

Annexe 8 - Etude de la dispersion - Méthode intégrale PHAST

SEAFRIGO - Guadeloupe Aéroport

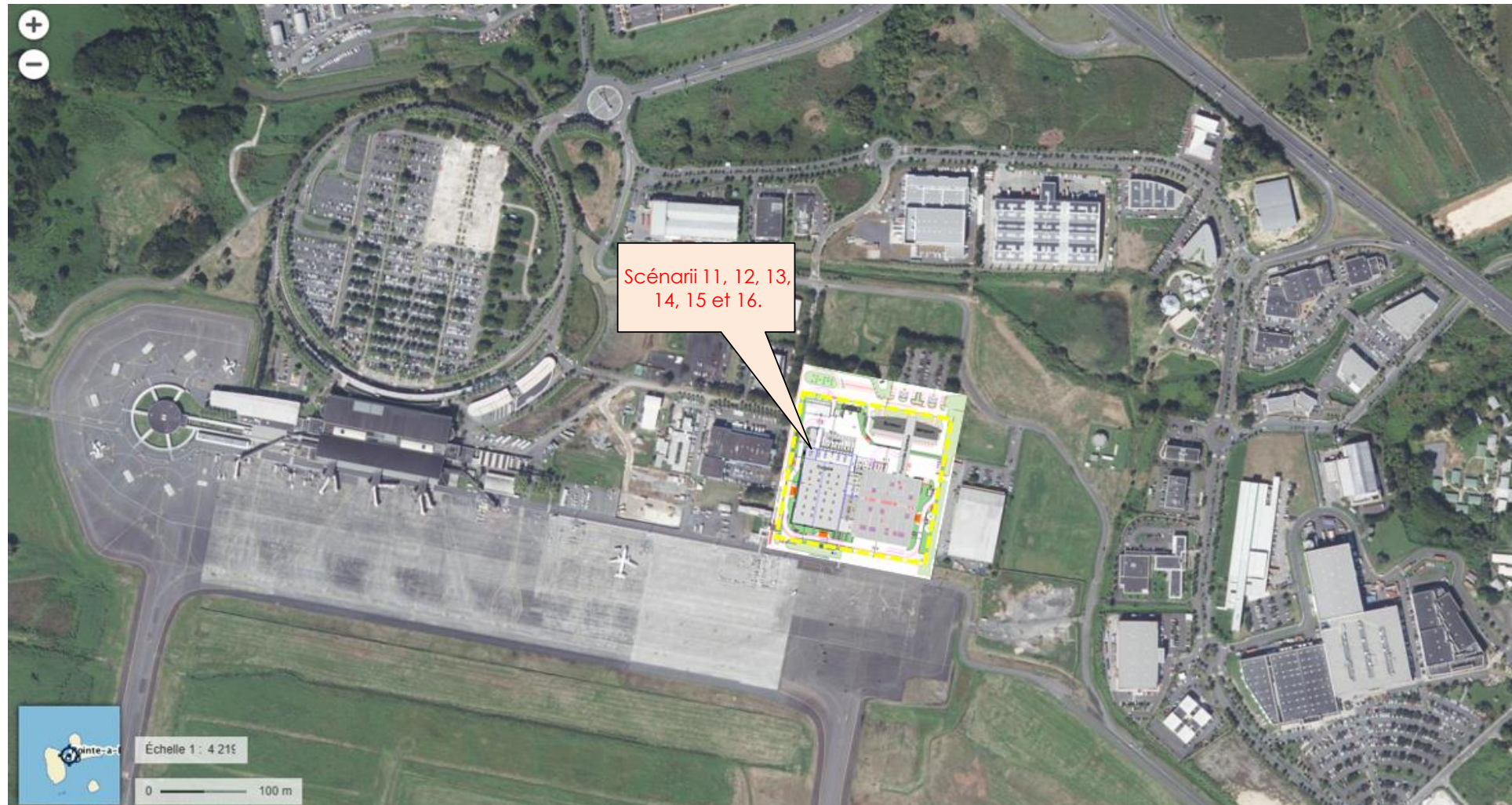
Systeme NH3

- 1 - Localisation des scénarii
- 2 - Rejet depuis une tuyauterie liquide HP – SDM (scénario 11)
- 3 - Rejet depuis bouteille BP – SDM (scénario 13)
- 4 - Rejet depuis un tube condenseur extérieur (scénario 14)
- 5 - Rejet Soupapes de sécurité – SDM (scénario 15)
- 6 - Rejet depuis une station de vannes CF – Galerie technique (scénario 16)

Information : Version du logiciel PHAST 8.22

1 - Localisation des scénarii

La carte du site est téléchargée dans le logiciel PHAST pour positionnement des scénarii retenus (Locaux techniques). Les scénarii modélisés sont les scénarii majorants au point de rejet considéré.



2 - Rejet depuis une tuyauterie liquide HP – SDM (scénario 11)

Données de calculs

L'installation est **supposée en fonctionnement**. Le débit considéré correspond au débit masse HP pour une perte de confinement d'un condenseur (masse contenue dans une batterie) + les tuyauteries associées. Le condenseur est considéré à +50°C sous 20 bars absolus (Etat à saturation). Il est fait l'hypothèse d'une rupture d'une tuyauterie en phase liquide, un phénomène de détente est pris en compte dans le calcul de dispersion. L'ammoniac se répand alors dans la rétention sous le condenseur.

| | | | |
|--------------------------------------------|-------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Volume local technique | 1 488 | m ³ | |
| k pondérateur si grand volume | 1,0 | | Pour les grands volumes (ex. dans les combles ou galeries techniques) |
| Volume de local technique | 1 488 | m ³ | |
| Masse NH3 dans le condenseur + tuyauteries | 100 | kg | La charge du condenseur (+ tuyauteries, détenteur à flotteur) |
| Débit d'extraction | 6 400 | m ³ /h | La mise en service de l'extracteur de sécurité est asservie au système de détection d'ammoniac |
| Masse d'air du local technique | 1 771 | kg | |

Modélisation du terme source (Fuite)

Les caractéristiques du rejet dans le local technique considéré sont les suivantes :

| | | | |
|-----------------------|-------------------------------|------------|----------------|
| Diamètre nominal (DN) | | 40 | |
| Diamètre intérieur | | 40,94 | mm |
| S | Section | 0,00131639 | m ² |
| t1 | Température saturante | 55 | °C |
| P1 | Pression saturante interne | 2 309 994 | Pa |
| P ₂ | Pression saturante extérieure | 1 501 496 | Pa |
| T ₂ | Température du rejet | 38,68 | °C |
| M' | débit de fuite | 9,00 | kg/s |
| | vitesse de rejet | 153,00 | m/s |
| T rejet | Temps de vidange | 11,11 | s |
| x _{v2} | taux de vaporisation | 0,25 | |
| m' | débit de fuite vapeur | 5,59 | kg/s |

Les valeurs sont données par un premier calcul « leak » sur « pressure vessel », la charge considérée est la charge maximum contenue dans le plus important récipient. Lors de cette fuite il y a détente du liquide, le rejet dure T rejet à un débit M' (liquide avec fraction de vapeur du fait de la détente). La température finale correspond à la température d'ébullition de l'ammoniac à pression atmosphérique. La fraction formant une nappe liquide au sol « rain-out », par conséquent la masse directement émise en phase gazeuse et évacués par l'extracteur de sécurité est liée à au calcul du taux de vaporisation combinée avec l'évaporation de la nappe .

Ultérieurement la nappe qui recouvre le sol de la salle des machines s'évapore lentement à un débit de vapeur de 0,080 kg/s.

Débit de fuite impliquant directement la formation du nuage dans les conditions du terme source

Débit de vapeur + aérosol + évaporation de la nappe :

$$m' = (x_{v,1} + 2 \cdot x_{v,2} \cdot (1 - x_{v,1})) \cdot M'$$

Q **62** kg

Pour le calcul de l'évaporation de la nappe "rain-out" on utilise le Modèle de MacKay et Matsugu présenté dans le Yellow Book du TNP (7) et basé sur le modèle de Cavanaugh (30); source Rapport d'étude INERIS-DRA-2005-P46055-C51076

Modélisation du scénario final (rejet en extérieur)

La masse d'air dans le local vaut **1 771** kg En prenant en compte une masse volumique de **1,2** kg/m³

Dans le local, il est par conséquent fait l'hypothèse que, suite au rejet, un mélange air/ammoniac se crée à l'intérieur du local. La fraction massique d'ammoniac à l'équilibre Y_{NH_3} est donnée par : $Y_{NH_3} = m_{NH_3} / (m_{air} + m_{NH_3})$

Y_{NH_3} 0,0340793

La température finale T_f (en K) du mélange est telle que :

$$T_f = [Y_{NH_3} c_{p,NH_3} T_{NH_3} + (1-Y_{NH_3}) c_{p,air} T_{air}] / [Y_{NH_3} c_{p,NH_3} + (1-Y_{NH_3}) c_{p,air}]$$

c_{p,NH_3} Chaleur massique à pression constante de l'ammoniac gazeux (2 000 J/kg.K)

T_{NH_3} Température d'ébullition de l'ammoniac (239,6 K)

T_{air} Température de l'air ambiant (293 K)

$c_{p,air}$ Chaleur massique à pression constante de l'air (1 004 J/kg.K)

T_f 16,34 °C

La masse molaire M_f du mélange est déduite de la relation : $M_f = 1 / [Y_{NH_3} / M_{NH_3} + (1 - Y_{NH_3}) / M_{air}]$; Ou M_{NH_3} désigne la masse molaire de l'ammoniac (0,017 kg/mol) et M_{air} désigne la masse molaire de l'air (0,0288 kg/mol).

M_f 0,02813 kg/mol

La masse volumique moyenne du mélange à **16,34 °C** est donc ρ_m

ρ_m 0,8599 kg/m³

| | | | | |
|-----------|---------------------|---------------|----------------|-----------------------------------------|
| m_{ext} | Débit d'extraction | 1,529 | kg/s | Le débit volumique est supposé constant |
| D | Diamètre du conduit | 500 | mm | |
| S | Section du conduit | 0,1963 | m ² | |
| w | Vitesse de rejet | 9,054 | m/s | |

A ce rythme le temps d'extraction de l'ammoniac vaporisé durant la phase de rejet est de $(Q / (Y_{NH_3} \times m_{ext}))$

Temps d'extraction 1 200 secondes

Finalement, le scénario est défini à l'aide du modèle « **user defined** » avec les valeurs imposées sont les suivantes :

| | | | | |
|-----------|----------------------|--------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| m_{ext} | Débit d'extraction | 1,529 | kg/s | S'agissant d'un rejet vertical de gaz en altitude, toutes les conditions atmosphériques précisées dans la circulaire du 10 mai 2010 sont envisagées. |
| | Temps d'extraction | 1 200 | secondes | |
| T finale | Température de rejet | 16,34 | °C | Enfin, sur la base des seuils d'effets de l'ammoniac indiqués dans le document de l'INERIS-DRC-03-47021-ETSC-Sti de août 2003, les concentrations à rechercher sur le temps d'exposition sont les suivantes : |
| w | Vitesse de rejet | 9,054 | m/s | |
| | % ammoniac | 3% | | |
| | % air | 97% | | |

H Altitude du rejet **18** m

Seuils d'effets irréversibles

SEI : 577 ppm

Seuils d'effets létaux

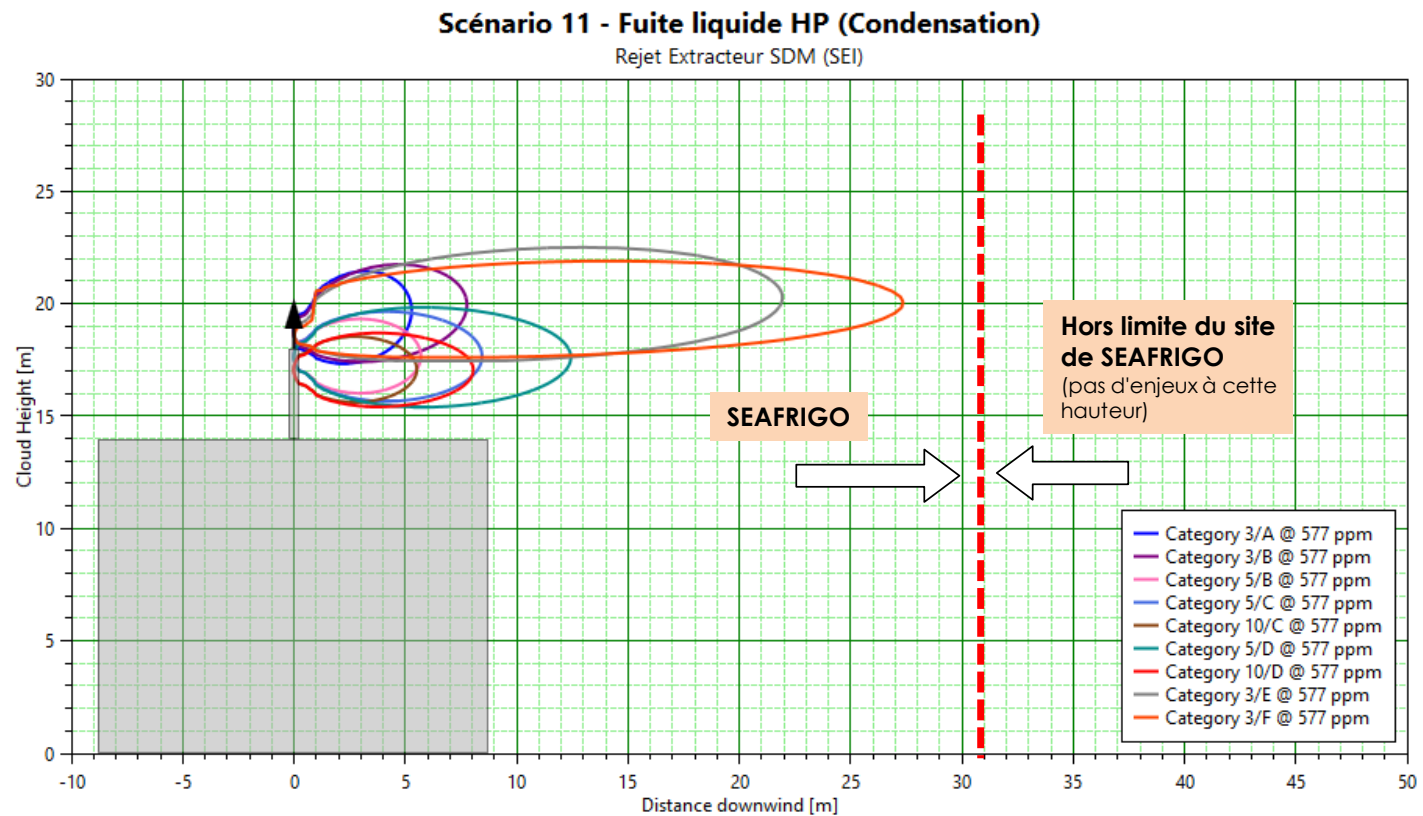
SEL : 5 818 ppm

Résultats de la modélisation du rejet (Dispersion du mélange ammoniacé)

Le graphique ci-dessous illustre la forme du panache (concentration des effets irréversibles). Les distances d'effets calculées sont en fonctions des différentes conditions de stabilité atmosphérique (Cirulaire du 10 mai 2010).

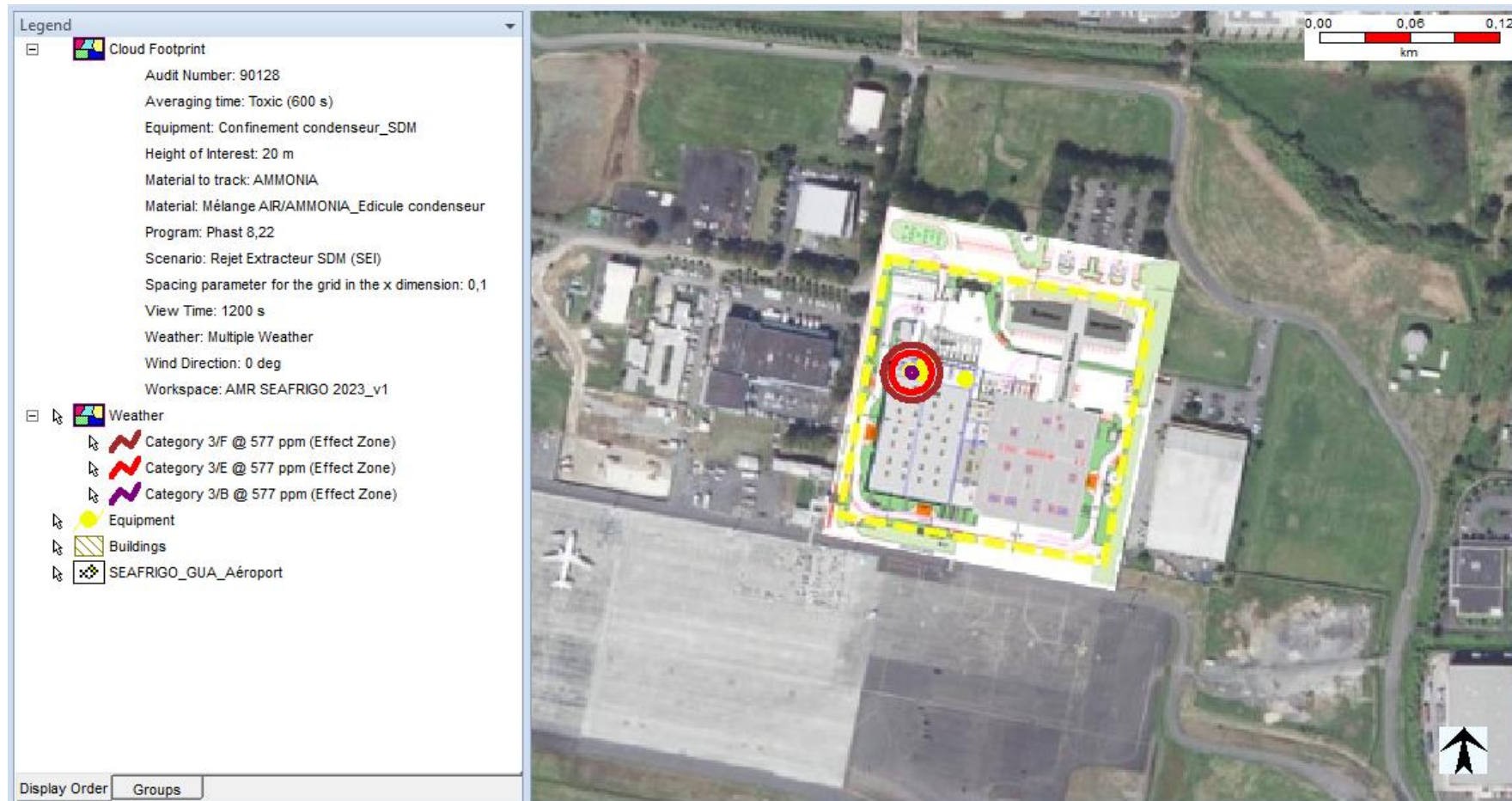
H Altitude du rejet **18** m

| | |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Audit Number | 90128 |
| Averaging time | Toxic (600 s) |
| Equipment | Confinement condenseur_S DM |
| Spacing parameter for the grid in the x dimension | 0,1 |
| Material | Mélange AIR/ AMMONIA_Edicateur condenseur |
| Material to track | AMMONIA |
| Offset from Centerline | 0 m |
| Program | Phast 8,22 |
| Scenario | Rejet Extracteur SDM (SEI) |
| View Time | 1200 s |
| Weather | Multiple Weather |
| Workspace | AMR SEAFRIGO 2023_v1 |



La hauteur de 18 m correspond à la hauteur du rejet (sortie de conduit). **Avec ce point de rejet à 18 m, on confirme que la hauteur actuelle est conforme et n'engendre pas d'effet indésirable hors des limites de propriété** du site de SEAFRIGO à hauteur des enjeux potentiels.

« N.B. D'un point de vue toxicologique, il n'est pas pertinent de déterminer de valeur seuil pour un effet donné (léta, irréversible ou réversible) pour des durées d'exposition inférieures à 10 minutes. Ceci s'explique en raison de la physiologie respiratoire et les apnées réflexes mis en jeu en cas d'exposition à des substances irritantes par inhalation. Ainsi, la valeur du seuil de toxicité aiguë pour une exposition d'une minute est purement une donnée mathématique calculée sans réelle valeur toxicologique. Il est donc illusoire de vouloir déterminer des valeurs pour des durées d'exposition inférieures à une minute. »

Vue en coupe du nuage à la hauteur correspondant au maximum du nuage par rapport au relief (en distance) – SEI :

3 - Rejet depuis bouteille BP – SDM (scénario 13)

Données de calculs

L'installation est supposée à l'arrêt. La capacité BP d'ammoniac est considérée à +10°C sous 6,15 bars absolus (Etat à saturation). Il est fait l'hypothèse d'une rupture d'une tuyauterie en partie basse (Sous la capacité). La fuite est en phase liquide, un phénomène de détente est pris en compte dans le calcul de dispersion. L'ammoniac se répand alors dans la rétention sous la capacité à l'intérieur de la SDM.

| | | | |
|---------------------------------------------|-------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Volume local technique | 1 488 | m ³ | |
| k pondérateur si grand volume | 1,0 | | Pour les grands volumes (ex. dans les combles ou galeries techniques) |
| Volume de local technique | 1 488 | m ³ | |
| Masse NH3 dans le séparateur basse pression | 1 000 | kg | La charge de la capacité (+ le retour utilisateur, tuyauteries, batteries, échangeurs) |
| Débit d'extraction | 6 400 | m ³ /h | La mise en service de l'extracteur de sécurité est asservie au système de détection d'ammoniac |
| Masse d'air du local technique | 1 771 | kg | |

Modélisation du terme source (Fuite)

Les caractéristiques du rejet dans le local technique considéré sont les suivantes :

| | | | |
|-----------------------|-------------------------------|-----------|----------------|
| Diamètre nominal (DN) | | 50 | |
| Diamètre intérieur | | 52,48 | mm |
| S | Section | 0,0021631 | m ² |
| t1 | Température saturante | 10 | °C |
| P1 | Pression saturante interne | 616 049 | Pa |
| P2 | Pression saturante extérieure | 400 432 | Pa |
| T2 | Température du rejet | -1,88 | °C |
| M' | débit de fuite | 5,50 | kg/s |
| | vitesse de rejet | 87,86 | m/s |
| T rejet | Temps de vidange | 181,66 | s |
| x _{v2} | taux de vaporisation | 0,11 | |
| m' | débit de fuite vapeur | 1,64 | kg/s |

Les valeurs sont données par un premier calcul « leak » sur « **pressure vessel** », la charge considérée est la charge maximum contenue dans le plus important récipient. Lors de cette fuite il y a détente du liquide, le rejet dure T rejet à un débit M' (liquide avec fraction de vapeur du fait de la détente). La température finale correspond à la température d'ébullition de l'ammoniac à pression atmosphérique. La fraction formant une nappe liquide au sol « rain-out », par conséquent la masse directement émise en phase gazeuse et évacués par l'extracteur de sécurité est liée à au calcul du taux de vaporisation combinée avec l'évaporation de la nappe.

Ultérieurement la nappe qui recouvre le sol de la salle des machines s'évapore lentement à un débit de vapeur de 0,080 kg/s.

Débit de fuite impliquant directement la formation du nuage dans les conditions du terme source

Débit de vapeur + aérosol + évaporation de la nappe :

$$m' = (x_{v,1} + 2 \cdot x_{v,2} \cdot (1 - x_{v,1})) \cdot M'$$

Q

78 kg

Pour le calcul de l'évaporation de la nappe "rain-out" on utilise le Modèle de MacKay et Matsugu présenté dans le Yellow Book du TNP (7) et basé sur le modèle de Cavanaugh (30); source Rapport d'étude INERIS-DRA-2005-P46055-C51076

Modélisation du scénario final (rejet en extérieur)

La masse d'air dans le local vaut **1 771** kg En prenant en compte une masse volumique de **1,2** kg/m³

Dans le local, il est par conséquent fait l'hypothèse que, suite au rejet, un mélange air/ammoniac se crée à l'intérieur du local. La fraction massique d'ammoniac à l'équilibre Y_{NH_3} est donnée par : $Y_{NH_3} = m_{NH_3} / (m_{air} + m_{NH_3})$

Y_{NH_3} **0,0419428**

La température finale T_f (en K) du mélange est telle que :

$$T_f = [Y_{NH_3} c_{p,NH_3} T_{NH_3} + (1-Y_{NH_3}) c_{p,air} T_{air}] / [Y_{NH_3} c_{p,NH_3} + (1-Y_{NH_3}) c_{p,air}]$$

c_{p,NH_3} Chaleur massique à pression constante de l'ammoniac gazeux (2 000 J/kg.K)

T_{NH_3} Température d'ébullition de l'ammoniac (239,6 K)

T_{air} Température de l'air ambiant (293 K)

$c_{p,air}$ Chaleur massique à pression constante de l'air (1 004 J/kg.K)

T_f **15,57 °C**

La masse molaire M_f du mélange est déduite de la relation : $M_f = 1 / [Y_{NH_3} / M_{NH_3} + (1 - Y_{NH_3}) / M_{air}]$; Ou M_{NH_3} désigne la masse molaire de l'ammoniac (0,017 kg/mol) et M_{air} désigne la masse molaire de l'air (0,0288 kg/mol).

M_f **0,02799** kg/mol

La masse volumique moyenne du mélange à **15,57 °C** est donc ρ_m

ρ_m **0,8645** kg/m³

| | | | | |
|-----------|---------------------|--------|----------------|-----------------------------------------|
| m_{ext} | Débit d'extraction | 1,537 | kg/s | Le débit volumique est supposé constant |
| D | Diamètre du conduit | 500 | mm | |
| S | Section du conduit | 0,1963 | m ² | |
| w | Vitesse de rejet | 9,054 | m/s | |

A ce rythme le temps d'extraction de l'ammoniac vaporisé durant la phase de rejet est de $(Q / (Y_{NH_3} \times m_{ext}))$

Temps d'extraction **1 203** secondes

Enfin, le scénario est défini à l'aide du modèle « **user defined** » avec les valeurs imposées sont les suivantes :

| | | | | |
|-----------|----------------------|-------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| m_{ext} | Débit d'extraction | 1,537 | kg/s | S'agissant d'un rejet vertical de gaz en altitude, toutes les conditions atmosphériques précisées dans la circulaire du 10 mai 2010 sont envisagées. |
| | Temps d'extraction | 1 203 | secondes | |
| T finale | Température de rejet | 15,57 | °C | Enfin, sur la base des seuils d'effets de l'ammoniac indiqués dans le document de l'INERIS-DRC-03-47021-ETSC-Sti de août 2003, les concentrations à rechercher sur le temps d'exposition sont les suivantes : |
| w | Vitesse de rejet | 9,054 | m/s | |
| | % ammoniac | 3% | | |
| | % air | 97% | | |

Seuils d'effets irréversibles

SEI : **576** ppm

Seuils d'effets létaux

SEL : **5 810** ppm

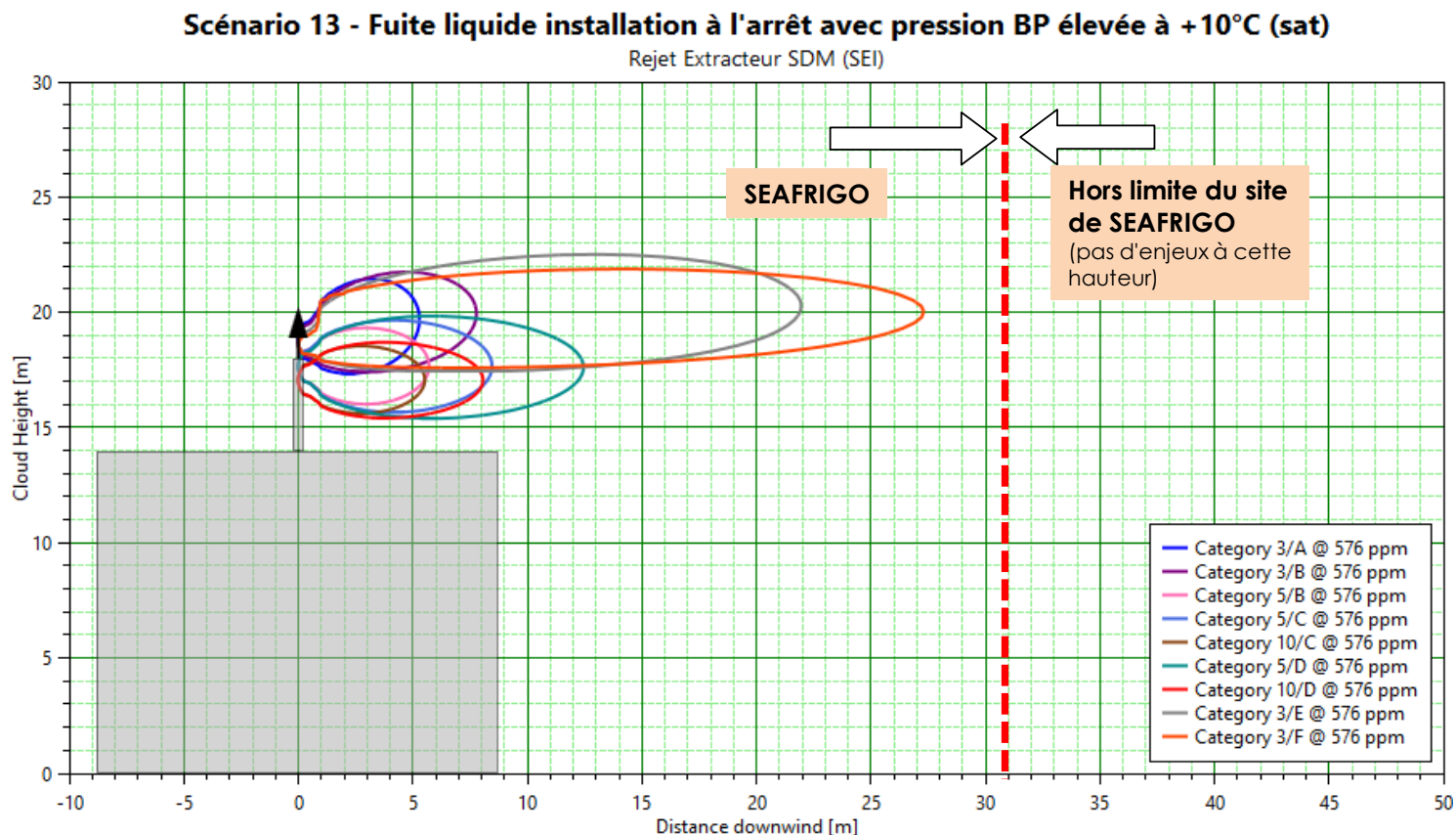
H **Altitude du rejet** **18** m

Résultats de la modélisation du rejet (Dispersion du mélange ammoniaqué)

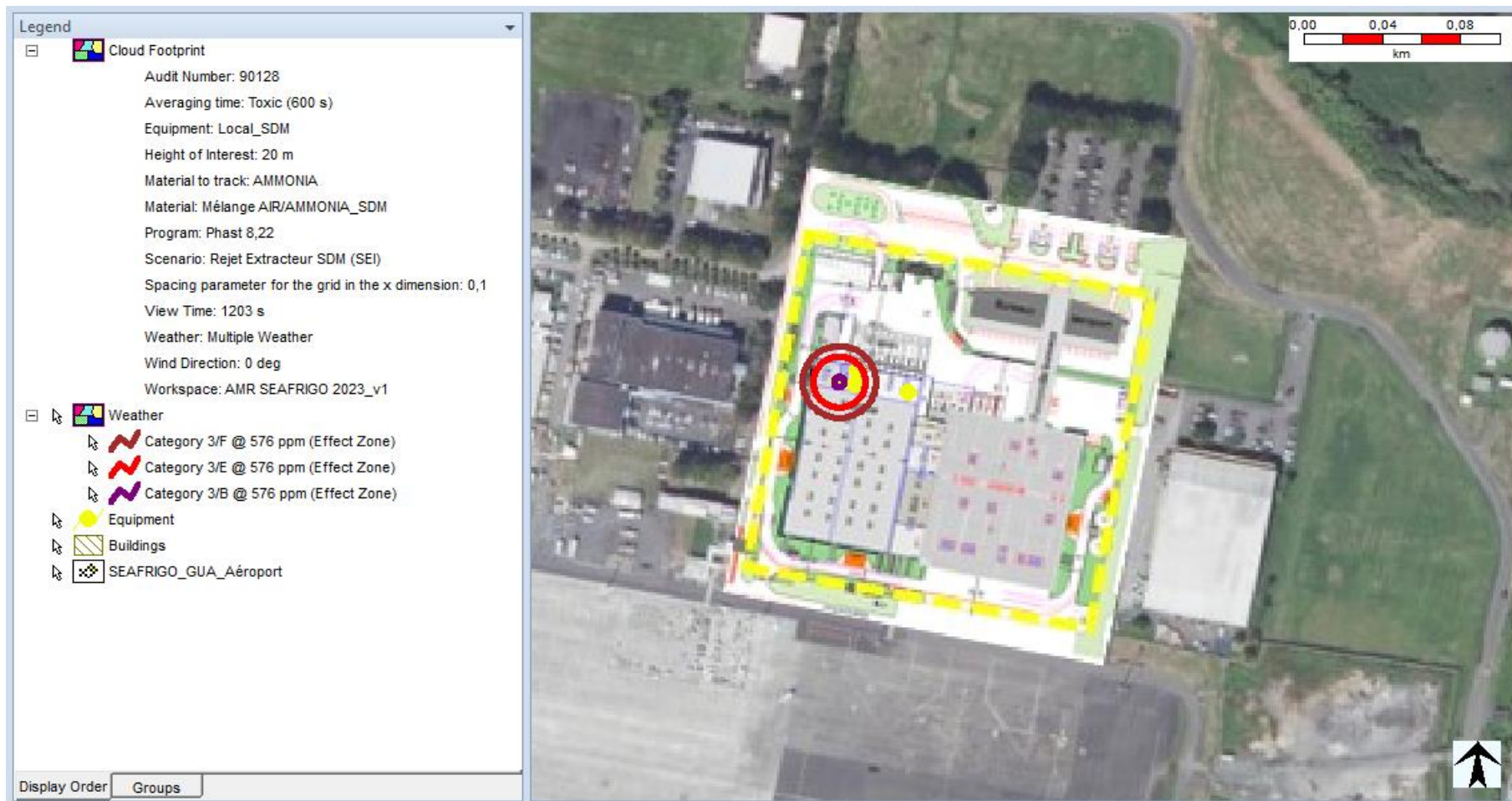
Le graphique ci-dessous illustre la forme du panache (concentration des effets irréversibles). Les distances d'effets calculées sont en fonctions des différentes conditions de stabilité atmosphérique (Cirulaire du 10 mai 2010), avec vannes de sécurité.

H Altitude du rejet **18** m

| | | |
|---------------------------------------------------|----------------------------|---|
| Audit Number | 90128 | ✕ |
| Averaging time | Toxic (600 s) | |
| Equipment | Local_SDM | |
| Spacing parameter for the grid in the x dimension | 0,1 | |
| Material | Mélange AIR/AMMONIA_SDM | |
| Material to track | AMMONIA | |
| Offset from Centerline | 0 m | |
| Program | Phast 8,22 | |
| Scenario | Rejet Extracteur SDM (SEI) | |
| View Time | 1203 s | |
| Weather | Multiple Weather | |
| Workspace | AMR SEAFRIGO 2023_v1 | |



La hauteur de 18 m correspond à la hauteur du rejet (sortie de conduit). **Avec ce point de rejet à 18 m, on confirme que la hauteur actuelle est conforme et n'engendre pas d'effet indésirable hors des limites de propriété** du site de SEAFRIGO à hauteur des enjeux potentiels.

Vue en coupe du nuage à la hauteur correspondant au maximum du nuage par rapport au relief (en distance) – SEI :

4 - Rejet depuis un tube condenseur extérieur (scénario 14)

Données de calculs

L'installation est **supposée en fonctionnement**. Le débit considéré correspond au débit masse HP pour une perte de confinement d'un condenseur + les tuyauteries associées. Le condenseur est considérée à +35°C sous 13,4 bars absolus (Etat à saturation). Il est fait l'hypothèse d'une rupture d'une tuyauterie en phase liquide, un phénomène de détente est pris en compte dans le calcul de dispersion. L'ammoniac se répand alors dans la rétention sous le condenseur.

| | | | |
|---------------------------------------------|---------|-------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Volume local technique | 104 | m ³ | |
| k pondérateur si grand volume | 1,0 | | |
| Volume de local technique | 104 | m ³ | |
| Masse NH3 dans le séparateur basse pression | 35 | kg | La charge de la capacité (une batterie + tuyauteries associées) |
| Débit d'extraction | 140 040 | m ³ /h | Débit partiel du condenseur en fonction de la longueur |
| Masse d'air du mélange | 124 | kg | |

Modélisation du terme source (Fuite extérieure)

Les caractéristiques du rejet dans le local technique considéré sont les suivantes :

| | | | |
|-----------------------|-------------------------------|-------------|----------------|
| Diamètre nominal (DN) | | 8 | |
| Diamètre intérieur | | 11 | mm |
| S | Section | 9,50332E-05 | m ² |
| t1 | Température saturante | 55 | °C |
| P1 | Pression saturante interne | 2 309 994 | Pa |
| P ₂ | Pression saturante extérieure | 1 501 496 | Pa |
| T ₂ | Température du rejet | 38,68 | °C |
| M' | débit de fuite | 0,65 | kg/s |
| | vitesse de rejet | 153,00 | m/s |
| T rejet | Temps de vidange | 53,89 | s |
| X _{v2} | taux de vaporisation | 0,25 | |
| m' | débit de fuite vapeur | 0,40 | kg/s |

Les valeurs sont données par un premier calcul « leak » sur « **pressure vessel** », la charge considérée est la charge maximum contenue dans la batterie du condenseur. Lors de cette fuite il y a détente du liquide, le rejet dure T rejet à un débit M' (liquide avec fraction de vapeur du fait de la détente). La température finale correspond à la température d'ébullition de l'ammoniac à pression atmosphérique. La fraction formant une nappe liquide au sol « rain-out », par conséquent la masse directement émise en phase gazeuse et évacués par l'extracteur de sécurité est liée à au calcul du taux de vaporisation combinée avec l'évaporation de la nappe .

Ultérieurement la nappe qui recouvre le sol de la salle des machines s'évapore lentement à un débit de vapeur de 0,080 kg/s.

Débit de fuite impliquant directement la formation du nuage dans les conditions du terme source

Débit de vapeur + aérosol + évaporation de la nappe :

$$m' = (x_{v,1} + 2 \cdot x_{v,2} \cdot (1 - x_{v,1})) \cdot M'$$

Q **23** kg

Pour le calcul de l'évaporation de la nappe "rain-out" on utilise le Modèle de MacKay et Matsugu présenté dans le Yellow Book du TNP (7) et basé sur le modèle de Cavanaugh (30); source Rapport d'étude INERIS-DRA-2005-P46055-C51076

Modélisation du scénario final (rejet en extérieur)

La masse d'air dans le local vaut **124** kg En prenant en compte une masse volumique de **1,2** kg/m³

Dans le local, il est par conséquent fait l'hypothèse que, suite au rejet, un mélange air/ammoniac se crée à l'intérieur du local. La fraction massique d'ammoniac à l'équilibre Y_{NH_3} est donnée par : $Y_{NH_3} = m_{NH_3} / (m_{air} + m_{NH_3})$

Y_{NH_3} 0,1585649

La température finale T_f (en K) du mélange est telle que :

$$T_f = [Y_{NH_3} c_{p,NH_3} T_{NH_3} + (1-Y_{NH_3}) c_{p,air} T_{air}] / [Y_{NH_3} c_{p,NH_3} + (1-Y_{NH_3}) c_{p,air}]$$

c_{p,NH_3} Chaleur massique à pression constante de l'ammoniac gazeux (2 000 J/kg.K)

T_{NH_3} Température d'ébullition de l'ammoniac (239,6 K)

T_{air} Température de l'air ambiant (293 K)

$c_{p,air}$ Chaleur massique à pression constante de l'air (1 004 J/kg.K)

T_f 5,28 °C

La masse molaire M_f du mélange est déduite de la relation : $M_f = 1 / [Y_{NH_3} / M_{NH_3} + (1 - Y_{NH_3}) / M_{air}]$; Ou M_{NH_3} désigne la masse molaire de l'ammoniac (0,017 kg/mol) et M_{air} désigne la masse molaire de l'air (0,0288 kg/mol).

M_f 0,02594 kg/mol

La masse volumique moyenne du mélange à **5,28** °C est donc ρ_m

ρ_m 0,9325 kg/m³

| | | | | |
|-----------|---------------------|---------|----------------|-----------------------------------------|
| m_{ext} | Débit d'extraction | 36,272 | kg/s | Le débit volumique est supposé constant |
| D | Diamètre du conduit | | mm | |
| S | Section du conduit | 0,3848 | m ² | |
| w | Vitesse de rejet | 101,080 | m/s | |

A ce rythme le temps d'extraction de l'ammoniac vaporisé durant la phase de rejet est de $(Q / (Y_{NH_3} \times m_{ext}))$

Temps d'extraction 54 secondes

Enfinement, le scénario est défini à l'aide du modèle « **user defined** » avec les valeurs imposées sont les suivantes :

| | | | |
|-----------|----------------------|---------|----------|
| m_{ext} | Débit d'extraction | 36,272 | kg/s |
| | Temps d'extraction | 4 | secondes |
| T finale | Température de rejet | 5,28 | °C |
| w | Vitesse de rejet | 101,080 | m/s |
| | % ammoniac | 2% | |
| | % air | 98% | |

S'agissant d'un rejet vertical de gaz en altitude, toutes les conditions atmosphériques précisées dans la circulaire du 10 mai 2010 sont envisagées.

Enfin, sur la base des seuils d'effets de l'ammoniac indiqués dans le document de l'INERIS-DRC-03-47021-ETSC-Sti de août 2003, les concentrations à rechercher sur le temps d'exposition sont les suivantes :

H Altitude du rejet 10 m

Seuils d'effets irréversibles

SEI : 1 615 ppm

Seuils d'effets létaux

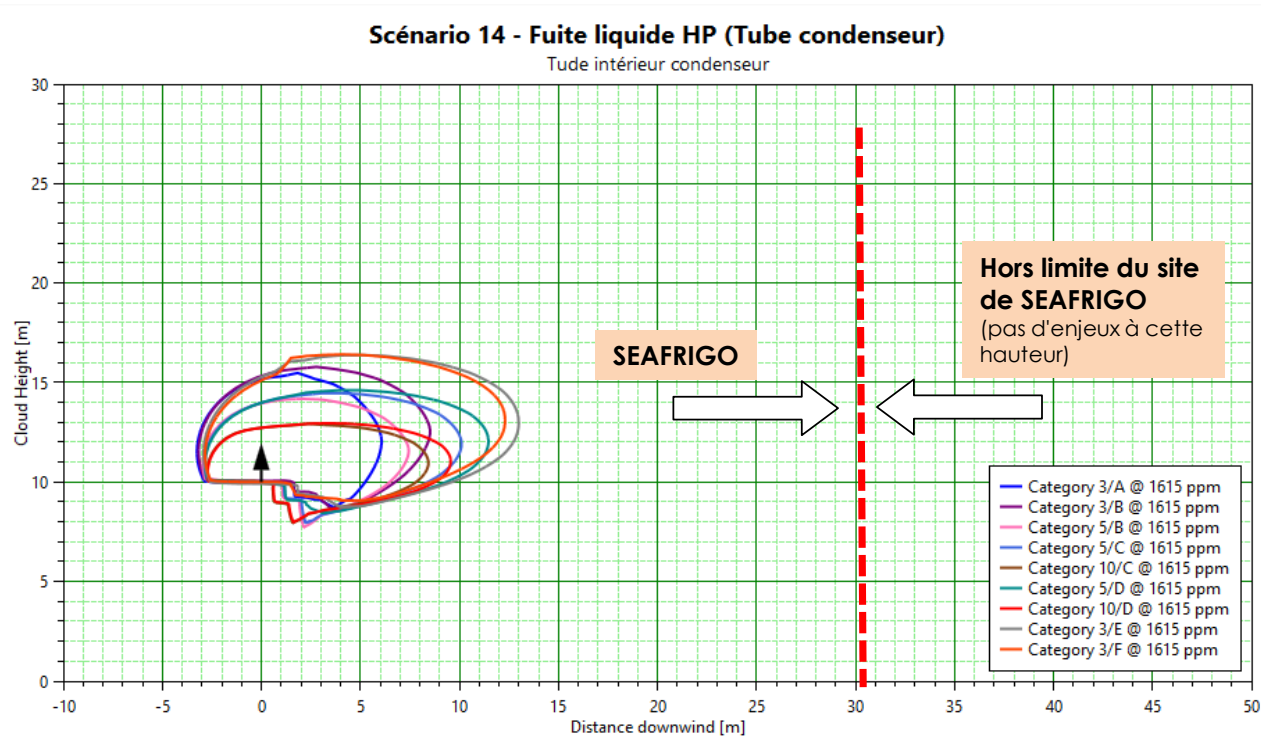
SEL : 26 614 ppm

Résultats de la modélisation du rejet (Dispersion ammoniac direct)

Le graphique ci-dessous illustre la forme du panache (concentration des effets irréversibles). Les distances d'effets calculées sont en fonctions des différentes conditions de stabilité atmosphérique (Circulaire du 10 mai 2010).

H Altitude du rejet **10** m

| | | |
|---------------------------------------------------|---------------------------------|---|
| Audit Number | 90128 | ✕ |
| Averaging time | Toxic (600 s) | |
| Equipment | Condenseur extérieur | |
| Spacing parameter for the grid in the x dimension | 0,1 | |
| Material | Mélange AIR/AMMONIA_Co ndenseur | |
| Material to track | AMMONIA | |
| Offset from Centerline | 0 m | |
| Program | Phast 8,22 | |
| Scenario | Tude intérieur condenseur | |
| View Time | 53,999 s | |
| Weather | Multiple Weather | |
| Workspace | AMR SEAFRIGO 2023_v1 | |

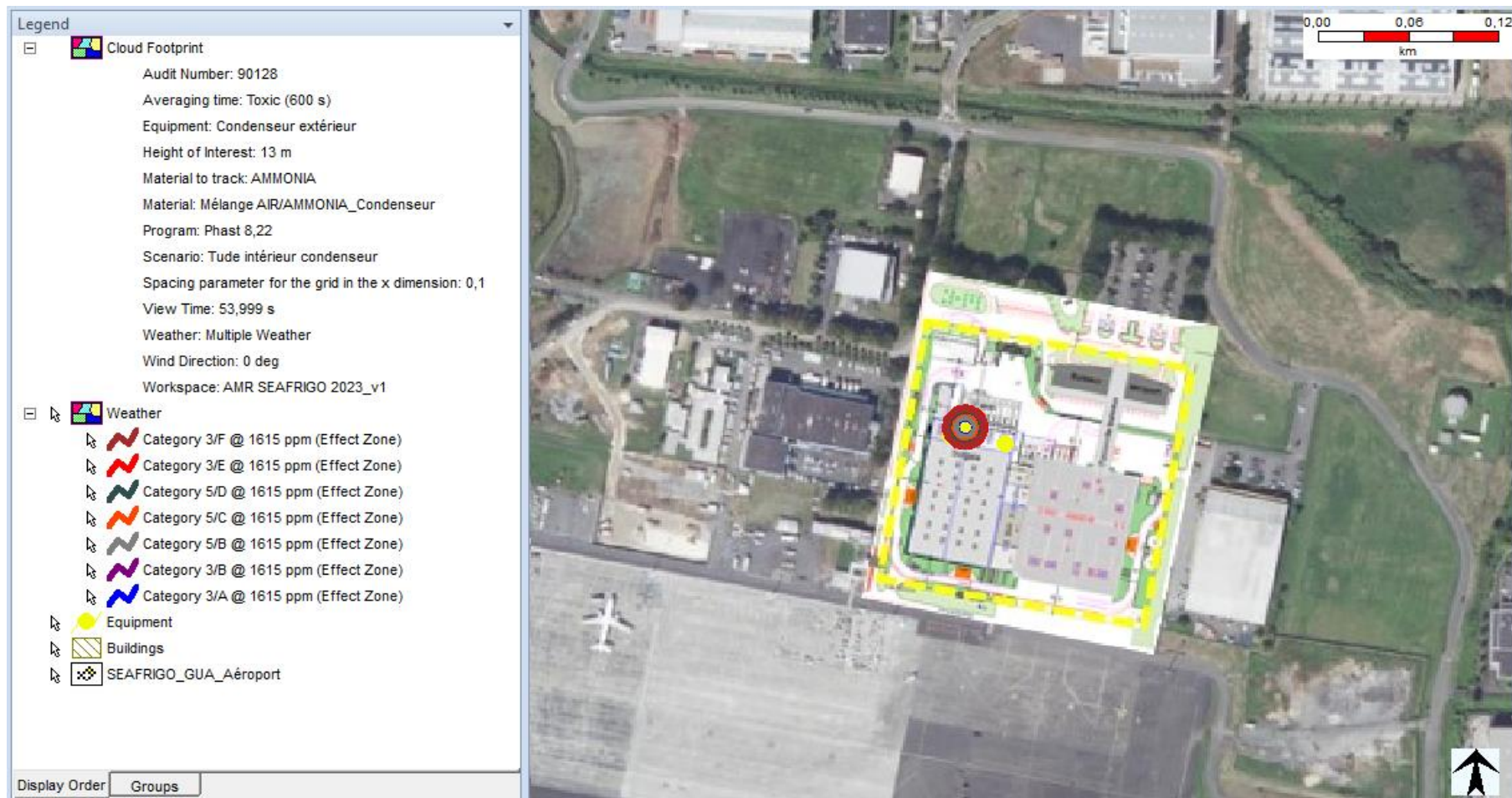


La hauteur de 10 m correspond à la hauteur du rejet (sortie de tube). **Avec ce point de rejet à 10 m, on confirme que la hauteur actuelle est conforme et n'engendre pas d'effet indésirable hors des limites de propriété** du site de SEAFRIGO à hauteur des enjeux potentiels.

Complément sur la détermination de la valeur seuil pour un effet donné en fonction du temps d'exposition (suivant le document de l'INERIS DRC-07-82347-07520A) :

« N.B. D'un point de vue toxicologique, il n'est pas pertinent de déterminer de valeur seuil pour un effet donné (légal, irréversible ou réversible) pour des durées d'exposition inférieures à 10 minutes. Ceci s'explique en raison de la physiologie respiratoire et les apnées réflexes mis en jeu en cas d'exposition à des substances irritantes par inhalation.

Ainsi, la valeur du seuil de toxicité aiguë pour une exposition d'une minute est purement une donnée mathématique calculée sans réelle valeur toxicologique. Il est donc illusoire de vouloir déterminer des valeurs pour des durées d'exposition inférieures à une minute. »

Vue en coupe du nuage à la hauteur correspondant au maximum du nuage par rapport au relief (en distance) – SEI :

5 - Rejet Soupapes de sécurité – SDM (scénario 15)Données de calculs

L'installation est supposée en fonctionnement. La modélisation suivante est réalisée dans le cas d'un **incendie dans le local technique**. L'ammoniac contenu dans l'installation sera rejeté par les soupapes de sécurité via le collecteur de rejet.

| | | Equipements soumis au flux thermique de l'incendie | | | | | | |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------------|
| Equipement (réservoir) | | Bouteille BP | Bouteille MP | | Condenseur | | | |
| Nombre (réservoir) | | 1 | 1 | | | | | |
| Niveau de liquide dans le réservoir | | 100 | 100 | | | | | |
| Echangeur | | Evaporateur | | | | | | |
| Nombre d'échangeur | | | 2 | | | | 1 | |
| Caractérisation limiteur de pression | | | | | | | | |
| P _{max} | Pression effective de réglage (PS) | 14 | 14 | 14 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | bars |
| P _o | Pression réelle de décharge à l'atmosphère | 16,4 | 16,4 | 16,4 | 28,5 | 28,5 | 28,5 | bars |
| | | 1 640 965 | 1 640 965 | 1 640 965 | 2 850 965 | 2 850 965 | 2 850 965 | Pa |
| Tr | Température sat à Pr | 41,90 | 41,90 | 41,90 | 63,68 | 63,68 | 63,68 | °C |
| h _{vap} | Chaleur latente de vaporisation (à 1,1 x PS) | 1 060,3 | 1 060,3 | 1 060,3 | 950,8 | 950,8 | 950,8 | kJ/kg |
| A1 | Surface externe de (des) équipement à protéger | 14,29 | 16,92 | | | | | m ² |
| A2 | Surface externe de (des) équipement à protéger | - | 11,56 | - | - | - | 5,78 | m ² |
| A | Surface externe (A1 + A2) | 14,29 | 28,48 | - | - | - | 5,78 | m ² |
| φ | Densité de flux thermique | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | kW/m ² |
| M' | Débit de refoulement minimal requis | 0,135 | 0,269 | - | - | - | 0,061 | kg/s |
| | Débit de refoulement minimal requis | 485 | 967 | - | - | - | 219 | kg/h |
| C | Fonction des exposants isentropique du fluide | 2,641 | 2,641 | 2,641 | 2,641 | 2,641 | 2,641 | |
| | Diamètre de la soupapes (DN) | 20 | 20 | 20 | 15 | 15 | 15 | |
| | Diamètre intérieur | 21,16 | 21,16 | 21,16 | 15,76 | 15,76 | 15,76 | mm |
| | section de passage | 0,000351659 | 0,000351659 | 0,000351659 | 0,000195075 | 0,000195075 | 0,000195075 | m ² |
| K _{dr} | Coéfficient de décharge réduit de la soupape | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | |
| K _b | Coéfficient de correction sous-critique (critique = 1) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Q _m | Débit masse calculé de la soupape | 0,798 | 0,798 | 0,798 | 0,776 | 0,776 | 0,776 | kg/s |
| | Débit masse calculé de la soupape | 2 872 | 2 872 | 2 872 | 2 792 | 2 792 | 2 792 | kg/h |

Caractérisation de l'échappement

| | | | | | | | |
|-----|------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|
| | Diamètre DN | 32 | 32 | 32 | 25 | 20 | 20 |
| | Diamètre intérieur | 35,28 | 35,28 | 35,28 | 26,94 | 21,16 | 21,16 mm |
| | section de passage | 0,000977568 | 0,000977568 | 0,000977568 | 0,000570013 | 0,000351659 | 0,000351659 m ² |
| p2v | masse volumique vapeur | 12,80 | 12,80 | 12,80 | 22,64 | 22,64 | 22,64 kg/m ³ |
| w | vitesse de rejet (débit nominal soupape) | 10,77 | 21,46 | - | - | - | 7,64 m/s |
| w | vitesse de rejet (débit réel) | 1,23 | | | | | m/s |

Modélisation du terme source

| | | |
|-----|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| | Diamètre nominal (DN) | 100 |
| | Diamètre intérieur | 102,26 mm |
| | Section | 0,008212993 m ² |
| k | coefficient de décharge dont la valeur couramment retenue est de | 0,611 |
| p2v | masse volumique vapeur | 12,80 kg/m ³ |
| w | vitesse de rejet (débit collecteur soupapes) | 1,87 m/s |
| | Temps de vidange | 7 320 seconde |
| t | temps d'extraction | 7 320 secondes 02:02:00 h:min:sec |

S'agissant d'un rejet vertical de gaz en altitude, toutes les conditions atmosphériques précisées au paragraphe sont envisagées. Enfin, sur la base des seuils d'effets de l'ammoniac indiqués au paragraphe, les concentrations à rechercher sur le temps d'exposition sont les suivantes :

Les valeurs sont données par un premier calcul « **short pipe avec relief valve de sélectionné** » sur « **pressure Vessel** », la charge considérée est la charge maximum contenue dans le(s) plus important récipient.

Diamètre d'ouverture est déterminé par l'ensemble des soupapes MP BP par rapport aux données d'information sur la sélection des soupapes.

Quantité d'ammoniac dans l'installation

| | |
|----------|-----------------|
| Q | 1 440 kg |
|----------|-----------------|

INERIS DRA71 §8.2 : La durée d'exposition aux nuages toxiques correspond aux durées de persistance des nuages toxiques, qui dépendent du scénario envisagé. **La durée maximale d'exposition retenue est de 1 heure.**

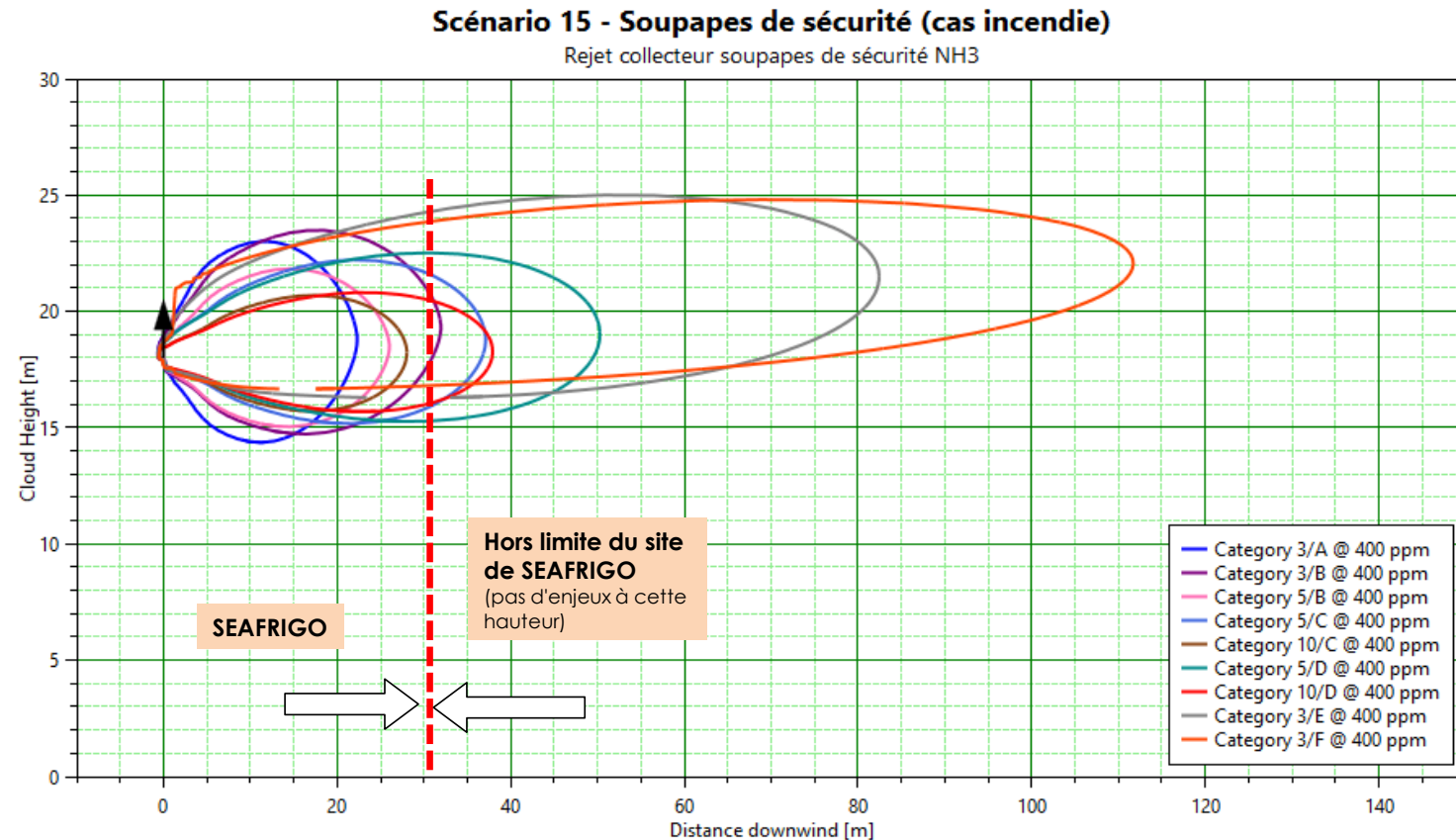
| | | |
|------------|-----------------------------|------------------|
| SEI | Seuils Effets Irréversibles | 400 ppm |
| SEL | Seuils Effets Létaux | 3 396 ppm |

Résultats de la modélisation du rejet (Dispersion du mélange ammoniaqué)

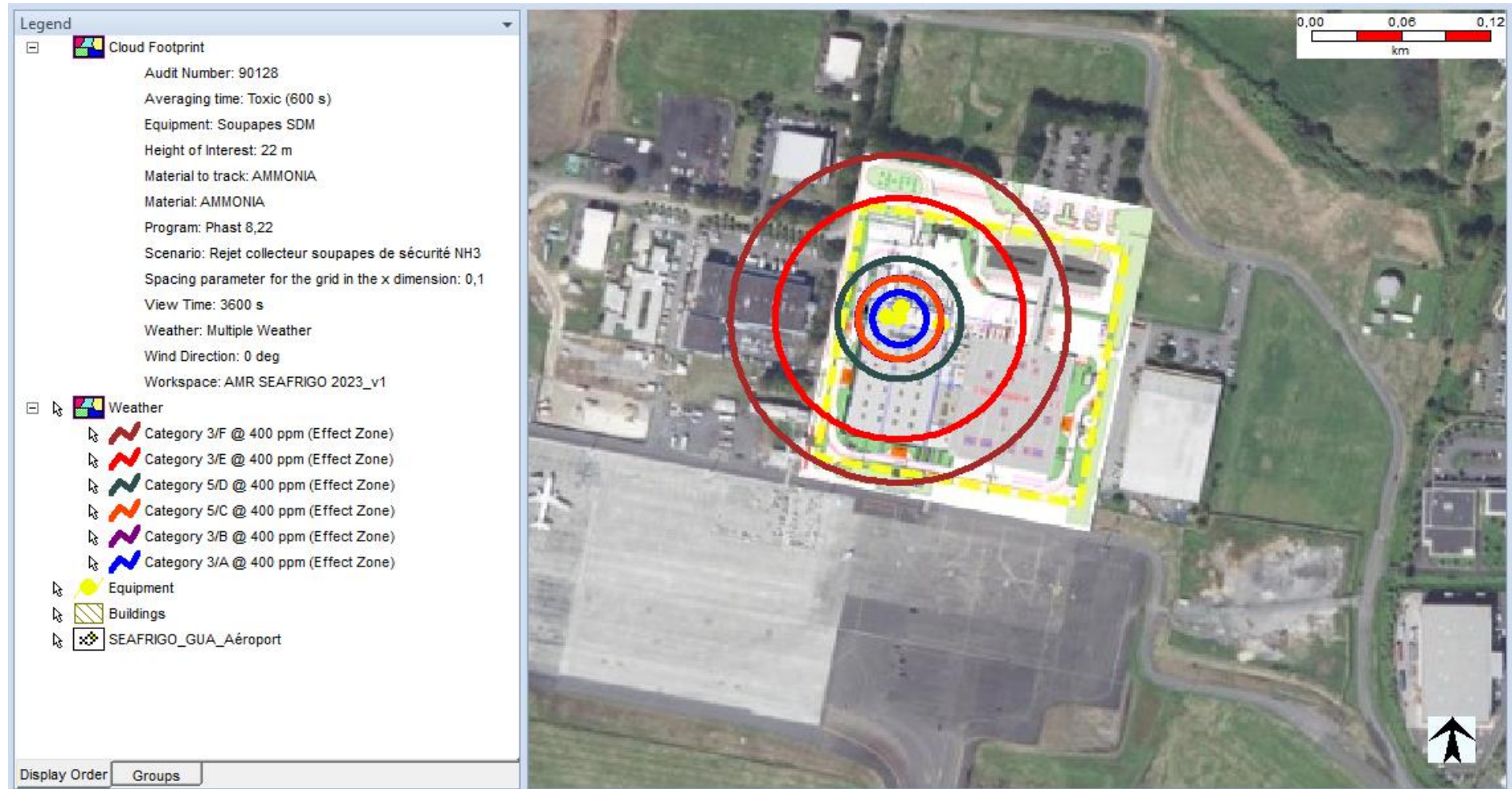
Le graphique ci-dessous illustre la forme du panache (concentration des effets irréversibles). Les distances d'effets calculées sont en fonctions des différentes conditions de stabilité atmosphérique (Circulaire du 10 mai 2010).

H Altitude du rejet **18** m

| | | |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|---|
| Audit Number | 90128 | ✕ |
| Averaging time | Toxic (600 s) | |
| Equipment | Soupapes SDM | |
| Spacing parameter for the grid in the x dimension | 0,1 | |
| Material | AMMONIA | |
| Material to track | AMMONIA | |
| Offset from Centerline | 0 m | |
| Program | Phast 8,22 | |
| Scenario | Rejet collecteur soupapes de sécurité NH3 | |
| View Time | 3600 s | |
| Weather | Multiple Weather | |
| Workspace | AMR SEAFRIGO 2023_v1 | |



La hauteur de 18 m correspond à la hauteur du rejet (sortie de conduit). **Avec ce point de rejet à 18 m, on confirme que la hauteur actuelle est conforme et n'engendre pas d'effet indésirable hors des limites de propriété** du site de SEAFRIGO à hauteur des enjeux potentiels.

Vue en coupe du nuage à la hauteur correspondant au maximum du nuage par rapport au relief (en distance) – SEI :

6 - Rejet depuis une station de vanes CF – Galerie technique (scénario 16)

Données de calculs

L'installation est supposée à +10°C sous 6,15 bars absolus (Etat à saturation). Il est fait l'hypothèse d'une rupture d'une tuyauterie sur la station de vanes. La fuite est en phase liquide, un phénomène de détente est pris en compte dans le calcul de dispersion. L'ammoniac se répand alors dans la rétention sous la station de vanes à l'intérieur des combles techniques (Galerie technique).

| | | | |
|--------------------------------|-------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Volume local technique | 720 | m ³ | |
| k pondérateur si grand volume | 1,0 | | Pour les grands volumes (ex. dans les combles ou galeries techniques) |
| Volume de local technique | 720 | m ³ | |
| Masse NH3 Station de vanes | 100 | kg | La charge de la capacité (+ tuyauteries, batteries) |
| Débit d'extraction | 2 500 | m ³ /h | La mise en service de l'extracteur de sécurité est asservie au système de détection d'ammoniac |
| Masse d'air du local technique | 857 | kg | |

Modélisation du terme source (Fuite)

Les caractéristiques du rejet dans le local technique considéré sont les suivantes :

| | | | |
|-----------------------|-------------------------------|---------|----------------|
| Diamètre nominal (DN) | | 25 | |
| Diamètre intérieur | | 26,94 | mm |
| S | Section | 0,00057 | m ² |
| t1 | Température saturante | 10 | °C |
| P1 | Pression saturante interne | 616 049 | Pa |
| P ₂ | Pression saturante extérieure | 338 827 | Pa |
| T ₂ | Température du rejet | -6,19 | °C |
| M' | débit de fuite | 1,29 | kg/s |
| | vitesse de rejet | 78,60 | m/s |
| T rejet | Temps de vidange | 77,64 | s |
| x _{v2} | taux de vaporisation | 0,09 | |
| m' | débit de fuite vapeur | 0,33 | kg/s |

Les valeurs sont données par un premier calcul « leak » sur « **pressure vessel** », la charge considérée est la charge maximum contenue dans le plus important récipient. Lors de cette fuite il y a détente du liquide, le rejet dure T rejet à un débit M' (liquide avec fraction de vapeur du fait de la détente). La température finale correspond à la température d'ébullition de l'ammoniac à pression atmosphérique. La fraction formant une nappe liquide au sol « rain-out », par conséquent la masse directement émise en phase gazeuse et évacués par l'extracteur de sécurité est liée à au calcul du taux de vaporisation combinée avec l'évaporation de la nappe.

Ultérieurement la nappe qui recouvre le sol de la salle des machines s'évapore lentement à un débit de vapeur de 0,080 kg/s.

Débit de fuite impliquant directement la formation du nuage dans les conditions du terme source

Débit de vapeur + aérosol + évaporation de la nappe :
$$m' = (x_{v,1} + 2 \cdot x_{v,2} \cdot (1 - x_{v,1})) \cdot M'$$

Q **32** kg

Pour le calcul de l'évaporation de la nappe "rain-out" on utilise le Modèle de MacKay et Matsugu présenté dans le Yellow Book du TNP (7) et basé sur le modèle de Cavanaugh (30); source Rapport d'étude INERIS-DRA-2005-P46055-C51076

Modélisation du scénario final (rejet en extérieur)

La masse d'air dans le local vaut **857** kg En prenant en compte une masse volumique de **1,2** kg/m³

Dans le local, il est par conséquent fait l'hypothèse que, suite au rejet, un mélange air/ammoniac se crée à l'intérieur du local. La fraction massique d'ammoniac à l'équilibre Y_{NH3} est donnée par : $Y_{NH3} = m_{NH3} / (m_{air} + m_{NH3})$

Y_{NH3} 0,0362016

La température finale Tf (en K) du mélange est telle que :

$$Tf = [Y_{NH3} cp_{NH3} T_{NH3} + (1-Y_{NH3}) cp_{air} T_{air}] / [Y_{NH3} cp_{NH3} + (1-Y_{NH3}) cp_{air}]$$

Cp_{NH3} Chaleur massique à pression constante de l'ammoniac gazeux (2 000 J/kg.K)

T_{NH3} Température d'ébullition de l'ammoniac (239,6 K)

T_{air} Température de l'air ambiant (293 K)

Cp_{air} Chaleur massique à pression constante de l'air (1 004 J/kg.K)

Tf 16,13 °C

La masse molaire Mf du mélange est déduite de la relation : $Mf = 1 / [Y_{NH3} / M_{NH3} + (1 - Y_{NH3}) / M_{air}]$; Ou M_{NH3} désigne la masse molaire de l'ammoniac (0,017 kg/mol) et M_{air} désigne la masse molaire de l'air (0,0288 kg/mol).

Mf 0,02809 kg/mol

La masse volumique moyenne du mélange à **16,13 °C** est donc ρ_m

ρ_m 0,8611 kg/m³

| | | | | |
|-----------|---------------------|--------|----------------|-----------------------------------------|
| m_{ext} | Débit d'extraction | 0,598 | kg/s | Le débit volumique est supposé constant |
| D | Diamètre du conduit | 300 | mm | |
| S | Section du conduit | 0,0707 | m ² | |
| w | Vitesse de rejet | 9,824 | m/s | |

A ce rythme le temps d'extraction de l'ammoniac vaporisé durant la phase de rejet est de $(Q / (Y_{NH3} \times m_{ext}))$

Temps d'extraction 1 487 secondes

Enfin, le scénario est défini à l'aide du modèle « **user defined** » avec les valeurs imposées sont les suivantes :

| | | | | |
|-----------|----------------------|-------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| m_{ext} | Débit d'extraction | 0,598 | kg/s | S'agissant d'un rejet vertical de gaz en altitude, toutes les conditions atmosphériques précisées dans la circulaire du 10 mai 2010 sont envisagées. |
| | Temps d'extraction | 1 487 | secondes | |
| T finale | Température de rejet | 16,13 | °C | Enfin, sur la base des seuils d'effets de l'ammoniac indiqués dans le document de l'INERIS-DRC-03-47021-ETSC-Sti de août 2003, les concentrations à rechercher sur le temps d'exposition sont les suivantes : |
| w | Vitesse de rejet | 9,824 | m/s | |
| | % ammoniac | 3% | | |
| | % air | 97% | | |

H Altitude du rejet 18 m

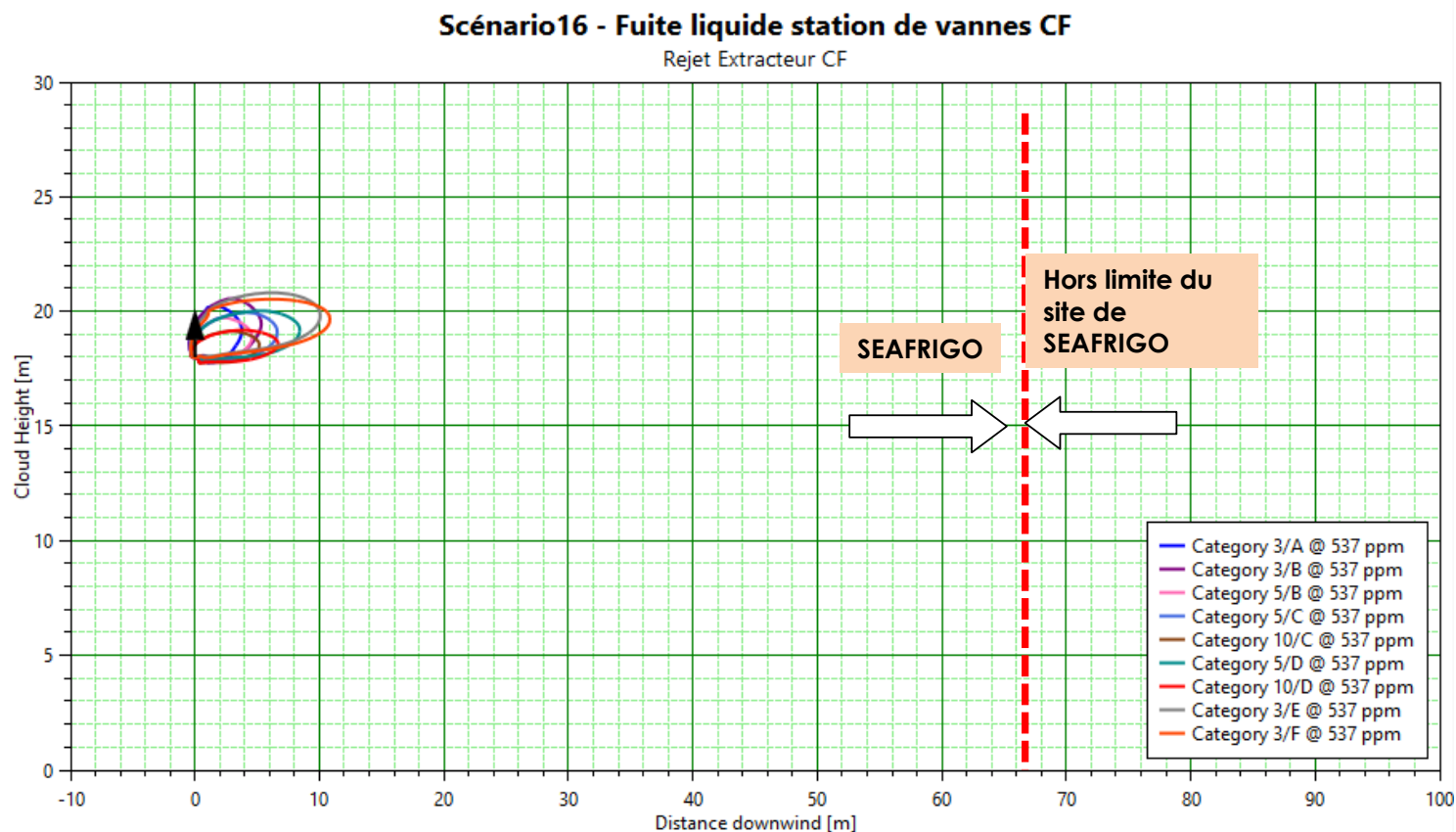
Seuils d'effets irréversibles **SEI : 537 ppm**
 Seuils d'effets létaux **SEL : 5 237 ppm**

Résultats de la modélisation du rejet (Dispersion du mélange ammoniaqué)

Le graphique ci-dessous illustre la forme du panache (concentration des effets irréversibles). Les distances d'effets calculées sont en fonctions des différentes conditions de stabilité atmosphérique (Circulaire du 10 mai 2010).

H Altitude du rejet **18** m

| | |
|---------------------------------------------------|------------------------|
| Audit Number | 90128 |
| Averaging time | Toxic (600 s) |
| Equipment | Comble zone CF |
| Spacing parameter for the grid in the x dimension | 0,1 |
| Material | Mélange AIR/AMMONIA_CF |
| Material to track | AMMONIA |
| Offset from Centerline | 0 m |
| Program | Phast 8,22 |
| Scenario | Rejet Extracteur CF |
| View Time | 1487 s |
| Weather | Multiple Weather |
| Workspace | AMR SEAFRIGO 2023_v1 |



La hauteur de 18 m correspond à la hauteur du rejet (sortie de conduit). **Avec ce point de rejet à 18 m, on confirme que la hauteur actuelle est conforme et n'engendre pas d'effet indésirable hors des limites de propriété** du site de SEAFRIGO à hauteur des enjeux potentiels.

Vue en coupe du nuage à la hauteur correspondant au maximum du nuage par rapport au relief (en distance) – SEI :