Réf. : 021592-262-DE001-B

INGEA

Evaluation des effets associés à différentes situations accidentelles - Futur site LISI Aerospace à CHAUMONT

Approuvé par	VACHON Marc	Expert Senior Maîtrise des Risques Industriels	Marc Vachon — Signature numérique de Marc Vachon Date : 2020.03.06 11:54:44 +01'00'
Vérifié par	SERAL Yann	Ingénieur Maîtrise des Risques Industriels	Seral — Signature numérique de Seral Date : 2020.03.06 11:53:16 +01'00'
Rédigé par	VACHON Marc	Expert Senior Maîtrise des Risques Industriels	Marc Vachon — Signature numérique de Marc Vachon Date : 2020.03.06 11:50:58 +01'00'
	Nom et Prénom	Fonction	Visa

Historique des évolutions

Indice	Date	Modifications (raisons principales, paragraphes et pages concernés)	Rédacteur / Vérificateur
A	02/2020	Première version	M. VACHON/ Y. SERAL
B	03/2020	Séparation du rapports en deux parties (un pour les situations accidentelles, un pour les rejets chroniques)	M. VACHON/ Y. SERAL

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

SOMMAIRE

SOMMAIRE **3**

1. OBJET DU DOCUMENT **5**

2. DOCUMENTATION DE REFERENCE **6**

3. METHODES MISES EN ŒUVRE **7**

3.1. Logiciel utilisé 7

3.2. Conditions de dispersion 7

3.3. Dispersion de vapeurs d'acide fluorhydrique 8

3.4. Dispersion de fumées d'incendie 8

3.5. Inflammation suite à un rejet de gaz naturel 8

3.6. Seuils d'effets 9

3.6.1. Effets toxiques 9

3.6.2. Effets de surpression 10

4. ETUDE DES DIFFERENTES CONFIGURATIONS **11**

4.1. Rejet accidentel de HF depuis une cheminée suite à un épandage dans un local 11

4.1.1. Données 11

4.1.2. Débit d'évaporation 11

4.1.3. Terme source à la cheminée 12

4.1.4. Distances d'effets 12

4.2. Evaporation d'une nappe de HF en extérieur suite à un épandage lors d'une opération de livraison 13

4.2.1. Données 13

4.2.2. Débits d'évaporation 14

4.2.3. Distances d'effets 15

4.3. Rupture d'une canalisation de gaz 16

4.3.1. Données 16

4.3.2. Masse explosive 16

4.3.3. Choix de la force d'explosion 17

4.3.4. Distances d'effets 17

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

4.4. Emission de fumées d'incendie par des trappes de désenfumage suite à un départ de feu sur une ligne de traitement 18
4.4.1. Données 18
4.4.2. Terme source 19
4.4.3. Résultats 20

ANNEXE - TENSION DE VAPEUR DES SOLUTIONS DE HF EN FONCTION DE LA TEMPERATURE 22

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

1. OBJET DU DOCUMENT

La société LISI AEROSPACE envisage la construction d'une usine de fabrication de pièces métalliques pour l'aéronautique à Chaumont (52).

INGEA Ingénierie est en charge de l'établissement de la demande d'autorisation d'exploiter.

Dans ce cadre, les conséquences de phénomènes dangereux, liés à des situations accidentelles, sont à caractériser. Les configurations envisagées sont les suivantes :

- rejet accidentel de HF depuis une cheminée, suite à un épandage dans un local,
- rejet accidentel de HF au niveau du sol en extérieur suite à un épandage lors d'une opération de livraison,
- explosion suite à une fuite sur une canalisation de gaz,
- émission de fumées d'incendie par des trappes de désenfumage suite à un départ de feu sur une ligne de traitement.

Le présent document constitue le rapport établi à l'issue de l'étude.

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

2. DOCUMENTATION DE REFERENCE

DR01	INGEA 16-004 F2022 LISI	Courriel du 3/02/2020
DR02	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	NOR : DEVP1013761C
DR03	INERIS - Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35) : Toxicité et dispersion des fumées d'incendie, Phénoménologie et modélisation des effets	DRA35-Ω16 (17/03/2005)
DR04	A. LANNOY Analyse des explosions air-hydrocarbure en milieu libre	EDF – Bulletin de la Direction des Etudes et Recherches – Série A – Numéro 4 (1984)
DR05	Committee for the Prevention of Disasters Guidelines for Quantitative Risk Assessment TNO Purple Book CPR 18E	1999
DR06	Guide des méthodes d'évaluation des effets d'une explosion de gaz à l'air libre Rapport INERIS DRA - YMo/YMo - 1999 – 20433	Juillet 1999
DR07	C.B. KEIL, T.R. ANTHONY, C.E. SIMMONS Mathematical Models for Estimating Occupational Exposure to Chemicals	2nd Edition
DR08	A.H. LANDROCK Handbook of Plastics Flammability and Combustion Toxicolgy	Noyes Publication (1983)
DR09	SFPE Handbook of Fire Protection Engineering NFPA	2nd Edition (1995)

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

3. METHODES MISES EN ŒUVRE

3.1. Logiciel utilisé

Les différentes évaluations sont réalisées à l'aide du logiciel PHAST®, version 6.7.

3.2. Conditions de dispersion

Les conditions atmosphériques influent sur la dispersion des gaz inflammables et/ou toxiques. La circulaire du 10 mai 2010 [DR02] précise les différentes conditions à retenir.

Dans la grande majorité des cas, les conditions dites 3F (représentatives des conditions nocturnes) et 5D (représentatives des conditions diurnes), sont considérées. Les caractéristiques de ces conditions sont détaillées dans le tableau ci-dessous :

	Conditions 3F	Conditions 5D
Classe de stabilité	F (stable)	D (neutre)
Vitesse du vent	3 m/s	5 m/s
Température ambiante	15°C	20°C
Température du sol	15°C	20°C
Humidité relative de l'air	70%	70%

Tableau 1 : Détails des conditions atmosphériques 3F et 5D

Dans le cas d'un rejet vertical, d'un rejet de gaz léger ou d'un rejet en altitude ayant pour conséquence une dispersion toxique, il convient de prendre en compte des conditions atmosphériques complémentaires :

Stabilité atmosphérique (Classes de Pasquill)	Vitesse de vent (m/s)
A	3
B	3 et 5
C	5 et 10
D	5 et 10
E	3
F	3

Tableau 2 : Détails des conditions atmosphériques à utiliser pour un rejet vertical ou un rejet de gaz léger ou un rejet en altitude

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

La température de l'atmosphère et du sol peut être fixée à 20°C pour les conditions de stabilité atmosphérique comprises entre A et E et à 15°C pour la condition de stabilité atmosphérique F. L'humidité relative est prise égale à 70%.

La hauteur des rugosités au sol est fixée à 950 mm, caractéristique d'un site industriel. Cette valeur pénalisante du point de vue de la dispersion (une importante hauteur de rugosité contribue à augmenter la hauteur de la couche limite atmosphérique, réduire la vitesse à proximité du sol et par conséquent diminuer l'influence des effets de dilution).

3.3. Dispersion de vapeurs d'acide fluorhydrique

Le comportement de l'acide fluorhydrique est particulier. Avant évaporation complète, des aérosols se forment et le nuage commence par se disperser comme un gaz lourd (tendance à retomber vers le sol) puis comme un gaz léger (tendance à s'élever en altitude). Un modèle spécifique a été développé dans PHAST®, pour reproduire ce phénomène, dont l'occurrence est essentiellement fonction du débit et des conditions de stabilité atmosphérique.

Les neuf conditions atmosphérique mentionnées Tableau 2 du paragraphe 3.2 sont retenues (comportement de gaz léger après évaporation).

3.4. Dispersion de fumées d'incendie

Les fumées d'incendie sont des gaz légers émis verticalement en altitude. Les neuf conditions atmosphérique mentionnées Tableau 2 du paragraphe 3.2 sont retenues.

3.5. Inflammation suite à un rejet de gaz naturel

Le gaz naturel est assimilé au méthane. Le rejet se fait à l'intérieur d'un bâtiment. En cas d'inflammation, il va se produire une explosion. Les effets thermiques sont confinés à l'intérieur du bâtiment ; en revanche des effets de surpression sont susceptibles d'affecter l'environnement extérieur du fait de la rupture de surfaces faibles, par exemple des bardages extérieurs ou la toiture.

Les effets de surpression sont évalués à l'aide de la méthode multi-énergies, le choix de la force d'explosion étant fonction de l'encombrement et du confinement de la zone dans laquelle se fait le rejet ainsi que de l'énergie d'allumage.

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

3.6. Seuils d'effets

3.6.1. Effets toxiques

Dans le cas où les dispersions d'espèces toxiques sont étudiées sur une durée d'une heure, les seuils d'effets pour les espèces susceptibles d'être émises sont les suivants :

Composé toxique	HF	NO_2	HCN
Seuil des effets irréversibles sur une heure (ppm)	100	40	7,1 (AEGL-2)
Seuil des premiers effets létaux sur une heure (ppm)	189	70	41
Seuil des effets létaux significatifs sur une heure (ppm)	283	73	63

Tableau 3 : Seuils des effets toxiques

Dans le cas d'un mélange de substances toxiques, les effets sont combinés suivant la loi d'additivité mentionnée par l'INERIS dans son ouvrage référencé OMEGA 16 [DR03]. Le seuil équivalent noté $Seuil_{équivalent}$ d'effet toxique est calculé selon la formule suivante :

$$\frac{1}{Seuil_{equivalent}} = \Sigma \frac{Xi}{Seuil_i}$$

Avec :

X_i : fraction molaire de la substance i,

$Seuil_i$: seuil d'effet de la substance i.

Remarque : pour des durées d'exposition inférieures à une heure, les seuils sont indiqués au cas par cas dans la suite du document.

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

3.6.2. Effets de surpression

Pour les effets de surpression, les seuils retenus sont les suivants :

Seuil	Définition
20 mbar SEI indirects	Effets sur les structures : Seuil des destructions significatives de vitres Effets sur l'homme : Seuil des Effets Irréversibles : effets indirects par bris de vitre sur l'homme
50 mbar SEI	Effets sur les structures : Seuil des dégâts légers sur les structures Effets sur l'homme : Seuil des Effets Irréversibles : dangers significatifs pour la vie humaine
140 mbar SEL1%	Effets sur les structures : Seuil des dégâts graves sur les structures Effets sur l'homme : Seuil des Effets Létaux à 1% : dangers graves pour la vie humaine
200 mbar Domino SEL5%	Effets sur les structures : Seuil des effets domino Effets sur l'homme : Seuil des Effets Létaux à 5% : dangers très graves pour la vie humaine

Tableau 4 : Seuils des effets de surpression

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

4. ETUDE DES DIFFERENTES CONFIGURATIONS

Les données de base prises en compte sont issues de la référence [DR01].

4.1. Rejet accidentel de HF depuis une cheminée suite à un épandage dans un local

4.1.1. Données

Il est fait l'hypothèse de l'épandage d'un fût de 200 litres de solution de HF à 70% à l'intérieur du local de dépotage dont la surface au sol est de 208 m^2. En prenant en compte une épaisseur maximale de nappe de 1 cm sur une surface imperméabilisée [DR04], la surface maximale couverte est de 20 m^2.

La hauteur du local est de 6 m. Le volume du local vaut 1 248 m^3.

La ventilation mécanique assure un renouvellement d'air de 2 volumes par heure, soit 2 496 m^3/h.

L'air extrait est évacué par une cheminée de 400 mm de diamètre débouchant à 7,90 m de haut.

La hauteur des bâtiments alentours n'excède pas 6 m de telle sorte que le rejet ne se trouve pas influencé par les effets de traînée (le bâtiment peut être supposé isolé).

La durée du rejet est fixée à une heure.

4.1.2. Débit d'évaporation

S'agissant d'un rejet en intérieur, la vitesse de convection de l'air au-dessus de la nappe est faible (de l'ordre du centimètre par seconde). De ce fait le débit d'évaporation est calculé à l'aide du modèle conçu par l'AIHA (American Industrial Hygiene Association) [DR07] et mis à disposition par l'INRS. Ce modèle est bien adapté au calcul des rejets en intérieur.

La courbe donnant la tension de vapeur de HF en fonction de la température pour des solutions à différentes concentrations est reproduite en annexe.

Avec les données suivantes :

- Tension de vapeur de HF à 20°C : 21 465 Pa,
- Surface de la nappe : 20 m^2,
- Vitesse de convection au-dessus de la nappe : 10 cm/s,

Le débit d'évaporation est de l'ordre de 3 g/s. Compte tenu de la ventilation, la concentration moyenne à l'intérieur du local sur une durée d'une heure est évaluée à 2 456 mg/m^3 ou encore 876 ppm volumiques.

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

4.1.3. Terme source à la cheminée

Sur la base de la concentration moyenne, en supposant le débit volumique conservé (rejet de 2,2 m^3/h de HF et 2 493,8 m^3/h d'air), le terme source finalement pris en compte est le suivant :

Terme source rejet à la cheminée	
Débit de HF à la cheminée	0,0017 kg/s
Débit d'air à la cheminée	0,83 kg/s
Hauteur de la cheminée	7,9 m
Diamètre de la cheminée	400 mm
Température	20°C

Tableau 5 : Rejet accidentel à la cheminée – Terme source

4.1.4. Distances d'effets

La vitesse de rejet est évaluée à 5,5 m/s.

Aucun effet n'est atteint au sol comme le montre la figure ci-dessous (concentration de 100 ppm correspondant aux effets irréversibles dans les différentes conditions atmosphériques).

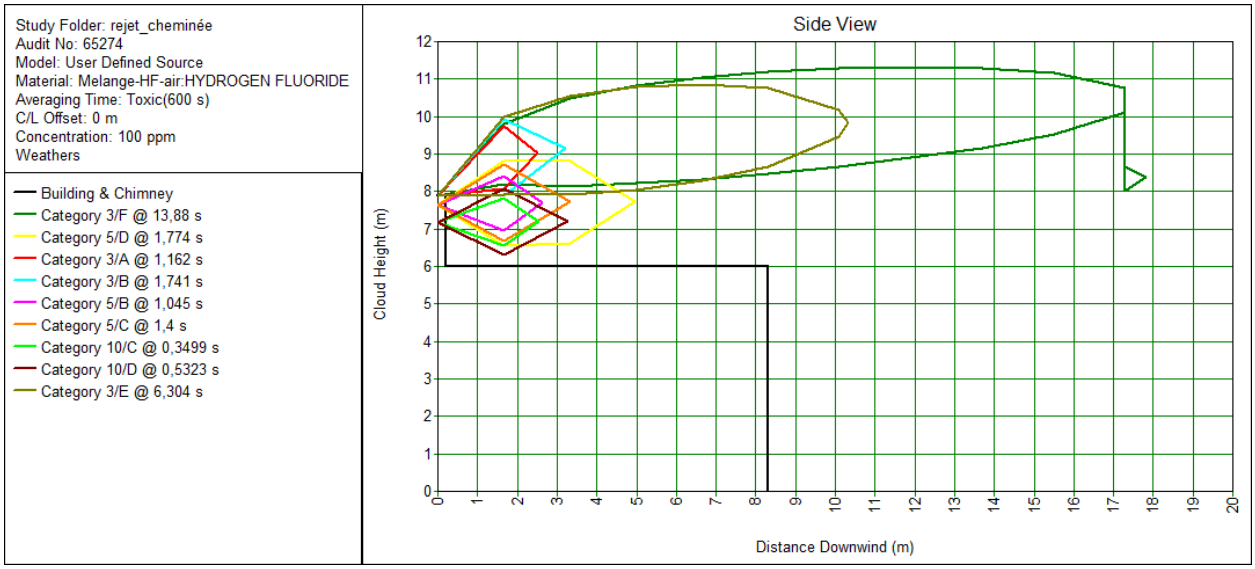


Figure 1 : Rejet accidentel de HF à la cheminée du local de dépotage

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

4.2. Evaporation d'une nappe de HF en extérieur suite à un épandage lors d'une opération de livraison

4.2.1. Données

Il est fait l'hypothèse de l'épandage d'un fût de 200 litres de solution de HF à 70% sur une surface imperméabilisée. En cas d'épandage, les pentes du sol au niveau de l'aire de dépotage font que la solution se trouve récupérée dans un caniveau fermé puis dirigée vers une rétention couverte.

Compte tenu de la présence de ce système de collecte, du faible volume répandu et de la faible distance entre le bord de la zone de dépotage et le caniveau, le temps de séjour de la nappe à l'extérieur est limité, de l'ordre de quelques dizaines de secondes au maximum. Il est par conséquent fait l'hypothèse d'une évaporation à l'extérieur sur une durée d'une minute.

En prenant en compte une épaisseur maximale de nappe de 1 cm sur une surface imperméabilisée [DR04], la surface maximale couverte est de 20 m^2.

Les seuils d'effets toxiques du HF sur différentes durées d'exposition sont les suivants :

Temps (minutes)	Effets irréversibles (ppm)	Premiers effets létaux (ppm)	Effets létaux significatifs (ppm)
1	ND	11 100	17 147
10	600	1 123	1 705
20	ND	563	851
30	200	377	567
60	100	189	283

Tableau 6 : Seuils d'effets toxiques du HF en fonction du temps d'exposition

La loi de HABER donnant les doses d'effets D en fonction de la concentration C et du temps d'exposition t prend la forme :

D = Ct (exposant d'isotoxicité de 1)

La durée la plus faible pour laquelle des valeurs sont disponibles est de 10 minutes. Les calculs sont donc réalisés en termes de doses pour une durée d'évaporation d'une minute et un temps d'exposition de 10 minutes.

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

4.2.2. Débits d'évaporation

Le débit d'évaporation est calculé à l'aide de la relation de Matsugu et Mac Kay :

$$m'' = 4{,}78.10^{-3}\,(u_w)^{0{,}78}\,(2r)^{-0{,}11}\,(Sc)^{-0{,}67}\,\frac{Mp_w}{RT}$$

Avec :

m'' : débit d'évaporation par unité de surface (kg/m²/s)
u_w : vitesse du vent (m/s)
r : rayon de la nappe (m)
M : masse molaire du produit (0,020 kg/mol)
R : constante universelle des gaz parfaits (8,314 J/mol/K)
T : température de la nappe (K)
p_w : tension de vapeur du produit
p_t : pression atmosphérique (101 325 Pa)

Sc désigne le nombre de Schmidt défini par :

$$Sc = \nu / D$$

ν désignant la viscosité cinématique de l'air (1,5 10^{-5} m²/s) et D le coefficient de diffusion des vapeurs de HF dans l'air (2,3 10^{-5} m²/s à 20°C). Le nombre de Schmidt vaut donc 0,65.

Pour une durée d'évaporation d'une minute, le titre de la solution reste constant à 70%. Pour une nappe de 20 m², les valeurs des débits d'évaporation calculés en fonction de la température et de la vitesse du vent sont les suivantes :

Température (°C)	Vitesse du vent (m/s)	Tension de vapeur HF (Pa)	Débit d'évaporation (kg/s)
15	3	17 065	0,036
20	3	21 465	0,044
20	5	21 465	0,066
20	10	21 465	0,113

Tableau 7 : Débits d'évaporation de la nappe (20 m²)

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

4.2.3. Distances d'effets

Les distances d'effets évaluées dans les différentes conditions atmosphériques sont récapitulées ci-dessous :

Conditions atmosphériques	Distances aux effets irréversibles	Distances aux premiers effets létaux	Distances aux effets létaux significatifs
3A / 20°C	< 10 m	< 10 m	< 10 m
3B / 20°C	< 10 m	< 10 m	< 10 m
5B / 20°C	< 10 m	< 10 m	< 10 m
5C / 20°C	12 m	< 10 m	< 10 m
10C / 20°C	12 m	10 m	< 10 m
5D / 20°C	14 m	10 m	< 10 m
10D / 20°C	14 m	11 m	< 10 m
3E / 20°C	17 m	11 m	< 10 m
3F / 15°C	23 m	12 m	< 10 m

Tableau 8 : Distances d'effets en fonction des conditions atmosphériques

Remarque : compte tenu du comportement spécifique des vapeurs de HF, les distances d'effets sont données à proximité immédiate du sol

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

4.3. Rupture d'une canalisation de gaz

4.3.1. Données

Une canalisation de gaz en DN15 sous 300 mbar alimente le bâtiment abritant la forge. La figure ci-dessous illustre le cheminement de cette canalisation dans l'usine.

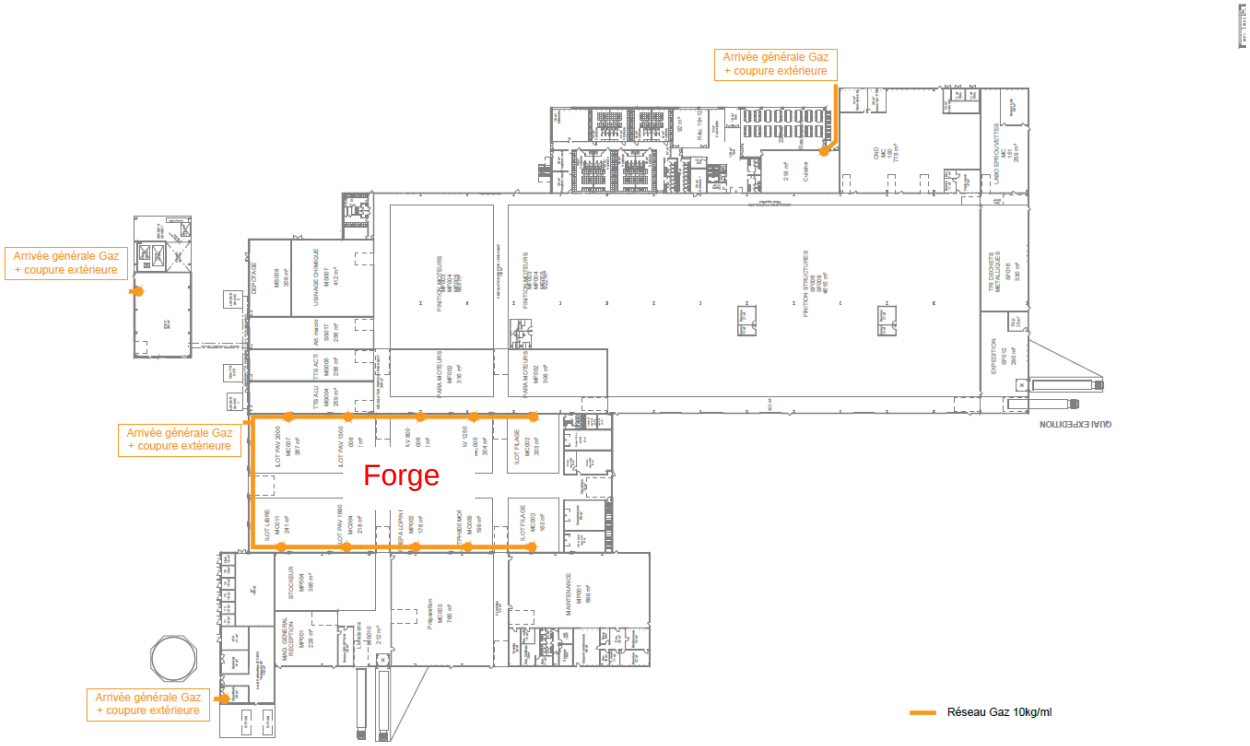


Figure 2 : Schéma de la canalisation de gaz

Les dimensions du bâtiment sont les suivantes :

- Longueur 81 m,
- Largeur 35 m,
- Hauteur 15 m.

La ventilation est naturelle. Il est fait l'hypothèse d'un renouvellement d'un volume par heure.

Certains postes de travail comportent des brûleurs à flamme nue. De ce fait le risque d'inflammation d'un nuage de gaz en cas de fuite est très important. Dans cette configuration, la référence [DR05] indique une probabilité d'allumage de 100% après 60 secondes de rejet.

Bien que le risque soit très faible, il est supposé l'occurrence d'une rupture franche.

4.3.2. Masse explosive

La masse de gaz accumulée dans le bâtiment après 60 secondes de fuite (calculée à l'aide de PHAST®) est de 1,35 kg ce qui correspond, à la stœchiométrie, à un volume de nuage de l'ordre de 20 m^3 (diamètre de 3,5 m).

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

4.3.3. Choix de la force d'explosion

Le tableau ci-dessous tiré de la référence [DR06] permet de sélectionner la force d'explosion.

Energie d'inflammation		Le degré d'encombrement			Le degré de confinement		Indice
faible	forte	fort	faible	inexistant	existant	inexistant	
	×	×			×		7 - 10
	×	×				×	7 - 10
×		×			×		5 - 7
	×		×		×		5 - 7
	×		×			×	4 - 6
	×			×	×		4 - 6
×		×				×	4 - 5
	×			×		×	4 - 5
×			×		×		3 - 5
×			×			×	2 - 3
×				×	×		1 - 2
×				×		×	1

Tableau 9 : Choix de la force d'explosion

L'énergie d'inflammation est forte (flamme nue), le degré d'encombrement est faible et le confinement est existant (bâtiment). Il est retenu une force d'explosion de 5 car la taille du nuage, et donc la longueur de propagation de la flamme, est limitée (pas de risque d'accélération).

4.3.4. Distances d'effets

Les distances d'effets calculées sont les suivantes :

Effets indirects par bris de vitres (20 mbar)	Effets irréversibles (50 mbar)	Premiers effets létaux (140 mbar)	Effets létaux significatifs – Premiers effets domino
42 m	21 m	8 m	5 m

Tableau 10 : Distances d'effets de surpression associées à une explosion de gaz dans le bâtiment abritant la forge

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

4.4. Emission de fumées d'incendie par des trappes de désenfumage suite à un départ de feu sur une ligne de traitement

4.4.1. Données

La ligne de traitement et illustrée sur la figure ci-dessous.

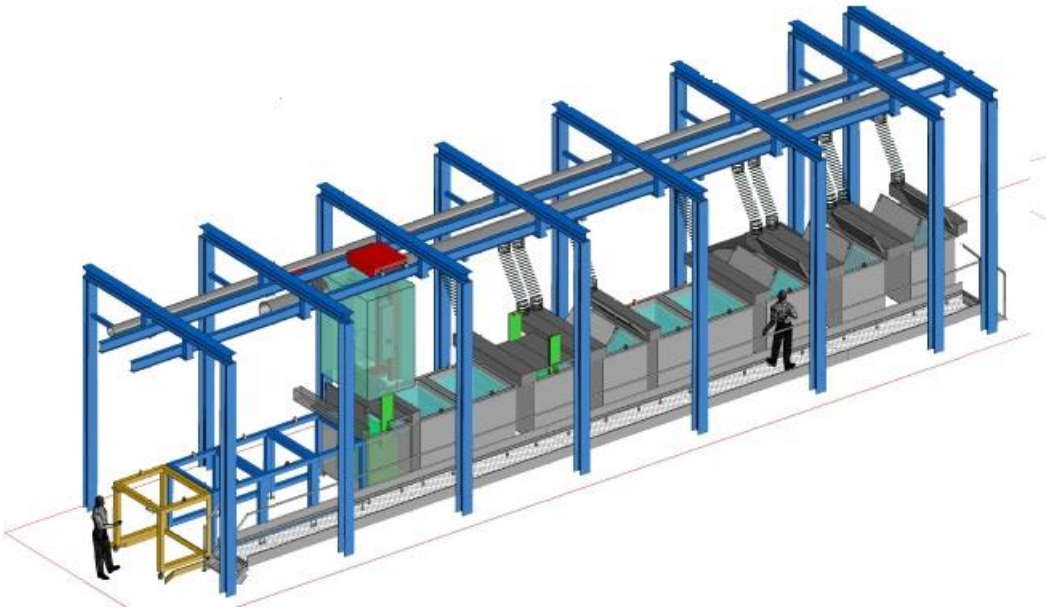


Figure 3 : Ligne de traitement

La ligne de traitement comporte 7 cuves de 1,4 m en longueur et de 1,1 m en largeur. Ces cuves sont en polyfluorure de vinylidène (PVDF). La formule chimique brute du monomère est $C_2H_2F_2$.

Elles contiennent des solutions aqueuses d'acide (acides nitrique et fluorhydrique) et de soude.

Le PVDF est un polymère résistant au feu. Ses caractéristiques sont les suivantes [DR08] :

Température de début de pyrolyse	425°C
Indice minimal d'oxygène	44
Chaleur de combustion	9,18 MJ/kg
Fraction résiduelle de résidu charbonneux	40% de la masse initiale

Tableau 11 : Propriétés du PVDF

L'indice minimal d'oxygène correspond à la concentration molaire minimale d'oxygène pour que le feu se propage (essai normalisé). Un indice de 44 correspond donc au fait qu'il est nécessaire que le comburant présente une concentration d'au moins 44% d'oxygène. Dans l'air ambiant (21% d'oxygène) le déclenchement et la propagation d'un incendie apparaissent donc très difficiles.

Lorsque les cuves sont remplies de solutions aqueuses, le démarrage d'un incendie est encore moins probable. Si toutefois une telle situation accidentelle se produisait, les acides dégageraient du fluorure d'hydrogène (HF) et des traces d'oxydes d'azote (du fait de la présence d'acide nitrique). Cependant ces espèces seraient diluées dans une grande quantité de vapeur d'eau.

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

Il est donc fait l'hypothèse pénalisante que l'incendie concerne exclusivement les cuves en PVDF conduisant à l'émission de fumées contenant du HF par les trappes de désenfumage en partie haute du local, à 6 m de haut.

La surface totale des trappes de désenfumage est de 5,18 m^2.

4.4.2. Terme source

Le taux de combustion m'' du PVDF peut être évalué sur la base de l'approche proposée dans la référence [DR09] à savoir :

$$m'' = (\Phi_f - \Phi_{rr}) / Q_g$$

Avec :

m'' : taux de combustion ($kg/m^2/s$)

Φ_f : flux rayonné par la flamme (W/m^2)

Φ_{rr} : flux émis par la surface en feu (W/m^2)

Q_g : chaleur de gazéification (J/kg)

La chaleur de combustion du PVDF est faible. De ce fait le flux émis par la flamme est fixée à 50 kW/m^2 (température moyenne de flamme de 700°C). Le flux émis par les polymères fluorés en feu est de l'ordre de 25 kW/m^2 [DR10]. Enfin, la chaleur de gazéification est d'environ 2 MJ/kg [DR10]. Il vient :

$$m'' \approx 0{,}012\ kg/m^2/s$$

La surface en feu est de 11 m^2. Le débit de combustion vaut donc 0,13 kg/s.

La réaction de combustion dans l'air s'écrit :

$$C_2H_2F_2 + 9{,}52\ (0{,}21O_2 + 0{,}79N_2) \rightarrow 2CO_2 + 2HF + 7{,}52\ N_2$$

Compte tenu de la forme de la surface en feu (longueur totale de l'ordre de 10 fois la largeur), le diamètre équivalent permettant de calculer la hauteur de flamme est de 2,4 m. La hauteur de flamme serait de 2,5 m.

Les corrélations figurant dans la référence [DR09] permettent de calculer le débit d'air entraîné et la température des gaz chauds au niveau du plafond du local :

- Débit total d'air entraîné : 8,4 kg/s dont 0,56 kg/s d'air consommé par la combustion (4,286 kg d'air par kg de combustible d'après la réaction de combustion) et 7,84 kg/s d'air de dilution,
- Température des gaz chauds : 116°C.

Le terme source finalement retenu est le suivant :

Terme source rejet par les trappes de désenfumage	
Débit de fumées	8,53 kg/s
Vitesse d'émission (pour 5,18 m^2)	1,83 m/s
Hauteur d'émission	6 m
Température	116°C
Composition	CO_2 : 0,179 kg/s HF : 0,081 kg/s N_2 : 6,46 kg/s O_2 : 1,81 kg/s

Tableau 12 : Rejet de fumées par les trappes de désenfumage – Terme source

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

4.4.3. Résultats

L'espèce suivi est le HF. Aucune distance d'effet n'est atteinte au niveau du sol. Les graphes ci-dessous montrent les contours des nuages toxiques dans les différentes conditions de stabilité atmosphérique pour le seuil des effets irréversibles, le seuil des premiers effets létaux et le seuil des effets létaux significatifs.

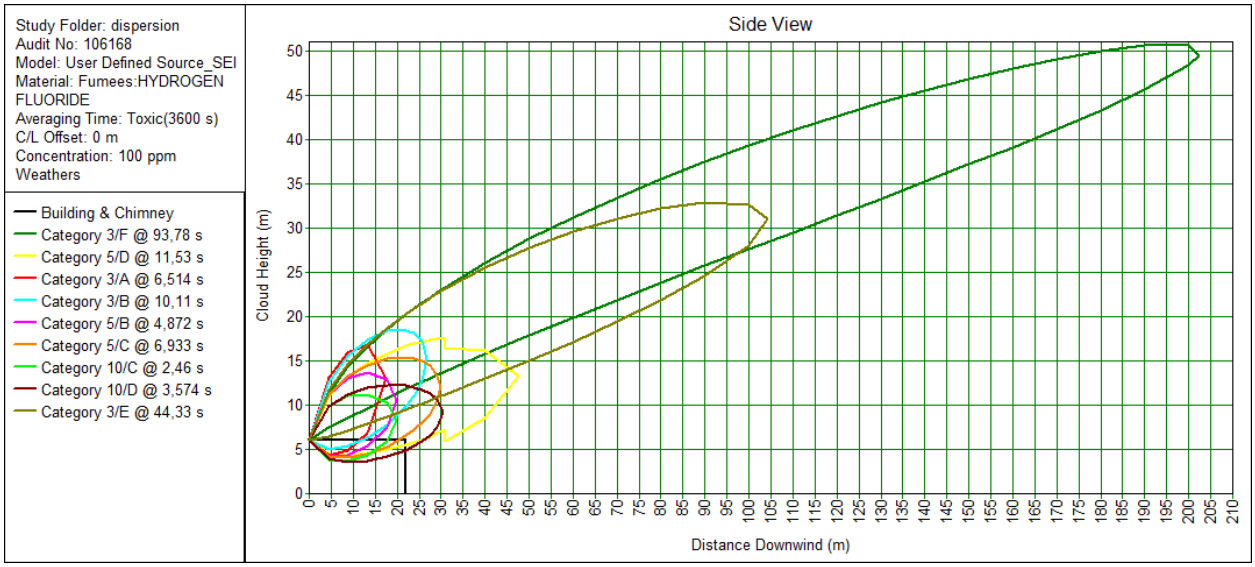


Figure 4 : Rejet par les trappes de désenfumage - Contours des panaches – Seuil des effets irréversibles

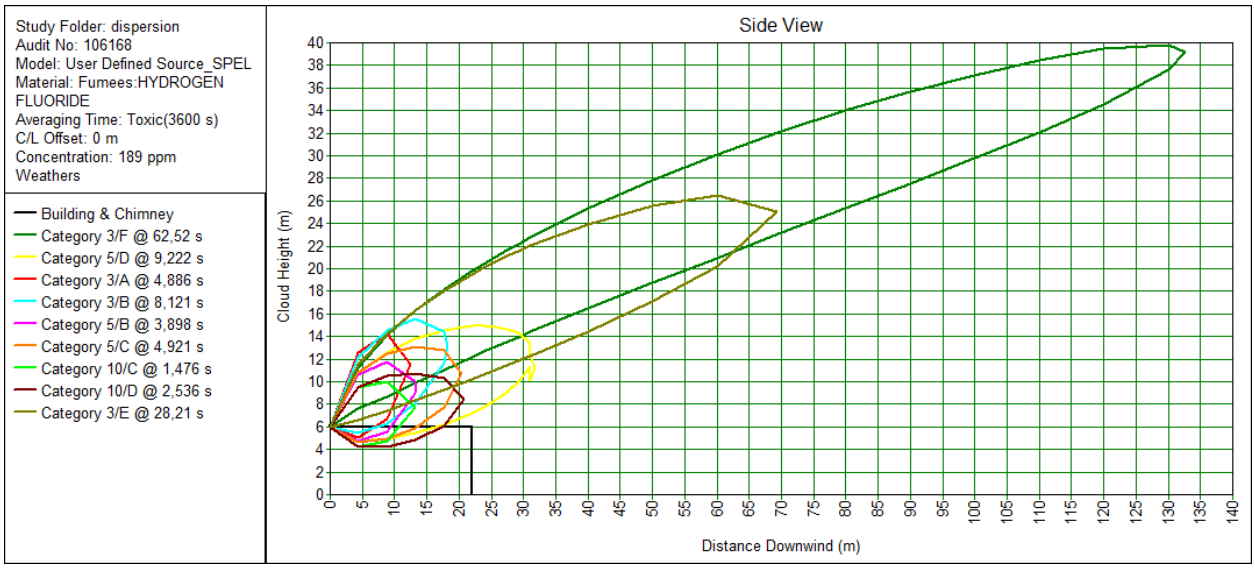


Figure 5 : Rejet par les trappes de désenfumage - Contours des panaches – Seuil des premiers effets létaux

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

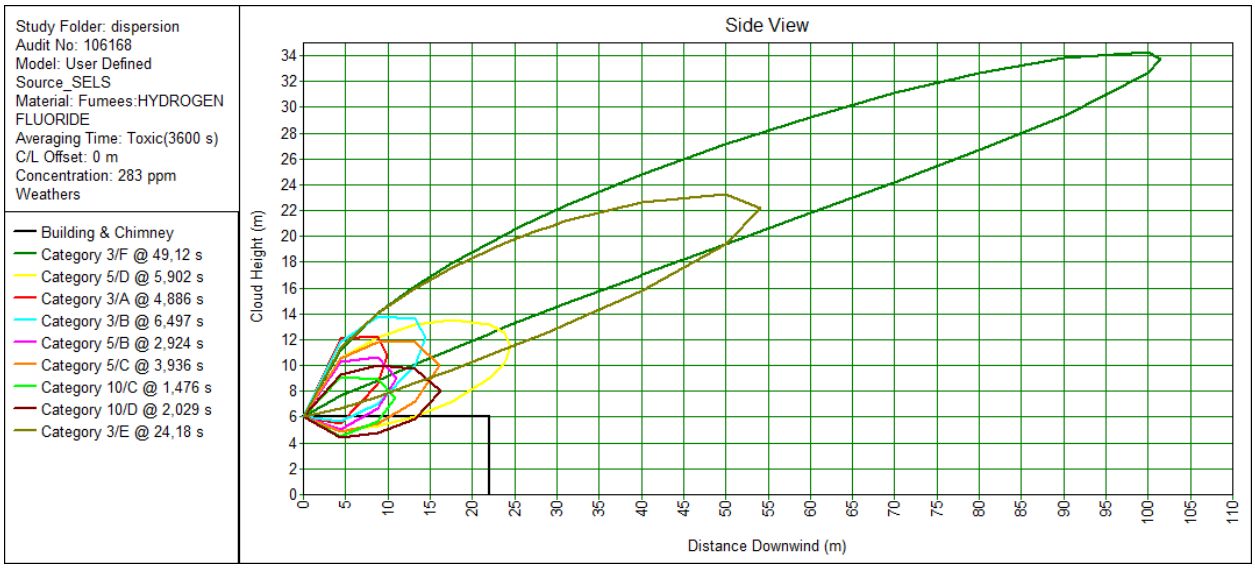


Figure 6 : Rejet par les trappes de désenfumage - Contours des panaches – Seuil des effets létaux significatifs

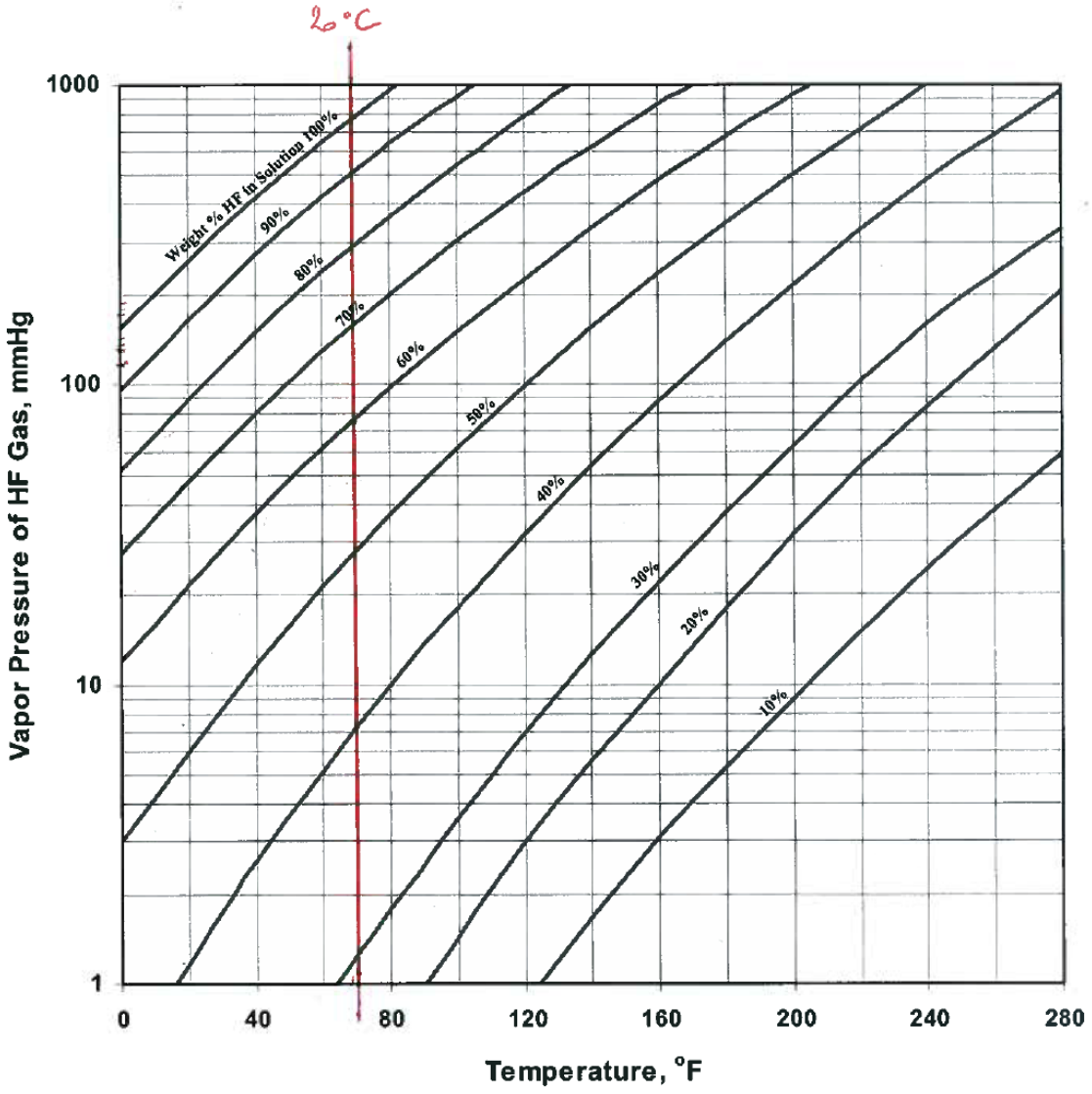
Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

ANNEXE - TENSION DE VAPEUR DES SOLUTIONS DE HF EN FONCTION DE LA TEMPERATURE

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation

Honeywell

Partial Vapor Pressure of HF over Aqueous Solutions of HF



Volume 1.1, January 2002

© Honeywell 2002

All statements and information are believed to be accurate and reliable, they are presented without guarantee or warranty of any kind, express or implied. Information provided herein does not relieve the user from the responsibility of carrying out its own tests and experiments, and the user assumes all risks and liability for results obtained.

Ce document, propriété de Bertin Technologies, ne peut être utilisé, reproduit ou communiqué sans son autorisation