Révision Décembre 2019

Pièce jointe n°49
ETUDE DE DANGERS

VAILOG FRANCE
Projet CITADELLE
ZAC de l'Aéroparc
FONTAINE (90 150)

SONIA DADI environnement
> conseil en environnement, ingénierie et études techniques

19 bis, avenue Léon Gambetta
92120 MONTROUGE
Tél : 01.46.94.80.64
sonia.dadi@sdenvironnement.fr

SOMMAIRE

ETUDE DE DANGERS

1 RESUME NON TECHNIQUE DE L'ETUDE DE DANGERS 6
1.1 Schéma synthétique 6
1.2 Phénomènes dangereux : les flux thermiques 9
1.3 Phénomènes dangereux : la dispersion des fumées 11
1.4 Mesures de maîtrise des risques 16
1.5 Cotation des risques 19

2 IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS 22
2.1 Présentation du site 22
2.2 Les enjeux humains à proximité du site 22
2.3 Les produits mis en œuvre dans l'entrepôt 24

3 ANALYSE DES RISQUES 30
3.1 Accidentologie 30
3.2 Application au site – Identification des phénomènes dangereux 40
3.3 Application au site – Evènements initiateurs de l'incendie 41
3.4 Nœuds papillons et fonctions de sécurité 48
3.5 Etude de la cinétique 51

4 PHENOMENES DANGEREUX 59
4.1 Etude des effets thermiques : l'incendie 59
4.2 Etude des effets toxiques et des effets sur la visibilité des fumées 71

5 MESURES PROPRES A REDUIRE LA PROBABILITE ET LA GRAVITE 95

6 EVALUATION ET PRISE EN COMPTE DE LA GRAVITE ET DE LA PROBABILITE 99
6.1 Probabilité incendie 100
6.2 Gravité incendie 101
6.3 Cinétique incendie 101
6.4 Matrice Probabilité x Gravité 101
6.5 Conclusions sur le niveau de risque 102

7 NATURE ET ORGANISATION DES MOYENS DE SECOURS 103
7.1 Mesures organisationnelles 103
7.2 Moyens de secours 104
7.3 Evacuation du personnel et intervention des services de secours 107

8 IMPACT FINANCIER DES MESURES DE PREVENTION 116

INTRODUCTION

La gestion d'une entreprise comporte toujours des risques.
Des événements indésirables peuvent provoquer des nuisances importantes sur l'environnement du site.
Une identification des risques dès la phase de conception de l'outil industriel permet d'identifier les défaillances éventuelles pour en diminuer les effets et la fréquence d'occurrence.

Dans le cadre de cette étude, nous avons choisi d'utiliser la méthode de l'analyse préliminaire des risques (APR).
L'approche des risques inclut des causes de deux ordres :

- Des causes d'origine externe (liées à l'environnement et aux infrastructures)
- Des causes d'origine interne (liées à l'activité)

L'APR nécessite l'identification des éléments dangereux présents sur le site (substances, équipements, activité). A partir de ces éléments dangereux, les situations de danger sont identifiées. Pour chacune de ces situations de dangers, les causes et les conséquences sont recensées.
Sont ensuite définies les mesures de maîtrise des risques à mettre en place.

Le but de cette étude est de mettre en évidence les dispositifs de sécurité mis en place et de déterminer le niveau de risque du site.

Cette étude de dangers a été rédigée par M. Sébastien BACHELLERIE de la société SD Environnement en collaboration avec VAILOG FRANCE, EFECTIS et ARIA Technologies.

SD Environnement,
19bis, Avenue Léon Gambetta
92120 Montrouge
Tél. : 01 46 94 80 64
Email : sebastien.bachellerie@sdenvironnement.fr

1 RESUME NON TECHNIQUE DE L'ETUDE DE DANGERS

Le projet consiste en la réalisation d'un bâtiment à usage d'entreposage, d'activité et de bureaux d'une Surface Plancher totale de 76 134,6 m².

Il est prévu le stockage de 115 000 m³ de marchandises dans cet établissement. Un ratio de 350 kg par m³ de stockage a été pris en compte
Les 115 000 m³ de marchandises entreposées représentent donc 40 250 tonnes de produits combustibles.
Les produits stockés seront des produits divers (classement 1510, 1530, 1532, 2662, 2663-1 et 2663-2) ne présentant pas d'autres risques que leur combustibilité.

L'accidentologie sur les accidents impliquant des entrepôts indique que la quasi-totalité des accidents sont des incendies, justifiés par la présence systématique de matières combustibles constituant le risque essentiel de ce genre d'installations.

Compte tenu des conclusions de l'accidentologie, de la configuration du bâtiment et de la nature de produits stockés, nous avons étudié et modélisé :

- Les effets thermiques en cas d'incendie (dans l'ensemble du bâtiment),
- Le risque toxique dû à la propagation dans l'air de produits dangereux pour la santé (notamment suite à un incendie).

1.1 Schéma synthétique

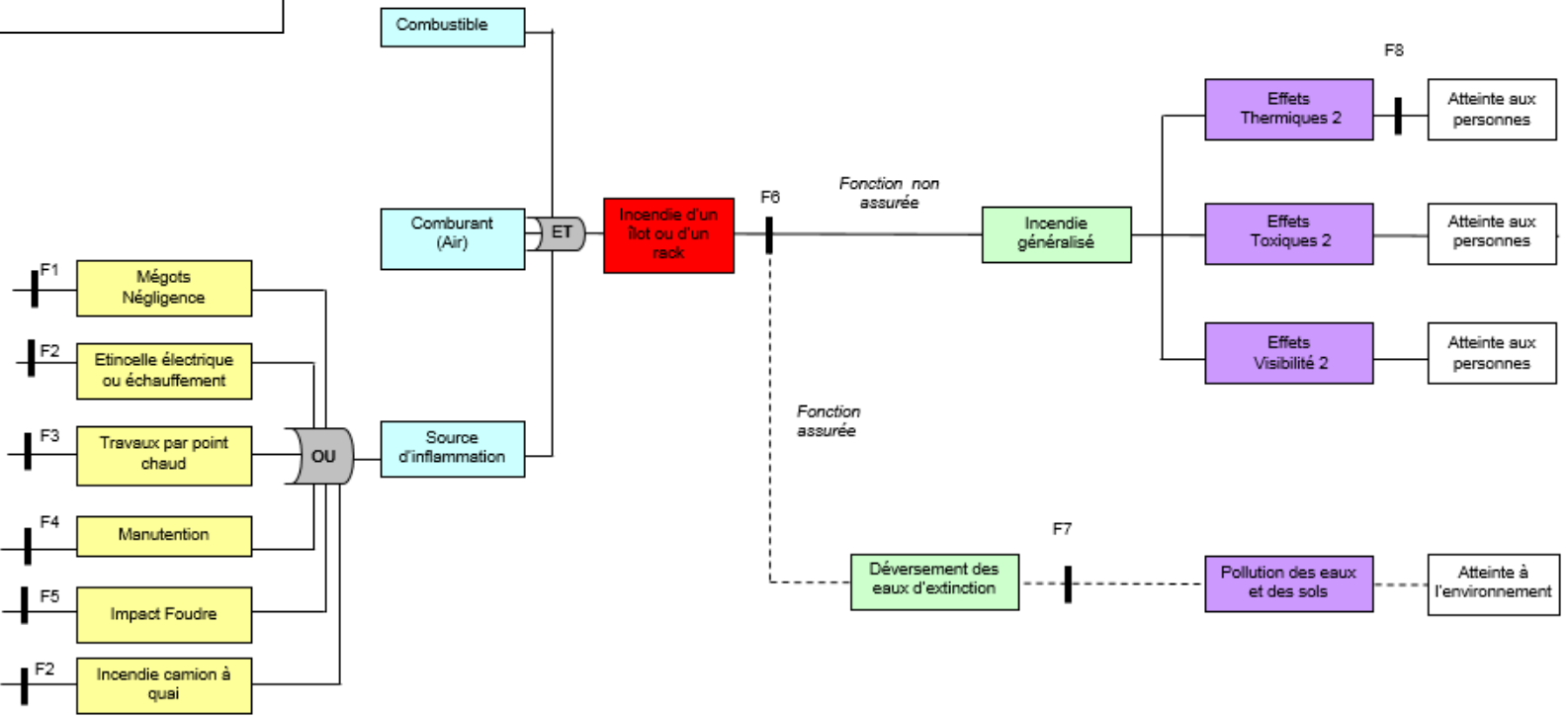
Les fonctions de sécurité ont pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité. Les fonctions de sécurité peuvent être assurées à partir de mesures de maîtrise des risques techniques, organisationnelles ou la combinaison des deux.

Sur les schémas nœud papillon ci-après apparaissent :

- L'événement redouté central (ERC), au centre de l'enchaînement accidentel. Pour un entrepôt, il s'agit de l'incendie d'un îlot de stockage.
- Les événements initiateurs, qui constituent une cause du déclenchement de l'ERC. Ils sont situés en amont, à l'extrémité gauche du schéma.
- Les phénomènes dangereux, source potentielle de dommages.
- Les effets des phénomènes dangereux (thermique, toxique…).
- Les fonctions de sécurité identifiées.

Stockage de produits combustibles courants

Légende couleurs
Jaune : événement initiateur
Bleu : les 3 composantes du triangle du feu
Rouge : ERC
Vert : conséquence de l'ERC si fonction de sécurité non assurée
Mauve : effets



F1 : Eviter l'inflammation par une cigarette	F5 : Protéger contre la foudre
F2 : Eviter les disfonctionnements d'appareils électriques	F6 : Eviter la propagation de l'incendie à la cellule et éteindre l'îlot/rack
F3 : Eviter les échauffements lors de travaux par point chaud	F7: Eviter la pollution des eaux et des sols
F4 : Prévenir l'inflammation engendrée par la manutention	F8 : Atténuer les effets thermiques

Bâtiment de stockage

Fonctions de sécurité

F1 : Eviter l'inflammation par une cigarette
F2 : Eviter les disfonctionnements d'appareils électriques
F3 : Eviter les échauffements lors de travaux par point chaud
F4 : Prévenir l'inflammation engendrée par la manutention
F5 : Protéger contre la foudre
F6 : Eviter la propagation de l'incendie à la cellule et éteindre l'îlot/rack
F7 : Eviter la pollution des eaux et des sols
F8 : Atténuer les effets thermiques

Dispositifs de sécurité par fonction	**F1**	**F2**	**F3**	**F4**	**F5**	**F6**	**F7**	**F8**
Interdiction de fumer	x							
Matériel électrique conforme et entretenu		x			x			
Interrupteur coupure énergie		x						
Permis intervention			x					
Permis feu			x					
Chariots entretenus et formation des caristes				x				
Protection foudre					x			
Intervention du personnel avec extincteur						x		
Intervention du personnel avec RIA						x		
Système de désenfumage						x		
Extinction automatique faisant office de détection						x		
Intervention des services de secours						x		x
Collecte et rétention des eaux incendie							x	
Résistance mécanique des murs de la cellule								x
Ecrans thermiques (murs)								x

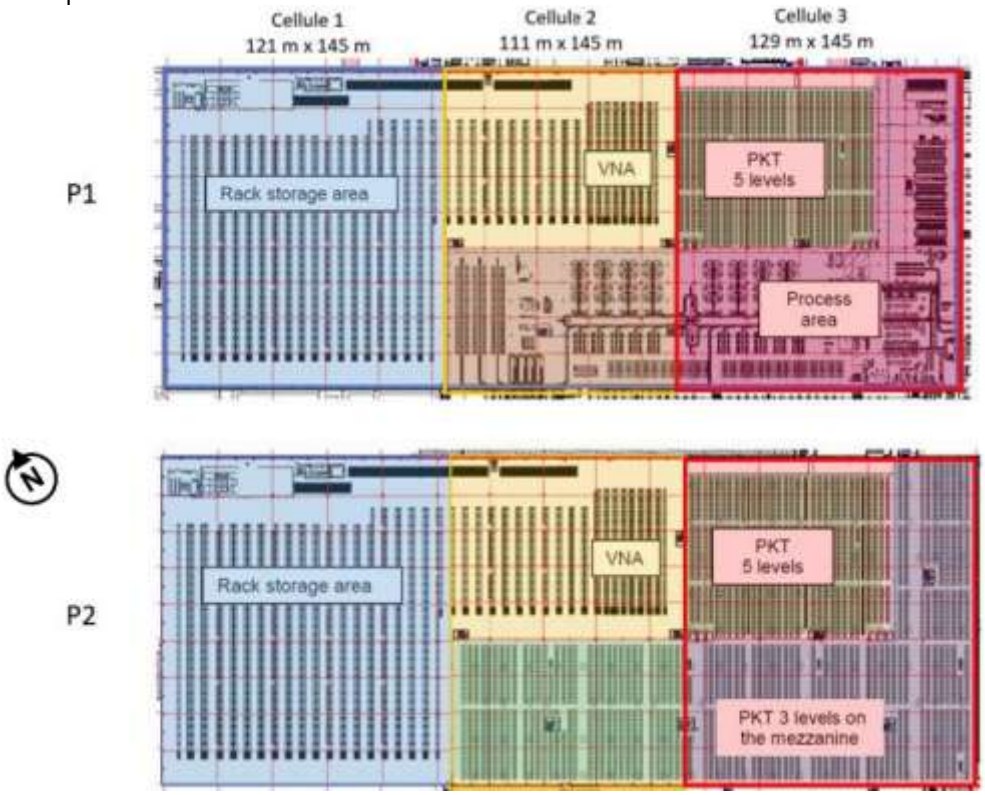
1.2 Phénomènes dangereux : les flux thermiques

1.2.1.1 Hypothèses

La modélisation des effets thermiques a été réalisée par la société EFECTIS.
Le bâtiment possède des dimensions sortant du champ d'application FLUMilog ou d'autres outils du même type. Il est donc proposé d'étudier le bâtiment à l'aide de cellules moins longues, qui permettront par ailleurs de représenter plus justement les différentes catégories de stockage.

On présente sur la figure ci-dessous le découpage proposé. On constate ainsi que :

- La cellule virtuelle 1 est destinée au stockage rack ;
- La cellule virtuelle 2 contient à la fois du stockage rack et VNA sur toute sa hauteur dans une zone et ailleurs du process au P1 et des PKT à partir du P2 ;
- La cellule virtuelle 3 comporte les 5 niveaux de PKT ainsi que le process au P1 et les PKT à partir du P2.



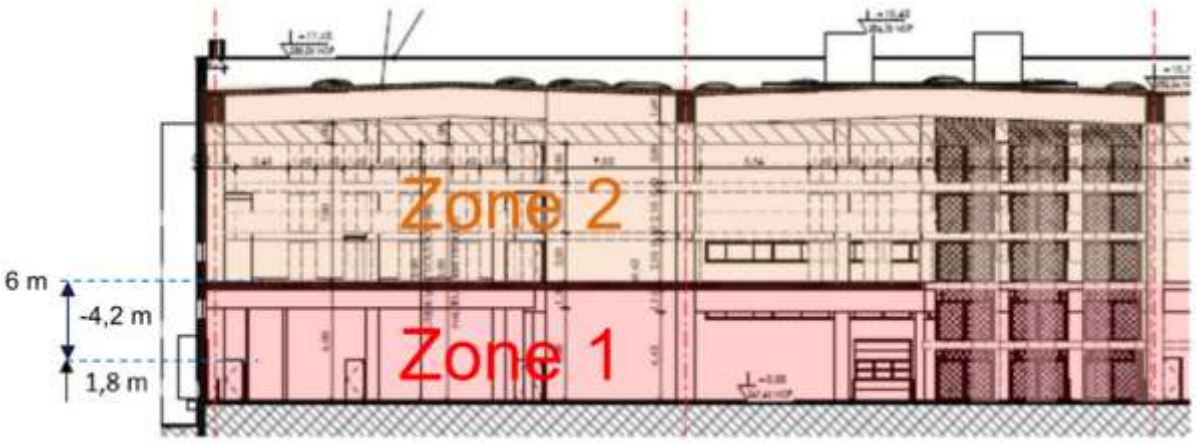
La méthodologie suivante a été retenue :

- Calculer les distances d'effets pour chacun des niveaux (P1 et P2), en tenant compte de leur éloignement par rapport au sol en modifiant la hauteur de cible ;
- Additionner la totalité des flux issus de chacun des niveaux, qui sont des flux maximums et majorants.

Ainsi, pour le bâtiment étudié, les caractéristiques retenues (hauteur de cellule et hauteur de cible) pour chacun des niveaux sont synthétisées dans le tableau suivant. On nomme zone 1 la représentation du niveau P1 utile aux calculs de flux thermiques et zone 2 la représentation du niveau P2 utile aux calculs de flux thermiques.

	Zone 1 (0 m)	Zone 2 (6 m)
Hauteur de cellule	6 m	9,5 m
Hauteur de cible	1,8 m	-4,2 m

Synthèse des caractéristiques retenues pour une cellule 2 niveaux



Calcul des flux à chaque niveau tenant compte de la hauteur de stockage réelle

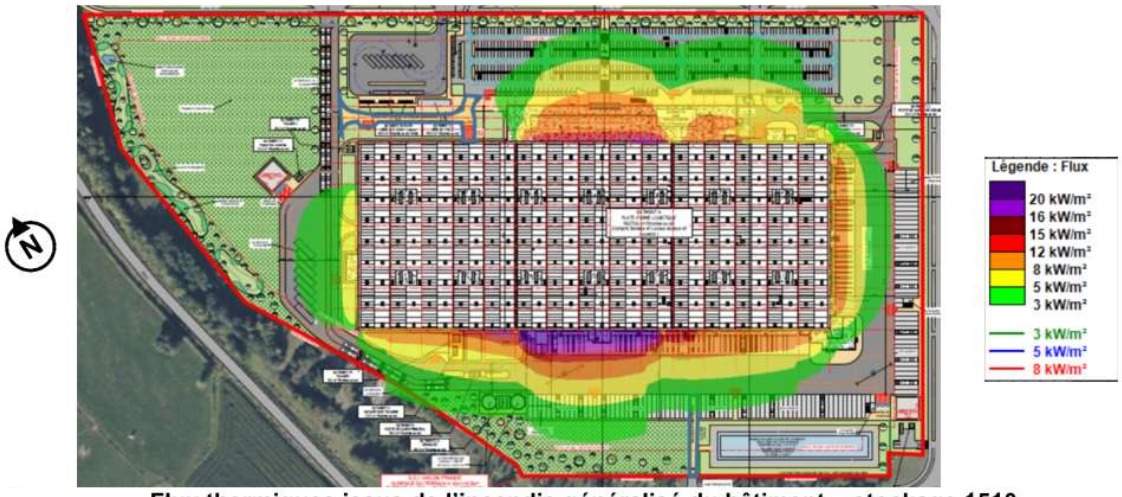
Les flux issus de chacun des niveaux sont ensuite additionnés à l'aide d'une addition arithmétique qui permet de considérer l'incendie généralisé à chaque niveau simultanément.

Cette méthode permet de ne pas considérer de stockage fictif dans l'espace entre les planchers et la hauteur réelle de stockage à chaque niveau. Par exemple, considérer du stockage sur toute la hauteur entre le niveau P1 et P2 (6 m) est beaucoup trop pénalisant au regard de la zone process située sous la mezzanine.

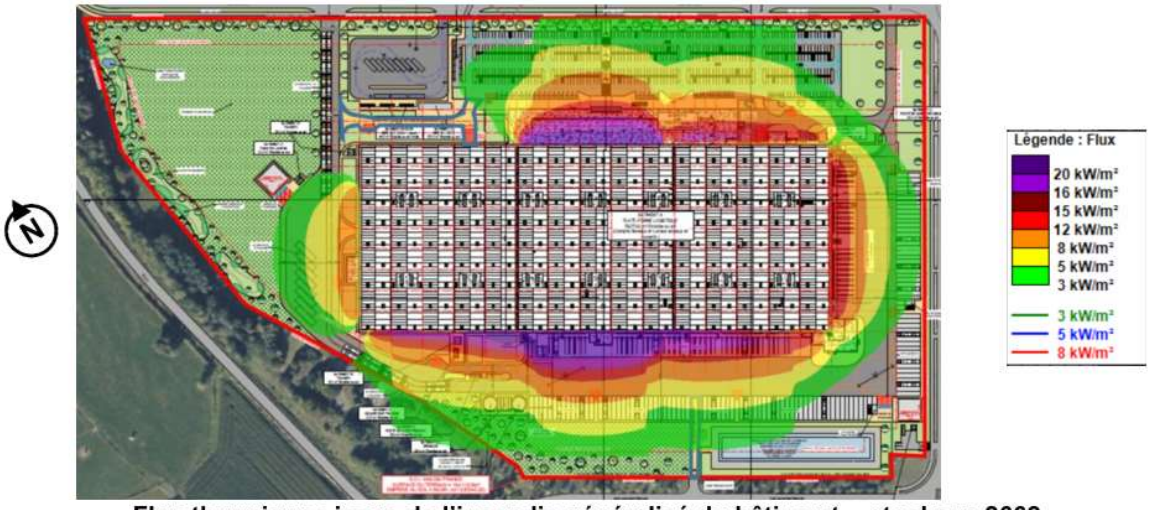
1.2.1.2 Résultats

Les flux issus d'un incendie généralisé du bâtiment pour un stockage 1510 ou 2662 sont ceux représentés sur les plans ci-après.

- Dans le cas le plus défavorable, le flux de 8 kW/m² ne sort pas des limites de propriété.
- Dans le cas le plus défavorable, le flux de 5 kW/m² ne sort pas des limites de propriété.
- Dans le cas le plus défavorable, le flux de 3 kW/m² sort côtés Nord et Sud du site.



Flux thermiques issus de l'incendie généralisé du bâtiment – stockage 1510



Flux thermiques issus de l'incendie généralisé du bâtiment – stockage 2662

1.3 Phénomènes dangereux : la dispersion des fumées

La société ARIA Technologies a été mandatée pour réaliser l'étude de dangers sur la dispersion atmosphérique des fumées émises par différents scénarii d'incendie sur le site.

L'objectif de cette étude est de déterminer la dispersion atmosphérique des fumées toxiques émises par 2 scénarii d'incendie (mal ventilé / bien ventilé).

Pour chacun de ces scénarii, trois conditions météorologiques de dispersion des fumées seront étudiées :

- une situation avec un vent fort et une atmosphère neutre entrainant un rabattement de panache près du sol ;
- une situation avec un vent moyen et une atmosphère neutre simulant les conditions météorologiques les plus courantes ;
- une situation avec un vent faible et une atmosphère très stable, entrainant une mauvaise dispersion.

Ces cas sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Scenarii	Cas	Situation météorologique
Incendie débutant	1	**3F** *(atmosphère très stable)*
	2	**5D** *(atmosphère neutre)*
	3	**10D** *(atmosphère neutre)*
Incendie généralisé	4	**3F** *(atmosphère très stable)*
	5	**5D** *(atmosphère neutre)*
	6	**10D** *(atmosphère neutre)*
	TOTAL	**6 cas**

1.3.1 Description de la méthodologie

La simulation de la dispersion des fumées d'incendie et leur impact s'articulent autour de la connaissance du terme source, des conditions météorologiques et atmosphériques dans lesquelles s'effectue la dispersion et de la toxicité des produits sur les personnes.

- **Le terme source**

Dans le cadre des études de danger d'incendie d'entrepôt (par exemple), il est important de rassembler toutes les informations concernant la nature et la quantité de combustible stocké.
Cette information permet de déterminer, le bilan molaire et massique des composés chimiques et de calculer, à partir des hypothèses sur la nature du foyer (incendie bien ventilé ou mal ventilé), les caractéristiques thermo-cinétiques et physico-chimiques du terme source à savoir :

- Le débit de fumée (air + polluants)
- La fraction massique des polluants dans le mélange
- La puissance convective

- **Les conditions météorologiques et atmosphériques**

Deux mécanismes sont prépondérants dans la dispersion des polluants atmosphériques :

- le transport du polluant par le vent (influence des obstacles et des conditions météorologiques) ;
- la diffusion du polluant par la turbulence thermique et mécanique.

La stabilité de l'atmosphère est destinée à quantifier les propriétés diffuses de l'air dans les basses couches. Elle est souvent associée à la structure thermique de l'atmosphère : par exemple, l'atmosphère est stable et très peu diffusive lors des situations d'inversion thermique.
Elle peut être déterminée à partir des données de nébulosité et de vent et être classifiée en six catégories, dites « classes de Pasquill » :

- classe A : très instable
- classe B : instable
- classe C : légèrement instable
- classe D : neutre
- classe E : stable
- classe F : très stable

Dans le cadre des études de danger pour des incendies, 3 conditions météorologiques sont typiquement étudiées:

- 3F : Classe de stabilité F avec un vent de 3 m/s à 10m, condition défavorable à la dispersion.

- 5D : Classe de stabilité D avec un vent de 5 m/s à 10m, condition de dispersion la plus courante,
- 10D : Classe de stabilité D avec un vent de 10 m/s à 10m, condition de vent fort favorisant le rabattement du panache vers le sol.

- **L'impact sur les personnes**

Le choix des conditions atmosphériques pour la simulation de la dispersion des fumées a été conditionné par leur impact sur le voisinage et les personnes. Le mode d'exposition aux fumées est l'inhalation. La délimitation des différentes zones de dangers pour la vie humaine mentionnées à l'article L. 515-16 du code de l'environnement correspond aux seuils d'effets de référence suivants :

- les seuils des effets irréversibles (SEI) délimitent la zone des dangers significatifs pour la vie humaine ;
- les seuils des effets létaux (SEL) correspondant à une concentration létale de 1 % délimitent la zone des dangers graves pour la vie humaine ;
- les seuils des effets létaux significatifs (SELS) correspondant à une à une concentration létale 5 % délimitent la zone des dangers très graves pour la vie humaine.

Substance	Unité	CO	HCl	HCN	NO2
SELS[1] 60 min	mg/m³	-	565 *(1)*	69 *(3)*	137 *(4)*
SPEL 60 min	mg/m³	3 680	358 *(1)*	45 *(3)*	132 *(4)*
SEI 60 min	mg/m³	920	60 *(1)*	-	75 *(4)*

(1) Fiche « Acide chlorhydrique » INERIS, consultation avril 2015
(2) Fiche « Monoxyde de carbone » INERIS, consultation avril 2015
(3) Fiche « Acide Cyanhydrique » INERIS, consultation avril 2015
(4) Fiche « Dioxyde d'Azote » INERIS, consultation avril 2015

1.3.2 Présentation des résultats

Les tableaux ci-après présentent les distances de danger au sol prises à partir du centre du foyer.

Les gaz toxiques émis sont le monoxyde de carbone (CO), l'acide chlorhydrique (HCl), l'acide cyanhydrique (HCN) et le dioxyde d'azote (NO2).

- **Monoxyde de Carbone CO**

CO	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
SELS 60 min -	-	-	-	-	-	-
SPEL 60 min (3680 mg/m3)	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
SEI 60 min (920 mg/m3)	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m

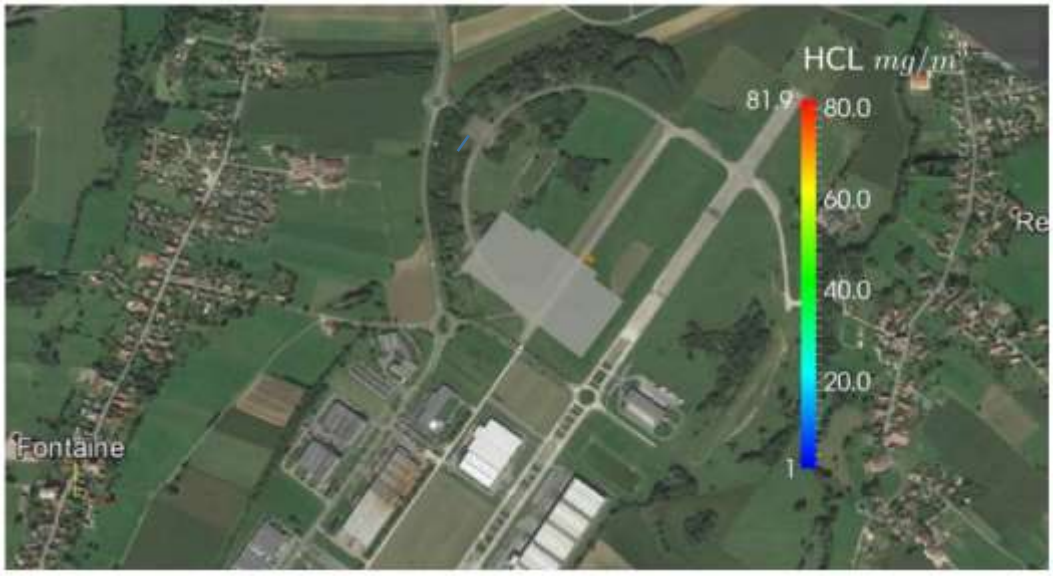
Il n'y a pas de dépassement de seuil pour le monoxyde de carbone au sol.

- **Acide chlorhydrique HCl**

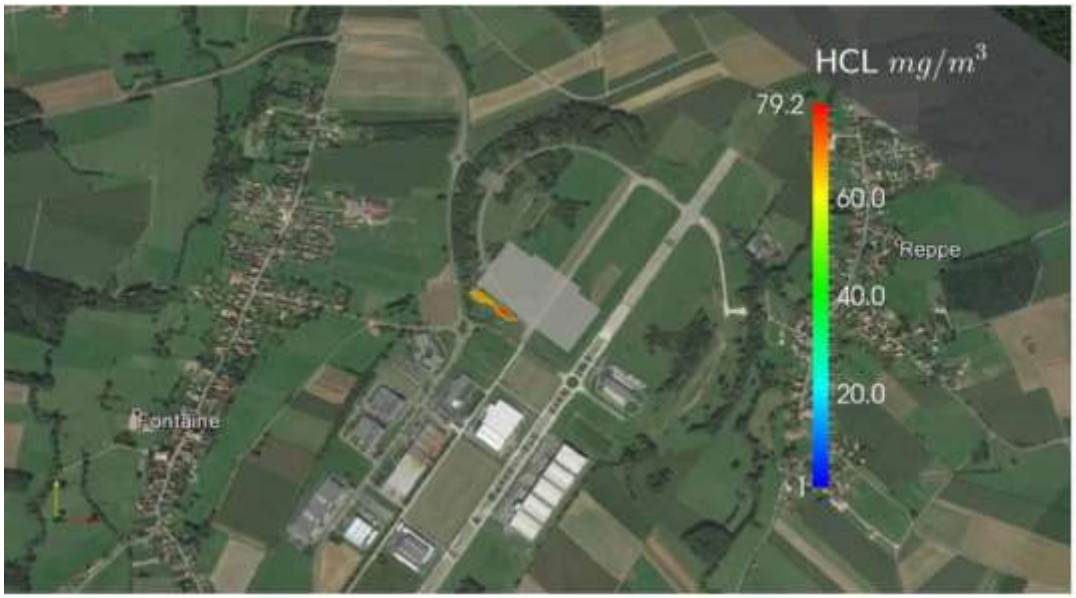
HCL	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
SELS 60 min (565 mg/m³)	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
SPEL 60 min (358 mg/m³)	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
SEI 60 min (60 mg/m³)	0m	0m	0m	154 m	0 m	216 m

Pour l'acide chlrohydrique on observe un dépassement du SEI au sol pour les cas 4 et 6 (incendie généralisé et vent fort) pour une distance de danger de 154 m et 216 m autour du foyer.

Dans le cas d'un incendie généralisé avec un vent fort rabattant le panache, le seuil est dépassé. Dans le cas d'un incendie généralisé avec un vent faible, la stabilité atmosphérique ne favorise pas la dispersion et on peut constater une accumulation de gaz toxiques dans certaines zones. Toutefois ces deux dépassements du SEI sont observés en champ très proche. Les figures ci-dessous permettent de visualiser les dépassements au sol :



Carte de concentration HCl> 60 mg/m³ – Cas 4



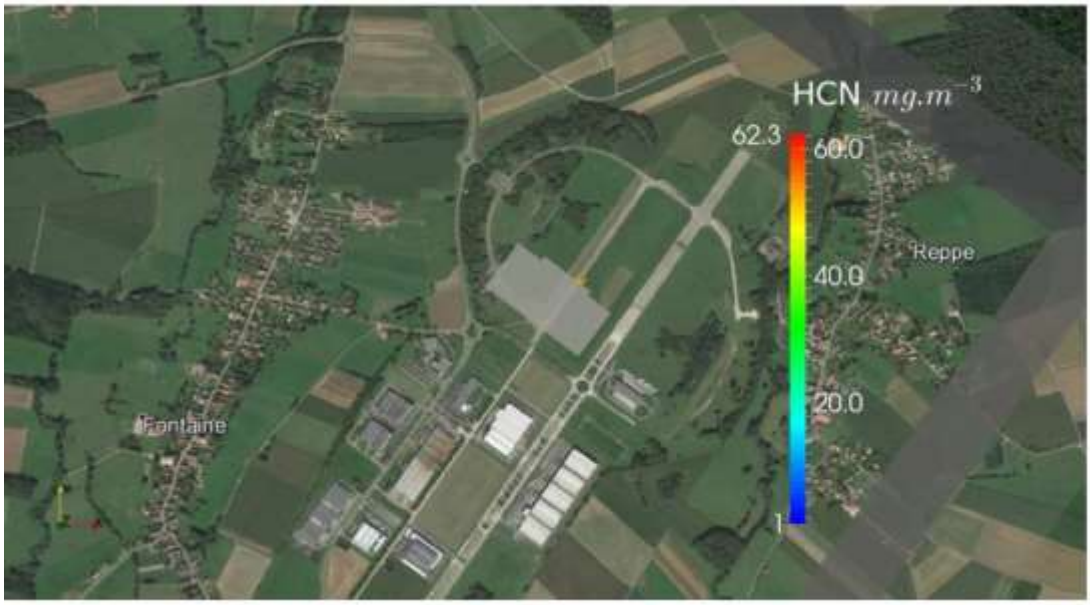
Carte de concentration HCl> 60 mg/m³ – Cas 6

- **Acide cyanhydrique HCN**

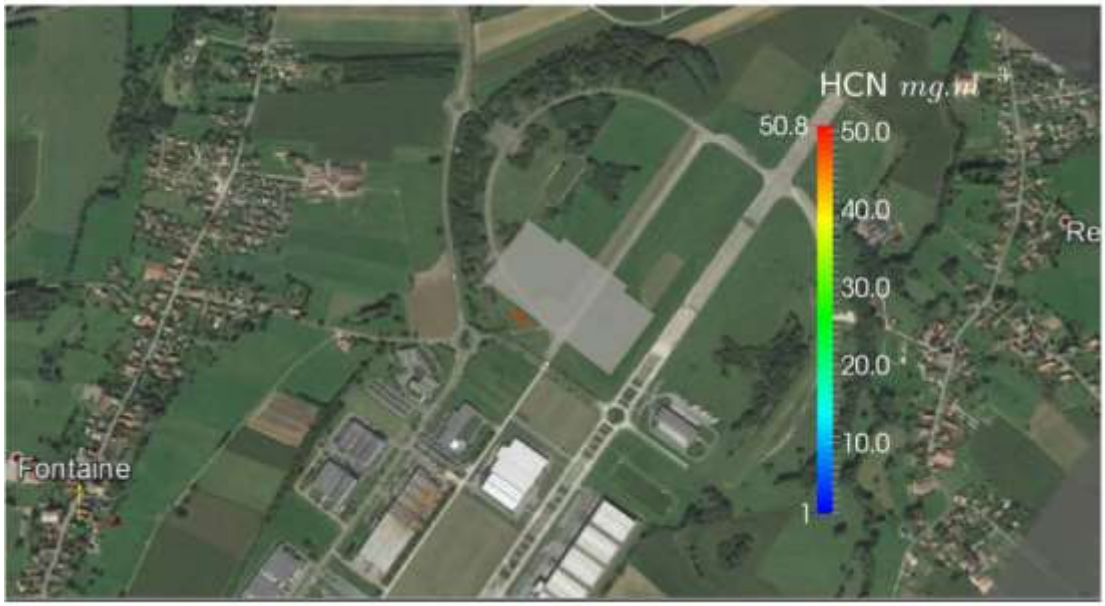
HCN	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
SELS 60 min (69 mg/m³)	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
SPEL 60 min (45 mg/m3)	0 m	0 m	0 m	170 m	0 m	178 m
SEI 60 min -	-	-	-	-	-	-

Pour l'acide cyanhydrique on observe un dépassement du SEI au sol pour les cas 4 et 6 (incendie généralisé et vent fort) pour une distance de danger de 170 m et 178 m autour du foyer.

Dans le cas d'un incendie généralisé avec un vent fort rabattant le panache, le seuil est dépassé. Dans le cas d'un incendie généralisé avec un vent faible, la stabilité atmosphérique ne favorise pas la dispersion et on peut constater une accumulation de gaz toxiques dans certaines zones. Toutefois ces deux dépassements du SEI sont observés en champ très proche. Les figures ci-dessous permettent de visualiser les dépassements au sol :



Carte de concentration HCN> 45 mg/m³ – Cas 4

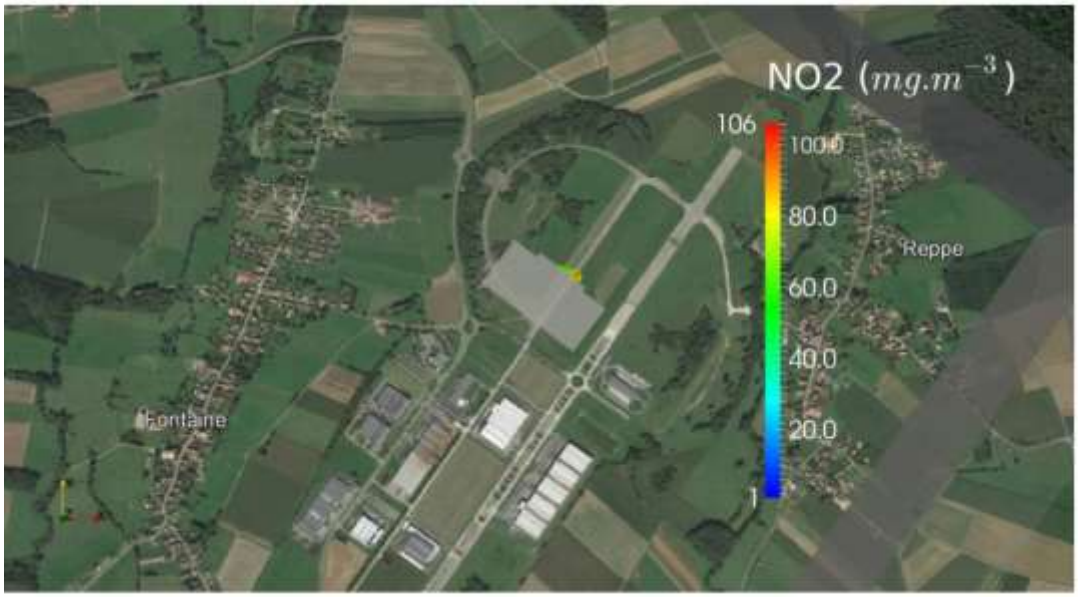


Carte de concentration HCN> 45 mg/m³ – Cas 6

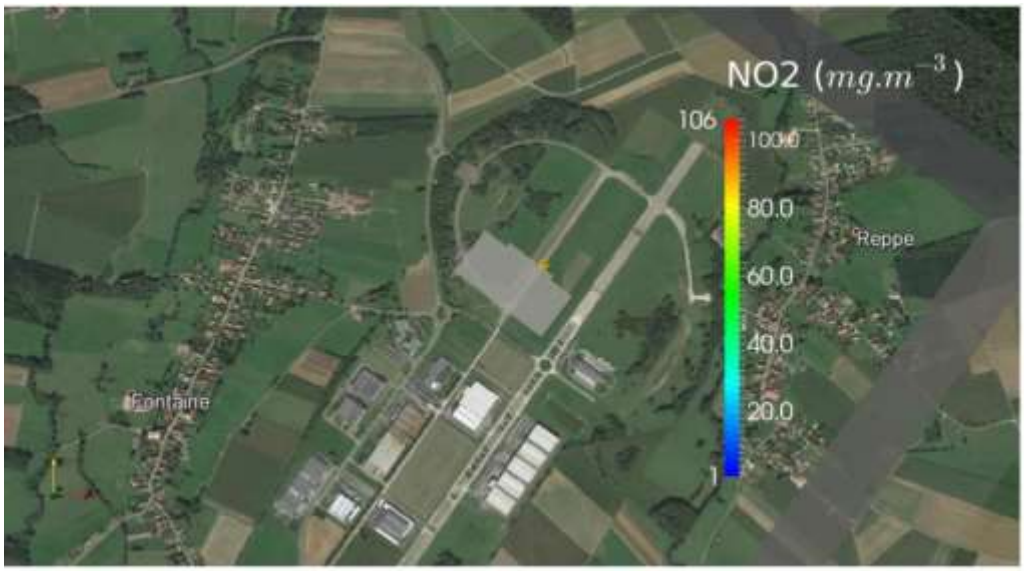
- **Dioxyde d'azote**

NO2	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
SELS 60 min (137 mg/m³)	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
SPEL 60 min (132 mg/m³)	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
SEI 60 min (75 mg/m³)	0 m	0 m	0 m	125 m	0 m	130 m

Pour le dioxyde d'azote on observe un dépassement du SEI au sol pour les cas 4 et 6 (incendie généralisé et vent fort) pour une distance de danger de 125 m et 130 m autour du foyer.
Dans le cas d'un incendie généralisé avec un vent fort rabattant le panache, le seuil est dépassé au sol. Dans le cas d'un incendie généralisé avec un vent faible, la stabilité atmosphérique ne favorise pas la dispersion et on peut constater une accumulation de gaz toxiques dans certaines zones. Toutefois ces deux dépassements du SEI sont observés en champ très proche. Les figures ci-dessous permettent de visualiser les dépassements au sol :



Carte de concentration NO2> 75 mg/m³ – Cas 4



Carte de concentration NO2> 75 mg/m³ – Cas 6

Ces cartes montrent l'absence d'effets létaux en dehors du site.

1.4 Mesures de maîtrise des risques

Les mesures de maîtrise des risques sont un ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité.
Une mesure de maîtrise des risques peut être assurée par un ou plusieurs dispositifs de sécurité.

Fonction « éviter l'inflammation par une cigarette »

Il sera strictement interdit de fumer sur le site. Des consignes de sécurité rappelant l'interdiction de fumer hors des zones dédiées seront affichées dans le bâtiment.

Fonction « éviter les disfonctionnements d'appareils électriques »

Les installations électriques feront l'objet d'un contrôle annuel par une société spécialisée. A ce contrôle annuel sera associé une politique de levée rapide des éventuelles non conformités et réserves relevées.

Les rapports de contrôle et les justifications de levées des réserves seront conservés sur le site.

Fonction « éviter les échauffements par point chaud »

Des consignes de sécurité rappelant l'interdiction d'apporter une flamme nue seront affichées dans le bâtiment. Un permis feu sera obligatoire pour tout travail par point chaud.

Fonction « prévenir l'inflammation liée à la manutention »

Les engins de levage utilisés dans la cellule de stockage feront l'objet d'une maintenance semestrielle effectuée par le fournisseur.

Fonction « protéger contre la foudre »

Le bâtiment sera équipé d'une installation de protection contre les effets directs et indirects de la foudre. Cette installation sera conforme aux normes en vigueur et régulièrement contrôlée par une société agréée. A ce contrôle annuel sera associé une politique de levée rapide des éventuelles non conformités et réserves relevées.

Les rapports de contrôle et les justifications de levées des réserves seront conservés sur le site.

Fonction « éviter la propagation à la cellule et éteindre l'îlot/rack »

Le personnel sera régulièrement formé à l'utilisation des engins de lutte contre l'incendie (RIA et extincteurs). Des exercices incendie seront organisés annuellement pour les employés du site.

- **Les extincteurs**

Des extincteurs adaptés aux produits stockés seront répartis dans l'entrepôt à raison d'un appareil pour 200 m² de surface.

Ces équipements seront contrôlés annuellement par une société spécialisée.

- **Les RIA**

Des Robinets d'incendie armés seront répartis dans le bâtiment de telle sorte que chaque point de l'entrepôt puisse être atteint par deux jets de lance.

Les vérifications périodiques de maintenance seront faites tous les ans et la révision tous les cinq ans.

- **L'installation sprinkler**

La cellule de stockage sera équipée d'une installation d'extinction automatique d'incendie de type sprinkler adaptée à la nature des produits stockés.

Sous la toiture de l'entrepôt seront implantées des têtes sprinkler ESFR (Early Suppression Fast Reponse).

L'installation sprinkler ESFR sera complétée par une nappe de sprinkler type ESFR sous la dalle béton de la mezzanine et par des têtes sprinkler type ESFR à chaque niveau de stockage des picktowers.

L'installation sera indépendante du circuit électrique du bâtiment. Le déclenchement se fera par fonte du fusible calibré selon les règles en vigueur. La perte de pression entraînée par l'ouverture des têtes au-dessus de l'incendie déclenchera les pompes.

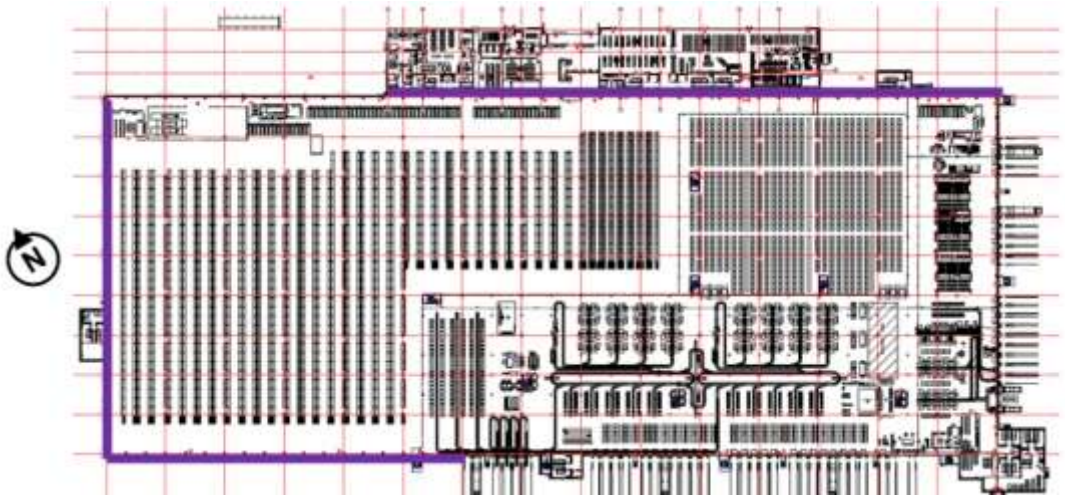
Pour l'entrepôt, l'installation comprendra :

- Un local équipé d'un groupe motopompe autonome diesel en charge à démarrage automatique,
- Deux cuves d'eau d'un volume de 1 090 m³ pour les réseaux « extinction automatique » et RIA,
- Une pompe électrique maintenant l'installation à une pression statique constante de 10 bars environ,
- Une armoire d'alarme avec renvoi en télésurveillance.

« Le rôle d'une installation de sprinklers est de détecter un foyer d'incendie et de l'éteindre à ses débuts ou au moins de le contenir de façon que l'extinction puisse être menée à bien par des moyens de l'établissement protégé ou par les pompiers » (définition donnée par la règle R1 de l'APSAD, compatible avec la norme NF S 61-210).

Fonction « atténuer les effets thermiques »

Les modélisations de flux thermiques réalisées par EFECTIS ont montré qu'afin de contenir le flux thermique de 5 kW/m² dans les limites de propriété, il est nécessaire d'implanter des écrans thermiques EI 60 aux endroits suivants :



Fonction « éviter la pollution des eaux et des sols »

La rétention des eaux d'extinction incendie peut être mutualisée avec la rétention de l'orage décennal sur les voiries. Dans ce cas on peut retirer du dimensionnement D9A la part d'eau liée à l'orage (dans notre cas 1 401 m³).

Il faut alors retenir 2 530 m³ d'eau d'extinction incendie et 3 010 m³ de l'orage décennal sur les voiries dans un bassin étanche dont le volume sera égal à 5 540 m³.

Une vanne de barrage sera implantée en aval du bassin étanche.

En cas d'incendie cette vanne sera fermée afin de retenir les eaux d'extinction dans ce bassin.

En cas de sinistre, les eaux stockées seront analysées. Si elles ne présentent pas de pollution, elles seront rejetées dans le réseau des eaux pluviales, si elles sont polluées, elles seront éliminées comme déchet dangereux par une société spécialisée.

Lutte contre la malveillance

L'accidentologie relative aux entrepôts montre qu'une majorité des incendies d'entrepôts est initiée par des actes de malveillance. Le site sera clôturé et gardienné par télésurveillance.
La société de télésurveillance disposera de l'ensemble des renvois d'alarme :

- Alarme du réseau d'extinction automatique,
- Alarmes techniques.

Parmi les équipements importants pour la sécurité listés dans le tableau ci-après, la mesure de maîtrise des risques retenue est le sprinkler

1.5 Cotation des risques

Les deux tableaux suivants ont permis d'évaluer la probabilité et la gravité. Ils sont issus de l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

- **Probabilité**

	E	D	C	B	A
Qualitatif	« Événement possible mais extrêmement peu probable » N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années	« Événement très improbable » S'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité	« Événement improbable » Un événement similaire déjà rencontré dans ce secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité	« Événement probable » S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation	« Événement courant » S'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation malgré d'éventuelles mesures correctives
Semi quantitatif	Cette échelle est intermédiaire entre les échelles qualitatives et quantitatives et permet de tenir compte des mesures de maîtrise des risques mises en place				
Quantitatif (par unité et par an)		10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}

- **Gravité**

Niveau de gravité des conséquences	Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs	Zone délimitée par le seuil des effets létaux	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles sur la vie humaine
Désastreux	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes	Entre 100 et 1000 personnes exposées
Important	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
Sérieux	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
Modéré	Pas de zone de létalité hors de l'établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à une personne
Personne exposée : en tenant compte le cas échéant des mesures constructives visant à protéger les personnes contre certains effets et la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'occurrence d'un phénomène dangereux si la cinétique de ce dernier et de la propagation de ses effets le permettent			

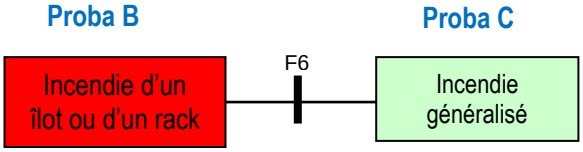
1.5.1.1 Probabilité

En se basant sur le programme INERIS *EAT-DRA-34 opération j-Intégration de l'analyse de la dimension probabiliste dans l'analyse des risques,* on peut constater que tous les éléments initiateurs présentent une probabilité d'occurrence comprise entre 10^{-2} et 10^{-3}. Aussi, l'événement « incendie d'un îlot de stockage » a été côté avec une valeur médiane de 5.10^{-3} (classe de probabilité B)

- Si la fonction de sécurité est assurée, l'incendie est éteint dans les toutes premières minutes de son développement. La seule conséquence possible est la production d'eaux d'extinction susceptibles de polluer l'eau ou les sols
- Si la fonction de sécurité n'est pas assurée, l'incendie va se développer pour s'étendre au bâtiment.

La fonction de sécurité est essentiellement basée sur l'efficacité du sprinkler. Sur une période de 25 ans en Europe, on constate que sur 7651 incendies, 73% sont maîtrisés avec 5 têtes de sprinkler ou moins, 95% avec 30 têtes ou moins.
En France, 50% des sinistres ont été maîtrisés avec une tête, 85% avec 5 têtes ou moins, 97% avec 30 têtes ou moins.

Aussi, nous pouvons considérer un niveau de confiance 1 pour cette mesure de maîtrise des risques (fonctionne correctement dans 90 % des cas), sachant que l'on est plus proche d'un niveau de confiance 2 (fonctionnement dans 99% des cas). On peut donc décoter la probabilité d'occurrence d'un incendie de la cellule d'un facteur 10.



Les deux MMR valorisables pour cette fonction de sécurité sont :

- MMR1 : détection et intervention humaine sur départ de feu (extincteurs et RIA)
- MMR 2 : détection automatique et déclenchement du sprinkler

1.5.1.2 Gravité

La modélisation des dispersions de fumées en dehors du site a montré qu'il n'y avait pas d'effet au sol en dehors du site.

Concernant les flux thermiques, dans tous les cas, ceux de 8 et 5 kW/m² restent dans les limites de propriété.
Nous prendrons l'hypothèse la plus pénalisante à savoir l'incendie pour du stockage de produits 2662.
Dans ce cas, le flux thermique de 3 kW/m² sort sur environ 1 760 m² côté Sud et 120 m² côté Nord du site.
La circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2013 indique que pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais…) tels que ceux impactés par le flux thermique de 3 kW/m² côtés Sud-ouest et Nord-ouest, il faut compter 1 personne par tranche de 100 ha.

Les 1 880 m² impactés par le flux thermique de 3 kW/m² nous amènent à considérer la présence permanente de $1{,}88.10^{-3}$ personne.
La présence humaine exposée à des effets irréversibles étant inférieure à 1 personne on peut conclure que le phénomène dangereux « Incendie d'une cellule de stockage » peut être considéré comme présentant une gravité **modérée**.

1.5.1.3 Matrice P x G

Gravité des conséquences sur les personnes exposées au risque (note 1)	PROBABILITE (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré			Incendie du bâtiment CITADELLE		

La cotation nous montre que l'évènement « incendie du bâtiment CITADELLE » présente un niveau de risque modéré.
Toutes les mesures ont été prises pour obtenir un niveau de risque aussi bas que possible au regard des enjeux du site.

2 IDENTIFICATION ET CARACTERISATION DES POTENTIELS DE DANGERS

2.1 Présentation du site

Le projet consiste en la réalisation d'un bâtiment à usage d'entreposage, d'activité et de bureaux d'une Surface Plancher totale de 76 134,6 m².

Il est prévu le stockage de 115 000 m³ de marchandises dans cet établissement. Un ratio de 350 kg par m³ de stockage a été pris en compte
Les 115 000 m³ de marchandises entreposées représentent donc 40 250 tonnes de produits combustibles.
Les produits stockés seront des produits divers (classement 1510, 1530, 1532, 2662, 2663-1 et 2663-2) ne présentant pas d'autres risques que leur combustibilité.

Tous les produits seront stockés selon les règles de compatibilité.

D'une manière générale les différentes étapes de l'activité logistique qui sera exercée sur le site sont :

- La réception des produits avec un approvisionnement par poids lourds,
- Le stockage des produits,
- La préparation des commandes,
- L'expédition des produits par route par poids lourds.

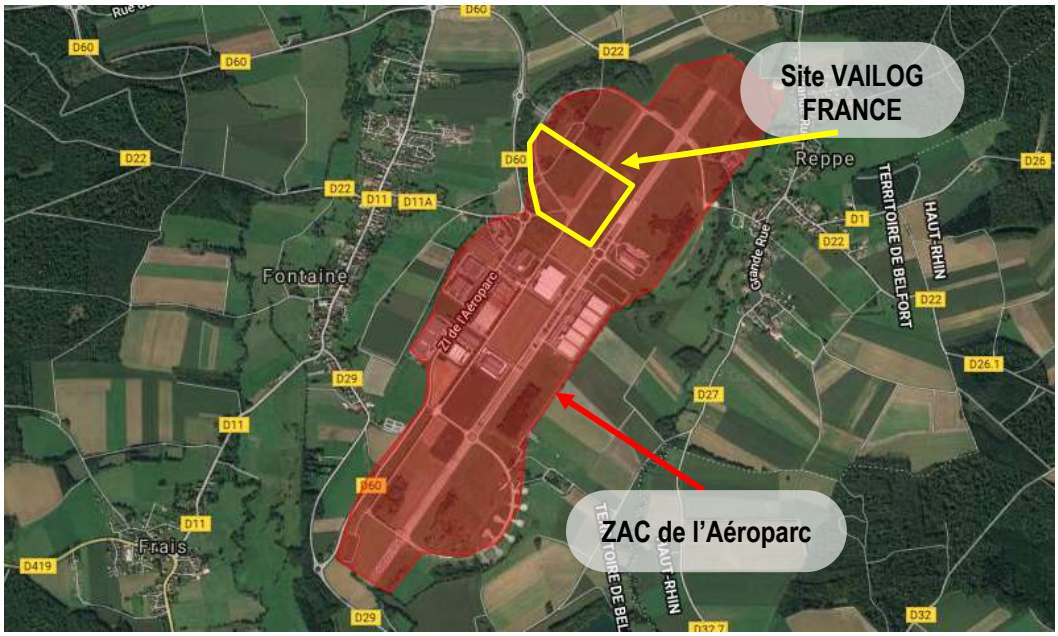
Seuls des produits emballés seront manipulés, aucun stockage de type vrac ne sera effectué. Les produits stockés seront placés sur des palettes qui seront rangées dans les zones d'entreposage par des chariots élévateurs.
La mise en place d'un système informatisé de gestion du site permettra de tenir à jour un état des marchandises stockées avec leur localisation dans le bâtiment.

Le principal risque lié à ce type d'activité est l'incendie du fait de la nature des produits stockés. Les produits de grande consommation ne présentent pas de danger en soit mais leur combustibilité ramenée à l'échelle du stockage présente un risque d'incendie de grande ampleur.

2.2 Les enjeux humains à proximité du site

Le bâtiment objet du présent dossier s'inscrit dans le cadre du développement de la Zone d'Aménagement Concerté (ZAC) de l'Aéroparc sur la commune de Fontaine.

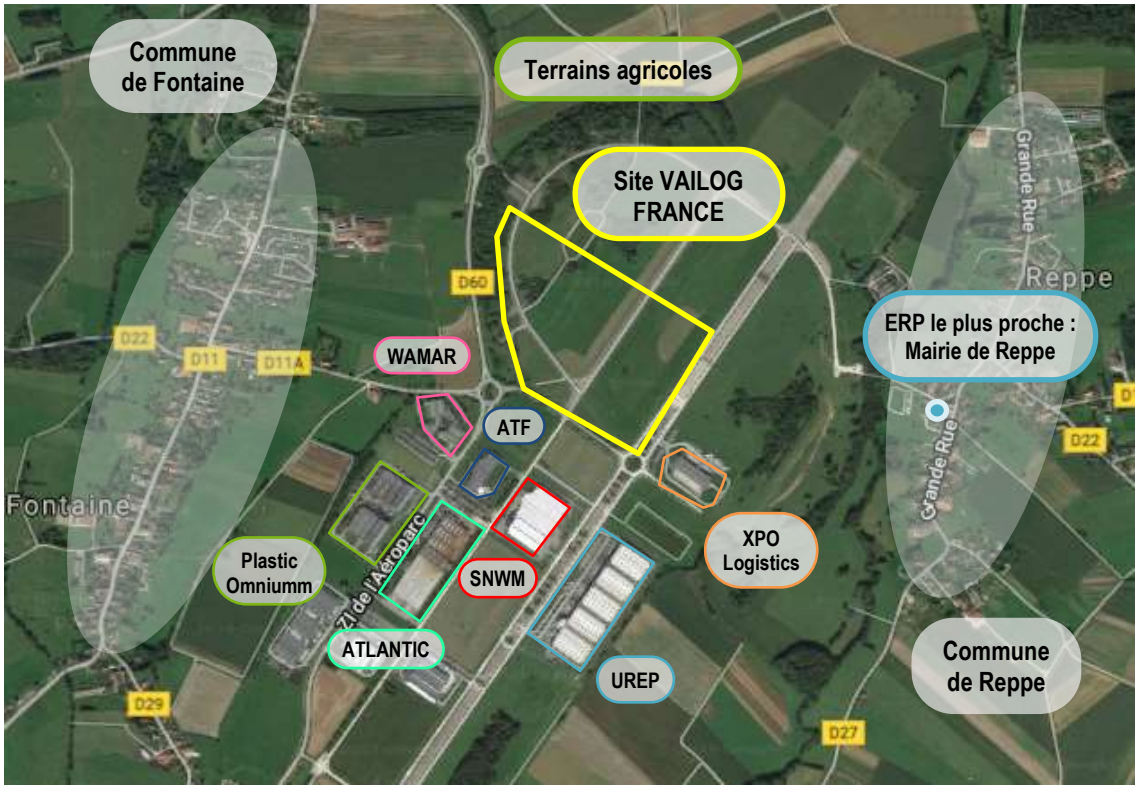
Le projet d'aménagement de la société VAILOG FRANCE va s'implanter sur un terrain de 184 118,5 m².



Implantation du bâtiment VAILOG FRANCE

Ce terrain d'assiette est délimité :

- Au Nord, à l'Est et au Sud, des terrains et des bâtiments de la zone industrielle,
- A l'Ouest, la route départementale D60, puis la commune de Fontaine.



Visualisation des alentours du projet

Compte tenu de l'implantation de l'établissement, les enjeux en cas d'accident sont essentiellement humains sur le site.

2.3 Les produits mis en œuvre dans l'entrepôt

2.3.1 Les produits stockés : matières combustibles courantes de type 1510, 1530, 1532, 2662, 2663

La grande majorité de ces produits seront des produits combustibles courants ne présentant pas d'autre danger que leur combustibilité.
Ces produits combustibles courants classables au titre des rubriques 1510, 1530, 1532, 2662 et 2663 pourront être, par exemple :

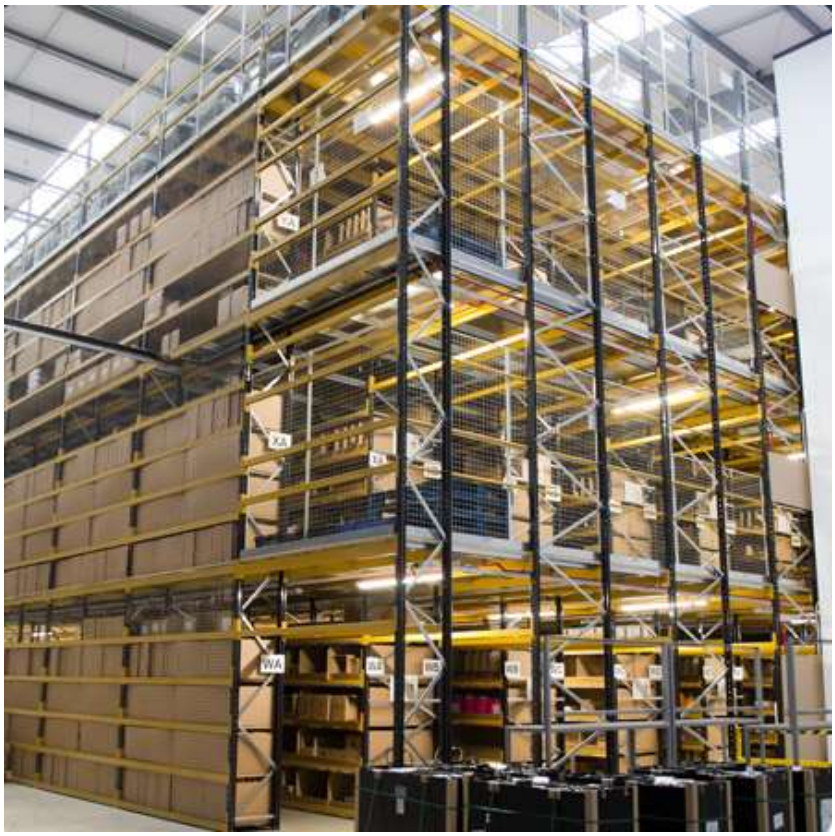
- de l'électroménager,
- du matériel informatique,
- des livres,
- des articles de sport,
- des textiles,
- du mobilier,
- …

Cette liste donnée à titre indicatif n'est pas exhaustive. Toutes autres marchandises non citées ici mais classées sous des rubriques autorisées pourront être entreposées dans l'entrepôt.

- **Mode de stockage**

La surface d'entreposage de 70 039 m² sera équipée sur 52 168 m² de racks de stockage avec allées de circulation classiques (3 m) ou étroites (1 m) et des picktowers de 5 niveaux.

Exemple de racks en allées étroites (image Mécalux)



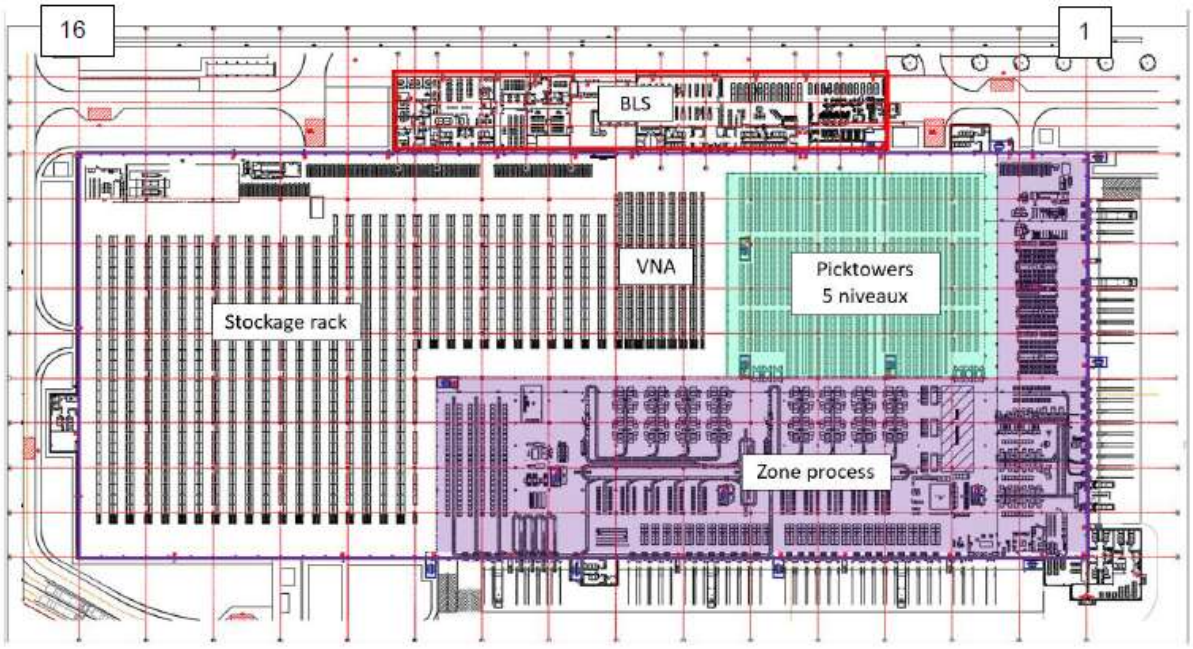
Exemple de picktower en allées étroites (image Link51)

Ces picktowers abriteront une activité de préparation de commande manuelle par picking.

Une mezzanine en béton de 17 871 m² occupera le reste de l'espace d'entreposage.
L'espace situé sous la mezzanine sera équipé d'un convoyeur mécanique et d'espaces de tri des colis.

Exemple de convoyeurs sous mezzanine

Le plan ci-dessous permet de visualiser l'emprise des racks avec allées classiques, des racks à allées étroites (VNA), des picktowers et des convoyeurs situés sous le plancher de la mezzanine. On distingue le bâtiment principal de la zone bureaux et locaux sociaux (BLS) :



Plan du rez-de-chaussée (niveau p1)

Le niveau rez-de-chaussée (niveau P1) permettra donc :

- Le stockage sur rack conventionnel de 13 m de hauteur.

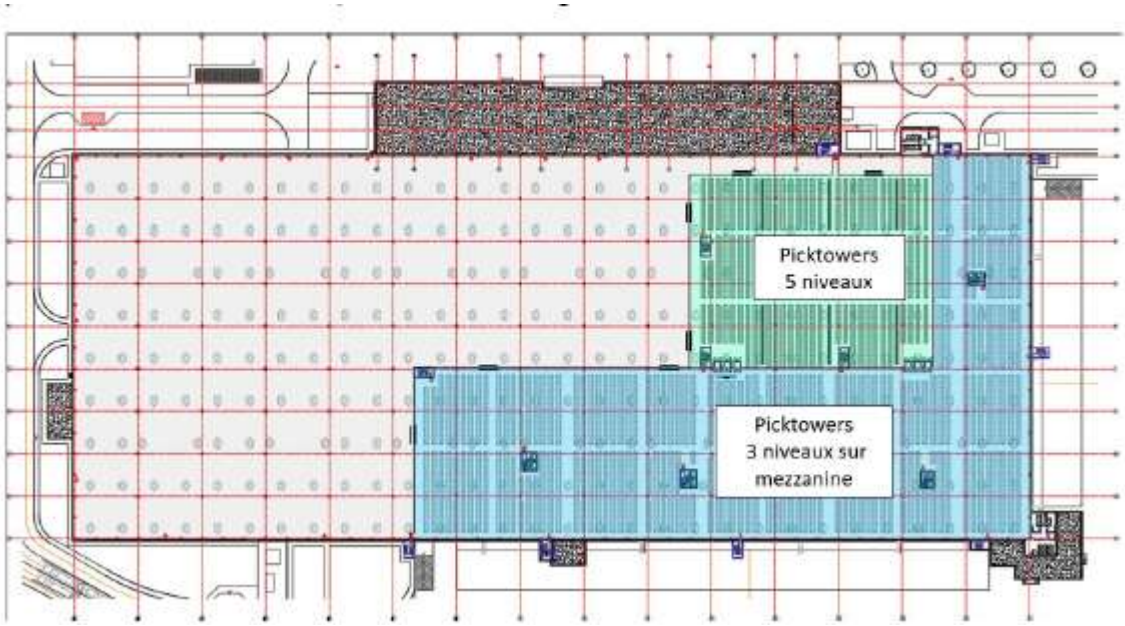
- Le stockage sur rack de type VNA de 13 m de hauteur, situé entre la zone picktower et la zone rack conventionnel.

- Le stockage de type picktower sur 5 niveaux :
  - 1er niveau de picktower - niveau P0.
  - 2ème niveau de picktower - hauteur + 3 m.
  - 3ème niveau de picktower et plancher de la mezzanine béton - niveau P1 : hauteur + 6 m.
  - 4ème niveau de picktower - hauteur + 8,5 m.
  - 5ème niveau de picktower - hauteur +11 m.

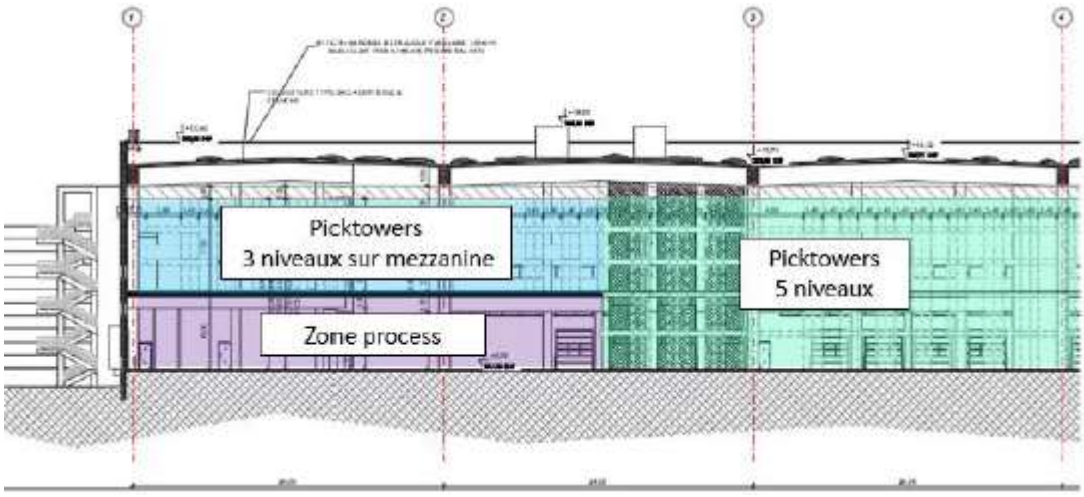
  Le stockage sur chaque niveau dans les picktowers se fait sur une hauteur de 2 m. La hauteur de stockage maximum est de 13 m.

- La zone de process située sous la mezzanine

La mezzanine en béton est située au-dessus de la zone process repérée sur le plan ci-dessus. Le plancher béton de cette mezzanine se trouve au même niveau qu'un des planchers intermédiaires des picktowers et forme le niveau P2, comme illustré à la figure suivante.



Plan niveau p2



Coupe longitudinale entre les files 1 et 4

Au droit des façades Sud et Est de l'établissement, une zone de préparation de commande de 15 m de large sera conservée libre de rack.

• Quantité de produits stockés

Il est prévu le stockage de 115 000 m³ de marchandises dans cet établissement. Un ratio de 350 kg par m³ de stockage a été pris en compte

Les 115 000 m³ de marchandises entreposées représentent donc 40 250 t de produits combustibles.

La demande concerne les rubriques 1510, 1530, 1532, 2662 et 2663 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement. Le stockage maximal envisagé dans le bâtiment consiste en :

- 115 000 m³ de marchandises combustibles. Pour la rubrique 1510, un ratio de 350 kg par m³ de stockage a été pris en compte. Les 115 000 m³ de marchandises entreposées représentent donc 40 250 t de produits classés sous la rubrique 1510,

- ou en 115 000 m³ de papier ou carton classé sous la rubrique 1530,
- ou en 115 000 m³ de bois classé sous la rubrique 1532,
- ou en 115 000 m³ de produits classés sous la rubrique 2662,
- ou en 115 000 m³ de produits classés sous la rubrique 2663-1,
- ou en 115 000 m³ de produits classés sous la rubrique 2663-2.

Quelle que soit la répartition future du stockage entre les différentes rubriques (1510, 1530, 1532, 2662, 2663-1 et 2663-2), la quantité entreposée sera limitée à 40 250 t.

Tous les produits stockés seront compatibles avec le système de sprinklage.

2.3.2 Les produits liés au conditionnement

- **Les palettes et les cartons**

Dans le cadre de cette étude, les matériaux combustibles correspondant à la rubrique 1510 seront assimilés à du papier ou du bois (rubriques 1530 ou 1532). Ces produits ne présentent aucune toxicité mais ils sont combustibles. Leur pouvoir calorifique est de l'ordre de 4 000 kcal/kg

Matériau	Eléments constitutifs principaux	Principaux gaz susceptibles de se dégager
Papier, carton, bois	C, H, O	CO, CO_2, H_2O Des traces d'aldéhydes et d'acroléine

Les traitements éventuels de ces produits peuvent entraîner la formation d'autres produits de décomposition mais qui seront dans des quantités négligeables.

- **Les emballages plastiques :**

A température ambiante, les matières plastiques sont considérées comme ne présentant aucun danger. Portées à température élevée, elles vont libérer des produits de dégradation, des adjuvants ou des monomères résiduels.La nature et la toxicité de ces émissions dépendent de nombreux facteurs : nature du matériau, apport énergétique, teneur en oxygène, …

Dans l'industrie de l'emballage, les matières plastiques usuelles sont :

- les Polyéthylènes : PE,
- le Polychlorure de vinyl : PVC,
- les Polyuréthanes : PUR,
- les Polystyrènes : PS.

Le pouvoir calorifique des matières plastiques dépend de la composition chimique du matériau.

Matières plastiques	Pouvoir calorifique
Polyéthyléne (PE)	33 900 à 46 000 kJ/kg
Polychlorure de vinyl (PVC)	15 000 à 21 700 kJ/kg
Polyuréthane (PUR)	23 900 à 31 000 kJ/kg
Polystyrène	31 700 à 41 200 kJ/kg

Les principaux gaz formés lors de la combustion des matières plastiques sont :

- le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO_2), la vapeur d'eau,
- le méthane et les hydrocarbures aliphatiques et aromatiques.

Le monoxyde de carbone est très souvent le toxique majeur.

Pour les matières plastiques contenant des atomes de chlore (PVC) ou d'azote (PU), il y a également formation :

- de chlorure d'hydrogène et d'hydrocarbures chlorés,
- d'ammoniac, de nitriles, de cyanogène, de cyanure d'hydrogène et plus rarement d'oxydes d'azote.

Le Polyéthylène ne présente pas pour sa part, sauf traitement spécial de risque particulier en termes de toxicité.

Dans le cas de la combustion des plastiques, la presque totalité des particules solides des fumées est représentée par des suies (noir de carbone et produits carbonés dont la combustion n'a pas été totale).

L'un des risques majeurs liés aux produits de combustion est l'inhalation des particules de suies qui vont empêcher la correcte ventilation pulmonaire. Ce sont ces suies qui produisent l'opacité des fumées.

Sous l'effet de la température, les matières plastiques se décomposent en émettant des gaz inflammables et de l'hydrogène. Cette émission favorise la propagation de l'incendie.

3 ANALYSE DES RISQUES

3.1 Accidentologie

3.1.1 Stockage de matières combustibles

Le risque lié au stockage dans les entrepôts est principalement l'inflammation non contrôlée pouvant entraîner un incendie des produits ou matériaux d'emballage.
Cette accidentologie a été réalisée d'après les renseignements fournis par la base de données ARIA du ministère de l'écologie, consultable sur INTERNET.
La base de données du BARPI fait l'inventaire des accidents technologiques et industriels.

La consultation porte sur les 30 000 accidents inventoriés dans la base de données du BARPI.
La consultation des accidents enregistrés pour l'activité H52-10 « Entreposage et stockage » permet de recenser 1 045 accidents dont le plus vieux date des années 50.

La base de données nous donne peu d'informations sur ces accidents.
La plupart des bâtiments concernés sont de petite taille, de construction ancienne.

Toutefois une analyse accidentologique réalisée par le BARPI sur les accidents impliquant des entrepôts sur une période allant du 01/01/2009 au 31/12/2016, jointe en annexe n°1, indique que la quasi-totalité des accidents sont des incendies justifiés par la présence systématique de matières combustibles constituant le risque essentiel de ce genre d'installations (82 % des cas à comparer à la moyenne tout secteur d'activité confondu qui est de 60 % pour l'année 2016). En revanche, les autres types de phénomènes (explosion, rejet de matière dangereuse) sont comparables en fréquence à ceux qui se produisent dans d'autres secteurs d'activités.

Les phénomènes dangereux se répartissent de la façon suivante :

Typologies (non exclusives l'une de l'autre)	Nombre d'accidents	Pourcentage (en %)	Pourcentage IC tout secteur confondu année 2016
Incendie	170	82	60
Explosion	17	8	6
Rejet de matière dangereuse	91	44	40

La répartition des bâtiments sinistrés en fonction de leur surface au sol est la suivante :

Surface	Nombre d'accidents	Pourcentage (en %)
Entre 0 et 5 000 m² (non compris)	85	41
Entre 5 000 et 10 000 m² (non compris)	27	13
≥ 10 000 m²	31	15
inconnue	61	29

Au cours de ces 8 dernières années, de nombreux accidents ont eu lieu dans des bâtiments « multipropriétaires ». L'activité de logistique (entrepôt) est ainsi imbriquée dans un bâtiment où s'exercent plusieurs activités professionnelles (ARIA 40239, 41482, 41877, 42472, 42797, 47066). En outre, certains bâtiments sont susceptibles d'accueillir des personnes en dehors de l'activité de stockage (magasin dit « Drive » : ARIA 45201).

Les bâtiments impliqués dans les sinistres sont généralement anciens. Ils peuvent de ce fait présenter des risques particuliers par rapport à l'amiante (retombée de poussières en cas d'incendie).
Toutefois, des accidents se sont produits dans des entrepôts plus récents (ARIA 48115,45302, 37736), mais en plus faible nombre en raison des prescriptions réglementaires qui impliquent le compartimentage des marchandises, voire le sprinklage en fonction de la surface de la cellule.

Les stockages sont susceptibles de relever des rubriques : 1510, 1530, 1532, 2662 et 2663.
La répartition par régime réglementaire des établissements ayant fait l'objet d'un accident est la suivante :

Régime IC	Nombre d'accidents	Pourcentage (en %)
Seveso (seuil haut et bas)	6	3
Autorisation	34	16
Enregistrement	4	2
Déclaration	20	10
Potentiellement en infraction	9	4

Plusieurs accidents ont eu lieu dans des établissements « potentiellement en infraction ». En effet, ces derniers n'étaient pas connus de l'inspection des installations classées (ARIA 36218, 41744, 44309, 45283, 45609, 46496) ou des services de secours (ARIA 43618). Après enquête, il apparaît parfois que le seuil des 500 tonnes de matières combustibles (rubrique 1510) n'était pas atteint au moment des faits (ARIA 43518, 45201).

L'accidentologie indique que les départs de feux se trouvent généralement à l'intérieur des stockages. Mais, certains départs sont initiés de l'extérieur :

- parking poids-lourds (ARIA 38991, 40635, 45355) ;
- quais de chargement (ARIA 36172, 43644, 43834) ;
- stockage de déchets ou de palettes à l'extérieur des locaux (ARIA 40296, 42626, 44655);
- stockage sous chapiteau (ARIA 45555) ;
- zones de « picking » (stockage temporaire en attente de traitement : ARIA 44660).

Les évolutions récentes de la base de données ARIA permettent d'analyser plus finement la chaîne causale de l'accident, en distinguant les défaillances (causes premières) des causes profondes. Leur répartition est la suivante :

- **Causes premières ou défaillances identifiées :**

Elles sont caractérisées par :

- De nombreux actes de malveillance (ARIA 35920, 35977, 36071, 38746, 39958, 43353, 43518, 43834…) se produisant majoritairement hors des heures d'ouverture de l'entreprise.

- Des défaillances humaines :
  - Erreur de manipulation/manutention (ARIA 44702) / coup de fourche de chariot élévateur perforant ou endommageant des capacités de stockage (ARIA 40262, 45542, 45891, 46435, 46559) ;
  - Mauvaise manoeuvre lors du rechargement d'un chariot électrique (mise en contact de fils dénudés : ARIA 48627).

- Des défaillances matérielles :
  - Surchauffe de réfrigérateur en période de fortes chaleurs (ARIA 37122) ;
  - Problème électrique (ARIA 40792,43618) au niveau des dispositifs de chauffage (ARIA 38090) ou d'autres dispositifs (armoire/tableau électrique : ARIA 40652, 40669, 45384 ; prise électrique/connectique : ARIA 44022 ; transformateurs : ARIA 44881, 45292) ;
  - Dysfonctionnement de la centrale alarme (ARIA 43618) ;
  - Fuite au niveau d'une soupape sur une installation frigorifique (ARIA 43728) ;
  - Infiltration d'eau au niveau de la toiture qui inonde le stockage (ARIA 45312).

- Des agressions d'origine naturelle (Natech) :
  - Foudre (ARIA 38115, 43618) ;
  - Effondrement des toitures sous le poids de la neige (ARIA 39489, 39501, 43229) ;
  - Inondation/crue de cours d'eau/forte pluie (ARIA 43787, 45739) ;
  - Episodes de grand froid (rupture d'une canalisation de sprinkler par le gel : ARIA 41779).
  - Feux de forêt dans le sud de la France (ARIA 48371).

- **Causes profondes :**

Elles sont multiples et relèvent pour la plupart d'aspects organisationnels qui amplifient la défaillance matérielle ou humaine observée dans un premier temps.

Les points relevés concernent principalement :

- L'exploitation du site :
  - Stockage anarchique, pas/ou problème de compartimentage au sein des cellules (ARIA 35873, 36242, 39863, 41482, 43353...) ;
  - Entretien/vétusté des locaux (ARIA 42797) ;
  - Absence de surveillance du site en dehors des périodes d'exploitation ;
  - Absence d'inventaire des matières stockées (ARIA 42593) ;
  - Absence d'analyse des causes des précédents accidents (ARIA 45555) ;
  - Bacs d'eaux usées non vidangés avant un épisode de crue (ARIA 43787) ;
  - Persistance des non-conformités mentionnées dans les rapports de vérification des installations électriques (ARIA 44660) ;
  - Absence d'une ligne spéciale reliant l'établissement au centre de secours (ARIA 44660) ;
  - Non réalisation d'exercice de secours (POI : ARIA 44660) ;
  - Produits absorbants en quantité insuffisante (ARIA 44702).
  - Problème de conception sur les réseaux d'eaux pluviaux favorisant le risque d'inondation (ARIA 48115, 48825).

- Défaut de maîtrise de procédé :
  - Modification du procédé d'emballage des palettes qui initient des départs de feu (film plastique thermorétractable : ARIA 44655) ;
  - Réactions chimiques non prévues (auto-inflammation d'un chiffon imbibé d'huile de lin).

- La gestion des travaux :
  - Analyse insuffisante des risques lors de travaux par points chauds sur les installations ou de réfection de toiture (ARIA 35873, 36025, 40668) ;
  - Mauvais suivi des travaux d'écobuage en été (ARIA 38869) ;

- La mauvaise conception des bâtiments :
  - Absence de dispositif d'isolement pour contenir les eaux d'extinction sur le site (ARIA 38851, 42656) ;
  - Murs coupe-feu avec des ouvertures (baies vitrées : ARIA 39123) ;
  - Dimensionnement des poutres / réception des travaux (ARIA 39501) ;
  - Absence de protection des façades par rapport aux flux thermiques (ARIA 41482) ;
  - Absence de système de désenfumage, d'extinction automatique (ARIA 35873, 36218, 39863, 40296...) ou de détection incendie (ARIA 38851, 43798) ;
  - Absence ou mauvais dimensionnement des rétentions (pas assez grande : ARIA 43053, 44660).

- L'absence de contrôle :
  - Problème de fonctionnement de porte coupe-feu (ARIA 36242) ;
  - Centrale alarme endommagée par la foudre (ARIA 43618) ;
  - Bassin de rétention non étanche (ARIA 43798).

- La formation du personnel :
  - Méconnaissance des procédures d'urgence (absence de manœuvre d'organe de sectionnement : ARIA 43798).

L'étude accidentologique du BARPI peut être complétée avec les accidents les plus récents suivants :

Type d'incident	Lieu	Date	Code ARIA	Classement	Causes	Conséquence (humaine, environnemental, chimique)
Incendie d'un camion sur le parking d'une entreprise de stockage	Montélimar	25/02/2017	49311	1510 – Enregistrement	Acte de malveillance	Aucune conséquence
Incendie dans une entrepôt désaffecté	Marseille	28/03/2017	49455	Bâtiment de trois niveaux de 10 000 m² chacun	Acte de malveillance	Aucune conséquence
Incendie de batteries au lithium	Mesnil-Amelot	10/04/2017	49516	1510 – Autorisation	Départ de feu de batteries dans le local de charge	Aucune conséquence
Incendie dans un centre de coliposte	Moissy-Cramayel	12/05/2017	49658	1510 – Autorisation	Départ de feu sur un colis contenant des batteries d'outillage – suite à la chute sur le tapis d'un retourne conteneur, des cellules de lithium-ion se sont enflammées	Aucune conséquence
Incendie dans un entrepôt	Anzin	11/08/2017	50176	Entrepôt de 7 000 m²	Départ de feu dans la partie administrative	Aucune conséquence
Installation sur une installation logistique	Moissy-Cramayel	10/08/2017	50199	1510 – Autorisation	Départ de feu dans une benne à déchets	Aucune conséquence
Incendie de palettes de bois dans un entrepôt	Andrézieux-Bouthéon	24/04/2018	51379	1510 – Autorisation	Départ de feu au niveau d'un stockage externe de palettes de bois	Aucune conséquence
Incendie dans un entrepôt frigorifique	Attignat	03/07/2018	51852	1510 – Autorisation 1511 – Enregistrement	Echauffement du rotor du moteur d'un compresseur	2 pompiers intoxiqués Fuite d'ammoniac
Feu dans un entrepôt de garde-meuble	Meaux	25/07/2018	51991	Entrepôt de 10 000 m²	--	Aucune conséquence
Incendie d'une palette dans un entrepôt	Le Malesherbois	25/08/2018	52432	Entrepôt	Départ de feu sur une palette de bois compressée avec de l'huile de colza (cubes allume feu) Piste criminelle envisagée	Un employé légèrement intoxiqué

Mise hors service d'une barrière de sécurité (sprinklage) à la suite d'un incendie	Andrézieux-Bouthéon	19/11/2018	52633	1510 – Autorisation	Départ de feu dans le local sprinkler lors d'une opération de maintenance Incendie dû à une surchauffe	Aucune conséquence
Incendie dans un entrepôt d'une ancienne verrerie	Reims	24/11/2018	52642	Entrepôt de 6 000 m²	--	Aucune conséquence
Incendie dans un entrepôt	Saran	26/12/2018	52880	1510 – Autorisation classé Seveso Haut	Palette mal positionnée entrainant une surchauffe au niveau de la housseuse	Aucune conséquence
Incendie dans un entrepôt frigorifique	Saint-Martin	06/02/2019	53107	Hangar frigorifique	Feu d'origine électrique	Dégagement de fumées (conséquence environnementale)
Incendie dans un entrepôt	La Garde	06/05/2018	53602	Entrepôt de 3 000 m²	Feu de palettes et de détritus	Aucune conséquence
Feu d'entrepôt	Mulhouse	18/05/2019	53669	Entrepôt de 12 000 m² contenant des meubles et des produits chimiques	Départ de feu	Aucune conséquence
Incendie dans un entrepôt d'une friche industrielle	Attichy	19/03/2019	53676	Entrepôt de 1 000 m² sur un ancien site industriel	Acte de malveillance, 4 mineurs ont mis le feu à des cartons	Dégagement de fumées toxiques (bouteilles de gaz)

L'étude des derniers accidents ne remet pas en cause les conclusions de l'étude du BARPI présentée précédemment.

3.1.2 Phénomènes naturels

Des phénomènes naturels tels que la foudre ou les précipitations atmosphériques (pluie, neige, grêle) et les inondations peuvent être à l'origine d'accidents dans les entreprises.
La base ARIA du BARPI a recensé les accidents initiés par la foudre et les précipitations atmosphériques/inondations. Il n'y a pas de recensement d'accidents ayant le séisme pour origine.

- **Le risque foudre**

La base ARIA recense ainsi 200 événements survenus en France entre mai 1866 et novembre 2018 impliquant la foudre et affectant des installations classées ou des canalisations. Les dommages observés sont aussi bien dus aux effets directs de la foudre (foudroiement de toiture, de stockage, de transformateurs électriques ou de gazoducs : ARIA 4801, 5678, 5870, 7295, 15234…), qu'aux effets indirects se matérialisant par des dysfonctionnements électriques : surtensions, court-circuit et coupure d'électricité avec perte de redondance des lignes d'alimentation, surchauffe de fusibles ou destruction de carte s électroniques pilotant des automatiques de procédés ou de protection incendie : ARIA 614, 1200, 12143, 19716, 28591, 47036, 48671, 52720…

Installations concernées

La répartition des événements par rubrique de la nomenclature lorsqu'elle est renseignée dans ARIA (81 cas) est la suivante :

Rubrique	Nombres d'accidents
4734	21
1431	13
1432	11
1131	10
1410	9
4310	9
1132	6
2980	5
4130	5
4220	5
1180	4
1311	3
2101	3
2111	3
2781	3

Equipements impactés

Une grande variété d'équipements est impliquée dans les accidents, néanmoins ceux qui suivent sont les plus souvent cités et laissent supposer que les réseaux d'utilités sont extrêmement vulnérables aux impacts de foudre :

- Transformateurs électriques contenant ou non des PCB (26 cas, 13% des événements analysés : ARIA 614, 654,4801, 4900, 7348, 8909, 12150, 33544, 36473, 34966, 33120,33092, 36275, 35401, 38391, 37161, 38563, 40233, 40554, 42147, 42556, 44135, 4554,46787, 48584, 48658),
- Pâles d'éoliennes (ARIA 43841, 45016, 45960, 49768),

- Canalisations de transport de gaz naturel, selon le service du gaz, depuis 1970, 12 événements impliquant la foudre (1.10^{-5} fuite/km/an) dont 9 cas avec inflammation du gaz rejeté se sont produits (ARIA 48238). Des canalisations de distribution de gaz naturel ou les organes annexes qui leur sont associés (logettes de gaz) sont également mentionnés : ARIA 23626, 39587, 52367...

Enfin, la foudre peut entraîner des détériorations d'équipements telles que le percement d'enveloppes métalliques, l'allumage d'atmosphères inflammables ou explosibles au niveau des évents : 26535, 18325, 36304, 40953. Par ailleurs, des incendies de bacs à toit flottant se sont produits dans la zone du joint de toit où apparaissent des vapeurs inflammables (ARIA 12229, 12231,20819), la liaison équipotentielle robe/toit pouvant se révéler insuffisante pour assurer l'écoulement sûr d'un courant sans claquage. La foudre peut aussi conduire à la destruction d'équipements électriques ou électroniques ou en perturber le fonctionnement en raison des variations du potentiel électrique consécutives aux impacts au sol (ARIA 2715).

Phénomènes dangereux

Phénomènes	Nombres d'accidents	%
Explosion	17	8,50
Incendie	127	63,50
Rejet de matières dangereuses / polluantes	83	41,50

L'incendie constitue la typologie la plus fréquemment observée (63,5 % des cas) et concerne tant les unités industrielles que les bâtiments agricoles ou d'élevages (ARIA 3707, 6277, 7168, 7664, 8885, 9996, 10074, 11262, 11562, 12937,15215, 15849, ...).

Les rejets de matières dangereuses ou polluantes sont aussi souvent le résultat des effets directs et indirects de la foudre :

- Ecoulements ou fuites à la suite d'impacts sur des équipements ou des canalisations (ARIA5675, 5678, 7508, 7545),
- Destruction de transformateurs : ARIA 7348, 8909, 12150, 33092...,
- Endommagement de dispositifs de télésurveillance ARIA 2715,
- Emissions polluantes ou toxiques consécutives à des coupures ou des perturbations électriques (ARIA 1884, 5874, 15749, 18563, 30199, 30894).

Conséquences

	Nombre d'accidents	%	Exemples d'accidents
CONSÉQUENCES HUMAINES	16	8%	6139, 12220, 39303,31773, 30199, 33120
MORTS	3	1,50%	6139, 12220,39303
BLESSES TOTAUX	15	7,50%	614, 654, 5678, 6139, 7545, 12948, 14352, 24526
CONSÉQUENCES ÉCONOMIQUES	172	86%	36227, 614, 654, 343, 1151, 1200, 2715, 3661
Dommages matériels	161	80,50 %	36227, 614, 654, 343, 1151, 1200, 2715, 3661
Pertes d'exploitation	65	32,50 %	36227, 2715, 3661, 3707, 4900, 5678, 5060, 5870
CONSÉQUENCES SOCIALES	63	31,50 %	10169, 15689, 22796, 24526, 24825, 28591
Chômage technique	11	5,50%	10169, 15689, 22796, 24526, 24825, 28591, 38115
Privation d'usages - électricité	20	10%	36473, 2715, 4900, 5874, 7348, 15749, 15934
Privation d'usages - gaz	7	3,50%	5678, 7545, 25440, 39587, 49645, 51629, 52367
CONSÉQUENCES ENVIRONNEMENTALES	64	32%	33319, 343, 1884, 5678, 5060, 5874, 8885, 12948
Pollution atmosphérique	32	16%	33319, 343, 1884, 5678, 5060, 5874, 8885
Pollution de l'eau	17	8,50%	32016, 1200, 2715, 8885, 9825, 12220, 23150
Pollution des sols	10	5%	12150, 26577, 30130, 34966, 38563, 46606

Des pertes humaines sont à déplorer dans 3 accidents :

- 4 morts et 25 blessés à la suite d'une explosion dans une fonderie d'aluminium (ARIA 6139),
- 3 marins, 2 opérateurs et le chauffeur d'un camion tués dans l'explosion d'un pétrolier à quai dans un terminal touché par la foudre (ARIA 12220),
- 23 morts et 12 blessés dans l'explosion d'un atelier pyrotechnique (ARIA 39303).

Causes

Si la foudre est la cause première ou perturbation initiatrice d'événements sur un site industriel, défauts de protection ou de gestion des réseaux et des équipements électriques, problèmes de conception, d'exploitation ou de gestion du site constituent souvent les causes profondes des incidents ou accidents

Nombre d'accidents ont également pour origine des dysfonctionnements électriques (ARIA 2715,5874, 15749, 15934, 19539, 20844, 30199, 30892, ...) consécutifs à l'impact de la foudre.

Les moyens de prévention et de protection préconisés sont :

- Canaliser les écoulements électriques,
- Réaliser une conduction électrique vers la terre suffisante,
- L'étanchéité des équipements pour éviter les fuites de matières combustibles,
- Protéger les équipements électriques affectés à la sécurité.

- **Le risque « précipitations atmosphériques - inondations »**

Au 31 décembre 2014, la base ARIA contient 244 accidents faisant suite à une agression externe liée aux crues, submersions ou autres inondations.

Typologies

Les phénomènes connus occasionnés par ces accidents technologiques sont :

Phénomènes connus	Nombres d'accidents concernés	Part (%)
Rejets de matières dangereuses	53	21
Incendies	9	4
Explosions	5	2

Parmi les phénomènes rencontrés majoritairement lors des accidents industriels celui du rejet de matières dangereuses reste le plus important lors d'inondations d'installations industrielles.

En effet, la montée des eaux d'origine naturelle :

- Provoque la rupture de capacité contenant des matières dangereuses,
- Fait déborder les ouvrages de stockages des déchets liquides notamment dans les stations de traitement des effluents aqueux,
- Lessive les sols chargés de polluants de toute nature.

Conséquences

La répartition des conséquences principales sur les événements de l'échantillon est présentée dans le tableau suivant :

Conséquences	Nombres d'accidents concernés	%
Pertes d'exploitation	133	55
Chômage technique	58	24
Pollution des eaux superficielles	41	17
Pollution des sols	11	5

Perturbations et causes

Les inondations doivent être considérées comme des manifestations naturelles intenses participant au déclenchement d'un événement technologique.

Dès la conception des installations :

- Insuffisance de l'analyse des risques,
- Sous-dimensionnement des réseaux et des moyens d'évacuation des eaux de submersion,
- Absence de mise en place et de suivi d'ouvrage de protection...

Lors de l'exploitation des installations :

- Absence de veille météorologique,
- Gestion aléatoire des stockages des matières dangereuses,
- Manque de contrôle préalable des moyens de secours,
- Insuffisance de formation des opérateurs...

Les moyens de prévention et de protection préconisés sont :

- Le respect des règles de construction et un dimensionnement adapté,
- L'efficacité de la récupération, du traitement et de l'évacuation des eaux pluviales,
- La vérification périodique et le nettoyage des réseaux.

3.2 Application au site – Identification des phénomènes dangereux

Un phénomène dangereux est une libération d'énergie ou de substance produisant des effets, au sens de l'arrêté du 29/09/2005, susceptibles d'infliger un dommage à des cibles sans préjuger de l'existence de ces dernières. A partir de l'accidentologie, nous avons retenu les sources potentielles de dommage suivantes :

3.2.1 Incendie du stockage de matières combustibles

Suivant les conclusions de l'analyse accidentologique, les mesures de maîtrise des risques suivantes seront mises en place dans la cellule de stockage :

- Une forte proportion de sinistres intervient la nuit ou le week-end et l'alerte est souvent donnée par des passants ou des voisins. Ceci met clairement en relief l'importance du dispositif d'extinction automatique d'incendie avec report d'alarme assurant une détection précoce et permanente des départs de feu. Le bâtiment sera équipé d'une installation d'extinction automatique d'incendie de type sprinkler dont l'alarme sera reportée en télésurveillance.

- Les pompiers sont fréquemment confrontés à des difficultés d'accès dues aux moyens de protection physique contre les intrusions et sont contraints parfois d'utiliser des matériels de désincarcération. La présence rapide sur le site de personnel de gardiennage doit permettre de faciliter l'accès de pompiers à l'intérieur du bâtiment. La surveillance du site sera assurée par télésurveillance 24h/24 et 7j/7. La société de télésurveillance disposera de consignes relatives à l'accueil des secours en cas d'incendie sur le site.

- L'accumulation des gaz chauds sous toiture favorise la propagation du feu. Un large dimensionnement des exutoires évacuant les fumées est donc essentiel. Ainsi, le bâtiment sera recoupé en partie supérieure à partir de la poutraison d'une hauteur de 1,5 m formant des cantons de 1 650 m² maximum afin d'éviter la diffusion latérale des fumées en cas d'incendie. Les écrans de cantonnement seront réalisés en matériaux M0 (y compris leurs fixations) et seront stables au feu de degré un quart d'heure. Le désenfumage sera assuré à raison de 2% de surface utile d'exutoires de fumées dont l'ouverture sera assurée par une commande automatique à CO_2 et manuelle placée à proximité des issues de secours avec renvoi de commande sur la façade opposée. Sous la mezzanine, le désenfumage sera mécanique avec des extracteurs qui courront le long des escaliers.

3.2.2 Pollution eau/sol

La pollution des eaux et du sol est liée aux risques de déversement accidentel mais aussi et surtout aux eaux d'extinction en cas d'incendie.
La prévention des scénarios de déversement accidentel s'appuie essentiellement sur des mesures organisationnelles et sur la formation des caristes.

La maîtrise des conséquences des déversements accidentels s'appuie notamment sur :

- Le caractère imperméable des sols du bâtiment et des surfaces extérieures permettant d'éviter les infiltrations de polluants dans le sol.
- La présence de rétention de volume adapté au niveau des batteries.

- L'isolement possible par la fermeture de la vanne de barrage automatique et manuelle située sur le réseau de collecte des eaux pluviales de voirie permettant de confiner une éventuelle pollution sur le site.

Concernant spécifiquement les eaux d'extinction, celles-ci seront susceptibles de constituer une charge polluante importante pour le milieu extérieur du fait :

- Des matières stockées au sein du bâtiment.
- De leurs produits de dégradation thermique qui pourront se solubiliser dans les eaux d'extinction.
- Des matières imbrûlées qui pourront être entraînées dans les eaux d'extinction.

La rétention des eaux d'extinction incendie sera assurée dans le bassin d'orage étanche de 5 540 m^3.
Une vanne de barrage à fermeture automatique et manuelle sera implantée en aval de ce bassin d'orage étanche qui a été dimensionné pour pouvoir retenir l'orage décennal sur les voiries (3 010 m^3) et les eaux d'extinction incendie (2 530 m^3).
En cas d'incendie, cette vanne asservie au déclenchement du sprinkler sera automatiquement fermée afin de retenir les eaux d'extinction dans ce bassin. En cas de sinistre, les eaux stockées seront analysées. Si elles ne présentent pas de pollution, elles seront rejetées dans le réseau des eaux pluviales, si elles sont polluées, elles seront éliminées comme déchets dangereux par une société spécialisée.

3.2.3 Conclusion

Dans le cadre de l'analyse, les scénarios du type incendie sont les scénarios identifiés en plus grand nombre. Ceci se justifie d'une part par la présence de matières combustibles dans la quasi-totalité des systèmes étudiés, et d'autre part par la diversité des sources d'allumage susceptibles d'être à l'origine de ce type de scénario d'accident.
La dispersion de produits de combustion lui est intrinsèquement liée.
Il apparaît donc indispensable d'étudier les effets thermiques et toxiques des scénarios d'incendie pour le stockage de produits courants.

3.3 Application au site – Evènements initiateurs de l'incendie

L'accidentologie nous a montré que le principal phénomène dangereux dans un entrepôt est l'incendie. Un incendie peut avoir différentes origines qui sont listées ci-après :

3.3.1 Les risques naturels

- **Les chutes de neige**

La structure sera calculée selon les règles en vigueur (DTU neige et vent).

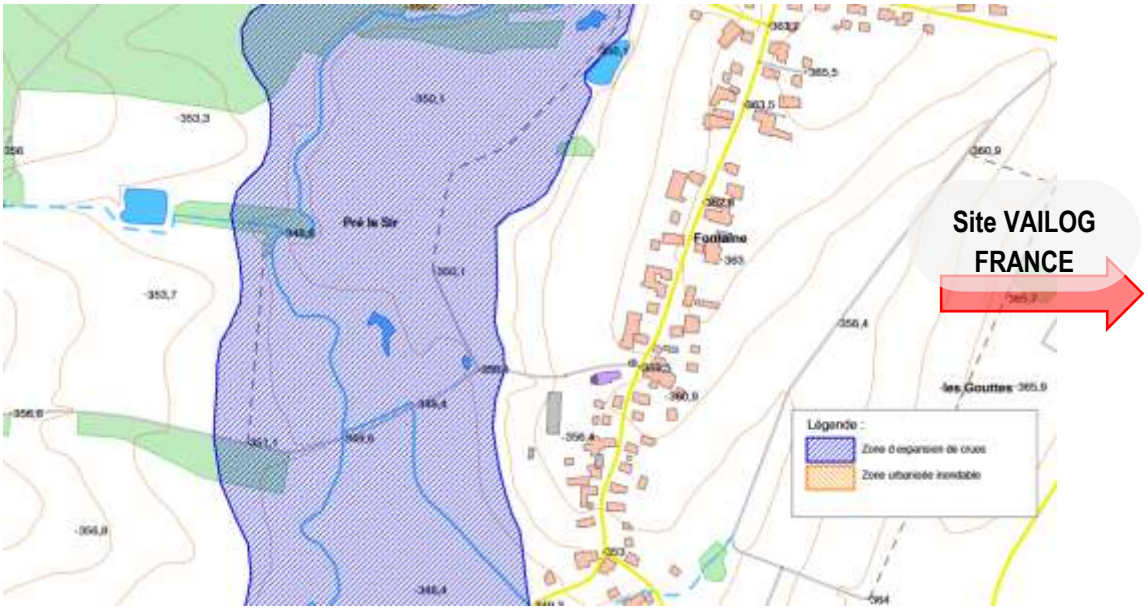
- **Les vents violents**

La structure sera calculée selon les règles en vigueur (DTU neige et vent).
D'après les informations de Météo France, pour la station de BELFORT-DORANS, le nombre moyen de jours de vent fort (> 16 m/seconde soit 58 km/h) est de 2,8 jours sur 7 mois de données recueillies (février, mars, avril, juillet, septembre, octobre, novembre).

- **Les inondations**

La commune de Fontaine est soumise à un Plan de Prévention des Risques Naturels Inondations pour les typologies de risques suivantes :

- Par une crue à débordement lent de cours d'eau, PPRN 90DREAL20120002 - PPRi de la Bourbeuse prescrit le 04/01/2000 et approuvé le 13/09/2002,
- Par une crue torrentielle ou à montée rapide de cours d'eau, 90DREAL20130002 - PPRi Bourbeuse (révisée), prescrit le 20/12/2012 qui révise les PPRN 90DREAL20120002 et 90DREAL20120003.



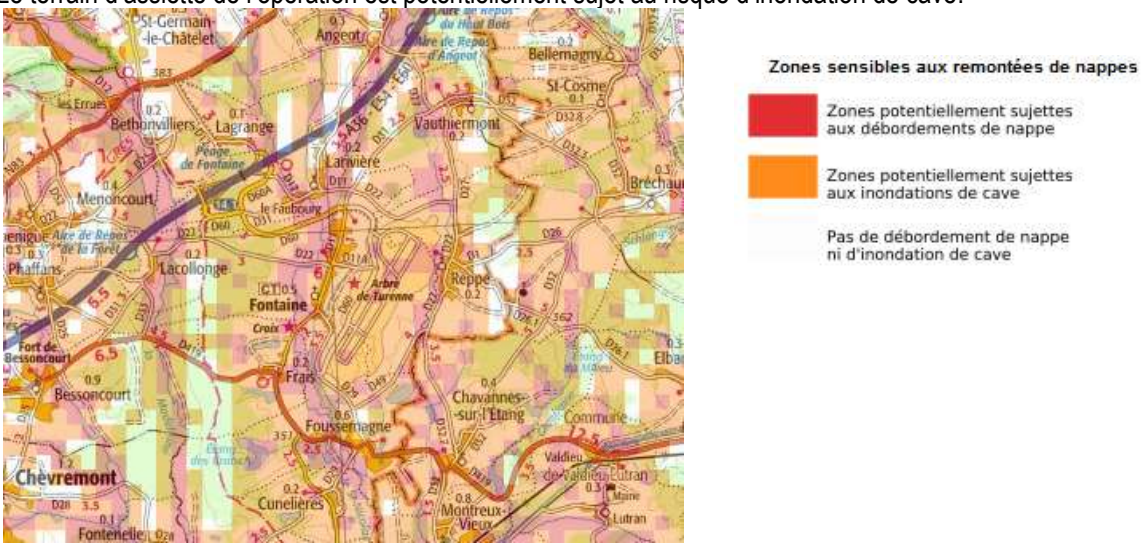
Extrait du zonage réglementaire du PPRi de la Bourbeuse sur la commune de Fontaine, Source : Préfète du territoire de Belfort

D'après le plan de zonage réglementaire du PPRi de la Bourbeuse sur la commune de Fontaine, on peut constater que le terrain objet du présent dossier est en dehors de la zone concernée par les inondations.

Cet aléa n'aura donc pas d'incidence sur la construction du bâtiment.

- **Les remontées de nappe**

Le terrain d'assiette de l'opération est potentiellement sujet au risque d'inondation de cave.



Carte de l'aléa de remontée de nappe dans les sédiments, source Géorisque

Ce risque sera pris en compte lors de la conception du bâtiment.

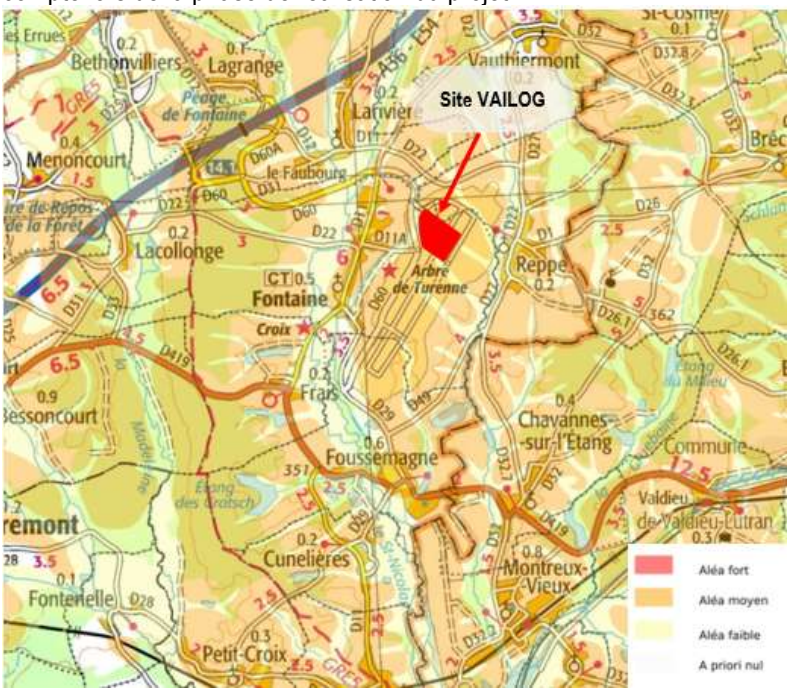
- **Mouvements de terrain**

La commune n'est pas concernée par le risque de mouvements de terrain.

- **Retrait-gonflements des sols argileux**

La commune de Fontaine est située dans une zone d'aléa moyen concernant les retrait-gonflements des argiles.

Néanmoins, la commune n'est pas soumise à un Plan de Prévention des Risques Naturels Retrait-gonflements des sols argileux. Malgré l'absence de réglementation particulière, cet aléa sera pris en compte lors de la phase de réalisation du projet.

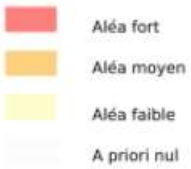


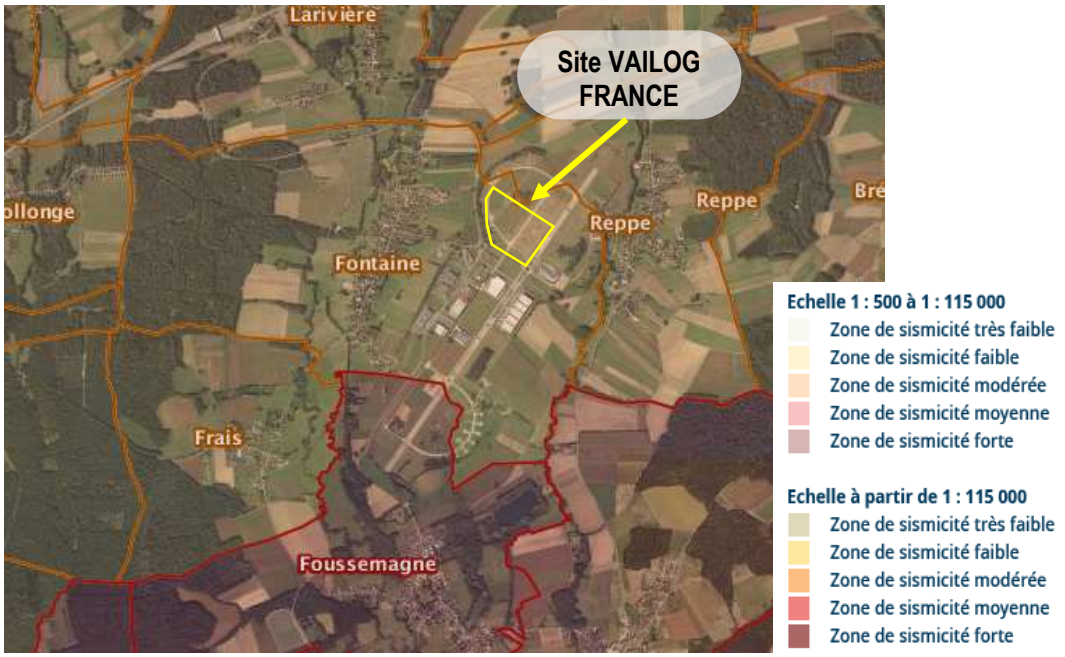
Carte des aléas de retrait-gonflements des sols argileux de la commune de Fontaine,

Source : Géorisques

- **Séismes**

D'après la carte des zones de sismicité issue du site gouvernemental Géoportail, la commune de Fontaine est classée en zone de sismicité modérée.





Les séismes les plus importants potentiellement ressentis dans la commune de Fontaine sont répertoriés dans le tableau ci-dessous issu du site Géorisques.

Commune	Intensité interpolée	Intensité interpolée par classes	Qualité du calcul	Fiabilité de la donnée observée SisFrance	Date du séisme
FONTAINE	7.33	VII-VIII	calcul précis	données incertaines	18/10/1356
FONTAINE	6.78	VII	calcul précis	données incertaines	01/06/1372
FONTAINE	6.38	VI-VII	calcul précis	données incertaines	12/05/1682
FONTAINE	5.94	VI	calcul très précis	données assez sûres	29/11/1784
FONTAINE	5.66	V-VI	calcul très précis	données assez sûres	25/07/1855
FONTAINE	5.55	V-VI	calcul très précis	données assez sûres	09/12/1755
FONTAINE	5.49	V-VI	calcul précis	données assez sûres	30/05/1621
FONTAINE	5.33	V-VI	calcul précis	données assez sûres	03/08/1728
FONTAINE	5.32	V-VI	calcul précis	données assez sûres	23/02/1887
FONTAINE	5.27	V-VI	calcul précis	données incertaines	18/10/1356

Néanmoins, la commune n'est pas soumise à un Plan de Prévention des Risques Naturels Séismes, le projet n'est donc pas soumis à l'application de règles parasismiques.

- **La foudre**

La foudre vient en 4ème position des causes d'incendie : l'impact de la foudre peut initier une inflammation d'un mélange inflammable et également entraîner une surtension au niveau d'appareillages électriques.

La foudre est un phénomène physique. C'est une décharge électrique aérienne résultant d'un phénomène atmosphérique complexe, elle est accompagnée d'éclairs (manifestation lumineuse) et de tonnerre (manifestation sonore).

Les éclairs dont la décharge se produit du nuage vers le sol sont responsables de nombreux dégâts et pertes causés à l'environnement, aux constructions et aux hommes.

Un coup de foudre direct peut entraîner la destruction du bâtiment et des équipements par incendie ou explosion, la détérioration des équipements électriques. Un réseau de terre dimensionné pour évacuer le courant sera installé en fond de fouille et tous les poteaux y seront reliés.

La foudre est un phénomène naturel et à ce titre, il est difficile de la maîtriser totalement.

Le bâtiment sera équipé d'une installation de protection contre les effets directs et indirects de la foudre.

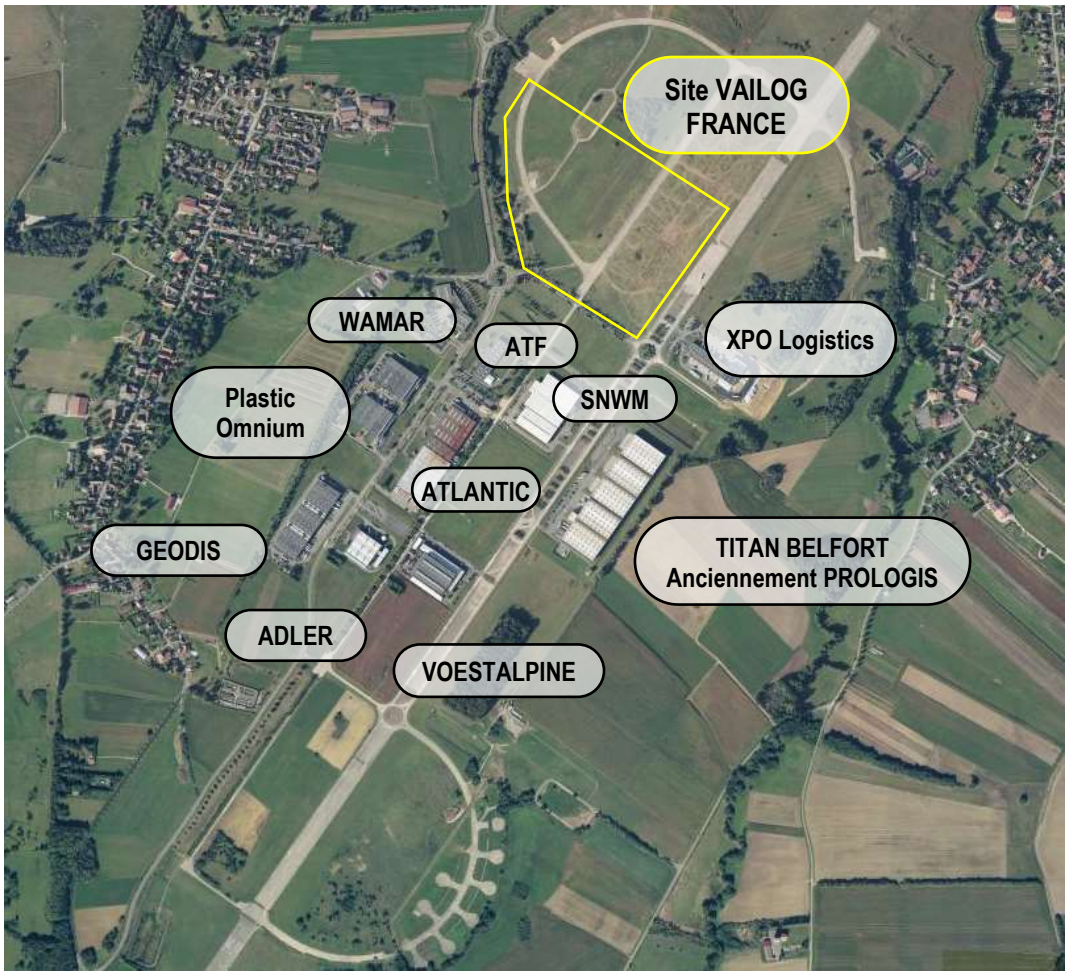
3.3.2 Les installations voisines – Les risques technologiques

Il existe six installations classées sur la commune de Fontaine.

Nom établissement(1)	Code postal	Commune	Régime en vigueur(2)	Statut Seveso
GEODIS AUTOMOTIVE EST	90150	FONTAINE	Enregistrement	Non Seveso
JULLEROT	90150	FONTAINE	Autorisation	Non Seveso
PLASTIC OMNIUM AUTO EXTERIEUR	90150	FONTAINE	Autorisation	Non Seveso
PROLOGIS FRANCE L	90150	FONTAINE	Inconnu	Non Seveso
SATE (ex CICE)	90150	FONTAINE	Autorisation	Non Seveso
TITAN BELFORT (Ex PROLOGIS)	90150	FONTAINE	Autorisation	Non Seveso

Tableau répertoriant les établissements classés sur la commune de Fontaine

Carte des installations industrielles sur la commune de Fontaine



Implantation des bâtiments sur la ZAC de l'Aéroparc

L'installation industrielle la plus proche est l'établissement TITAN BELFORT (ex PROLOGIS) qui est situé dans la ZAC de l'Aéroparc au Sud du bâtiment VAILOG FRANCE.

Cet établissement est occupé par la société INTER-LOGISTIC (EUROPE) qui est une entreprise spécialisée dans le service de gestion logistique à savoir la logistique industrielle, l'e-commerce et les opérations de logistique hi-tech.
Cet établissement se trouvant à 220 m au Sud du site objet du présent dossier, il n'est pas susceptible de présenter des risques pour ce projet.

Pour information, les bâtiments PROLOGIS FRANCE L et SATE (ex CICE) sont classés mais n'ont jamais été construits.

Aucune des installations industrielles voisines n'est susceptible de présenter des risques pour l'établissement VAILOG FRANCE, objet du présent dossier.

3.3.3 La malveillance

Nous n'avons pas retenu l'acte de malveillance comme événement initiateur d'une inflammation.
Cependant, la malveillance constitue la deuxième cause d'incendie dont les événements initiateurs sont connus (12% des cas d'incendie recensés). Les études accidentologiques indiquent que la malveillance semble être à l'origine d'une majorité de cas dont les causes ne peuvent être déterminées de façon définitive.
Ainsi, bien que l'installation ne représente pas une cible particulière au point d'y porter atteinte, le risque existe. Le site sera entouré d'une clôture périphérique.

Le bâtiment sera gardienné par télésurveillance 24h/24 et 7j/7. L'ensemble des alarmes de l'établissement sera reporté en télésurveillance.

3.3.4 L'origine humaine

La défaillance humaine constitue la 3ème cause de déclenchement d'un incendie. Les travaux par point chaud et l'inflammation par une cigarette ont donc été retenus comme événements initiateurs. Des mesures préventives seront mises en place dans le bâtiment :

- Il sera strictement interdit de fumer à l'intérieur des zones d'entreposage ainsi que dans les bureaux, sauf dans les zones dédiées,
- Le personnel sera formé aux risques,
- L'obtention préalable d'un permis feu sera obligatoire pour tous les travaux par points chauds.

3.3.5 L'installation électrique

L'ensemble de l'installation électrique sera conforme aux normes en vigueur.
Elle sera contrôlée annuellement par un organisme agréé.
Tous les appareils comportant des masses métalliques seront mis à la terre et reliés par des liaisons équipotentielles. Les circuits seront protégés par des disjoncteurs.
Un interrupteur général placé de façon parfaitement visible permettra de couper l'alimentation électrique. Compte tenu de l'omniprésence d'équipements électriques dans le bâtiment, nous avons considéré qu'ils pouvaient être source potentielle d'inflammation.

3.3.6 L'activité

Il n'existe pas de risque spécifique dû à la nature de l'activité : la logistique.
Seuls des produits emballés seront manipulés, aucun stockage de type vrac ne sera effectué. Les produits stockés seront placés sur des palettes qui seront rangées dans les zones d'entreposage.
Compte tenu des nombreux allers retours des caristes sur le site, nous avons considéré le risque de manutention comme source d'inflammation.

3.3.7 Les produits

Le bâtiment est destiné à accueillir une activité d'entreposage et de logistique, s'appliquant à des marchandises diverses qui sont classées dans les rubriques 1510, 1530, 1532, 2662, 2663-1, 2663-2. A tous ces produits, il faut associer les emballages habituels : plastiques, carton et papier.

3.3.8 Conclusion

L'inventaire des risques et l'accidentologie nous ont permis de retenir six sources d'inflammation possibles :

- La foudre comme risque naturel,
- La négligence humaine (dont imprudence fumeur) car c'est un facteur humain difficilement maîtrisable,
- Les travaux par point chaud du fait de la nécessité de faire des travaux au cours de la durée de vie du site,
- Une étincelle électrique, de par la présence d'équipements électriques sur le site,
- Le risque lié à la manutention, compte tenu des nombreux allers-retours effectués par les caristes au cours d'une journée de travail dans l'entrepôt,

Nous n'avons pas retenu l'événement « actes de malveillance » dans l'étude de dangers. Cependant, la malveillance est une des causes principales d'incendie dans les entrepôts et les mesures visant à éviter l'intrusion sur le site ont été étudiées.

3.4 Nœuds papillons et fonctions de sécurité

Les fonctions de sécurité ont pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité. Les fonctions de sécurité peuvent être assurées à partir de mesures de maîtrise des risques techniques, organisationnelles ou la combinaison des deux.

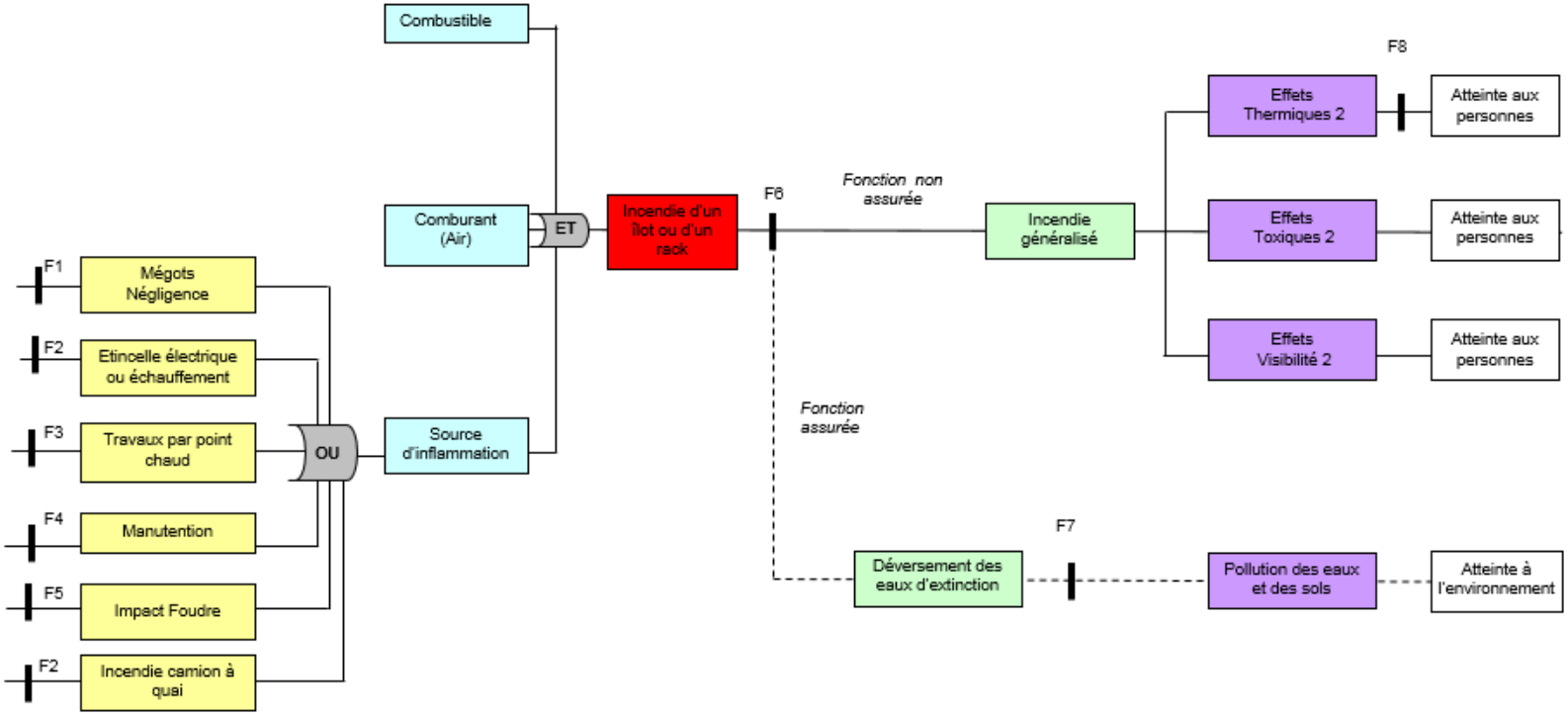
Sur les schémas nœud papillon ci-après apparaissent :

- L'événement redouté central (ERC), au centre de l'enchaînement accidentel. Pour un entrepôt, il s'agit de l'incendie d'un îlot de stockage.
- Les événements initiateurs, qui constituent une cause du déclenchement de l'ERC. Ils sont situés en amont, à l'extrémité gauche du schéma.
- Les phénomènes dangereux, source potentielle de dommages.
- Les effets des phénomènes dangereux (thermique, toxique…).
- Les fonctions de sécurité identifiées.

L'analyse préliminaire des risques se trouve en annexe n°2.

Légende couleurs
Jaune : événement initiateur
Bleu : les 3 composantes du triangle du feu
Rouge : ERC
Vert : conséquence de l'ERC si fonction de sécurité non assurée
Mauve : effets

Stockage de produits combustibles courants



F1 : Eviter l'inflammation par une cigarette	F5 : Protéger contre la foudre
F2 : Eviter les disfonctionnements d'appareils électriques	F6 : Eviter la propagation de l'incendie à la cellule et éteindre l'îlot/rack
F3 : Eviter les échauffements lors de travaux par point chaud	F7: Eviter la pollution des eaux et des sols
F4 : Prévenir l'inflammation engendrée par la manutention	F8 : Atténuer les effets thermiques

Bâtiment de stockage

Fonctions de sécurité

F1 : Eviter l'inflammation par une cigarette
F2 : Eviter les disfonctionnements d'appareils électriques
F3 : Eviter les échauffements lors de travaux par point chaud
F4 : Prévenir l'inflammation engendrée par la manutention
F5 : Protéger contre la foudre
F6 : Eviter la propagation de l'incendie à la cellule et éteindre l'îlot/rack
F7 : Eviter la pollution des eaux et des sols
F8 : Atténuer les effets thermiques

Dispositifs de sécurité par fonction	**F1**	**F2**	**F3**	**F4**	**F5**	**F6**	**F7**	**F8**
Interdiction de fumer	x							
Matériel électrique conforme et entretenu		x			x			
Interrupteur coupure énergie		x						
Permis intervention			x					
Permis feu			x					
Chariots entretenus et formation des caristes				x				
Protection foudre					x			
Intervention du personnel avec extincteur						x		
Intervention du personnel avec RIA						x		
Système de désenfumage						x		
Extinction automatique faisant office de détection						x		
Intervention des services de secours						x		x
Collecte et rétention des eaux incendie							x	
Résistance mécanique des murs								x
Ecrans thermiques (murs)								x

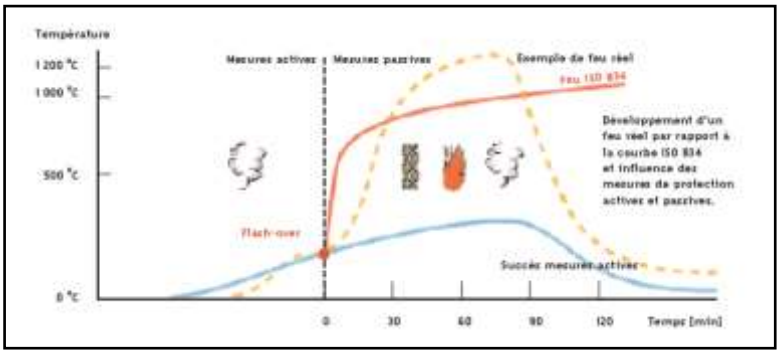
3.5 Etude de la cinétique

3.5.1 Cinétique générale de l'incendie

Ce chapitre est destiné à étudier l'adéquation des mesures de maîtrise des risques des fonctions de sécurité avec le déroulement prévisible d'un incendie.

Les produits étant conditionnés en colis fermés, le feu se propage dans un premier temps de façon relativement lente par contact et convection naturelle le long d'une palette.
Ensuite, la propagation du feu s'accélère lorsque le feu passe d'une palette à l'autre, favorisée par l'espacement entre les palettes et la convection qui échauffe préalablement les cartons. L'inflammation des faces externes atteint ensuite les produits conditionnés. On peut obtenir alors une propagation rapide du feu à tous les racks.

La variation de température avec le temps lors d'un incendie est modélisée par la courbe ISO ci-dessous.
Après 15 minutes, la température est de 745°C et augmente de 100°C à chaque fois que l'on double le temps.



Dans le cas d'un incendie d'entrepôt, on sait que la vitesse de propagation (différente de la vitesse de combustion) est telle que dans la majorité des cas, l'embrasement généralisé à la totalité de la surface est atteint en moins d'une heure après l'allumage. La rapidité d'intervention est donc capitale.

La rapidité est fonction du combustible, de sa forme, de la ventilation et du type de source d'allumage. Durant la phase de feu couvant, la température est localisée au point d'ignition. Les premiers gaz et la fumée apparaissent. Dans le local, la température varie d'un point à un autre.

Ensuite, le foyer devient vif mais reste encore localisé. Le rayonnement ou le contact des flammes atteint les matières proches ; les gaz chauds se dégagent et emplissent le volume.

3.5.2 Etude de la cinétique au sein du bâtiment

La société EFECTIS a été missionnée pour analyser les conditions de l'évacuation du personnel et de l'intervention des services de secours en prenant en compte les différentes phases de développement d'un incendie depuis sa phase d'ignition, son développement et dans le pire des cas sa généralisation à l'ensemble du bâtiment. Cette étude se trouve en annexe de la pièce complémentaire n°2 du présent dossier.

Dans le cadre de cette étude, les scénarios suivants ont été étudiés :

- Un scénario sous mezzanine sur une zone de process avec maîtrise du feu par système de sprinklage ;
- Un scénario au RDC dans la picktower de 5 niveaux avec maîtrise du feu par système de sprinklage ;
- Un scénario au RDC dans la picktower de 5 niveaux sans maîtrise du feu par système de sprinklage ;
- Deux scénarios sur la mezzanine à deux positions différentes ;
- Un scénario sur la mezzanine sans maîtrise du feu par système de sprinklage ;
- Un feu de VNA avec maîtrise du feu par système de sprinklage ;
- Un feu de VNA sans maîtrise du feu par système de sprinkage.

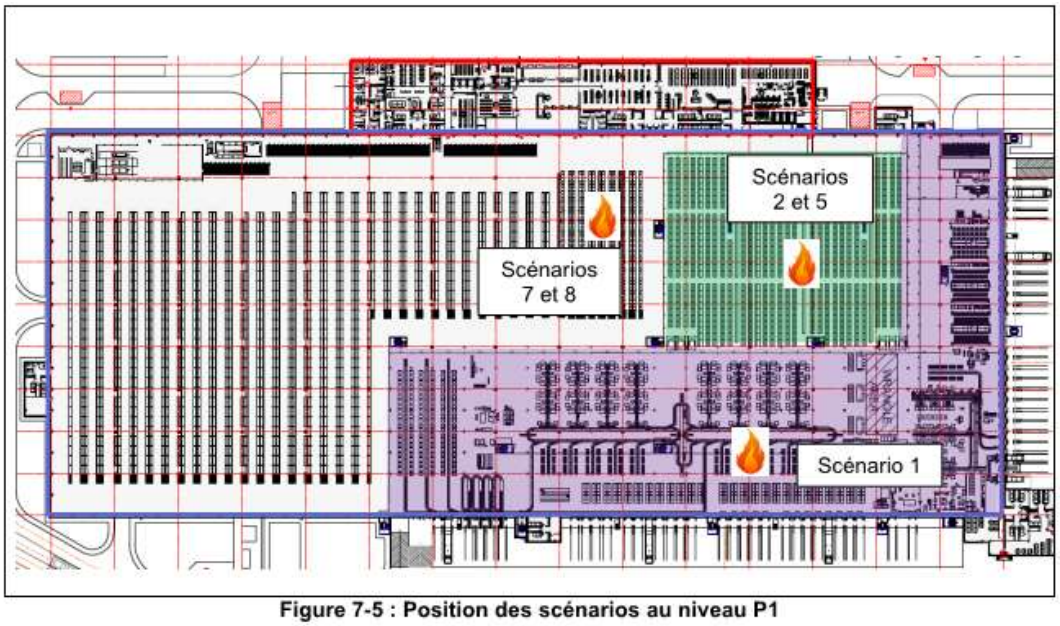
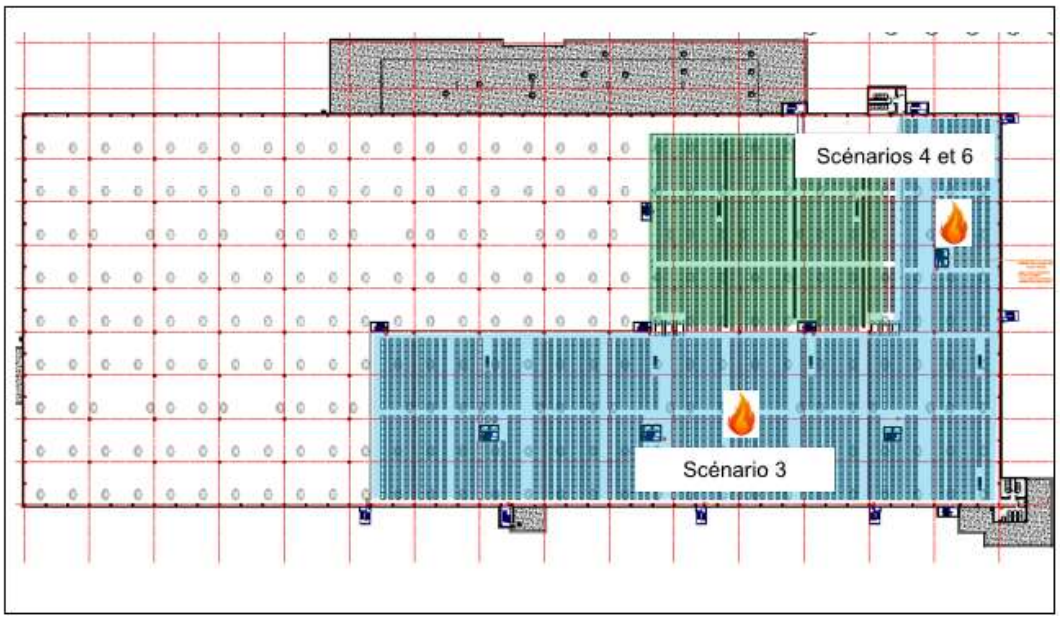


Figure 7-5 : Position des scénarios au niveau P1

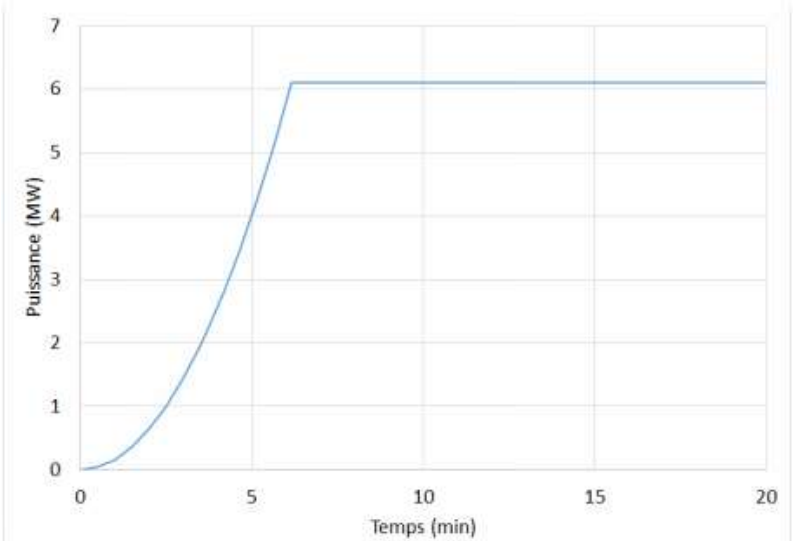


- **Scénario 1 : Feu de process au niveau P1**

S'agissant d'une zone « process », le niveau P1 ne comprend pas de fortes densités de matériaux. Sous la mezzanine la hauteur est de 5,5 m, d'une manière sécuritaire on considérera que le sprinkler se trouve à cette hauteur.
Pour ce scénario, une cinétique de développement « Rapide » sera utilisée. Celle-ci correspond à une puissance de 1 MW après 2min30s d'incendie. Cette hypothèse constitue une approche sécuritaire au regard de l'environnement rencontré en zone « process ».

Pour ce scénario, il est considéré que le déclenchement du système de sprinkler permet de contrôler l'incendie. La puissance de l'incendie est donc déterminée à partir du temps d'activation du système de sprinkler. On considère une température d'activation du sprinkler de 68 °C et un maillage de 3,6 m x 3,6 m. La corrélation d'Alpert permet de calculer la température sous un plafond et de déterminer ainsi à quel temps la température d'activation de 68 °C est atteinte à la 5ème tête de sprinkler. Cette formule a été utilisée pour déterminer que le sprinkler stoppe la propagation du feu après 371 secondes (en prenant en compte le RTI du sprinkler).

La puissance stationnaire de l'incendie pour ce scénario est donc de 6,1 MW. En ordre de grandeur, cette puissance est équivalente à la propagation d'un incendie pleinement développé dans une zone de bureau ou de process de 25 m².
L'évolution de la puissance de l'incendie au cours du temps est la suivante :

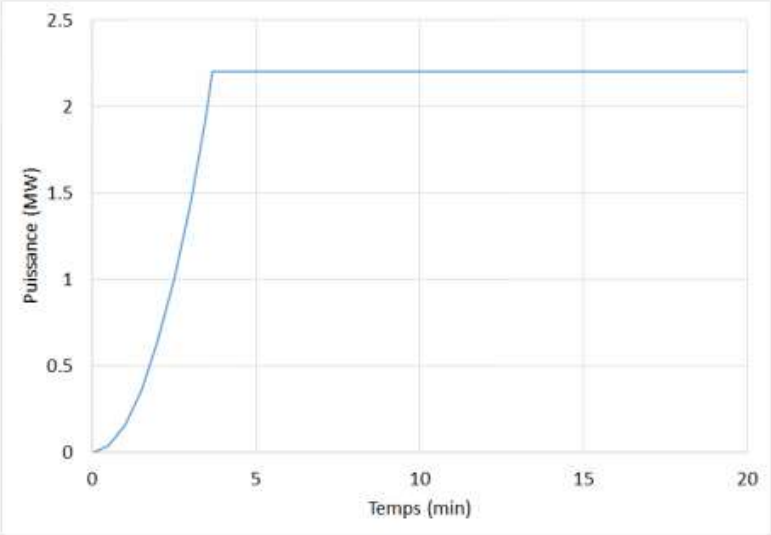


- **Scénario 2 : Feu de stockage de type picktower au 1er étage**

Pour ce scénario on considère que l'incendie débute à un rayonnage de picktower et se propage progressivement le long de celui-ci. Une cinétique de développement « Rapide » sera utilisée, représentative du combustible pouvant se trouver dans les entrepôts de type 1510.
Un système de sprinklage est installé dans chaque niveau de picktower permettant ainsi de considérer qu'en cas de départ de feu, l'incendie est maitrisé par le sprinkler.

On considère une température d'activation du sprinkler de 68 °C et un maillage de 2,4 m x 2,4 m et une hauteur de 3 m (correspondant à la hauteur de picktower au 1er étage). A partir de la corrélation d'Alpert le temps de maitrise de l'incendie par le sprinkler a été estimé à 227 s (en prenant en compte le RTI du sprinkler).

La puissance stationnaire de l'incendie pour ce scénario est donc de 2,3 MW. En ordre de grandeur, cette puissance est équivalente à la propagation d'un incendie pleinement développé dans une zone de bureau ou de process de 9 m².
L'évolution de la puissance de l'incendie au cours du temps est la suivante :

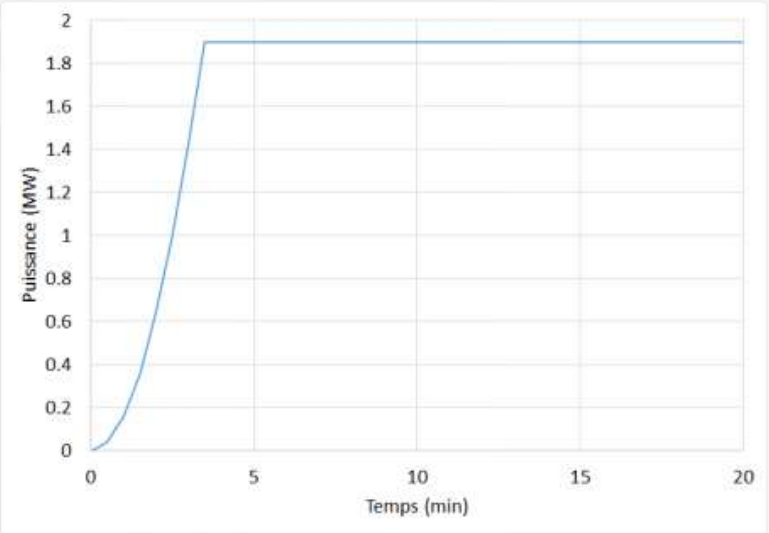


- **Scénarios 3 et 4 : Feu de stockage de type picktower au 3ème étage**

Les étages supérieurs des picktowers (3ème, 4ème et 5ème étages), disposent d'un stockage semblable aux niveaux inférieurs (P1 et 1er étage) avec une hauteur sous niveau plus faible (2,5 m). Il est proposé d'étudier un scénario dans ce niveau pour quantifier l'impact de cette différence.
La cinétique de développement est identique à celle proposée pour le scénario 2, à savoir « Rapide».

On considère une température d'activation du sprinkler de 68 °C, un maillage de 3 m x 3 m et une hauteur de 2,5 m (correspondant à la hauteur de picktower au 3ème étage). A partir de la corrélation d'Alpert le temps de maitrise de l'incendie par le sprinkler a été estimé à 200 s (en prenant en compte le RTI du sprinkler).

La puissance stationnaire de l'incendie pour ce scénario est donc de 1,9 MW. En ordre de grandeur, cette puissance est équivalente à la propagation d'un incendie pleinement développé dans une zone de bureau ou de process de 7,6 m².
Ce scénario sera étudié pour deux positions.
L'évolution de la puissance de l'incendie au cours du temps est la suivante :



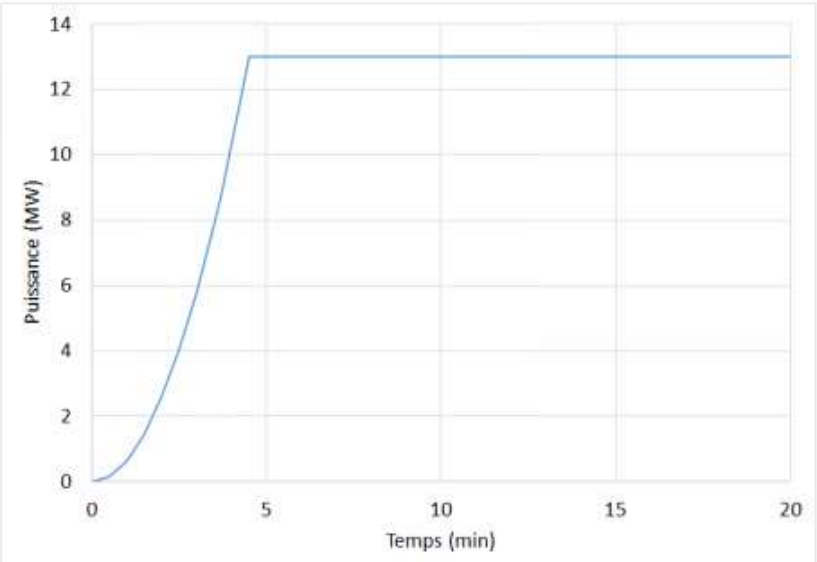
- **Scénarios 5 et 6 : Feu de stockage de type picktower non maitrisé par le sprinkler**

Ces scénarios consistent à reprendre le même développement de feu que pour les scénarios 2 et 4 mais sans limitation de leur développement par le système d'extinction automatique à eau de type sprinkler afin de conduire à une situation dégradée. Une limitation de la puissance de l'incendie liée à la modélisation pourra néanmoins être prise en compte en fonction des hypothèses liées aux extractions de fumées et aux amenées d'air en dépassant toutefois largement les débits calorifiques maîtrisés par le sprinkler.
Les positions de départ de feu sont identiques à celles proposées pour les scénarios 2 et 4.

- **Scénario 7 : Feu dans la VNA avec maîtrise par le sprinkler**

Un feu dans un rack de grande hauteur a la capacité de se développer rapidement verticalement avant l'activation du sprinkler et le contrôle de l'incendie. Dans cette situation, une cinétique de développement de feu Ultra-Fast est utilisée, celle-ci induit une puissance de 1,0 MW après 75 s d'incendie.
Un système de sprinkler est installé dans les VNA à une hauteur de 9 m, il est considéré dans ce scénario que ce système de sprinkler permet de maitriser la puissance du feu.

Pour déterminer à quelle puissance cet incendie est maîtrisé, un modèle numérique simplifié a été réalisé au niveau de la zone VNA. En prenant en compte une température d'activation de 68 °C, un maillage de 2,6 m x 2 m et une hauteur de 9 m, l'incendie est maîtrisé par le système de sprinkler après 270 s.
La puissance stationnaire de l'incendie pour ce scénario est donc de 13 MW.
L'évolution de la puissance de l'incendie au cours du temps est la suivante :



- **Scénario 8 : Feu dans la VNA sans maîtrise par le sprinkler**

Ce scénario consiste à reprendre le même développement de feu que pour le scénario 7 mais sans limitation de son développement par le système d'extinction automatique à eau de type sprinkler afin de conduire à une situation dégradée. Une limitation de la puissance de l'incendie liée à la modélisation pourra néanmoins être prise en compte en fonction des hypothèses liées aux extractions de fumées et aux amenées d'air en dépassant toutefois largement les débits calorifiques maîtrisés par le sprinkler.

- **Synthèse des scénarios étudiés**

Scénario	Maîtrise par le système sprinkler	Cinétique	Puissance maximale de l'incendie (MW)	Position
1*	Oui	Rapide	6,1	Sous la mezzanine
2	Oui		2,3	P1 dans la pick tower de 5 niveaux
3	Oui		1,9	Sur la mezzanine dans la pick tower de 3 niveaux
4	Oui		1,9	Sur la mezzanine dans la pick tower de 3 niveaux
5	Non		Pas de limitation	P1 dans la pick tower de 5 niveaux
6	Non		Pas de limitation	Sur la mezzanine dans la pick tower de 3 niveaux
7	Oui	Très Rapide	13	Dans la VNA
8	Non		Pas de limitation	

3.5.3 Dispositions pour empêcher le développement du feu

- Le système de détection et d'extinction automatique

Les sprinklers de type ESFR (Early Supression Fast Response) servent réellement à éteindre l'incendie. Ils lâchent un plus grand volume d'eau avec une plus grande puissance, directement dans et sur la colonne de feu. Le déflecteur de l'ESFR crée un large champ d'arrosage ; de ce fait un incendie entre les sprinklers peut être maîtrisé. Entre temps, l'orifice d'arrosage maintient sa grande force vers le bas pour atteindre et éteindre le foyer qui se trouve directement dessous.

Les têtes sont généralement calibrées pour déclencher vers 68°C. Ainsi, la tête déclenche moins de 50 s après le début de l'inflammation, ce qui permet une extinction quasi immédiate du départ de feu.
Pour un sprinkler de type ESFR, 12 têtes à fort débit peuvent être alimentées durant 60 min.
L'ensemble du système est dimensionné pour fonctionner pendant au moins 2 h.

Sur une période de 25 ans en Europe, on constate que sur 7 651 incendies, 73% sont maîtrisés avec 5 têtes de sprinkler ou moins, 95% avec 30 têtes ou moins.
En France, 50% des sinistres ont été maîtrisés avec une tête, 85% avec 5 têtes ou moins, 97% avec 30 têtes ou moins.

- L'intervention humaine avec extincteurs et RIA

Le délai de mise en œuvre dépend de la formation du personnel à ce genre de manœuvres.
Un extincteur classique a une durée d'action de 15 à 30 s. En règle générale, un départ de feu avec extincteur à proximité peut être maîtrisé en 10 à 20 s.

Type d'extincteur	Durée d'utilisation	Distance d'attaque
Eau pulvérisée 6 litres	40 s	3 m
Eau pulvérisée + additifs 6 litres	40 s	3 à 4 m
Poudre 6 kg	16 s	4 à 5 m
CO_2 2 kg	7 s	1 m

Les RIA sont un complément à l'intervention avec extincteur. Leur temps de mise en œuvre est plus long mais leur durée d'utilisation est par contre de plusieurs heures (contre quelques secondes pour les extincteurs).
Au-delà des premières minutes, le feu est trop développé pour que le personnel de l'établissement intervienne.

3.5.4 Conclusion

A partir de l'étude des 8 scénarios incendie investigués, il apparaît que :

- Dans tous les niveaux, le désenfumage et la porosité des planchers mis en place permettent de conserver de bonnes conditions de tenabilité en dehors de la zone de feu pour les personnes pendant plus de 10 min dans le cas de la maîtrise de l'incendie par le sprinkler ;
- Sous la mezzanine, un désenfumage mécanique ou naturel permet dans les deux cas d'évacuer les fumées pour éviter une redescente de celles-ci aux niveaux de circulation en

rez-de-chaussée tout en limitant la propagation des fumées vers le dessus de la mezzanine et vers les picktowers ;

- Dans le cas d'une non maîtrise de l'incendie par le système de sprinkler, une aggravation du risque pour les personnes proches du départ de feu et les personnes se trouvant au dernier niveau de picktowers lors de leur évacuation est constatée ;

- En prenant en compte l'absence de temporisation sur le déclenchement de l'alarme, les personnes peuvent évacuer avant que les conditions de visibilité soient dégradées, notamment en étages de picktowers.

4 PHENOMENES DANGEREUX

4.1 Etude des effets thermiques : l'incendie

La société EFECTIS a été mandatée pour la réalisation de l'étude de flux thermiques. Cette étude se trouve en annexe n°3.

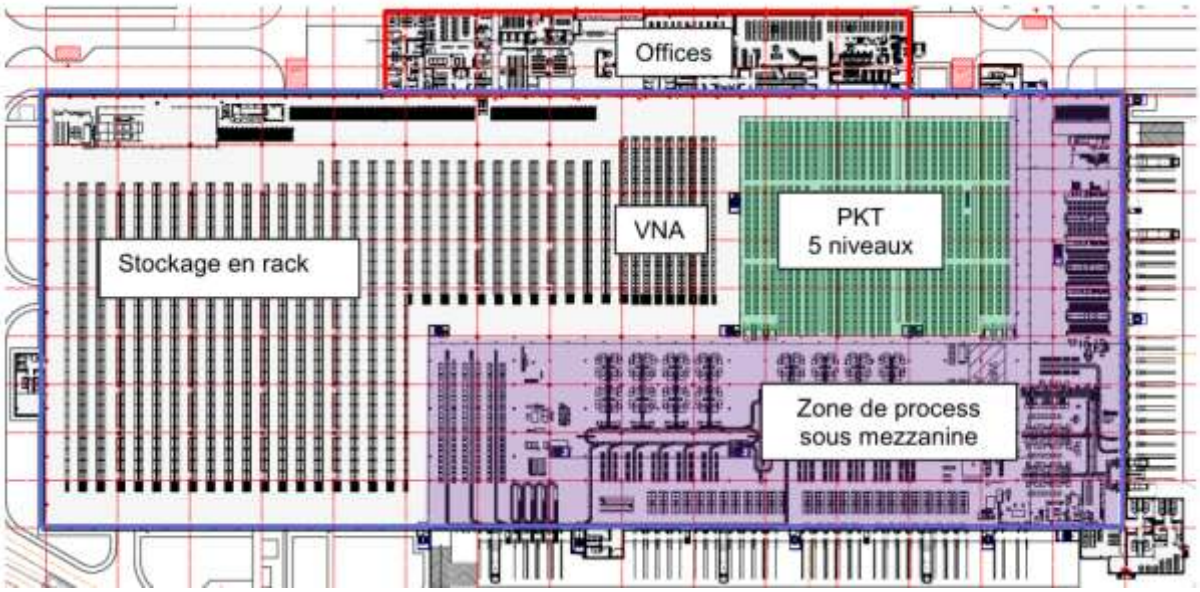
4.1.1 Description du bâtiment

Les dimensions du bâtiment entrepôt sont les suivantes :

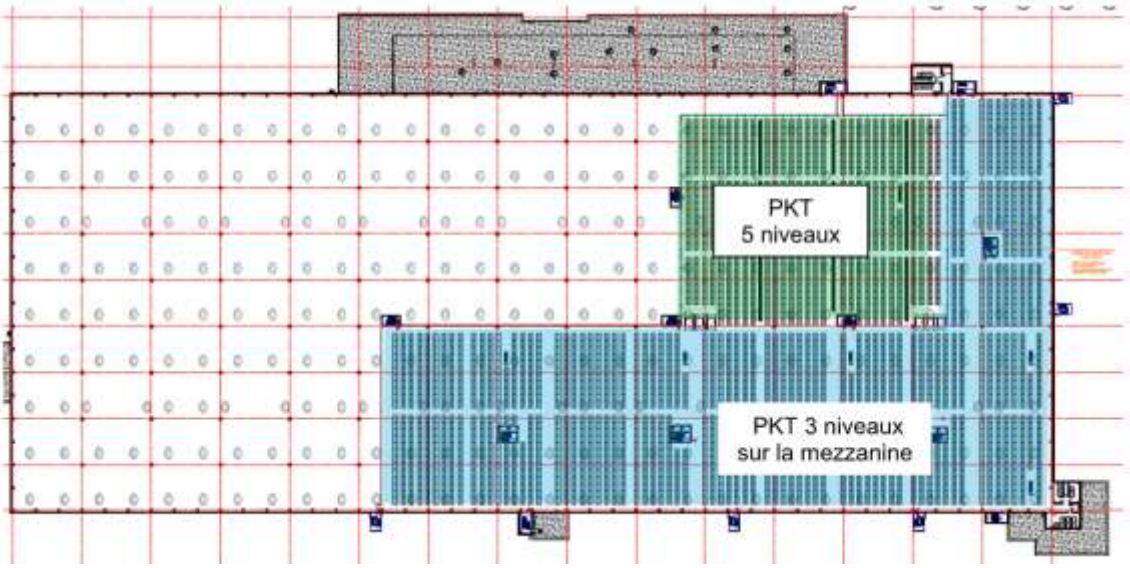
- Longueur : 361,00 m
- Largeur : 145,00 m
- Surface : 52 168 m²
- Hauteur moyenne : 15,50 m

L'entrepôt peut être divisé en plusieurs zones d'exploitation particulières, repérées sur les figures ci-dessous :

- Une mezzanine (en violet) à une hauteur de 6 m représentant une surface totale de 17 871 m² et comprenant :
  - o une zone de process sous son emprise
  - o trois niveaux de picktowers sur la mezzanine
- Une zone de picktowers (en vert) de cinq niveaux accolée à la mezzanine
- Un stockage en racks denses de type VNA
- Un stockage en racks classiques



Plan du niveau RDC –P1



Plan du niveau sur mezzanine –P2

Coupe dans l'entrepôt au niveau de la mezzanine

La mezzanine sera réalisée en béton et présentera une performance coupe-feu 1h (REI60). La toiture sera réalisée en bac acier, sans résistance au feu.

La structure réalisée en poteaux béton sera au minimum stable au feu 1 h (R60).

La façade sera constituée par un bardage métallique double peau, excepté dans la zone des quais de chargement/déchargement où une paroi béton sera mise en œuvre sur une hauteur de 4 m environ.

La zone de bureaux située au Nord du bâtiment sera traitée par une paroi REI120.

EFECTIS, faisant partie des co-développeurs de l'outil FLUMilog, est conscient des différents enjeux liés aux cellules de grande hauteur, et à la possibilité de débloquer cette limite d'utilisation de hauteur de l'outil.
Ainsi, dans le cadre de cette prestation, EFECTIS est intervenu afin d'étendre le domaine d'utilisation de l'outil FLUMilog à une cellule de plus de 200 m avec stockage hétérogène et présence d'une mezzanine et de picktowers.

4.1.2 Méthodologie adoptée pour l'étude

L'utilisation de l'outil FLUMilog (ou d'autres méthodes type murs de flamme) présente des limites qui sont atteintes dans le cas du bâtiment du site de Fontaine :
1. Les dimensions sont limitées à 200 m : le bâtiment mesure 361 m de long environ ;
2. Un seul niveau de stockage ne peut être étudié à la fois : le bâtiment possède une mezzanine ;
3 Un seul type de stockage ne peut être étudié à la fois : le bâtiment dispose de stockage racks, VNA, process et picktowers.

Ci-dessous est présentée la méthodologie permettant de s'affranchir des limites de l'outil, tout en proposant une approche sécuritaire.

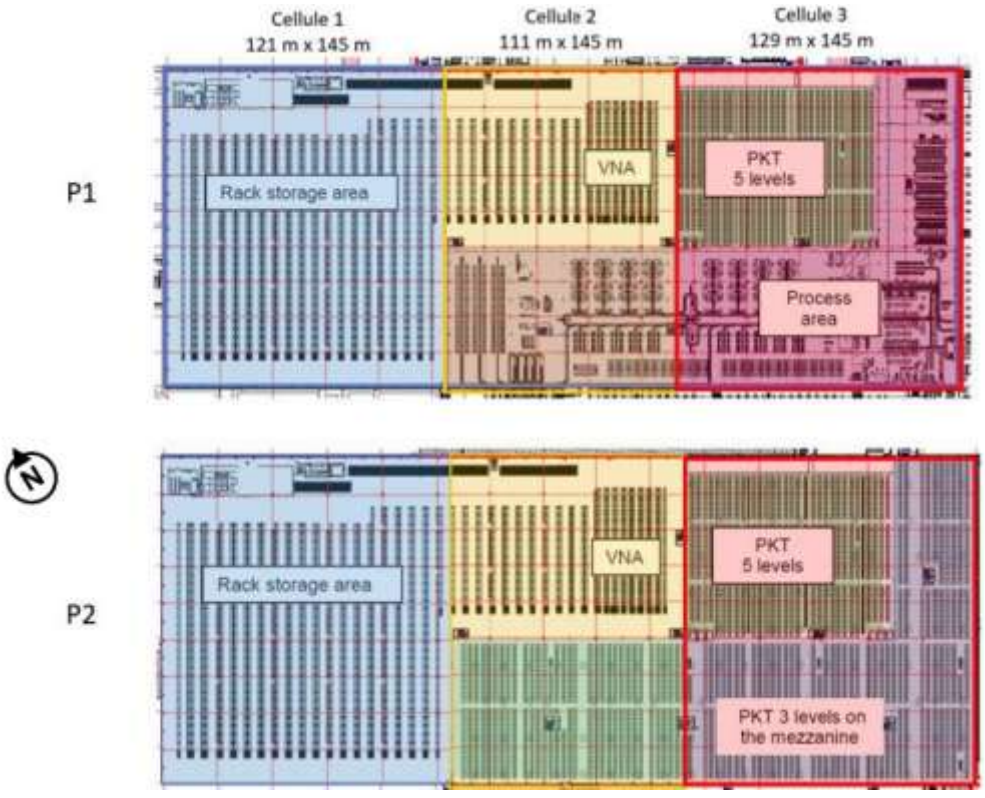
4.1.2.1 Dimensions supérieures à 200 m

De façon à contrer les limites concernant les dimensions de l'entrepôt, on propose de procéder à un découpage de l'entrepôt en plusieurs tronçons.

Le bâtiment a des dimensions sortant du champ d'application FLUMilog ou d'autres outils du même type. Il est donc proposé d'étudier le bâtiment à l'aide de cellules moins longues, qui permettront par ailleurs de représenter plus justement les différentes catégories de stockage.

On présente sur la figure ci-dessous le découpage proposé. On constate ainsi que :

- La cellule virtuelle 1 est destinée au stockage rack ;
- La cellule virtuelle 2 contient à la fois du stockage rack et VNA sur toute sa hauteur dans une zone et ailleurs du process au P1 et des PKT à partir du P2 ;
- La cellule virtuelle 3 comporte les 5 niveaux de PKT ainsi que le process au P1 et les PKT à partir du P2.



4.1.2.2 Gestion des cas à plusieurs niveaux de stockage

Dans la méthodologie FLUMilog, un seul de niveau de stockage peut être étudié à la fois. Deux solutions s'offrent généralement à l'utilisateur :

- Solution n°1 : Modéliser uniquement le dernier niveau de stockage, la durée de l'incendie étant inférieure au degré de résistance au feu du plancher ;
- Solution n°2 : Modéliser le stockage sur l'ensemble des niveaux.

Dans le cadre de l'étude du bâtiment de FONTAINE, qui dispose d'une mezzanine REI60, la première solution n'apparaît pas réaliste. En effet, la propagation du feu entre niveaux apparaît possible en rive de mezzanine.

D'autre part, la seconde solution apparaît très pénalisante :

- Dans le cas d'une propagation entre niveaux, ceux-ci risquent de s'effondrer et donc de réduire la surface en feu, contrairement à un stockage toute hauteur.
- Une quantité de matière combustible non négligeable est ajoutée au calcul lorsque l'on considère les racks toute hauteur par rapport à la quantité de matière équivalente sur chacun des niveaux, d'autant plus que la zone sous la mezzanine étant consacrée à du process, le stockage y est très limité.

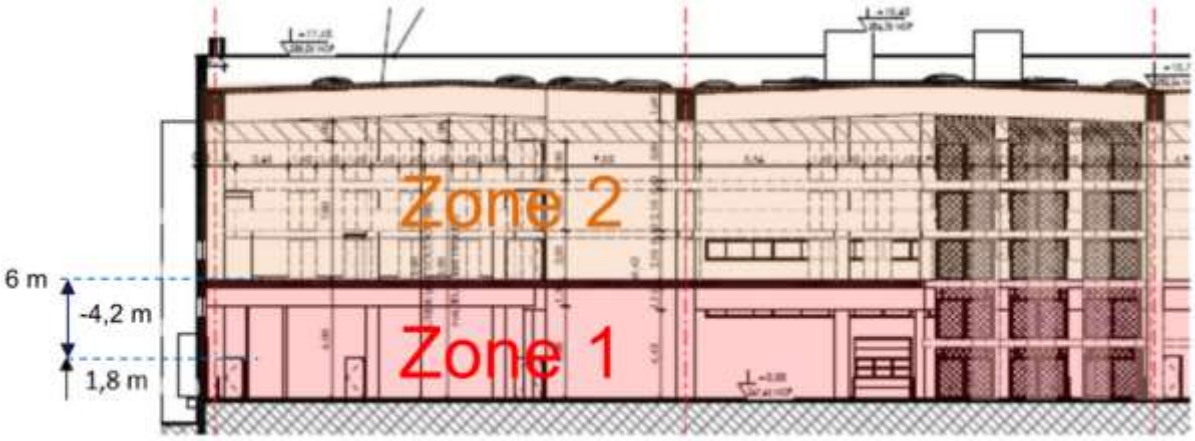
Ainsi, on propose d'adopter la méthodologie suivante (solution n°3), qui apparaît comme le meilleur compromis entre les options présentées précédemment :

- Calculer les distances d'effets pour chacun des niveaux (P1 et P2), en tenant compte de leur éloignement par rapport au sol en modifiant la hauteur de cible ;
- Additionner la totalité des flux issus de chacun des niveaux, qui sont des flux maximums et majorants.

Ainsi, pour le bâtiment étudié, les caractéristiques retenues (hauteur de cellule et hauteur de cible) pour chacun des niveaux sont synthétisées dans le tableau suivant. On nomme zone 1 la représentation du niveau P1 utile aux calculs de flux thermiques et zone 2 la représentation du niveau P2 utile aux calculs de flux thermiques.

	Zone 1 (0 m)	Zone 2 (6 m)
Hauteur de cellule	6 m	9,5 m
Hauteur de cible	1,8 m	-4,2 m

Synthèse des caractéristiques retenues pour une cellule 2 niveaux



Calcul des flux à chaque niveau tenant compte de la hauteur de stockage réelle

Les flux issus de chacun des niveaux sont ensuite additionnés à l'aide d'une addition arithmétique qui permet de considérer l'incendie généralisé à chaque niveau simultanément.

Cette méthode permet de ne pas considérer de stockage fictif dans l'espace entre les planchers et la hauteur réelle de stockage à chaque niveau. Par exemple, considérer du stockage sur toute la hauteur entre le niveau P1 et P2 (6 m) est beaucoup trop pénalisant au regard de la zone process située sous la mezzanine.

4.1.2.3 Combinaison de la diversité de stockage et des niveaux

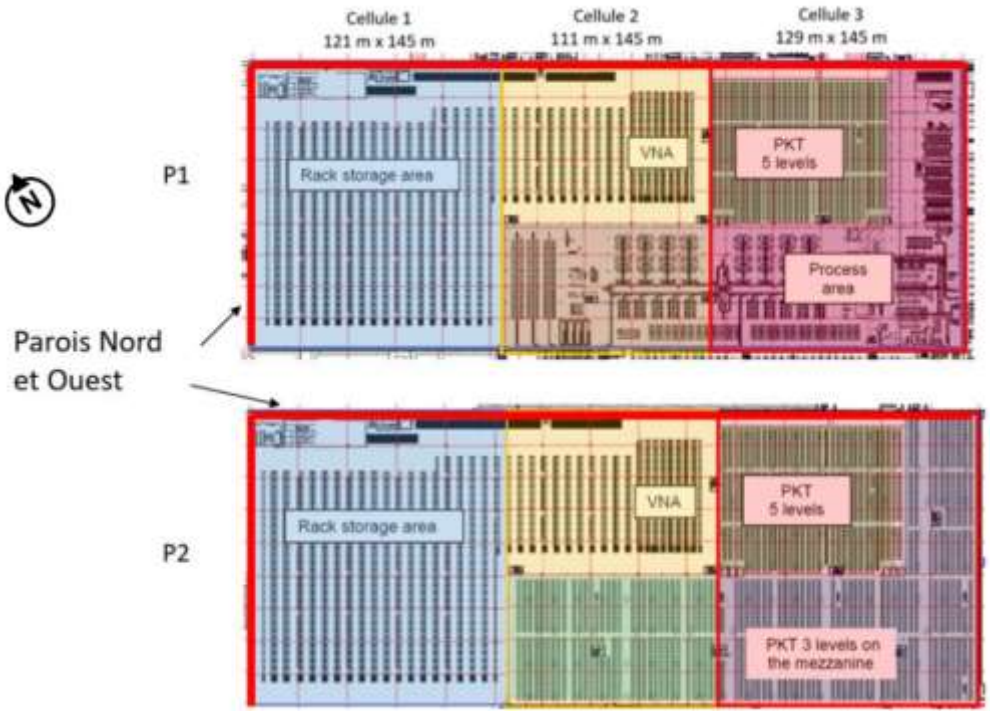
Il a été proposé précédemment de :

- Découper le bâtiment en 3 cellules ;
- Réaliser une addition des flux issus indépendamment des niveaux P1 et P2.

Toutefois, la mezzanine n'étant pas présente sur toute la surface de l'entrepôt, il est alors proposé de calculer les flux distinctement sur les différentes façades, selon que le stockage se fait toute hauteur ou non dans la cellule.

Ainsi, le calcul des flux sur les façades Nord et Ouest sera réalisé en considérant des cellules toute hauteur avec un stockage toute hauteur. Pour les façades Sud et Est, on distinguera les cellules 2 et 3 qui intègrent la mezzanine avec une addition des flux sur les niveaux P1 et P2 de la cellule 1 qui sera modélisée sur toute sa hauteur compte tenu du stockage rack sur toute la hauteur de la cellule.

On rappelle sur les figures ci-dessous la disposition du stockage en lien avec le calcul des flux sur les différentes façades.

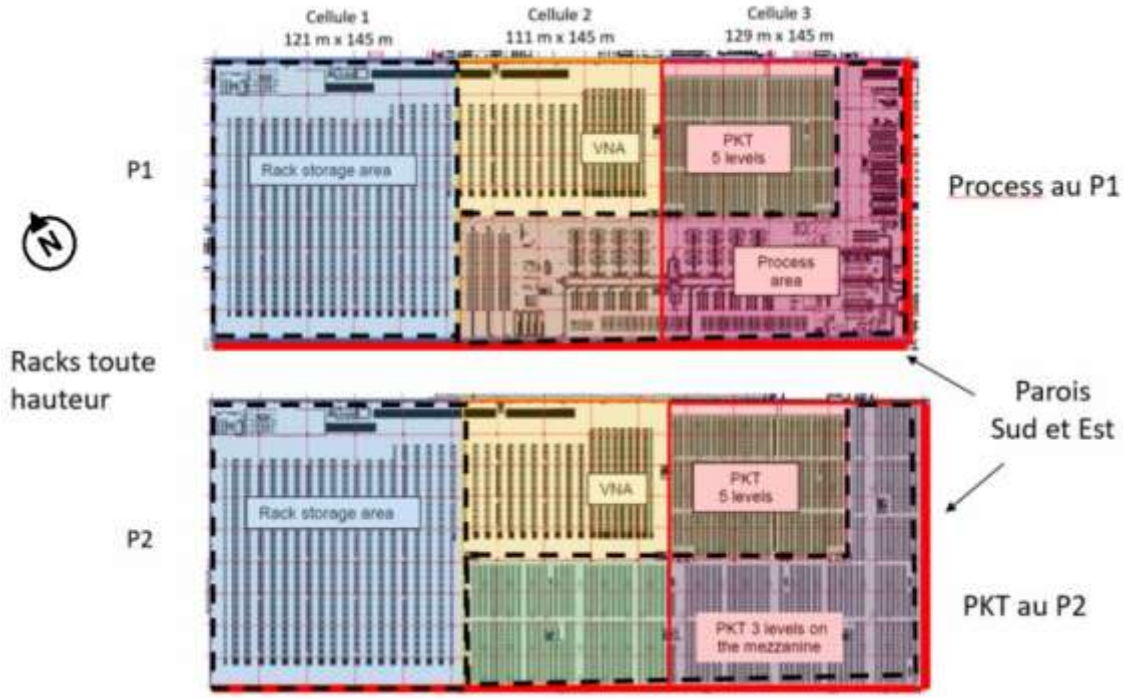


Façades Nord et Ouest : stockage toute hauteur

Pour les façades Sud et Est, seront donc calculés indépendamment :

- Les flux issus des cellules 2 et 3 de la zone 1 (P1) ;
- Les flux issus des cellules 2 et 3 de la zone 2 (P2) ;
- Les flux issus de la cellule 1 sur toute la hauteur.

Puis, on additionnera les flux des zones 1 et 2 et enfin les flux des cellules 2 et 3 à ceux de la cellule 1.



Façades Sud et Est : addition des flux sur les niveaux P1 et P2 pour les cellules 2 et 3- calcul des flux sur toute la hauteur de la cellule 1

4.1.3 Hypothèses retenues pour l'étude de flux thermiques

Ce paragraphe décrit les hypothèses détaillées retenues dans le cadre de l'étude

4.1.3.1 Cible

De manière générale, on étudie les flux thermiques à hauteur d'homme, 1,8 m depuis le sol. Comme indiqué précédemment, la hauteur de cible a été adaptée pour l'étude du niveau P2.

4.1.3.2 Caractéristiques des parois

On présente dans le tableau ci-dessous les caractéristiques des cellules :

- dans le cas d'une modélisation toute hauteur (flux issus des parois Nord et Ouest),
- dans le cas d'une modélisation sur 2 niveaux (flux issus des parois Sud et Est).

Notons que la toiture de la cellule lorsque l'on considère la zone 1 indépendamment a été considérée en fibrociment. En effet, la mezzanine ne recouvrant pas toute la surface de la zone, il a été considéré de manière sécuritaire que le combustible était très peu recouvert par la chute du plancher, d'où le choix d'une toiture fibrociment.

Par ailleurs, le niveau sous la mezzanine étant désenfumé mécaniquement, ce type de désenfumage ne peut pas être pris en compte dans l'outil FLUMilog. Ainsi, il a été considéré l'absence de désenfumage pour la zone 1.

		Cellule 1	Cellule 2	Cellule 3
Dimensions de la cellule	Longueur (m)	145	145	145
	Largeur (m)	121	111	129
	Hauteur (m)	15.5	15.5	15.5
Caractéristiques de la toiture	Résistance au feu des poutres (min.)	1	1	1
	Résistance au feu des pannes (min.)	1	1	1
	Matériau constituant la couverture	Bac acier	Bac acier	Bac acier
	% d'exutoires en surface utile	2 %	2 %	2 %
Nature et résistance des structures supports de façade	Structure support	Poteau béton	Poteau béton	Poteau béton
	Résistance au feu de la structure support (min.)	60	60	60
	Matériau	Bardage panneaux sandwich	Bardage panneaux sandwich	Bardage panneaux sandwich
	Etanchéité aux gaz chauds (min.)	1	1	1
	Critère d'isolation de paroi (min.)	1	1	1
	Résistance des fixations (min.)	1	1	1

Synthèse des données concernant la partie entrepôt – cellules toute hauteur

Pour les cas où les cellules 2 et 3 sont découpées sur 2 niveaux, la nature et résistance des structures supports et façades restent identiques. On détaille en revanche les autres hypothèses qui évoluent ci-dessous.

			Cellule 2	Cellule 3
Zone 1	Dimensions de la cellule	Longueur (m)	145	145
		Largeur (m)	111	129
		Hauteur (m)	6	6
	Caractéristiques de la toiture	Résistance au feu des poutres (min.)	1	1
		Résistance au feu des pannes (min.)	1	1
		Matériau constituant la couverture	Fibrociment	Fibrociment
		% d'exutoires en surface utile	0 %	0 %
Zone 2	Dimensions de la cellule	Longueur (m)	145	145
		Largeur (m)	111	129
		Hauteur (m)	9.5	9.5
	Caractéristiques de la toiture	Résistance au feu des poutres (min.)	1	1
		Résistance au feu des pannes (min.)	1	1
		Matériau constituant la couverture	Bac acier	Bac acier
		% d'exutoires en surface utile *	2 %	2 %

Synthèse des données concernant la partie entrepôt – zones 1 et 2

4.1.3.3 Modélisation de la charge combustible

Le bâtiment contient 4 types de stockage distincts :

- Zone process ;
- Zone racks ;
- Zone VNA :
- Zone PKT.

On décrit ci-dessous la prise en compte de chacun de ces stockages avec le logiciel FLUMilog.
Concernant le type de combustible, on propose de retenir un stockage de type 1510 ou 2662, les entrepôts étant classés sous cette rubrique. Par ailleurs, on notera que la rubrique 2662 est sécuritaire vis-à-vis du stockage réellement effectué, qui ne sera jamais composé à 100 % de 2662. Le fait de considérer les rubriques 1510 et 2662 à l'aide de l'outil FLUMilog permet de couvrir également les rubriques 2663 (identique à la 2662) et les rubriques 1530 et 1532 qui sont couvertes par la rubrique 1510.

- **Modélisation de la zone process**

Bien que cette zone ne représente pas un volume de stockage important au regard des autres niveaux, on propose de déterminer l'impact d'un feu dans cette partie sur la cartographie des flux et de modéliser cette zone de process à l'aide de stockage masse, avec une hauteur de stockage de 1,5 m.
Selon que la densité de stockage est plus ou moins importante, les distances d'effets ont plus ou moins d'emprise sur le terrain. Il a donc été décidé de considérer de manière sécuritaire une emprise du stockage d'environ 67 % de la surface totale du niveau.
Ce taux d'occupation a été choisi relativement à l'implantation des zones de travail qui est inférieur au 2/3 de la surface du niveau concerné. La taille des îlots a été déterminée de façon à obtenir le taux d'occupation souhaité.

Les hypothèses retenues pour la modélisation sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Stockage	Stockage Process
Largeur des îlots	5 m
Longueur des îlots	5 m
Hauteur des îlots	1,5 m
Largeur d'allées	1 m

- **Modélisation de la zone racks**

Dans la cellule 1, qui reçoit uniquement du stockage racks, il s'agit d'une modélisation classique avec les hypothèses suivantes.

Stockage	Stockage Racks – cellule 1
Longueur de stockage	107 m
Nombre de doubles racks	18 m
Largeur d'un double rack	2,5 m
Nombre de simples racks	2
Largeur d'allées entre les racks	3,5 m
Hauteur maximum de stockage	13 m

- **Modélisation de la zone VNA**

Ce type de stockage n'est présent que dans la cellule 2. A surface équivalente, ce type de stockage représente une quantité de combustible plus importante que le stockage PKT qui est également présent dans cette cellule.
N'étant possible de représenter qu'un type de stockage par cellule, c'est le stockage de type VNA qui est considéré dans cette cellule, sur toute la surface de stockage (VNA + PKT).

Stockage	Stockage VNA – cellule 2
Longueur de stockage	128 m
Nombre de doubles racks	30 m
Largeur d'un double rack	2,3 m
Largeur d'allées entre les racks	1,5 m
Hauteur maximum de stockage	13 m / 7 m*

*Dans le cas de la cellule toute hauteur, le stockage considéré est de 13 m de hauteur, dans le cas de la modélisation de la zone 2 uniquement, il est considéré une hauteur de stockage de 7 m.

- **Modélisation de la zone PKT**

Il s'agit du stockage présent dans la cellule 3, pour lequel les hypothèses suivantes sont retenues.

Stockage	Stockage PKT – cellule 3
Longueur de stockage	140 m
Nombre de doubles racks	139 m
Largeur d'un double rack	1,4 m
Largeur d'allées entre les racks	1,7 m
Hauteur maximum de stockage	13 m / 7 m*

*Dans le cas de la cellule toute hauteur, le stockage considéré est de 13 m de hauteur, dans le cas de la modélisation de la zone 2 uniquement, il est considéré une hauteur de stockage de 7 m.

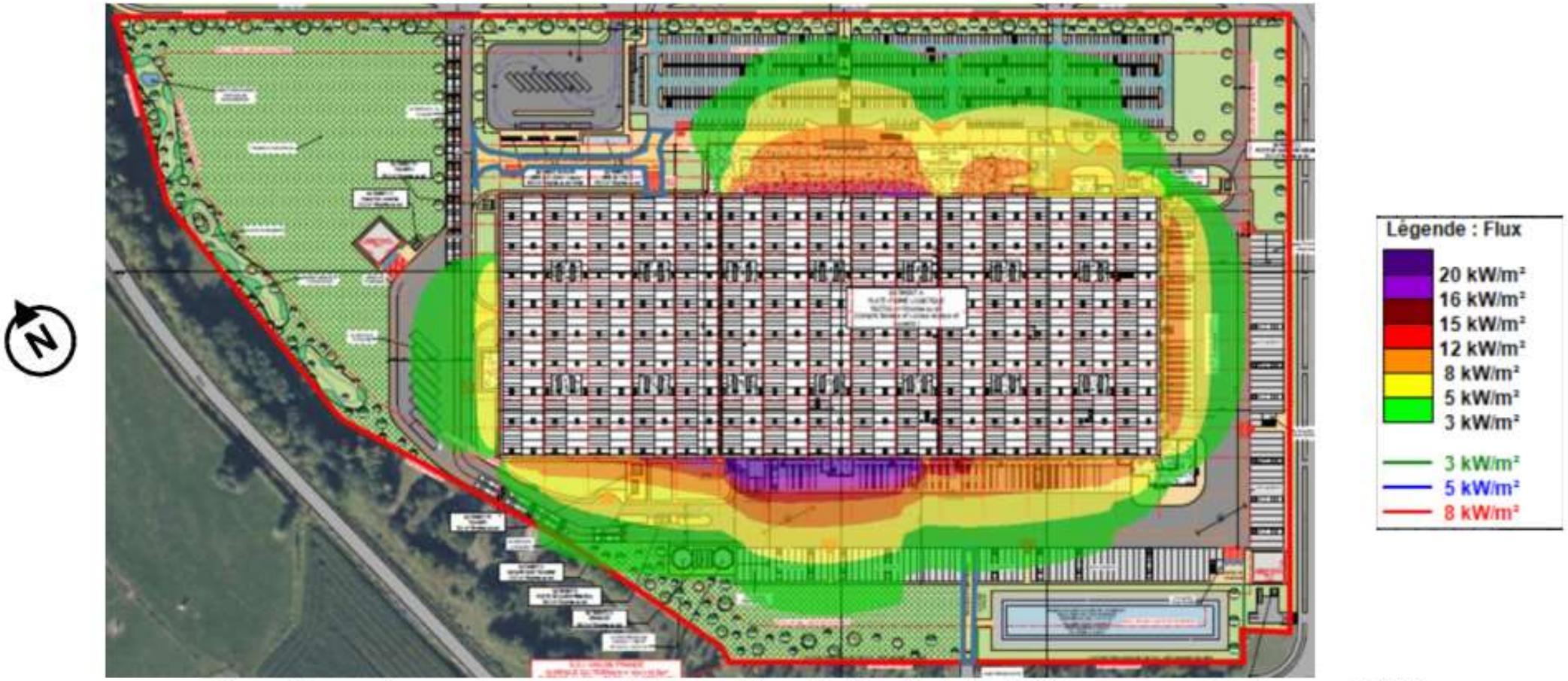
4.1.3.4 Résultats

La modélisation des flux thermiques démontre la nécessité de mettre en œuvre des façades REI 60 sur toute la hauteur aux endroits suivants :

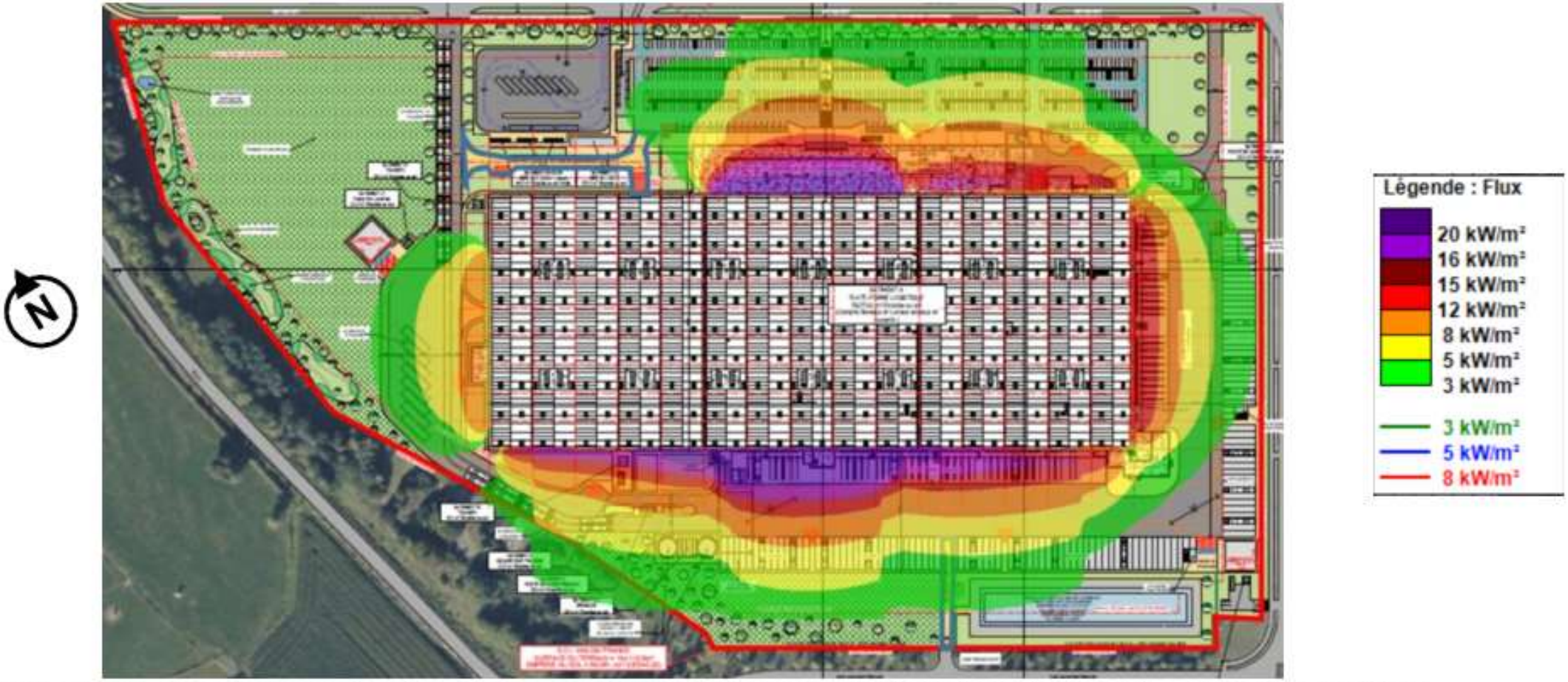
Dans cette configuration, les flux issus d'un incendie généralisé du bâtiment pour un stockage 1510 ou 2662 sont ceux représentés sur les plans ci-après.

- Dans le cas le plus défavorable, le flux de 8 kW/m² ne sort pas des limites de propriété.
- Dans le cas le plus défavorable, le flux de 5 kW/m² ne sort pas des limites de propriété.
- Dans le cas le plus défavorable, le flux de 3 kW/m² sort côtés Nord et Sud du site.

Les fichiers FLUMILOG se trouvent en annexe n°4.



Flux thermiques issus de l'incendie généralisé du bâtiment – stockage 1510



Flux thermiques issus de l'incendie généralisé du bâtiment – stockage 2662

4.2 Etude des effets toxiques et des effets sur la visibilité des fumées

La société ARIA Technologies a été mandatée pour réaliser l'étude de dangers sur la dispersion atmosphérique des fumées émises par différents scénarii d'incendie sur le site. Le rapport complet est en annexe n°5.

L'objectif de cette étude est de déterminer la dispersion atmosphérique des fumées toxiques émises par 2 scénarii d'incendie (mal ventilé / bien ventilé).

Pour chacun de ces scénarii, trois conditions météorologiques de dispersion des fumées seront étudiées :

- une situation avec un vent fort et une atmosphère neutre entrainant un rabattement de panache près du sol ;
- une situation avec un vent moyen et une atmosphère neutre simulant les conditions météorologiques les plus courantes ;
- une situation avec un vent faible et une atmosphère très stable, entrainant une mauvaise dispersion.

La démarche retenue s'appuie d'une part sur la méthodologie de caractérisation du terme source de l'INERIS et d'autre part, sur l'utilisation d'un modèle numérique 3D. Les simulations permettent le calcul des grandeurs thermodynamiques et des distributions spatiales des polluants.

Le code de calcul utilisé est le Code_Saturne développé par EDF R&D et intégré dans la plateforme ARIA Local. Il s'agit d'un code eulérien de mécanique des fluides 3D qui résout numériquement les équations de Navier-Stockes.

4.2.1 Description de la méthodologie

La simulation de la dispersion des fumées d'incendie et leur impact s'articulent autour de la connaissance du terme source, des conditions météorologiques et atmosphériques dans lesquelles s'effectue la dispersion et de la toxicité des produits sur les personnes.

- **Le terme source**

Dans le cadre des études de danger d'incendie d'entrepôt (par exemple), il est important de rassembler toutes les informations concernant la nature et la quantité de combustible stocké.

Cette information permet de déterminer, le bilan molaire et massique des composés chimiques et de calculer, à partir des hypothèses sur la nature du foyer (incendie bien ventilé ou mal ventilé), les caractéristiques thermo-cinétiques et physico-chimiques du terme source à savoir :

- Le débit de fumée (air + polluants)
- La fraction massique des polluants dans le mélange
- La puissance convective

Le modèle utilisé étant un code CFD (Mécanique des Fluides Numériques), la hauteur des émissions et la vitesse d'émissions sont résolues directement par le code de calcul de manière déterministe et non paramétrique. Le terme source se restreint donc à la connaissance des 3 items listés ci-dessus.

- **Les conditions météorologiques et atmosphériques**

Deux mécanismes sont prépondérants dans la dispersion des polluants atmosphériques :

- le transport du polluant par le vent (influence des obstacles et des conditions météorologiques) ;
- la diffusion du polluant par la turbulence thermique et mécanique.

La stabilité de l'atmosphère est destinée à quantifier les propriétés diffuses de l'air dans les basses couches. Elle est souvent associée à la structure thermique de l'atmosphère : par exemple, l'atmosphère est stable et très peu diffusive lors des situations d'inversion thermique.
Elle peut être déterminée à partir des données de nébulosité et de vent et être classifiée en six catégories, dites « classes de Pasquill » :

- classe A : très instable
- classe B : instable
- classe C : légèrement instable
- classe D : neutre
- classe E : stable
- classe F : très stable

Dans le cadre des études de danger pour des incendies, 3 conditions météorologiques sont typiquement étudiées:

- 3F : Classe de stabilité F avec un vent de 3 m/s à 10m, condition défavorable à la dispersion.
- 5D : Classe de stabilité D avec un vent de 5 m/s à 10m, condition de dispersion la plus courante,
- 10D : Classe de stabilité D avec un vent de 10 m/s à 10m, condition de vent fort favorisant le rabattement du panache vers le sol.

- **L'impact sur les personnes**

Le choix des conditions atmosphériques pour la simulation de la dispersion des fumées a été conditionné par leur impact sur le voisinage et les personnes. Le mode d'exposition aux fumées est l'inhalation. Pour les installations classées figurant sur la liste prévue au IV de l'article L. 515-8 du code de l'environnement, la délimitation des différentes zones de dangers pour la vie humaine mentionnées à l'article L. 515-16 du code de l'environnement correspond aux seuils d'effets de référence suivants :

- les seuils des effets irréversibles (SEI) délimitent la zone des dangers significatifs pour la vie humaine ;
- les seuils des effets létaux (SEL) correspondant à une concentration létale de 1 % délimitent la zone des dangers graves pour la vie humaine ;
- les seuils des effets létaux significatifs (SELS) correspondant à une à une concentration létale 5 % délimitent la zone des dangers très graves pour la vie humaine.

4.2.2 La modélisation de la dispersion des fumées

Les principales données nécessaires à la modélisation de rejets dans l'atmosphère concernent :

- les données d'émission ou caractéristiques de l'incendie ;
- les conditions météorologiques ;
- le site.

4.2.2.1 Données du site

Le domaine est choisi de façon :

- à contenir le site ;
- à être suffisamment grand pour représenter correctement le panache des fumées et prendre en compte les premières habitations.

Le nombre de mailles est de 1,39 millions de cellules. Le maillage choisi est un maillage non structuré, discrétisant l'espace en tétraèdres, allant de 1 à 20 m de côté.
Le domaine représente une boîte de 1000 m de haut, 4000 m de côtés.

4.2.2.2 Description des conditions météorologiques

Les paramètres météorologiques significatifs pour l'étude de la géométrie de panaches et leur dispersion dans l'atmosphère sont :

- La vitesse du vent ;
- La température extérieure ;
- La stabilité atmosphérique.

La stabilité atmosphérique est destinée à quantifier les propriétés diffusives de l'air dans les basses couches, et conduit à distinguer 6 catégories de stabilité de l'atmosphère :

- Classe A : très fortement instable ;
- Classe B : très instable ;
- Classe C : instable ;
- Classe D : neutre ;
- Classe E : stable ;
- Classe F : très stable.

Ces paramètres sont variables dans le temps et dans l'espace. Ils résultent de la superposition de phénomènes atmosphériques à grande échelle (régime cyclonique ou anticyclonique) et de phénomènes locaux (influence de la rugosité, de l'occupation des sols et de la topographie).

Pour la présente étude, trois situations météorologiques ont été retenues. Elles sont caractérisées par :

Situation n°1 :

- atmosphère très stable (classe F de Pasquill) ;
- vent faible de vitesse 3 m/s ;
- température de l'air égale à 8°C.

Situation n°2 :

- atmosphère neutre (classe D de Pasquill) ;
- vent fort de vitesse 5 m/s : situation météorologique la plus courante.
- température de l'air égale à 11°C.

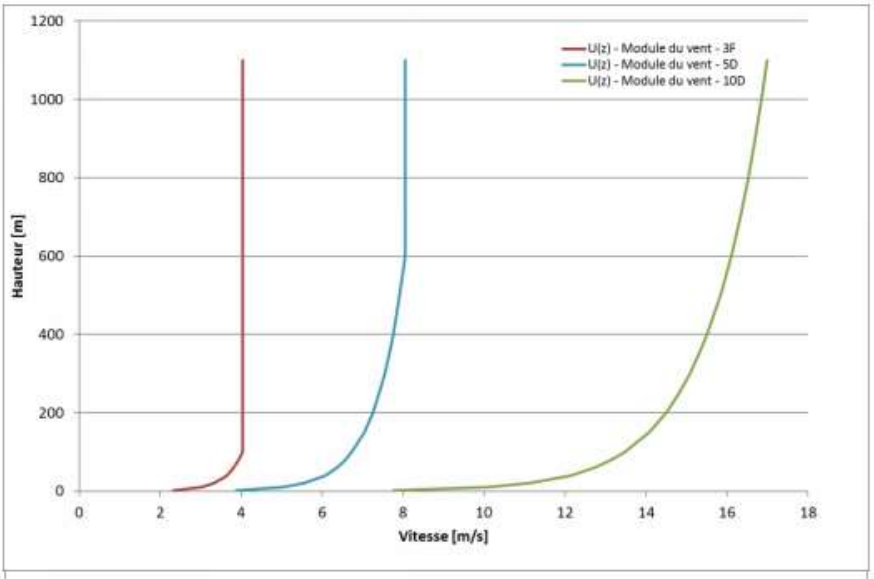
Situation n°3 :

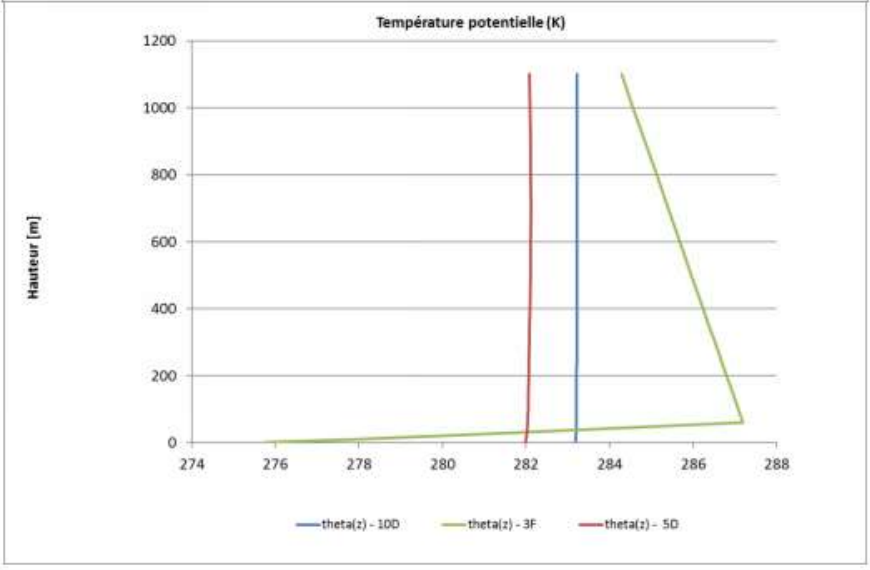
- atmosphère neutre (classe D de Pasquill) ;
- vent fort de vitesse 10 m/s : les vents forts ont pour effet de « rabattre » le panache près du sol ;
- température de l'air égale à 11°C.

La situation n°1 peut être considérée comme pénalisante pour les feux à fortes puissances thermiques, de même, la situation n°3 est pénalisante pour les débuts d'incendies et les feux de faible puissance.
La direction du vent, 90°, a été choisie en fonction des deux directions dominantes de la rose des vents de la station Météo-France de Belfort-Dorans (située à 16.25 km du site) afin de minimiser la distance entre le foyer de l'incendie et la commune de Reppe (la plus proche). Les distances trouvées pour cette direction peuvent raisonnablement être aussi utilisées pour d'autres directions du vent

(tout autre paramètre identique), vu l'absence de topographie marquée ou d'obstacles importants autour du site.

Pour tenir compte de la structure verticale de l'atmosphère, il a été pris des profils de couches limites calculés à partir des formules de Gryning.





4.2.2.3 Caractéristiques du terme source

Pour le cas du site VAILOG FRANCE situé à Fontaine (90150), deux scénarii ont été retenus :

- Scénario 1 : incendie débutant associé à un foyer mal ventilé ;
- Scénario 2 : incendie généralisé associé à un foyer bien ventilé ;

- **Produits issus de la combustion**

Les matières stockées et les principaux gaz toxiques susceptibles de se dégager lors de la combustion de ces produits sont :

Matières impliquées dans l'incendie	Eléments constitutifs principaux	Principaux gaz de combustion toxiques susceptibles de se dégager
Bois- Papier-Carton	C, H, O	CO2, CO
Polyuréthane	C, H,N	CO2, CO, HCN, NO2
Polychlorure de vinyle (PVC)	C, H, Cl	CO2, CO, HCl

On réalise un bilan atomique pour déterminer les taux de production des gaz toxiques en considérant la répartition des matières suivante :

Matières impliquées dans l'incendie	% massique	%C	%H	%O	%Cl	%N
Bois-Papier-Carton	50.00%	44.40%	6.20%	49.40%	-	-
Polyuréthane	25.00%	40.45%	7.87%	35.96%	-	15.73%
Polychlorure	25.00%	38.40%	4.80%	-	56.80%	-

Les hypothèses concernant le rapport de mélange entre le CO et le CO2 dans les fumées sont :

	Incendie débutant mal ventilé	Incendie généralisé bien ventilé
CO, CO2	100% C => CO + CO2 [CO]/[CO2] = 5 kg/kg =	100% C => CO + CO2 [CO]/[CO2] = 10 kg/kg
HCL	100% Cl => HCl	100% Cl => HCl
HCN, NO2	100%N => 40% (NO2 + HCN) + 60% N2	100%N => 40% (NO2 + HCN) + 60% N2

Les taux de production massique de gaz toxiques par kilogramme de produit brûlé sont alors

	Incendie débutant mal ventilé	Incendie généralisé bien ventilé
CO (kg/kg)	0.0040	0.0015
CO2 (kg/kg)	0.0200	0.0238
HCl (kg/kg)	0.00242	0.00242
HCN	0.00026	0.00026
NO2	0.00044	0.00044

- **Scénario 1 : Mal ventilé**

Les caractéristiques du terme source du scénario 1 sont résumées ci-dessous

Paramètre	Unité	Feu mal ventilé
Surface au sol de l'incendie	m²	3808
Puissance thermique de l'incendie – Totale	MW	503
Puissance thermique de l'incendie – Partie convective	MW	327
Durée de l'incendie	s	Stationnaire
Débit des fumées (air entraîné et polluants)	kg/s	1565.9
CO (fraction massique dans les fumées)	kg/kg	0.00396
CO2 (fraction massique dans les fumées)	kg/kg	0.01993
HCl (fraction massique dans les fumées)	kg/kg	0.00242
HCN (fraction massique dans les fumées)	kg/kg	0.00026
NO2 (fraction massique dans les fumées)	kg/kg	0.00044

- **Scénario 2 : Bien ventilé**

Les caractéristiques du terme source du scénario 2 sont résumées ci-dessous

Paramètre	Unité	Feu bien ventilé
Surface de l'incendie	m²	38080
Puissance thermique de l'incendie – Totale	MW	12205
Puissance thermique de l'incendie – Partie convective	MW	7933
Durée de l'incendie	s	Stationnaire
Débit des fumées (air entraîné et polluants)	kg/s	38030.2
CO (fraction massique dans les fumées)	kg/kg	0.00151
CO2 (fraction massique dans les fumées)	kg/kg	0.02378
HCl (fraction massique dans les fumées)	kg/kg	0.00242
HCN (fraction massique dans les fumées)	kg/kg	0.00026
NO2 (fraction massique dans les fumées)	kg/kg	0.00044

- **Valeurs toxicologiques de référence**

Les concentrations obtenues par simulation sont comparées à des seuils de référence : SPEL (Seuil des Premiers Effets Létaux), SEI (Seuil des Effets Irréversibles) et SELS (Seuil des Effets Létaux Significatifs). Les durées d'exposition retenues sont de 60 minutes pour le monoxyde de carbone, pour l'acide chlorhydrique, pour l'acide cyanhydrique et le monoxyde d'azote.

Substance	Unité	CO	HCl	HCN	NO2
SELS[1] 60 min	mg/m^3	-	565 *(1)*	69 *(3)*	137 *(4)*
SPEL 60 min	mg/m^3	3 680	358 *(1)*	45 *(3)*	132 *(4)*
SEI 60 min	mg/m^3	920	60 *(1)*	-	75 *(4)*

(1) Fiche « Acide chlorhydrique » INERIS, consultation avril 2015
(2) Fiche « Monoxyde de carbone » INERIS, consultation avril 2015
(3) Fiche « Acide Cyanhydrique » INERIS, consultation avril 2015
(4) Fiche « Dioxyde d'Azote » INERIS, consultation avril 2015

4.2.2.4 Présentation générale du logiciel utilisé

ARIA Local, développé et maintenu par ARIA Technologies, s'appuie sur le solveur Code_Saturne, code complet de mécanique des fluides utilisé pour la simulation numérique de la dispersion de polluants dans l'environnement atmosphérique à petite échelle.

Développé depuis 1997 par la Division Recherche et Développement d'EDF/Laboratoire National d'Hydraulique, Code_Saturne est basé sur une approche en volumes finis co-localisés qui accepte des maillages de tout type (structuré, structuré par bloc, non structuré, hybride, conforme, non conforme,...) et contenant tout type d'élément (tétraèdre, hexaèdre, pyramide, polyèdre quelconque,…).

Code_Saturne a notamment été validé lors d'expérimentations in situ comme celle décrite ci-dessous :

- Étude de l'influence de la stratification atmosphérique dans la dispersion des polluants avec un logiciel de mécanique des fluides numérique : Prairie Grass (Etats-Unis) ;
- Étude de l'influence de la modélisation sur les résultats de simulations numériques (projet EMU : Evaluation of Modeling Uncertainties) ;
- Expérience MUST (Mock Urban Setting Test) réalisé par le WDTC (West Desert Center) en 2001 ;
- Expérience de Wangara en Australie (Clarke and al., 1971).

4.2.2.5 Présentation des résultats

Pour chaque simulation, les résultats sont représentés sous la forme de :

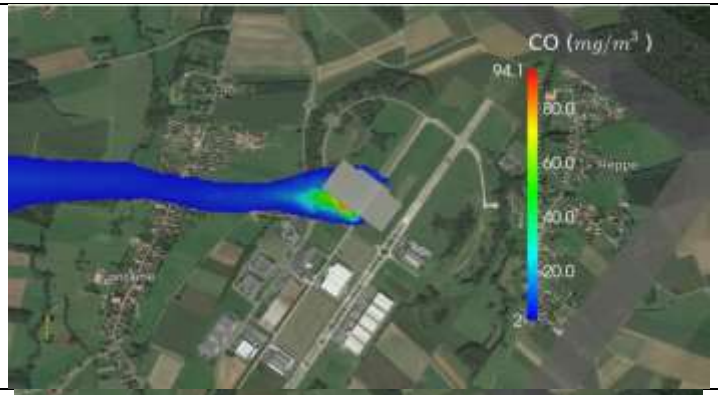
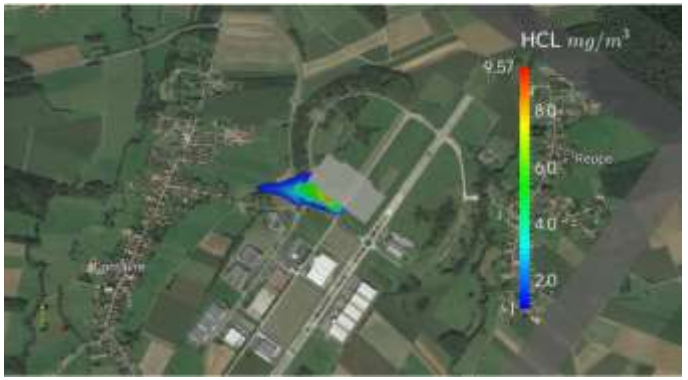
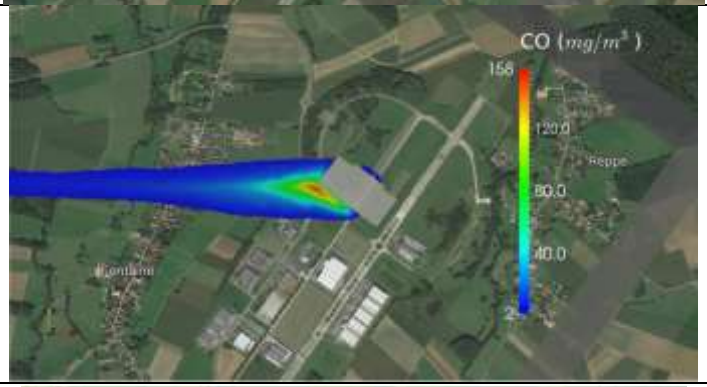
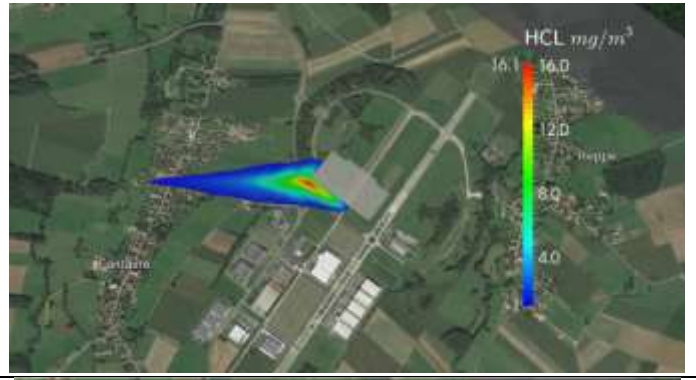
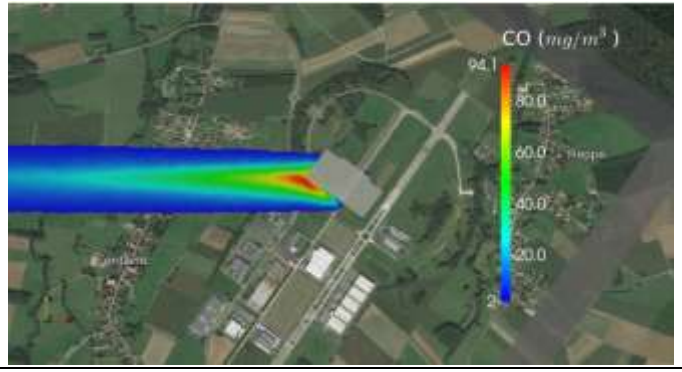
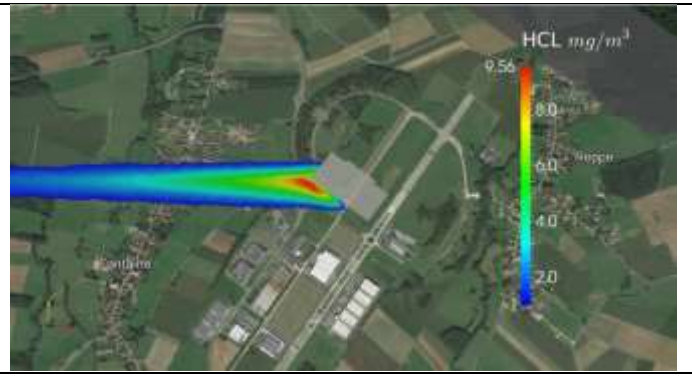
- une carte de concentration au sol pour chacun des polluants.
- une vue 3D de côté et de dessus permettant de visualiser le panache, présentée sous forme d'isosurfaces de concentration ;

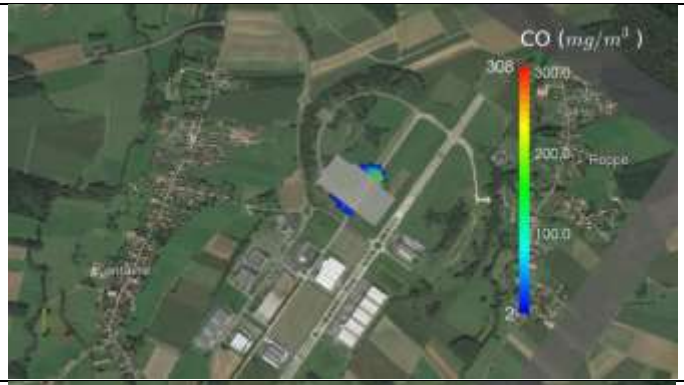
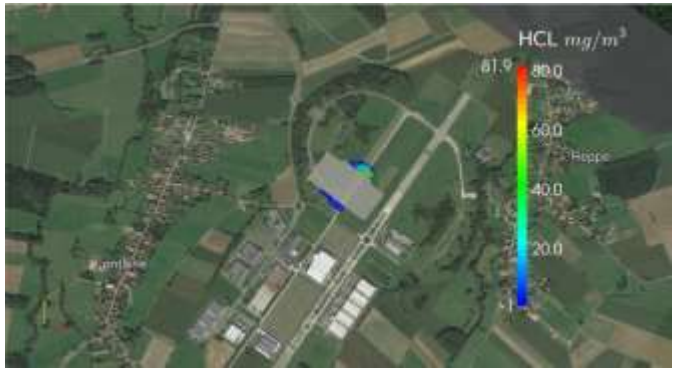
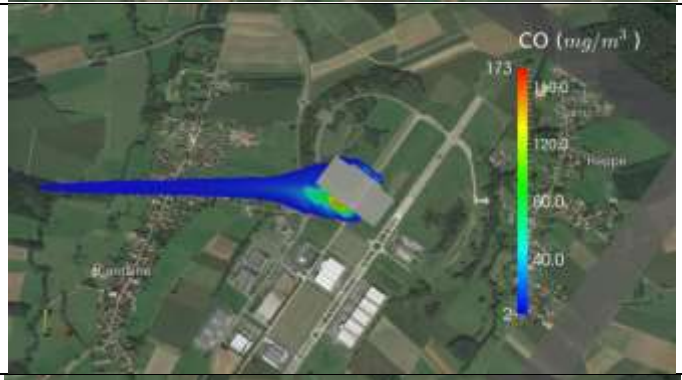
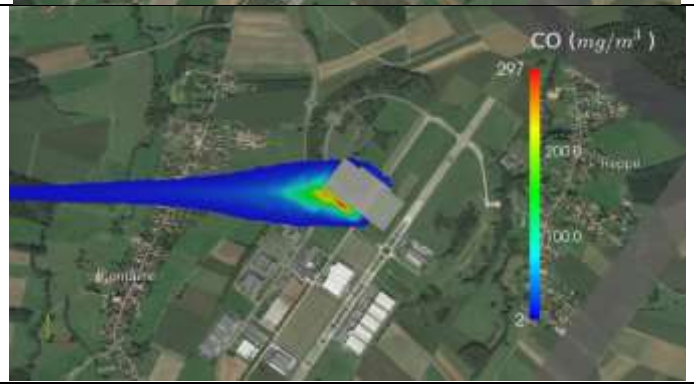
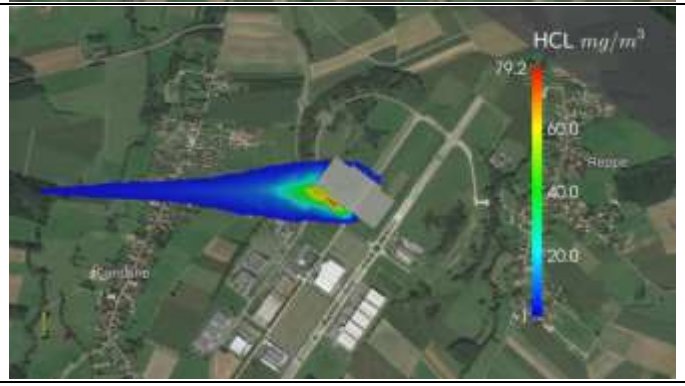
- **Visualisation des cartes de concentration au sol**

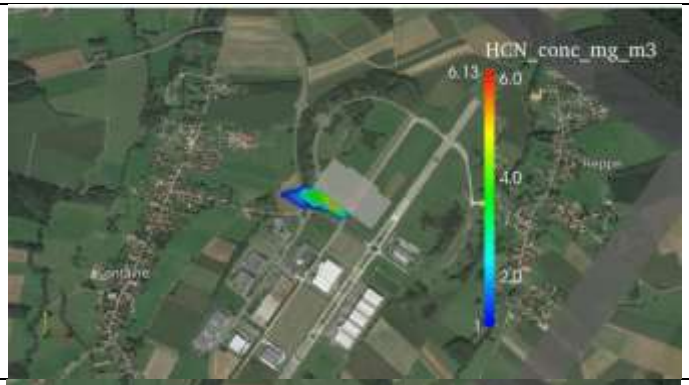
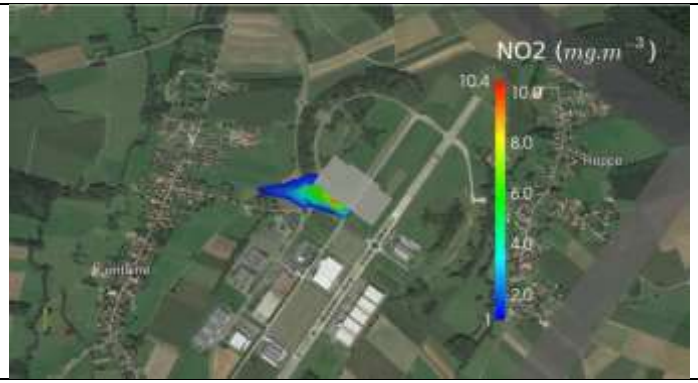
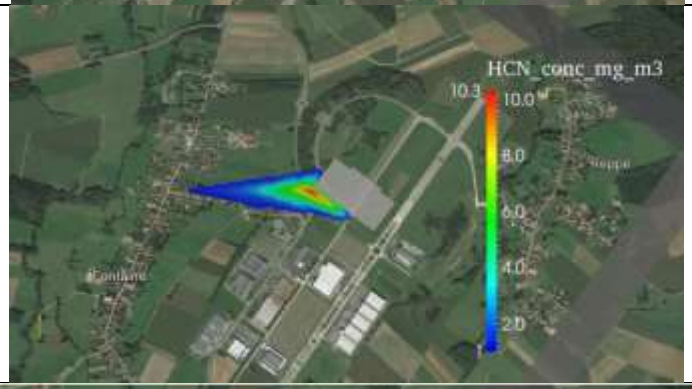
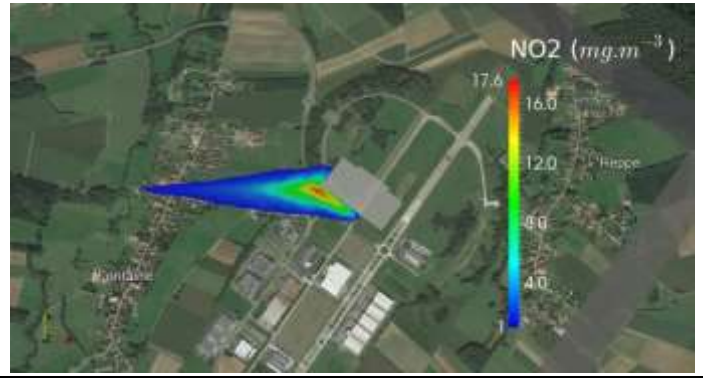
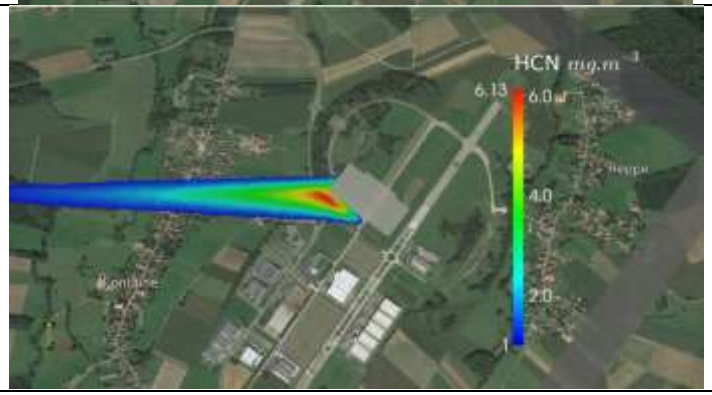
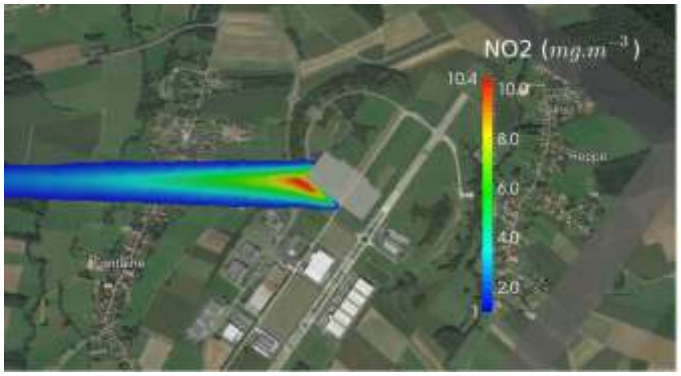
Les différents cas traités sont les suivants :

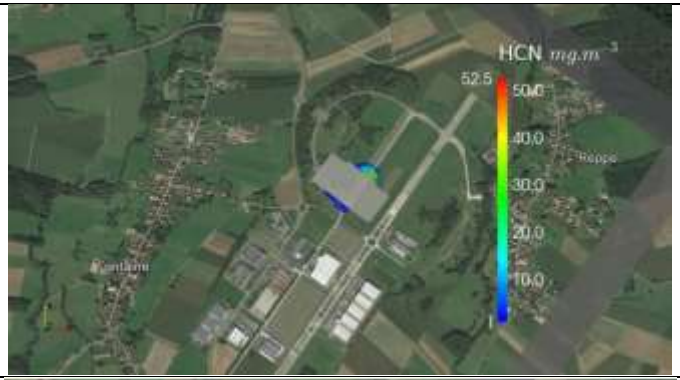
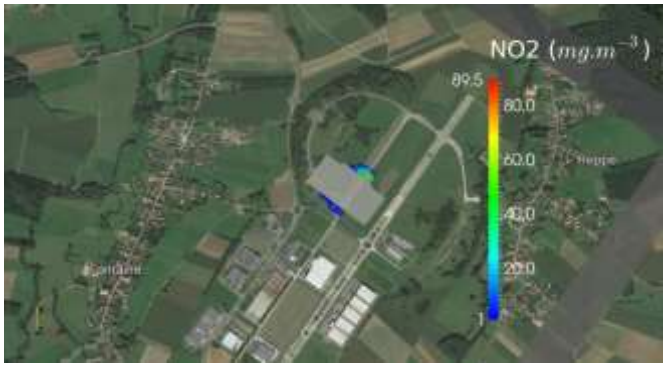
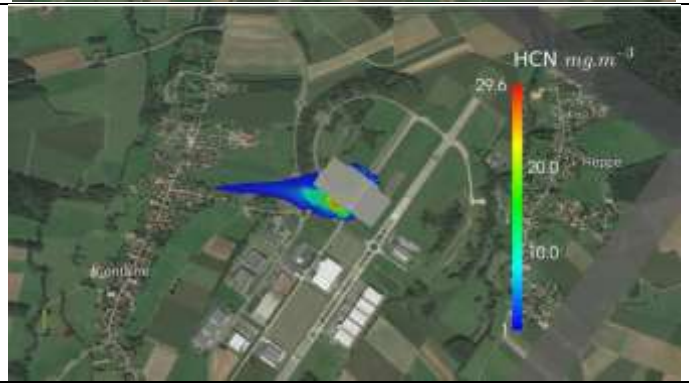
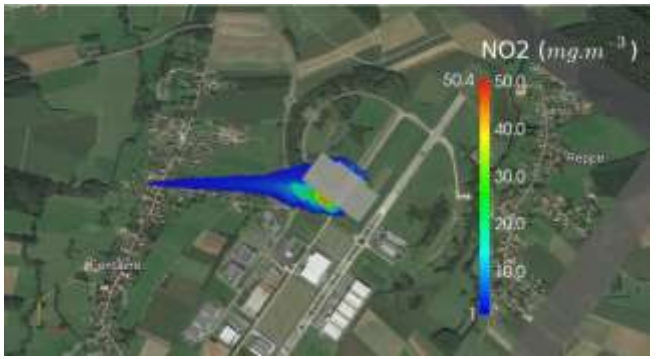
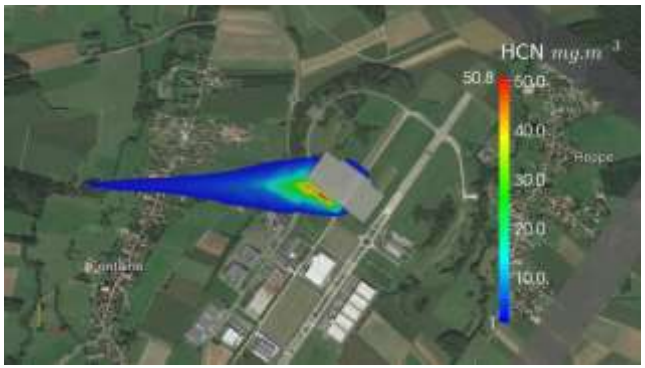
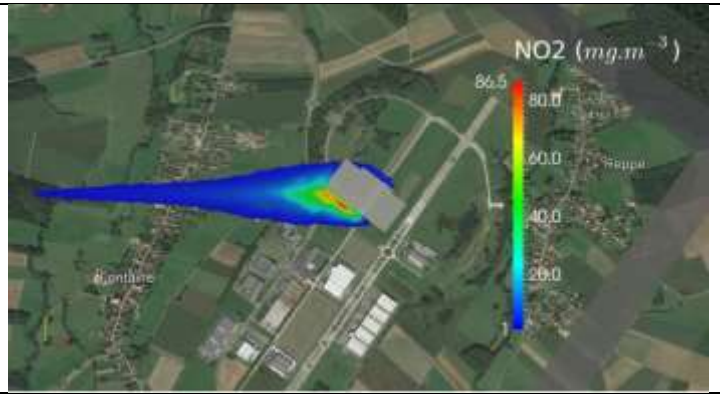
Scenarii	Cas	Situation météorologique
Incendie débutant	1	**3F** *(atmosphère très stable)*
	2	**5D** *(atmosphère neutre)*
	3	**10D** *(atmosphère neutre)*
Incendie généralisé	4	**3F** *(atmosphère très stable)*
	5	**5D** *(atmosphère neutre)*
	6	**10D** *(atmosphère neutre)*
	TOTAL	**6 cas**

Les représentations des cas traités sont recensées ci-dessous :

Cas	CO	HCl
1		
2		
3		

Cas	CO	HCl
4		
5		
6		

Cas	HCN	NO2
1		
2		
3		

Cas	HCN	NO2
4		
5		
6		

- **Maximum de concentration en CO au sol**

Les concentrations maximales en monoxyde de carbone observées au sol sont les suivantes :

		Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
Unité		mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³
Situation météorologique		3F *(1)*	5D *(2)*	10 D *(3)*	3F *(1)*	5D *(2)*	10 D *(3)*
Concentration maximale de CO au sol		101	158	94	365	173	297
Valeurs toxicologiques (mg/m³)	SELS 60 min	-					
	SPEL 60 min	3 680					
	SEI 60 min	920					

(1) Situation 3F : atmosphère très stable
(2) Situation 5D : atmosphère neutre
(3) Situation 10D : atmosphère neutre

Aucun des scénarios traités ne fait apparaître un dépassement des seuils de référence.

- **Maximum de concentration en CO sur le domaine**

Les concentrations maximales en monoxyde de carbone observées sur l'ensemble du domaine 3D sont les suivantes :

		Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
Unité		mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³
Situation météorologique		3F *(1)*	5D *(2)*	10 D	3F	5D	10D
Concentration maximale de CO		691.7	366.7	184.7	1694.0	1584.6	1212.2
Valeurs toxicologiques (mg/m³)	SELS 60 min	-					
	SPEL 60 min	3 680					
	SEI 60 min	920					

(4) Situation 3F : atmosphère très stable
(5) Situation 5D : atmosphère neutre
(6) Situation 10D : atmosphère neutre

Tous les cas du scénario 2 font apparaître un dépassement du SEI sur le CO. La visualisation du dépassement des seuils toxicologiques par des isosurfaces vont permettre de mesurer l'étendue tridimentionnelle des zones de dangers.

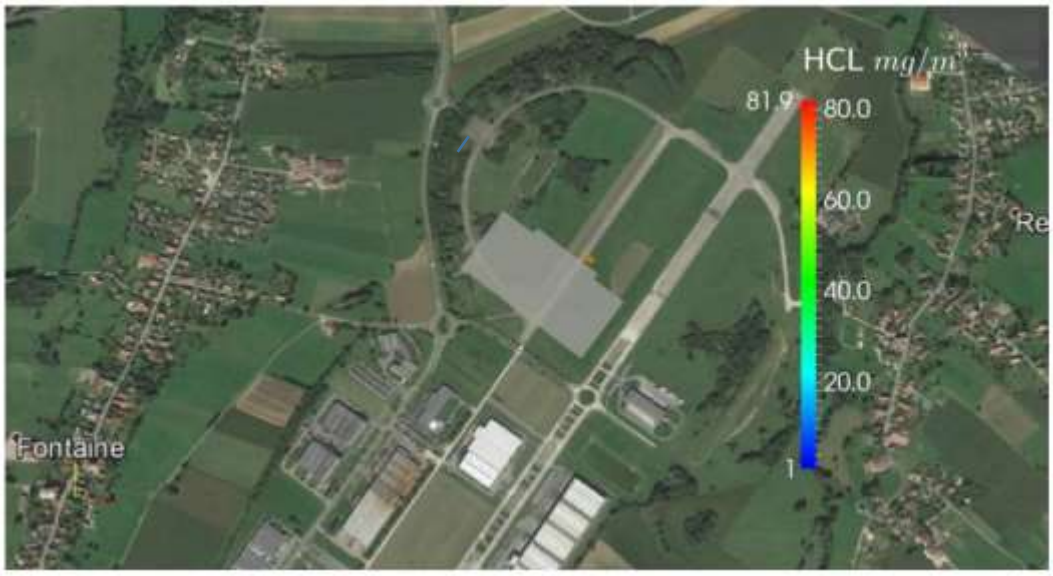
- **Maximum de concentration en HCl au sol**

Les concentrations maximales en acide chlorhydrique observées au sol sont les suivantes :

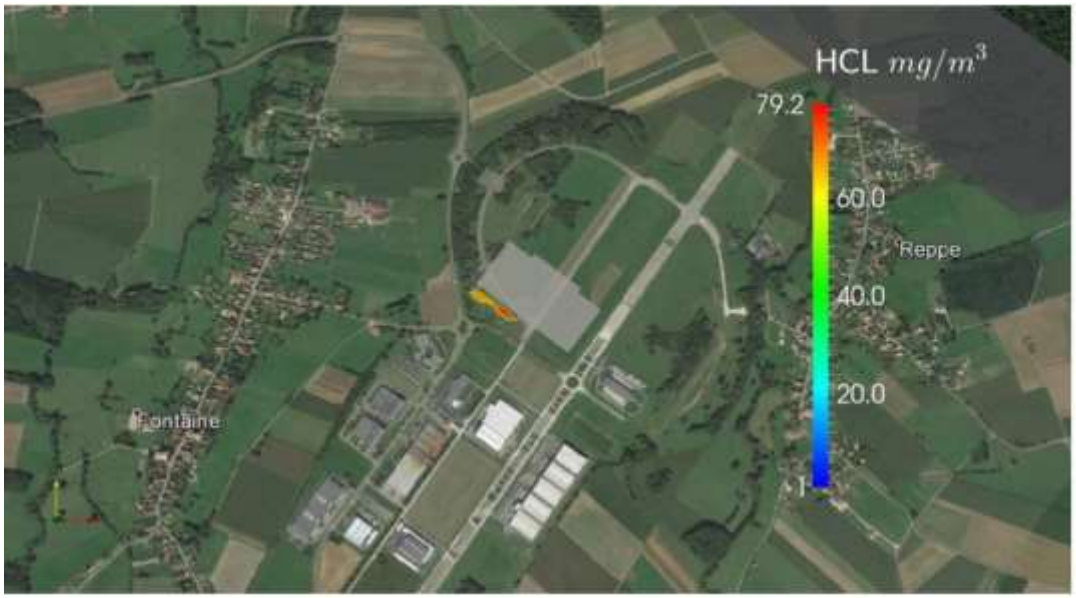
		Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
Unité		mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³
Situation météorologique		3F *(1)*	5D *(2)*	10D *(3)*	3F *(1)*	5D *(2)*	10D *(3)*
Concentration maximale de HCL au sol		10.3	16.1	9.56	97.1	46.1	79.2
Valeurs toxicologiques (mg/m³)	SELS 60 min	565					
	SPEL 60 min	358					
	SEI 60 min	60					

(1) Situation 3F : atmosphère très stable
(2) Situation 5D : atmosphère neutre
(3) Situation 10D : atmosphère neutre

Les seuls cas présentant un dépassement du SEI sont les cas 4 et 6. Dans le cas d'un incendie généralisé avec un vent fort rabattant le panache, le seuil est dépassé. Dans le cas d'un incendie généralisé avec un vent faible, la stabilité atmosphérique ne favorise pas la dispersion et on peut constater une accumulation de gaz toxiques dans certaines zones. Toutefois ces deux dépassements du SEI sont observés en champ très proche. Les figures ci-dessous permettent de visualiser les dépassements au sol :



Carte de concentration HCl> 60 mg/m³ – Cas 4



Carte de concentration HCl> 60 mg/m³ – Cas 6

- **Maximum de concentration en HCl sur le domaine**

Les concentrations maximales en acide chlorhydrique observées sur l'ensemble du domaine 3D sont les suivantes :

		Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
Unité		mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³
Situation météorologique		3F *(1)*	5D *(2)*	10D *(3)*	3F	5D	10D
Concentration maximale de HCL au sol		70.30	37.25	18.8	450.9	421.8	322.7
Valeurs toxicologiques (mg/m³)	SELS 60 min	565					
	SPEL 60 min	358					
	SEI 60 min	60					

(1) Situation 3F : atmosphère très stable
(2) Situation 5D : atmosphère neutre
(3) Situation 10D : atmosphère neutre

Tous les cas du scenario 2 (Incendie généralisé, feu bien ventilé) font apparaître un dépassement des seuils de référence ainsi que le cas 1 3F mal ventilé. La visualisation du dépassement des seuils toxicologiques par des isosurfaces vont permettre de mesurer l'étendue tridimentionnelle des zones de dangers.

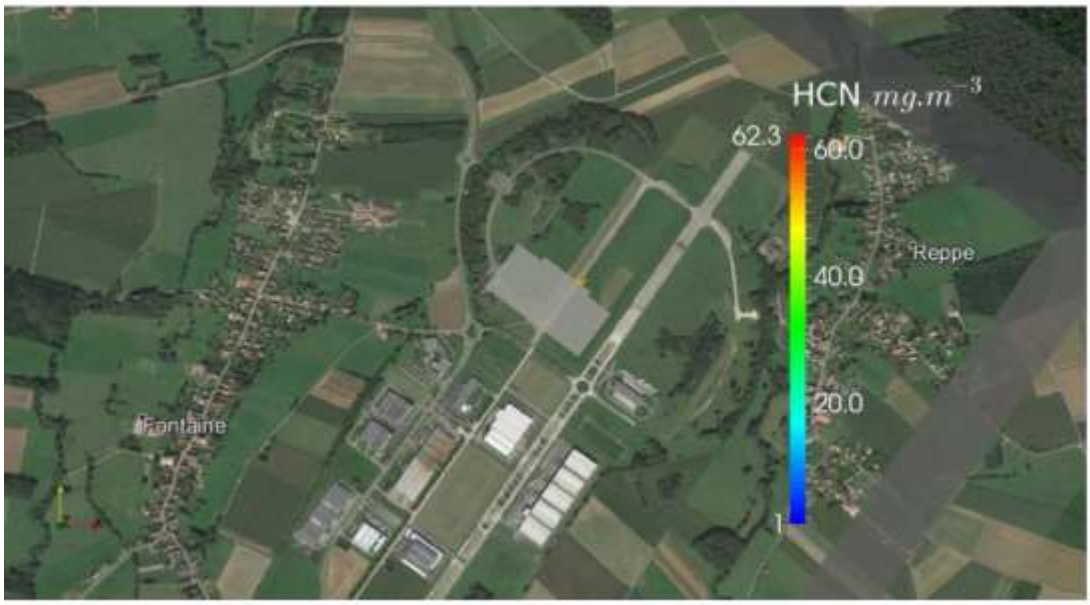
- **Maximum de concentration en HCN au sol**

Les concentrations maximales en acide cyanhydrique observées au sol sont les suivantes :

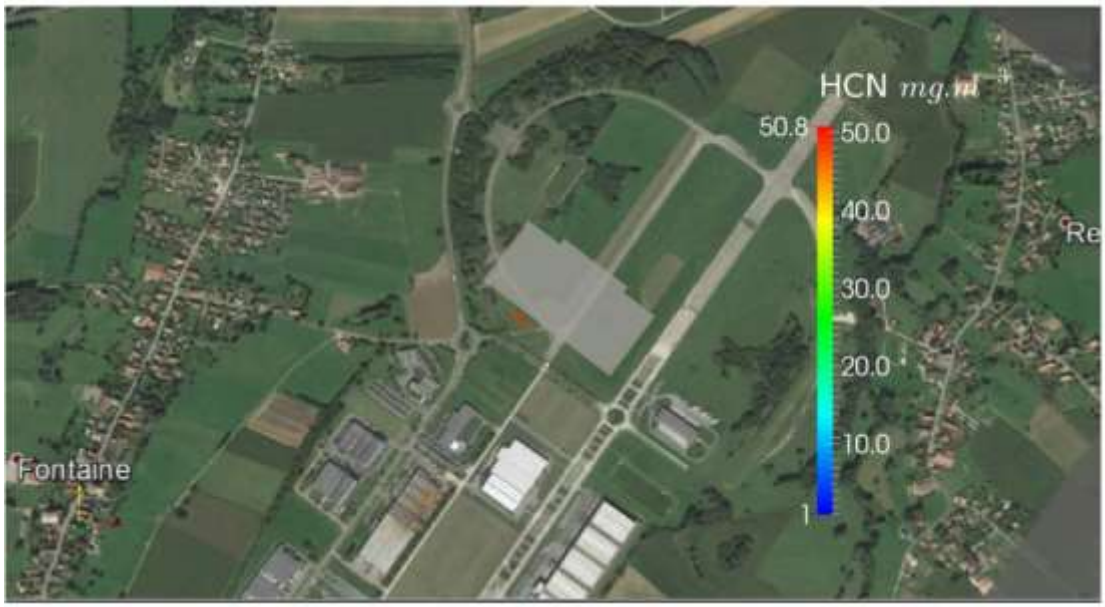
		Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
Unité		mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³
Situation météorologique		3F *(1)*	5D *(2)*	10D *(3)*	3F *(1)*	5D *(2)*	10D *(3)*
Concentration maximale de HCN au sol		6.6	10.3	6.13	62.3	29.6	50.8
Valeurs toxicologiques (mg/m³)	SELS 60 min	69					
	SPEL 60 min	45					
	SEI 60 min	-					

(1) Situation 3F : atmosphère très stable
(2) Situation 5D : atmosphère neutre
(3) Situation 10D : atmosphère neutre

Le seul cas présentant un dépassement du SEI sont les cas 4 et 6. Dans le cas d'un incendie généralisé avec un vent fort rabattant le panache, le seuil est dépassé. Dans le cas d'un incendie généralisé avec un vent faible, la stabilité atmosphérique ne favorise pas la dispersion et on peut constater une accumulation de gaz toxiques dans certaines zones. Toutefois ces deux dépassements du SEI sont observés en champ très proche. Les figures ci-dessous permettent de visualiser les dépassements au sol :



Carte de concentration HCN> 45 mg/m³ – Cas 4



Carte de concentration HCN> 45 mg/m³ – Cas 6

- **Maximum de concentration en HCN sur le domaine**

Les concentrations maximales en acide cyanhydrique observées sur l'ensemble du domaine 3D sont les suivantes :

		Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
Unité		mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³
Situation météorologique		3F *(1)*	5D *(2)*	10D *(3)*	3F	5D	10D
Concentration maximale de HCN		43.2	23.9	12.0	289.0	270.4	206.8
Valeurs toxicologiques (mg/m³)	SELS 60 min	69					
	SPEL 60 min	45					
	SEI 60 min	-					

Tous les cas du scenario 2 (Incendie généralisé, feu bien ventilé) font apparaître un dépassement du SELS. La visualisation du dépassement des seuils toxicologiques par des isosurfaces vont permettre de mesurer l'étendue tridimentionnelle des zones de dangers.

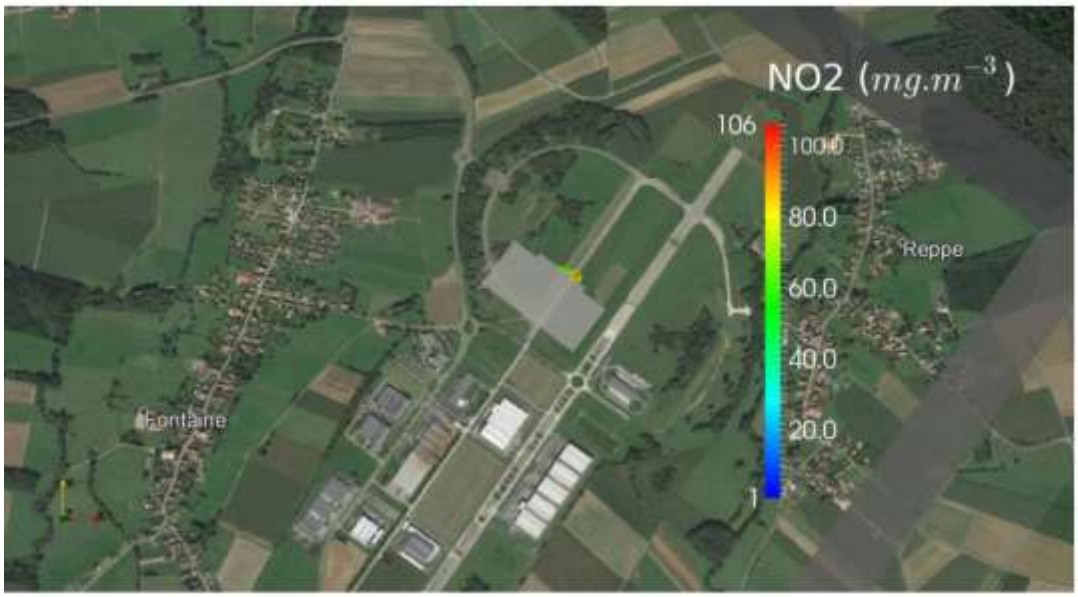
- **Maximum de concentration en NO2 au sol**

Les concentrations maximales en dioxyde d'azote observées au sol sont les suivantes :

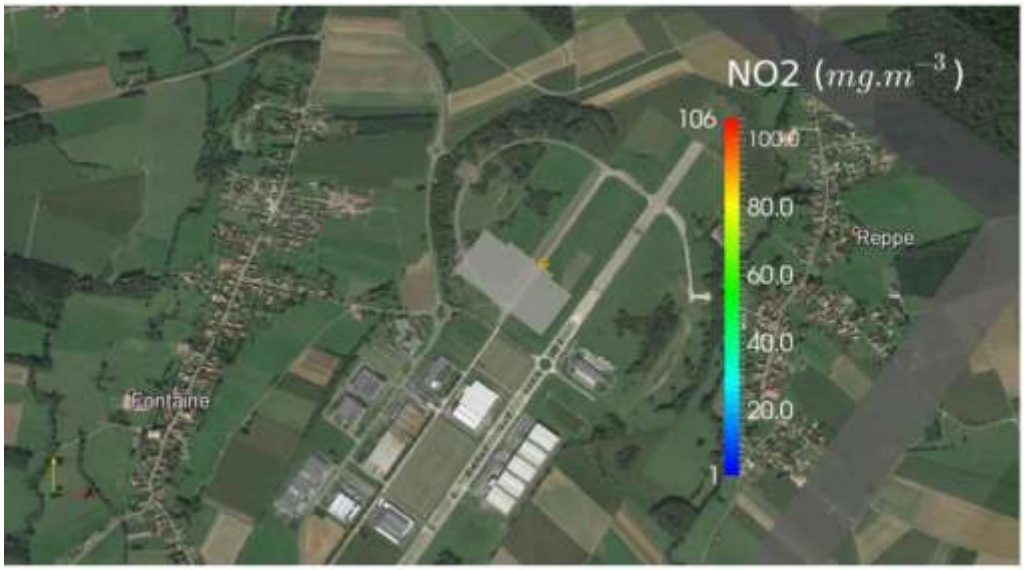
		Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
Unité		mg/m^3	mg/m^3	mg/m^3	mg/m^3	mg/m^3	mg/m^3
Situation météorologique		3F *(1)*	5D *(2)*	10D *(3)*	3F *(1)*	5D *(2)*	10D *(3)*
Concentration maximale de NO2 au sol		11.2	17.6	10.4	89.5	50.4	106
Valeurs toxicologiques (mg/m^3)	SELS 60 min	137					
	SPEL 60 min	132					
	SEI 60 min	75					

(1) Situation 3F : atmosphère très stable
(2) Situation 5D : atmosphère neutre
(3) Situation 10D : atmosphère neutre

Les seuls cas présentant un dépassement du SEI sont les cas 4 et 6. Dans le cas d'un incendie généralisé avec un vent fort rabattant le panache, le seuil est dépassé au sol. Dans le cas d'un incendie généralisé avec un vent faible, la stabilité atmosphérique ne favorise pas la dispersion et on peut constater une accumulation de gaz toxiques dans certaines zones. Toutefois ces deux dépassements du SEI sont observés en champ très proche. Les figures ci-dessous permettent de visualiser les dépassements au sol :



Carte de concentration NO2> 75 mg/m^3 – Cas 4



Carte de concentration NO2> 75 mg/m³ – Cas 6

- **Maximum de concentration en NO2 sur le domaine**

Les concentrations maximales en acide cyanhydrique observées sur l'ensemble du domaine 3D sont les suivantes :

		Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
Unité		mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³	mg/m³
Situation météorologique		3F *(1)*	5D *(2)*	10D *(3)*	3F	5D	10D
Concentration maximale de NO2		73.3	40.7	20.5	492.4	460.6	352.3
Valeurs toxicologiques (mg/m³)	SELS 60 min	137					
	SPEL 60 min	132					
	SEI 60 min	75					

Tous les cas du scenario 2 (Incendie généralisé, feu bien ventilé) font apparaître un dépassement des seuils de référence. La visualisation du dépassement des seuils toxicologiques par des isosurfaces vont permettre de mesurer l'étendue tridimentionnelle des zones de dangers.

- **Visualisation des seuils toxicologiques**

Les figures suivantes présentent, pour chacun des 6 cas étudiés, une visualisation du panache sous forme d'isosurfaces 3D de concentration pour les SEL et SEI. Trois codes couleur apparaissent :

- en vert : dépassement de la valeur toxicologique pour le SEI;
- en jaune : dépassement de la valeur toxicologique pour le SPEL ;
- en rouge : dépassement de la valeur toxicologique pour le SELS.

Cas	Visualisation des seuils toxicologiques CO	Visualisation des seuils toxicologiques HCl
1		
2		
3		

Scénario	Cas	Seuils toxicologiques calculés pour le CO	Seuils toxicologiques calculés pour le HCl
2	4		
	5		
	6		

Cas	Visualisation des seuils toxicologiques HCN	Visualisation des seuils toxicologiques NO2
1		
2		
3		

Cas	Visualisation des seuils toxicologiques HCN	Visualisation des seuils toxicologiques NO2
4		
5		
6		

- **Détermination de la distance de danger au sol**

Les tableaux ci-après présentent les distances de danger au sol prises à partir du centre du foyer.

Pour le Monoxyde de carbone CO

CO	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
SELS 60 min -	-	-	-	-	-	-
SPEL 60 min (3680 mg/m3)	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
SEI 60 min (920 mg/m3)	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m

Pour l'acide chlorhydrique HCl

HCL	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
SELS 60 min (565 mg/m³)	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
SPEL 60 min (358 mg/m³)	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
SEI 60 min (60 mg/m³)	0m	0m	0m	154 m	0 m	216 m

Pour l'acide cyanhydrique HCN

HCN	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
SELS 60 min (69 mg/m³)	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
SPEL 60 min (45 mg/m3)	0 m	0 m	0 m	170 m	0 m	178 m
SEI 60 min -	-	-	-	-	-	-

Pour le dioxyde d'azote NO2

NO2	Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 5	Cas 6
SELS 60 min (137 mg/m³)	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
SPEL 60 min (132 mg/m³)	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
SEI 60 min (75 mg/m³)	0 m	0 m	0 m	125 m	0 m	130 m

Tous les dépassements observés au sol sont situés à l'intérieur du site du projet.

Pour tous les dépassements dans le domaine, voici des zooms sur les isosurfaces représentant les zones de dépassement des seuils. Ces images montrent que les dépassements se retrouvent en altitude, dans la zone du foyer de l'incendie. Aucune habitation n'est affectée par les panaches dépassant les seuils.

4.2.2.6 Synthèse de l'étude

Les gaz toxiques émis sont le monoxyde de carbone (CO), l'acide chlorhydrique (HCl), l'acide cyanhydrique (HCN) et le dioxyde d'azote (NO2). Le calcul des termes sources a été réalisé

Il n'y a pas de dépassement de seuil pour le monoxyde de carbone au sol et dans tout le domaine.

Pour l'acide chlrohydrique on observe un dépassement du SEI au sol pour le cas 4 et 6 (incendie généralisé et vent fort) pour une distance de danger de 154 m et 216 m autour du foyer.

Pour l'acide cyanhydrique on observe un dépassement du SEI au sol pour le cas 4 et 6 (incendie généralisé et vent fort) pour une distance de danger de 170 m et 178 m autour du foyer.

Pour le dioxyde d'azote on observe un dépassement du SEI au sol pour le cas 4 et 6 (incendie généralisé et vent fort) pour une distance de danger de 125 m et 130 m autour du foyer.

Les panaches de fumées dépassent le SEI pour le CO pour les cas du scenario 2 (incendie généralisé, cas 4, 5 et 6).
Les panaches de fumées dépassent le SPEL pour le HCl pour les cas du scenario 2 (incendie généralisé, cas 4 et 5).
Les panaches de fumées dépassent le SELS pour le HCN et le NO2 pour les cas du scenario 2 (incendie généralisé, cas 4, 5 et 6).
Toutefois la surhauteur d'origine thermique disperse verticalement le panache et les retombées au sol sont donc trop faibles pour atteindre le SEI, et donc le SEL, au niveau du sol et des habitations.
Tous les dépassements observés au sol sont donc situés à l'intérieur du site du projet.

5 MESURES PROPRES A REDUIRE LA PROBABILITE ET LA GRAVITE

Les mesures de maîtrise des risques sont un ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité.
Une mesure de maîtrise des risques peut être assurée par un ou plusieurs dispositifs de sécurité.

5.1.1 Fonction « éviter l'inflammation par une cigarette »

Il sera strictement interdit de fumer sur le site. Des consignes de sécurité rappelant l'interdiction de fumer hors des zones dédiées seront affichées dans le bâtiment.

5.1.2 Fonction « éviter les dysfonctionnements d'appareils électriques »

Les installations électriques feront l'objet d'un contrôle annuel par une société spécialisée. Les rapports de contrôle seront conservés sur le site.

5.1.3 Fonction « éviter les échauffements par point chaud »

Des consignes de sécurité rappelant l'interdiction d'apporter une flamme nue seront affichées dans le bâtiment. Un permis feu sera obligatoire pour tout travail par point chaud.

5.1.4 Fonction « prévenir l'inflammation liée à la manutention »

Les engins de levage feront l'objet d'une maintenance semestrielle effectuée par le fournisseur.

5.1.5 Fonction « protéger contre la foudre »

Le bâtiment sera équipé d'une installation de protection contre les effets directs et indirects de la foudre. Cette installation sera conforme aux normes en vigueur et régulièrement contrôlée par une société agréée.

Une protection contre les effets directs de la foudre sera mise en œuvre au moyens de paratonnerres à dispositif d'amorçage (PDA).
Cette protection devra permettre l'écoulement et la dispersion dans le sol des courants de foudre tout en assurant :

- La limitation à des valeurs non dangereuses des différences de potentiel consécutives à ces courants,
- La limitation la meilleure possible des inductions magnétiques et électriques produites par ces courants dans les zones d'installations sensibles.

Le bâtiment sera équipé de dispositifs de capture composés chacun d'une pointe captatrice, d'un dispositif d'amorçage, d'une tige support et d'un mât rallonge.
Les conducteurs de descente des dispositifs de capture seront placés à l'extérieur du bâtiment. Ils seront constitués d'un rond massif en acier inoxydable de 10 mm de diamètre minimum.
Un joint de contrôle cuivre sera installé à 2 mètres environ du sol environ, il assurera la liaison du conducteur de descente à celui de la prise de terre.
Un compteur de foudre série (avec afficheur) sera placé au-dessus du joint de contrôle.
La protection contre les effets indirects sera assurée par un parafoudre de type 1 dans le TGBT, par un parafoudre de type 2 dans chaque armoire divisionnaire alimentant des équipements importants pour la sécurité.

Une analyse du risque foudre et l'étude technique associée sont jointes en annexe n°6.

5.1.6 Fonction « éviter la propagation à la cellule et éteindre l'îlot/rack »

Le personnel sera régulièrement formé à l'utilisation des engins de lutte contre l'incendie (RIA et extincteurs). Des exercices incendie seront organisés annuellement pour les employés du site.

- **Les extincteurs**

Des extincteurs adaptés aux produits stockés seront répartis dans l'entrepôt à raison d'un appareil pour 200 m² de surface.
Ces équipements seront contrôlés annuellement par une société spécialisée.

- **Les RIA**

Des Robinets d'incendie armés seront répartis dans le bâtiment de telle sorte que chaque point de l'entrepôt puisse être atteint par deux jets de lance.
Les vérifications périodiques de maintenance seront faites tous les ans et la révision tous les cinq ans.

- **L'installation sprinkler**

La cellule de stockage sera équipée d'une installation d'extinction automatique d'incendie de type sprinkler adaptée à la nature des produits stockés.
Sous la toiture de l'entrepôt, des têtes sprinkler ESFR (Early Suppression Fast Reponse) seront implantées
L'installation sprinkler ESFR sera complétée par une nappe de sprinkler type ESFR sous la dalle béton de la mezzanine et par des têtes sprinkler type ESFR à chaque niveau de stockage des picktowers.
L'installation sera indépendante du circuit électrique du bâtiment. Le déclenchement se fera par fonte du fusible calibré selon les règles en vigueur. La perte de pression entraînée par l'ouverture des têtes au-dessus de l'incendie déclenchera les pompes.

Pour l'entrepôt, l'installation comprendra :

- Un local équipé d'un groupe motopompe autonome diesel en charge à démarrage automatique,
- Deux cuves d'eau d'un volume de 1 090 m³ pour les réseaux « extinction automatique » et RIA,
- Une pompe électrique maintenant l'installation à une pression statique constante de 10 bars environ,
- Une armoire d'alarme avec renvoi en télésurveillance.

« Le rôle d'une installation de sprinklers est de détecter un foyer d'incendie et de l'éteindre à ses débuts ou au moins de le contenir de façon que l'extinction puisse être menée à bien par des moyens de l'établissement protégé ou par les pompiers » (définition donnée par la règle R1 de l'APSAD, compatible avec la norme NF S 61-210).

5.1.7 *Fonction « atténuer les effets thermiques »*

Les modélisations de flux thermiques réalisées par EFECTIS ont montré qu'afin de contenir le flux thermique de 5 kW/m² dans les limites de propriété, il est nécessaire d'implanter des écrans thermiques EI 60 en façade conformément au schéma ci-dessous :

5.1.8 *Fonction « éviter la pollution des eaux et des sols »*

La rétention des eaux d'extinction incendie peut être mutualisée avec la rétention de l'orage décennal sur les voiries. Dans ce cas on peut retirer du dimensionnement D9A la part d'eau liée à l'orage (dans notre cas 1 401 m^3).
Il faut alors retenir 2 530 m^3 d'eau d'extinction incendie et 3 010 m^3 de l'orage décennal sur les voiries dans un bassin étanche dont le volume sera égal à 5 540 m^3.

Une vanne de barrage sera implantée en aval du bassin étanche.
En cas d'incendie cette vanne sera fermée afin de retenir les eaux d'extinction dans ce bassin.

En cas de sinistre, les eaux stockées seront analysées. Si elles ne présentent pas de pollution, elles seront rejetées dans le réseau des eaux pluviales, si elles sont polluées, elles seront éliminées comme déchet dangereux par une société spécialisée.

5.1.9 *Lutte contre la malveillance*

L'accidentologie relative aux entrepôts montre qu'une majorité des incendies d'entrepôts est initiée par des actes de malveillance. Le site sera clôturé et gardienné par télésurveillance.
La société de télésurveillance disposera de l'ensemble des renvois d'alarme :

- Alarme du réseau d'extinction automatique,
- Alarmes techniques.

Parmi les équipements importants pour la sécurité listés dans le tableau ci-après, la mesure de maîtrise des risques retenue est le sprinkler.

Equipements important pour la sécurité								
Fonction de sécurité	**EIPS**	**Efficacité**	**Temps de réponse à partir des premières fumées**	**Niveau de confiance**	**Mode de déclenchement** **Indépendance**	**Vérification périodique**	**Tolérance à la première défaillance**	**Gestion en mode dégradé**
Eviter les sources d'inflammation	Paratonnerre	100%	Immédiat	2	Automatique	Visite annuelle		Limitation des activités à risque pendant la période d'orage effective
	Installations électriques	99%	Immédiat		Automatique	Visite annuelle - Thermographie	Disjoncteur différentiel	Coupure des zones en défaut en attendant la remise en conformité
	Télésurveillance	99%	Immédiat		Automatique Dépend de l'électricité	Test de Boucle journalier	Report d'alarme au centre de télésurveillance en cas de défaut	Astreinte technique
Eviter la propagation de l'incendie à la cellule et éteindre l'îlot /rack	Extincteurs	90%	30 secondes		Manuel	Visite annuelle	/	RIA et sprinkler
	RIA	90%	1 minute		Manuel	Visite annuelle	/	Extincteurs et sprinkler
	Système sprinkler	95%	4 minutes	1 à 2	Automatique Dépend de DI, électricité, batteries, gasoil, eau	Test hebdomadaire de fonctionnement Visite semestrielle hydraulique Visite annuelle motopompe Visite triennale de l'installation complète	Moteur de secours Démarrage diesel + batteries si coupure électrique Report d'alarme (fuite, défaut…) en télésurveillance pour intervention	Arrêt de travaux par point chaud – Gardiennage sur site + consignes particulières de vigilance et mise en place d'extincteurs supplémentaires Détection incendie + extincteurs et RIA
Atténuer les effets thermiques	Ecrans thermiques	99%	Immédiat	2	Automatique		/	Mortier ou autre produit intumescent prêt à l'emploi sur site
Eviter la pollution des eaux et des sols	Electrovanne	100%	1 s après déclenchement sprinkler 10 s pour fermeture	2	Automatique Dépend du déclenchement sprinkler	Test de bon fonctionnement trimestriel Contrôle étanchéité	Fermeture manuelle La vanne se ferme par manque d'utilité	Consignes particulières de vigilance

6 EVALUATION ET PRISE EN COMPTE DE LA GRAVITE ET DE LA PROBABILITE

Ce chapitre est destiné à étudier la probabilité, les effets et la gravité des différents phénomènes dangereux et de leurs effets.
Pour cela, nous nous basons sur les schémas nœud papillon présentés précédemment.
Les deux tableaux suivants ont permis d'évaluer la probabilité et la gravité. Ils sont issus de l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

- **Probabilité**

	E	D	C	B	A
Qualitatif	« Événement possible mais extrêmement peu probable » N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années	« Événement très improbable » S'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité	« Événement improbable » Un événement similaire déjà rencontré dans ce secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité	« Événement probable » S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation	« Événement courant » S'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation malgré d'éventuelles mesures correctives
Semi quantitatif	Cette échelle est intermédiaire entre les échelles qualitatives et quantitatives et permet de tenir compte des mesures de maîtrise des risques mises en place				
Quantitatif (par unité et par an)	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	

- **Gravité**

Niveau de gravité des conséquences	Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs	Zone délimitée par le seuil des effets létaux	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles sur la vie humaine
Désastreux	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes	Entre 100 et 1000 personnes exposées
Important	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
Sérieux	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
Modéré	Pas de zone de létalité hors de l'établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à une personne
Personne exposée : en tenant compte le cas échéant des mesures constructives visant à protéger les personnes contre certains effets et la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'occurrence d'un phénomène dangereux si la cinétique de ce dernier et de la propagation de ses effets le permettent			

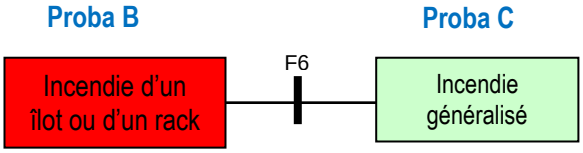
6.1 Probabilité incendie

En se basant sur le programme INERIS *EAT-DRA-34 opération j-Intégration de l'analyse de la dimension probabiliste dans l'analyse des risques,* on peut constater que tous les éléments initiateurs présentent une probabilité d'occurrence comprise entre 10^{-2} et 10^{-3}. Aussi, l'événement « incendie d'un îlot de stockage » a été côté avec une valeur médiane de 5.10^{-3} (classe de probabilité B)

- Si la fonction de sécurité est assurée, l'incendie est éteint dans les toutes premières minutes de son développement. La seule conséquence possible est la production d'eaux d'extinction susceptibles de polluer l'eau ou les sols
- Si la fonction de sécurité n'est pas assurée, l'incendie va se développer pour s'étendre au bâtiment.

La fonction de sécurité est essentiellement basée sur l'efficacité du sprinkler. Sur une période de 25 ans en Europe, on constate que sur 7651 incendies, 73% sont maîtrisés avec 5 têtes de sprinkler ou moins, 95% avec 30 têtes ou moins.
En France, 50% des sinistres ont été maîtrisés avec une tête, 85% avec 5 têtes ou moins, 97% avec 30 têtes ou moins.

Aussi, nous pouvons considérer un niveau de confiance 1 pour cette mesure de maîtrise des risques (fonctionne correctement dans 90 % des cas), sachant que l'on est plus proche d'un niveau de confiance 2 (fonctionnement dans 99% des cas). On peut donc décoter la probabilité d'occurrence d'un incendie de la cellule d'un facteur 10.



Les deux MMR valorisables pour cette fonction de sécurité sont :

- MMR1 : détection et intervention humaine sur départ de feu (extincteurs et RIA)
- MMR 2 : détection automatique et déclenchement du sprinkler

6.2 Gravité incendie

La modélisation des dispersions de fumées en dehors du site a montré qu'il n'y avait pas d'effet au sol en dehors du site.

Concernant les flux thermiques, dans tous les cas, ceux de 8 et 5 kW/m² restent dans les limites de propriété.
Nous prendrons l'hypothèse la plus pénalisante à savoir l'incendie pour du stockage de produits 2662.
Dans ce cas, le flux thermique de 3 kW/m² sort sur environ 1 760 m² côté Sud et 120 m² côté Nord du site.

La circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2013 indique que pour les terrains non aménagés et très peu fréquentés (champs, prairies, forêts, friches, marais…) tels que ceux impactés par le flux thermique de 3 kW/m² côtés Sud-ouest et Nord-ouest, il faut compter 1 personne par tranche de 100 ha.

Les 1 880 m² impactés par le flux thermique de 3 kW/m² nous amènent à considérer la présence permanente de $1{,}88.10^{-3}$ personne.

La présence humaine exposée à des effets irréversibles étant inférieure à 1 personne on peut conclure que le phénomène dangereux « Incendie d'une cellule de stockage » peut être considéré comme présentant une gravité **modérée**.

6.3 Cinétique incendie

L'incendie d'un îlot de stockage ou d'un rack puis la propagation de l'incendie en cas de non fonctionnement du sprinkler sont des phénomènes à cinétique rapide.

6.4 Matrice Probabilité x Gravité

A l'issue de l'analyse, chaque scénario identifié est positionné sur la matrice Probabilité x Gravité ci-dessous :

Gravité des conséquences sur les personnes exposées au risque (note 1)	PROBABILITE (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
Désastreux	NON	NON	NON	NON	NON
Catastrophique	MMR rang 1	MMR rang 2	NON	NON	NON
Important	MMR rang 1	MMR rang 1	MMR rang 2	NON	NON
Sérieux			MMR rang 1	MMR rang 2	NON
Modéré					MMR rang 1

NON : zone de risque élevé
MMR : zone de risque intermédiaire dans laquelle une démarche d'amélioration continue est particulièrement pertinente en vue d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible compte tenu de l'état des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.
Les rangs 1 et 2 correspondent à une gradation correspondant à la priorité que l'on peut accorder à la réduction des risques, en s'attachant d'abord à réduire les risques les plus importants (rangs les plus élevés).

Gravité des conséquences sur les personnes exposées au risque (note 1)	PROBABILITE (sens croissant de E vers A)				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré			Incendie du bâtiment CITADELLE		

6.5 Conclusions sur le niveau de risque

La cotation nous montre que l'évènement « incendie du bâtiment CITADELLE » présente un niveau de risque modéré.
Toutes les mesures ont été prises pour obtenir un niveau de risque aussi bas que possible au regard des enjeux du site.

7 NATURE ET ORGANISATION DES MOYENS DE SECOURS

7.1 Mesures organisationnelles

7.1.1 Consignes d'intervention et d'évacuation

Conformément aux dispositions de l'arrêté du 11 avril 2017, et sans préjudice des dispositions du code du travail, des consignes seront établies, tenues à jour et affichées dans les lieux fréquentés par le personnel.

Ces consignes indiqueront notamment :

- l'interdiction de fumer ;
- l'interdiction de tout brûlage à l'air libre ;
- l'interdiction d'apporter du feu sous une forme quelconque,
- l'obligation du document ou dossier à établir lors des travaux de réparation et d'aménagement ;
- les précautions à prendre pour l'emploi et le stockage de produits incompatibles ;
- les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation (électricité, obturation des écoulements d'égouts notamment) ;
- les modalités de mise en œuvre des dispositifs d'isolement du réseau de collecte;
- les moyens de lutte contre l'incendie ;
- les dispositions à mettre en œuvre lors de l'indisponibilité (maintenance…) de ceux-ci ;
- la procédure d'alerte avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours.

7.1.2 Plan de défense incendie

Un plan de défense incendie sera mis en place dans l'établissement. Celui-ci comprendra, conformément à l'arrêté du 11 avril 2017 :

- le schéma d'alerte décrivant les actions à mener à compter de la détection d'un incendie (l'origine et la prise en compte de l'alerte, l'appel des secours extérieurs, la liste des interlocuteurs internes et externes) ;
- l'organisation de la première intervention et de l'évacuation face à un incendie en période ouvrée. Il détaillera en particulier les procédures mises en place par l'utilisateur pour permettre une évacuation rapide de l'établissement. Il détaillera ensuite l'emplacement des points de rassemblement qui auront été positionnés autour de l'établissement pour être situés hors du flux thermque de 1,5 kW/m².
- en cas de présence d'une équipe de première intervention sur le site, la liste du personnel formé et les procédures de première intervention seront versées dans le Plan de Défense Incendie
- les modalités d'accueil des services d'incendie et de secours en période ouvrée et non ouvrée ;
- la justification des compétences du personnel susceptible, en cas d'alerte, d'intervenir avec des extincteurs et des robinets d'incendie armés et d'interagir sur les moyens fixes de protection incendie, notamment en matière de formation, de qualification et d'entraînement ;
- le plan de situation décrivant schématiquement l'alimentation des différents points d'eau ainsi que l'emplacement des vannes de barrage sur les canalisations, et les modalités de mise en œuvre, en toutes circonstances, de la ressource en eau nécessaire à la maîtrise de l'incendie;
- la description du fonctionnement opérationnel du système d'extinction automatique;
- la localisation des commandes des équipements de désenfumage prévus au point 5 ;

- la localisation des interrupteurs centraux ;
- les mesures particulières en cas d'indisponibilité temporaire du système d'extinction automatique d'incendie.

7.2 Moyens de secours

7.2.1 Extincteurs et RIA

Le personnel sera régulièrement formé à l'utilisation des engins de lutte contre l'incendie (RIA et extincteurs). Des exercices incendie seront organisés annuellement pour les employés du site.

- **Les extincteurs**

Des extincteurs adaptés aux produits stockés seront répartis dans la zone de stockage à raison d'un appareil pour 200 m² de surface.
Ces équipements seront contrôlés annuellement par une société spécialisée.

- **Les RIA**

Des Robinets d'incendie armés seront répartis dans l'entrepôt de telle sorte que chaque point de l'entrepôt puisse être atteint par deux jets de lance.
Les vérifications périodiques de maintenance seront faites tous les ans et la révision tous les cinq ans.

7.2.2 Détection et extinction automatique incendie

La cellule de stockage sera équipée d'une installation d'extinction automatique d'incendie de type sprinkler adaptée à la nature des produits stockés.
Sous la toiture de l'entrepôt, des têtes sprinkler ESFR (Early Suppression Fast Reponse) seront implantées. L'installation sprinkler ESFR sera complétée par une nappe de sprinkler type ESFR sous la dalle béton de la mezzanine et par des têtes sprinkler type ESFR à chaque niveau de stockage des picktowers.

L'installation sera indépendante du circuit électrique du bâtiment. Le déclenchement se fera par fonte du fusible calibré selon les règles en vigueur. La perte de pression entraînée par l'ouverture des têtes au-dessus de l'incendie déclenchera les pompes.

Pour l'entrepôt, l'installation comprendra :

- Un local équipé d'un groupe motopompe autonome diesel en charge à démarrage automatique,
- Deux cuves d'eau d'un volume de 1 090 m³ pour les réseaux « extinction automatique » et RIA,
- Une pompe électrique maintenant l'installation à une pression statique constante de 10 bars environ,
- Une armoire d'alarme avec renvoi en télésurveillance.

« Le rôle d'une installation de sprinklers est de détecter un foyer d'incendie et de l'éteindre à ses débuts ou au moins de le contenir de façon que l'extinction puisse être menée à bien par des moyens

de l'établissement protégé ou par les pompiers » (définition donnée par la règle R1 de l'APSAD, compatible avec la norme NF S 61-210).
Ainsi, une installation fixe d'extinction automatique de type sprinkler, dimensionnée correctement et en état de marche détecte, signale et limite tout départ d'incendie (l'extension du feu est limitée et les alentours sont refroidis ce qui augmente la durée de stabilité des matériaux) et remplit ainsi le rôle d'une installation de détection automatique d'incendie.

7.2.3 Poteaux incendie

Une voie pompiers de 6 m de largeur permettra l'accès au bâtiment sur l'ensemble de son périmètre. Elle sera équipée de surlargeurs permettant à deux engins de se croiser sur chaque façade. Elle sera pour partie sur l'emprise de la cour de manœuvre des poids lourds.

A partir de cette voie, les Sapeurs-pompiers pourront accéder à toutes les issues de l'entrepôt par des chemins stabilisés de 1,80 m de largeur minimum et sans avoir à parcourir plus de 60 m.

La sécurité incendie sera assurée par 10 poteaux incendie implantés autour du bâtiment.
Ces poteaux incendie seront répartis autour de l'établissement de manière que :

- les appareils ne soient pas distants entre eux de plus de 150 m,
- l'accès extérieur de chaque cellule ne soit pas situé à plus de 100 m d'un poteau.

A chaque point d'eau sera associée une aire de stationnement de 4 x 8 m distincte de la voie de circulation périmétrique.
Les poteaux incendie seront disposés de manière que chaque cellule soit défendue par un premier poteau situé à moins de 100 m d'une entrée de la surface considérée.
Les poteaux incendie seront alimentés depuis le réseau public de la ZAC de l'Aéroparc qui permettra de délivrer un débit de 180 m^3/h.
L'aménageur de la ZAC de l'Aéroparc projette également la création à proximité de l'accès Poids-lourds de l'établissement d'un bassin incendie enterré (citerne à eau) de 360 m^3 équipée de trois cannes d'aspiration à laquelle seront associées trois aires de stationnement de 4 x 8 m.

Le débit de 360 m^3/h disponible en limite de parcelle (180 m^3/h via les poteaux incendie et 360 m^3/2 dans la réserve enterrée) sera complété par deux réserves incendie de 360 m^3 chacune qui seront implantées aux angles Nord-ouest et Sud-est de l'entrepôt/

Ces dispositions permettront de fournir les besoins en eau dimensionnés avec la méthode D9, soit 720 m^3/h pendant 2 heures.

7.2.4 Besoins en eau - Bassin de rétention des eaux incendie et vanne associée

Le document D9 impose un volume d'eau nécessaire à la défense incendie de 720 m^3/h pendant 2 heures.

Note de calcul D9

Description sommaire du risque			
CRITIERE	**COEFFICIENTS ADDITIONNELS**	**Coefficients retenus**	**COMMENTAIRES**
Hauteur de stockage :			
- Jusqu'à 3 mètres	0		La hauteur de stockage sera supérieure à 12 mètres.
- Jusqu'à 8 mètres	0,1		
- Jusqu'à 12 mètres	0,2		
- Au-delà de 12 mètres	0,5	0,5	
Type de construction :			
- Ossature stable au feu ≥ 1 heure	-0,1	**-0,1**	La structure du bâtiment sera SF60
- Ossature stable au feu ≥ 30 minutes	0		
- Ossature stable au feu < 30 minutes	0,1		
Types d'interventions internes :			
- Accueil 24h/24 (présence permanente à l'entrée)	-0,1	**-0,1**	DAI généralisée reportée 24h/24 7j/7 en télésurveillance.
- DAI généralisée reportée 24h/24 7j/7 en télésurveillance.	-0,1		
- Service de sécurité incendie 24h/24 avec moyens appropriés équipe de seconde intervention en mesure d'intervenir 24h/24)	-0,3		
Σ des Coefficients		**0,3**	
1+ Σ des Coefficients		**1,3**	
Surface de référence (S en m²)		**52 168**	La surface de référence correspond à la surface de stockage du bâtiment.
$Qi = 30 * \frac{S}{500} * (1 + \sum coeff)$ m³/h		**4069**	
Catégorie de risque : Risque 2 : Q2 = Qi x 1,5		**6104**	La catégorie de risque 2 correspond à la catégorie habituellement admise pour les plastiques.
Risque sprinklé : Q2/2		**3052**	Le bâtiment sera sprinklé.
Débit requis (Q en m3/h)		**720**	**m³/h**

Le volume d'eau incendie à retenir selon la D9A (eaux incendie + volume des eaux lié aux intempéries) est de 3 931 m³.

Note de calcul D9A

Besoins pour la lutte extérieure		Résultats document D9 (Besoins x 2 heures au minimum)	1440 m³	Dimensionnement D9 pour 2h
Moyens de lutte contre l'incendie	Sprinkler	Volume réserve intégrale de la source principale ou besoins x durée théorique maximale de fonctionnement	1090 m³	Dimensionnement cuve sprinkler
	Rideaux d'eau	Besoins x 90 mn		
	RIA	A négliger		
	Mousse HF et MF	Débit de solution moussante x temps de noyage		
	Brouillards d'eau et autres systèmes	Débit x temps de fonctionnement requis		
Volumes d'eau liés aux intempéries		10 l/m² de surface de drainage	1401 m³	Surface active imperméabilisée = 140 111 m²
Présence stock de liquides		20% du volume contenu dans le local contenant le plus grand volume		
Volume total de liquide à mettre en rétention			**3931 m³**	

La rétention des eaux d'extinction incendie peut être mutualisée avec la rétention de l'orage décennal sur les voiries. Dans ce cas on peut retirer du dimensionnement D9A la part d'eau liée à l'orage (dans notre cas 1 401 m³).
Il faut alors retenir 2 530 m³ d'eau d'extinction incendie et 3 010 m³ de l'orage décennal sur les voiries dans un bassin étanche dont le volume sera égal à 5 540 m³.

Une vanne de barrage sera implantée en aval du bassin étanche.
En cas d'incendie cette vanne sera fermée afin de retenir les eaux d'extinction dans ce bassin.

En cas de sinistre, les eaux stockées seront analysées. Si elles ne présentent pas de pollution, elles seront rejetées dans le réseau des eaux pluviales, si elles sont polluées, elles seront éliminées comme déchet dangereux par une société spécialisée.

7.3 Evacuation du personnel et intervention des services de secours

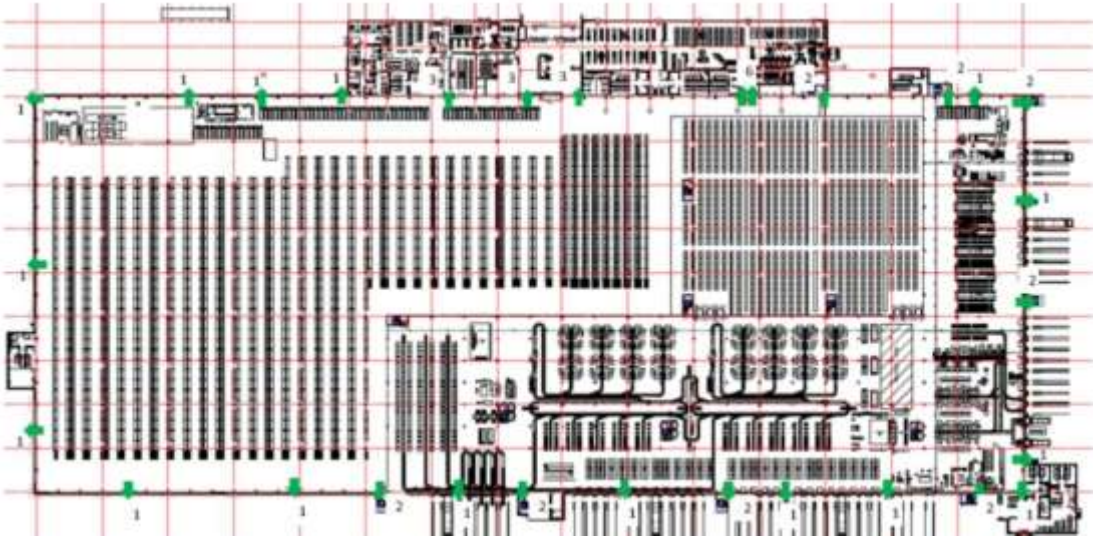
La société EFECTIS a été missionnée pour analyser les conditions de l'évacuation du personnel et de l'intervention des services de secours en prenant en compte les différentes phases de développement d'un incendie depuis sa phase d'ignition, son développement et dans le pire des cas sa généralisation à l'ensemble du bâtiment. Cette étude se trouve en annexe de la pièce complémentaire n°2 du présent dossier.

7.3.1 Description du bâtiment

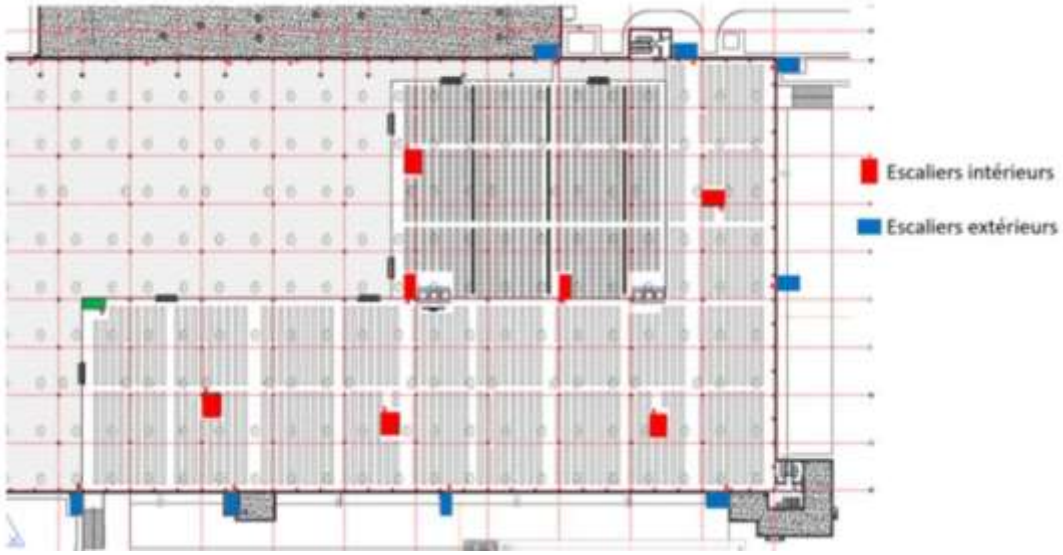
7.3.1.1 Issues de secours

Il est prévu au niveau P1 un total de 29 issues de secours totalisant 47 unités de passages (UP). L'effectif des niveaux supérieurs dispose quant à lui de 16 escaliers représentant un total de 30 UP.

Huit escaliers situés à cœur de la mezzanine et du stockage picktower sont encloisonnés (avec un exutoire de 1 m² en toiture) et présentent une résistance au REI60 de façon à permettre l'évacuation du personnel dans un espace protégé.
Les figures ci-dessous présentent la localisation des issues de secours.



Localisation des issues de secours au niveau P1



Localisation des issues de secours dans les niveaux supérieurs

7.3.1.2 Détection incendie et alarme

Le bâtiment sera équipé d'un système d'alarme. Le système sera conçu pour activer des alarmes sonores et visuelles sur activation du sprinkler ou dans le cas d'un déclenchement manuel de l'alarme.
L'entrepôt sera également équipé de détecteurs de fumées par prélèvement d'air (détection par aspiration haute sensibilité). Ces détecteurs seront répartis à tous les niveaux de mezzanine et picktower. Pour rappel, ce type de détecteur permet une détection très rapide des fumées.

7.3.1.3 Sprinkler

L'entrepôt sera protégé avec un système d'extinction à eau de type sprinklage.

Les spécificités techniques sont adaptées aux risques liés au stockage, plusieurs systèmes sont mis en œuvre suivant le risque associé. Le tableau ci-dessous synthétise les caractéristiques des différents systèmes

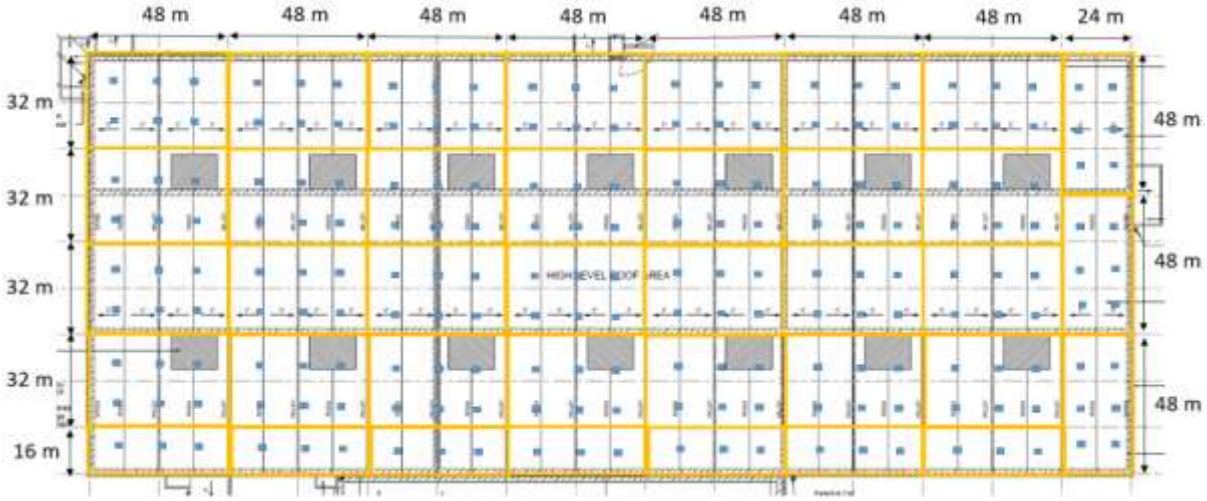
	Mezzanine	***Pick tower 3 niveauxs***	***Pick tower 5 Iniveaux***	***Racks Zone 2 (VNA)***	***Racks Zone 1***	***Sous toiture (totalité de la toiture entrepôt))***	***Bureaux***	***Locaux techniques (à l'exception des locaux transfo/électricité)***
Waterflow Alarm	**WA05**	**WA02**	**WA03**	**WA04**		**WA01**	**WA06**	
Type de protection	**Process avec UUP** (sous dale de mezzanine)	**Stockage avec UUP** (toiture + chaque niveau et chaque ligne de racks)	**Stockage avec UUP** (toiture + chaque niveau et chaque allée)	**Stockage avec CUP** (toiture + 1 nappe intermédiaire)	**Stockage avec CUP** (niveau sous toiture)	**Stockage avec CUP** (niveau sous toiture)	**Activité LH** Niveau sous faux plafond)	**Activité OH2** (niveau sous toiture)
Type de SPK et densité/zone ou nombrer	Sous dalle de la mezzanine **ESFR – K360 EC** ***9 sprinkleurs avec min. 3.4 bars par sprinkleur (table 23.4.2 NFPA 13)***	Dans les racks **ESFR – K360** ***4 sprinkleurs avec 520l/min par sprinkleur(tableau 25.8.3.4 de la NFPA13)***	Dans les racks **ESFR – K360** ***4 sprinkleurs avec 520l/min par sprinkleur(tableau 25.8.3.4 de la NFPA13)***	In-rack **ESFR – K320** ***6 sprinkleurs avec 455 l/min. par sprinkleur (chapter 2.3.6.6.3.5 FM 8-9)***	Pas de nappe intermédiaire de sprinkleurs	Sous toiture **ESFR – K404** ***9+2 sprinklers avec min. 5.5 bars/935l/mn par sprinkler (chapter 2.3.6.9.2.2 FM 8-9)***	Sous toiture Traditionnel **CMDA – K80** ***4.1 l/(min.m²) over 140 m² (table 19.3.3.1.1 NFPA 13)***	Sous toiture Traditionnel **CMDA – K115** ***8,2 l/(min.m²) over 140 m² (table 19.3.3.1.1 NFPA 13)***
Vertical sprinkler mapping	sprinklers under mezzanine	À chaque niveau (dans chaque allée)	À chaque niveau (dans chaque allée)	**au 4th niveaul** (12 m max. according ***chapter 2.3.6.6.3.4 FM 8-9***)	-	sprinklers sous toiture	-	-

Balance in-rack sprinkler system with ceiling level sprinkler system	-	**NO**	**NO**	**NO**	**NO**	-	-	-
Durée de la Protection	2 h	2 h	2 h	2 h	2 h	2 h	0.5 h	1 h
Hauteur de la zone à protéger	5,6 m (hauteur sous Mezzanine)	9.5 m (hauteur sous la toiture, depuis la dalle BA de la mezzanine)	15.5 m (hauteur sous-toiture)	15.5 m (l)	15.5 m (hauteur sous-toiture)	15.5 m (sous toiturel) 14 m (sous poutre)		
Hauteur de stockage	-	7 m pour 3 niveaux Dalle de la mezzanine (6 m) 1er étage (8.5 m) 2ème étage (11 m)	13 m pour 5 niveaux Dallage de l'entrepôt 1er étage (3 m) 2ème étage (6 m) 3ème étage (8.5 m) 4ème étage (11 m)	13 m pour 5 niveaux Dallage de l'entrepôt 1er étage (3 m) 2ème étage (6 m) 3ème étage (8.5 m) 4ème étage (11 m)	13 m pour 5 niveaux	-	-	-
Profondeur des racks	-	Racks doubles 1.4 m	Racks doubles 1.4 m	Single row : 1.05 m Double row : 2.3 m	Rack simple : 1.15m Rack double : 2.6 m	-	-	-
Largeur d'allée	-	1.4 m	1.4 m	1.5 m	3.4 m (cela doit être **>= 2.4 m de large avec ESFR K404 sous toiture**)	-	-	-

7.3.1.4 Désenfumage

- **Désenfumage sous toiture**

L'entrepôt sera désenfumé à l'aide d'exutoires se trouvant en toiture du bâtiment. Ces exutoires représentent une surface utile de 2% de la surface au sol de l'entrepôt, soit 1 042 m².
Un cantonnement sera réalisé à partir de la poutraison du bâtiment d'une hauteur de 1,5 m.
Le plan ci-dessous présente la position des exutoires (en bleu) et le cantonnement représenté par certaines des poutres principales (en jaune).



Position du cantonnement et des exutoires

- **Désenfumage des picktowers**

Pour permettre l'évacuation des fumées dans les picktowers vers les exutoires présents en toiture, des caillebotis sont répartis uniformément dans les allées principales. La surface de ces caillebotis est de 2 % de la surface des picktowers.

La figure ci-dessous présente la répartition des caillebotis (en violet) dans les picktowers

Position des trémies dans les picktowers

- **Désenfumage sous la mezzanine**

La mezzanine disposant d'un plancher plein, il est nécessaire de mettre en place un désenfumage spécifique sous celle-ci pour évacuer l'accumulation potentielle de fumées tout en limitant leur propagation au reste du bâtiment.
Deux configurations de désenfumage pour la mezzanine sont étudiées dans ce rapport :

- Désenfumage naturel par des exutoires se trouvant accolés aux cages d'escalier à raison de 2 x 4 m² de surface utile par bloc d'escalier soit 40 m² de surface utile au total.
- Désenfumage mécanique par des points d'extractions se trouvant accolés aux cages d'escalier, le débit d'extraction est de 81 000 m^3/h par point d'extraction.

Dans les deux cas, les fumées sont extraites par des conduits verticaux qui courent depuis le plancher de la mezzanine jusqu'en toiture.

De plus :

- Des écrans de cantonnement sont présents en bordure de mezzanine, côté intérieur pour éviter la propagation des fumées vers les picktowers.
- La poutraison de la mezzanine peut canaliser les fumées ;
- La mezzanine n'est pas en contact avec le bardage en façade. Les vides entre poteaux sont néanmoins calfeutrés afin d'éviter la propagation de fumés depuis le dessous de la mezzanine vers ces espaces, ce qui conduirait à accélérer la propagation des fumées vers les picktowers.

7.3.1.5 Amenées d'air

Les amenées d'air sont réalisées par les portes de quai se trouvant réparties sur deux façades du bâtiment. Il est considéré qu'au moins 50% des portes de quai peuvent être utilisées pour réaliser l'apport d'air.

7.3.1.6 Stratégie de désenfumage

Suivant la position de l'incendie différentes stratégies de désenfumage seront adoptées. La stratégie de désenfumage suivante est proposée.
Si le feu démarre dans la zone de stockage rack ou VNA :

- Désenfumage : Activation des exutoires se trouvant au-dessus des racks/VNA 5 minutes après le départ de feu. Cette temporisation permet une activation du système de sprinklage préalablement au désenfumage. Le reste des exutoires en toiture est activé progressivement en fonction de la propagation des fumées dans le niveau par détection ou manuellement depuis le PC de sécurité.
- Amenée d'air : Ouverture des portes de chargement par action manuelle du personnel de sécurité après déclenchement de l'alarme.

Si le feu démarre sous la mezzanine :

- Désenfumage : Activation du désenfumage (mécanique ou naturel suivant la configuration) 5 minutes après le départ de feu. Cette temporisation permet encore une fois une activation du système de sprinklage préalablement au désenfumage. Les exutoires en toiture sont activés manuellement depuis le PC si les conditions d'enfumages le nécessitent.
- Amenée d'air : Ouverture des portes de chargement par action manuelle du personnel de sécurité après déclenchement de l'alarme.

Si le feu démarre dans les picktowers :

- Désenfumage : Activation du désenfumage naturel dans tous les cantons au-dessus des picktowers 5 minutes après le départ de feu. Cette temporisation permet encore une fois une activation du système de sprinklage préalablement au désenfumage. Le reste des exutoires en toiture sont activés progressivement en fonction de la propagation des fumées dans le niveau par détection ou manuellement depuis le PC de sécurité.
- Amenée d'air : Ouverture des portes de chargement par action manuelle du personnel de sécurité après déclenchement de l'alarme.

7.3.2 Scénarios étudiés

Les scénarios étudiés sont les suivants :

- Un scénario sous mezzanine sur une zone de process avec maîtrise du feu par système de sprinklage
- Un scénario au RDC dans la picktower de 5 niveaux avec maîtrise du feu par système de sprinklage ;
- Un scénario au RDC dans la picktower de 5 niveaux sans maîtrise du feu par système de sprinklage ;
- Deux scénarios sur la mezzanine à deux positions différentes ;
- Un scénario sur la mezzanine sans maîtrise du feu par système de sprinklage.
- Un feu de VNA avec maîtrise du feu par système de sprinklage
- Un feu de VNA sans maîtrise du feu par système de sprinkage

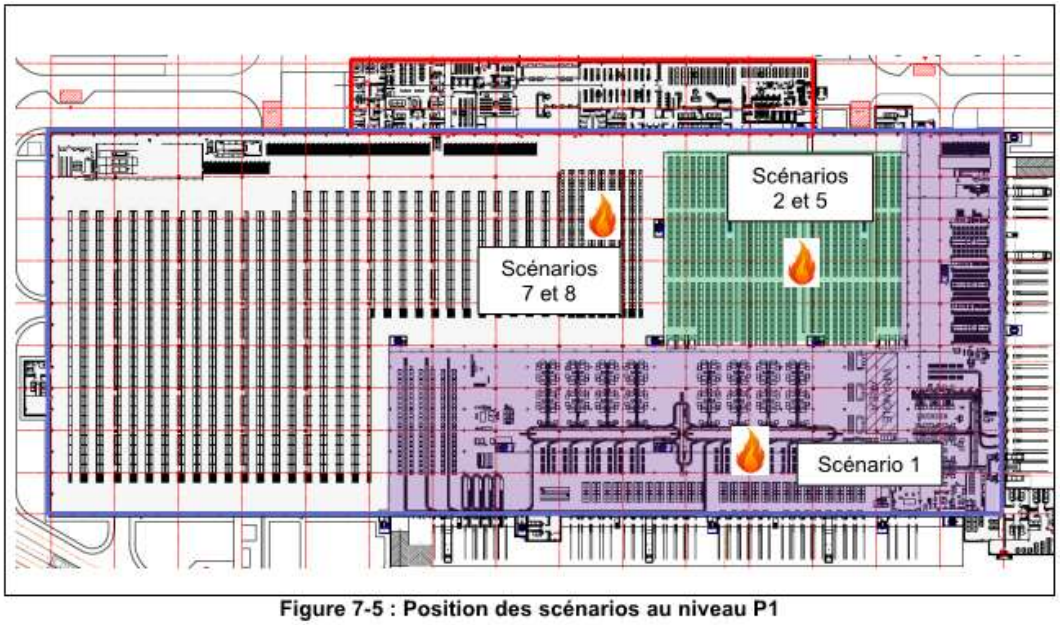
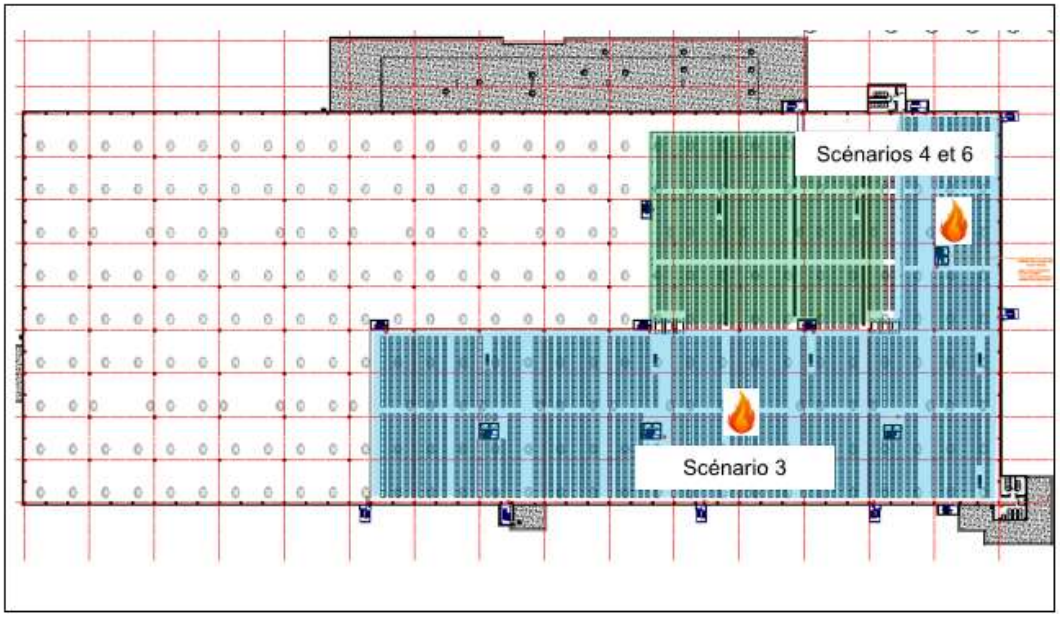


Figure 7-5 : Position des scénarios au niveau P1



7.3.3 Synthèse de l'analyse des scénarios

A partir de l'étude des 8 scénarios incendie investigués, il apparaît que :

- Dans tous les niveaux, le désenfumage et la porosité des planchers mis en place permettent de conserver de bonnes conditions de tenabilité en dehors de la zone de feu pour les personnes pendant plus de 10 minutes dans le cas de la maîtrise de l'incendie par le sprinkler ;
- Sous la mezzanine, un désenfumage mécanique ou naturel permet dans les deux cas d'évacuer les fumées pour éviter une redescente de celles-ci aux niveaux de circulation en rez-de-chaussée tout en limitant la propagation des fumées vers le dessus de la mezzanine et vers les picktowers ;
- Dans le cas d'une non maîtrise de l'incendie par le système de sprinkler, une aggravation du risque pour les personnes proches du départ de feu et les personnes se trouvant au dernier niveau de picktowers lors de leur évacuation est constatée ;

- - En prenant en compte l'absence de temporisation sur le déclenchement de l'alarme, les personnes peuvent évacuer avant que les conditions de visibilité soient dégradées, notamment en étages de picktowers.

7.3.4 Conclusions

Il apparait que le système de désenfumage mis en œuvre permet d'extraire efficacement les fumées pendant l'évacuation des personnes. Les deux configurations de désenfumage étudiées sous mezzanine sont satisfaisantes.

Néanmoins, dans le cas où le système de sprinklage ne contrôle pas le feu, une détérioration plus importante des conditions de tenabilité après la fin de l'évacuation est observée pour le denier niveau et le niveau sinistré.

Les conditions d'évacuation en cas d'incendie sont favorables dans la mesure où :

- Le désenfumage décrit au § 6.7 est mis en place ;
- Le personnel est sensibilisé au risque incendie et aux procédures. Notamment, le personnel empruntant les escaliers encloisonnés prévus dans les étages supérieurs devront évacuer sous la mezzanine une fois arrivés au niveau P1 et ne surtout pas repasser sous les picktowers. L'exploitant devra mettre en œuvre tous les moyens permettant d'assurer une évacuation précoce et rapide du personnel et des intervenants : formation, détection, alarme sonore et visuelle, exercices réguliers...
  En particulier, l'exploitant devra insister sur la nécessité d'évacuer à l'extérieur de la cellule même si les conditions sont encore tenables au niveau du sol.
- Le système de sprinklage est dimensionné en fonction du risque lié au combustible présent et est contrôlé régulièrement pour s'assurer de son bon déclenchement en cas d'incendie ;
- La diffusion de l'alarme d'évacuation se fait sans temporisation sur détection incendie.

8 IMPACT FINANCIER DES MESURES DE PREVENTION

Les mesures de sécurité ont été prises en compte dès la conception du bâtiment.

Nous rappelons ici les principales mesures techniques mises en place pour assurer la sécurité et limiter les risques dans notre entrepôt :

- réseau de poteaux incendie,
- écrans thermiques,
- portes coupe-feu,
- RIA,
- Sprinkler,
- Désenfumage,
- Ecrans de cantonnement,
- Protection foudre,
- Eclairage de sécurité,
- Gestion Technique du Bâtiment (report des alarmes centralisé, commande et contrôle des appareils à distance, etc.),
- Voirie pompiers,
- Clôtures, portails,
- Vanne d'isolement,

L'estimation prévisionnelle du coût global de ces mesures est de 2 066 118 €.

Ce montant ne prend pas en compte l'entretien et le contrôle de ces équipements.