

Bureau Veritas Exploitation
Service Risques Industriels
16 Chemin du Jubin – BP 26
69571 DARDILLY CEDEX

Responsable de l'étude :

Cécile DUBIEN

Tél. 06 30 52 06 72

e-mail : cecile.dubien@bureauveritas.com



NOVALQUARTZ

Modélisation de phénomènes dangereux de dispersion toxique

SOMMAIRE

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | PHENOMENES DANGEREUX MODELISES | 3 |
| 2 | MODELE UTILISE POUR L'EVALUATION DES EFFETS | 3 |
| 2.1 | METHODOLOGIE | 3 |
| 2.2 | DETERMINATION DU DEBIT EMIS A L'ATMOSPHERE | 3 |
| 2.3 | MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE DES VAPEURS ET DETERMINATION DES ZONES D'EFFETS | 4 |
| 3 | CALCULS ET RESULTATS..... | 6 |
| 3.1 | CARACTERISATION DU TERME SOURCE | 6 |
| 3.1.1 | <i>Données et hypothèses de calcul.....</i> | <i>6</i> |
| 3.1.2 | <i>Débit d'HCl pur émis à l'atmosphère</i> | <i>6</i> |
| 3.2 | SEUILS DE TOXICITE AIGÛE CONSIDERES..... | 6 |
| 3.3 | ETUDE DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE | 7 |
| 3.3.1 | <i>PhD1 : surface d'épandage = 3,9 m² – temps d'exposition = 1 min</i> | <i>7</i> |

1 PHENOMENES DANGEREUX MODELISES

Le scénario accidentel modélisé est la dispersion d'acide chlorhydrique (toxique) consécutif au déversement accidentel, en extérieur, d'un fût de 200 litres d'HCl 37% lors de son transfert vers le local de stockage.

Le phénomène dangereux (PhD) étudié est :

- PhD1 : surface d'épandage = 3,9 m² – temps d'exposition = 1 min

2 MODELE UTILISE POUR L'EVALUATION DES EFFETS

2.1 METHODOLOGIE

La démarche de modélisation comprend 2 étapes :

- 1- La détermination du débit émis à l'atmosphère.
- 2- La dispersion de ce débit et la détermination des zones d'effets toxiques.

2.2 DETERMINATION DU DEBIT EMIS A L'ATMOSPHERE

Pour déterminer le débit de produit pur émis lors de l'évaporation d'une flaque du même produit en solution, la corrélation semi-empirique suivante, basée sur les travaux de Mackay and Matsugu (TNO Yellow Book), est utilisée :

$$q = km \times P_v \times \frac{M \times A}{R \times T_{amb}}$$

Avec :

- q : débit d'évaporation (produit pur) en kg/s
- P_v : pression de vapeur saturante du produit en solution à T_{amb} en N/m² ou Pa
- M : masse moléculaire en kg/mol
- A : surface de rétention en m²
- R : constante des gaz parfait = 8,315 J/mol.K
- T_{amb} : température ambiante = 20°C
- km : coefficient de transfert de masse en m/s
- $km = 0,004786 \times u_w^{0,78} \times 2.r^{-0,11} \times Sc^{-0,67}$
- Avec :
- u_w : vitesse du vent en m/s
- r : rayon de la flaque en m
- Sc : nombre de Schmitt (adimensionnel) ; ce nombre est pris à 0,8 pour les gaz et vapeurs.

Ce modèle est applicable aux liquides en mélange, non à l'ébullition, c'est-à-dire ayant une température d'ébullition supérieure à la température de surface du sol. Par ailleurs, ce modèle suppose que la flaque de liquide atteint immédiatement sa surface maximale.

2.3 MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE DES VAPEURS ET DETERMINATION DES ZONES D'EFFETS

Logiciel de modélisation :

La dispersion atmosphérique est modélisée à l'aide du logiciel PHAST (version 8.4 utilisée).

Les trois paramètres importants pour la phase de dispersion qu'intègre le logiciel PHAST sont :

- les conditions météorologiques ;
- les conditions orographiques (coefficient de rugosité du terrain uniforme) ;
- un facteur correctif de dispersion du nuage (averaging time).

Le paramétrage de PHAST est fait conformément au « Guide de bonnes pratiques pour l'utilisation du logiciel PHAST à l'usage des industriels de l'industrie chimique » – UIC – DT 102 – Septembre 2012.

Conditions météorologiques :

Les conditions météorologiques régissent la cinétique de la phase gaz après la phase de rejet.

Elles sont définies par une classe de stabilité (classe de Pasquill), la vitesse de vent à 10 mètres de hauteur et la température ambiante.

Conformément à la fiche n°2 de la circulaire du 10 mai 2010 (« La Dispersion atmosphérique), les conditions météorologiques F3 et D5 sont considérées.

| Stabilité atmosphérique | Vitesses de vent considérées à 10 m de hauteur (m/s) | Température ambiante (°C) |
|-------------------------|--|---------------------------|
| D (neutre) | 5 | 20 |
| F (très stable) | 3 | 15 |

Quelles que soient les conditions atmosphériques, l'humidité relative de l'air est prise égale à 70%.

Conditions orographiques :

Les conditions orographiques représentent l'état de rugosité du terrain environnant les installations étudiées. Elles sont traduites de la même manière qu'un coefficient de frottement du nuage sur le sol produisant deux effets antagonistes :

- elle augmente la turbulence favorisant la dilution ;
- elle freine le nuage, ce qui favorise l'effet d'accumulation et la concentration.

La rugosité varie selon le type d'environnement. Dans la présente étude, en accord avec les pratiques en vigueur (guide DT102), une rugosité de 1 mètre a été choisie dans le logiciel PHAST. Elle traduit un environnement du type zone industrielle.

« Averaging time » et « core averaging time » ou durée de moyennage du nuage :

Dans le logiciel PHAST, il existe deux paramètres distincts pour le temps de moyennage : l'averaging time et le core averaging time. Ces deux paramètres n'interviennent que dans la phase de dispersion passive.

L'averaging time correspond à une correction numérique des concentrations moyennes calculées sur l'axe du nuage en fonction de la durée effective d'observation du nuage (= durée d'exposition pour les

toxiques), afin de tenir compte en particulier des fluctuations réelles de direction du vent autour de sa direction moyenne pendant la durée d'observation. Il est à noter que cette correction n'intervient que dans la phase de dispersion passive (emploi d'un modèle gaussien).

La valeur du core averaging time est utilisée lors du calcul de la dispersion du nuage, tandis que la valeur de l'averaging time est utilisée uniquement lors de la phase de post-traitement, pour certains résultats.

Le choix de l'averaging time (ou durée de moyennage du nuage) dans les logiciels faisant appel à des modèles de type gaussien peut impacter significativement les distances d'effet.

L'averaging time et le core averaging time sont fixés à la même valeur, égale à la durée d'exposition de la cible.

Détermination des zones d'effets au regard des seuils toxiques de référence :

Le rayon (ou périmètre, ou zone) de dangers correspond à la distance maximale au-delà de laquelle la concentration en vapeur toxique est inférieure au seuil de toxicité aiguë de la substance considérée.

Trois seuils d'effets toxiques sont considérés, correspondant à trois types d'effets (cf. 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 de dangers des installations classées soumises à autorisation) :

- **le seuil des effets létaux significatif (SELS)** : il correspond à la concentration, pour une durée d'exposition donnée, au-dessus de laquelle on peut observer une mortalité de 5% au sein de la population exposée ;
- **le seuil des premiers effets létaux (SPEL)** : il correspond à la concentration, pour une durée d'exposition donnée, au-dessus de laquelle on peut observer une mortalité de 1% au sein de la population exposée ;
- **le seuil des effets irréversibles (SEI)** : il correspond à la concentration, pour une durée d'exposition donnée, au-dessus de laquelle des effets irréversibles peuvent apparaître au sein de la population exposée.

Pour l'acide chlorhydrique (pur), les concentrations correspondant à chacun de ces trois seuils sont les suivantes :

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

ND: Non déterminé

Source : INERIS– DRC-08-94398-11984A.

Nota : le seuil des effets réversibles est mentionné mais n'est pas considéré dans le cadre des études de dangers.

3 CALCULS ET RESULTATS

3.1 CARACTERISATION DU TERME SOURCE

3.1.1 Données et hypothèses de calcul

| | |
|--|---|
| Volume d'HCl 37% déversé | 0,18 m ³ |
| Surface de la flaque et durée d'exposition des cibles | - PhD1 : surface d'épandage = 3,9 m ² – temps d'exposition = 1 min |
| Solution considérée | Acide chlorhydrique 37% |
| Température | 20°C |
| Logiciel de calcul | PHAST 8.4 |

3.1.2 Débit d'HCl pur émis à l'atmosphère

La pression de vapeur à 20°C de l'acide chlorhydrique est de 14 100 Pa pour HCl 36% et de 19 000 Pa pour HCl 38%. L'HCl considéré dans les modélisations est à 37%. La pression de vapeur de HCl 38% (19 000 Pa à 20°C) est retenue de façon conservative.

Le débit évaporé (= débit d'acide chlorhydrique pur), calculé à l'aide du modèle de Mackay and Matsugu, est de :

| Débit d'évaporation (kg/s) | Conditions F3 | Conditions D5 |
|--|-----------------------|-----------------------|
| PhD1 : surface d'épandage = 3,9 m² | 13,3.10 ⁻³ | 19,8.10 ⁻³ |

A noter : le débit calculé est plus important dans les conditions D5 car l'évaporation est favorisée lorsque la vitesse du vent est plus élevée.

3.2 SEUILS DE TOXICITE AIGÛE CONSIDERES

| | SELS | SPEL | SEI |
|--|-------------|-------------|------------|
| PhD1 – temps d'exposition = 1 min Concentration seuil de l'HCl pour 1 minute d'exposition | 19 975 ppm | 11 000 ppm | 2 410 ppm |

3.3 ETUDE DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE

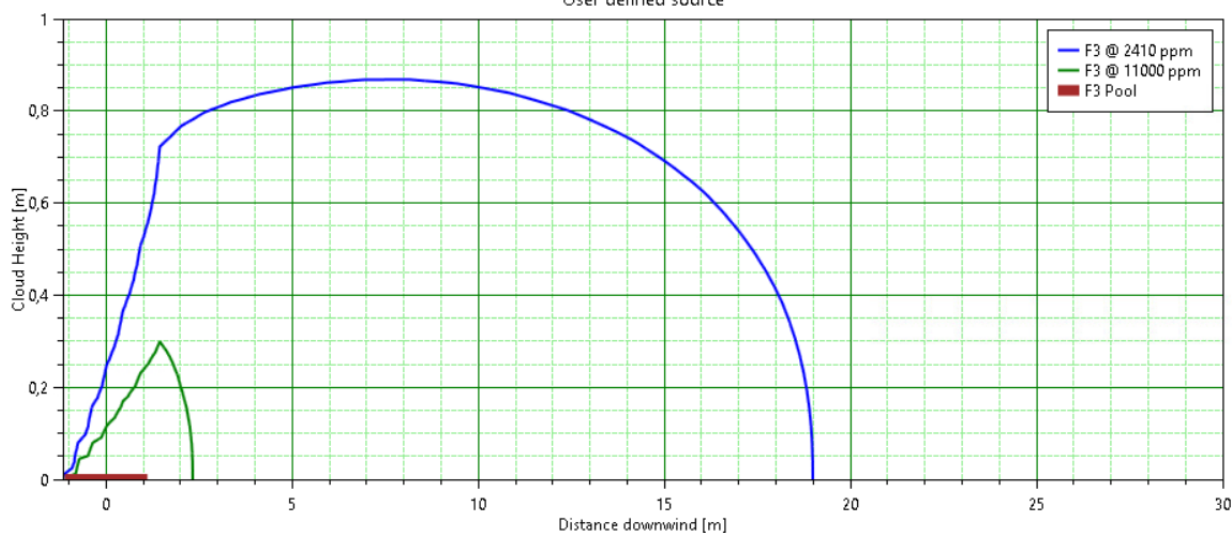
3.3.1 PhD1 : surface d'épandage = 3,9 m² – temps d'exposition = 1 min

| Cible à 0 m (au sol) | Conditions F3 | Conditions D5 |
|----------------------|---------------|---------------|
| SELS (19 975 ppm) | Non atteint | Non atteint |
| SPEL (11 000 ppm) | < 5 m | < 5 m |
| SEI (2 410 ppm) | 20 m | 10 m |

Distances comptées à partir du centre de la flaqué.

Side View

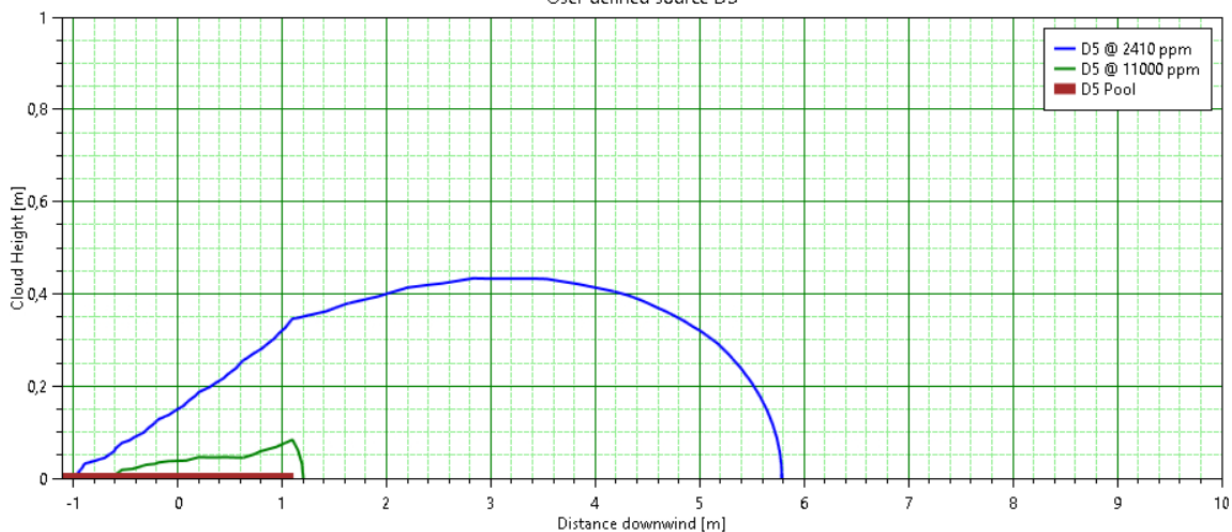
User defined source



Coupe du nuage en concentration correspondant aux SEI, SPEL et SELS, dans les conditions F3

Side View

User defined source D5



Coupe du nuage en concentration correspondant aux SEI, SPEL et SELS, dans les conditions D5