


EGIS

Modélisations de phénomènes dangereux – Projet E3046

Date : 11/09/2019

Référence : [BUTED]/FTED190175/NT/19-00948 Rev1

Ce document est la propriété d'APSYS. Son contenu ne peut être reproduit ou divulgué sans autorisation écrite préalable.

BUSINESS UNIT TRANSPORT / ENERGY / DEFENCE		ORGANISME EMETTEUR 		Siège social ZAC du Grand Noble Avenue Normandie Niémen 31700 BLAGNAC	
CLASSIFICATION			Marché ou contrat		
Secret militaire	Secret industriel		Numéro du marché ou du contrat	Organisme client	
-	-		ENV/19/54 - E3046	EGIS	
Contractuel	Lot	Poste	Programme		
OUI	-	-	-		
TITRE : EGIS - Modélisations de phénomènes dangereux - Projet E3046					
Identification du document			Nombre de pages		
APSYS : [BUTED]/FTED190175/NT/19-00948 Rev1			Texte	Planche	Annexe
(client) : -			24		
Date : 11/09/2019	Réf. du fichier : FTED190175 - EGIS - Modélisations de phénomènes dangereux - Projet E3046 - Rev1.docx		Notion d'indexage : Modélisations – Phénomènes dangereux – EGIS		
<p>Résumé d'auteur :</p> <p>Dans le cadre de ses activités de maîtrise d'ouvrage, EGIS souhaite se faire accompagner pour la réalisation de modélisation de phénomènes dangereux dans le cadre d'études réglementaires ICPE.</p> <p>Quatre projets ont été identifiés (E3014, E3046, E3017 et SDO0010P03) sur lesquels APSYS est susceptible d'intervenir pour la réalisation de modélisations.</p> <p>Ce document présente donc les modélisations réalisées dans le cadre du premier projet, à savoir E3014.</p> <p>Pour chacun des scénarios considérés, différentes méthodes de calcul ont été mise en œuvre afin d'évaluer les distances aux effets de surpression et / ou thermiques.</p>					
Auteur	Vérificateur		Approbateur		
Julien NIOL	Alban MAHON		Serge DA-MOTA		

Page de modifications

RÉVISION	DATE	PAGES MODIFIÉES	VISA
Version draft	28/05/19	-	A.MAHON
Version finale	11/06/19	§3 (titre), §4, 5 et 6 (ajout de compléments)	A. MAHON
Rev 1	10/09/19	Retrait §3.3 (scenario d'éclatement 100% ou 75% liquide non retenu à l'APR)	J.NIOL

Sommaire

1.	OBJET DE L'ETUDE	7
2.	SEUILS DES EFFETS RECHERCHÉS	7
2.1.	Effets de surpression	7
2.2.	Effets thermiques.....	8
3.	SCENARIO 1: ECLATEMENT DU BALLON CHAUDIERE	10
3.1.	Données d'entrée et hypothèses de modélisation	10
3.2.	Terme source	11
3.3.	Détermination des effets de surpression	11
4.	SCENARIO 2 : RUPTURE FRANCHE DE LA LIGNE DE GAZ NATUREL AERIENNE.....	12
4.1.	Introduction	12
4.2.	Données d'entrée et hypothèses de modélisation	12
4.3.	Termes source.....	13
4.4.	Jet enflammé	13
4.5.	UVCE et Flash Fire	14
5.	SCENARIO 3 : EXPLOSION AU SEIN DU FILTRE A MANCHES	15
5.1.	Description.....	15
5.2.	Données d'entrée et hypothèses de modélisation	15
5.3.	Modélisation de l'explosion.....	15
5.4.	Détermination des effets de surpression	15
6.	SCENARIO 4 : SCENARIO D'INCENDIE DU STOCKAGE PRODUIT	17
6.1.	Données d'entrée et hypothèses de modélisation relatives au stockage produit	17
6.1.1.	Données d'entrée	17
6.1.2.	Hypothèses de modélisation	18
6.2.	Distances aux effets thermiques obtenues	19
7.	SCENARIO 5 : SCENARIO D'INCENDIE DE LA FOSSE TAMPON DE DEPOTAGE PRODUITS.....	20
7.1.	Données d'entrée et hypothèses de modélisation relatives à la fosse tampon de dépotage produit	20

7.1.1.	Données d'entrée	20
7.1.2.	Hypothèses de modélisation	21
7.2.	Distances aux effets thermiques obtenues	22
8.	SCENARIO 6 : SCENARIO D'INCENDIE D'UN CAMION FMA 90 M3 SUR LE PONT BASCULE ENTREE	23
8.1.	Données d'entrée et hypothèses de modélisation relatives à l'incendie d'un camion FMA 90 m ³	23
8.1.1.	Données d'entrée	23
8.1.2.	Hypothèses de modélisation	24
8.2.	Distances aux effets thermiques obtenues	24

1. OBJET DE L'ETUDE

Dans le cadre de ses activités de maîtrise d'ouvrage, la société EGIS souhaite se faire accompagner pour la réalisation de diverses modélisations de phénomènes dangereux ayant traits au domaine du risque industriel.

Plusieurs projets ont été identifiés sur lesquels APSYS est susceptible d'intervenir pour la réalisation de modélisations, à savoir :

- Projet E3014 ;
- Projet E3046 ;
- Projet E3017 ;
- Projet SDO0010P03.

Ce document présente l'ensemble des modélisations réalisées dans le cadre du projet E3046, à savoir :

- Scénario 1 : Eclatement du ballon de la chaudière ;
- Scénario 2 : Rupture franche de la ligne de gaz naturel aérienne ;
- Scénario 3 : Explosion de poussière au sein du filtre à manches ;
- Scénario 4 : Incendie du stockage produit ;
- Scénario 5 : Incendie de la fosse tampon de dépotage produits ;
- Scénario 6 : Incendie d'un camion FMA 90 m3 sur le pont bascule entrée.

Pour chacun des scénarios considérés, différentes méthodes de calcul ont été mise en œuvre afin d'évaluer les distances aux effets de surpression et / ou thermique.

2. SEUILS DES EFFETS RECHERCHÉS

2.1. Effets de surpression

Ci-après sont présentés les différents effets recherchés, ainsi que les seuils qui leur sont associés. D'une manière générale, en accord avec l'arrêté du 29 septembre 2005¹ relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations soumises à autorisation, il sera recherché les zones d'effets suivantes :

- la zone des effets irréversibles pour les individus exposés qui délimite la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine » ;

¹ Arrêté du 29 septembre 2005 relatif 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. MEDD – Septembre 2005.

- la zone des premiers effets létaux, correspondant au décès potentiel de 1% des individus exposés qui délimite la « zone des dangers graves pour la vie humaine » ;
- la zone des effets létaux significatifs, correspondant au décès potentiel de 5% des individus exposés qui délimite la « zone des dangers très graves pour la vie humaine ».

Les seuils des effets létaux significatifs (SELS), des effets létaux (SEL) et des effets irréversibles (SEI), développés dans le cadre de la méthodologie française, sont les valeurs de référence pour la détermination des distances relatives aux seuils des effets de surpression dans les études de dangers des installations classées.

Les valeurs seuils sont présentées ci-après:

Pour les effets sur les structures:

- 20 mbar comme seuil des destructions significatives de vitres ;
- 50 mbar comme seuil des dégâts légers sur les structures ;
- 140 mbar comme seuil des dégâts graves sur les structures ;
- 200 mbar comme seuil des effets domino ;
- 300 mbar comme seuil des dégâts très graves sur les structures.

Pour les effets sur l'homme:

- 20 mbar comme seuil des effets délimitant la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme ;
- 50 mbar comme seuil des effets irréversibles délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine » ;
- 140 mbar comme seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine » ;
- 200 mbar comme seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine ».

2.2. Effets thermiques

Pour caractériser les effets sur l'homme, les flux ou doses suivants sont retenus :

- 8 kW/m² ou 1800 (kW/m²)^{4/3}.s défini comme le seuil des effets létaux significatifs (SELS) délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine » ;
- 5 kW/m² ou 1000 (kW/m²)^{4/3}.s défini comme le seuil des premiers effets létaux (SEL) délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine » ;
- 3 kW/m² ou 600 (kW/m²)^{4/3}.s défini comme le seuil des effets irréversibles (SEI) délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine ».

Pour caractériser les effets sur les structures, les seuils suivants sont retenus :

- 200 kW/m² comme seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes;
- 20 kW/m² comme seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et seuil des dégâts très graves sur les structures (hors béton) ;
- 16 kW/m² comme seuil d'exposition prolongée des structures et seuil des dégâts très graves sur les structures (hors béton) ;
- 8 kW/m² comme seuil des effets domino et seuil des dégâts graves sur les structures ;
- 5 kW/m² comme seuil de destructions de vitres significatives.

3. SCENARIO 1: ECLATEMENT DU BALLON CHAUDIERE

L'objet de cette étude consiste à évaluer les conséquences de la rupture d'un ballon de chaudière.

L'analyse préliminaire des risques (APR), menée par EGIS, a conclu à ne retenir qu'un seul évènement redouté qui est l'éclatement pneumatique du ballon chaudière suite à un excès de puissance de chauffe. La modélisation du phénomène présentée ici ne tient compte que des hypothèses fournies par EGIS et retenues au cours de l'APR.

3.1. Données d'entrée et hypothèses de modélisation

Les données d'entrée et hypothèses relatives à la modélisation de ce phénomène dangereux sont présentées ci-après.

Hypothèses :

- Le volume occupé par les différentes phases des produits contenus dans le ballon (eau liquide et vapeur d'eau) n'étant pas connu, il est considéré, pour ce scénario, un ballon rempli entièrement avec de la vapeur d'eau;
- Les soupapes du ballon étant considérées comme fonctionnelles, il est fait l'hypothèse d'une pression au sein du ballon lors de l'éclatement égale à celle de tarage des soupapes (145 bars).

Données d'entrée :

- Produit : Vapeur d'eau ;
- Inventaire : Volume du ballon (25 m³) ;
- Pression : 145 bars (correspond à une approche pénalisante pour ce type d'éclatement) ;
- Température : Température de saturation (Environ 340 °C) ;
- Coefficient gamma (rapport des chaleurs spécifiques) : 1,3 ;
- Prise en compte de la réflexion du sol : Oui.

3.2. Terme source

Le modèle utilisé pour l'évaluation du terme source est le calcul de l'énergie de Brode.

Voici la formule utilisée permettant le calcul de l'énergie de Brode (prenant en compte la réflexion du sol) :

$$E = \frac{2 * (P_{rupture} - P_{atm}) * V_{ballon}}{\gamma_{eau} - 1}$$

Notations :

E : l'énergie de Brode (J)

$P_{rupture}$: la pression de rupture statique du ballon

P_{atm} : la pression atmosphérique (prise égale à 1 bar)

V_{ballon} : le volume du ballon

γ_{eau} : le rapport des chaleurs spécifiques de la vapeur à la température de rupture

Energie de Brode calculée :

Energie de Brode	2400 MJ
-------------------------	----------------

3.3. Détermination des effets de surpression

Les distances associées aux effets de surpression de l'explosion ont été déterminées en exploitant les abaques de Baker.

Le tableau suivant présente les distances d'effets associées aux différents seuils de surpression à considérer (majorées à la demi-dizaine de mètres supérieure) :

SELS / Effets domino (200 mbar)	SEL (140 mbar)	SEI (50 mbar)	Seuil de destruction des vitres (20 mbar)
45 m	55 m	115 m	230 m

A noter : D'après l'arrêté du 29 septembre 2005 (dit Arrêté PIGC), la distance d'effet associée au seuil des faibles surpressions (20 mbar) est égale à deux fois la distance d'effet obtenue pour le seuil des effets irréversibles (SEI).

4. SCENARIO 2 : RUPTURE FRANCHE DE LA LIGNE DE GAZ NATUREL AERIENNE

4.1. Introduction

Ce scénario consiste à évaluer les effets d'une rupture franche 100% DN de la canalisation de gaz naturel. Du fait du stade de l'étude (état d'avant-projet) et d'une conception en cours de réalisation, deux variantes de ce scénario sont étudiées, à savoir :

- Cas 1 : Un diamètre de 250 mm et une pression de 0,3 barg ;
- Cas 2 : Un diamètre de 80 mm et une pression de 4 barg.

4.2. Données d'entrée et hypothèses de modélisation

Les données d'entrée et hypothèses relatives à la modélisation de ce phénomène dangereux sont présentées ci-après :

- Modèle : Phast 7.21 / Line rupture ;
- Produit : Gaz naturel (assimilé à du méthane, constituant majoritaire à plus de 95 %) ;
- Température : 20°C ;
- Direction du rejet : Horizontale (cas le plus pénalisant) ;
- Hauteur du rejet : 1 mètre ;
- Contribution amont :
 - Phase : gazeuse ;
 - Pression : 1,3 bar (soit 300 mbarg) pour le cas 1 / 5 bar (soit 4 barg) pour le cas 2 ;
 - Diamètre de fuite : 250 mm (diamètre de la ligne) pour le cas 1 : 80 mm pour le cas 2 ;
 - Inventaire : Considéré infini ;
- Contribution aval : Hypothèse faite de l'absence d'une contribution aval ou d'une contribution aval négligeable (le gaz naturel est en effet rapidement consommé par le process en bout de ligne) ;
- Paramètre de rugosité : 0,17 (caractéristique des sites industriels) ;
- Averaging time : 18,75 secondes ;
- L'indice multi-énergie retenu pour l'UVCE du nuage inflammable est de 4 (champ libre).

A noter : Du fait de l'indice multi-énergie retenu, les résultats de modélisation ne tiennent pas compte des éventuelles zones encombrées pouvant être atteintes par le nuage inflammable. Du fait de la présence des murs de bâtiments en champ proche du rejet, un indice multi-énergie égal à 5 a également été évalué pour tenir compte d'une potentielle zone encombrée.

4.3. Termes source

Le tableau qui suit présente les termes sources relatifs aux modélisations correspondants aux deux cas mentionnés précédemment. Ceux-ci ont été évalués à l'aide du logiciel PHAST, version 7.21.

Terme Source	Durée (s)	Phase	Débit (kg/s)	Vitesse (m/s)	Température (°C)
Méthane – Cas 1	> 3600	Gazeuse	6,3	189	16
Méthane – Cas 2	> 3600	Gazeuse	3,7	610	- 57,2

4.4. Jet enflammé

Le tableau qui suit présente les distances maximales relatives aux effets thermiques d'un jet enflammé pour une cible située à 1,5 m de hauteur par rapport au sol. La première valeur correspond à la condition météorologique F3 – 15°C et la seconde à la condition D5 – 20°C.

De manière prudente et afin de respecter les bonnes pratiques, les distances relatives aux effets thermiques du jet enflammé ont été arrondies à la demi-dizaine de mètre supérieure.

Cas 1 – 300 mbarg / DN 250 :

Effets	Flux thermique reçu	Distance depuis le point de rejet (m)
Seuil des effets irréversibles	3 kW/m ²	55 / 45
Seuil des effets létaux	5 kW/m ²	50 / 45
Seuil des effets létaux significatifs	8 kW/m ²	45 / 40

Cas 2 – 4 barg / DN 80 :

Effets	Flux thermique reçu	Distance depuis le point de rejet (m)
Seuil des effets irréversibles	3 kW/m ²	35 / 35
Seuil des effets létaux	5 kW/m ²	35 / 35
Seuil des effets létaux significatifs	8 kW/m ²	30 / 30

4.5. UVCE et Flash Fire

L'évaluation des conséquences relatives à l'UVCE ou au flash fire a été réalisée à l'aide du logiciel Phast en considérant un averaging time de 18,75 secondes.

Le tableau qui suit présente les distances d'effets associées à l'UVCE (indice de sévérité égal à 4 ou 5 pour le champ libre) et au flash fire. La première valeur correspond à la condition météorologique F3 – 15°C et la seconde à la condition D5 – 20°C

De manière prudente et afin de respecter les bonnes pratiques, les distances relatives aux effets de surpression de l'UVCE et à la LIE ont été arrondies à la demi-dizaine de mètre supérieure.

Cas 1 – 300 mbarg / DN 250 :

Indice multi-énergie	UVCE – F3 / D5 Distances d'effets mentionnées depuis le point de rejet en mètres					Distances d'effets flash fire mentionnées depuis le point de rejet (m)	
	20 mbar	50 mbar	140 mbar	200 mbar	300 mbar	SEI (1,1 x LIE)	SEL / SELS (LIE)
indice 4	120 / 105	50 / 45	- / -	- / -	- / -	39 / 33	35 / 30
Indice 5	125 / 110	60 / 55	35 / 30	25 / 25	- / -		

Cas 2 – 4 barg / DN 80 :

Indice multi-énergie	UVCE – Indice de sévérité F3 / D5 Distances d'effets mentionnées depuis le point de rejet en mètres					Distances d'effets flash fire mentionnées depuis le point de rejet (m)	
	20 mbar	50 mbar	140 mbar	200 mbar	300 mbar	SEI (1,1 x LIE)	SEL / SELS (LIE)
indice 4	35 / 30	20 / 15	- / -	- / -	- / -	22	20
Indice 5	50 / 45	25 / 20	15 / 15	15 / 10	- / -	17	15

5. SCENARIO 3 : EXPLOSION AU SEIN DU FILTRE A MANCHES

5.1. Description

Ce scénario consiste à évaluer les effets d'une explosion de poussière pouvant survenir au sein du filtre à manches. En effet, la filtration des résidus peut engendrer la formation d'un nuage de poussières ou d'imbrûlés au sein du filtre qui peut, au contact d'une source d'ignition, s'enflammer.

La modélisation de ce scénario permet l'estimation des distances aux effets de surpression engendrées par l'explosion.

5.2. Données d'entrée et hypothèses de modélisation

Le tableau suivant indique les hypothèses réalisées et les données d'entrée retenues.

Scénario	Explosion au sein du filtre à manche
Produit	Poussières / Imbrûlés
Pression de rupture statique	100 mbar ² (bardage métallique)
Volume	75 m ³
Pression de service	Pression atmosphérique
Prise en compte de la réflexion du sol	Oui
Coefficient isentropique	1,314 (Gaz brûlés)

5.3. Modélisation de l'explosion

Dans l'hypothèse d'un mélange air / poussières ou combustibles dans des proportions stœchiométriques dans le volume du filtre à manches, la pression interne est susceptible d'atteindre une valeur maximale de 8 à 10 bars absolus si la structure résiste. En réalité, la pression de rupture statique de l'enceinte est estimée à environ 100 mbar relatifs (bardage métallique).

A. Lannoy, dans le document : « Analyse des explosions accidentelles réelles, Evaluation du rendement d'explosion pour la prévision des effets de surpression », indique que, lors d'une montée rapide en pression interne, comme on peut l'observer lors d'une explosion interne, la surpression maximale de l'explosion est de l'ordre de deux à trois fois la surpression statique de rupture. La surpression maximale de l'explosion est donc fixée à 300 mbar relatifs. Afin d'évaluer les distances d'effets de surpression, on considère l'éclatement du filtre à manches à une pression de 300 mbar, en mettant en œuvre la méthode de Baker.

5.4. Détermination des effets de surpression

La formule de Brode permet de calculer l'énergie de détente du produit, disponible pour la propagation d'une onde de surpression. La lecture de l'abaque de Baker permet ensuite la détermination des distances d'effets suivantes.

² Pression de rupture du filtre à manche retenu en considérant la valeur « haute » de la pression de rupture du bardage métallique selon le tableau 3 (Ordre de grandeurs de la résistance des matériaux) du document INERIS – « Guide de l'état de l'art sur les silos – version 3 ».

Le tableau suivant présente les distances aux effets de surpression obtenues pour ce scénario. Selon les bonnes pratiques actuelles, les distances aux effets de surpression ont été arrondies à la demi-dizaine de mètre supérieure.

Evénement initiateur	Explosion de poussière / d'imbrûlés
300 mbar	< 10 m
200 mbar	< 10 m
140 mbar	10 m
50 mbar	20 m
20 mbar	40 m

A noter : D'après l'arrêté du 29 septembre 2005 (dit Arrêté PIGC), la distance d'effet associée au seuil des faibles surpressions (20 mbar) est égale à deux fois la distance d'effet obtenue pour le seuil des effets irréversibles (SEI).

6. SCENARIO 4 : SCENARIO D'INCENDIE DU STOCKAGE PRODUIT

Le scénario envisagé est l'incendie généralisé du stockage produit. Les conséquences de ce scénario d'incendie sont évaluées à partir des informations fournies par la société EGIS ainsi que d'hypothèses s'inscrivant dans une démarche sécuritaire.

La modélisation de ce scénario d'incendie permet l'évaluation des distances aux effets thermiques engendrées par les flammes de l'incendie.

6.1. Données d'entrée et hypothèses de modélisation relatives au stockage produit

6.1.1. Données d'entrée

Configuration du stockage :

La zone de stockage est un bâtiment d'une surface de 450 m² pour un volume maximale stocké d'environ 6600 m³. Les dimensions approchées de celui-ci sont les suivantes :

- Longueur : 32 m ;
- Largeur : 14 m ;
- Hauteur : 33 m (dont 15 m pour le stockage lui-même).

La figure ci-dessous présente une vue du stockage de matières combustibles (encadré rouge).

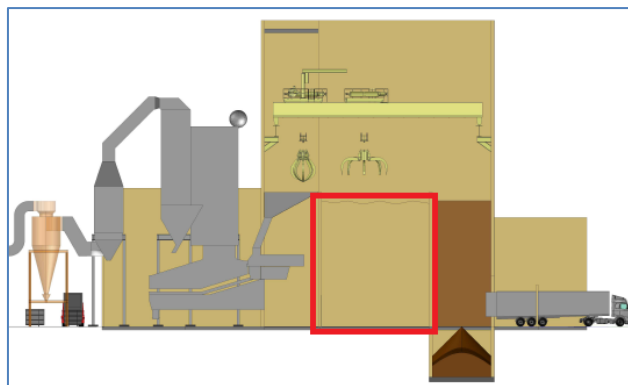


Figure 1: Vue de côté du stockage de matières combustibles (encadré rouge)

Résistance thermique au feu de la structure :

Selon les informations fournies par la société EGIS, les différentes parois latérales du stockage produit sont REI 120 min.

Il est à noter la présence d'un mur REI 120 d'une hauteur d'environ 15 m positionnés entre la partie « stockage produit » et la zone « fosse tampon de dépotage produit ».

La toiture du bâtiment située à environ 33 m de hauteur par rapport au sol ne comporte pas de résistance au feu particulière.

Charge combustible mobilisable dans le stockage produit :

Deux types de mélanges combustibles seront utilisés au sein de l'installation, à savoir :

- Mix combustible 2022 – Gisement initial ;
- Mix combustible 2032 – Gisement à termes.

Les principales propriétés physiques (PCI et masse volumique) relatives aux deux types de mélanges combustibles ont été fournies par la société EGIS et sont présentés dans le tableau ci-après :

Combustible	Volume	Masse volumique	Masse de combustible	PCI
Mix 2022	6600 m ³	286 kg/m ³	Environ 1 880 tonnes	Environ 15 MJ/kg
Mix 2032		238 kg/m ³	Environ 1 571 tonnes	Environ 15 MJ/kg

6.1.2. Hypothèses de modélisation

Les principales hypothèses de modélisation retenues pour ce scénario d'incendie sont les suivantes :

- Surface en feu : 450 m² soit la totalité de la surface du stockage ;
- Résistance au feu de la structure : 4 parois latérales REI 120 uniquement ;
- Vitesse de combustion retenue³ : 0,02 kg/m²/s ;
- Calcul de la hauteur des flammes : Corrélation d'Heskestad⁴ ;
- Modèle utilisé : Modèle de la flamme solide ;
- Calcul de la radiance des flammes : Utilisation d'un calcul analytique en considérant une fraction radiative de 30%⁵.
- PCI retenu (Mix 2022 et Mix 2032) : 15 MJ/kg ;

Remarque 1 : En considérant l'inventaire massique du stockage, la surface ainsi que la vitesse de combustion retenue, un calcul théorique de la durée d'incendie permet d'obtenir les ordres de grandeurs suivants :

- Durée d'incendie de 58 h pour le combustible Mix 2022 ;
- Durée d'incendie de 48,5 h pour le combustible Mix 2032.

Au vu de ces valeurs, il convient donc d'évaluer les distances aux effets thermiques avec et sans résistance au feu de la structure. En effet, devant la durée d'incendie considéré, il convient d'étudier les effets thermiques au-delà de 120 min.

Remarque 2 : Bien que la durée de l'incendie soit estimée supérieure à 120 min, l'incendie généralisé du stockage et de la fosse tampon n'est ici pas étudié. En effet, la fosse tampon se situant à une hauteur par rapport au sol de -6 m et ayant une largeur de l'ordre de 4 m, le facteur de vue entre les produits

³ Vitesse de combustion classiquement retenu pour des incendies de combustibles solides.

⁴ La corrélation d'Heskestad possède un domaine de validité important en termes de produits ou de type d'incendies (solides ou liquides combustibles) et constitue une approximation raisonnable pour un grand nombre d'incendies. De plus, la corrélation d'Heskestad permet de tenir compte de la puissance de l'incendie

⁵ La fraction radiative varie de 40%, pour les feux de petit diamètre, à 5% pour les feux de grand diamètre. Dans une approche prudente (diamètre équivalent de 38 m, feu de taille « moyenne »), et de façon usuelle dans les études d'analyse de risque incendie, une valeur de 30% est retenue pour le calcul.

combustibles et les flammes de l'incendie est très limité (hauteur maximale de produits dans la fosse tampon de l'ordre de 3 m d'après le volume fourni par la société EGIS).

6.2. Distances aux effets thermiques obtenues

Les résultats de modélisation sont les suivants :

- Hauteur de flamme : 6 m (à partir de la hauteur de combustible) ;
- Radiance des flammes : 41,2 kW/m² ;
- Puissance de l'incendie de l'ordre de 115 MW.

Le tableau qui suit présente les distances aux effets thermiques pour les données d'entrée et hypothèses présentées aux paragraphes précédents. Selon les bonnes pratiques actuelles, les distances d'effets calculées sont arrondies à la demi-dizaine de mètres supérieure.

Pour chacun des seuils considérés, deux valeurs sont présentées. La première correspond à la prise en compte des parois REI120 et la seconde correspond aux distances d'effets sans prise en compte des murs latéraux.

	20 kW/m ²	16 kW/m ²	8 kW/m ² (SELS et effets dominos)	5 kW/m ² (SPEL)	3 kW/m ² (SEI)
Effets face à la longueur du stockage produit	NA ⁶ / < 10 m	NA / 10 m	NA / 15 m	NA / 20 m	NA / 25 m
Effets face à la largeur du stockage produit	NA / < 10 m	NA / < 10 m	NA / 10 m	NA / 15 m	NA / 20 m

⁶ NA : Effet non-atteint.

7. SCENARIO 5 : SCENARIO D'INCENDIE DE LA FOSSE TAMPON DE DEPOTAGE PRODUITS

Le scénario envisagé est l'incendie généralisé de la fosse tampon de stockage produits. Les conséquences de ce scénario d'incendie sont évaluées à partir des informations fournies par la société EGIS ainsi que d'hypothèses s'inscrivant dans une démarche sécuritaire.

La modélisation de ce scénario d'incendie permet l'évaluation des distances aux effets thermiques engendrées par les flammes de l'incendie.

7.1. Données d'entrée et hypothèses de modélisation relatives à la fosse tampon de dépôtage produit

7.1.1. Données d'entrée

Configuration de la zone tampon de dépôtage produit :

La zone tampon de dépôtage produit consiste en 3 fosses, associées respectivement aux 3 produits combustibles utilisés pour la réalisation des mélanges Mix 2022 et Mix 2032 (selon la date d'exploitation du site). Cette zone consiste en une portion d'une surface de 123 m² pour un volume maximale stocké d'environ 371 m³. Cette zone est attenante à la longueur du stockage produit et « enterré » par rapport au sol (niveau – 6 m). Les dimensions approchées de celui-ci sont donc les suivantes :

- Longueur : 32 m ;
- Largeur : 4 m ;
- Hauteur : 6 m pour la fosse (enterrée), puis 33 m pour les murs latéraux du bâtiment. La séparation fosse / stockage est de 15 m.

La figure ci-dessous présente une vue de la fosse tampon de matières combustibles (encadré noir) située à proximité du stockage produit.

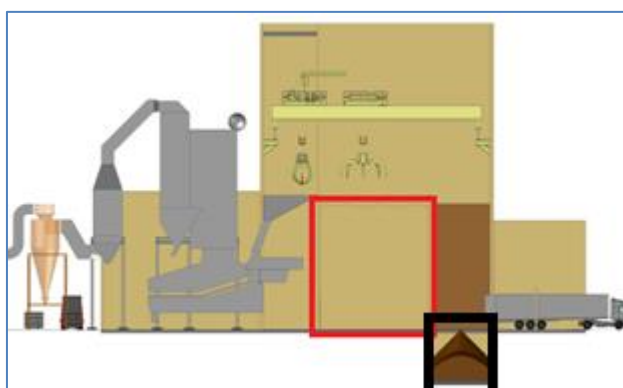


Figure 2: Vue de côté du stockage de matières combustibles (encadré noir)

Résistance thermique au feu de la structure :

Selon les informations fournies par la société EGIS, les différentes parois latérales de la fosse tampon sont REI 120 min. Les murs latéraux du bâtiment comprenant la zone de stockage produit sont également REI 120.

La toiture du bâtiment située à environ 33 m de hauteur par rapport au sol ne comporte pas de résistance au feu particulière.

Charge combustible mobilisable dans la fosse tampon :

Trois types de produits combustibles utilisés pour générer les Mix 2022 et Mix 2032 peuvent être présents dans les fosses tampon, à savoir :

- Déchets de pulpeur de l'industrie papetière ;
- BFVBD ;
- CSR.

Les principales propriétés physiques (PCI et masse volumique) relatives aux trois types de produits combustibles ont été fournies par la société EGIS et sont présentés dans le tableau ci-après :

Combustible	Masse volumique	PCI
Déchets de pulpeur de l'industrie papetière	150 kg/m ³	Environ 12 MJ/kg
BFVBD	300 kg/m ³	Environ 15 MJ/kg
CSR	250 kg/m ³	Environ 16,1 MJ/kg

7.1.2. Hypothèses de modélisation

Les principales hypothèses de modélisation retenues pour ce scénario d'incendie sont les suivantes :

- Surface en feu : 123 m² soit la totalité de la fosse tampon (environ 32 m x 4 m) ;
- Résistance au feu de la structure : 4 parois latérales REI 120 uniquement ;
- Vitesse de combustion retenue⁷ : 0,02 kg/m²/s ;
- Calcul de la hauteur des flammes : Corrélation d'Heskestad⁸ ;
- Modèle utilisé : Modèle de la flamme solide ;
- Calcul de la radiance des flammes : Utilisation d'un calcul analytique en considérant une fraction radiative de 30%⁹.
- PCI retenu : 16,1 MJ/kg (le produit retenu est celui ayant le pouvoir calorifique le plus élevé) ;

Remarque : En considérant un inventaire de 370 m³ (donnée fournie par la société EGIS), la surface ainsi que la vitesse de combustion retenue, un calcul théorique de la durée d'incendie permet d'obtenir les ordres de grandeurs suivants :

- Durée d'incendie de 6,5 h pour des fosses tampon remplies uniquement de déchet de pulpeur de l'industrie papetière ;
- Durée d'incendie de 12,5 h pour des fosses tampon remplies uniquement du produit BFVBD ;

⁷ Vitesse de combustion classiquement retenue pour des incendies de combustibles solides.

⁸ La corrélation d'Heskestad possède un domaine de validité important en termes de produits ou de type d'incendies (solides ou liquides combustibles) et constitue une approximation raisonnable pour un grand nombre d'incendies. De plus, la corrélation d'Heskestad permet de tenir compte de la puissance de l'incendie

⁹ La fraction radiative varie de 40%, pour les feux de petit diamètre, à 5% pour les feux de grand diamètre. Dans une approche prudente (diamètre équivalent de 38 m, feu de taille « moyenne »), et de façon usuelle dans les études d'analyse de risque incendie, une valeur de 30% est retenue pour le calcul.

- Durée d'incendie de 10,5 h pour des fosses tampon remplies uniquement du produit CSR.

Au vu de ces valeurs, il convient donc d'évaluer les distances aux effets thermiques avec et sans résistance au feu de la structure. En effet, devant la durée d'incendie considéré, il convient d'étudier les effets thermiques au-delà de 120 min.

7.2. Distances aux effets thermiques obtenues

Les résultats de modélisation sont les suivants :

- Hauteur de flamme : 12,1 m (à partir de la hauteur de combustible) ;
- Radiance des flammes : 12,4 kW/m² ;
- Puissance de l'incendie de l'ordre de 41 MW.

Le tableau qui suit présente les distances aux effets thermiques pour les données d'entrée et hypothèses présentées aux paragraphes précédents. Selon les bonnes pratiques actuelles, les distances d'effets calculées sont arrondies à la demi-dizaine de mètres supérieure.

Pour chacun des seuils considérés, deux valeurs sont présentées. La première correspond à la prise en compte des parois REI120 et la seconde correspond aux distances d'effets en considérant uniquement des hauteurs de paroi REI120 égales à 6 m (du fait de la fosse tampon « enterrée » au niveau – 6 m).

Du fait du niveau – 6 m de la fosse, la hauteur retenue pour l'évaluation des distances aux effets thermiques est de 7,5 m. Cela permet de considérer une cible à 1,5 m au-dessus du sol.

	20 kW/m ²	16 kW/m ²	8 kW/m ² (SELS et effets dominos)	5 kW/m ² (SPEL)	3 kW/m ² (SEI)
Effets face à la longueur du stockage produit	NA ¹⁰ / NA	NA / NA	NA / < 10 m	NA / 10 m	NA / 10 m
Effets face à la largeur du stockage produit	NA / NA	NA / NA	NA / < 10 m	NA / < 10 m	NA / 10 m

¹⁰ NA : Effet non-atteint.

8. SCENARIO 6 : SCENARIO D'INCENDIE D'UN CAMION FMA 90 M3 SUR LE PONT BASCULE ENTREE

Le scénario envisagé est l'incendie généralisé d'un camion FMA de 90 m³ au niveau du pont bascule situé à l'entrée du site. Les conséquences de ce scénario d'incendie sont évaluées à partir des informations fournies par la société EGIS (dimensions du camion notamment) ainsi que d'hypothèses s'inscrivant dans une démarche sécuritaire.

La modélisation de ce scénario d'incendie permet l'évaluation des distances aux effets thermiques engendrées par les flammes de l'incendie.

8.1. Données d'entrée et hypothèses de modélisation relatives à l'incendie d'un camion FMA 90 m³

8.1.1. Données d'entrée

Caractéristique du camion et de son chargement :

Le camion FMA 90 m³ possède une emprise au sol (selon les informations fournies par la société EGIS) d'environ 42,5 m² (17 m x 2,5 m). Celui-ci permet l'acheminement des 3 produits combustibles utilisés pour la réalisation des mélanges Mix 2022 et Mix 2032 (selon la date d'exploitation du site)

Charge combustible mobilisable:

La charge combustible mobilisable dans ce scénario consiste en la charge calorifique du poids-lourd (carburant, pneumatiques, etc.) ainsi que la charge calorifique associée au chargement (produit combustible).

Trois types de produits combustibles utilisés pour générer les Mix 2022 et Mix 2032 peuvent être acheminés par le camion FMA 90 m³ à savoir :

- Déchets de pulpeur de l'industrie papetière ;
- BFVBD ;
- CSR.

Les principales propriétés physiques (PCI et masse volumique) relatives aux trois types de produits combustibles ont été fournies par la société EGIS et sont présentés dans le tableau ci-après. L'inventaire ainsi que la charge calorifique correspondante sont également présentés :

Combustible	Volume	Masse volumique	Inventaire	PCI	Charge calorifique
Déchets de pulpeur de l'industrie papetière	90 m ³	150 kg/m ³	Environ 13,5 tonnes	Environ 12 MJ/kg	162 000 MJ
BFVBD		300 kg/m ³	Environ 27 tonnes	Environ 15 MJ/kg	405 000 MJ
CSR		250 kg/m ³	Environ 22,5 tonnes	Environ 16,1 MJ/kg	362 250 MJ

8.1.2. Hypothèses de modélisation

Les principales hypothèses de modélisation retenues pour ce scénario d'incendie sont les suivantes :

- Surface en feu : 42,5 m² soit la totalité de l'emprise au sol du camion;
- Vitesse de combustion retenue¹¹ : 0,02 kg/m²/s ;
- Calcul de la hauteur des flammes : Corrélation d'Heskestad¹² ;
- Modèle utilisé : Modèle de la flamme solide ;
- Calcul de la radiance des flammes : Utilisation d'un calcul analytique en considérant une fraction radiative de 30%¹³ ;
- Puissance maximale de l'incendie : 100 MW (prise par analogie avec le profil de feu proposé par le CETU¹⁴ pour un incendie de poids-lourd avec charge très fortement combustible).

Remarque : En considérant un inventaire de 90 m³, la surface ainsi que la vitesse de combustion retenue, un calcul théorique de la durée d'incendie permet d'obtenir les ordres de grandeurs suivants :

- Durée d'incendie de 4,5 h pour un camion FMA de déchet du pulpeur Biosynergie ;
- Durée d'incendie de 9 h pour un camion FMA de produit BFVBD;
- Durée d'incendie de 7,5 h pour un camion FMA de produit CSR.

8.2. Distances aux effets thermiques obtenues

Les résultats de modélisation sont les suivants :

- Hauteur de flamme : 20,5 m ;
- Radiance des flammes : 35,7 kW/m² ;
- Puissance de l'incendie de l'ordre de 100 MW.

Le tableau qui suit présente les distances aux effets thermiques pour les données d'entrée et hypothèses présentées aux paragraphes précédents. Selon les bonnes pratiques actuelles, les distances d'effets calculées sont arrondies à la demi-dizaine de mètres supérieure.

¹¹ Vitesse de combustion classiquement retenu pour des incendies de combustibles solides.

¹² La corrélation d'Heskestad possède un domaine de validité important en termes de produits ou de type d'incendies (solides ou liquides combustibles) et constitue une approximation raisonnable pour un grand nombre d'incendies. De plus, la corrélation d'Heskestad permet de tenir compte de la puissance de l'incendie

¹³ La fraction radiative varie de 40%, pour les feux de petit diamètre, à 5% pour les feux de grand diamètre. Dans une approche prudente (diamètre équivalent de 38 m, feu de taille « moyenne »), et de façon usuelle dans les études d'analyse de risque incendie, une valeur de 30% est retenue pour le calcul.

¹⁴ CETU (Centre d'Etudes des Tunnels) – « Guide des dossiers de sécurité des tunnels routiers – Fascicule 4 – Les études spécifiques des dangers (ESD) » - Figure 11.

	20 kW/m ²	16 kW/m ²	8 kW/m ² (SELS et effets dominos)	5 kW/m ² (SPEL)	3 kW/m ² (SEI)
Effets face à la longueur du camion	< 10 m	< 10 m	15 m	20 m	30 m
Effets face à la largeur du camion	< 10 m	< 10 m	< 10 m	< 10 m	< 10 m