

GANAYE IN STOCK
ZI ECOPOLIS
4 rue Jacques de Vaucanson
13500 MARTIGUES

Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

Compléments DDAEu

**Suite demande de compléments DREAL du 07/12/2022,
suivant visite d'inspection du 11/10/22**

SOMMAIRE

1.	MODELISATION FLUX THERMIQUE INCENDIE ARMOIRES EXTERIEURES :	3
2.	EMANATIONS ACCIDENTELLES DE VAPEURS ACIDE CHLORHYDRIQUE :	5
2.1.	SURFACE DES RETENTIONS DES CUVES D'ACIDES CHLORHYDRIQUE :	5
2.2.	EFFICACITE ET FIABILITE DE LA MMR :	9
2.2.1.	TAUX DE RECOUVREMENT :	10
2.2.2.	INCIDENCES DES CONDITIONS METEOROLOGIQUES :	10
2.2.3.	DUREE DE VIE ET MAINTENANCE :	11
2.2.4.	IMPACT SECURITE :	11
2.3.	IMPACT SUR LE SEUIL DES EFFETS LETAUX SIGNIFICATIFS :	11
2.4.	MISE EN ŒUVRE DE LA MMR :	11
2.5.	MODELISATION DES DISPERSIONS ATMOSPHERIQUE POUR TOUTES LES RETENTION D'HCL	12
2.5.1.	MODELE DE CALCUL ET DONNEES D'ENTREE :	12
2.5.2.	MODELISATION POUR LA RETENTION CUVES 130/131/133 :	15
2.5.3.	MODELISATION POUR LA RETENTION CUVES 122/128 :	16
2.5.4.	MODELISATION POUR LA RETENTION CUVES 124/125 :	16
3.	MODELISATION FLUX THERMIQUE INCENDIE CUVE CARBURANT	18
4.	REACTION EXOTHERMIQUE DANS LES CUVES	20
4.1.	PHENOMENES DANGEREUX ETUDIES :	20
4.2.	REACTIONS DANGEREUSES THERMIQUE ET SURPRESSION :	21
4.2.1.	REACTIONS EXOTHERMIQUES :	21
4.2.2.	SURPRESSION :	23
4.2.3.	CONCLUSION :	23
5.	ANNEXES :	24
1.1.	FICHE TECHNIQUE DE BOULES DE COUVERTURE :	24
1.2.	NOTES DE CALCULS DE DISPERSION ATMOSPHERIQUE :	25
1.2.1.	NOTE DE CALCULS DISPERSION ATMOSPHERIQUE, 52.2M ² , 5D :	25
1.2.2.	NOTE DE CALCULS DISPERSION ATMOSPHERIQUE, 68M ² , 5D :	25
1.2.3.	NOTE DE CALCULS DISPERSION ATMOSPHERIQUE, 6.8M ² , 5D :	26
1.2.4.	NOTE DE CALCULS DISPERSION ATMOSPHERIQUE, 8.8M ² , 5D :	26
1.2.5.	NOTE DE CALCULS DISPERSION ATMOSPHERIQUE, 88M ² , 5D :	27
1.2.6.	NOTE DE CALCULS DISPERSION ATMOSPHERIQUE, 11.5M ² , 5D :	27

1. MODELISATION FLUX THERMIQUE INCENDIE ARMOIRES EXTERIEURES :

Risque décrit en **scénario n°4** dans l'étude de danger.

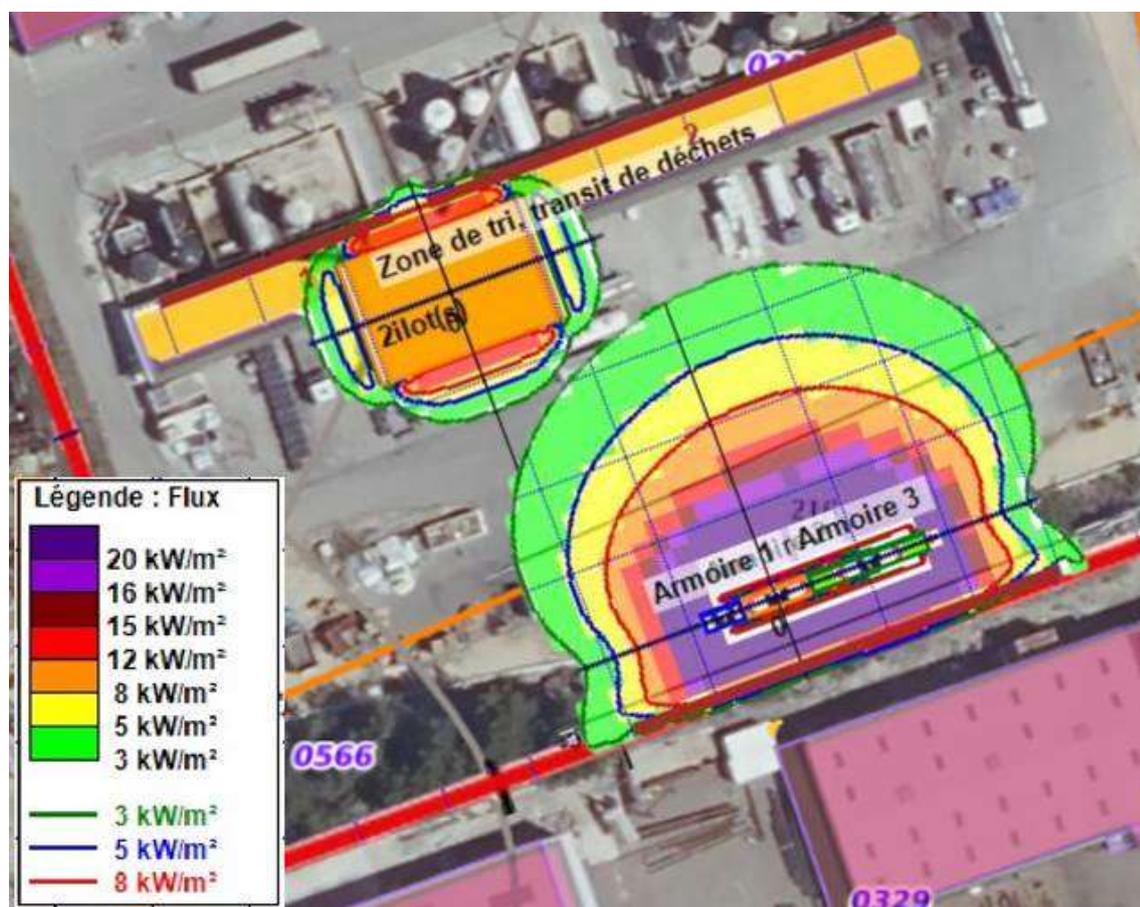
Vous trouverez ci-joint les notes de calcul de simulation des flux thermique de l'incendie généralisé des trois armoires, réalisé en complément de l'étude de danger §25.1.3.

Les flux thermiques induits, n'impacteraient toujours pas les voisins au sud-est (Gravité du scénario équivalente à celles mentionnées pour chaque armoire individuelle dans l'EDD).

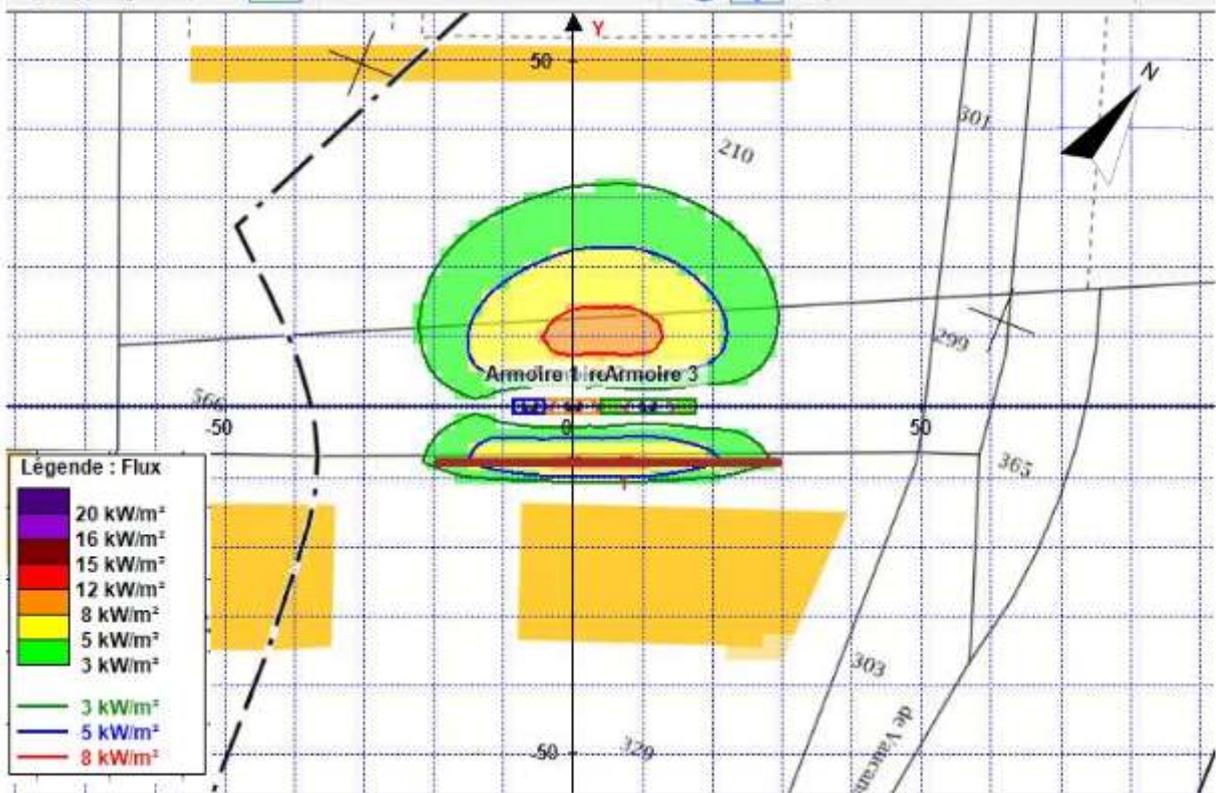
Les risques de propagation par effet domino (pour flux $> 8 \text{ kW/m}^2$) seraient présents à l'intérieur du site, à une distance max de 20 m face aux armoires (au lieu des 10 m par scénario individuel), mais n'impacte pas la zone déchet plus proches.

Il n'y a pas d'effet domino, ni sur les déchets ni sur les cuves.

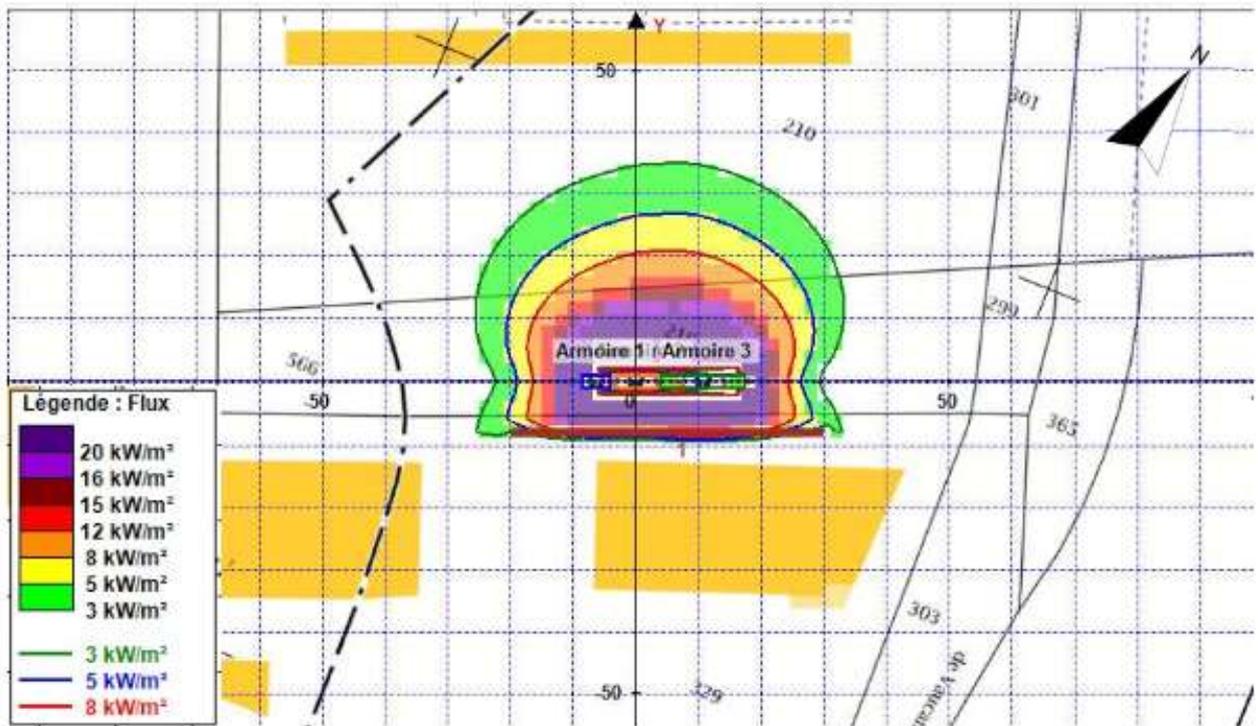
En conséquence les 3 armoires n'ont pas nécessité d'être espacées de 10m.



Flux à 12 m de haut (position des cibles sur le bâtiment au sud-est)



Flux à 1,8 m de haut (cible au niveau du site)



2. EMANATIONS ACCIDENTELLES DE VAPEURS ACIDE CHLORHYDRIQUE :

Les installations de stockage d'acide chlorhydrique (HCL) en cuves aériennes induisent un risque de perte de confinement dans les rétentions de ces cuves. L'HCL alors présent dans ces rétentions à l'air libre, provoquerait des émanations de vapeurs d'HCL à l'atmosphère.

Risque décrit en **scénario n°3** dans l'étude de danger.

Pour limiter ce phénomène dangereux, nous avons proposé la mise en place de boules de couverture flottante pour restreindre le flux de vapeurs d'HCL.

Plusieurs compléments étaient nécessaires à ce sujet :

- Précision et justification des volumes et surfaces précises de toutes les rétentions des cuves d'HCL.
- Démonstration de la fiabilité de la MMR (boules)
- Modélisation des dispersions atmosphérique pour toutes les rétention d'HCL

2.1. Surface des rétentions des cuves d'acides chlorhydrique :

Les rétentions ont été précisément mesurée pour calculer les volumes et surface maximum d'échange.

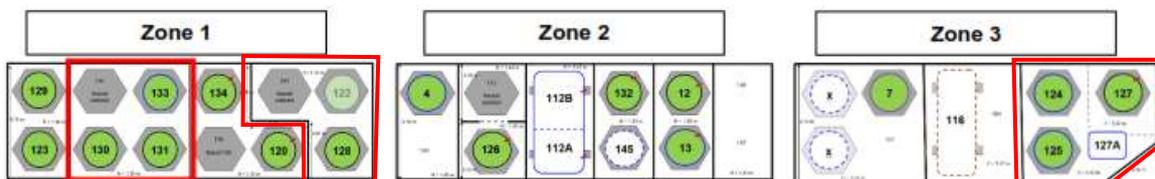
Les plans détaillés sont présentés ci-après.

Volume net de rétention : Les massifs et autres obstacles ont été déduit des volumes bruts pour déterminer le volume net de rétention.

Surface d'échange maxi : Calculé en fonction de la hauteur de chaque massif, pour la hauteur de liquide entrainant la surface nette libre maximum.

Les volumes de chaque rétention sont tous suffisant pour couvrir soit le volume de la plus grosse cuve soit 50% de la somme des cuves présentes au sein de la rétention.

Les rétentions comprenant des cuves d'HCL sont les suivantes :



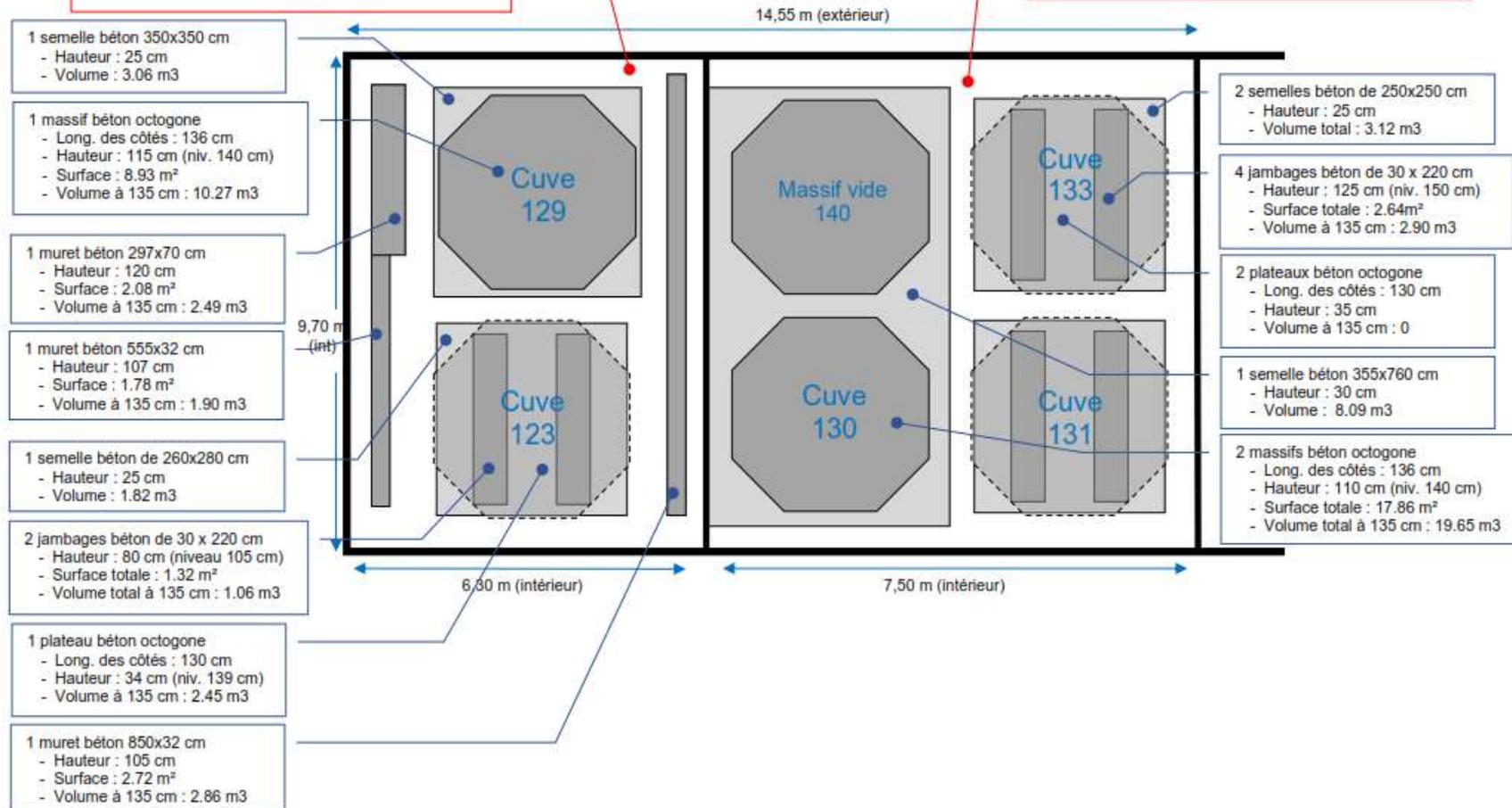
Détail des rétentions cuves 130/131/133/140 et 123/129 (mis à jour 11/2022) :

Rétention 129/123 (2022) :

- Hauteur mini : 135 cm
- Surface brute : 61.1 m²
- Volume rétention net maxi : 56.6 m³
- Plus grosse cuve : 42m³ (cuve 123)
- 50% du volume des cuves : 41m³
- Hauteur de remplissage par 42m³ : cm
- Surface d'échange maxi : 44.3 m²

Rétention 130/131/133 (2022) :

- Hauteur mini : 135 cm
- Surface brute : 72.75 m²
- Volume rétention net maxi : 61.4 m³
- Plus grosse cuve : 40m³ (cuve 130)
- 50% du volume des cuves : 36m³
- Hauteur de remplissage par 40m³ : 70 cm
- Surface d'échange maxi : 52.2m²



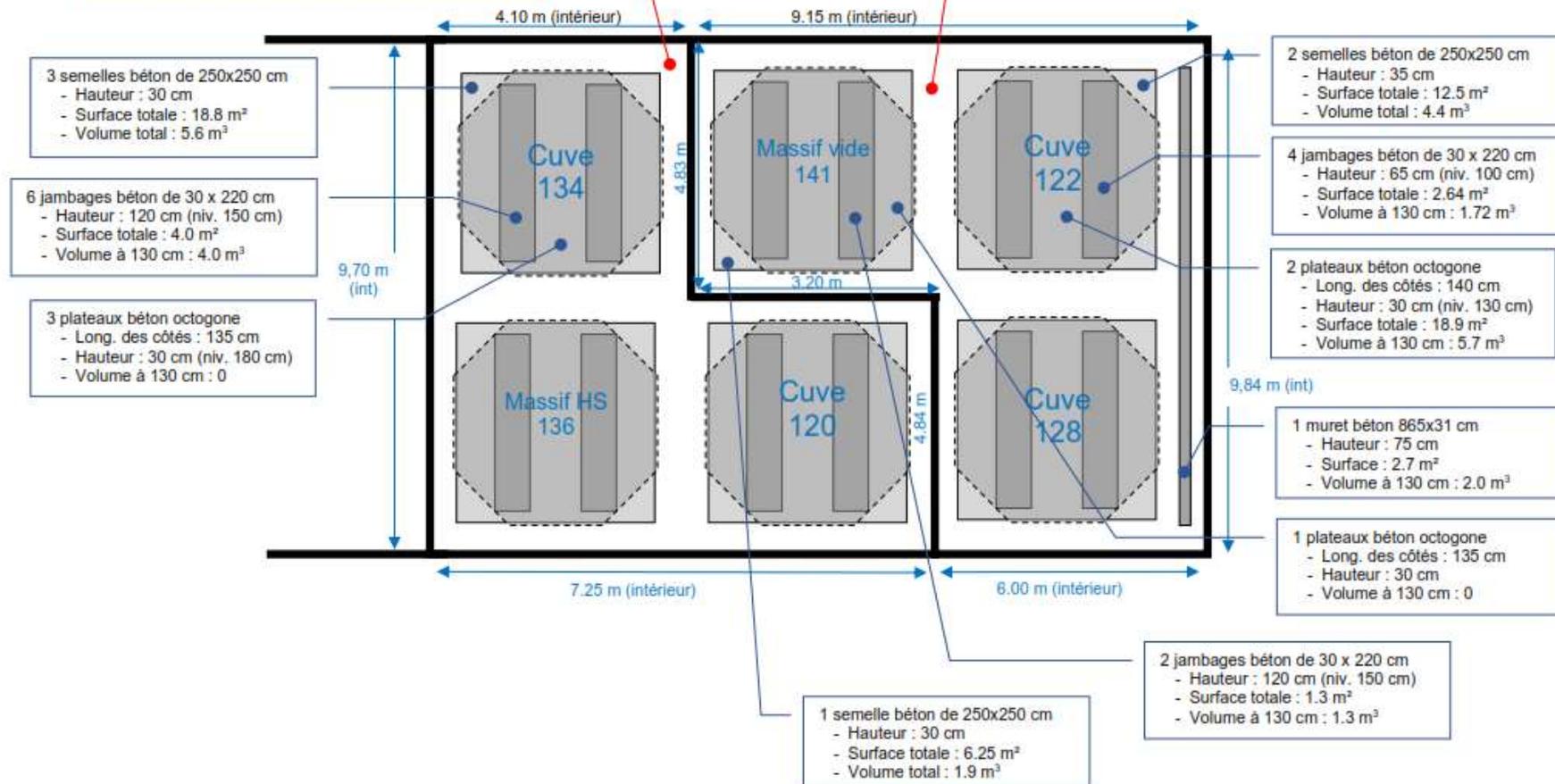
Détail des rétentions cuves 134/136/120 et 122/123/141(mis à jour 11/2022) :

Rétention 134/136/120 (2022) :

- Hauteur mini : 130 cm
- Surface brute : 55.2 m²
- Volume rétention net maxi : 62 m³
- Plus grosse cuve : 20 m³
- 50% du volume des cuves : 20 m³
- Hauteur de remplissage par 20 m³ : 48 cm
- Surface d'échange maxi : 51.2 m²

Rétention 122/123/141 (2022) :

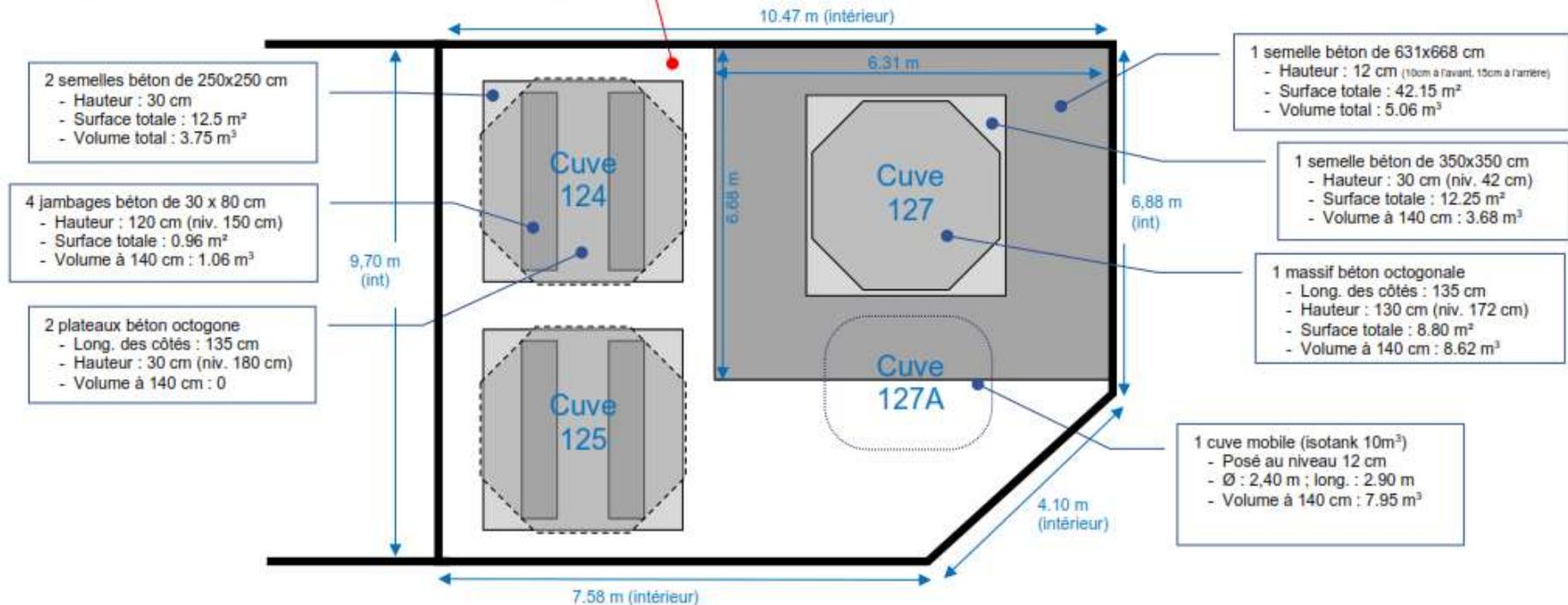
- Hauteur mini : 130 cm
- Surface brute : 74.5 m²
- Volume rétention net maxi : 79.8 m³
- Plus grosse cuve : 42 m³
- 50% du volume des cuves : 42 m³
- Hauteur de remplissage par 42 m³ : 70 cm
- Surface d'échange maxi : 67.9 m²



Détail des rétentions cuves 124/125/127/127A (mis à jour 11/2022) :

Rétention 124/125/127/127A (2022) :

- Hauteur mini : 140 cm
- Surface brute : 97.4 m²
- Volume rétention net maxi : 106 m³
- Plus grosse cuve : 40 m³
- 50% du volume des cuves : 57.5 m³
- Hauteur de remplissage par 40 m³ : 54 cm
- Hauteur de remplissage par 58 m³ : 73 cm
- Surface d'échange maxi : 87.7 m²



2.2. Efficacité et fiabilité de la MMR :

Justification de l'efficacité de la mesure de maîtrise des risques (MMR).

En complément des mesures de prévention existantes énoncées dans l'EDD, la société Ganaye In Stock va mettre en place un système de couverture de surface assuré par la présence de boules plastiques flottantes dans la rétention. Ce dispositif limite la surface d'échange entre l'HCL potentiellement rependu suite à une perte de confinement d'une cuve et l'atmosphère. Mécaniquement cette réduction de surface d'échange réduit le flux de vapeur d'HCL potentiellement émis.

Ces boules de couverture sont des sphères en plastique, partiellement remplies d'eau. Ce lestage permet une meilleure stabilité et une flottaison à moitié de leurs diamètres, permettant une meilleure couverture de surface d'échange.

Ces boules sont régulièrement utilisées pour limiter les évaporations, limiter les pertes de chaleur, couvrir les bassins d'aéroport pour limiter le risque de collision aviaire, ...

Caractéristiques des boules :

- Diamètre : 100mm
- Matériaux : polyéthylène haute densité noir stabilisé UV
- Masse : 240g dont 200g d'eau

Fiche technique en annexe.



Exemple de couverture de rétention sur une installation chimique.

Le constructeur indique une réduction de 87% de l'évaporation soit jusqu'à 98% de réduction de pollution atmosphérique.

2.2.1. Taux de recouvrement :

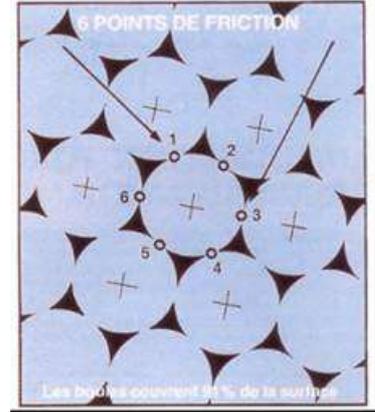
Surfaces des cercles circonscrits- Calculs 2D :

En géométrie, le placement de cercle est un agencement de cercles qui ne se chevauchent pas dans un espace contenant et s'appliquant à toutes balles reposant sur une surface plane comme un réservoir ou un bassin. La compacité associée est la proportion de la surface couverte par les cercles.

Dans l'espace bidimensionnel, Joseph Louis Lagrange a prouvé en 1773 que l'arrangement de cercles en réseau de densité la plus élevée est l'arrangement hexagonal dans lequel les centres des cercles sont disposés dans un réseau hexagonal (rangées décalées comme un nid d'abeille), et chaque cercle est entouré de 6 autres cercles. La densité de cet arrangement est :

$$\text{Densité} = \frac{1}{6} \pi \sqrt{3} = 0.906899 = 90.6\%$$

Notez que cela ne prend pas en compte les boules 'partielles' en périphérie (bords) ou la perturbation du réseau hexagonal.



Sur des zones larges ces effets de bords contribuent à une erreur bien inférieure à 1 %.

Dans notre cas, avec des surfaces relativement réduites, complexe, et comportant des obstacles, nous avons plus que triplé cet effet de bord en prenant un taux de couverture efficace prudent de 87%.

La modélisation présentée dans l'EDD prenait bien en compte une efficacité des boules de couvertures de 87%. (§29.1)

2.2.2. Incidences des conditions météorologiques :

Le constructeur indique une résistance au vent de 147km/h (48m/s), limite à laquelle les boules sont soufflées de la surface. Dans notre cas, les parois des rétentions protègent aussi du vent et maintiennent les boules dans la rétention.



2.2.3. Durée de vie et maintenance :

Le matériau est parfaitement compatible avec l'acide chlorhydrique. La matière de ces boules est quasi identique au matériau des cuves de stockage de l'acide chlorhydrique.

Le constructeur indique une durée de vie de plus de 10 ans.

La maintenance de cette couverture est déjà inscrite dans le dossier PMII et MMRI au même titre que les rétentions du site.

La maintenance consistera à une inspection visuelle au moins annuelle de présence, de l'état de conservation (encrassement, ...) et de la flottaison effective des boules dans les rétentions (lors des épisodes pluvieux).

2.2.4. Impact sécurité :

Ce dispositif de couverture n'impactera pas les autres éléments de sécurité. Pas de gêne à l'inspection visuelle des cuves. Pas de gêne à l'accès des équipements de sécurité (Vannes, niveau, ...) qui sont soit accessible par l'extérieur des rétentions soit accessible depuis les passerelles.

2.3. Impact sur le seuil des Effets Létaux Significatifs :

La modélisation de la dispersion des vapeurs d'HCL présentée dans l'EDD (§29.1) a été réalisée en prenant en compte la mise en place d'une couverture de surface d'échange avec une efficacité de 87%. Ainsi la surface de modélisation correspond à 13% de la surface maximum d'échange de la rétention (bas de la page 118 de l'EDD).

2.4. Mise en œuvre de la MMR :

Les boules de couvertures ont été commandé le 28/12/2022.

Délais de réception 4 à 5 semaines.

Mise en œuvre ~ 1 semaine

Sous réserve des délais de livraison, le dispositif de couverture devrait être opérationnel mi-février 2023.

2.5. Modélisation des dispersions atmosphérique pour toutes les rétention d'HCL

L'EDD transmise ne produisait qu'une seule modélisation de dispersion prenant en compte la plus grande rétention, se basant sur les stockages d'HCL prévus à l'origine du dossier (Rétention 130/131/133).

L'arrêt du stockage d'hypochlorite de soude, nous a conduit à déplacer une partie du stockage d'HCL dans les cuves 124 et 125, cependant les scénarii n'avait pas été mis à jour.

Au vu les relevés des dimensions des rétention d'HCL et de la position de ces stockages, il est nécessaire de produire des modélisations incluant toutes les rétentions des cuves d'HCL.

La modélisation complète réalisée avec les outils de calcul agréés a été commandé auprès de notre prestataire d'étude. Les résultats ne seront disponibles d'au mois de février.

En attendant nous avons réalisé des modélisations des phénomènes dangereux et des seuils toxiques avec l'outils ALOHA.

2.5.1. Modèle de calcul et données d'entrée :

Le modèle de calcul utilisé le modèle de dispersion des gaz lourds et le modèle de dispersion gaussien pour les courtes distances.

Les distances sont calculées depuis le bord de la rétention.

La durée d'exposition des cibles retenue est de 60 minutes (cas majorant).

Les modélisations ont été réalisés dans les conditions météorologique standard 5D.

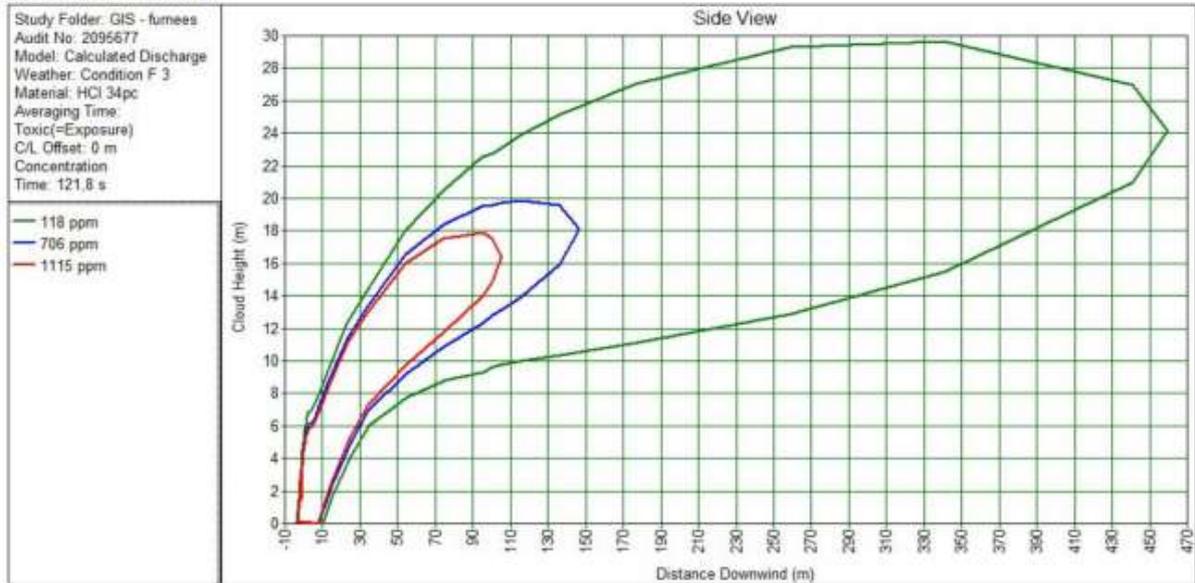
Conformément aux prescriptions de la circulaire ministérielle du 10/05/10, les paramètres météorologiques retenus pour la dispersion atmosphérique sont donnés dans le tableau suivant.

Classe de stabilité de l'atmosphère de Pasquill		Vitesse du vent (m/s)	Température ambiante (°C)	Humidité air ambiant (%)	Pression atmosphérique (bar)
A	Extrêmement instable	3	20	70	1,013
B	Modérément instable	3			
		5			
C	Légèrement instable	5			
		10			
D	Neutre	5			
		10			
E	Légèrement stable	3			
F	Modérément stable	3	15		

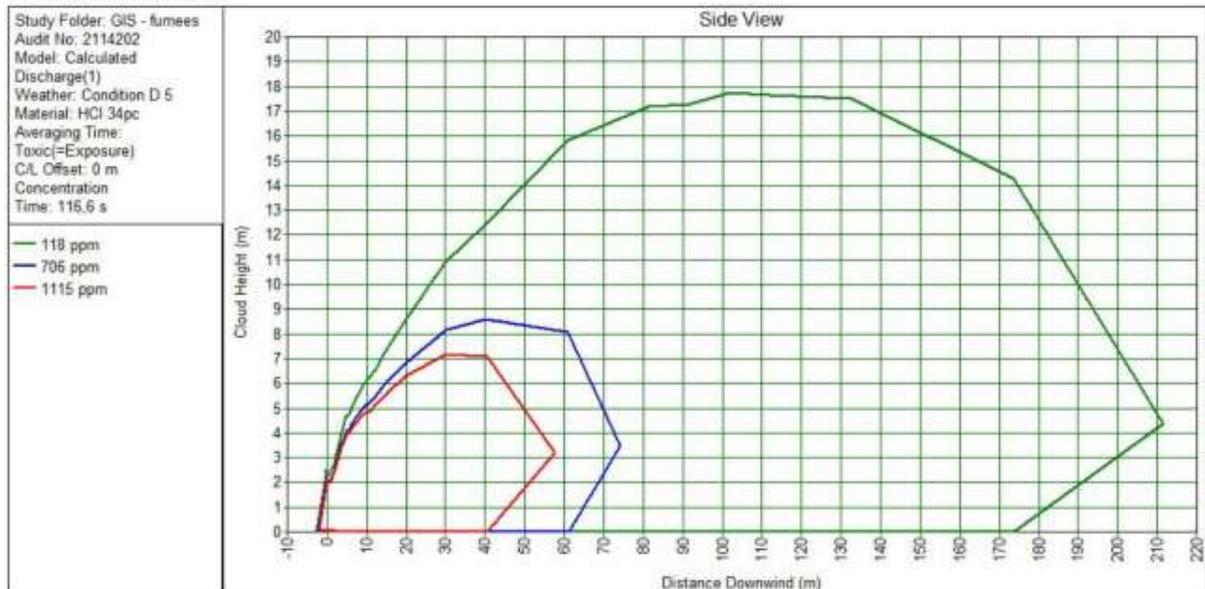
La modélisation en conditions F3, n'a pas pu être réalisée avec cet outil car la forme du nuage n'est pas plaquée au sol. Aloha ne permet pas de positionner la hauteur de la cible (calcul 2D).

Ci-dessous les formes de nuages en 5D et 3F, simulé avec PHAST.

Condition météo 3F



Condition météo 5D



Les distances majorantes à hauteur de 1.5m étant largement majorantes avec les conditions météo 5D, la modélisation 3F n'est pas produite dans cette pré-modélisation.

La modélisation de la dispersion atmosphérique de gaz toxique HCl prend en compte :

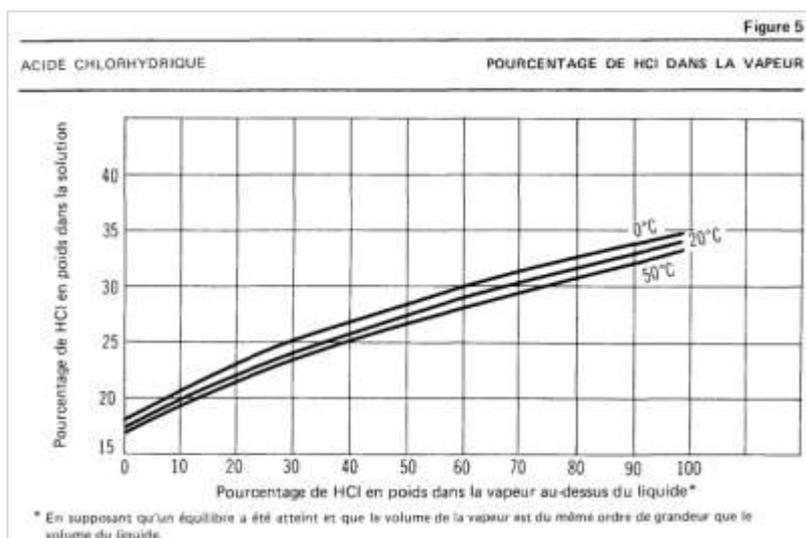
- La surface d'échange dans la rétention la plus élevée **sans** MMR
- La surface d'échange dans la rétention la plus élevée **avec** MMR, c'est-à-dire 13% de Surface d'échange maxi sans MMR.

Terme source :

Le scénario d'accident correspond à une perte de confinement de liquide en rétention et à la dispersion d'un nuage de vapeur d'HCl par évaporation de la flaque formée. Les principales données d'entrée utilisées pour la modélisation sont synthétisées dans le tableau suivant.

- Liquide : Solution d'acide chlorhydrique à 33% (liquide azéotropique)
- Gaz émis par l'évaporation : Chlorure d'hydrogène (HCl) (Acide chlorhydrique anhydre)
- Vapeurs présentes dans l'atmosphère au-dessus du liquide : Mélange de Chlorure d'hydrogène et d'acide chlorhydrique hydraté par l'humidité de l'air.

La concentration de cette solution d'HCl est estimée à 90% à 20°C (donnée par l'abaque des Services de la protection de l'environnement du Canada ci-après)



En réalité la concentration de la solution diminue très vite, mais elle est impossible à calculer, car très dépendante de l'humidité disponible à l'atmosphère. L'HCl ayant une forte attirance pour l'eau il est immédiatement capté comme indiqué dans l'extrait de l'INERIS suivant :

1.2.1.3.L'acide chlorhydrique anhydre

HCl est très soluble dans l'eau.

Température (°C)	Solubilité (g/L)
0	823
20	670
40	633
60	561

Tableau 3 : Solubilité de l'acide chlorhydrique anhydre dans l'eau en fonction de la température

Lors de son contact avec l'eau, HCl, acide fort, est fortement ionisé, favorisant ainsi son absorption. La chaleur de dissolution est faible, sans influence sur la réaction.

- Les seuils d'effet toxique de l'acide chlorhydrique dilué à 33% en solution sont définis dans le tableau suivant :

Produit toxique	Seuils d'effets toxiques (ppm) - Durée d'exposition de 60 min		
	SEI	SEL	SELS
Acide chlorhydrique pur (HCl)	40	240	379
Acide chlorhydrique 33% (HCl-33)	121	727	1 148

2.5.2. Modélisation pour la rétention cuves 130/131/133 :

Conditions	Surface d'échange maxi	Distances d'effets dangereux		
		SEI	SEL	SELS
Sans MMR	52.2m ²	192m	74m	57m
Avec MMR	6.8m ²	37m	Seuils non atteints	

Résultats de comparaison, calculés avec le logiciel PHAST pour 52.2m² :

Scénario d'accident	Hauteur d'effet (m)	Distances d'effets dangereux (m) - Durée d'exposition de 60 min					
		Conditions météorologiques 5D*			Conditions météorologiques 3F*		
		SEI	SEL	SELS	SEI	SEL	SELS
Perte de confinement d'HCl	1,5 m (hauteur d'homme)	190	70	50	15	13	12

Résultats de comparaison, calculés avec le logiciel PHAST pour 6.78m² :

Scénario d'accident	Hauteur d'effet (m)	Distances d'effets dangereux (m) - Durée d'exposition de 60 min		
		SEI	SEL	SELS
Perte de confinement d'HCl	1,5 m (hauteur d'homme)	35	Non atteints (seuils non atteints au cours de la dispersion)	

2.5.3. Modélisation pour la rétention cuves 122/128 :

Conditions	Surface d'échange maxi	Distances d'effets dangereux		
		SEI	SEL	SELS
Sans MMR	68m ²	220m	84m	66m
Avec MMR	8.8m ²	42m	16m	Seuil non atteint

2.5.4. Modélisation pour la rétention cuves 124/125 :

Conditions	Surface d'échange maxi	Distances d'effets dangereux		
		SEI	SEL	SELS
Sans MMR	88m ²	252m	96m	75m
Avec MMR	11.5m ²	48m	18m	Seuil non atteint

2.5.5. Cartographie des distances d'effet :



Scénario 3 : Dispersion atmosphérique des vapeurs d'HCl avec MMR.

2.5.6. Conclusion :

Les seuils SEI et SEL sortent du site sur les parcelles 0599 et 1331 actuellement occupée par l'entreprise MEDITERRANEE SERVICES INDUSTRIES.

Les zones extérieures au site impactées par le SEI et SEL sont affectées au tri et transit de déchets métalliques. Ces zones ne coupent pas les chemins de repli / évacuation de cette entreprise. Ces zones n'impactent pas de poste de travail permanent. Seul un conducteur d'engin de manutention est ponctuellement présent dans ces zones.

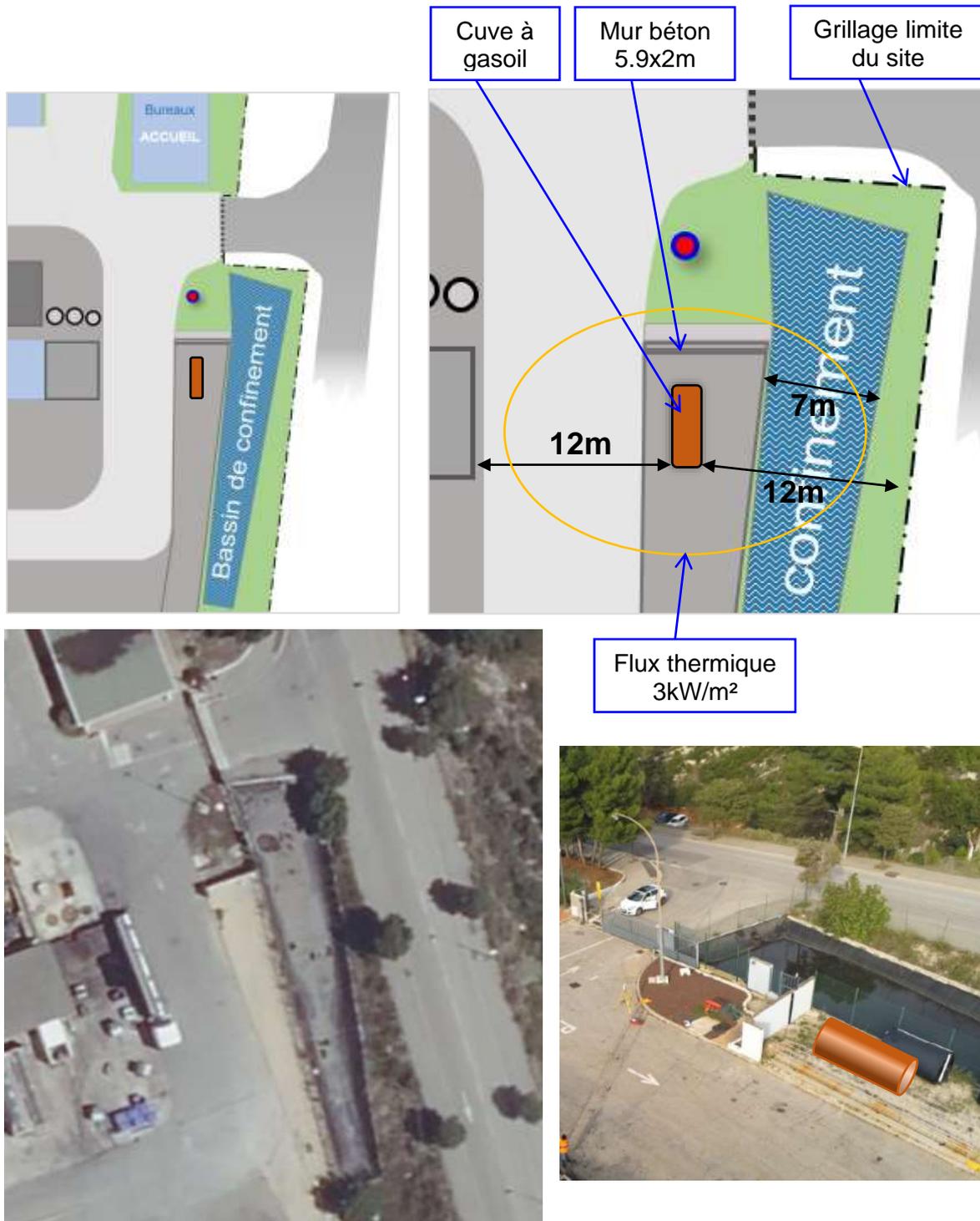
La modélisation complète réalisée avec les outils de calcul agréés a été commandé auprès de notre prestataire d'étude. Les résultats ne seront disponibles au mois de février.

3. MODELISATION FLUX THERMIQUE INCENDIE CUVE CARBURANT

La modélisation des flux thermique de l'incendie de la cuve à carburant produite dans l'EDD, indiquait que le flux thermique 3kW/m^2 sortait des limites du site. En réalité le flux thermique ne sort pas de l'enceinte du site.

Le flux thermique 3kW/m^2 est modélisé à 10m. (en réalité inférieur mais retenu à 10m par FLUMILOG pour majoration des courtes distances).

La cuve de gasoil sera placée à plus de 10m de la limite du site, le grillage faisant la limite entre le site et la voie public est situé à 12m.



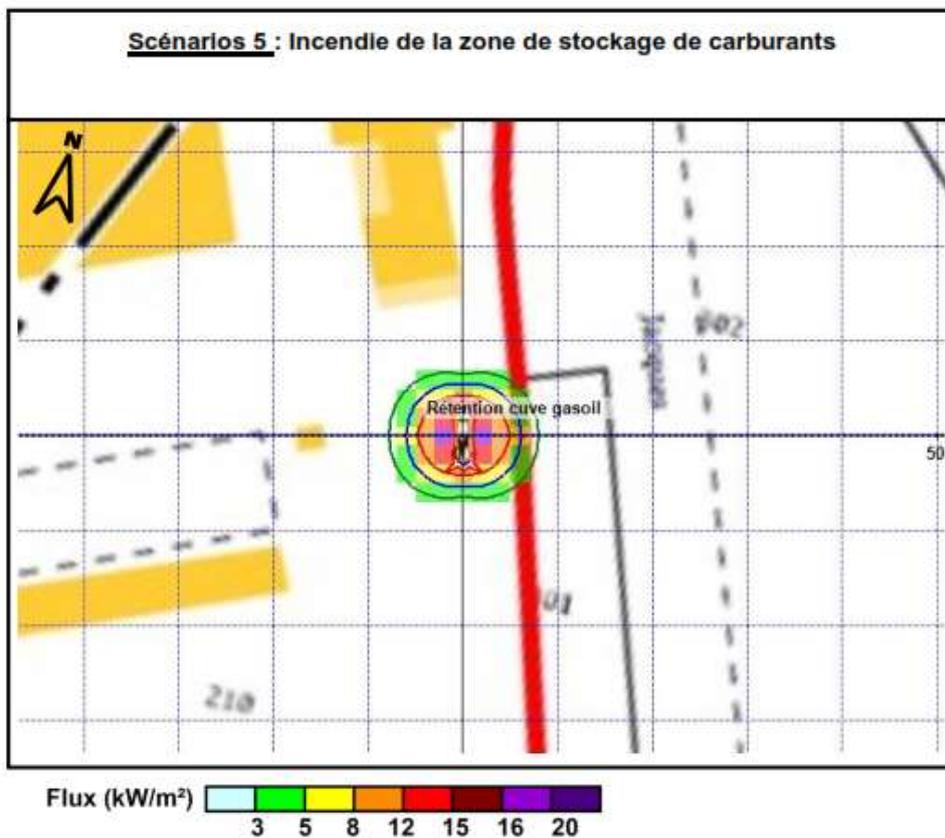
Risque décrit en scénario n°5 dans l'étude de danger :

➤ **Résultats**

Les distances maximales des flux thermiques à partir des bords de la zone de stockage sont reprises dans le tableau suivant :

Flux thermiques	Distances maximales atteintes à partir des bords de la zone de stockage	
	Longueur	Largeur
SEI : 3 kW/m ²	10 m	5 m
SEL : 5 kW/m ²	5 m	Non atteint
SELS : 8 kW/m ²	5 m	

Remarque : FLUMILOG préconise, pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m



4. REACTION EXOTHERMIQUE DANS LES CUVES

Un risque de réactions exothermiques lors d'un dé/chargement dans la mauvaise cuve, a été présenté dans l'EDD (§23 ; p73).

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE UNIVALE – GANAYE IN STOCK Martigues (13)
P.J. 43 : Etude de risques

Equipement/Opération		Evènement redouté (ERCI)	Cuves	Phénomène dangereux	Intensité estimée des effets	Mesures de contrôle du risque		
Système	Sous-système					Moyens de prévention	Moyens de détection	Moyens de protection
Cuverte - Acide chlorhydrique 33%	Chargement/déchargement en cuve aérienne	Perte de confinement au niveau de la cuve	Déchargement dans la mauvaise cuve (incompatibilité produits)	Réaction exothermique avec projection de produits Dégagement de vapeurs toxiques	4 Fort	Procédure d'empilage/dépotage prévoyant la vérification du produit à décharger Formation + Transfert de matières dangereuses + aux dépoteurs et logisticiens chez Ganaye In Stock Vannes étiquetées avec le nom du produit Affichage au niveau des cuves (nom, capacité, pictogramme de danger) Double contrôle avec le bureau chimie	Présence systématique du personnel Ganaye In Stock lors des phases d'empilage/dépotage	Evénements des cuves Cuves en PEHD (acides et bases)

Ce risque n'avait pas été développé et analysé dans l'EDD.

Une analyse complète a été réalisée, les résultats sont présentés ci-dessous.

4.1. Phénomènes dangereux étudiés :

Les phénomènes recherchés ici sont les réactions chimiques consécutives à un mélange accidentel de deux produits stockés en cuve.

Il peut s'agir de :

- Réaction exothermique ;
- Dégagement de vapeurs toxiques ;
- Dégagement massif de gaz/vapeurs ;
- Emballement thermique.

L'analyse des réactions dangereuses à été réalisées sur la base de la littérature spécialisée de référence :

- Réactions chimiques dangereuses – INRS – ED697 – 2003
- Bretherick's Handbook of Reactive Chemical Hazards – 7eme edition – 2007
- Base de données des retours d'expériences des accidents technologiques – ARIA - INERIS

Ces phénomènes seront quantifiés pour s'assurer de l'absence d'effet domino entre cuves et installations voisines.

Les seuils d'effets retenus sont les seuils réglementaires classiques :

- Flux thermique 8 kW/m²
- Surpression 140mbar

L'analyse a également porté sur la base ARIA de l'INERIS et Bretherick, concernant les retours d'expériences mondiaux, et plus spécialement des risques de ruine des cuves de stockage.

4.2. Réactions dangereuses thermique et surpression :

Produits présents en stock cuve :

Produits	Caractéristiques physico-chimiques	Risque de réaction lors de mélange
Acide chlorhydrique en solution 33 %	- Ininflammable - Corrosif	- Emission de vapeurs - Réaction exothermique
████████████████████	- Ininflammable - Corrosif	- Emission de vapeurs - Réaction exothermique importante
Lessive de soude en solution 50 et 30%	- Ininflammable - Corrosif	- Réaction exothermique
Nitrate de calcium en solution 50%	- Ininflammable - Peu corrosif	- Peu réactif
Bisulfite de soude en solution 40%	- Ininflammable - Peu corrosif	- Peu réactif
Chlorure ferrique en solution	- Ininflammable - Corrosif	- Emission de vapeurs - Réaction exothermique
Huiles végétales	- Combustible	- Peu réactif
Huiles minérales	- Combustible	- Peu réactif

Les réactions ayant les risques les plus important sont les mélanges :

- Acide chlorhydrique 33% / Autres → Emission de vapeur
- Acides / Lessive de soude → Réaction exothermique et Emission de vapeurs
- ████████████████████ / Lessive de soude → Réaction exothermique importante et Emission de vapeurs
- ████████████████████ / Autres → Réaction exothermique et Emission de vapeurs

Dans tous les cas, les produits concernés ne produisent pas de réaction d'emballage thermique.

4.2.1. Réactions exothermiques :

Ces réactions exothermiques sont dues à ce qu'on appelle la chaleur de dilution ou de neutralisation, provoquant le réchauffement de la solution.

L'évaluation du phénomène est quantifiable en calculant l'énergie libérée par la réaction. Par exemple un mélange de Lessive de soude et d'acide chlorhydrique, mettant en jeu une mole de chaque réactif, produira -57,4 kJ /mol d'énergie.

Le calcul de cette énergie libérée dans la masse des produits permet ensuite de calculer la température d'échauffement de la solution.

Ces mélanges accidentels ne peuvent avoir lieu qu'en présence des opérateurs. Aucun process n'est automatique.

Les réactions accidentelles s'accompagnant d'émission de vapeurs, elles sont détectées assez rapidement par les opérateurs. Les retours d'expérience de la base ARIA, ayant des conditions similaires à nos installations, indique une réaction des opérateurs entre 1 et 5 m³ (1 à 8 tonnes) de matière injectée.

Aussi pour la modélisation nous avons fixé de façon majorante une quantité de matière injectée accidentellement égale à la moitié d'une citerne routière standard, soit 14 tonnes.

La quantité de matière présente en cuve a été choisie pour correspondre au pire des cas. C'est-à-dire la quantité (molaire) suffisante pour réagir complètement avec la matière injectée. Une quantité plus importante de réactif ne produirait pas plus de chaleur et augmenterait la masse de à réchauffer, donc diminuerait la température finale du mélange.

Synthèse des résultats des températures atteintes par les mélanges accidentels :

Produits	Réactif	Elévation de température atteinte par le mélange	Température maxi atteinte dans la cuve
Acide chlorhydrique en solution 33 %	Lessive de soude 50%	+22°C	~40°C
Acide chlorhydrique en solution 33 %	Autres (Nitrate de calcium, Bisulfite de soude, eau, huiles, Chlorure ferrique)	Entre +9 et +20°C	~40°C
Acide chlorhydrique en solution 33 %	Acide sulfurique en solution 98%	+38°C	~58°C
██████████	Lessive de soude en solution 50%	+43°C	~63°C
██████████	Autres (Nitrate de calcium, Bisulfite de soude, eau, huiles, Chlorure ferrique)	Entre +12 et +25°C	~45°C
Lessive de soude en solution 50%	Huiles végétales	+8°C	~28°C

Les températures de réaction maximums sont atteintes avec des cuves partiellement remplies.

Les cuves présentes sur le parc sont construites soit en acier inox soit en Aluminium, soit en PEHD (Polyéthylène Haute Densité), soit en PP-H (Polypropylène Homopolymère).

Matériaux des cuves	Type de fabrication	Plage de température de service en continu	Plage de température de travail acceptable	Plage de température de début de diminution de la résistance mécanique	Point de fusion
PP-H	Cuves extrudées-enroulées	0°C / +80°C	-10°C / +90°C	75 à 90 °C	~150°C
PEHD		-30°C / +45°C	-45°C / +60°C	70 à 72 °C	~130°C
Inox 304	Viroles soudées	>200°C			
Alu AG3					

Les cuves présentes sur le site sont capables de résister ponctuellement à des températures jusqu'à 70°C, sans risque de rupture ou effondrement.

4.2.2. Suppression :

Les surpressions peuvent être la conséquence d'une émission de vapeur et/ou de gaz dans la cuve à l'occasion du mélange accidentel. Ces émissions sont souvent (mais pas uniquement) étroitement liées aux réactions exothermiques précédemment traitées.

Le danger est produit par l'association du volume produit et du débit des gaz émis. En effet, l'émission de volume important sur une longue durée sera facilement libérée par l'événement de la cuve. Le même volume sur une courte durée peut conduire à une surpression dans la cuve.

D'autre part, ces surpressions sont souvent accompagnées d'élévation de température affaiblissant la résistance mécanique de la cuve.

Enfin, la résistance des cuves à ce type de phénomène est très peu documentée et n'est pas indiquée par le constructeur. Bien sûr toutes les cuves disposent d'un évent libre d'un diamètre équivalent d'au moins 100mm.

Par conséquent, l'évaluation du phénomène est difficilement quantifiable, aussi nous avons traité ce phénomène par l'analyse de la base de données des retours d'expériences des accidents technologiques.

Ce type de produit (acides, bases) est presque exclusivement stocké en cuve PE depuis de nombreuses années (>20ans) et dans le monde entier. L'analyse d'analyse par retours d'expériences est donc pertinente.

L'analyse des retours d'expérience, ayant des conditions similaires à nos installations, indique de nombreux cas de mélange accidentel, mais très peu ayant une conséquence sur la cuve.

La base ARIA ne cite pas de cas de rupture de cuve lors d'une réaction accidentelle avec les produits concernés.

Le Bretherick's Handbook of Reactive Chemical Hazards, décrit 1 cas de rupture de la cuve mais sans épandage :

« L'ajout accidentel de 6500L d'acide chlorhydrique concentré dans un réservoir de stockage d'acide sulfurique en vrac, a libéré suffisamment de chlorure d'hydrogène gazeux par déshydratation, pour provoquer la rupture du toit du réservoir [MCA Case History No. 1785]. »

En effet sur les cuves en PE ou PPH extrudées-enroulées, le toit de cuve est maintenu par soudure thermoplastique. Ces soudures du toit de cuves, sont par exemple les premières à céder lors du vieillissement de ce type de cuve. C'est donc un point faible connu. Le toit de ce type de cuve ne joue qu'un rôle minime dans la stabilité au vent de la cuve (Ce type de cuve existe aussi sans toit).

Il est donc cohérent que dans cet exemple le toit de la cuve ait cédé. Cette rupture permet de libérer la surpression à la manière d'un événement de surpression.

4.2.3. Conclusion :

Les réactions en cas de mélange accidentels ne produisent pas assez d'énergie pour produire un flux thermique impactant les cuves voisines (>8kW/m²).

Les réactions en cas de mélange accidentels ne conduisent pas à une rupture produisant une surpression impactant les cuves voisines (>140mbar).

5. **ANNEXES :**

5.1. **Fiche technique de boules de couverture :**


SPECIALIST RANGE

Water-Filled Bird Ball™

The perfect solution to camouflage open surface water

What are they? A simple solution to deter birds from open water ponds, open mines, airports and rain water collection basins. Waterfowl attracted to areas of open water put themselves and humans at risk. A floating layer of **Water-Filled Bird Balls™** successfully camouflages the liquid and birds fail to recognise the ponds.

Bird Balls™ are 100mm diameter UV stabilised black hollow plastic balls, manufactured in High Density Polyethylene. Each ball is filled with 200ml of water then permanently sealed so when deployed sinks to half its diameter. The balls float on the surface of a liquid, automatically arranging themselves into a close packed formation to completely cover the liquid.



For open surfaces and tanks such as:

- Waste water
- Biomass
- Slurry lagoon
- Dangerous materials
- Koi carp and fish pools
- Heated or cooled open surface tanks
- Airports' ponds (camouflage)



Installation is incredibly quick and easy. When settled into the water the additional stability is able to cope with wind speeds in excess of 147km/h (48m/s) preventing balls being blown from the surface.

The naturally close formation of the **Water-Filled Bird Balls™** offers a reduction of liquid loss through evaporation by up to 90% yet allows movement of equipment through the liquid

Advantages

- Quick and simple install
- Surface coverage up to 90%
- Accommodates floating pump barges or aerators
- Lowers ice formation by 10°C
- UV Stabilised with over 10 years life expectancy
- No running costs
- Reduces algae growth by blocking sunlight
- Spread automatically as liquid levels rise and fall

Technical details

Material:
Black UV stabilised High Density Polyethylene

Ball Diameter:
100mm / 4"

Surface coverage:
Approximately 116 balls per m²

Weight:
240g (of which 200g is water)

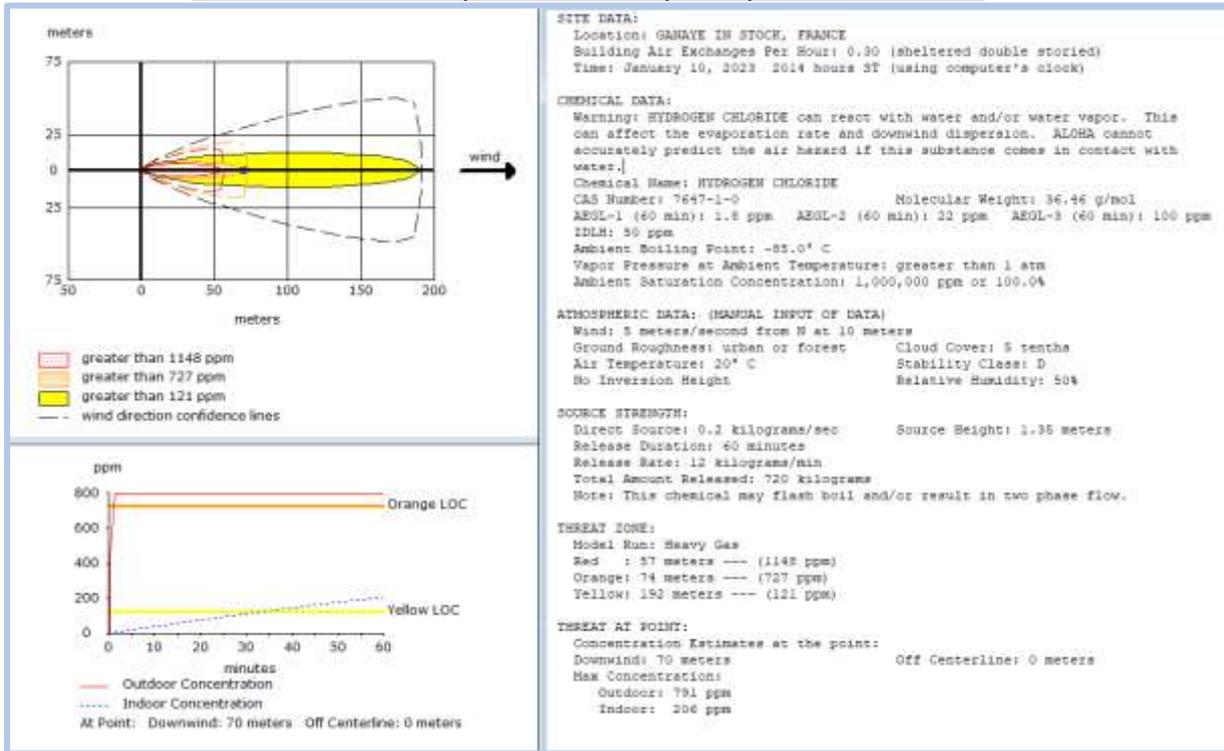
Euro-Matic UK Ltd
London, United Kingdom
T +44(0) 330 311 0003
info@euro-matic.co.uk

Euro-Matic Kft.
Budapest, Hungary
T +36(0) 30 405 2292
info@euro-matic.eu

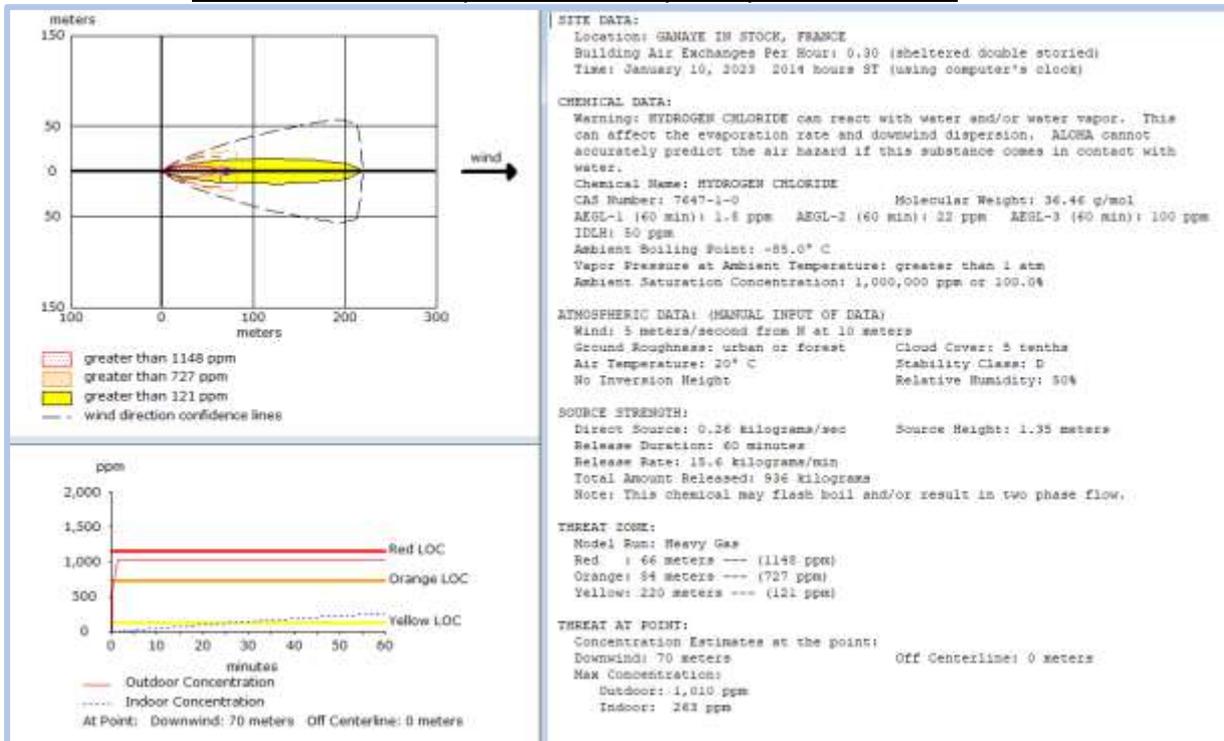
Euro-Matic Kugeln
Witzenhausen, Germany
T +49(0) 5542 93290
info@euro-matic.de

5.2. Notes de calculs de dispersion atmosphérique :

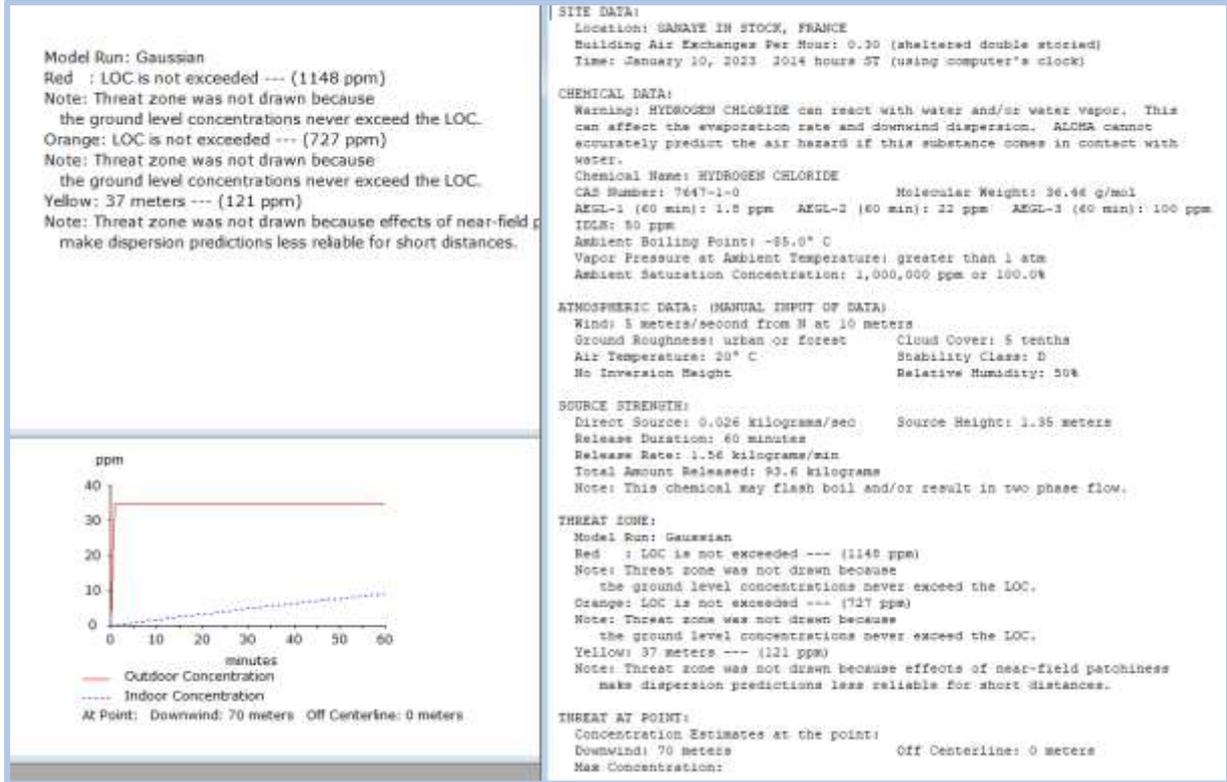
5.2.1. Note de calculs dispersion atmosphérique, 52.2m², 5D :



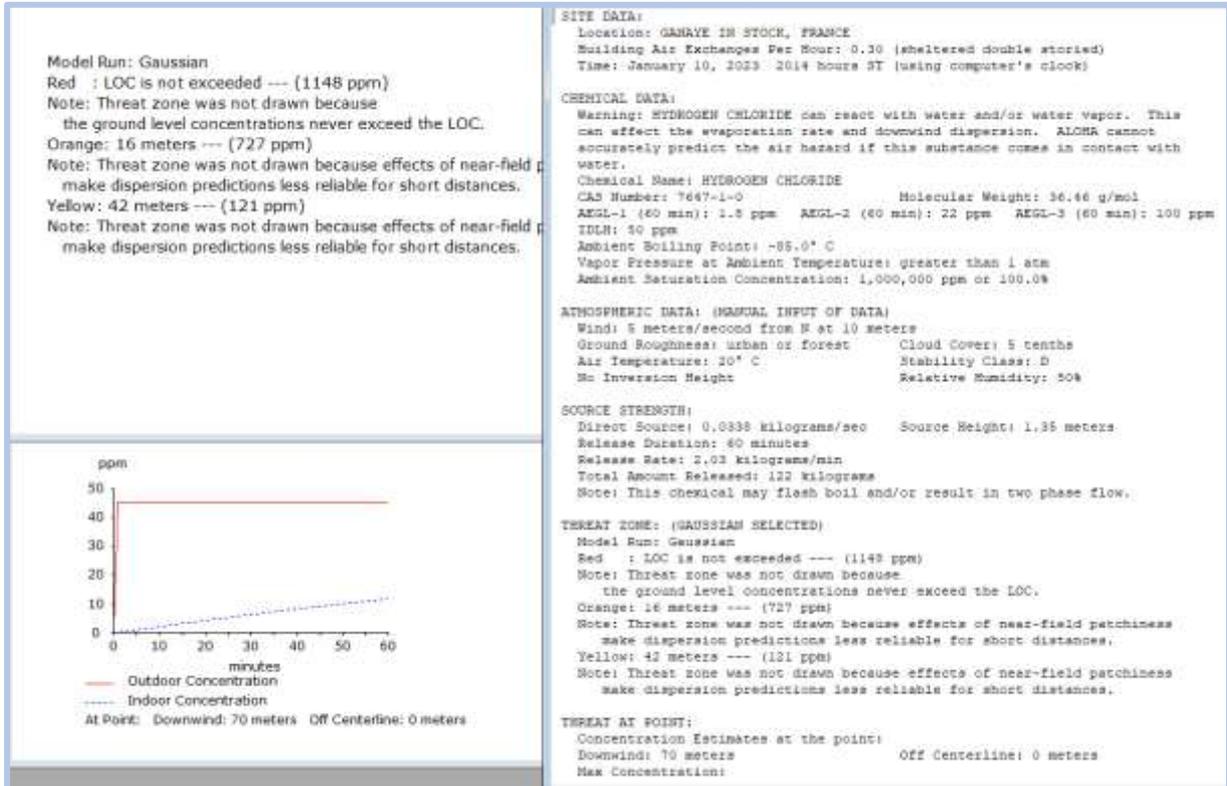
5.2.2. Note de calculs dispersion atmosphérique, 68m², 5D :



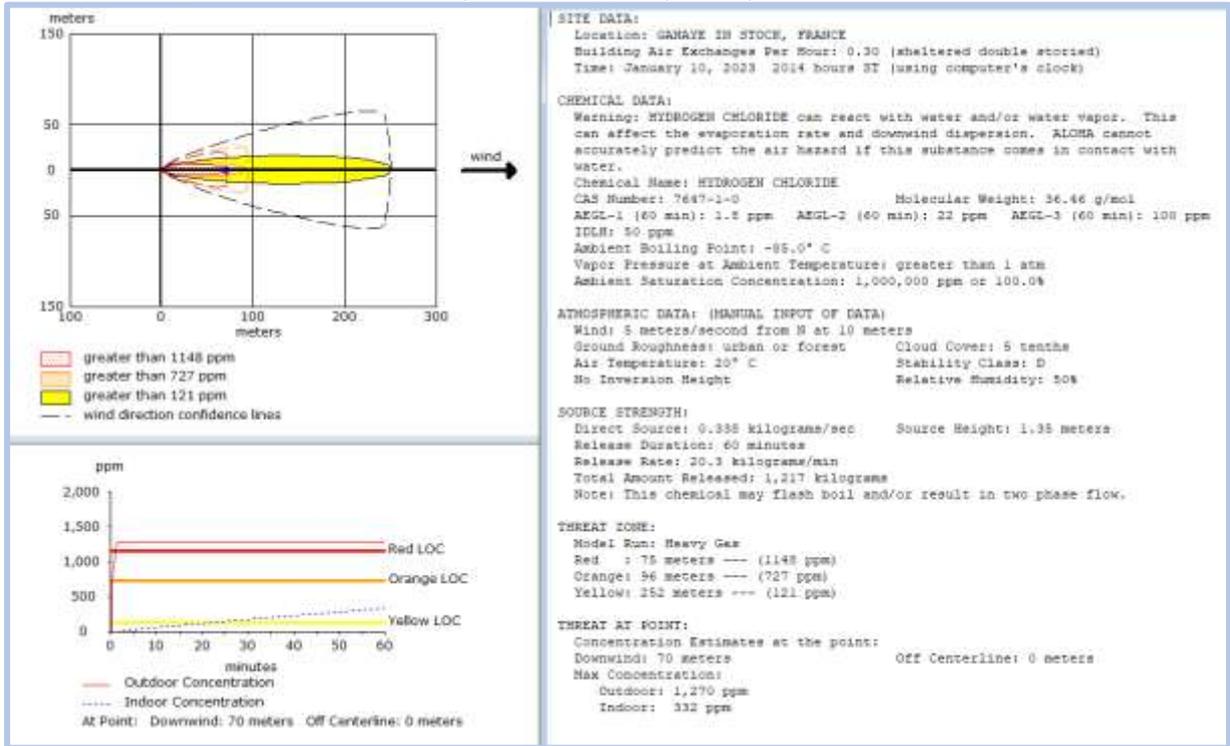
5.2.3. Note de calculs dispersion atmosphérique, 6.8m², 5D :



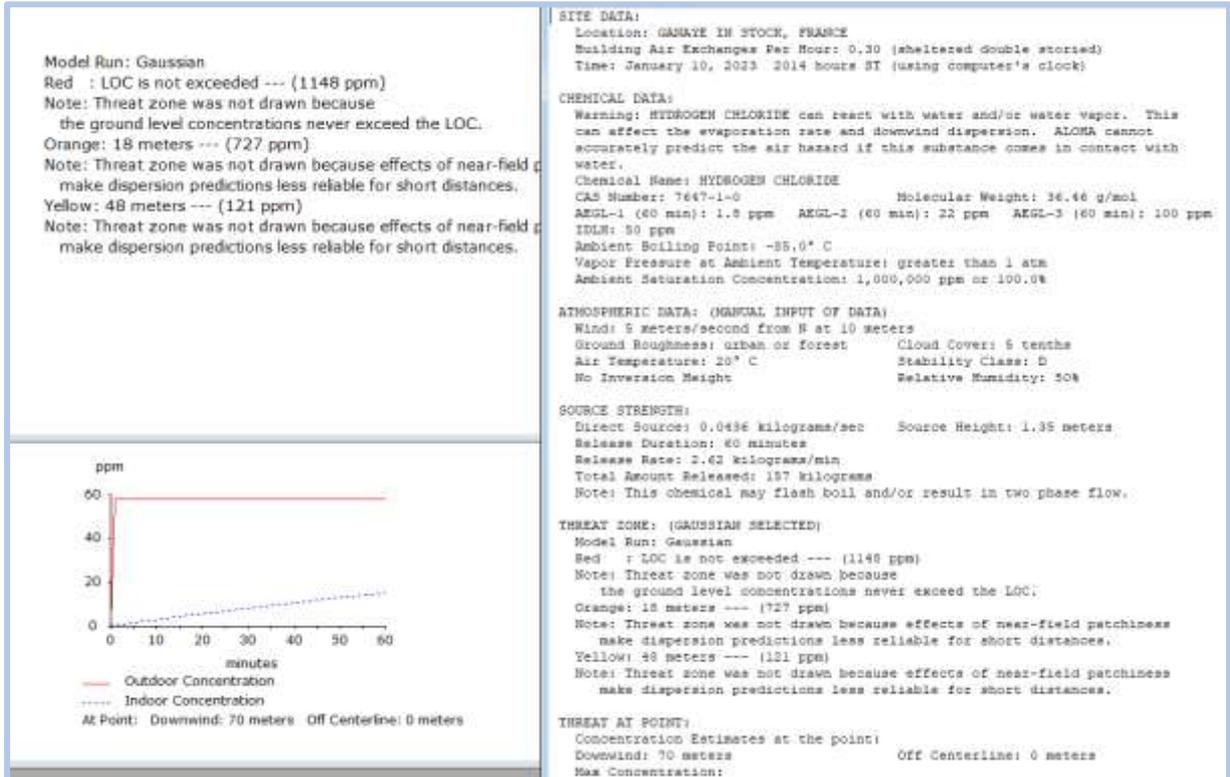
5.2.4. Note de calculs dispersion atmosphérique, 8.8m², 5D :



5.2.5. Note de calculs dispersion atmosphérique, 88m², 5D :



5.2.6. Note de calculs dispersion atmosphérique, 11.5m², 5D :



FLUMilog

Interface graphique v.5.6.1.0

Outil de calculV5.6

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	CCOLL
Société :	DEKRA
Nom du Projet :	GIS_Incendie_Armoires_liq_inf_v1
Cellule :	Global liqu inf
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	14/12/2022 à 10:04:37 avec l'interface graphique v. 5.6.1.0
Date de création du fichier de résultats :	14/12/22

I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

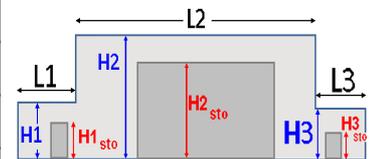
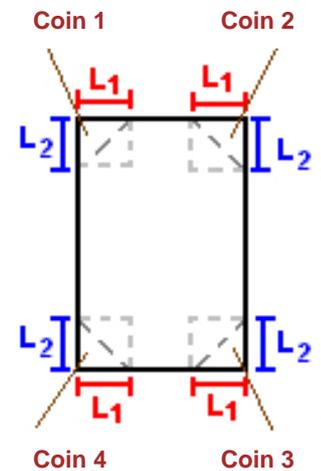
Hauteur de la cible : **1,8 m**

Données murs entre cellules

REI C1/C2 : **15 min** ; REI C1/C3 : **15 min**

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule : Armoire 2				
Longueur maximum de la cellule (m)		2,0		
Largeur maximum de la cellule (m)		8,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)		3,0		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Hauteur complexe				
	1	2	3	
L (m)	0,0	0,0	0,0	
H (m)	0,0	0,0	0,0	
H sto (m)	0,0	0,0	0,0	



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metalique simple peau
Nombre d'exutoires	0
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Stockage de la cellule : Armoire 2

Mode de stockage **LI**
 Masse totale de liquides inflammables **18 t**



Palette type de la cellule Armoire 2

Dimensions Palette

Longueur de la palette : **Sans Objet**
 Largeur de la palette : **Sans Objet**
 Hauteur de la palette : **Sans Objet**
 Volume de la palette : **Sans Objet**
 Nom de la palette : **Hydrocarbure** Poids total de la palette : **Par défaut**

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC						
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC						
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette : **Sans Objet**
 Puissance dégagée par la palette : **Sans Objet**

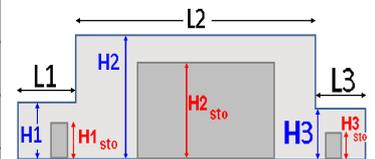
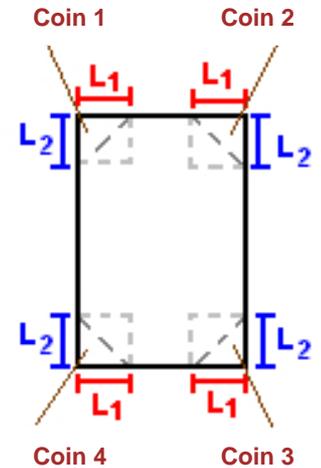
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

Hauteur de la cible : **1,8** m

Géométrie Cellule2

Nom de la Cellule : Armoire 1				
Longueur maximum de la cellule (m)		2,0		
Largeur maximum de la cellule (m)		4,5		
Hauteur maximum de la cellule (m)		3,0		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Hauteur complexe				
	1	2	3	
L (m)	0,0	0,0	0,0	
H (m)	0,0	0,0	0,0	
H sto (m)	0,0	0,0	0,0	



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metalique simple peau
Nombre d'exutoires	0
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Stockage de la cellule : Armoire 1

Mode de stockage **LI**
 Masse totale de liquides inflammables **6 t**



Palette type de la cellule Armoire 1

Dimensions Palette

Longueur de la palette : **Sans Objet**
 Largeur de la palette : **Sans Objet**
 Hauteur de la palette : **Sans Objet**
 Volume de la palette : **Sans Objet**
 Nom de la palette : **Hydrocarbure** Poids total de la palette : **Par défaut**

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC						
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC						
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette : **Sans Objet**
 Puissance dégagée par la palette : **Sans Objet**

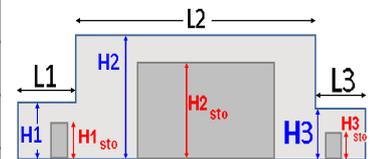
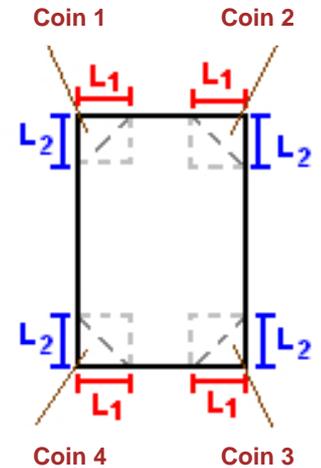
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

Hauteur de la cible : **1,8 m**

Géométrie Cellule3

Nom de la Cellule : Armoire 3				
Longueur maximum de la cellule (m)		2,0		
Largeur maximum de la cellule (m)		13,5		
Hauteur maximum de la cellule (m)		3,0		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Hauteur complexe				
	1	2	3	
L (m)	0,0	0,0	0,0	
H (m)	0,0	0,0	0,0	
H sto (m)	0,0	0,0	0,0	



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metalique simple peau
Nombre d'exutoires	0
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Stockage de la cellule : Armoire 3

Mode de stockage **LI**
 Masse totale de liquides inflammables **27** t



Palette type de la cellule Armoire 3

Dimensions Palette

Longueur de la palette : **Sans Objet**
 Largeur de la palette : **Sans Objet**
 Hauteur de la palette : **Sans Objet**
 Volume de la palette : **Sans Objet**
 Nom de la palette : **Hydrocarbure** Poids total de la palette : **Par défaut**

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC						
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC						
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette : **Sans Objet**
 Puissance dégagée par la palette : **Sans Objet**

II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : **Armoire 2**

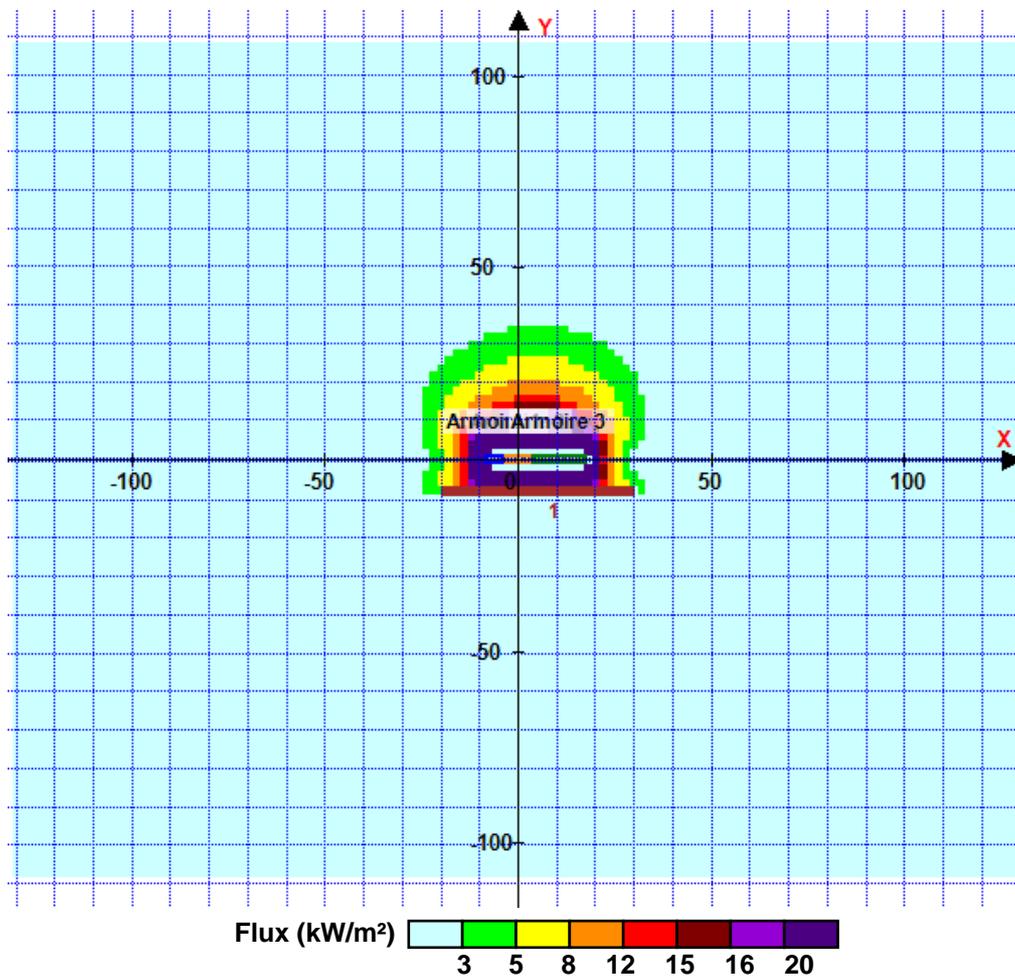
La cinétique de l'incendie n'est pas calculée pour les liquides inflammables.

Durée indicative de l'incendie dans la cellule LI : Armoire 2 **340,9** min (durée de combustion calculée)

Durée indicative de l'incendie dans la cellule LI : Armoire 1 **202,0** min (durée de combustion calculée)

Durée indicative de l'incendie dans la cellule LI : Armoire 3 **303,0** min (durée de combustion calculée)

Distance d'effets des flux maximum



Avertissement: Dans le cas d'un scénario de propagation, l'interface de calcul Flumilog ne vérifie pas la cohérence entre les saisies des caractéristiques des parois de chaque cellule et la saisie de tenue au feu des parois séparatives indiquée en page 2 de la note de calcul.

Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

FLUMilog

Interface graphique v.5.6.1.0

Outil de calculV5.6

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	CCOLL
Société :	DEKRA
Nom du Projet :	GIS_Incendie_Armoires_liq_inf_v2
Cellule :	Global liqu inf - flux à h
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	14/12/2022 à 10:07:14 avec l'interface graphique v. 5.6.1.0
Date de création du fichier de résultats :	14/12/22

I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

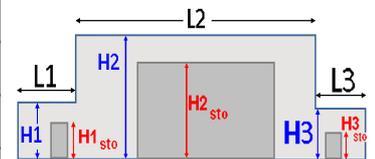
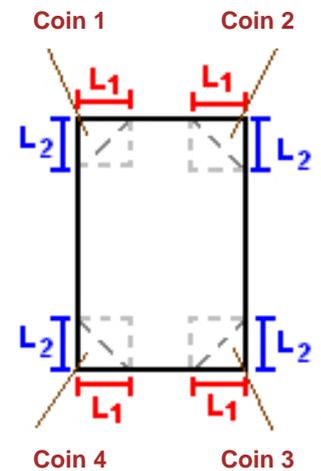
Hauteur de la cible : **12,0 m**

Données murs entre cellules

REI C1/C2 : **15 min** ; REI C1/C3 : **15 min**

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule : Armoire 2				
Longueur maximum de la cellule (m)		2,0		
Largeur maximum de la cellule (m)		8,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)		3,0		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Hauteur complexe				
	1	2	3	
L (m)	0,0	0,0	0,0	
H (m)	0,0	0,0	0,0	
H sto (m)	0,0	0,0	0,0	



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metalique simple peau
Nombre d'exutoires	0
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Stockage de la cellule : Armoire 2

Mode de stockage **LI**
 Masse totale de liquides inflammables **18** t



Palette type de la cellule Armoire 2

Dimensions Palette

Longueur de la palette : **Sans Objet**
 Largeur de la palette : **Sans Objet**
 Hauteur de la palette : **Sans Objet**
 Volume de la palette : **Sans Objet**
 Nom de la palette : **Hydrocarbure** Poids total de la palette : **Par défaut**

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC						
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC						
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette : **Sans Objet**
 Puissance dégagée par la palette : **Sans Objet**

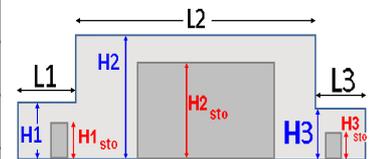
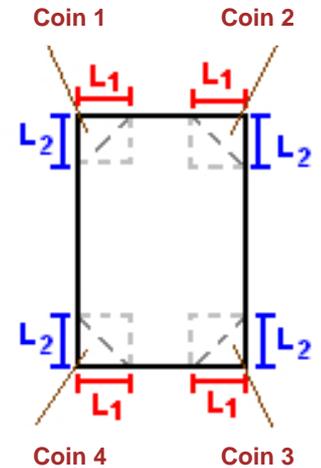
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

Hauteur de la cible : **12,0 m**

Géométrie Cellule2

Nom de la Cellule : Armoire 1				
Longueur maximum de la cellule (m)		2,0		
Largeur maximum de la cellule (m)		4,5		
Hauteur maximum de la cellule (m)		3,0		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Hauteur complexe				
	1	2	3	
L (m)	0,0	0,0	0,0	
H (m)	0,0	0,0	0,0	
H sto (m)	0,0	0,0	0,0	



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallique simple peau
Nombre d'exutoires	0
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Stockage de la cellule : Armoire 1

Mode de stockage **LI**
 Masse totale de liquides inflammables **6 t**



Palette type de la cellule Armoire 1

Dimensions Palette

Longueur de la palette : **Sans Objet**
 Largeur de la palette : **Sans Objet**
 Hauteur de la palette : **Sans Objet**
 Volume de la palette : **Sans Objet**
 Nom de la palette : **Hydrocarbure** Poids total de la palette : **Par défaut**

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC						
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC						
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette : **Sans Objet**
 Puissance dégagée par la palette : **Sans Objet**

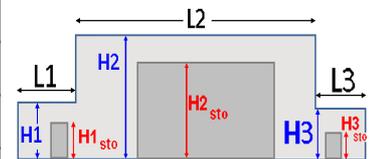
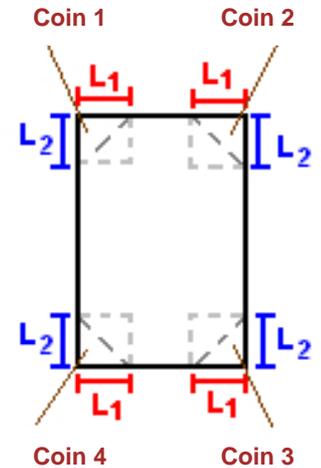
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

Hauteur de la cible : **12,0 m**

Géométrie Cellule3

Nom de la Cellule : Armoire 3				
Longueur maximum de la cellule (m)		2,0		
Largeur maximum de la cellule (m)		13,5		
Hauteur maximum de la cellule (m)		3,0		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Hauteur complexe				
	1	2	3	
L (m)	0,0	0,0	0,0	
H (m)	0,0	0,0	0,0	
H sto (m)	0,0	0,0	0,0	



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metalique simple peau
Nombre d'exutoires	0
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Stockage de la cellule : Armoire 3

Mode de stockage **LI**
 Masse totale de liquides inflammables **27** t



Palette type de la cellule Armoire 3

Dimensions Palette

Longueur de la palette : **Sans Objet**
 Largeur de la palette : **Sans Objet**
 Hauteur de la palette : **Sans Objet**
 Volume de la palette : **Sans Objet**
 Nom de la palette : **Hydrocarbure** Poids total de la palette : **Par défaut**

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC						
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC						
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette : **Sans Objet**
 Puissance dégagée par la palette : **Sans Objet**

II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : **Armoire 2**

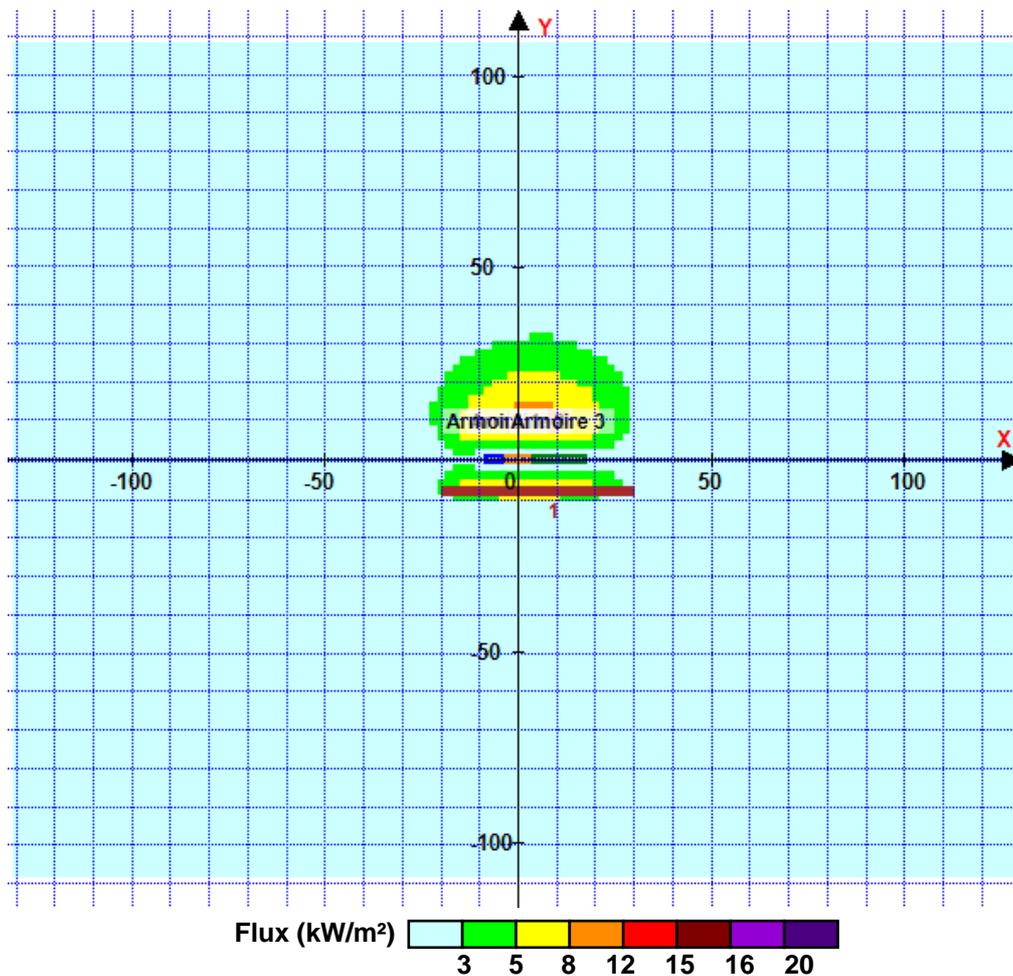
La cinétique de l'incendie n'est pas calculée pour les liquides inflammables.

Durée indicative de l'incendie dans la cellule LI : Armoire 2 **340,9** min (durée de combustion calculée)

Durée indicative de l'incendie dans la cellule LI : Armoire 1 **202,0** min (durée de combustion calculée)

Durée indicative de l'incendie dans la cellule LI : Armoire 3 **303,0** min (durée de combustion calculée)

Distance d'effets des flux maximum



Avertissement: Dans le cas d'un scénario de propagation, l'interface de calcul Flumilog ne vérifie pas la cohérence entre les saisies des caractéristiques des parois de chaque cellule et la saisie de tenue au feu des parois séparatives indiquée en page 2 de la note de calcul.

Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.