques du nuage explosif et zones d'explosions

Le débit à la brèche est de 2,93 kg/s.

1.1.2.2.1 Condition 2F

La LIE est de : 10,1 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 1,4 kg.

1.1.2.2.2 Condition 3F

La LIE est de : 8,9 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 1,6 kg.

1.1.2.2.3 Condition 5D

La LIE est de : 7,1 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 0,9 kg.

1.1.2.3 Distances de sécurité

1.1.2.3.1 Surpressions

1.1.2.3.1.1 Condition 2F

Masse méthane : 1,4 kg

Energie d'explosion : $1,4 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 70 \text{ MJ}$

Indice de sévérité 3

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	5	20,5
50 mbar	5	9,5
140 mbar	5	NA
200 mbar	5	NA

1.1.2.3.1.2 Condition 3F

Masse méthane : 1,6 kg

Energie d'explosion : $1,6 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 80 \text{ MJ}$

Indice de sévérité 3

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	4,5	21
50 mbar	4,5	9
140 mbar	4,5	NA
200 mbar	4,5	NA

1.1.2.3.1.3 Condition 5D

Masse méthane : 0,9 kg

Energie d'explosion : $3,5 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 45 \text{ MJ}$

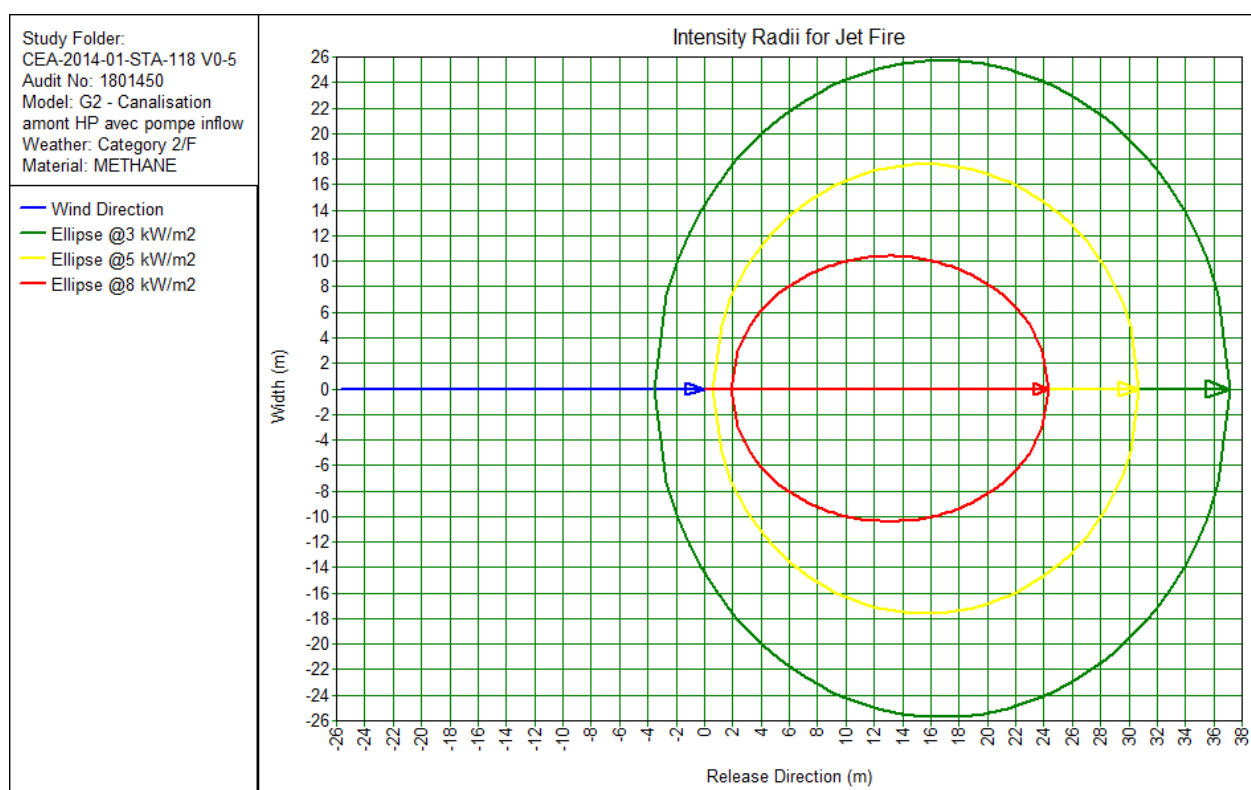
Indice de sévérité 3

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	3,5	17
50 mbar	3,5	7,5
140 mbar	3,5	NA
200 mbar	3,5	NA

1.1.2.4 Jets enflammés

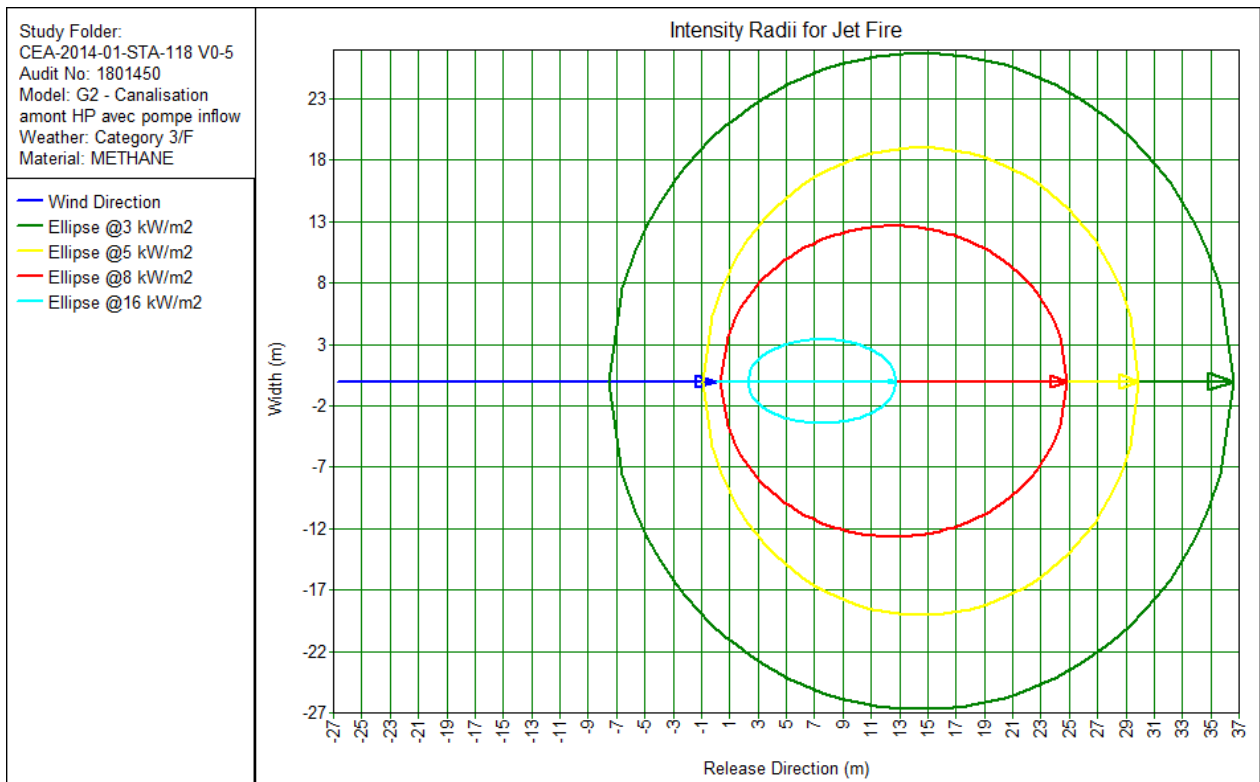
Les zones de dangers du flux thermique du jet enflammé sont à considérer sur 2 minutes minimum, le temps de fuite intégré dans les modélisations de la fuite alimentée est suffisant pour établir les zones de dangers associées.

1.1.2.4.1 Condition 2F



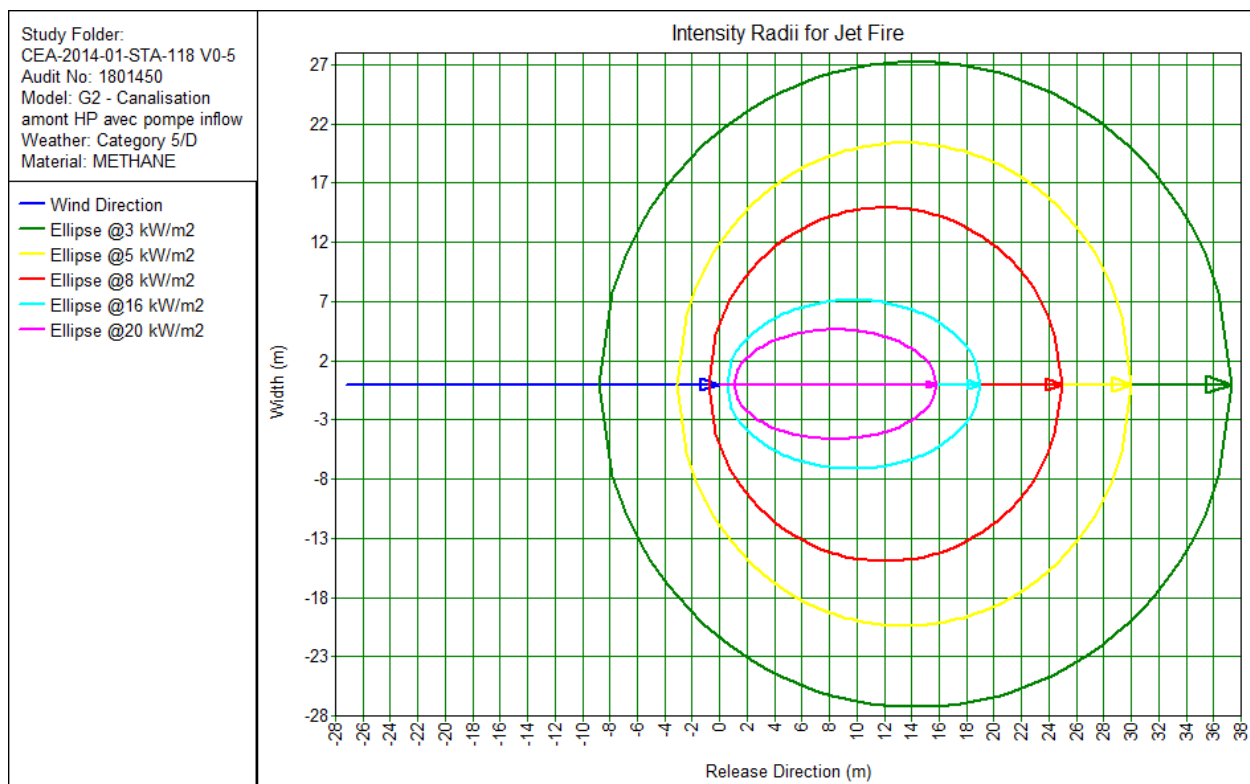
Seuil	Distance de sécurité (m)
5 kW/m ²	31
8 kW/m ²	24
16 kW/m ²	NA
20 kW/m ²	NA

1.1.2.4.2 Condition 3F



Seuil	Distance de sécurité (m)
5 kW/m ²	30
8 kW/m ²	25
16 kW/m ²	13
20 kW/m ²	NA

1.1.2.4.3 Condition 5D



Seuil	Distance de sécurité (m)
5 kW/m ²	30
8 kW/m ²	27
16 kW/m ²	19
20 kW/m ²	16

1.1.3 Synthèse des résultats des scénarios G1 et G2 pour la canalisation HP avant le poste HP/BP

Les distances pour les surpressions d'UVCE sont comparées entre l'UVCE consécutif de la bouffée initiale de dépressurisation et l'UVCE de la fuite alimentée. Les zones de dangers enveloppe seront retenues pour le scénario de la rupture de la ligne HP.

1.1.3.1 Surpressions

Bouffée consécutive de la dépressurisation :

Seuil	Distance de sécurité (m)		
	2F	3F	5D
20 mbar	42	39	33,5
50 mbar	18,5	17	14
140 mbar	NA	NA	NA
200 mbar	NA	NA	NA

Fuite alimentée :

Seuil	Distance de sécurité (m)		
	2F	3F	5D
20 mbar	20,5	21	17
50 mbar	9,5	9	7,5
140 mbar	NA	NA	NA
200 mbar	NA	NA	NA

Les conditions les plus pénalisantes pour le scénario de la rupture de la ligne HP devant le poste de détente et de comptage sont obtenues pour la modélisation avec bouffée et la condition 2F.

1.1.3.2 Flux thermique des jets enflammés

Seuil	Distance de sécurité (m)		
	2F	3F	5D
5 kW/m ²	31	30	30
8 kW/m ²	24	25	27
16 kW/m ²	NA	13	19
20 kW/m ²	NA	NA	16

1.2 Scénarios pour le poste de détente HP / BP

1.2.1 Scénario G3 : Fuite de corrosion de la canalisation aérienne du poste HP/BP

1.2.1.1 Termes sources

Les données d'entrée du scénario sont :

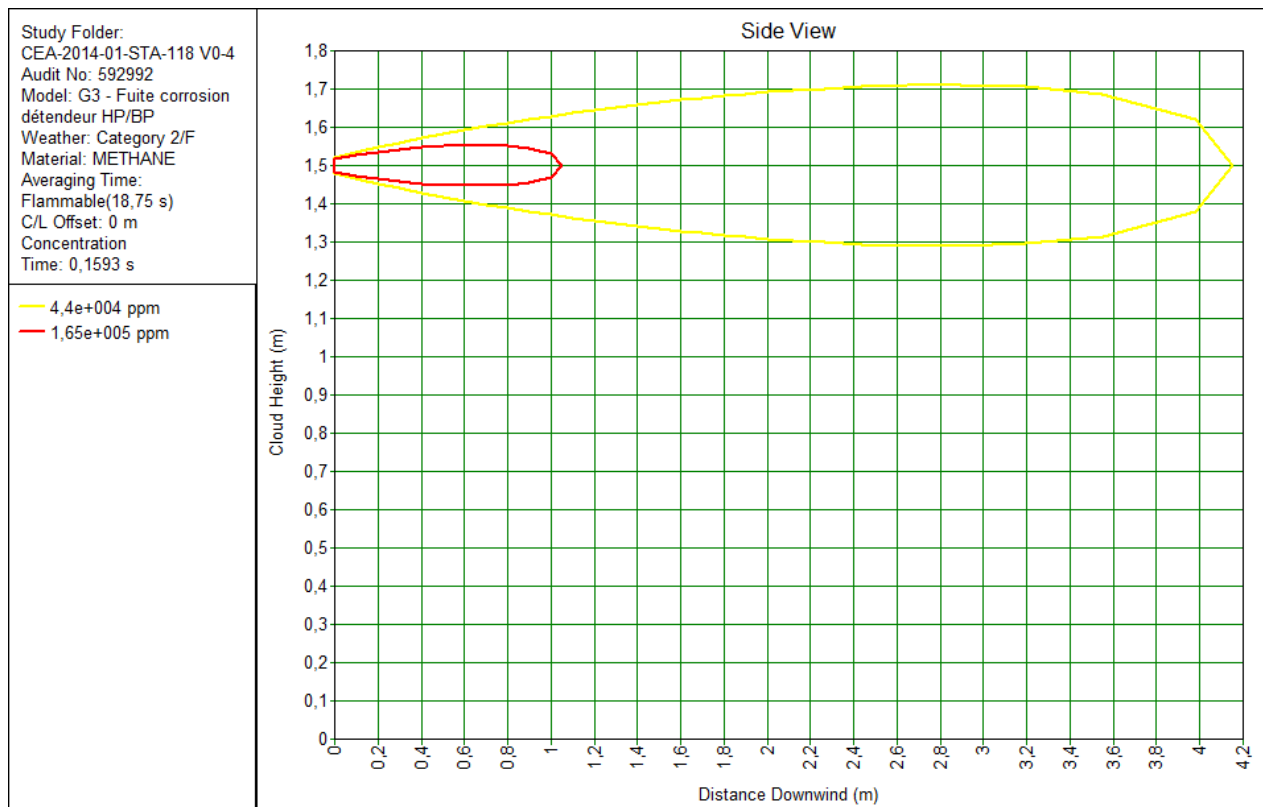
- Diamètre : 5 mm,
- Angle de rejet : Horizontal,
- Modèle : Leak,
- Pression : 80 bar,
- Hauteur du rejet : 1,5 m.

1.2.1.2 Calculs de la fuite

Le débit à la brèche est de 0,260 kg/s.

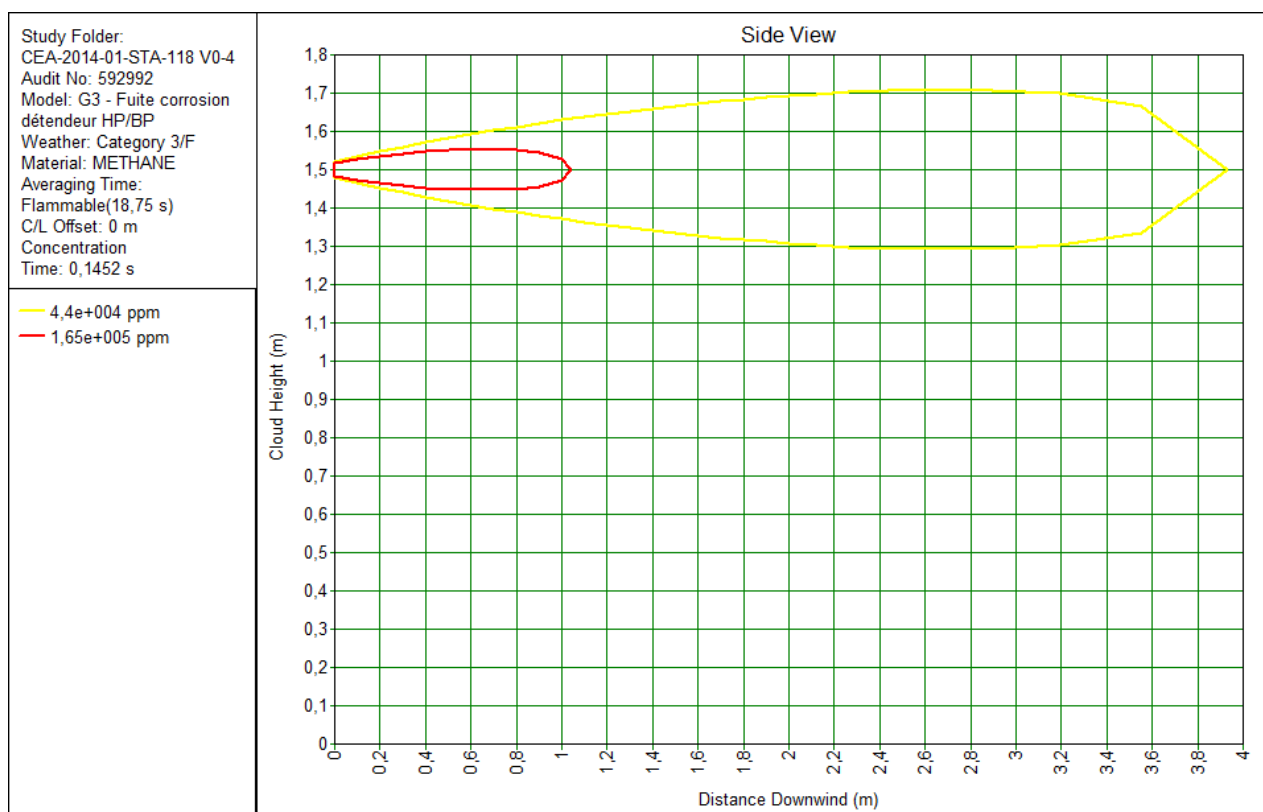
1.2.1.3 Caractéristiques du nuage explosif et zones d'explosions

1.2.1.3.1 Condition 2F



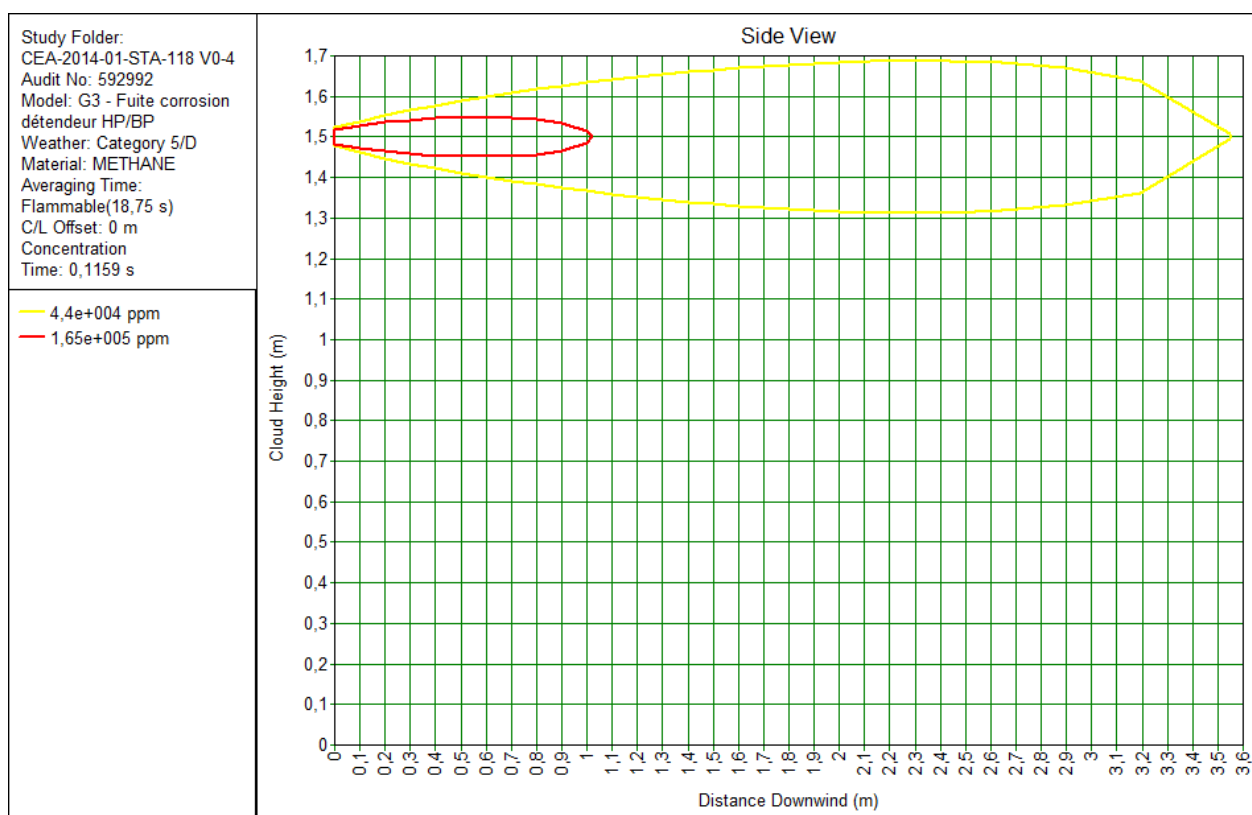
La LIE est de : 4,15 m.La masse maximale explosible du nuage est de : 0,015 kg.

1.2.1.3.2 Condition 3F



La LIE est de : 3,92 m.La masse maximale explosible du nuage est de : 0,013 kg.

1.2.1.3.3 Condition 5D



La LIE est de : 3,55 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 0,010 kg.

1.2.1.4 Distances de sécurité

1.2.1.4.1 Surpressions

1.2.1.4.1.1 Condition 2F

Masse méthane : 0,015 kg

Energie d'explosion : $0,015 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 0,75 \text{ MJ}$

Indice de sévérité 4

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	2	8,5
50 mbar	2	5
140 mbar	2	NA
200 mbar	2	NA

1.2.1.4.1.2 Condition 3F

Masse méthane : 0,013 kg

Energie d'explosion : $0,013 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 0,65 \text{ MJ}$

Indice de sévérité 4

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	2	8
50 mbar	2	5
140 mbar	2	NA
200 mbar	2	NA

1.2.1.4.1.3 Condition 5D

Masse méthane : 0,01 kg

Energie d'explosion : $0,01 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 0,5 \text{ MJ}$

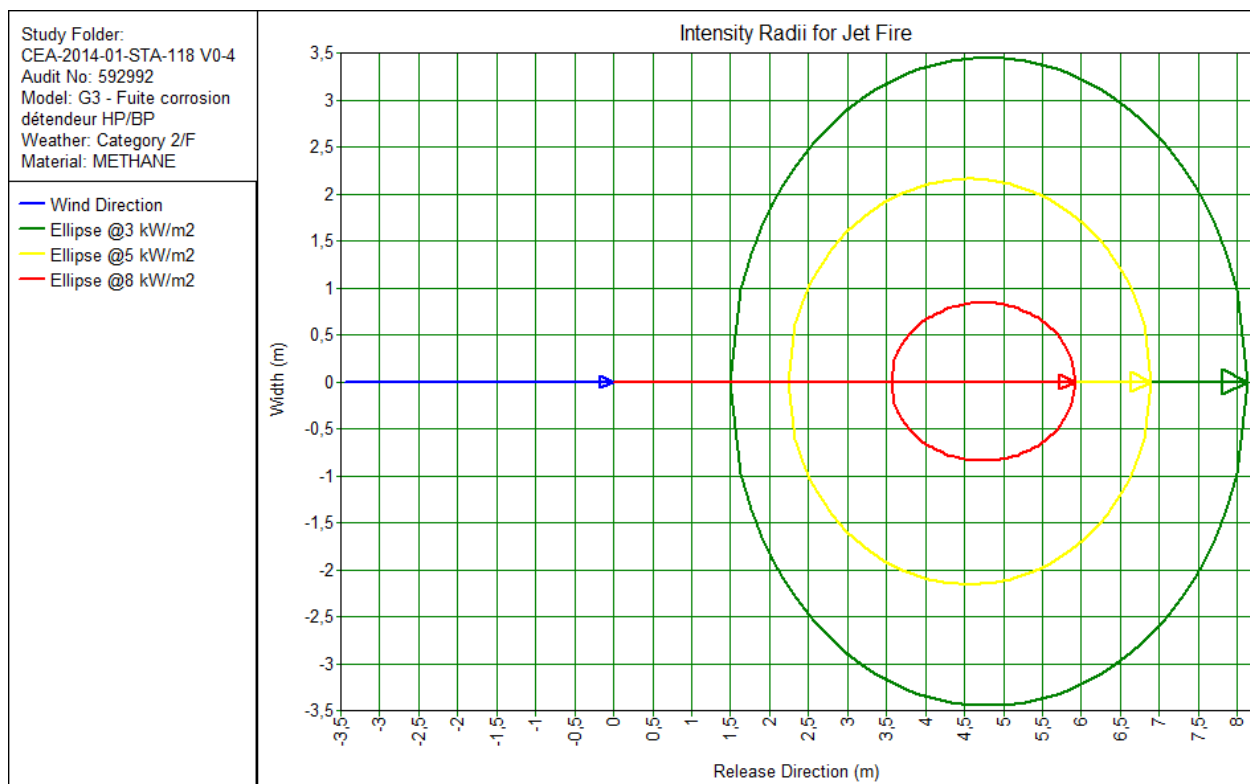
Indice de sévérité 4

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	1,5	7
50 mbar	1,5	4
140 mbar	1,5	NA
200 mbar	1,5	NA

1.2.1.5 Jets enflammés

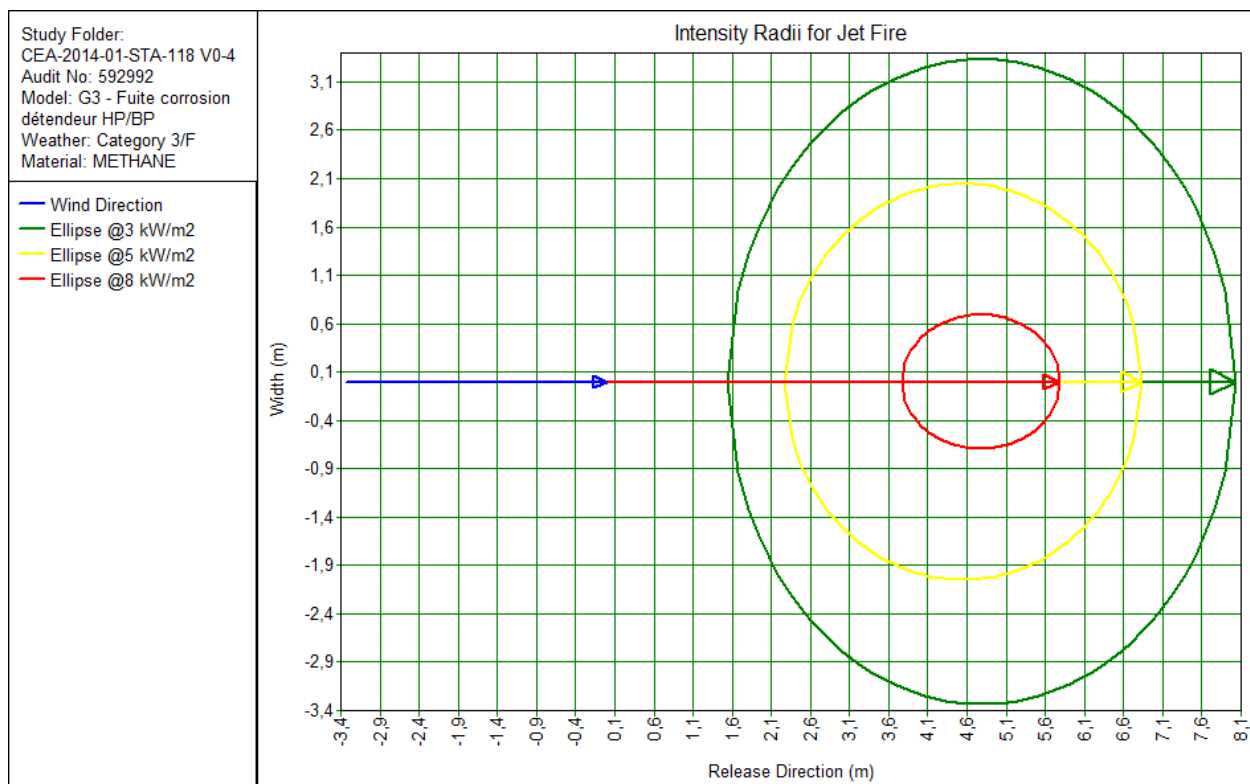
Les zones de dangers du flux thermique du jet enflammé sont à considérer sur 2 minutes minimum, le temps de fuite intégré dans les modélisations de la fuite alimentée est suffisant pour établir les zones de dangers associées.

1.2.1.5.1 Condition 2F



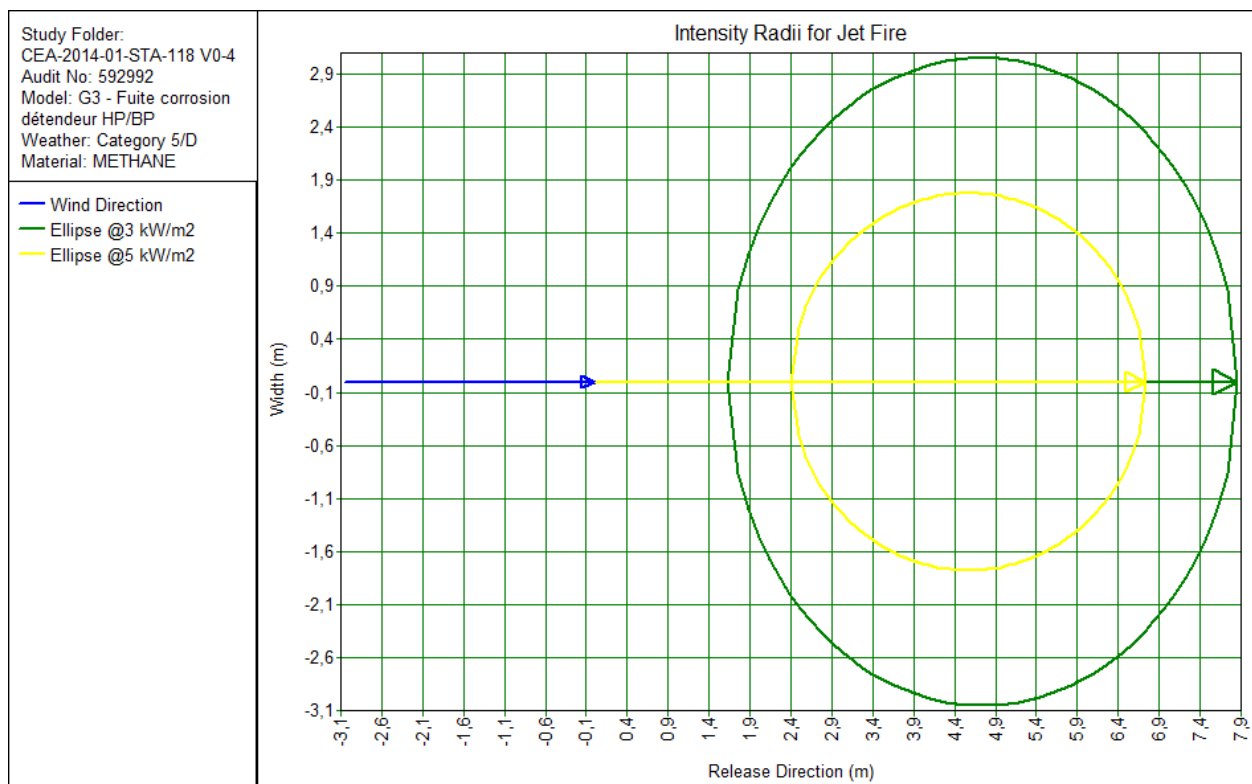
Seuil	Distance de sécurité (m)
5 kW/m ²	7
8 kW/m ²	6
16 kW/m ²	NA
20 kW/m ²	NA

1.2.1.5.2 Condition 3F



Seuil	Distance de sécurité (m)
5 kW/m ²	7
8 kW/m ²	5,5
16 kW/m ²	NA
20 kW/m ²	NA

1.2.1.5.3 Condition 5D



Seuil	Distance de sécurité (m)
5 kW/m ²	7
8 kW/m ²	NA
16 kW/m ²	NA
20 kW/m ²	NA

1.2.2 Scénario G4 : Fuite de bride de la canalisation aérienne du poste HP/BP

1.2.2.1 Termes sources

Les données d'entrée du scénario sont :

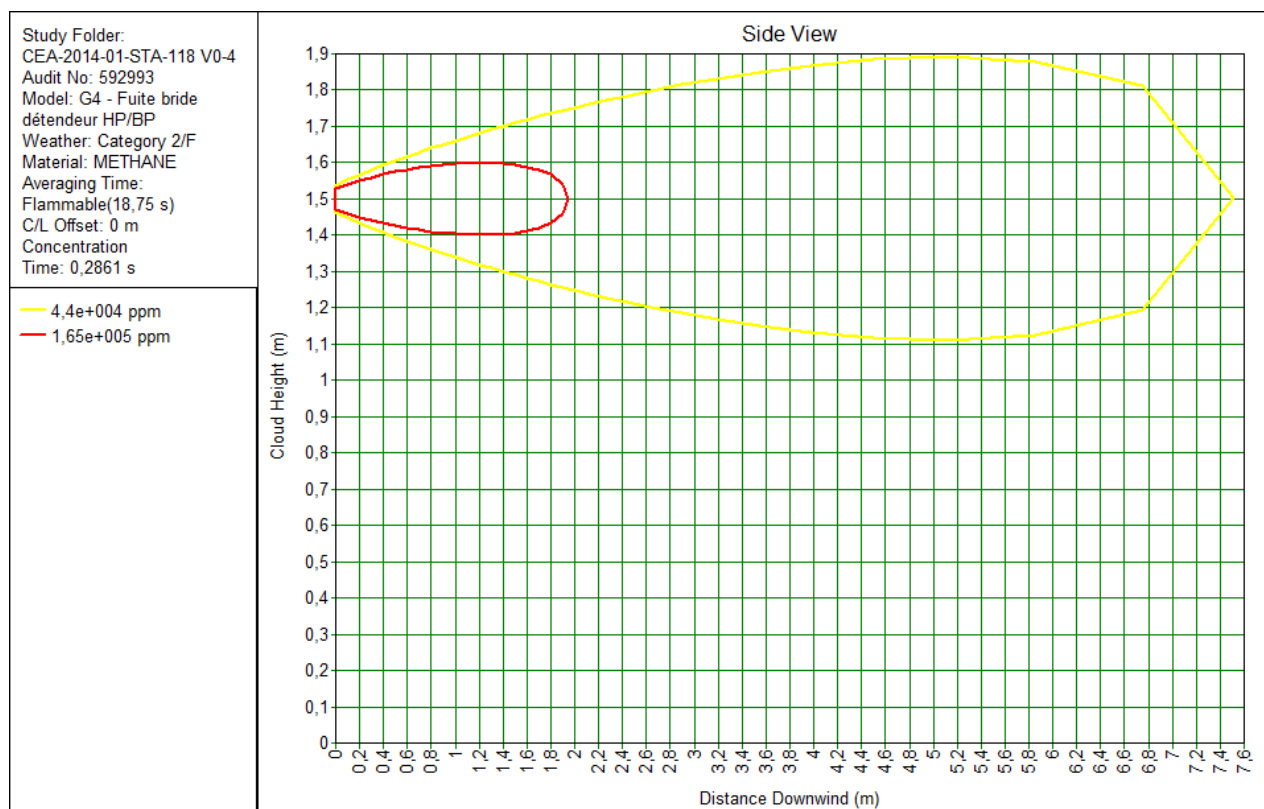
- Diamètre : 9,4 mm (Fuite HP = 100% de la section entre deux boulons est ouverte),
- Angle de rejet : Horizontal,
- Modèle : Leak,
- Pression : 80 bar,
- Hauteur du rejet : 1,5 m.

1.2.2.2 Calculs de la fuite

Le débit à la brèche est de 0,901 kg/s.

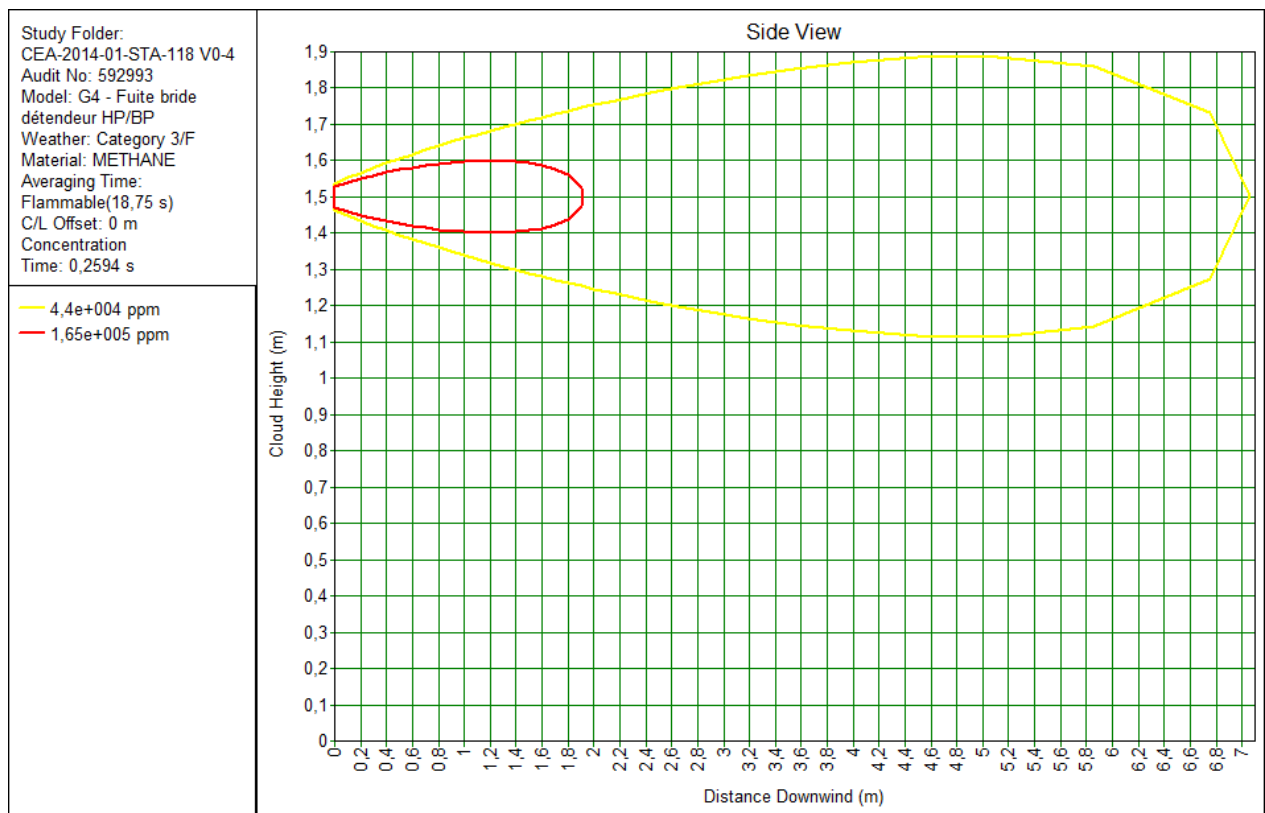
1.2.2.3 Caractéristiques du nuage explosif et zones d'explosions

1.2.2.3.1 Condition 2F



La LIE est de : 7,51 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 0,092 kg.

1.2.2.3.2 Condition 3F



La LIE est de : 7,06 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 0,085 kg.

1.2.2.3.3 Condition 5D



La LIE est de : 6,26 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 0,064 kg.

1.2.2.4 Distances de sécurité

1.2.2.4.1 Surpressions

1.2.2.4.1.1 Condition 2F

Masse méthane : 0,092 kg

Energie d'explosion : $0,092 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 4,6 \text{ MJ}$

Indice de sévérité 4

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	3,5	15,5
50 mbar	3,5	9
140 mbar	3,5	NA
200 mbar	3,5	NA

1.2.2.4.1.2 Condition 3F

Masse méthane : 0,085 kg

Energie d'explosion : $0,085 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 4,25 \text{ MJ}$

Indice de sévérité 4

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	3,5	15
50 mbar	3,5	9
140 mbar	3,5	NA
200 mbar	3,5	NA

1.2.2.4.1.3 Condition 5D

Masse méthane : 0,064 kg

Energie d'explosion : 0,064 kg x 50 MJ/kg = 3,2 MJ

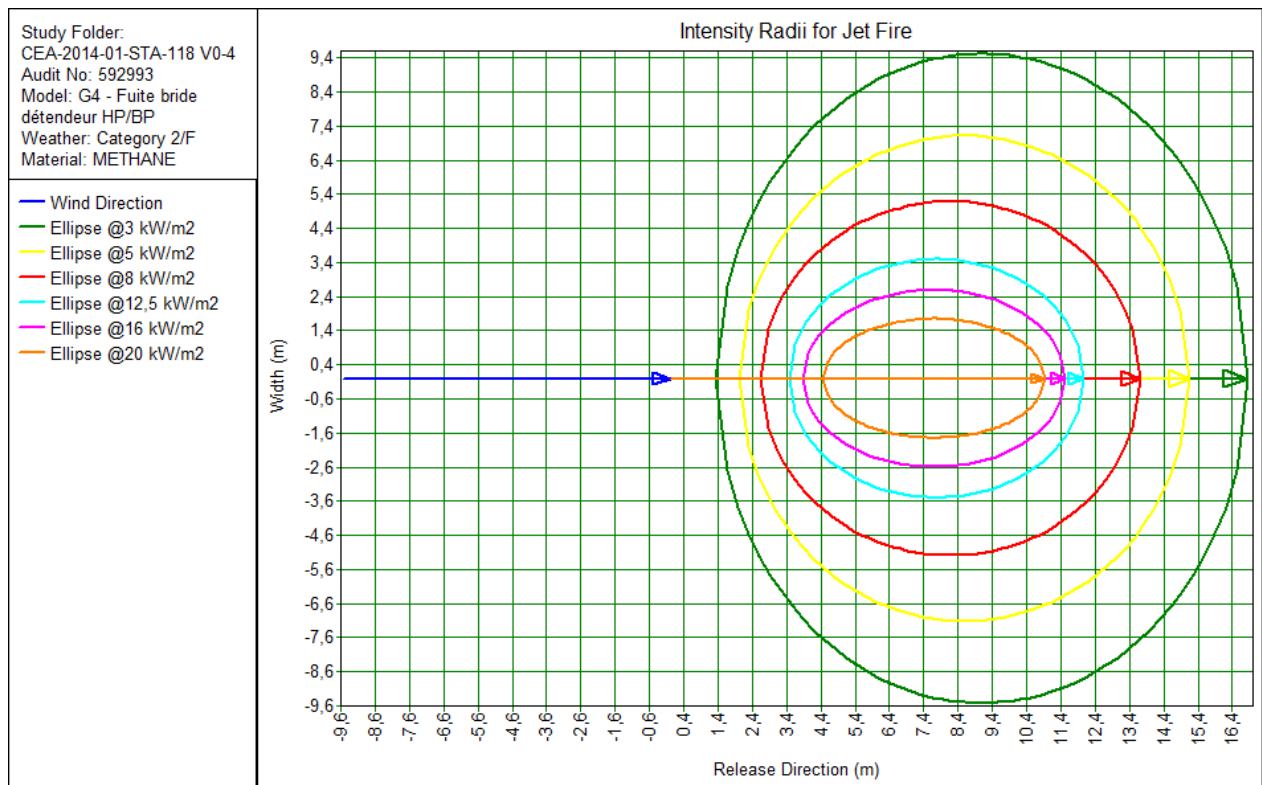
Indice de sévérité 4

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	3	13,5
50 mbar	3	8
140 mbar	3	NA
200 mbar	3	NA

1.2.2.5 Jets enflammés

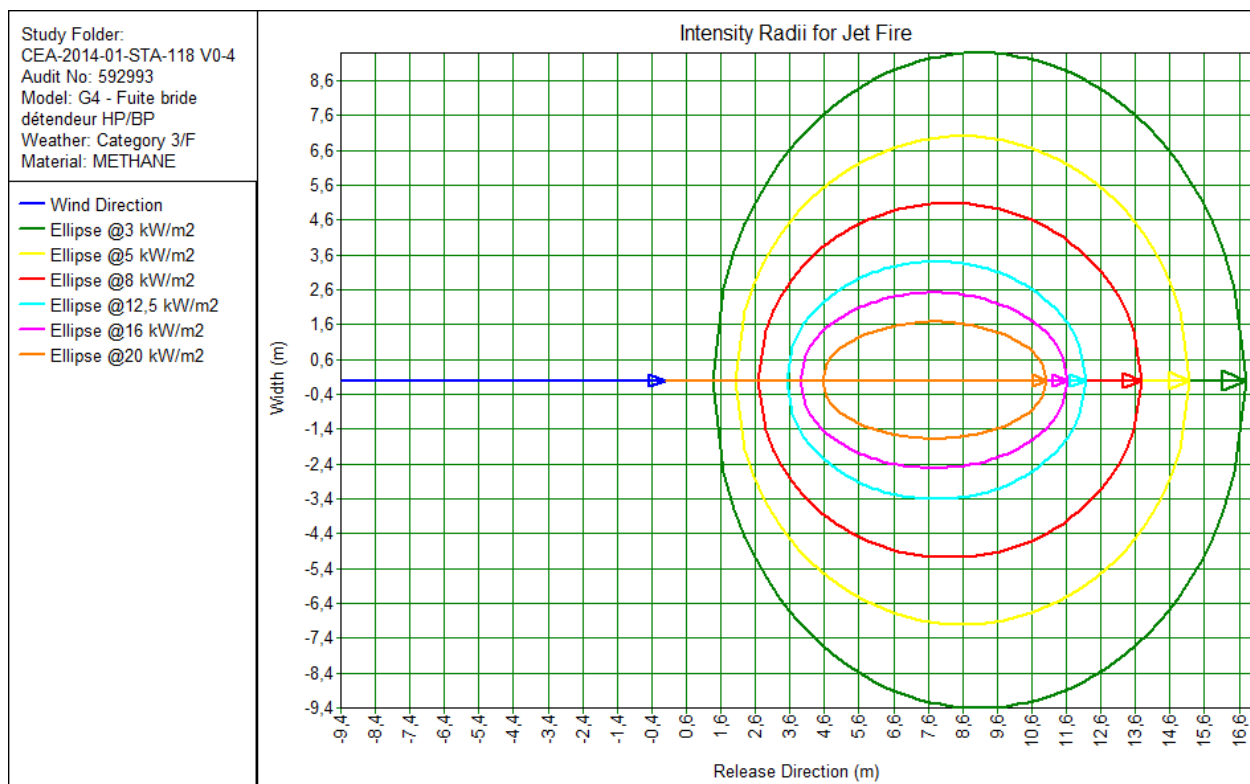
Les zones de dangers du flux thermique du jet enflammé sont à considérer sur 2 minutes minimum, le temps de fuite intégré dans les modélisations de la fuite alimentée est suffisant pour établir les zones de dangers associées.

1.2.2.5.1 Condition 2F



Seuil	Distance de sécurité (m)
5 kW/m ²	15,5
8 kW/m ²	13,5
16 kW/m ²	11,5
20 kW/m ²	11

1.2.2.5.2 Condition 3F

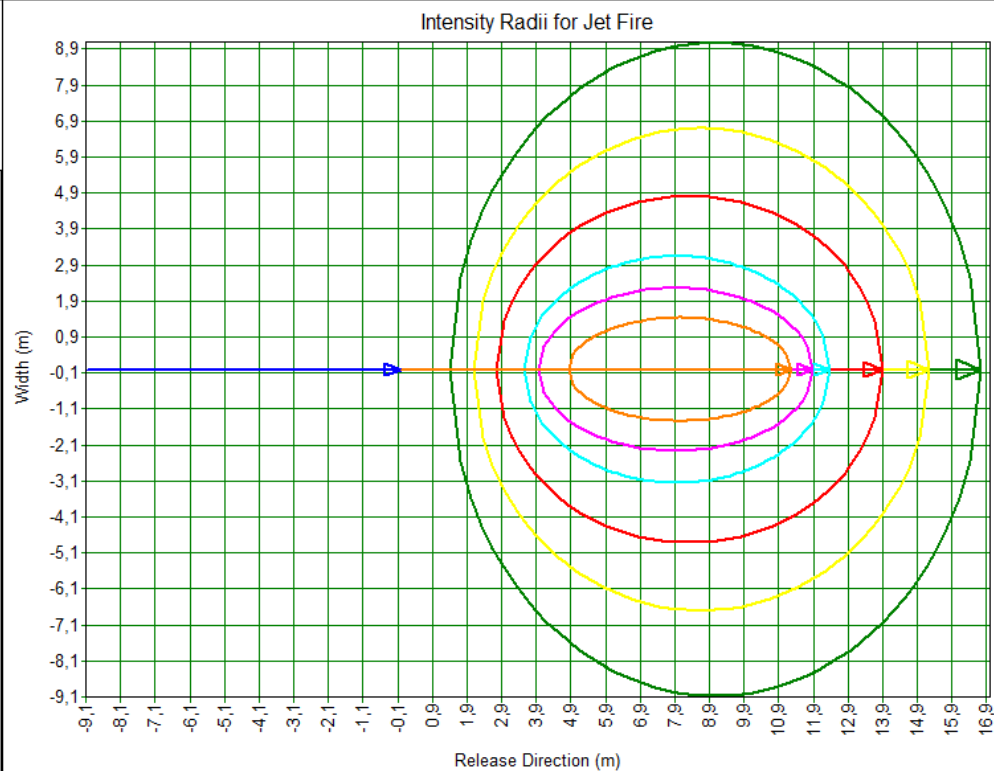


Seuil	Distance de sécurité (m)
5 kW/m ²	15
8 kW/m ²	13,5
16 kW/m ²	11,5
20 kW/m ²	11

1.2.2.5.3 Condition 5D

Study Folder:
CEA-2014-01-STA-118 V0-4
Audit No: 592993
Model: G4 - Fuite bride
détendeur HP/BP
Weather: Category 5/D
Material: METHANE

— Wind Direction
— Ellipse @3 kW/m²
— Ellipse @5 kW/m²
— Ellipse @8 kW/m²
— Ellipse @12,5 kW/m²
— Ellipse @16 kW/m²
— Ellipse @20 kW/m²



Seuil	Distance de sécurité (m)
5 kW/m ²	15
8 kW/m ²	14
16 kW/m ²	12
20 kW/m ²	11,5

1.2.3 Scénario G5 : Rupture de piquage de la canalisation aérienne du poste HP/BP

1.2.3.1 Termes sources

Les données d'entrée du scénario sont :

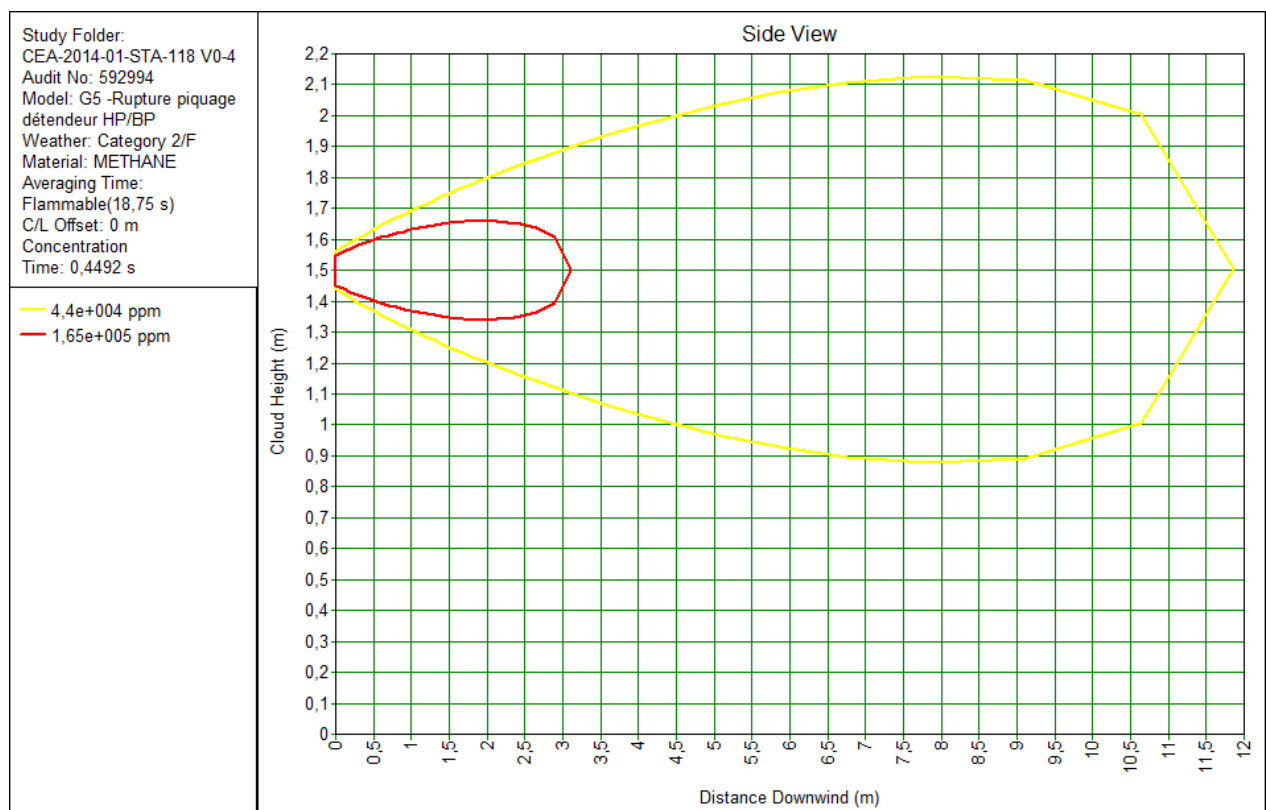
- Diamètre : 15 mm,
- Angle de rejet : Horizontal,
- Modèle : Leak,
- Pression : 80 bar,
- Hauteur du rejet : 1,5 m.

1.2.3.2 Calculs de la fuite

Le débit à la brèche est de 2,345 kg/s.

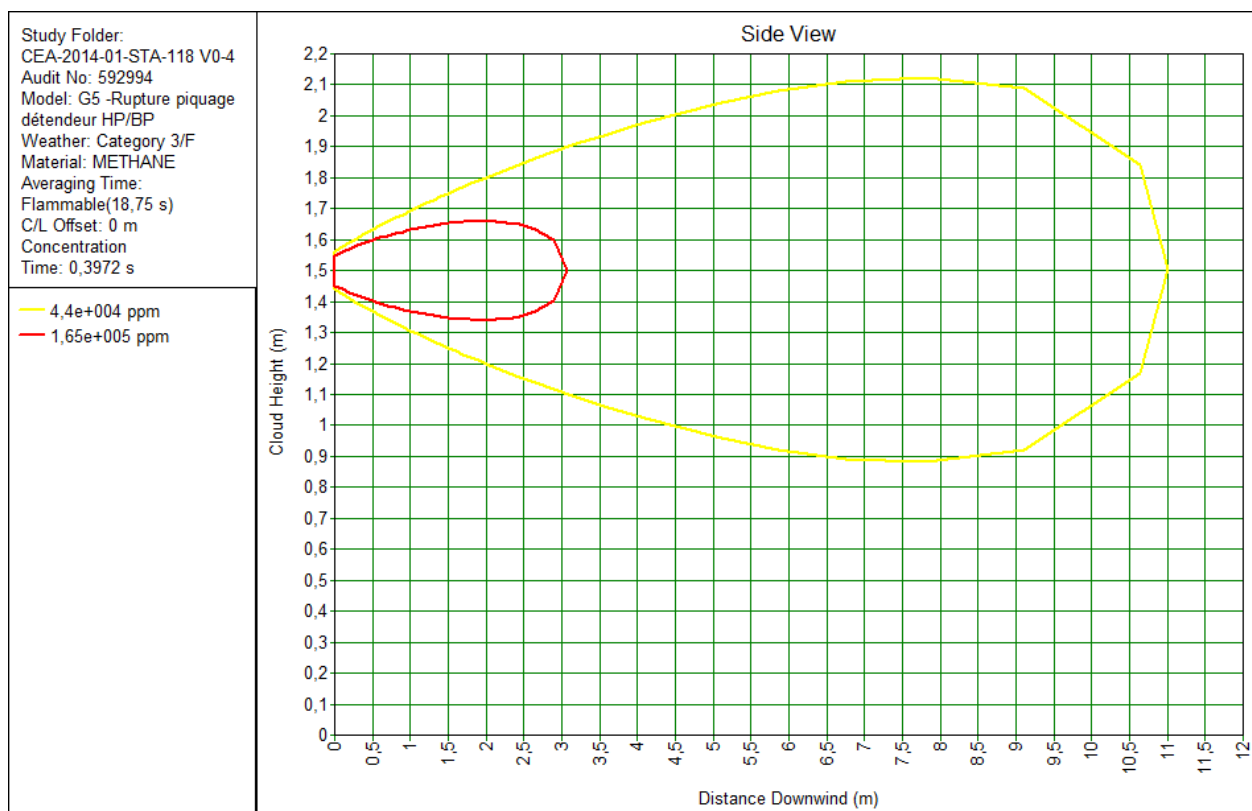
1.2.3.3 Caractéristiques du nuage explosif et zones d'explosions

1.2.3.3.1 Condition 2F



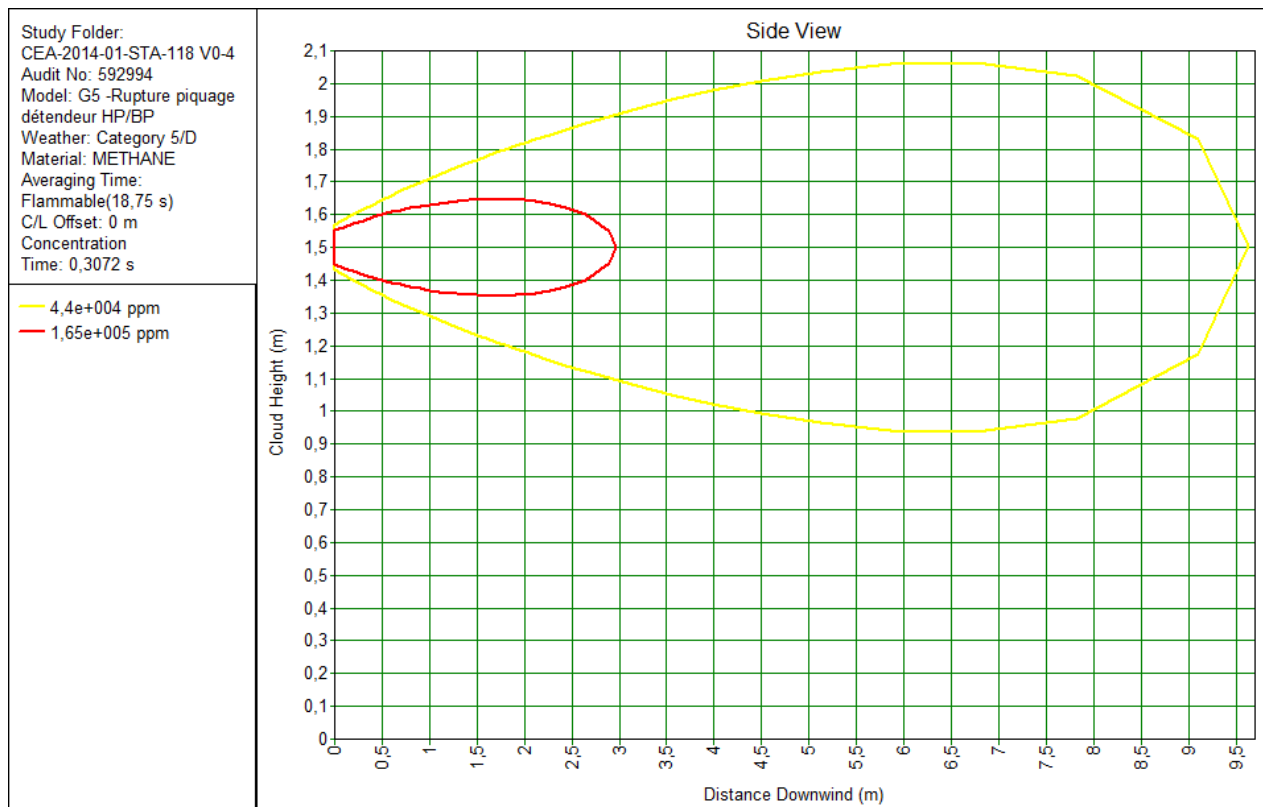
La LIE est de : 11,8 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 0,380 kg.

1.2.3.3.2 Condition 3F



La LIE est de : 11 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 0,342 kg.

1.2.3.3.3 Condition 5D



La LIE est de : 9,6 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 0,257 kg.

1.2.3.4 Distances de sécurité

1.2.3.4.1 Surpressions

1.2.3.4.1.1 Condition 2F

Masse méthane : 0,38 kg

Energie d'explosion : $0,38 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 19 \text{ MJ}$

Indice de sévérité 4

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	6	25
50 mbar	6	15
140 mbar	6	NA
200 mbar	6	NA

1.2.3.4.1.2 Condition 3F

Masse méthane : 0,342 kg

Energie d'explosion : $0,342 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 17,1 \text{ MJ}$

Indice de sévérité 4

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	5,5	24
50 mbar	5,5	14
140 mbar	5,5	NA
200 mbar	5,5	NA

1.2.3.4.1.3 Condition 5D

Masse méthane : 0,257 kg

Energie d'explosion : 0,257 kg x 50 MJ/kg = 12,85 MJ

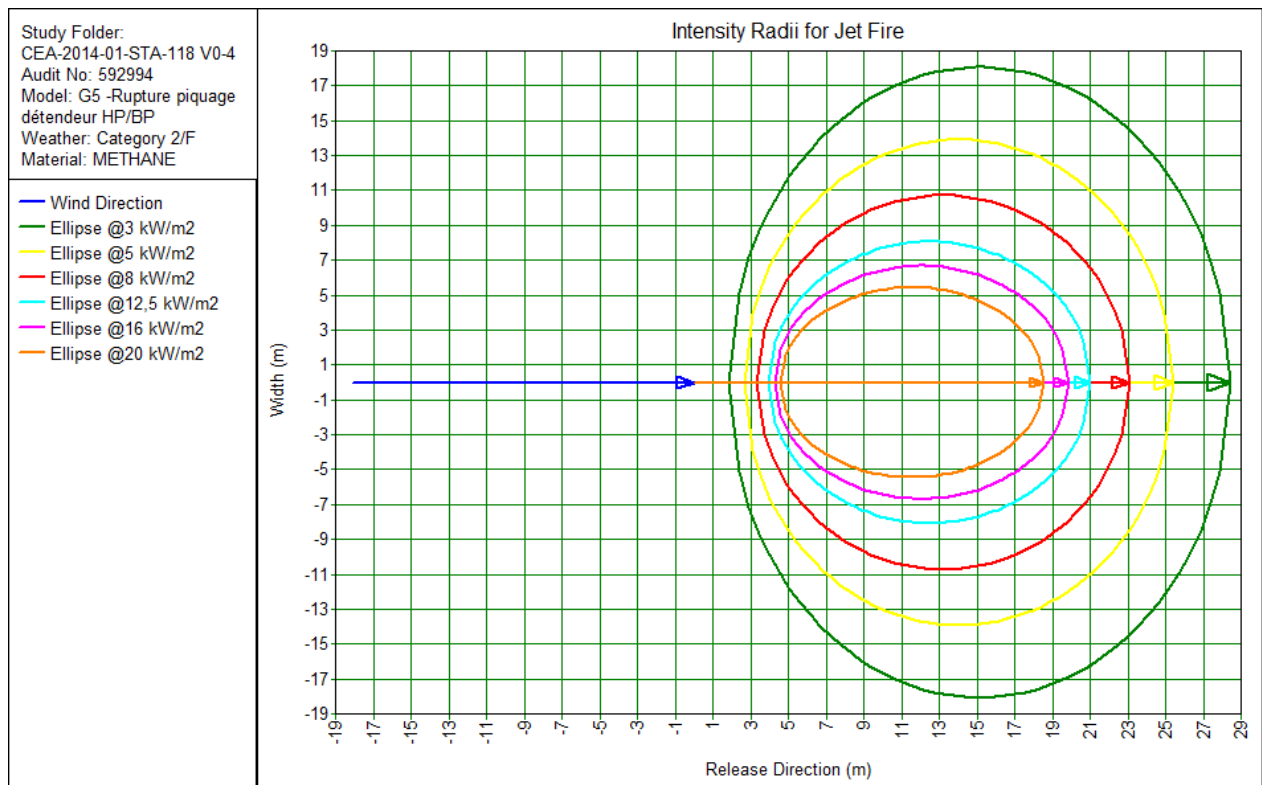
Indice de sévérité 4

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	4,5	21,5
50 mbar	4,5	12
140 mbar	4,5	NA
200 mbar	4,5	NA

1.2.3.5 Jets enflammés

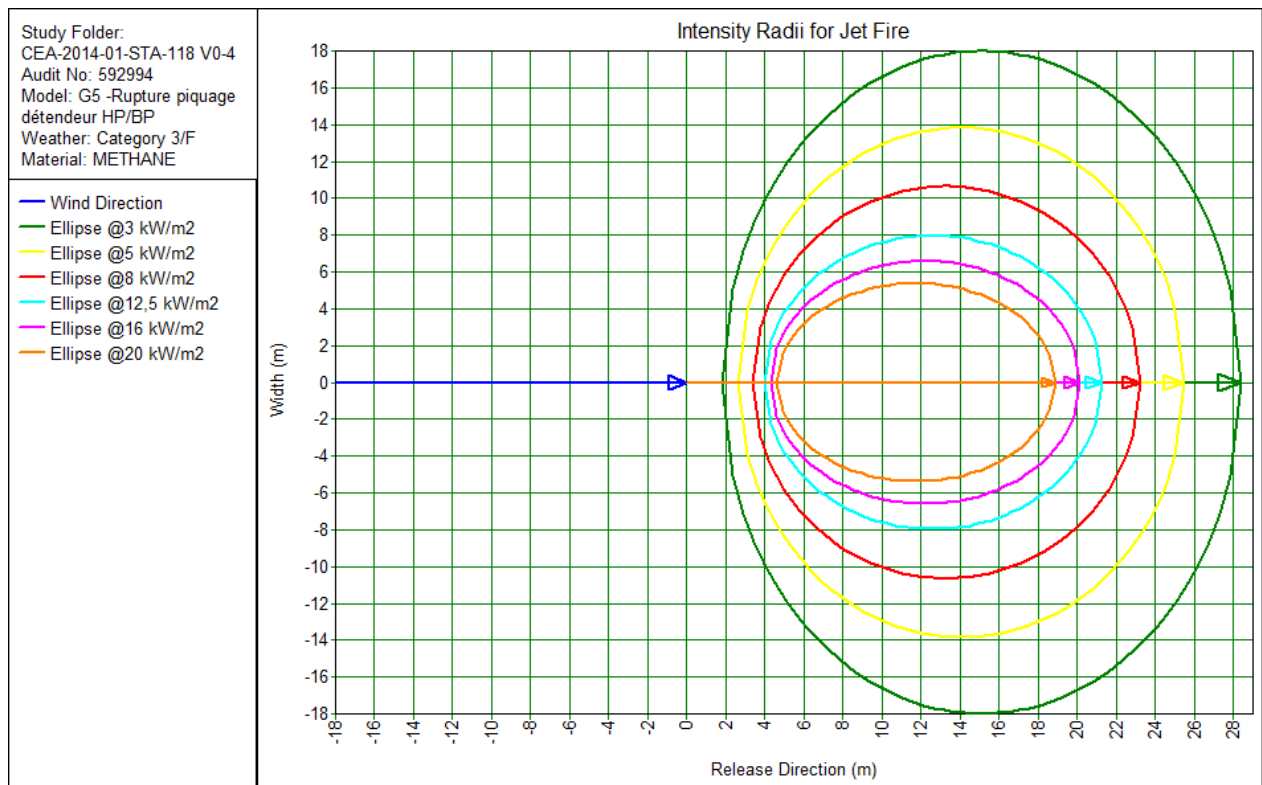
Les zones de dangers du flux thermique du jet enflammé sont à considérer sur 2 minutes minimum, le temps de fuite intégré dans les modélisations de la fuite alimentée est suffisant pour établir les zones de dangers associées.

1.2.3.5.1 Condition 2F



Seuil	Distance de sécurité (m)
5 kW/m ²	25
8 kW/m ²	23
16 kW/m ²	20
20 kW/m ²	18

1.2.3.5.2 Condition 3F

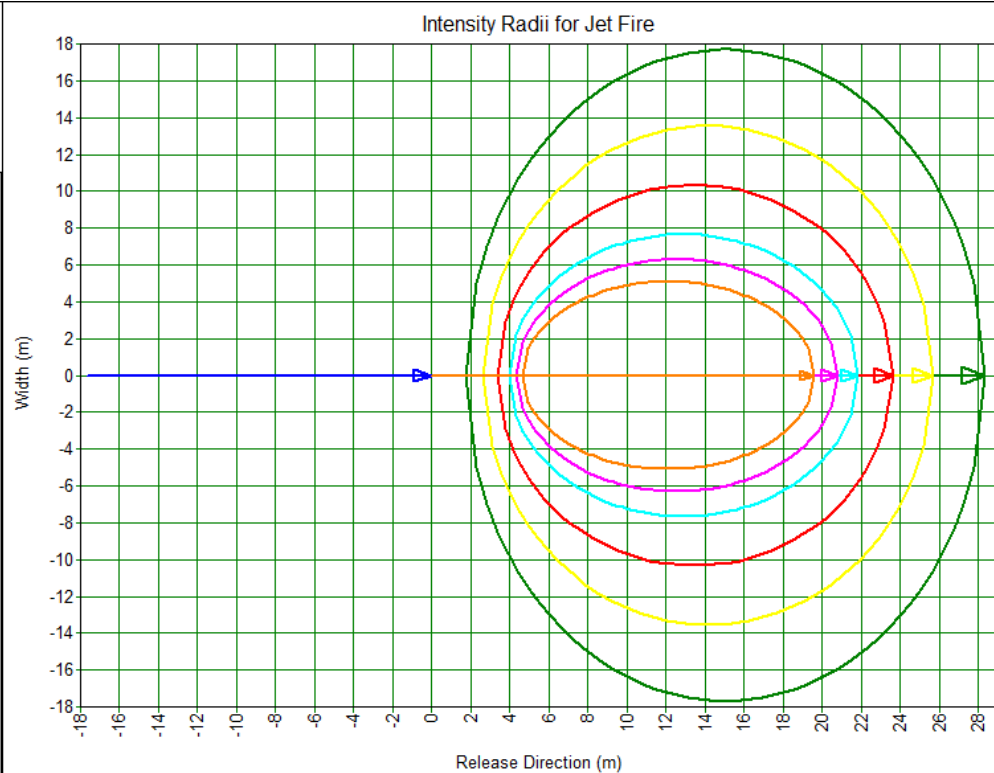


Seuil	Distance de sécurité (m)
5 kW/m ²	25,5
8 kW/m ²	23
16 kW/m ²	20
20 kW/m ²	19

1.2.3.5.3 Condition 5D

Study Folder:
CEA-2014-01-STA-118 V0-4
Audit No: 592994
Model: G5 -Rupture piquage
détendeur HP/BP
Weather: Category 5/D
Material: METHANE

- Wind Direction
- Ellipse @3 kW/m²
- Ellipse @5 kW/m²
- Ellipse @8 kW/m²
- Ellipse @12,5 kW/m²
- Ellipse @16 kW/m²
- Ellipse @20 kW/m²



Seuil	Distance de sécurité (m)
5 kW/m ²	26
8 kW/m ²	24
16 kW/m ²	21
20 kW/m ²	19

1.3 Scénarios pour la ligne BP

1.3.1 Scénario G6 : Rupture guillotine 215 m de canalisation BP – pump inflow = 0 (Calcul de la bouffée initiale consécutive de la dépressurisation)

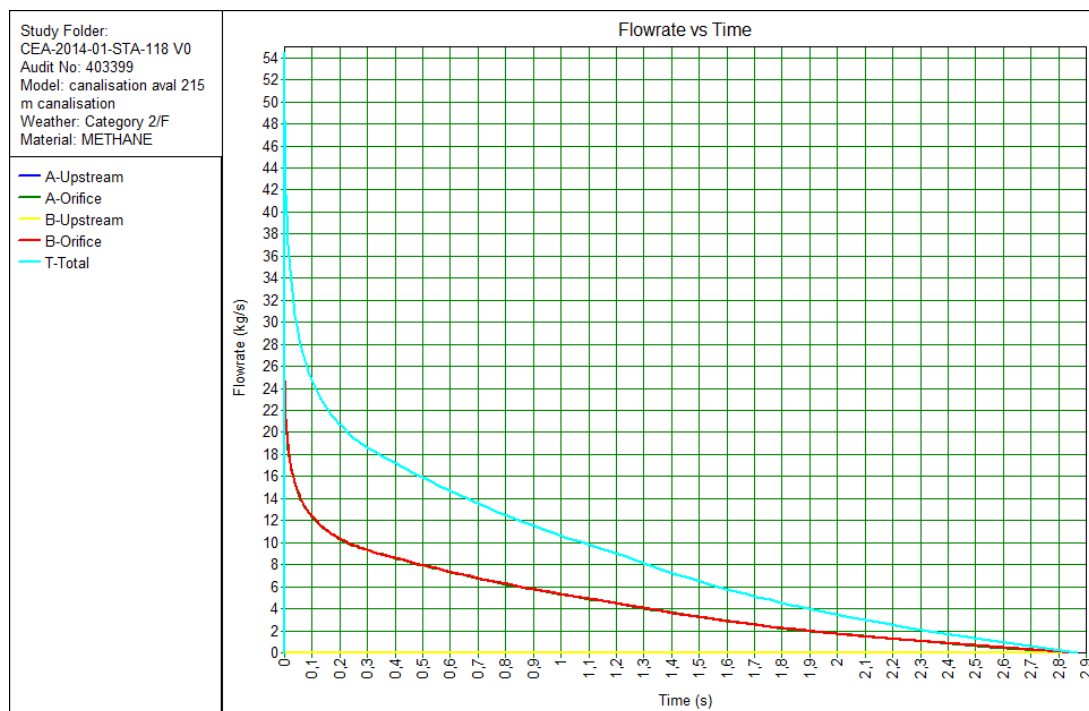
1.3.1.1 Termes sources

Les données d'entrée du scénario sont :

- Diamètre : 150 mm,
- Brèche 100 % : Surface de la brèche : 0,018 m²,
- Brèche à 215 m,
- Pression : 5 bar,
- Angle de rejet : Angled horizontal impinging (45°),
- Modèle : Longpipeline,
- Inflow = 0,
- Hauteur du rejet : 0 m.

1.3.1.2 Caractéristiques du nuage explosif et zones d'explosions

Le débit à la brèche est représenté par le graphe suivant :



1.3.1.2.1 Condition 2F

La LIE est de : 17,46 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 6,07 kg.

1.3.1.2.2 Condition 3F

La LIE est de : 13,84 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 4,83 kg.

1.3.1.2.3 Condition 5D

Le centre d'explosion est situé à 20 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 4,57 kg.

1.3.1.3 Distances de sécurité

1.3.1.3.1 Surpressions

1.3.1.3.1.1 Condition 2F

Masse méthane : 6,07 kg

Energie d'explosion : 6,07 kg x 50 MJ/kg = 304 MJ

Indice de sévérité 3

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	8	33,5
50 mbar	8	15
140 mbar	8	NA
200 mbar	8	NA

1.3.1.3.1.2 Condition 3F

Masse méthane : 4,83 kg

Energie d'explosion : 4,83 kg x 50 MJ/kg = 242 MJ

Indice de sévérité 3

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	7	30,5
50 mbar	7	13,5
140 mbar	7	NA
200 mbar	7	NA

1.3.1.3.1.3 Condition 5D

Masse méthane : 4,57 kg

Energie d'explosion : 4,57 kg x 50 MJ/kg = 229 MJ

Indice de sévérité 3

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	6	29
50 mbar	6	12,5
140 mbar	6	NA
200 mbar	6	NA

1.3.1.4 Jets enflammés

Les jets enflammés pour la fuite de la bouffée initiale de dépressurisation ne sont pas présentés ils car correspondent à des phénomènes de moins de 2 minutes qui ne peuvent pas être exprimés avec les seuils en kW/m² programmables dans PHAST.

1.3.2 Scénario G7 : Rupture guillotine 215 m de canalisation BP – pump inflow = 0,800 kg/s (4000 Nm³/h) (Modélisation avec fuite alimentée)

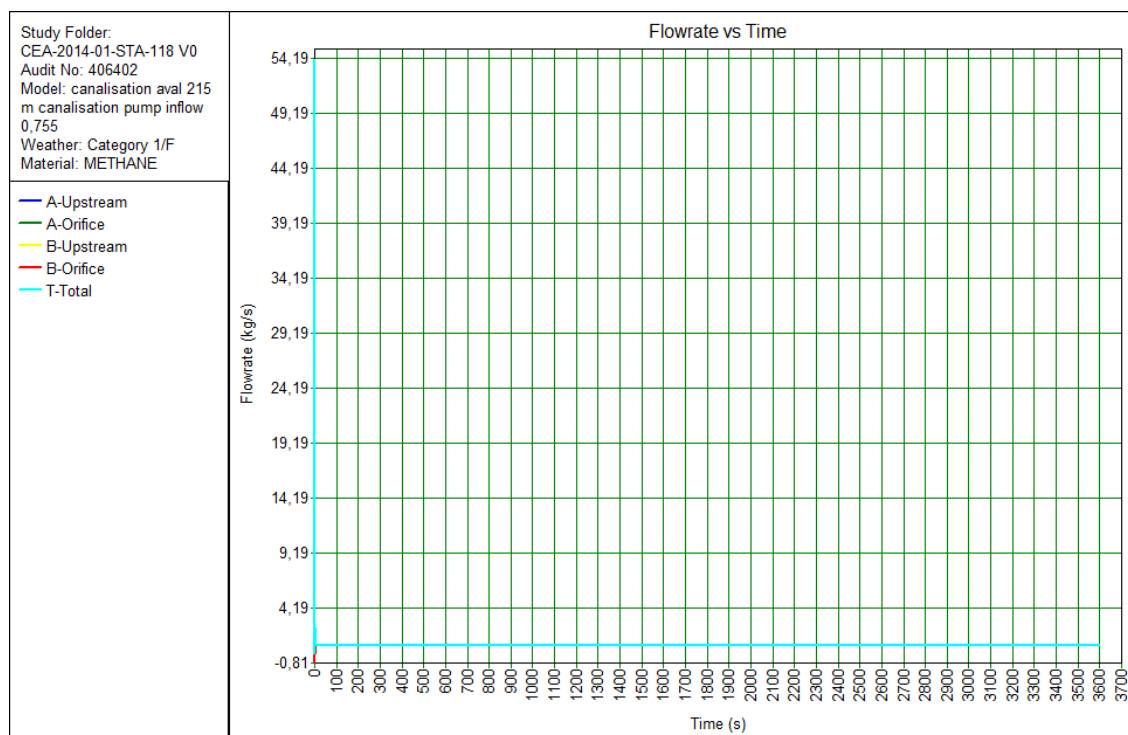
1.3.2.1 Termes sources

Les données d'entrée du scénario sont :

- Diamètre : 150 mm,
- Brèche 100 % : Surface de la brèche : 0,018 m²,
- Brèche à 215 m,
- Pression : 5 bar,
- Angle de rejet : Angled horizontal impinging (45°),
- Modèle : Longpipeline,
- Inflow = 0,8 kg/s,
- Hauteur du rejet : 0 m.

1.3.2.2 Caractéristiques du nuage explosif et zones d'explosions

Le débit à la brèche est représenté par le graphe suivant :



1.3.2.2.1 Condition 2F

La LIE est de : 8,01 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 2,37 kg.

1.3.2.2.2 Condition 3F

La LIE est de : 7,01 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 1,82 kg.

1.3.2.2.3 Condition 5D

La LIE est de : 5,6 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 0,97 kg.

1.3.2.3 Distances de sécurité

1.3.2.3.1 Surpressions

1.3.2.3.1.1 Condition 2F

Masse méthane : 2,37 kg

Energie d'explosion : $2,37 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 118,5 \text{ MJ}$

Indice de sévérité 3

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	4	22,5
50 mbar	4	9,5
140 mbar	4	NA
200 mbar	8	NA

1.3.2.3.1.2 Condition 3F

Masse méthane : 1,82 kg.

Energie d'explosion : $1,82 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 91 \text{ MJ}$

Indice de sévérité 3

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	3,5	20,5
50 mbar	3,5	8,5
140 mbar	3,5	NA
200 mbar	3,5	NA

1.3.2.3.1.3 Condition 5D

Masse méthane : 0,97 kg

Energie d'explosion : $0,97 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 48,5 \text{ MJ}$

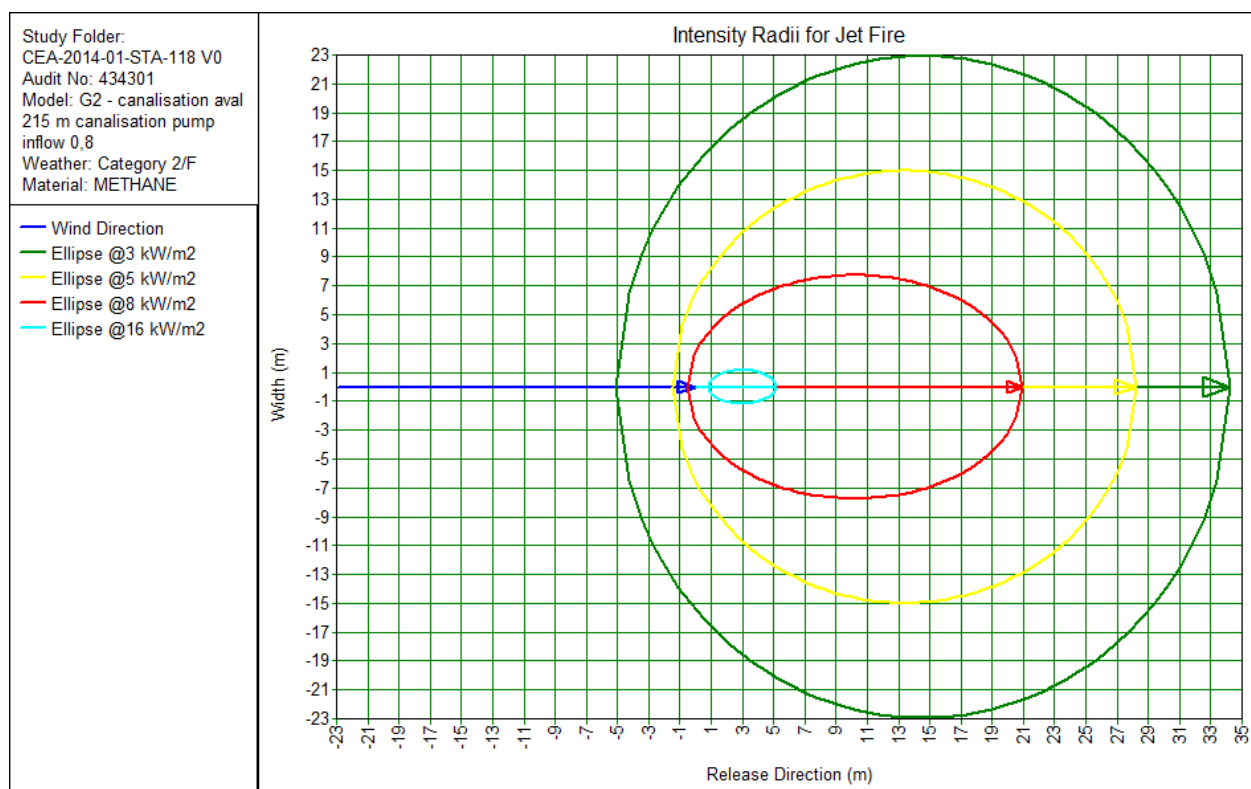
Indice de sévérité 3

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	3	17
50 mbar	3	7
140 mbar	3	NA
200 mbar	3	NA

1.3.2.4 Jets enflammés

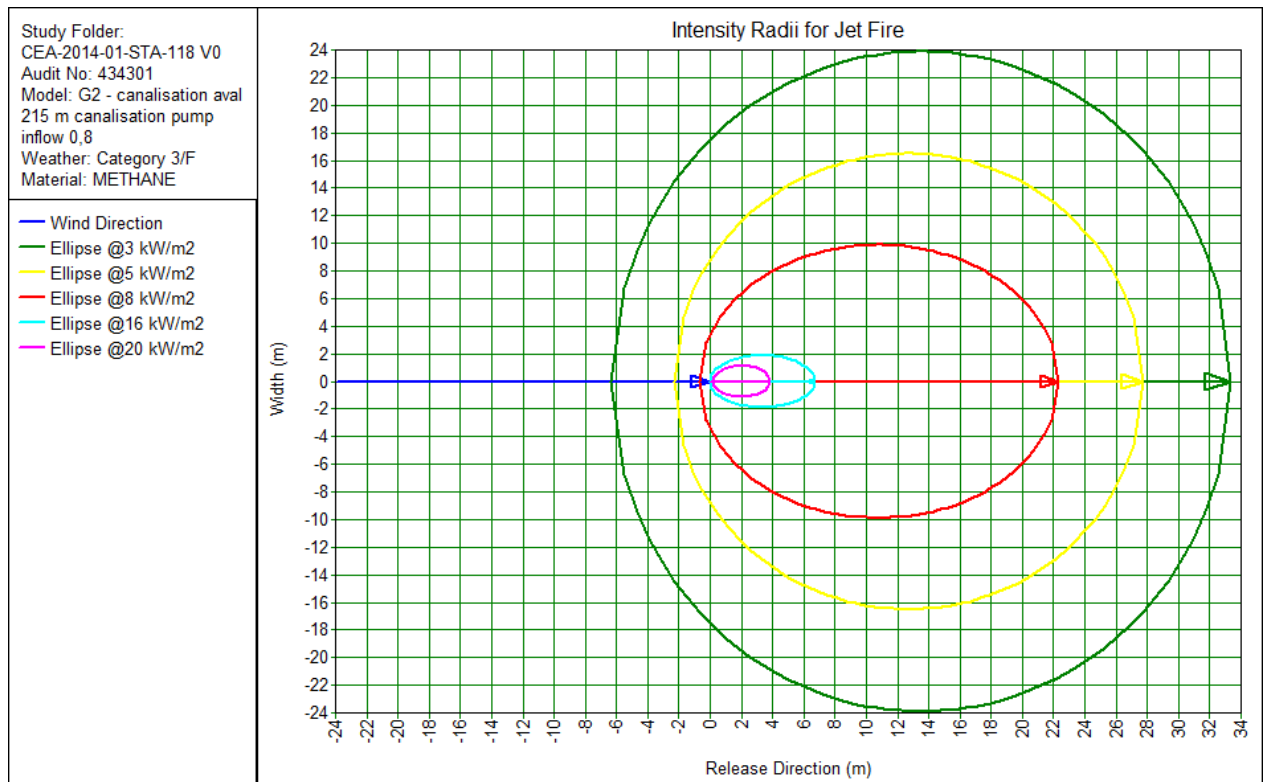
Les zones de dangers du flux thermique du jet enflammé sont à considérer sur 2 minutes minimum, le temps de fuite intégré dans les modélisations de la fuite alimentée est suffisant pour établir les zones de dangers associées.

1.3.2.4.1 Condition 2F



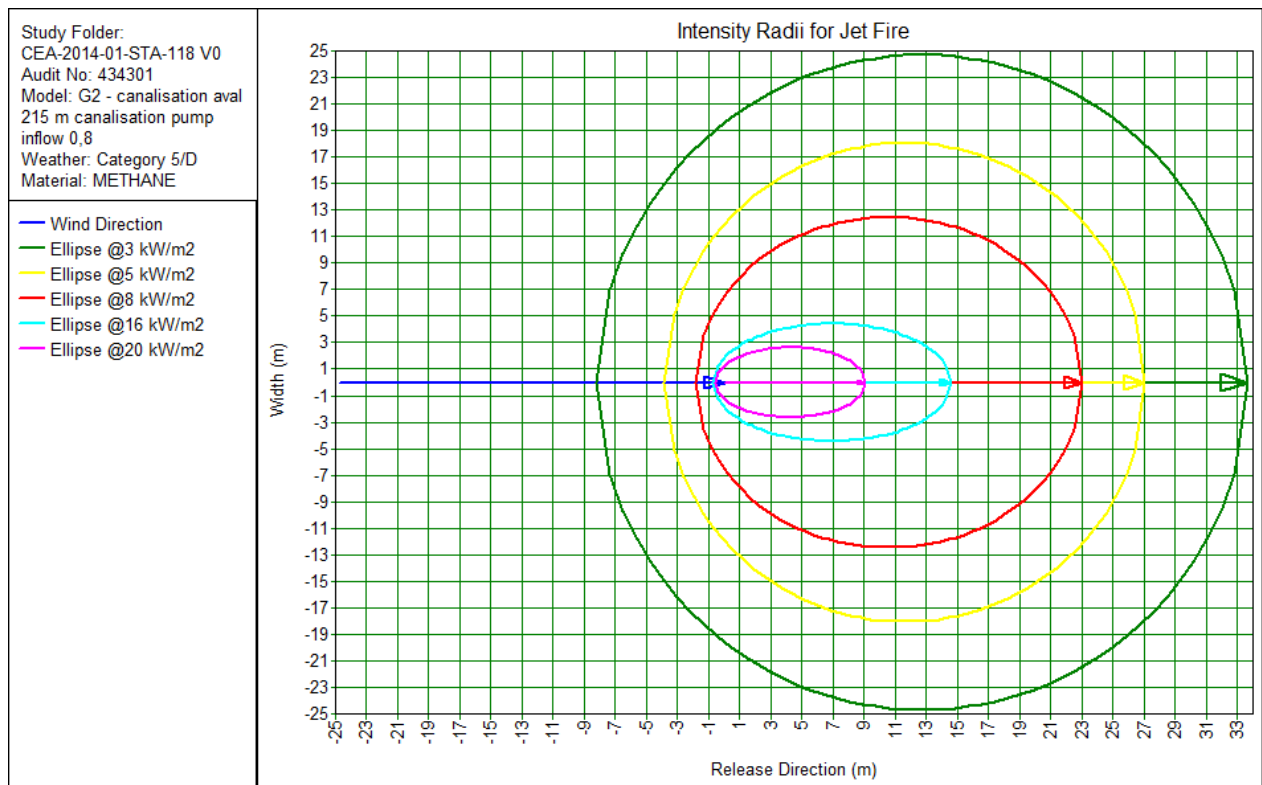
Seuil	Distance de sécurité (m)
5 kW/m ²	28
8 kW/m ²	21
16 kW/m ²	5
20 kW/m ²	NA

1.3.2.4.2 Condition 3F



Seuil	Distance de sécurité (m)
5 kW/m ²	28
8 kW/m ²	22
16 kW/m ²	7
20 kW/m ²	4

1.3.2.4.3 Condition 5D



Seuil	Distance de sécurité (m)
5 kW/m ²	27
8 kW/m ²	23
16 kW/m ²	14
20 kW/m ²	9

1.3.3 Synthèse des résultats des scénarios G6 et G7 pour la canalisation BP à 215 m du poste HP/BP

Les distances pour les surpressions d'UVCE sont comparées entre l'UVCE consécutif de la bouffée initiale de dépressurisation et l'UVCE de la fuite alimentée. Les zones de dangers enveloppe seront retenues pour le scénario de la rupture de la ligne BP à 215 m du poste de détente et comptage HP/BP.

1.3.3.1 Surpressions

Bouffée consécutive de la dépressurisation :

Seuil	Distance de sécurité (m)		
	2F	3F	5D
20 mbar	33,5	30,5	29
50 mbar	15	13,5	12,5
140 mbar	NA	NA	NA
200 mbar	NA	NA	NA

Fuite alimentée :

Seuil	Distance de sécurité (m)		
	2F	3F	5D
20 mbar	22,5	20,5	20,5
50 mbar	9,5	8,5	8,5
140 mbar	NA	NA	NA
200 mbar	NA	NA	NA

Les conditions les plus pénalisantes pour le scénario de la rupture de la ligne BP à 215 m sont obtenues pour la modélisation avec bouffée et la condition 2F.

1.3.3.1.1 *Flux thermique des jets enflammés*

Seuil	Distance de sécurité (m)		
	2F	3F	5D
5 kW/m ²	28	28	27
8 kW/m ²	21	22	23
16 kW/m ²	5	7	14
20 kW/m ²	NA	4	9

1.3.4 Scénario G8 : Rupture guillotine 430 m de canalisation BP – Pump inflow = 0 (Calcul de la bouffé initiale consécutive de la dépressurisation)

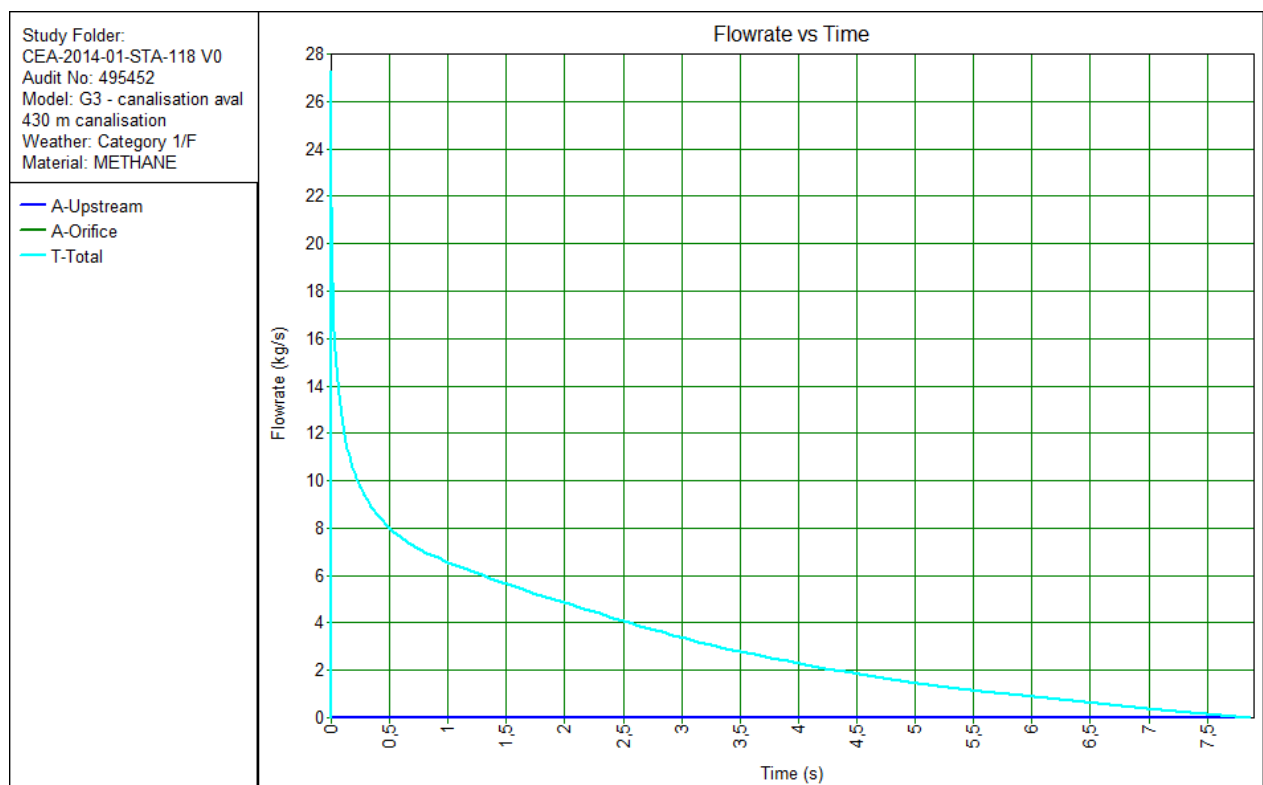
1.3.4.1 Termes sources

Les données d'entrée du scénario sont :

- Diamètre : 150 mm,
- Brèche 100 % : Surface de la brèche : 0,018 m²,
- Brèche à 430 m,
- Pression : 5 bar,
- Angle de rejet : Angled horizontal impinging (45°),
- Modèle : Longpipeline,
- Inflow = 0,
- Hauteur du rejet : 0 m.

1.3.4.2 Caractéristiques du nuage explosif et zones d'explosions

Le débit à la brèche est représenté par le graphe suivant :



1.3.4.2.1 Condition 2F

La LIE est de : 10,11 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 2,97 kg.

1.3.4.2.2 Condition 3F

La LIE est de : 8,84 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 2,23 kg.

1.3.4.2.3 Condition 5D

La LIE est de : 7,15 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 1,29 kg.

1.3.4.3 Distances de sécurité

1.3.4.3.1 Surpressions

1.3.4.3.1.1 Condition 2F

Masse méthane : 2,97 kg

Energie d'explosion : $2,97 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 148,5 \text{ MJ}$

Indice de sévérité 4

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	5	43
50 mbar	5	22,5
140 mbar	5	NA
200 mbar	5	NA

1.3.4.3.1.2 Condition 3F

Masse méthane : 2,23 kg

Energie d'explosion : $2,23 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 111,5 \text{ MJ}$

Indice de sévérité 4

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	4,5	39
50 mbar	4,5	20,5
140 mbar	4,5	NA
200 mbar	4,5	NA

1.3.4.3.1.3 Condition 5D

Masse méthane : 1,29 kg

Energie d'explosion : $1,29 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 64,5 \text{ MJ}$
Indice de sévérité 4

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	3,5	32,5
50 mbar	3,5	16,5
140 mbar	3,5	NA
200 mbar	3,5	NA

1.3.4.4 Jets enflammés

Les jets enflammés pour la fuite de la bouffée initiale de dépressurisation ne sont pas présentés ils car correspondent à des phénomènes de moins de 2 minutes qui ne peuvent pas être exprimés avec les seuils en kW/m^2 programmables dans PHAST.

1.3.5 Scénario G9 : Rupture guillotine 430 m de canalisation BP – Pump inflow = 0,8 kg/s (4000 Nm³/h) (Rupture alimentée)

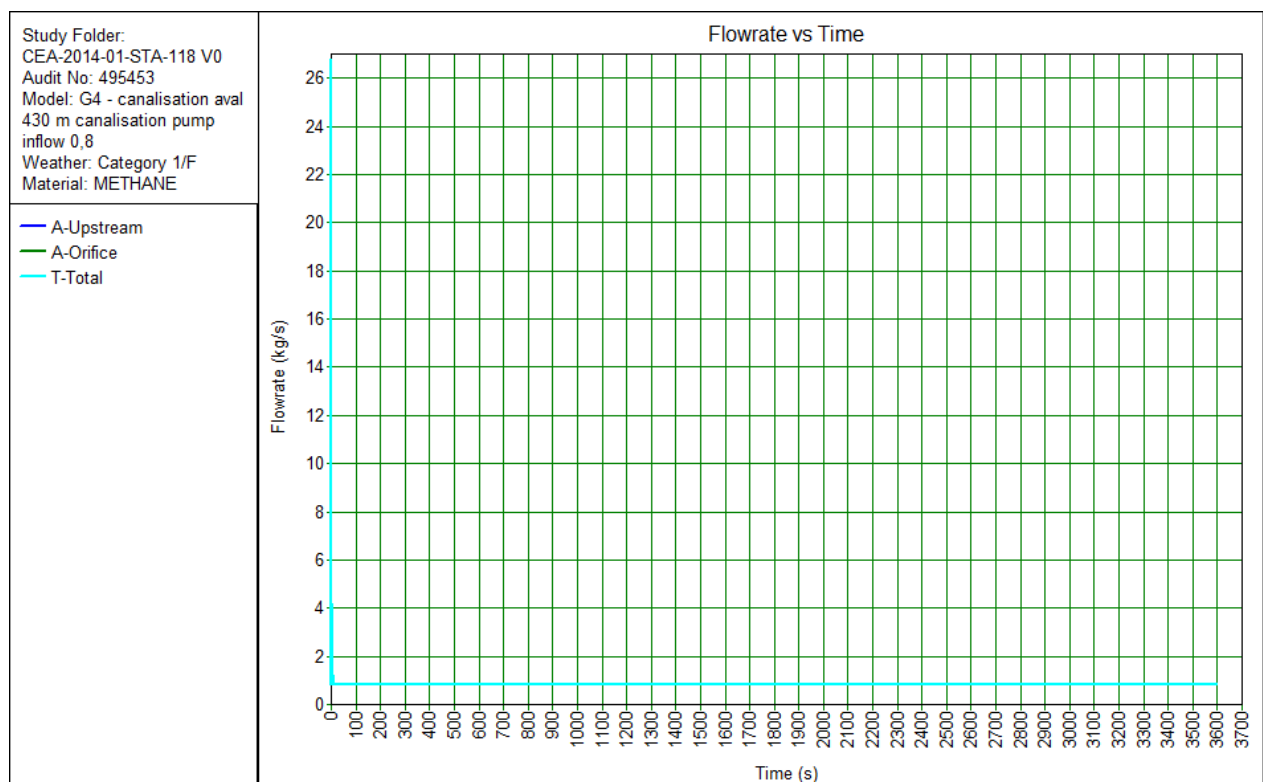
1.3.5.1 Termes sources

Les données d'entrée du scénario sont :

- Diamètre : 150 mm,
- Brèche 100 % : Surface de la brèche : 0,018 m²,
- Brèche à 430 m,
- Pression : 5 bar,
- Angle de rejet : Angled horizontal impinging (45°),
- Modèle : Longpipeline,
- Inflow = 0,8 kg/s,
- Hauteur du rejet : 0 m.

1.3.5.2 Caractéristiques du nuage explosif et zones d'explosions

Le débit à la brèche est représenté par le graphe suivant :



1.3.5.2.1 Condition 2F

La LIE est de : 8,08 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 1,99 kg.

1.3.5.2.2 Condition 3F

La LIE est de : 7,02 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 1,52 kg.

1.3.5.2.3 Condition 5D

La LIE est de : 5,6 m. La masse maximale explosible du nuage est de : 0,81 kg.

1.3.5.3 Distances de sécurité

1.3.5.3.1 Surpressions

1.3.5.3.1.1 Condition 2F

Masse méthane : 1,99 kg

Energie d'explosion : $1,99 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 99,5 \text{ MJ}$

Indice de sévérité 4

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	4	37,5
50 mbar	4	19
140 mbar	4	NA
200 mbar	4	NA

1.3.5.3.1.2 Condition 3F

Masse méthane : 1,52 kg

Energie d'explosion : $1,52 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 76 \text{ MJ}$

Indice de sévérité 4

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	3,5	34
50 mbar	3,5	17,5
140 mbar	3,5	NA
200 mbar	3,5	NA

1.3.5.3.1.3 Condition 5D

Masse méthane : 0,81 kg

Energie d'explosion : $0,81 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 40,5 \text{ MJ}$

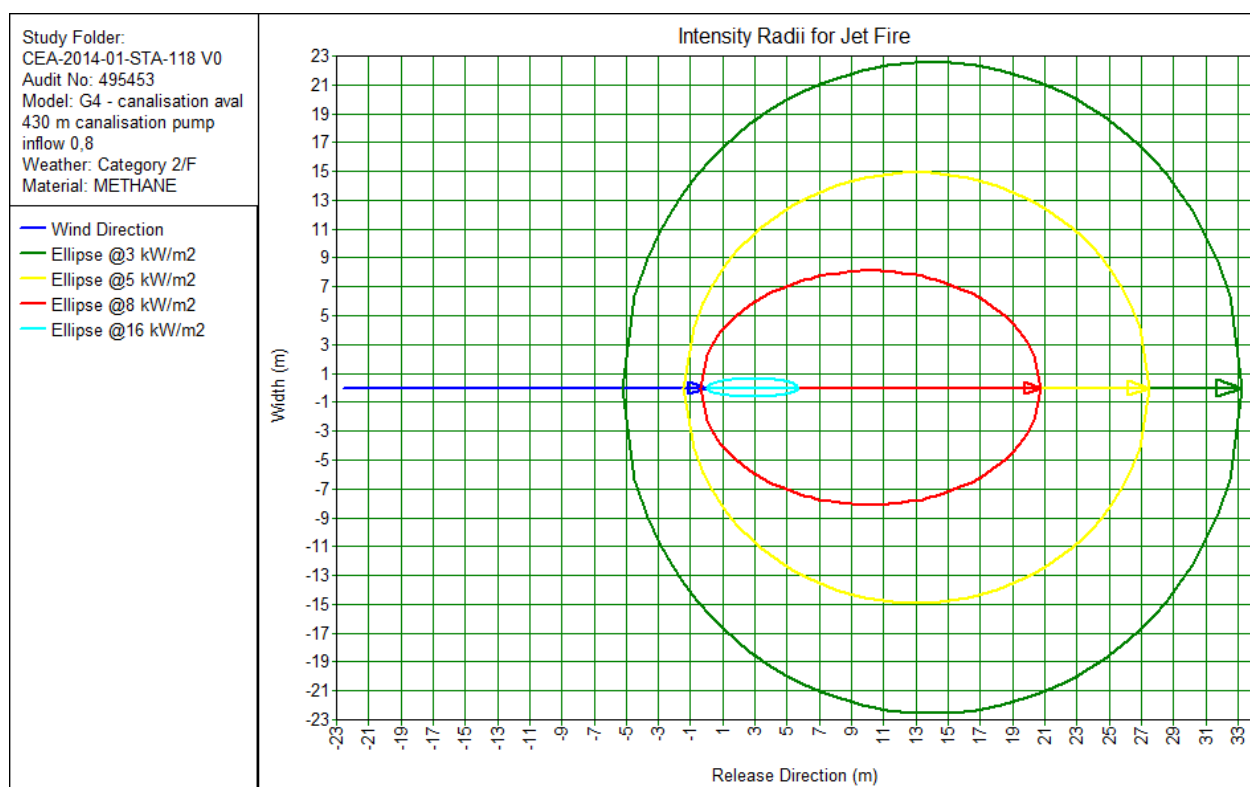
Indice de sévérité 4

Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	3	27,5
50 mbar	3	14,5
140 mbar	3	NA
200 mbar	3	NA

1.3.5.4 Jets enflammés

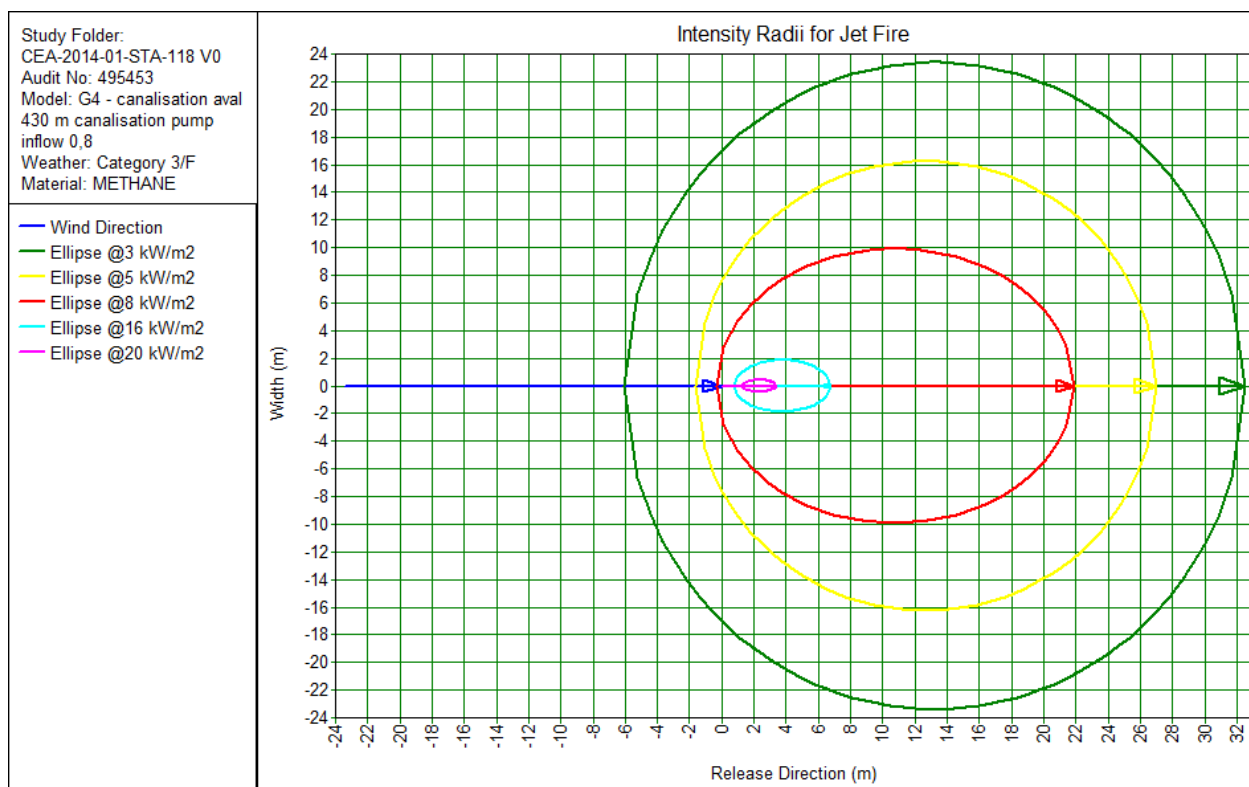
Les zones de dangers du flux thermique du jet enflammé sont à considérer sur 2 minutes minimum, le temps de fuite intégré dans les modélisations de la fuite alimentée est suffisant pour établir les zones de dangers associées.

1.3.5.4.1 Condition 2F



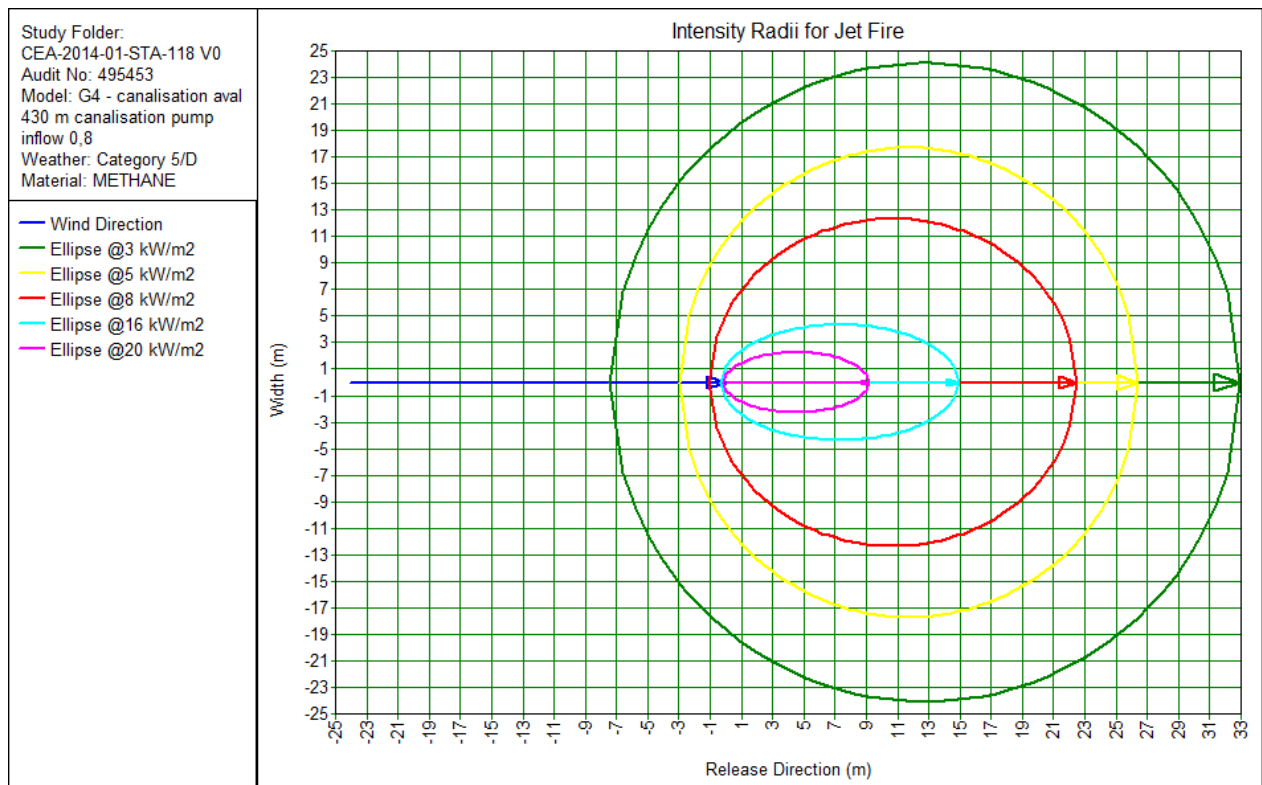
Seuil	Distance de sécurité (m)
5 kW/m ²	27
8 kW/m ²	21
16 kW/m ²	6
20 kW/m ²	NA

1.3.5.4.2 Condition 3F



Seuil	Distance de sécurité (m)
5 kW/m ²	27
8 kW/m ²	22
16 kW/m ²	7
20 kW/m ²	4

1.3.5.4.3 Condition 5D



Seuil	Distance de sécurité (m)
5 kW/m ²	26
8 kW/m ²	23
16 kW/m ²	15
20 kW/m ²	9

1.3.6 Synthèse des résultats des scénarios G8 et G9 pour la canalisation BP à 430 m du poste HP/BP

Les distances pour les surpressions d'UVCE sont comparées entre l'UVCE consécutif de la bouffée initiale de dépressurisation et l'UVCE de la fuite alimentée. Les zones de dangers enveloppe seront retenues pour le scénario de la rupture de la ligne BP à 430 m du poste de détente et comptage HP/BP.

1.3.6.1 Surpressions

Bouffée consécutive de la dépressurisation :

Seuil	Distance de sécurité (m)		
	2F	3F	5D
20 mbar	43	39	32,5
50 mbar	22,5	20,5	16,5
140 mbar	NA	NA	NA
200 mbar	NA	NA	NA

Fuite alimentée :

Seuil	Distance de sécurité (m)		
	2F	3F	5D
20 mbar	37,5	34	27,5
50 mbar	19	17,5	14,5
140 mbar	NA	NA	NA
200 mbar	NA	NA	NA

Les conditions les plus pénalisantes pour le scénario de la rupture de la ligne BP à 430 m sont obtenues pour la modélisation avec bouffée et la condition 2F.

1.3.6.1.1 Flux thermique des jets enflammés

Seuil	Distance de sécurité (m)		
	2F	3F	5D
5 kW/m ²	27	27	26
8 kW/m ²	21	22	23
16 kW/m ²	6	7	15
20 kW/m ²	NA	4	9

1.4 Scénarios pour la ligne aérienne BP

1.4.1 Scénario G10 : Fuite de corrosion de la canalisation aérienne devant la chaufferie

1.4.1.1 Termes sources

Les données d'entrée du scénario sont :

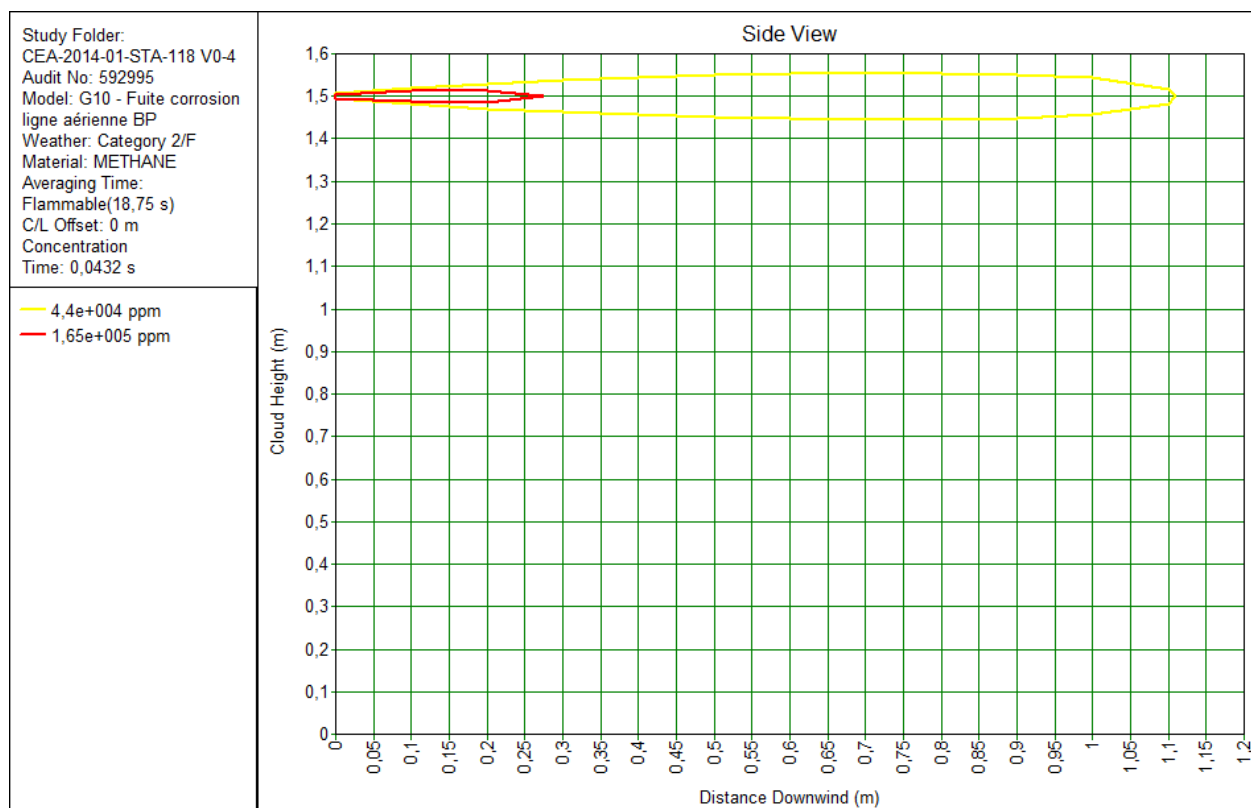
- Diamètre : 5 mm,
- Angle de rejet : Horizontal,
- Modèle : Leak,
- Pression : 5 bar,
- Hauteur du rejet : 1,5 m.

1.4.1.2 Calculs de la fuite

Le débit à la brèche est de 0,017 kg/s.

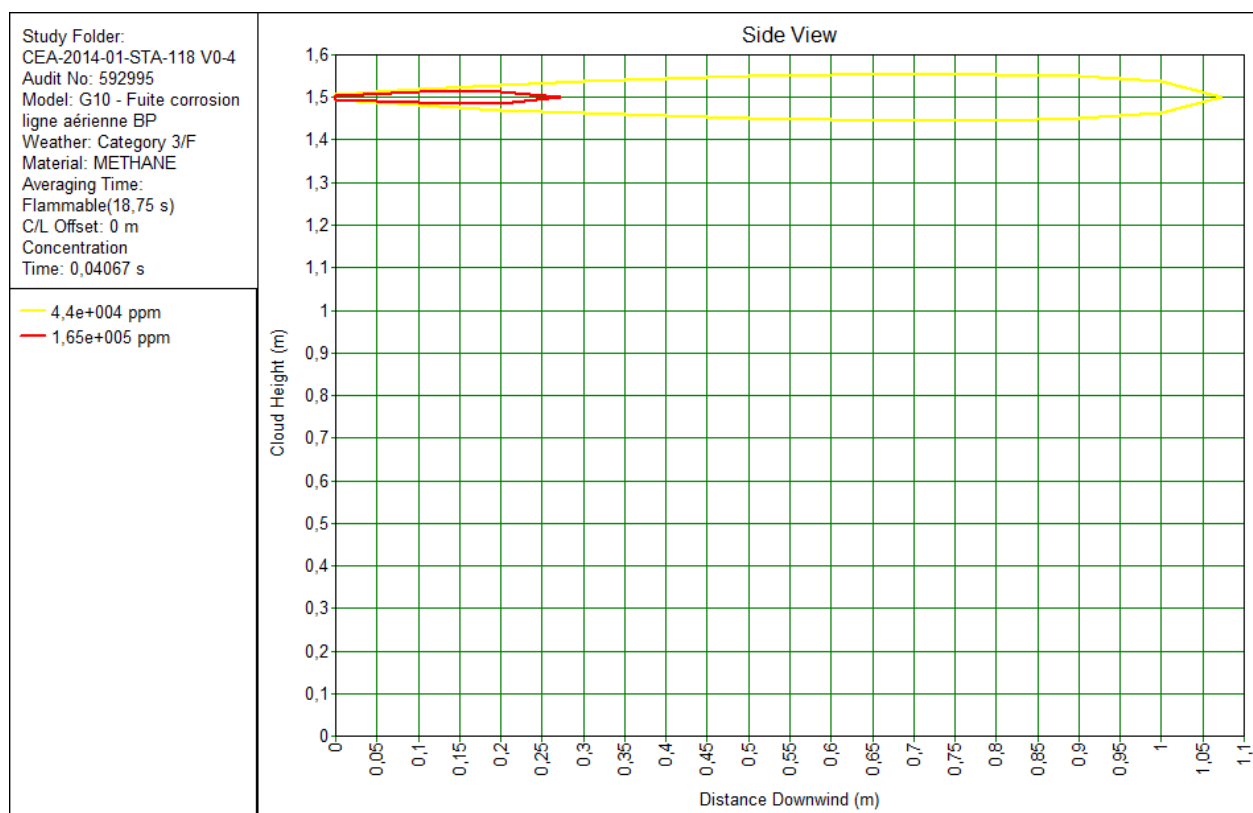
1.4.1.3 Caractéristiques du nuage explosif et zones d'explosions

1.4.1.3.1 Condition 2F



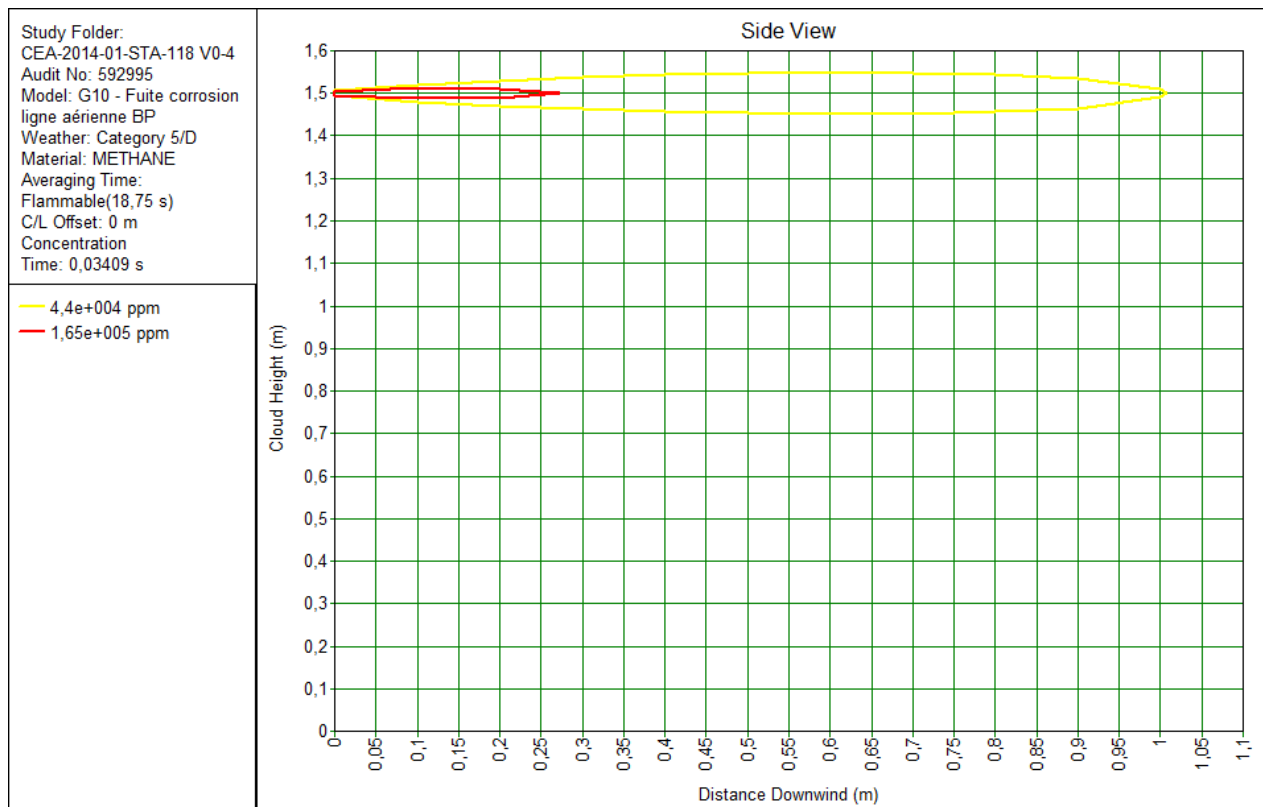
La LIE est de : 1,11 m.La masse maximale explosible du nuage est de : 0,2 g.

1.4.1.3.2 Condition 3F



La LIE est de : 1,07 m.La masse maximale explosible du nuage est de : 0,2 g.

1.4.1.3.3 Condition 5D



La LIE est de : 1,00 m. La masse maximale explosible du nuage est non calculée.

1.4.1.4 Distances de sécurité

1.4.1.4.1 Surpressions

1.4.1.4.1.1 Conditions 2F et 3F

Masse méthane : 0,0002 kg

Energie d'explosion : $0,0002 \text{ kg} \times 50 \text{ MJ/kg} = 0,01 \text{ MJ}$

Indice de sévérité 4

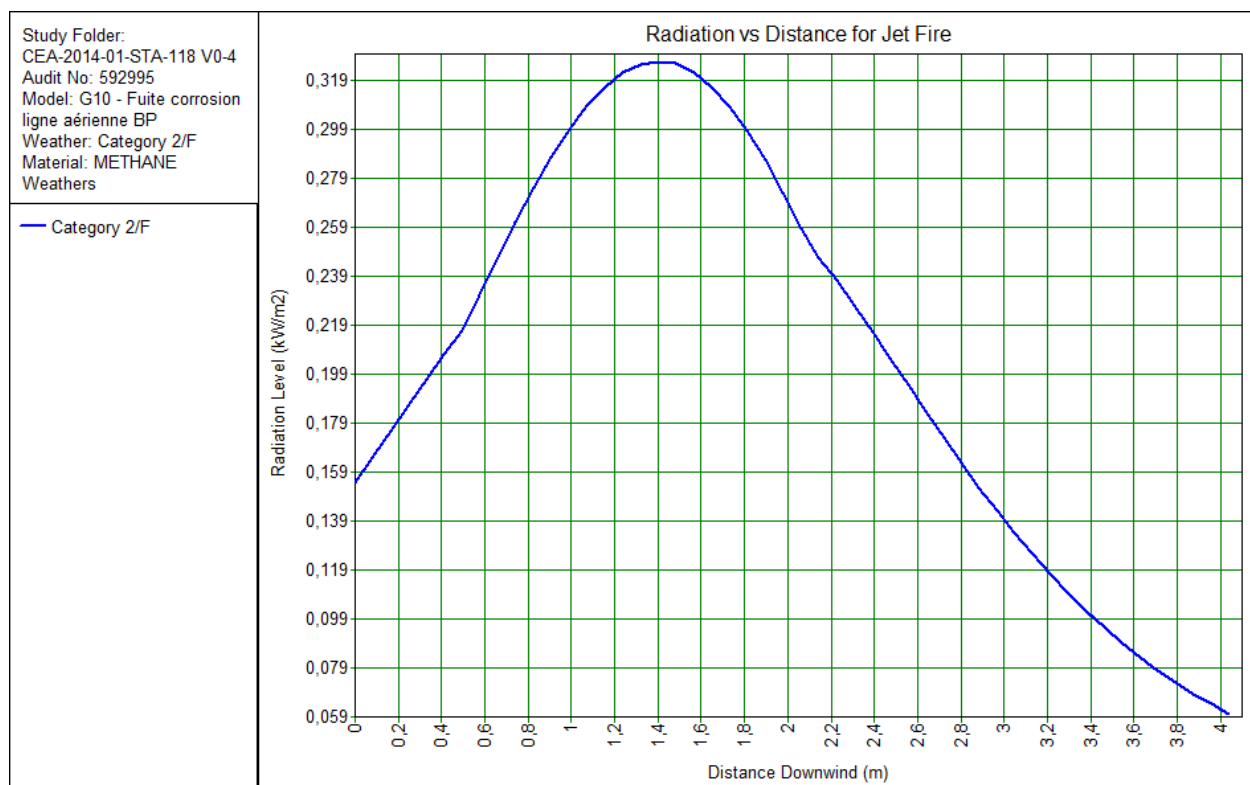
Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	0,5	2
50 mbar	0,5	1,2
140 mbar	0,5	NA
200 mbar	0,5	NA

1.4.1.4.1.2 Condition 5D

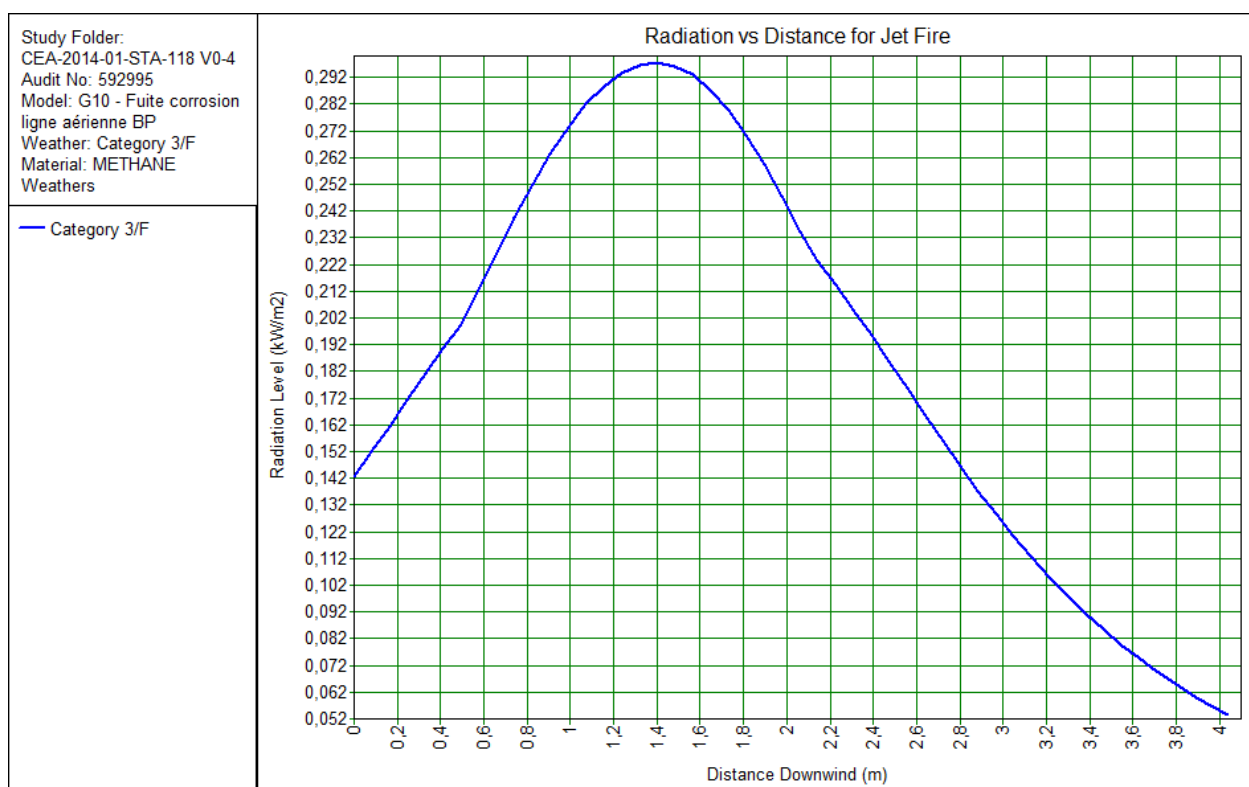
La masse de méthane dans l'air est trop faible pour établir les calculs.

1.4.1.5 Jets enflammés

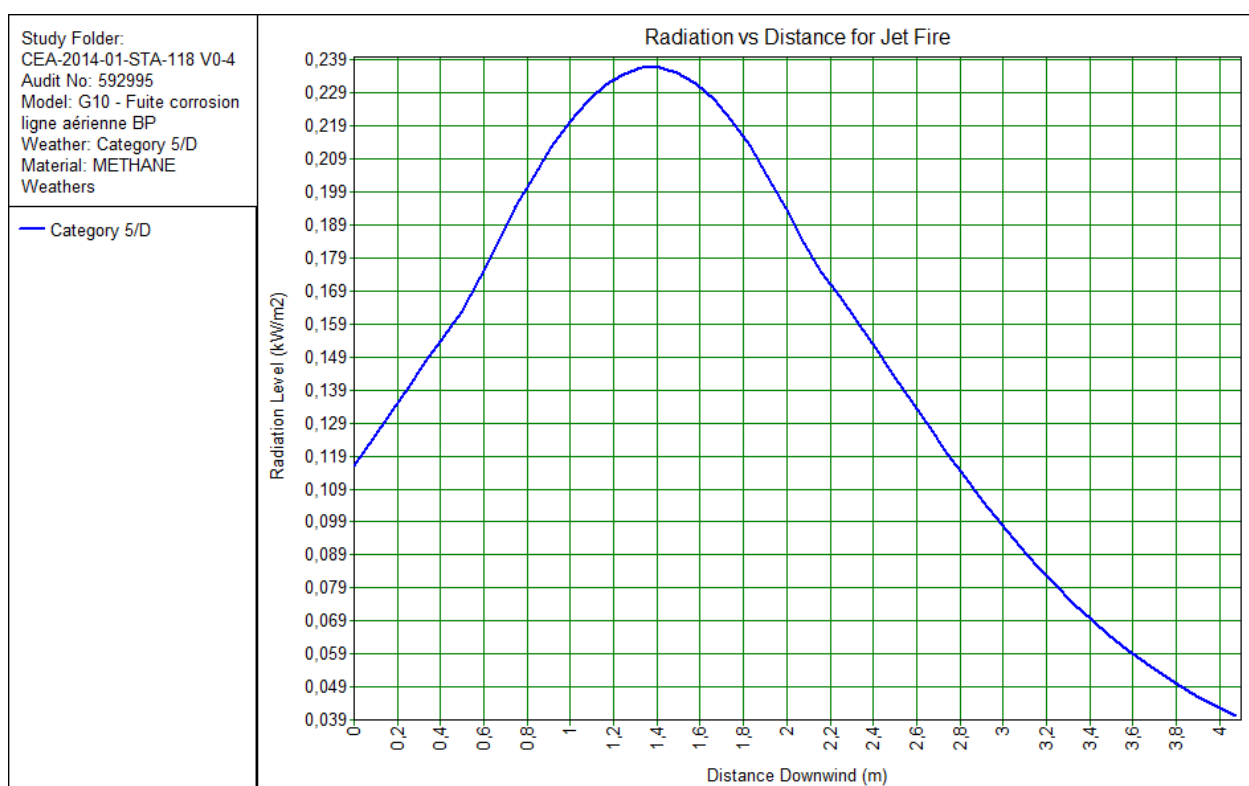
1.4.1.5.1 Condition 2F



1.4.1.5.2 Condition 3F



1.4.1.5.3 Condition 5D



Pour toutes les conditions, les valeurs de seuils thermiques réglementaires ne sont pas atteintes par le jet enflammé.

1.4.2 Scénario G11 : Fuite de bride de la canalisation aérienne devant la chaufferie

1.4.2.1 Termes sources

Les données d'entrée du scénario sont :

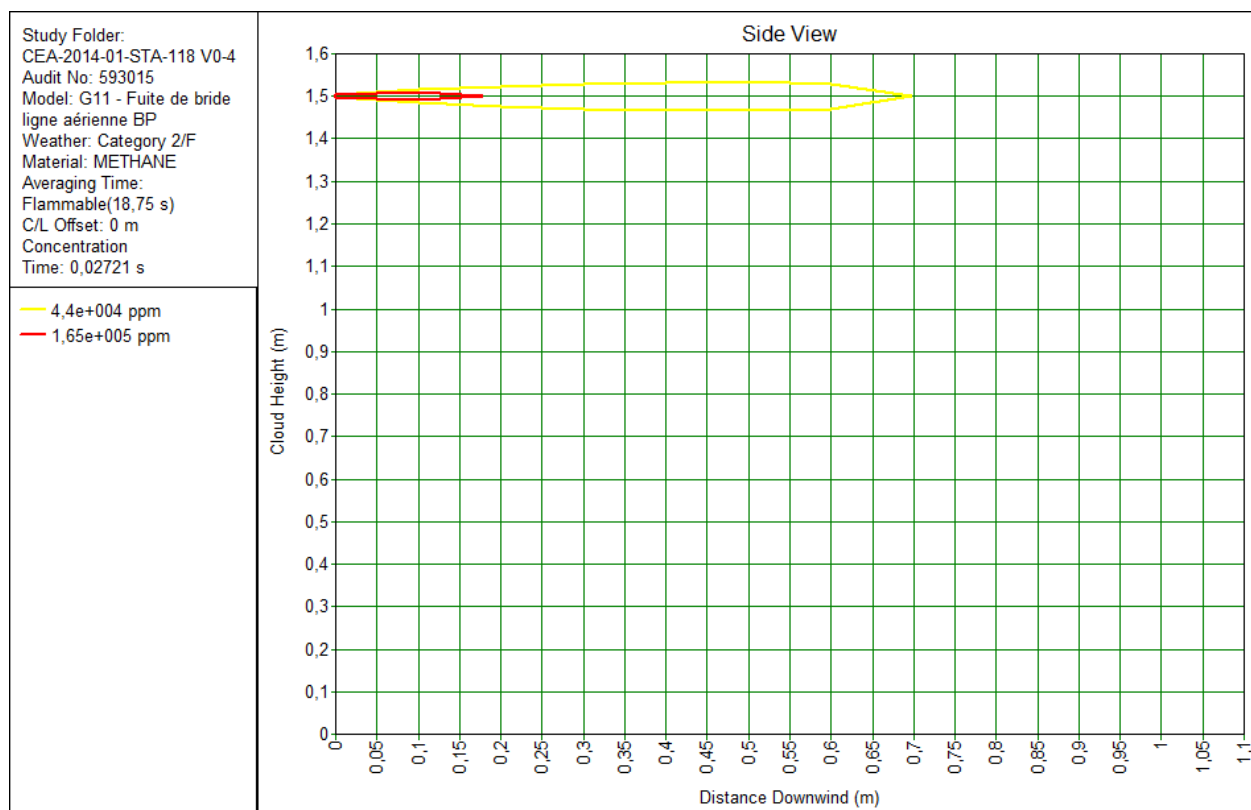
- Diamètre : 3,9 mm,
- Angle de rejet : Horizontal,
- Modèle : Leak,
- Pression : 5 bar,
- Hauteur du rejet : 1,5 m.

1.4.2.2 Calculs de la fuite

Le débit à la brèche est de 6,66 g/s.

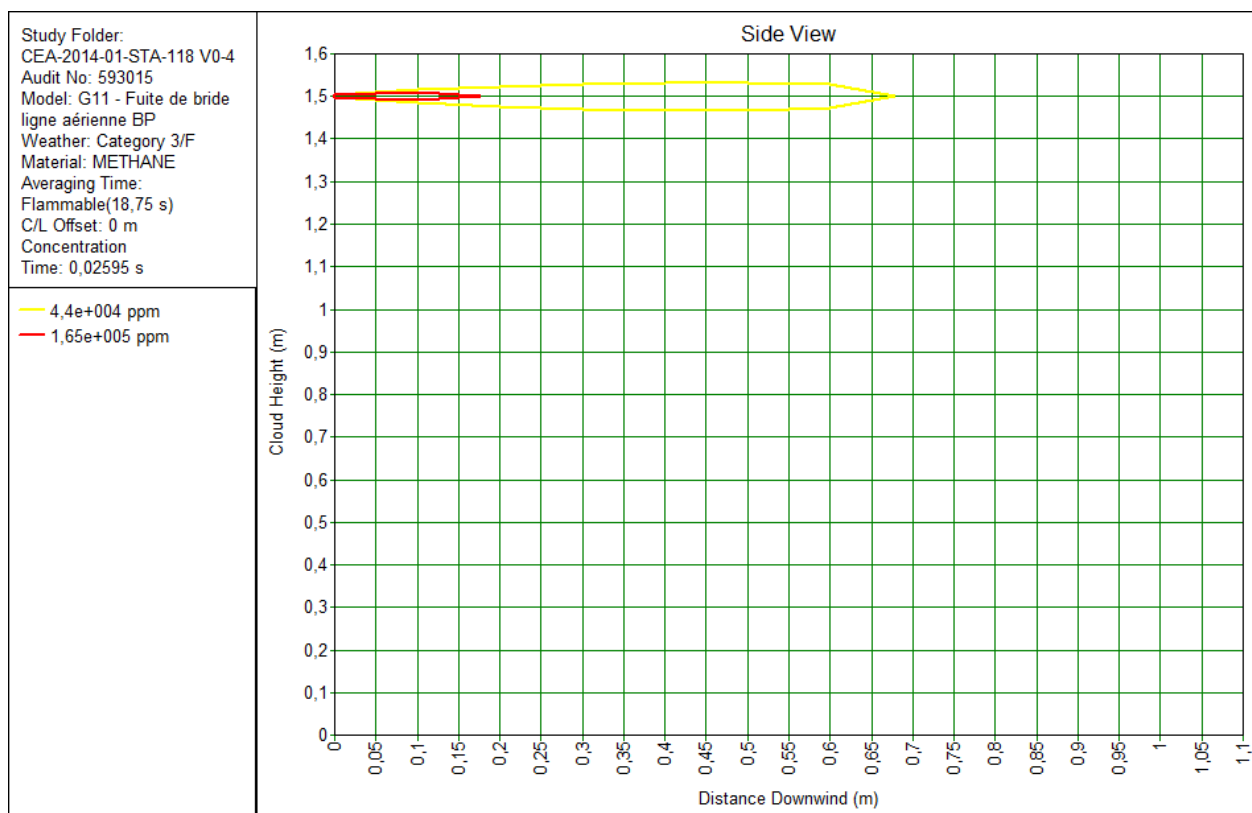
1.4.2.3 Caractéristiques du nuage explosif et zones d'explosions

1.4.2.3.1 Condition 2F



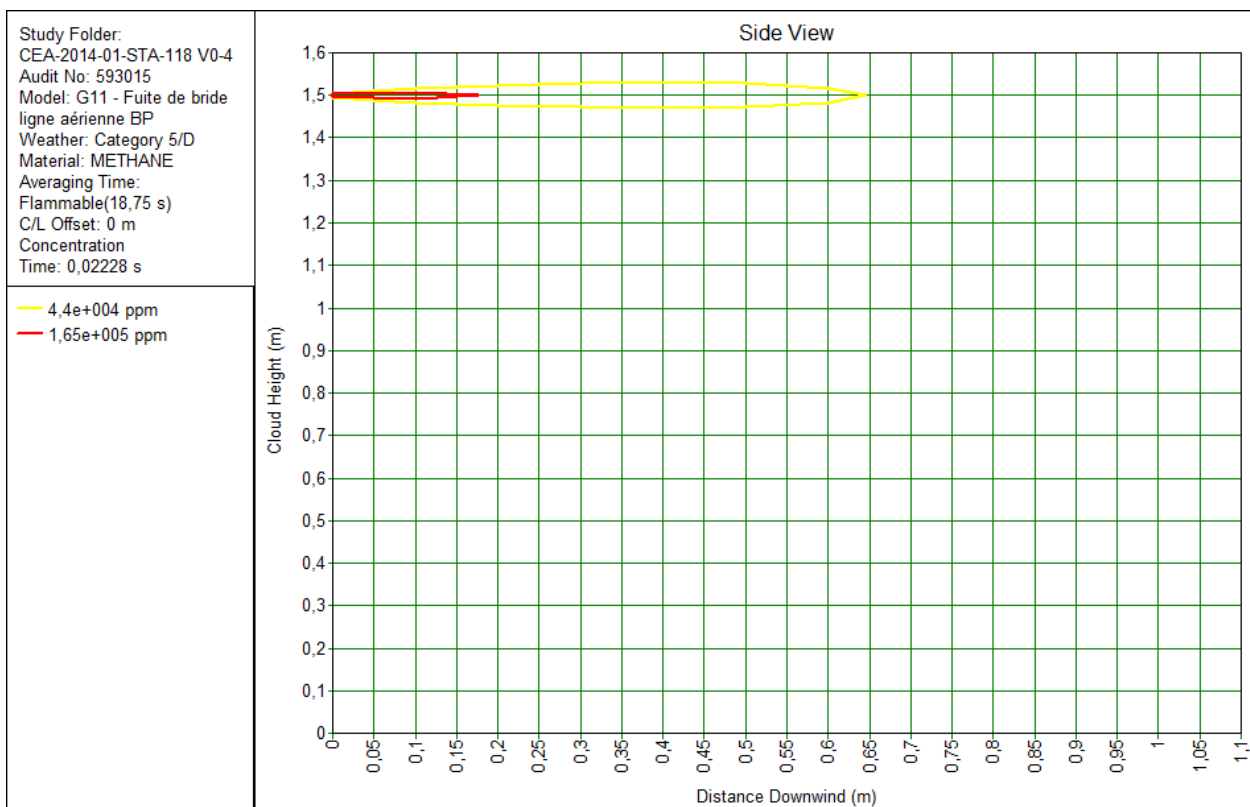
La LIE est de : 0,69 m. La masse maximale explosible du nuage est trop faible pour être calculée par PHAST.

1.4.2.3.2 Condition 3F



La LIE est de : 0,68 m. La masse maximale explosible du nuage est trop faible pour être calculée par PHAST.

1.4.2.3.3 Condition 5D



La LIE est de : 0,64 m. La masse maximale explosible du nuage est trop faible pour être calculée par PHAST.

1.4.2.4 Distances de sécurité

1.4.2.4.1 Surpressions

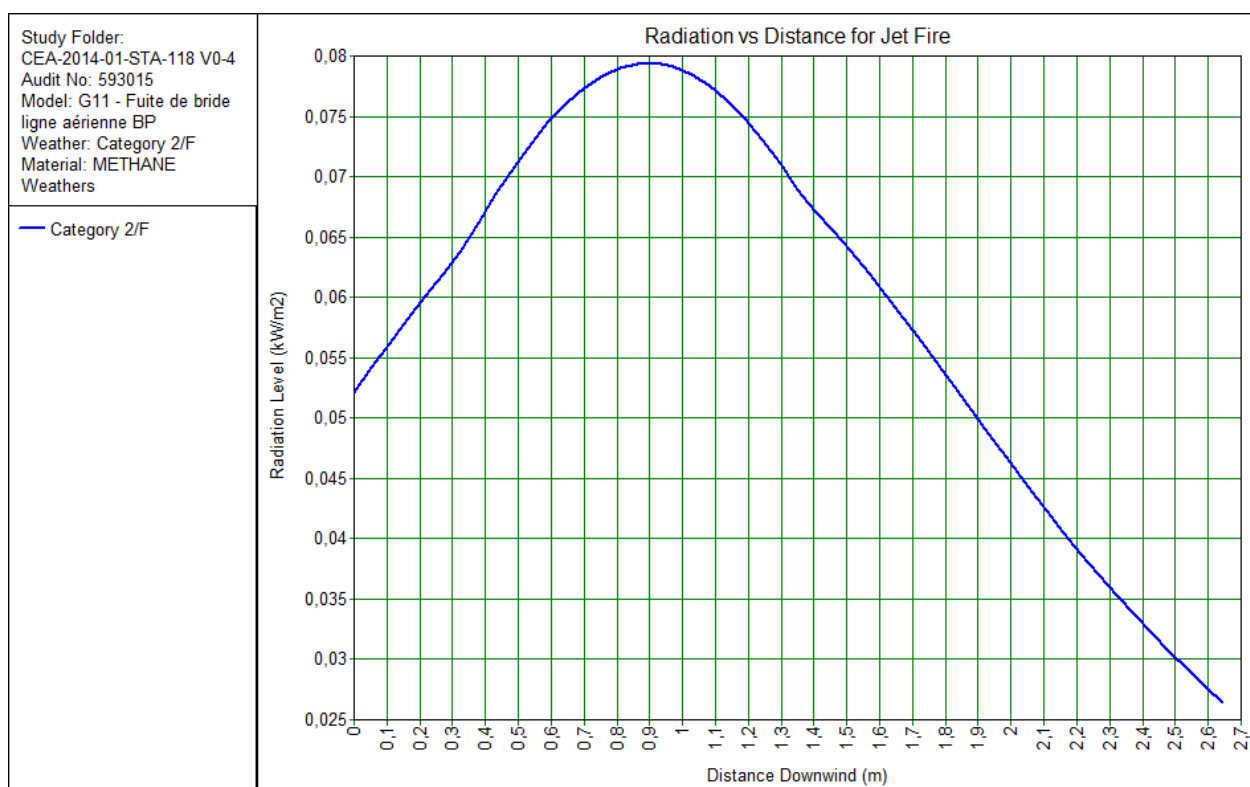
En l'absence de masses calculées par PHAST (volume de nuage trop faible), il sera considéré que l'inflammation de la poche de gaz créera une suppression de 20 mbar maxi à la LIE, en accord avec le guide des explosions à l'air libre de l'INERIS.

1.4.2.4.1.1 Conditions 2F, 3F et 5D

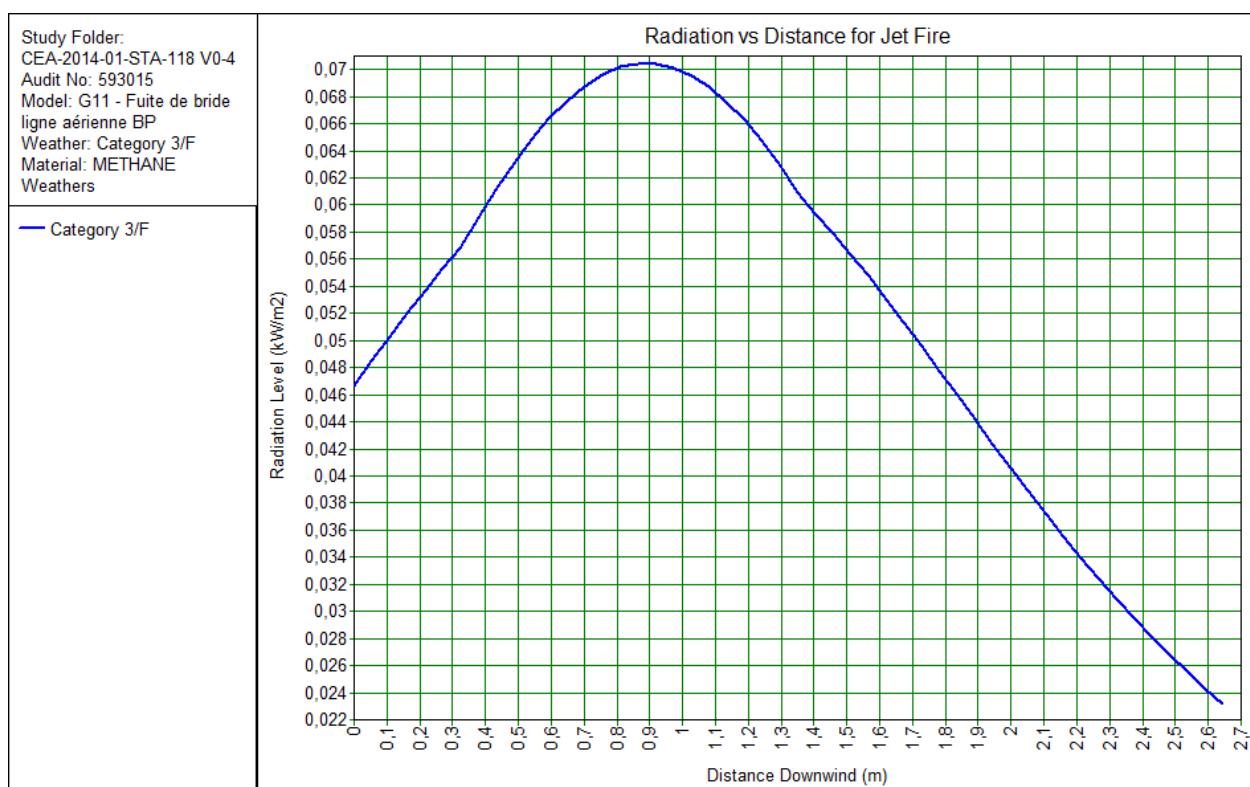
Seuil	Centre d'explosion (m)	Distance de sécurité (m)
20 mbar	0,5	0,8
50 mbar	0,5	NA
140 mbar	0,5	NA
200 mbar	0,5	NA

1.4.2.5 Jets enflammés

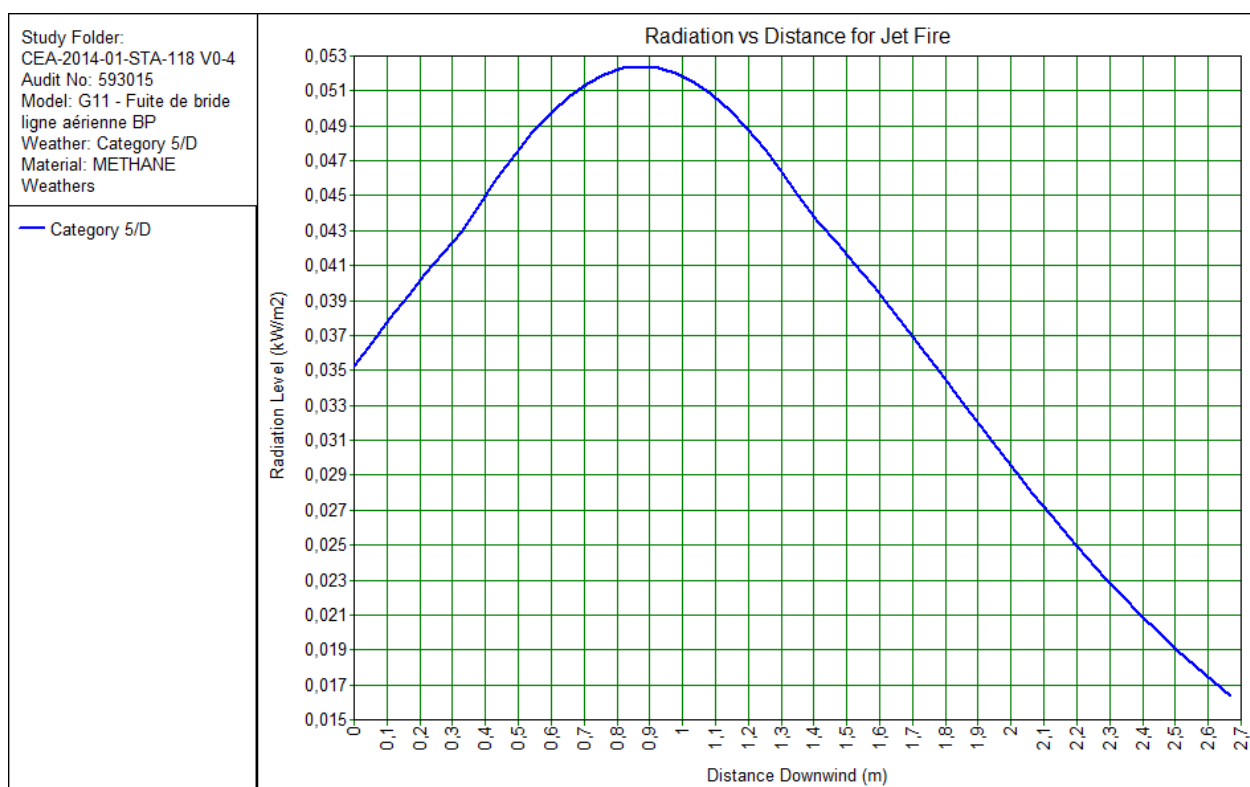
1.4.2.5.1 Condition 2F



1.4.2.5.2 Condition 3F



1.4.2.5.3 Condition 5D



Pour toutes les conditions, les valeurs de seuils thermiques réglementaires ne sont pas atteintes par le jet enflammé.



Annexe 2 : Cartographie

