Destinataire :

TERRENA

Projet Cocotte

Analyse des conséquences d'un accident sur une installation de réfrigération à l'ammoniac

Référence : 797715/6261132-1 Annexe

VERSION	DATE D'EMISSION	AUTEUR	VERIFICATEUR
0	08/02/2017	ALICE PAUMARD	MATTHIEU DESMERCIERES

BUREAU VERITAS EXPLOITATION – Service Maîtrise des Risques HSE Région Ouest
8, avenue Jacques Cartier – BP 70279 – 44818 SAINT-HERBLAIN CEDEX

Sommaire

1. Scénario retenu 3

2. Généralités 3

3. Détermination du débit en ammoniac à la brèche 4

4. Caractérisation du terme source au niveau de l'enveloppe du local 4

5. Etude de la dispersion atmosphérique du terme source 6
   - 5.1 Conditions ambiantes 6
   - 5.2 Détermination des valeurs seuils de concentration 6
   - 5.3 Modélisation de la dispersion atmosphérique 7

6. Conclusions 8

1. Scénario retenu

Le scénario retenu est la rupture guillotine de la tuyauterie DN 100, HP liquide en sortie du condenseur, à l'intérieur de la salle des machines, et dispersion atmosphérique à l'extérieur via l'extracteur (scénario considéré comme majorant d'après le guide de l'INERIS pour la rédaction des études de dangers des installations de réfrigération ammoniac, N° DRA-14-141532-11390C).

La canalisation HP liquide circule dans le local muni d'une extraction forcée en cas de détection d'ammoniac :

- Extracteur sur le nouveau local : Diamètre de conduit entre 500 et 700 mm (surface 0.2 m² à 0.38 m²) pour un débit de 6 605 m3/h, soit une vitesse d'éjection de 9.2 m/s à 4.8 m/s ;

Le rejet se situe en sortie cheminée à l'extérieur à 10 m de hauteur par rapport au sol.

2. Généralités

L'étude des conséquences d'un rejet confiné dans un local comporte plusieurs phases :

- Détermination du débit en ammoniac en fonction des conditions de stockage et des caractéristiques des produits, dans la salle des machines ;
- Caractérisation du terme source au niveau de l'enveloppe du local ;
- Détermination des valeurs seuils de concentration ;
- Modélisation de la dispersion atmosphérique du nuage de gaz formé, en fonction du site et des conditions atmosphériques.

Ces modélisations ont été effectuées à l'aide du logiciel PHAST de DNV Technica (Version 6.7).

Nous étudierons la dispersion atmosphérique de chaque terme source, pris indépendamment l'un de l'autre, et nous sommerons ensuite la dose reçue par un individu à différente distance du local, comme préconisé dans le guide de l'INERIS.

3. Détermination du débit en ammoniac à la brèche

La rupture guillotine de la canalisation de diamètre 100 mm est considérée en phase liquide en sortie du condenseur, dans la salle des machines.

Les conditions de l'ammoniac avant rupture sont :

- Pression : pression de vapeur saturante / 13.5 bar à 35°C ;
- Charge unitaire : inventaire HP pris en compte soit 5% de l'inventaire total (données guide INERIS), soit 5% de 1 400 kg, soit 70 kg.
- Température : 35 °C.

Hypothèse prise : il n'y a pas de bouteille HP en sortie du condenseur, donc le rejet est alimenté uniquement par le côté amont de la fuite, le détendeur situé plus en aval empêchant tout retour important d'ammoniac.

Seul l'inventaire HP de l'installation est rejeté à l'atmosphère. Il n'est pas pris en compte :

- L'isolement éventuel du rejet avant la vidange complète de l'inventaire HP ;
- Le rejet en phase gaz, consécutif au rejet de l'inventaire HP diphasique, en cas de non arrêt des installations.

La quantité totale pouvant être rejetée est donc de 70 kg.

Le débit, calculé par PHAST, est le suivant :

– Débit maximum	:	203.8 kg/s
– Durée équivalente de la fuite	:	0.34 s (rejet instantané)
– Température finale	:	- 33.4 °C

La courte durée du rejet ne permet pas, même en cas de rejet impactant, de prendre en compte un phénomène de coalescence des aérosols. De ce fait, nous considèrerons que l'intégralité du rejet est dispersée à l'atmosphère par l'intermédiaire du système d'extraction.

4. Caractérisation du terme source au niveau de l'enveloppe du local

Nous considèrerons que l'intégralité du rejet est dispersée à l'atmosphère par l'intermédiaire du système d'extraction.

Dans notre approche, il est supposé que la ventilation est convenablement dimensionnée (débit d'extraction important et entrée d'air suffisante) pour qu'il n'y ait pas de risque de montée en pression du local et d'émission d'ammoniac via les zones non étanches (portes, …).

Caractéristiques du rejet émis à l'extérieur via l'extracteur	
Phénomène dangereux étudié	**Rupture guillotine de la canalisation ammoniac liquide HP dans le nouveau local**
Masse mise en jeu (kg)	70
Volume confinement (m^3)	1787 m3 (275 m² sur 6.5 m de haut)
C_{max} (en $kg.m^{-3}$) = Masse mise en jeu / Volume confinement	0.039 kg/m3
$Q_{extract}$ ($m^3.s^{-1}$) = Qextract / 3600	1.84 m3/s
V_{rejet} ($m.s^{-1}$) = Q extract / section conduit	4.8 à 9.2 m/s
$Q_{rejet\ max}$ ($kg.s^{-1}$) = C max x Q extract	**0.072 kg/s**
Δt_{rejet} (s) = Masse mise en jeu / Qrejet max	**974 s (16.2 min)**
Δt exposition	**20 min soit 1200 s**

Ce rejet via les extracteurs s'effectue à pression et température ambiante, à une hauteur de 10 m par rapport au sol.

5. Etude de la dispersion atmosphérique du terme source

5.1 Conditions ambiantes

Le rejet étant vertical en hauteur (cheminée), et conformément à la circulaire du 10 mai 2010, la modélisation de la dispersion atmosphérique a été effectuée pour les conditions atmosphériques suivantes :

- vitesse du vent 5 m/s, stabilité atmosphérique D,
- vitesse du vent 3 m/s, stabilité atmosphérique F,
- vitesse du vent 3 m/s, stabilité atmosphérique A,
- vitesse du vent 3 m/s, stabilité atmosphérique B,
- vitesse du vent 5 m/s, stabilité atmosphérique B,
- vitesse du vent 5 m/s, stabilité atmosphérique C,
- vitesse du vent 10 m/s, stabilité atmosphérique C,
- vitesse du vent 10 m/s, stabilité atmosphérique D,
- vitesse du vent 3 m/s, stabilité atmosphérique E,
- température ambiante : 293 K (20°C) pour les stabilités A à E et 288 K (15°C) pour la stabilité F,
- humidité relative : 70 %.

Le paramètre de rugosité du sol est de 0,17. Il correspond à un site industriel.

5.2 Détermination des valeurs seuils de concentration

Pour la modélisation des conséquences d'accident, nous nous sommes intéressés au caractère toxique du gaz. Les effets toxiques sur un individu dépendent de la concentration en ammoniac et de la durée d'exposition.

Nous considérerons les valeurs pour des durées d'exposition en fonction de la durée des rejets, soient 20 minutes de façon majorante par rapport aux seuils de 10 minutes.

Les valeurs de concentration toxique pour l'ammoniac données dans les fiches techniques du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du territoire Seuils de toxicité aiguë (INERIS-DRC-08-94398-11812A), sont :

Durée d'exposition (minutes)	*20 min*
SEL 5%	6267
Ppm	
SEL 1%	5833
Ppm	
SEI	612
Ppm	

5.3 Modélisation de la dispersion atmosphérique

A partir du débit calculé précédemment, et en fonction des conditions météorologiques, la modélisation de la dispersion atmosphérique du nuage formé a été effectuée à l'aide du logiciel PHAST.

Les zones d'extensions maximales du nuage pour différentes valeurs de concentrations seuils définies au paragraphe 5.2 et pour différentes conditions atmosphériques définies au paragraphe 5.1 sont présentées ci-après.

Les zones d'extensions maximales données par PHAST à 1,5 m du sol sont :

Caractéristiques du rejet émis à l'extérieur par l'extracteur									
Phénomène dangereux étudié	Rupture guillotine de la canalisation ammoniac liquide HP dans le nouveau local								
$Q_{rejet\ max}$ ($kg.s^{-1}$)	0.072								
Δt exposition	20 min								
V_{rejet} ($m.s^{-1}$)	**4.8**								
Zones d'effets (en m)									
Conditions météorologiques	F3	5 D	A 3	B3	B5	C5	C10	D10	E3
Zone des effets irréversibles (⇔ SEI) = 612 ppm	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint
Zone des effets graves (⇔ SEL 1%) = 5833 ppm	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint
Zone des effets très graves (⇔ SEL 5%) = 6267 ppm	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint
V_{rejet} ($m.s^{-1}$)	**9.2**								
Zones d'effets (en m)									
Conditions météorologiques	F3	5 D	A 3	B3	B5	C5	C10	D10	E3
Zone des effets irréversibles (⇔ SEI) = 612 ppm	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint
Zone des effets graves (⇔ SEL 1%) = 5833 ppm	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint
Zone des effets très graves (⇔ SEL 5%) = 6267 ppm	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint	Non atteint

Il y a lieu de noter que les modélisations ne prennent pas en compte l'influence des bâtiments sur l'écoulement :

- effet sillage,
- tourbillon,
- rabattement.

6. Conclusions

Compte tenu :

- des hypothèses de calcul prises en compte,
- des résultats de la modélisation exposés précédemment,

Seuil des effets irréversibles pour une exposition de 3 minutes

- le seuil des effets irréversibles n'est pas atteint à 1,5 m du sol.

Seuil des premiers effets létaux pour une exposition de 3 minutes

- le seuil des premiers effets létaux n'est pas atteint à 1,5 m du sol.

Seuil des effets létaux significatifs pour une exposition 3 minutes

- le seuil des effets létaux significatifs n'est pas atteint à 1,5 m du sol.

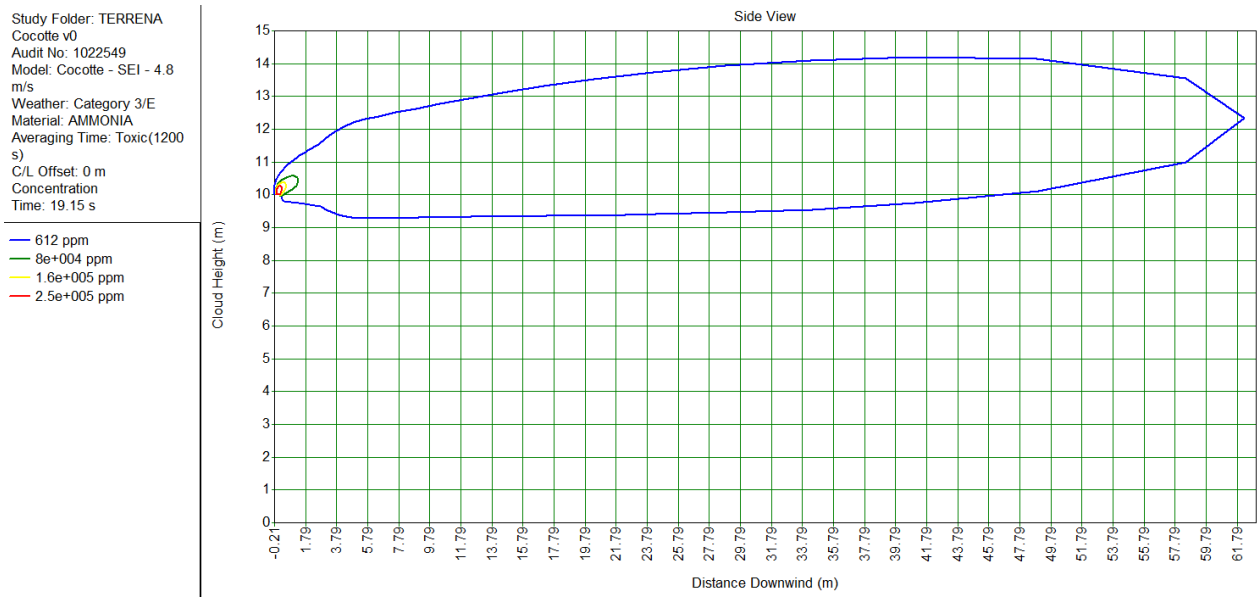
ANNEXE 1

COURBES
ISO-CONCENTRATIONS

Vitesse de sortie 4.8 m/s - Vent 3 m/s stabilité E

Vue en coupe du panache du nuage au seuil des effets toxiques irréversibles

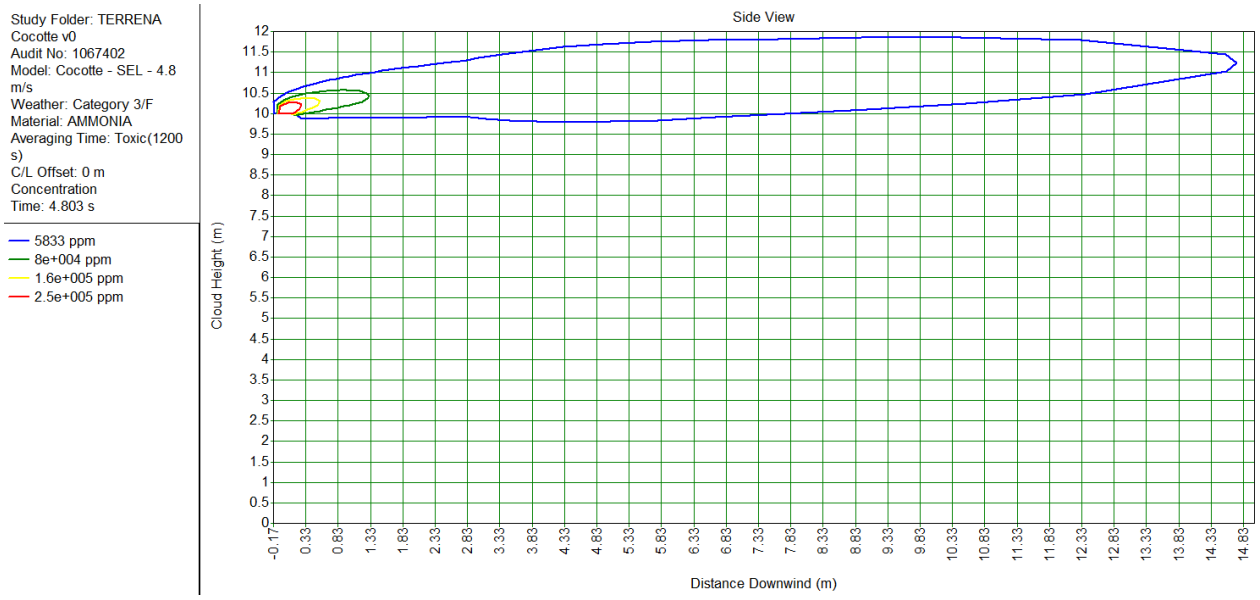
⇨ Pas d'effets à 1.5 m au sol, étendue maximale du panache à 62 m de la source (étendue maximale) à 12 m de haut



Vitesse de sortie 4.8 m/s - Vent 3 m/s stabilité F

Vue en coupe du panache du nuage au seuil des effets toxiques graves

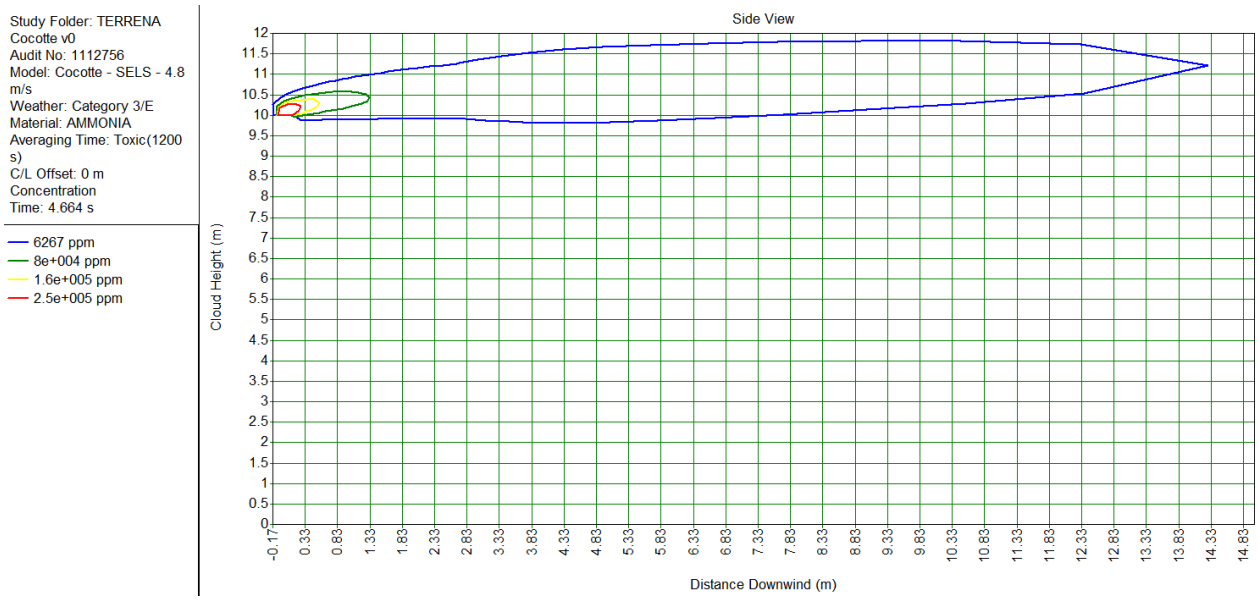
⇨ Pas d'effets à 1.5 m au sol, étendue maximale du panache à 15 m de la source à 11 m de haut



Vitesse de sortie 4.8 m/s - Vent 3 m/s stabilité E

Vue en coupe du panache du nuage au seuil des effets toxiques très graves

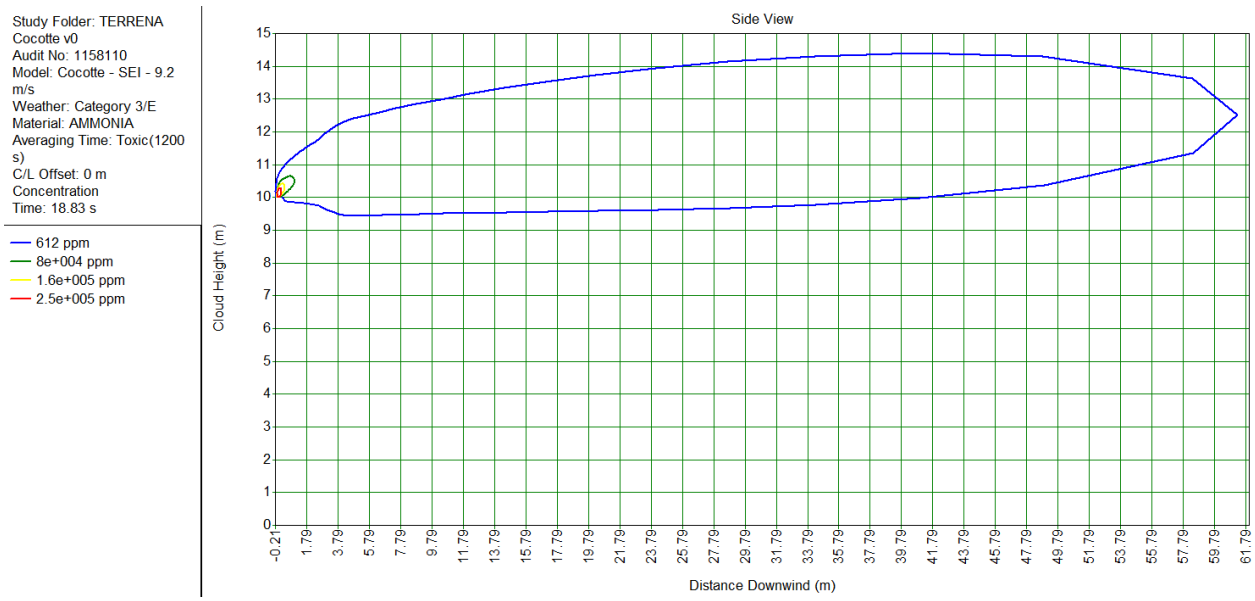
⇨ Pas d'effets à 1.5 m au sol, étendue maximale du panache à 15 m de la source à 11 m de haut



Vitesse de rejet 9.2 m/s - Vent 3 m/s stabilité E

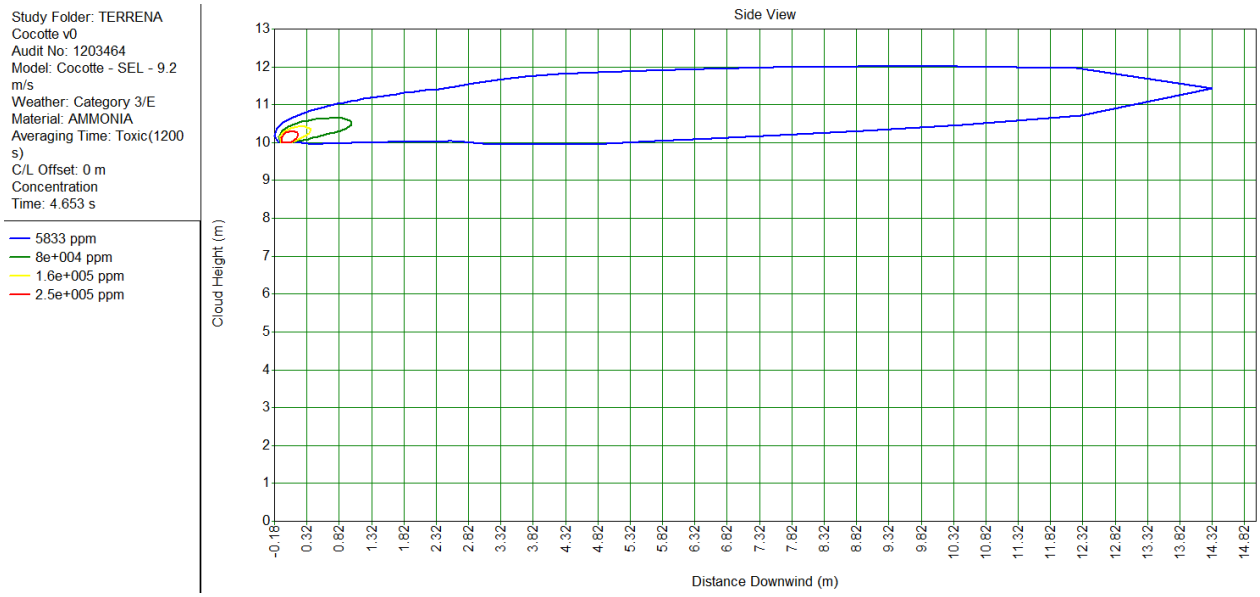
Vue en coupe du panache du nuage au seuil des effets toxiques irréversibles

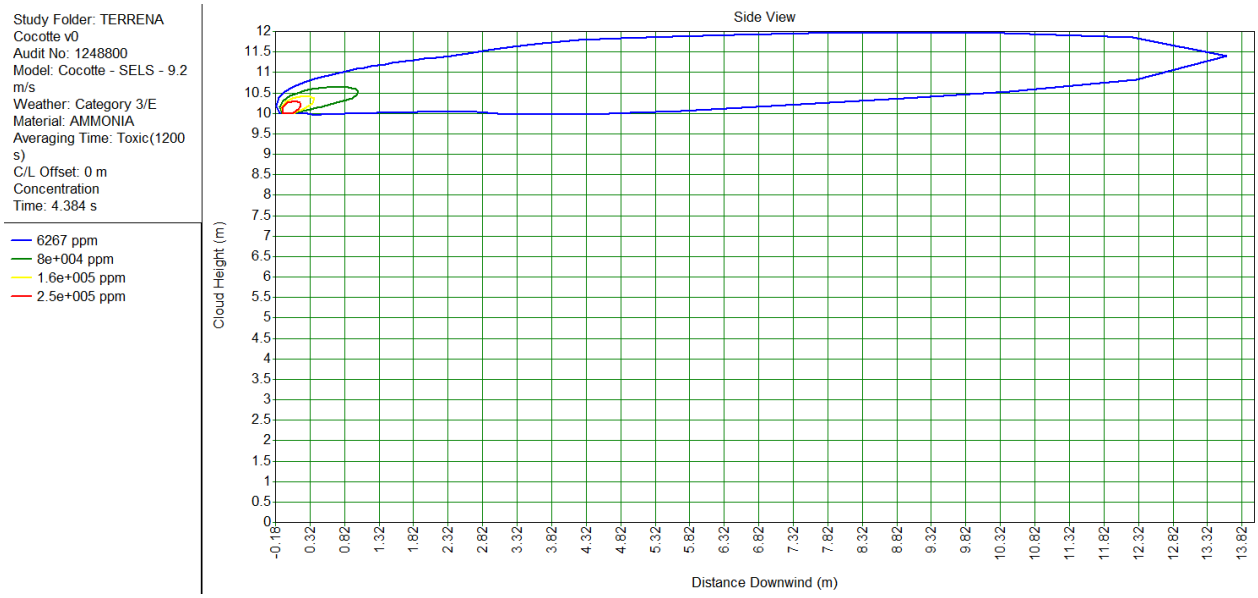
⇨ Pas d'effets à 1.5 m au sol, étendue maximale du panache à 62 m de la source à 13 m de haut



Vitesse de rejet 9.2 m/s - Vent 3 m/s stabilité E
Vue en coupe du panache du nuage au seuil des effets toxiques graves

⇨ Pas d'effets à 1.5 m au sol, étendue maximale du panache à 15 m de la source à 11 m de haut



Vitesse de rejet 9.2 m/s - Vent 3 m/s stabilité E
Vue en coupe du panache du nuage au seuil des effets toxiques très graves

⇨ Pas d'effets à 1.5 m au sol, étendue maximale du panache à 14 m de la source à 11 m de haut