

SUEZ RR IWS Chemicals France

Rue Lavoisier
Plateforme chimique de Pont de Claix
38 800 LE PONT DE CLAIX



EVALUATION DES CONSEQUENCES EN CAS DE MELANGE INCOMPATIBLE DANS LE NOUVEAU RESERVOIR DE SOLVANTS CHLORES Le Pont de Claix (38) – Plateforme chimique du Pont de Claix

Rapport

du 17/02/2022

Référence SUE PCX 006-R1.V1

Suivie par Emmanuel BONHOMMÉ

Tél. : 07 87 54 43 26

E mail : ebonhomme@orium-conseil.com

ORIUM CONSEIL

24, Rue Robert Desnos
69 120 VAULX-EN-VELIN
SARL au capital de 3000 €
Représentant légal : Emmanuel BONHOMMÉ
RCS Lyon 842 058 117
SIRET : 842 058 117 00016
APE : 7112B
N° de TVA intracommunautaire : FR 65 842058117

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION	1
2.	SEUILS D’EFFETS, METHODES ET MOYENS DE CALCUL	2
2.1.	Seuils d’effets toxiques retenus dans le cadre de la modélisation de phénomènes dangereux	2
2.1.1.	Généralités	2
2.1.2.	Chlorure d’hydrogène	4
2.2.	Méthodes et moyens de calculs mis en application : dispersion atmosphérique des rejets avec le logiciel PHAST	4
2.3.	Conditions météorologiques retenues	5
3.	EVALUATION DES CONSEQUENCES EN CAS DE MELANGE INCOMPATIBLE DANS LE NOUVEAU RESERVOIR DE SOLVANTS CHLORES	7
3.1.	Réaction du 1,1,1 Trichloroéthane avec de l’eau	7
3.1.1.	Cinétique de la réaction	7
3.1.2.	Cinétique de la réaction en considérant un excès de 1,1,1 Trichloroéthane.....	8
3.1.3.	Cinétique de la réaction en considérant une quantité permettant sa solubilité dans l’eau.....	8
3.1.4.	Conclusion	9
3.2.	Définition du terme source	9
3.3.	Evaluation des conséquences.....	10
3.4.	Analyse du niveau de gravité	12
3.5.	Commentaires.....	13

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Valeurs de référence relatives aux seuils d’effets toxiques (seuils d’effets toxiques pour l’homme par inhalation et pour une exposition de 1 à 60 minutes).....	2
Tableau 2 :	Seuils toxiques devant être utilisés en l’absence de seuils toxiques français et correspondance avec les seuils français	3
Tableau 3 :	Seuil de toxicité aiguë de HCl pour différentes durées d’exposition.....	4
Tableau 4 :	Conditions météorologiques devant être retenues pour la modélisation de la dispersion d’un rejet en hauteur	5
Tableau 5 :	Données de base retenues pour le terme source.....	10

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Coupe du nuage correspondant au seuil des effets irréversibles pour une durée d'exposition de 60 minutes.....	10
Figure 2 :	Coupe du nuage correspondant au seuil des effets létaux pour une durée d'exposition de 60 minutes.....	11
Figure 3 :	Coupe du nuage correspondant au seuil des effets létaux significatifs pour une durée d'exposition de 60 minutes.....	11
Figure 4 :	Représentation graphique des zones d'effets	12
Figure 5 :	Coupe du nuage correspondant au seuil des effets irréversibles pour une durée d'exposition de 14 minutes.....	13
Figure 6 :	Coupe du nuage correspondant au seuil des effets létaux pour une durée d'exposition de 14 minutes.....	14
Figure 7 :	Coupe du nuage correspondant au seuil des effets létaux significatifs pour une durée d'exposition de 14 minutes.....	14

1. INTRODUCTION

SUEZ RR IWS Chemicals a déposé le 22/04/2021 un dossier de demande d'autorisation environnementale pour la création d'un nouveau réservoir destiné à recevoir des déchets de solvants chlorés.

L'objet de ce document est l'évaluation des conséquences d'un mélange incompatible dans ce nouveau réservoir.

Le scénario considéré est le dépotage par erreur d'eau dans le réservoir contenant du 1, 1, 1 – Trichloroéthane, pouvant conduire à la formation de chlorure d'hydrogène (HCl) provoquée par l'hydrolyse du 1, 1, 1 - Trichloroéthane.

2. SEUILS D’EFFETS, METHODES ET MOYENS DE CALCUL

2.1. Seuils d’effets toxiques retenus dans le cadre de la modélisation de phénomènes dangereux

2.1.1. Généralités

Les conséquences d’un accident à l’origine d’effets toxiques sont évaluées en termes d’effets sur la santé des populations exposées au passage d’un nuage de gaz toxique.

Les valeurs de référence retenues pour les installations classées sont définies par l’arrêté ministériel 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 des dangers des installations classées soumises à autorisation » :

Tableau 1 : Valeurs de référence relatives aux seuils d’effets toxiques (seuils d’effets toxiques pour l’homme par inhalation et pour une exposition de 1 à 60 minutes)

Type d’effets constatés	Concentration d’exposition	Référence
Seuils des effets létaux significatifs	SELS (CL 5 %)	Seuils de toxicité aiguë Emissions accidentelles de substances chimiques dangereuses dans l’atmosphère. Ministère de l’Ecologie et du Développement Durable. Institut National de l’Environnement Industriel et des Risques. 2003 (et ses mises à jour ultérieures)
Seuils des premiers effets létaux	SEL (CL 1 %)	
Seuils des effets irréversibles	SEI	
Seuil des effets réversibles	SER	

Ces valeurs sont associées à des durées d’exposition pouvant varier de 1 ou 60 minutes, voire dans certains cas plusieurs heures.

Ces valeurs, définies par le Ministère, existent pour un certain nombre de substances.

En revanche, pour certains produits, il n’existe pas de valeurs, publiées par le Ministère, relatives à la toxicité aiguë de ces produits, malgré leur dangerosité en cas d’exposition par inhalation.

Dans ce cas, on utilise les principes fixés dans les documents suivants :

- § 1.1.11 « règles méthodologiques pour la caractérisation des rejets toxiques accidentels » de la 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,
- Rapport d’étude de l’INERIS N° DRC-08-94398-02798B daté du 18/02/2009 intitulé « Guide pratique de choix des valeurs seuils de toxicité aiguë en cas d’absence de valeurs françaises ».

Ces documents précisent la méthodologie simplifiée de sélection des valeurs seuils de toxicité aiguë en cas d’absence de valeurs françaises.

Tableau 2 : Seuils toxiques devant être utilisés en l’absence de seuils toxiques français et correspondance avec les seuils français

Seuil d’effet	Durée d’exposition (min)						
	10	20	30	60	120	240	480
SELS (CL 5%)	-	-	-	-	-	-	-
SPEL (CL 1%)	AEGL-3	-	AEGL-3	ERPG-3 AEGL-3	-	AEGL-3	AEGL-3
SEI	AEGL-2	-	AEGL-2 (IDLH)	ERPG-2 AEGL-2	-	AEGL-2	AEGL-2
SER	AEGL-1	-	AEGL-1	ERPG-3 AEGL-1	-	AEGL-1	AEGL-1

Les définitions des seuils présentés dans le tableau précédent sont disponibles dans le rapport de l’INERIS précité.

Dans le cas de durées d’exposition différentes de celles données dans la littérature (ou pour tenir compte de la variation de la concentration pendant la durée de l’exposition), il est utilisé une équation qui permet d’évaluer la dose intégrée conduisant aux mêmes effets (effets létaux significatifs, premiers effets létaux ou effets irréversibles).

Cette équation est du type $Dose = C^n \times t$ où :

- C = concentration inhalée ou d’exposition (mg/m³ ou ppm),
- t = temps d’exposition (min),
- n = constante de Haber, spécifique à chaque produit et à chaque type d’effet.

Cette équation est notamment présentée dans le rapport de l’INERIS référencé DRA-07-86409-13475A relatif à « Etat des lieux et éléments critiques sur les méthodes d’utilisation des valeurs seuils de toxicité aiguë par inhalation en France » daté de 2008.

2.1.2. Chlorure d'hydrogène

Les seuils d'effets toxiques par inhalation associés à l'acide chlorhydrique (ou chlorure d'hydrogène) sont présentés ci-dessous. Les seuils de toxicité aigüe du HCl sont issus du document de l'INERIS référencé « INERIS – DRC-08-94398-11984A ». Ces valeurs sont données ci-dessous pour différentes durées d'exposition

Tableau 3 : Seuil de toxicité aigüe de HCl pour différentes durées d'exposition

Concentration	Temps (min)				
	1	10	20	30	60
Seuil des effets létaux significatifs - SELS					
mg/m3	29 763	3 202	1 638	1 106	565
ppm	19 975	2 149	1 099	742	379
Seuil des effets létaux – SEL					
mg/m3	16 390	1 937	1 013	700	358
ppm	11 000	1 300	680	470	240
Seuil des effets irréversibles – SEI					
mg/m3	3 590	358	179	119	60
ppm	2 410	240	120	80	40
Seuil des effets réversibles - SER					
mg/m3	ND	ND	ND	ND	ND
ppm	ND	ND	ND	ND	ND

ND : non déterminé

2.2. Méthodes et moyens de calculs mis en application : dispersion atmosphérique des rejets avec le logiciel PHAST

Les calculs du terme source (débit d'émission) et la dispersion atmosphérique des rejets de polluants toxiques ou inflammables sont effectués à partir du logiciel PHAST (Process Hazard Analysis Software Tools), de DNV Technica, dans sa version 8.11.

PHAST permet d'évaluer les conséquences d'un incident potentiel, depuis le rejet initial jusqu'à la dispersion en champ lointain (et même la propagation et de l'évaporation d'une nappe de produit épandu). Il permet de déterminer les conséquences sur l'homme des effets toxiques et/ou thermiques.

PHAST permet de modéliser les rejets de composants purs ou de mélanges depuis :

- Des canalisations longues et courtes,
- Des fuites,
- Des ruptures catastrophiques,
- Des soupapes de sécurité,
- Des ruptures.

Il permet également de modéliser :

- Les retombées de la partie liquide,
- La propagation et la vaporisation de nappe,
- Les doses d'exposition,
- Les effets thermiques et de surpression d'incendie et d'explosion.

Il comprend :

- Un modèle de décharge (calcul des caractéristiques du rejet à la fuite) et un modèle de dispersion, le modèle UDM (Unified Dispersion Model) développé par DNV,
- Un modèle de calcul des flux thermiques rayonnés par des jets enflammés, des feux de nappes et des BLEVE,
- Des modèles d'explosion permettant le calcul des effets de surpression (les modèles disponibles sont le modèle Baker-Strehlow, la méthode Multi-Energie du TNO et des modèles d'équivalent TNT),
- Un modèle de calcul des doses d'exposition par inhalation de composés toxiques.

Afin de prendre en compte la réactivité de l'acide fluorhydrique avec l'air, le logiciel PHAST intègre un module de polymérisation spécifique à l'acide fluorhydrique. Ce module intervient lors de la dispersion atmosphérique et permet de prendre en compte les recombinaisons de ce produit avec la vapeur d'eau présente dans l'air ambiant.

2.3. Conditions météorologiques retenues

Dans le cadre de la présente étude, il est proposé de retenir les conditions météorologiques préconisées au paragraphe D.3 de la fiche n°2 « La dispersion atmosphérique » de la circulaire du 10 mai 2010.

Dans le cas d'un rejet en hauteur (ou en cas de rejet de gaz léger), les conditions météorologiques devant être prises en compte sont les suivantes :

Tableau 4 : Conditions météorologiques devant être retenues pour la modélisation de la dispersion d'un rejet en hauteur

Stabilité atmosphérique	A		B		C		D		E	F
Vitesse du vent (m/s)	3	3	5	5	10	5	10	3	3	
T° ambiante (°C)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	15
T° du sol (°C)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	15
Humidité relative (%)	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Rayonnement solaire (kW/m ²)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0

Conformément à la fiche n°2 de la circulaire du 10/5/2010, seules les conditions 3/F/15 et 5/D/20 sont retenues pour un rejet horizontal au niveau du sol.

Selon les préconisations du guide UIC « DT102 – Guide de bonnes pratiques pour l'utilisation du logiciel PHAST », daté de Septembre 2012, le type de surface à utiliser par défaut pour un site industriel correspond à un paramètre de rugosité égal à 0,17.

Cas particulier de la modélisation de la dispersion d'un nuage toxique

La modélisation des effets toxiques est réalisée en suivant la méthodologie détaillée dans le document intitulé « Phast methodology for purpose of application to risk regulations in France » de DNV daté d'octobre 2013.

Plus précisément l'approche de l'INERIS est retenue pour les modélisations. Cette approche préconise de retenir la valeur suivante pour « l'averaging time » et le « core averaging time » :

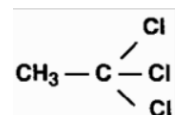
$$T_{av}^i = \max [60s, \min (t_{exp}^i, 600s)].$$

3. EVALUATION DES CONSEQUENCES EN CAS DE MELANGE INCOMPATIBLE DANS LE NOUVEAU RESERVOIR DE SOLVANTS CHLORES

3.1. Réaction du 1,1,1 Trichloroéthane avec de l'eau

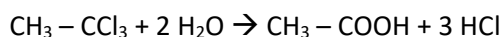
3.1.1. Cinétique de la réaction

Le 1,1,1 trichloroéthane a pour formule brute $C_2H_3Cl_3$ et pour formule développée



Il est pratiquement insoluble dans l'eau (solubilité dans l'eau¹ à 20°C : 950 mg/l).

Selon le document suivant [1] : « *The rate of degradation of 1,1,1-trichloroethane in water by hydrolysis and dehydrochlorination*, Roger R.Gerkens James A.Franklin, *Chemosphere*, Volume 19, issue 12, pages 1929 – 1937, 1989 », l'hydrolyse du 1,1,1-Trichloroéthane se produit selon la réaction suivante :



et conduit à la formation de chlorure d'hydrogène et d'acide acétique.

Cette même source [1] indique que la cinétique de la réaction d'hydrolyse est d'ordre 1 pour le 1,1,1 Trichloroéthane (1,1,1 TCA). Cela signifie donc que la vitesse de disparition du 1,1,1 Trichloroéthane qui représente la variation de la concentration du 1,1,1 Trichloroéthane avec le temps suit la relation suivante :

$$V = - d[1,1,1 \text{ TCA}]/dt = k [1,1,1 \text{ TCA}]$$

Avec :

- V : Vitesse de disparition du 1,1,1 TCA, (mol/l/s)
- k : Constante de vitesse de la réaction (en s⁻¹)
- [1,1,1 TCA] : Concentration en 1,1,1 Trichloroéthane à l'instant t (mol/l),
- d[1,1,1 TCA]/dt : Variation de la concentration en 1,1,1, Trichloroéthane en fonction du temps.

k est une fonction croissante de la température.

La cinétique de la réaction a été évaluée, dans le document [1] en considérant un excès de 1,1,1 Trichloroéthane puis une quantité de ce produit correspondant à sa solubilité dans l'eau.

¹ Source : Portail Substances Chimiques : <https://substances.ineris.fr/fr/>

3.1.2. Cinétique de la réaction en considérant un excès de 1,1,1 Trichloroéthane

Les auteurs de la source [1] ont évalué la constante de vitesse de réaction k à 25°C en mélangeant de l'eau avec du 1,1,1 Trichloroéthane en excès et en agitant à intervalle régulier.

A la température de 25°C, ils ont constaté que la réaction étant lente et évalué la constante de vitesse de réaction à $1,50.10^{-8}$ /s.

La concentration molaire du 1,1,1 TCA pur est de 9,9 mol/l.

On peut donc estimer que la vitesse de disparition du 1,1,1 Trichloroéthane est égale à $1,485.10^{-7}$ mol/l/s ($1,50.10^{-8} \times 9,9$).

Dès lors, compte-tenu de la réaction chimique d'hydrolyse précédente, la vitesse d'apparition du chlorure d'hydrogène (HCl) est $4,455.10^{-7}$ mol/l/s.

De manière complètement théorique, la vitesse d'apparition du chlorure d'hydrogène sera maximale si le nouveau réservoir est rempli de 1,1,1 trichloroéthane, soit 300 m³. Ce cas est irréaliste car il considère le dépotage dans un réservoir plein mais il permet de majorer la vitesse d'apparition du chlorure d'hydrogène.

Ainsi, dans cette situation irréaliste, la vitesse d'apparition du chlorure d'hydrogène est de 0,13 mol/s ($4,455.10^{-7}$ mol/l/s x 300 000 l) ou **4,9 g/s** (environ 17,5 kg/h). La vitesse de disparition du 1,1,1 Trichloroéthane est de 0,0445 mol/s ou 5,9 g/s (environ 21,4 kg/h).

Compte-tenu du faible débit d'émission, la durée de la réaction pourrait être de plusieurs heures et les vapeurs d'HCl émises seraient dirigées vers les fours d'incinération via la garde hydraulique.

3.1.3. Cinétique de la réaction en considérant une quantité permettant sa solubilité dans l'eau

Les auteurs de la source [1] ont évalué la constante de vitesse de réaction k en introduisant du 1,1,1, Trichloroéthane dans de l'eau en proportion inférieure à la limite de solubilité du 1,1,1 trichloroéthane dans l'eau et en agitant jusqu'à dissolution totale du 1,1,1 Trichloroéthane dans l'eau.

La constante de vitesse de réaction a été mesurée à 50°C et à 80°C. A la température de 50°C, la constante de vitesse de réaction a été mesurée égale à $8,71.10^{-7}$ /s.

De manière complètement théorique, la vitesse d'apparition du chlorure d'hydrogène sera maximale si on considère la concentration du 1,1,1 Trichloroéthane pur (9,9 mol/l). En réalité, cette concentration correspond à la situation initiale du dépotage puis elle va diminuer au fur et à mesure du dépotage (notamment du fait de la dilution dans l'eau).

On peut donc estimer que la vitesse de disparition du 1,1,1 Trichloroéthane est au plus égale à $8,62.10^{-6}$ mol/l/s ($8,71.10^{-7}$ /s x 9,9 mol/l).

Dès lors, compte tenu de la réaction chimique d'hydrolyse précédente, la vitesse d'apparition du chlorure d'hydrogène (HCl) est $2,59.10^{-5}$ mol/l/s.

Le nouveau réservoir est alimenté par camion citerne de capacité 25 m³. Compte-tenu de la solubilité du 1,1,1 Trichloroéthane dans l'eau (950 mg/l), la masse de trichloroéthane pouvant être dissoute dans 25 m³ est de 23,7 kg (18 litres).

Le volume du milieu réactionnel représentatif des essais réalisés dans le document [1] est donc de 25 m³ (25 m³ + 18 litres).

Ainsi, si on décharge de l'eau dans le nouveau réservoir contenant un fond de 1,1,1 Trichloroéthane, on peut estimer la vitesse d'apparition du chlorure d'hydrogène au plus égale à 6,65 mol/s ($2,59 \cdot 10^{-5}$ mol/l/s x 25 000 l) ou **23,6 g/s** (environ 85 kg/h). La vitesse de disparition du 1,1,1 Trichloroéthane est de 2,16 mol/s ou 28,75 g/s (environ 103 kg/h).

La quantité de 1,1,1 trichloroéthane pouvant réagir est de 23,7 kg ; elle est limitée par la masse d'eau pouvant être déchargée dans le réservoir (25 tonnes) et par la solubilité du 1,1,1 trichloroéthane dans l'eau (950 mg/L). En considérant le débit de disparition du 1,1,1 trichloroéthane constant et égal au débit de disparition initial (28,75 g/s), la durée de la réaction serait de 824 secondes (13 à 14 minutes).

En réalité, la vitesse de disparition du 1,1,1 trichloroéthane serait initialement égale à 28,75 g/s ; puis elle diminuerait de façon exponentielle décroissante.

3.1.4. Conclusion

Les éléments précédents montrent que le cas défavorable correspond au dépotage d'eau dans le bac contenant un fond de 1,1,1 trichloroéthane. Dans ce cas, le débit de formation de chlorure d'hydrogène est au plus égal à 23,6 g/s.

3.2. Définition du terme source

On considère le dépotage d'eau dans le bac contenant un fond de 1,1,1 trichloroéthane. Les éléments précédents montrent que le débit de production de chlorure d'hydrogène est au plus égal à 23,6 g/s.

De manière majorante, nous considérons que chlorure d'hydrogène produit ne reste pas en solution dans l'eau et qu'il est libéré dans le ciel gazeux du bac, conduisant à un débit de production de chlorure d'hydrogène gazeux égal à 61 m³/h.

Cette augmentation de pression est susceptible de conduire à l'ouverture de la soupape de sécurité (Pression d'ouverture = 0,05 bar rel) voire du disque de rupture (pression d'éclatement = 0,1 bar rel) conduisant à une émission du chlorure d'hydrogène gazeux.

Les données retenues pour le terme source sont les suivantes :

Tableau 5 : Données de base retenues pour le terme source

Caractéristiques	Valeur
Produit	Chlorure d'hydrogène
Phase rejetée	Vapeur
Débit d'émission	23,6 g/s
Température	20°C (Bien que la cinétique de la réaction a été considérée à une température de 50°C, la température retenue pour l'émission est de 20°C, ce qui constitue une approche majorante pour la dispersion du nuage de gaz).
Diamètre de la brèche	500 mm (diamètre du disque de rupture)
Hauteur du rejet	14 m
Orientation du rejet	Verticale

3.3. Evaluation des conséquences

L'évaluation des conséquences est réalisée avec le logiciel PHAST. Les conditions météorologiques retenues sont celles définies § D.3 de la fiche n°2 « La dispersion atmosphérique » de la circulaire du 10 mai 2010 dans le cas d'un rejet qui n'est pas au niveau du sol.

Les distances d'effets sont calculées en considérant des durées d'émission et d'exposition de 60 minutes, ce qui constitue une approche majorante au regard des éléments présentés § 3.1.

Les figures ci-dessous présentent les coupes de nuages correspondant aux seuils des effets irréversibles, des effets létaux et des effets létaux significatif pour une durée d'exposition de 60 minutes.

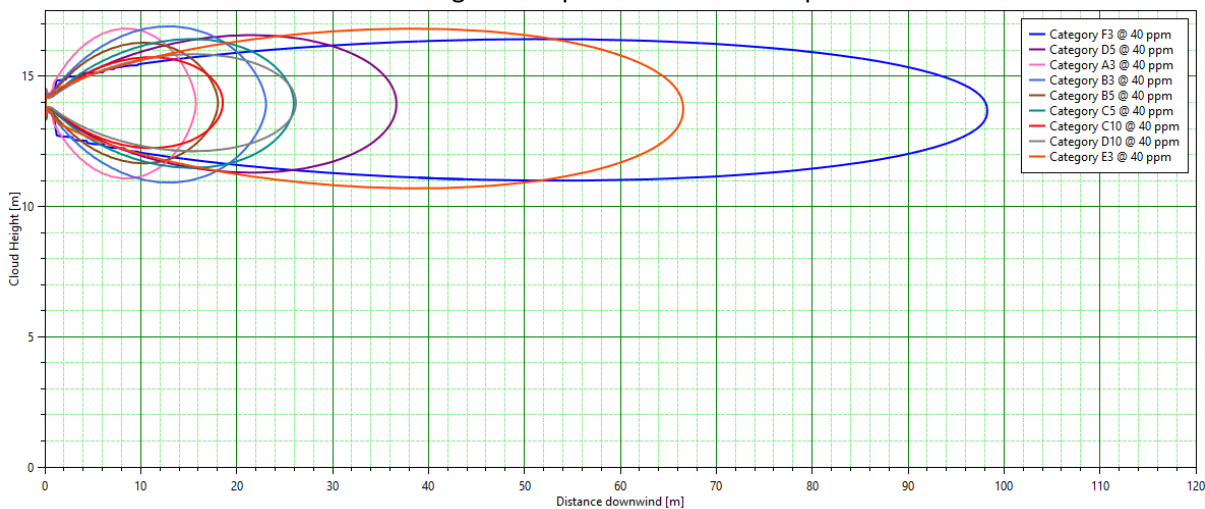


Figure 1 : Coupe du nuage correspondant au seuil des effets irréversibles pour une durée d'exposition de 60 minutes

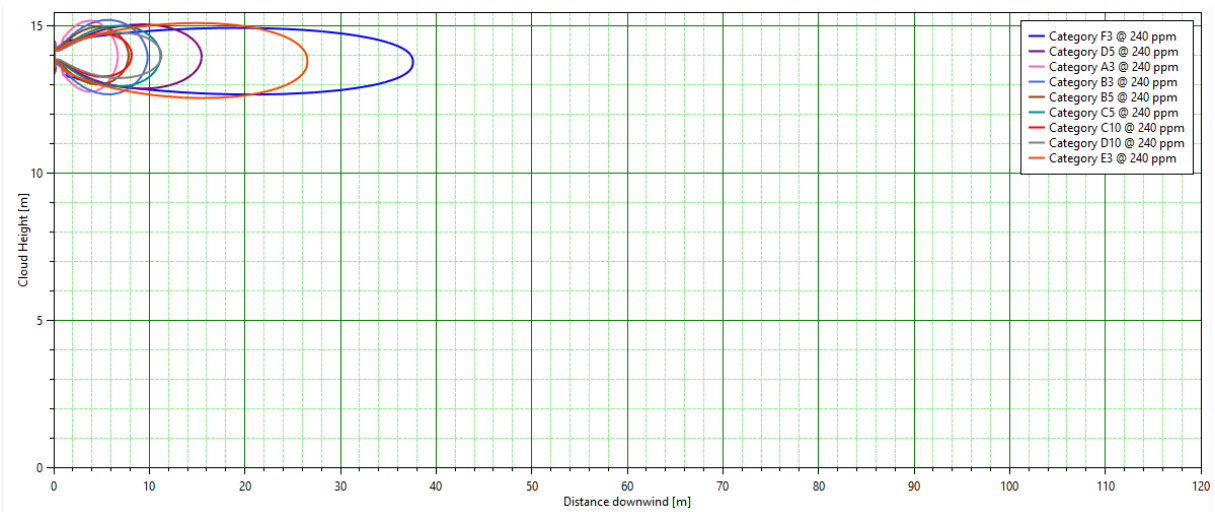


Figure 2 : Coupe du nuage correspondant au seuil des effets létaux pour une durée d'exposition de 60 minutes

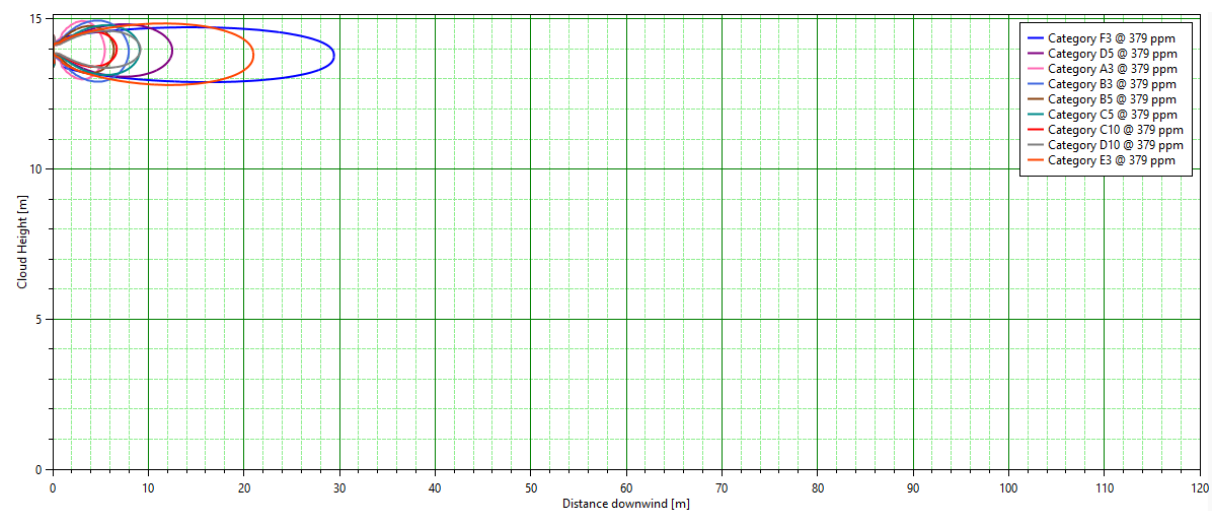


Figure 3 : Coupe du nuage correspondant au seuil des effets létaux significatifs pour une durée d'exposition de 60 minutes

Les coupes de nuage montrent que :

- Les effets irréversibles s'étendent jusqu'à une distance de 98 m et ils sont atteints à des altitudes supérieures à 10 mètres,
- Les effets létaux s'étendent jusqu'à une distance de 38 m et ils sont atteints à des altitudes supérieures à 12 mètres,
- Les effets létaux significatifs s'étendent jusqu'à une distance de 30 m et ils sont atteints à des altitudes supérieures à 12 mètres.

3.4. Analyse du niveau de gravité

Les zones d'effets toxiques (en hauteur) sont présentées sur la figure suivante. Il est rappelé que les effets sont atteints à des altitudes supérieures à 10 mètres pour les effets irréversibles et 12 mètres pour les effets létaux ; ils ne sont pas atteints au niveau du sol.

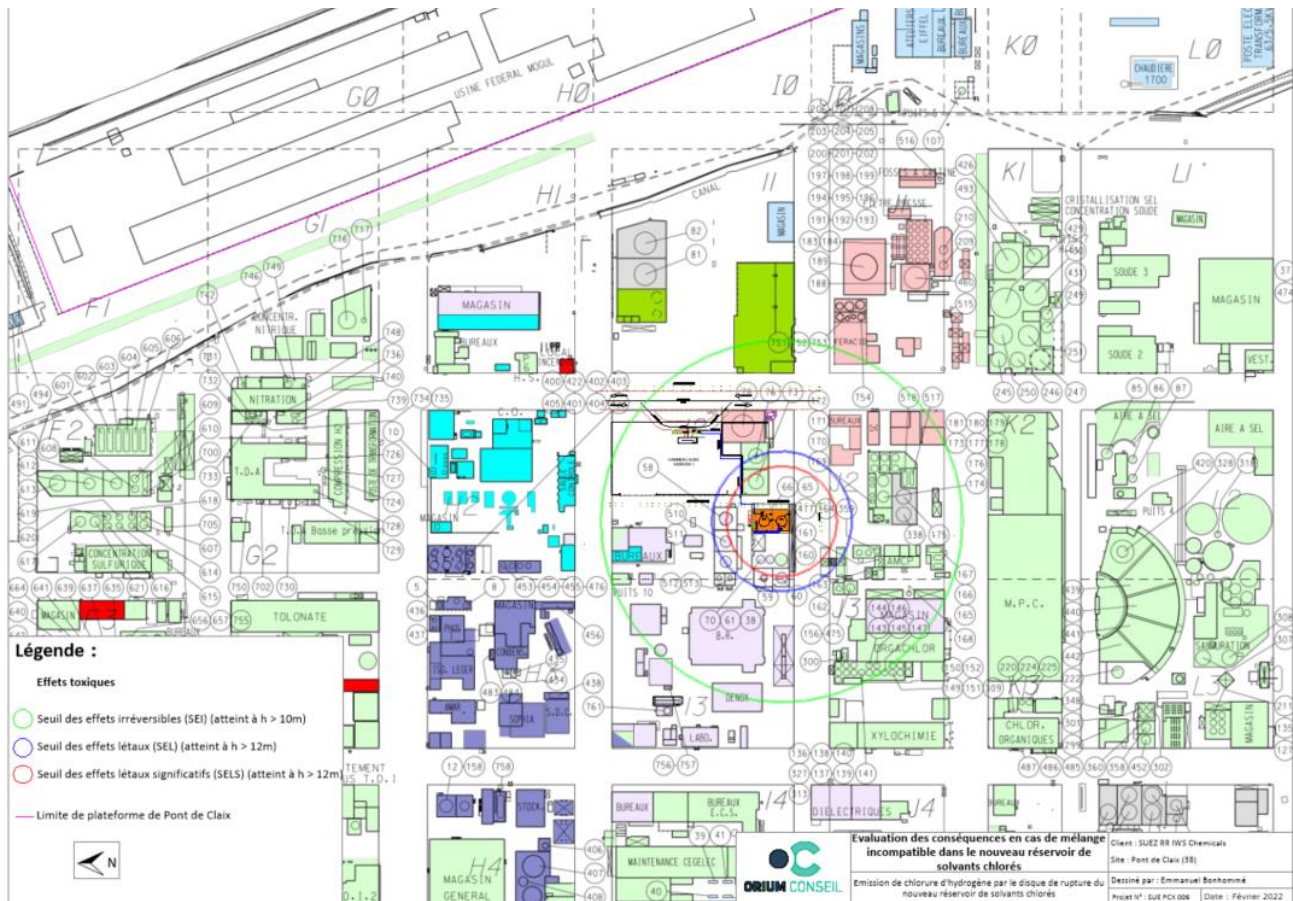


Figure 4 : Représentation graphique des zones d'effets

L'échelle utilisée pour évaluer le niveau de gravité est issue de l'arrêté du 29/09/2005. Elle prend en compte les effets à l'extérieur du site de la plateforme chimique de Pont-de-Claix.

Dans la mesure où ces phénomènes dangereux ne génèrent pas de zones d'effets irréversibles ou létaux hors de la plateforme chimique, leurs niveaux de gravité sont situés hors de la grille de gravité de l'arrêté du 29/09/2005.

3.5. Commentaires

Les distances d'effets calculées précédemment sont largement majorantes ; en particulier car l'approche considère un rejet de HCl à un flux de 23,6 g/s pendant 60 minutes.

En réalité, comme indiqué précédemment, en considérant le débit de disparition du 1,1,1 trichloroéthane constant et égal au débit de disparition initial (28,75 g/s), la durée de la réaction serait de 824 secondes (13 à 14 minutes).

Aussi, en considérant un débit d'émission de HCl constant et égal au débit d'émission initial (23,6 g/s), la durée d'émission de HCl serait de 13 à 14 minutes.

Les seuils d'effets toxiques pour une exposition au chlorure d'hydrogène pendant 14 minutes sont les suivants :

- Seuil des Effets Irréversibles : 171 ppm,
- Seuil des Effets Létaux : 945 ppm,
- Seuil des Effets Létaux Significatif : 1551 ppm.

Les figures ci-dessous présentent les coupes de nuages correspondant aux seuils des effets irréversibles, des effets létaux et des effets létaux significatif pour une durée d'exposition de 14 minutes.

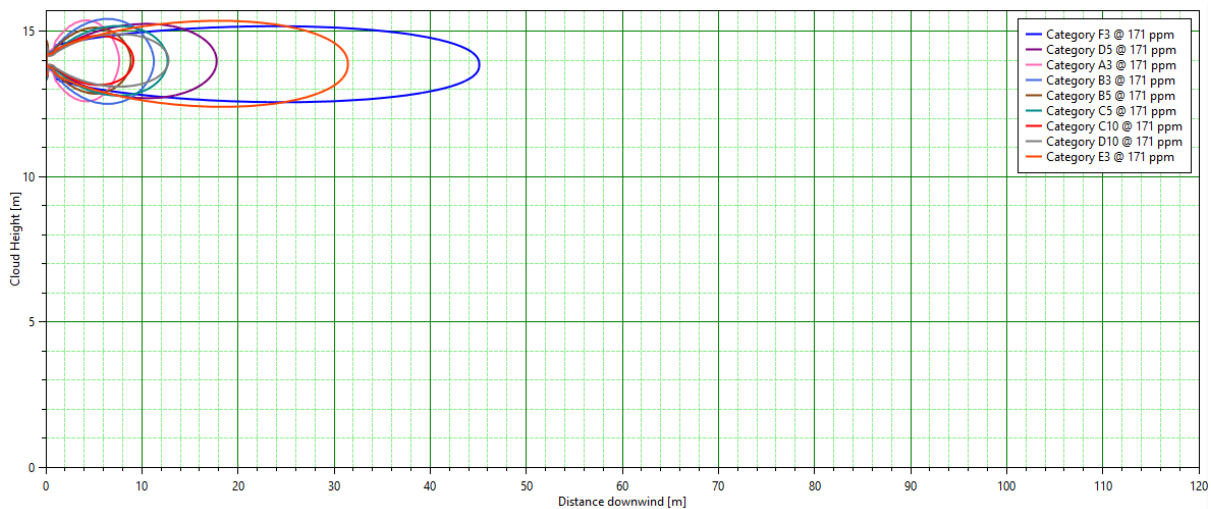


Figure 5 : Coupe du nuage correspondant au seuil des effets irréversibles pour une durée d'exposition de 14 minutes

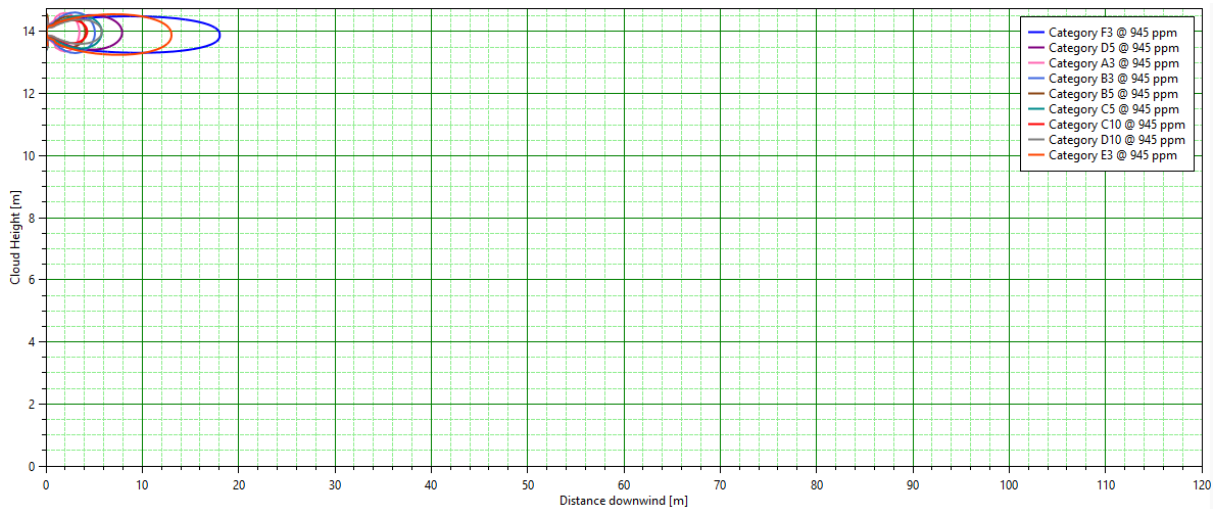


Figure 6 : Coupe du nuage correspondant au seuil des effets létaux pour une durée d'exposition de 14 minutes

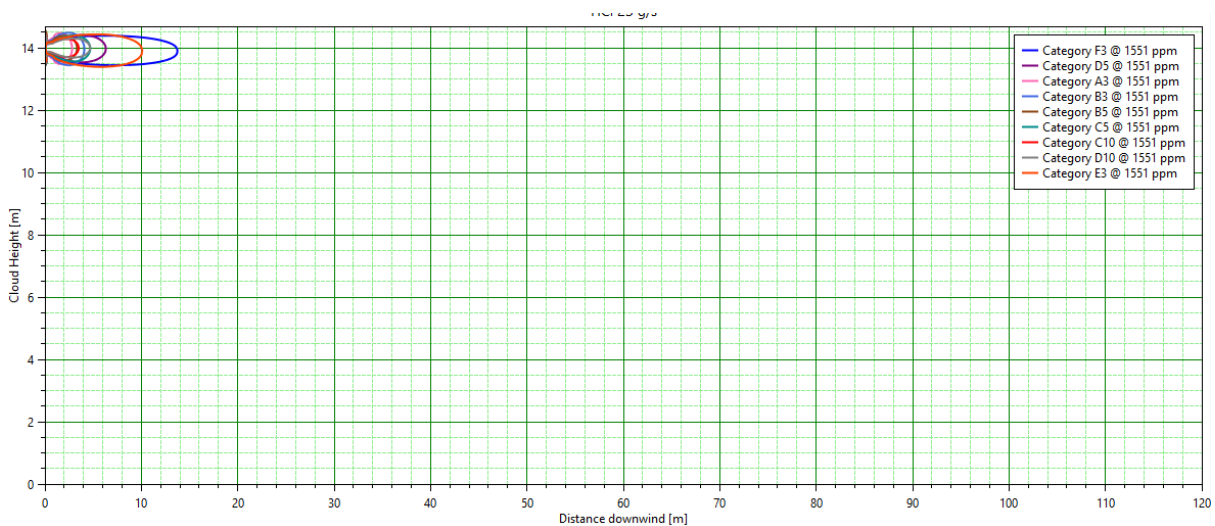


Figure 7 : Coupe du nuage correspondant au seuil des effets létaux significatifs pour une durée d'exposition de 14 minutes

En considérant une durée d'émission et d'exposition de 14 minutes, les coupes de nuage montrent que les effets sont atteints à des altitudes supérieures à 12 mètres et que les distances sont nettement plus faibles :

- Les effets irréversibles s'étendent jusqu'à une distance de 45 m,
- Les effets létaux s'étendent jusqu'à une distance de 18 m,
- Les effets létaux significatifs s'étendent jusqu'à une distance de 14 m.