

Révision Janvier 2021

Pièce jointe n°49

ETUDE DE DANGERS

AREFIM

Bâtiment B3

COSMETIC PARK®

Vennecy (45 760)

Boigny-sur-Bionne (45 760)



ENVIRONNEMENT

• **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.	IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES POTENTIELS DE DANGERS	6
1.1	Présentation du site	6
1.2	Les enjeux humains à proximité du site	6
1.3	Les produits mis en œuvre dans l'entrepôt	7
1.4	Les procédés mis en œuvre	13
2.	ANALYSE DES RISQUES	15
2.1	Accidentologie	15
2.2	Application au site – Identification des phénomènes dangereux	25
2.3	Application au site – Evènements initiateurs de l'incendie	29
2.4	Nœuds papillons et fonctions de sécurité	37
2.5	Etude de la cinétique	43
3.	PHENOMÈNES DANGEREUX	47
3.1	Etude des effets de surpression : l'explosion d'une chaudière	47
3.2	Etude des effets thermiques : l'incendie	52
3.3	Etude des effets toxiques et des effets sur la visibilité des fumées	70
4.	MESURES PROPRES À RÉDUIRE LA PROBABILITÉ ET LA GRAVITÉ	81
4.1	Fonction « éviter l'inflammation par une cigarette »	81
4.2	Fonction « éviter les dysfonctionnements d'appareils électriques »	81
4.3	Fonction « éviter les échauffements par point chaud »	81
4.4	Fonction « prévenir l'inflammation liée à la manutention »	81
4.5	Fonction « protéger contre la foudre »	81
4.6	Fonction « éviter les effets dominos »	82
4.7	Fonction « éviter la propagation à la cellule et éteindre l'îlot/rack »	82
4.8	Fonction « contenir l'incendie dans la cellule »	83
4.9	Fonction « éviter la pollution des eaux et des sols »	84
4.10	Lutte contre la malveillance	85
5.	EVALUATION ET PRISE EN COMPTE DE LA GRAVITE ET DE LA PROBABILITE	87
5.1	Probabilité incendie	88
5.2	Gravité incendie	92
5.3	Cinétique incendie	94
5.4	Probabilité, Gravité et cinétique du phénomène « Explosion de la chaufferie »	94
5.5	Matrice Probabilité x Gravité	95
5.6	Conclusion sur le niveau de risque	96
6.	NATURE ET ORGANISATION DES MOYENS DE SECOURS	97
6.1	Mesures organisationnelles	97
6.2	Moyens de secours	98
7.	IMPACT FINANCIER DES MESURES DE PREVENTION	102

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 la société AREFIM.



SD Environnement,

19bis, Avenue Léon Gambetta

92120 Montrouge

Tél. : 01 46 94 80 64

Email : sebastien.bachelierie@sdenvironnement.fr

1. IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES POTENTIELS DE DANGERS

1.1 Présentation du site

Le projet consiste en la réalisation d'un bâtiment « Bâtiment B3 » à usage d'entreposage et de bureaux d'une Surface Plancher totale de 27 553 m² divisé en 6 cellules de stockage et 1 zone de préparation.

La capacité maximale de stockage du site sera de 51 700 palettes représentant 25 850 t de marchandises combustibles. Les produits stockés seront des produits divers classés sous les rubriques 1510, 1530, 1532, 2662, 2663-1 et 2663- 2 et ne présentant pas d'autres risques que leur combustibilité.

Les six cellules de stockage présenteront une superficie inférieure à 3 500 m², elles pourront accueillir un stockage de liquides inflammables et d'aérosols classables sous les rubriques 4330, 4331, 4755, 4320 et 4321 de la nomenclature des ICPE.

Les six cellules de l'établissement pourront également abriter un stockage sous température dirigée classé sous la rubrique 1511.

Tous les produits seront stockés dans le respect des règles de compatibilité.

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

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

Dans le bâtiment, 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 de chariots élévateurs.

La mise en place d'un système informatisé de gestion des stocks permettra de tenir à jour un état des marchandises stockées avec leur localisation dans le bâtiment.

Le principal risque lié à l'activité logistique est l'incendie du fait de la nature des produits stockés. Ces produits ne présentent pas de danger en soit mais leur combustibilité ramenée à l'échelle du stockage (4 850 t de matières combustibles stockées dans la zone de préparation) présente un risque d'incendie de grande ampleur.

1.2 Les enjeux humains à proximité du site

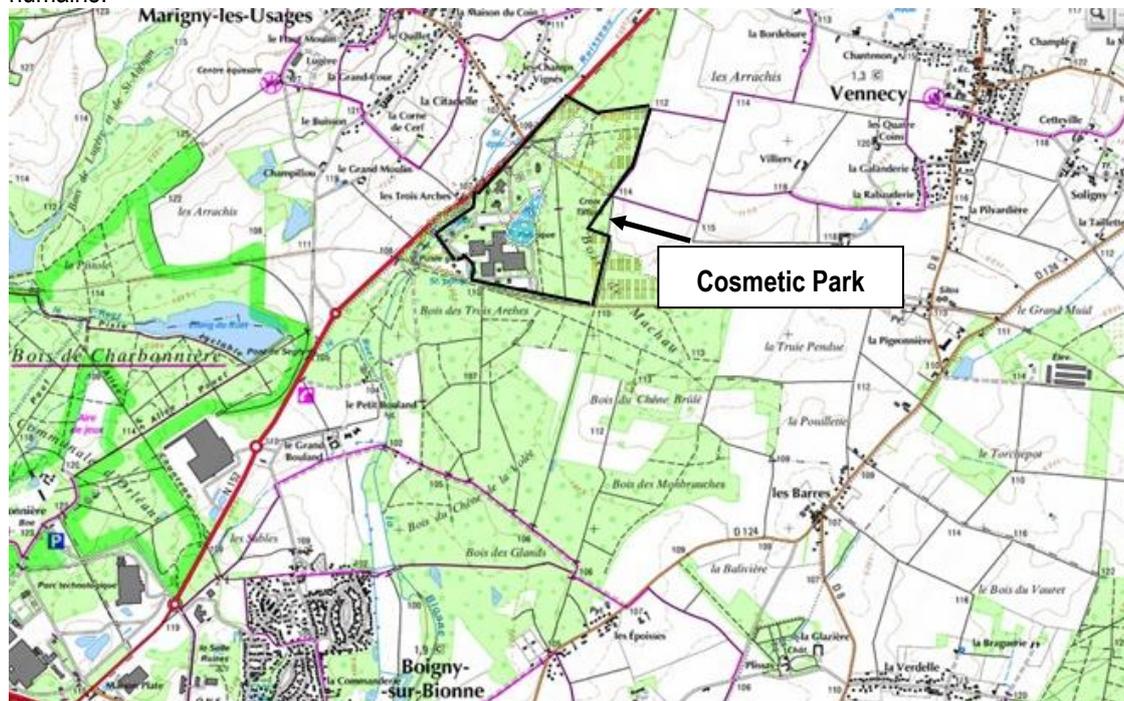
Le terrain d'assiette du projet est le terrain A2 décrit dans l'arrêté préfectoral d'autorisation environnementale en date du 18/09/18.

Le terrain d'assiette du Cosmetic Park® est délimité :

- Au Nord par l'extrémité Nord du Bois de Machau, par des terres agricoles puis par les premières habitations des communes de Vennecy et Marigny-les-Usages,
- A l'Est par l'emprise de la route départementales RD2152 puis par les terrains d'assiette de la future ZAC Charbonnières 3
- Au Sud par le Bois des Trois Arches puis par l'emprise de la ZAC Charbonnière 4,

- A l'Ouest par l'extrémité du Bois de Machau puis par des terres agricoles.

Compte tenu de la localisation de l'établissement, les enjeux en cas d'accident sont essentiellement humains.



Emplacement projeté du site

1.3 Les produits mis en œuvre dans l'entrepôt

1.3.1 Les produits stockés : rubriques 1510, 1530, 1532, 2662, 2663

Toutes les cellules pourront accueillir un stockage de produits ne présentant pas d'autre danger que leur combustibilité.

Ces produits pourront être, par exemple des pièces détachées automobiles, des produits pharmaceutiques et cosmétiques, du textile, de la maroquinerie, des produits alimentaires secs, du vin, de l'électroménager, du matériel informatique, des articles de sport, des articles de bricolage, du mobilier, etc. Cette liste donnée à titre indicatif n'est pas exhaustive. Toute autre marchandise non citée mais classée sous les rubriques autorisées pourra être entreposée dans l'entrepôt.

➤ Agencement d'une cellule, densité de stockage

Les cellules de l'entrepôt seront aménagées en zone de stockage (racks ou masse) et zone de préparation / expédition.

Ces zones de préparation / expédition seront conservées libres de racks. Le stockage en masse sera envisageable sur deux hauteurs de palettes.

Sur le reste de la profondeur des cellules, l'espace sera occupé par des racks et/ou du stockage en masse.

Dans le cas du stockage sur racks, la densité de stockage sera de l'ordre de 2 palettes/m², pour une hauteur sous ferme maximale de 10,8 m qui permettra le stockage sur 6 niveaux (sol + 5).

A titre indicatif, en équivalent palettes complètes, le nombre de palettes de marchandises combustibles courantes stockées dans le bâtiment sera donc de l'ordre de 51 700.

Le poids moyen d'une palette étant de l'ordre de 500 kg (matières combustibles), le poids total de matière combustible dans le bâtiment sera de 25 850 t. Une palette présente un volume de 1,44 m³, les 51 700 palettes correspondent à un volume de 74 448 m³.

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 consiste en :

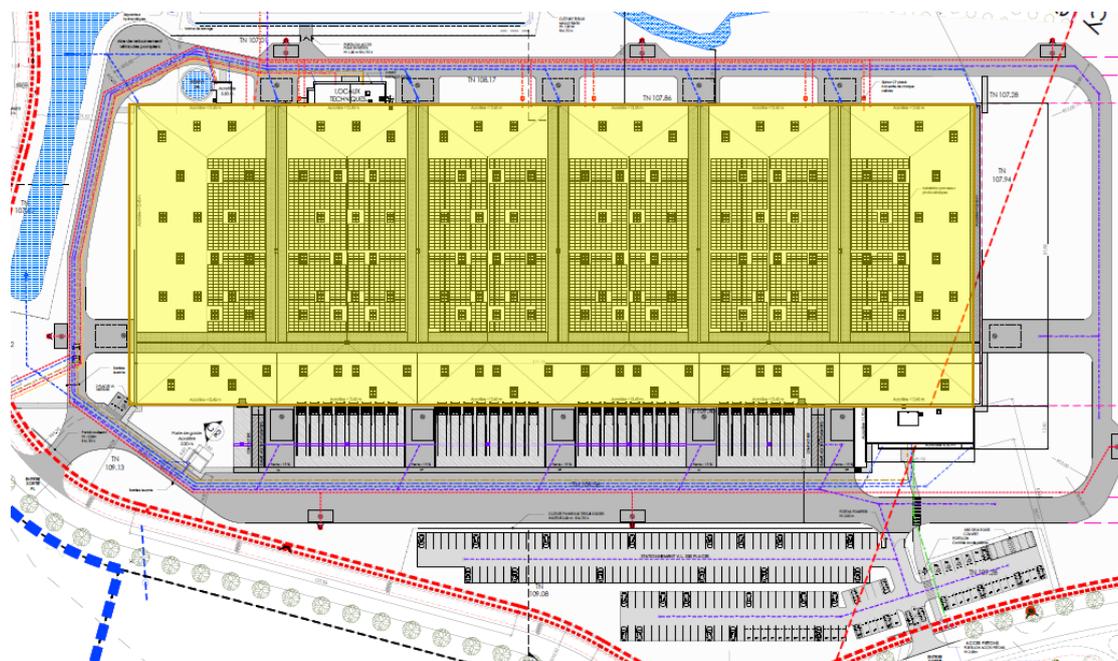
- 51 700 équivalents palettes de 500 kg soit une quantité maximale entreposée de 25 850 t de produits classés sous la rubrique 1510,
- ou 74 448 m³ de papier ou matériaux combustibles analogues classés sous la rubrique 1530,
- ou 74 448 m³ de bois ou matériaux combustibles analogues classés sous la rubrique 1532,
- ou en 74 448 m³ de polymères (matières plastiques, caoutchouc, élastomères, résines et adhésifs synthétiques à l'état intermédiaires ou sous forme des matières premières) classables sous la rubrique 2662,
- ou en 74 448 m³ de produits dont 50% au moins de la masse totale unitaire est composée de polymères alvéolaires classables sous la rubrique 2663-1,
- ou en 74 448 m³ de produits dont 50% au moins de la masse totale unitaire est composée de polymères alvéolaires classables sous la rubrique 2663-2.

Quelle que soit la répartition future dans les cellules entre les différentes rubriques 1510, 1530, 1532, 2662, 2663-1 et 2663-2, la quantité de produits entreposés sera limitée à 25 850 t.

La répartition du stockage dans les cellules est présentée dans le tableau ci-dessous.

	Surface la cellule	Nombre d'équivalents palettes	Quantité de produits stockés
Cellule 1	3 490 m ²	7 000 palettes	3 500 t
Cellule 2	3 480 m ²	7 000 palettes	3 500 t
Cellule 3	3 480 m ²	7 000 palettes	3 500 t
Cellule 4	3 480 m ²	7 000 palettes	3 500 t
Cellule 5	3 480 m ²	7 000 palettes	3 500 t
Cellule 6	3 472 m ²	7 000 palettes	3 500 t
Zone de préparation	4 844 m ²	9 700 palettes	4 850 t
TOTAL SITE	25 726 m²	51 700 palettes	25 850 t

Le plan ci-après permet de visualiser les zones de stockage pour les rubriques 1510, 1530, 1532, 2662 et 2663.



Rubriques ICPE	
1510/2662/2663-1/2663-2	Toutes les cellules et la zone de préparation

1.3.2 Stockage de marchandises sous température dirigée (rubrique 1511)

Toutes les cellules pourront accueillir un stockage sous température dirigée. Cette activité est classable sous la rubrique 1511 (entrepôts frigorifiques).

La capacité de stockage maximal sera de 42 000 équivalents palettes stockées ou 49 500 m³.

1.3.3 Stockage de produits inflammables (rubriques 4330 et 4331)

Les cellules de stockage pourront accueillir des liquides inflammables classables sous les rubriques 4330 et 4331 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement jusqu'à une hauteur de 5 m. Au-dessus, des palettes de marchandises combustibles courantes pourront être stockées jusqu'à 10,8 m.

La densité de stockage sera de l'ordre de 2 palettes/m², pour une hauteur de stockage minimale de 10,8 m qui permettra le stockage sur 6 niveaux (sol + 5).

La répartition du stockage dans les cellules pour la rubrique 4331 est présentée dans le tableau ci-dessous.

Stockage de liquides inflammables	Surface de la cellule dédiée	Nombre d'équivalents palettes	Volume stocké
Cellule 1	3 490 m ²	1 650 palettes	330 m ³
Cellule 2	3 480 m ²	1 650 palettes	330 m ³
Cellule 3	3 480 m ²	1 650 palettes	330 m ³
Cellule 4	3 480 m ²	1 650 palettes	330 m ³

Cellule 5	3 480 m ²	1 650 palettes	330 m ³
Cellule 6	3 472 m ²	1 650 palettes	330 m ³
Capacité de stockage maximale		9 900 palettes	1980 m³

Pour la rubrique 4330, la capacité de stockage est limitée à 10 palettes soit 2 t.

Les cellules seront divisées en zones de collecte inférieures ou égales à 500 m², équipées chacune de dispositifs de collecte reliés à une rétention déportée commune. Le dispositif de rétention couvrira 100 % du volume total de produits entreposés dans une cellule, soit 330 m³.

Le dispositif de rétention déportée sera commun à la rétention des eaux d'extinction incendie de l'établissement.

Chaque dispositif de collecte sera équipé d'un siphon coupe-feu, situé entre la cellule et le bassin de rétention, destiné à assurer le rôle de coupe-feu et à éviter que l'incendie ne se propage à la rétention.

Le sprinklage de ces cellules sera adapté au stockage de liquides inflammables.



Rubriques ICPE	
4330 / 4331 / 4755 / 4320 / 4321 / 1511	Cellules 1, 2, 3, 4, 5 et 6

1.3.4 Stockage d'aérosols (rubriques 4320 et 4321)

Les cellules pourront accueillir un stockage d'aérosols classés sous les rubriques 4320 et 4321 de la nomenclature des ICPE dans des zones grillagées dédiées.

Conformément aux préconisations du rapport INERIS Q4 – Modélisation d'un incendie affectant un stockage de générateurs d'aérosols, la cloison grillagée isolant la zone de stockage des aérosols du reste de la cellule aura des mailles suffisamment serrées pour retenir les boîtiers projetés en cas

d'incendie. Il sera suffisamment résistant et convenablement ancré pour ne pas être arraché par les débris d'aérosols en cas d'incendie.

Pour la rubrique 4320, la capacité de stockage est limitée à 100 palettes soit 20 t.

Pour la rubrique 4321, la capacité de stockage est limitée à 2 750 palettes soit 550 t.

L'installation sprinkler de la zone de stockage des aérosols sera adaptée à ces produits.

1.3.5 **Stockage des alcools de bouche d'origine agricole (rubrique 4755)**

Il est prévu que les cellules puissent accueillir un stockage d'alcools de bouche d'origine agricole (rubrique 4755) en mélange avec les produits combustibles courants.

Les alcools de bouche seront stockés sur des palettes, elles-mêmes stockées sur des racks. La hauteur de stockage des alcools de bouche sera limitée à 5 m. Au-dessus, des palettes de marchandises combustibles courantes pourront être stockées jusqu'à 10,8 m.

Le nombre d'équivalents palettes d'alcool de bouche stocké sur le site sera de l'ordre de 600.

Le poids moyen d'une palette d'alcool de bouche est en moyenne de 800 kg et chaque palette contient en moyenne 500 l de liquide. Le volume maximal d'alcools de bouche de titre alcoométrique supérieur à 40% (rhums, cocktails, etc...) sera égal à 300 m³.

Les alcools de bouche d'origine agricole seront entreposés sur des dispositifs de rétention internes dimensionnés pour permettre la rétention de 50% de la capacité globale des réservoirs associés.

1.3.6 **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 ₂ O 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
Polyéthylène (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 (CO₂), la vapeur d'eau,
- le méthane et les hydrocarbures aliphatiques et aromatiques.

Le monoxyde de carbone est très souvent le gaz 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 ou 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.

1.3.7 Le gaz naturel

Le bâtiment sera équipé d'une chaufferie comportant une chaudière d'une puissance de 3 MW. Cette chaudière sera alimentée au gaz naturel par GDF.

Des mercaptans sont incorporés au gaz par GDF pour lui donner une odeur et ainsi permettre de détecter les fuites éventuelles.

Le gaz naturel est inflammable, incolore et inodore. Il est un peu soluble dans l'eau.

Composition :	80 % de méthane
	15 % d'éthane
	4 % de propane
	1 % de butane
Pouvoir calorifique	8 600 kcal/Nm ³
Température d'ébullition	- 161,5 °C
Densité	0,717 g/l

Les limites d'inflammabilité sont recensées dans le tableau ci-dessous :

Air		Oxygène	
Limite inférieure	Limite supérieure	Limite inférieure	Limite supérieure
5 %	15 %	5 %	60 %

Pour le méthane en mélange avec l'air et avec l'oxygène pur, les limites sont exprimées en pourcent (volume) de combustible dans le mélange total.

Les principaux gaz formés lors de la combustion du gaz naturel sont :

- le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO₂), la vapeur d'eau,
- des oxydes d'azote, des oxydes de soufre.

1.4 Les procédés mis en œuvre

1.4.1 La charge des batteries

L'établissement sera équipé de deux locaux techniques dédiés à la charge des batteries des chariots élévateurs de 300 m² chacun. Ces locaux de charge seront situés dans le volume de l'entrepôt, au niveau de la zone de préparation, aux angles Sud-est et Nord-est du bâtiment.

Ils seront construits et exploités conformément aux prescriptions de l'arrêté du 29 mai 2000 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 2925 « accumulateurs (atelier de charge) », excepté pour la tenue au feu des murs extérieurs et la nature de la couverture.

- Les façades extérieures de ces locaux seront constituées panneaux en bardage double peau M0. Ils seront séparés de la zone de préparation par un mur coupe-feu de degré 2 heures (REI 120) jusque sous bac de l'entrepôt et par une porte coupe-feu de degré 2 heures (EI 120) à fermeture automatique.
- La toiture sera constituée d'un bac acier avec isolation et étanchéité multicouche conforme à l'indice Broof T3.

La société AREFIM sollicite une dérogation aux prescriptions l'article 2.4.1 de l'arrêté du 29 mai 2000 pour les caractéristiques des façades extérieures et des couvertures des locaux de charge.

L'article 2.4.1 indique en effet que les locaux abritant l'installation doivent présenter les caractéristiques de réaction et de résistance au feu minimales suivantes :

- murs et planchers hauts coupe-feu de degré 2 heures (REI 120)
- couverture incombustible,
- portes intérieures coupe-feu de degré 1/2 heure (EI 30) et munies d'un ferme-porte ou d'un dispositif assurant leur fermeture automatique,
- porte donnant vers l'extérieur pare-flamme de degré 1/2 heure,
- pour les autres matériaux : classe M0 (incombustibles).

Les dispositions constructives prévues par la société AREFIM pour les locaux de charge ne présentent pas une aggravation du risque.

Les deux locaux de charge auront une issue de secours vers l'extérieur.

Leurs équipements électriques seront réalisés selon les normes et ils seront inspectés régulièrement par un organisme agréé. Des cartouches fusibles et un relais disjoncteur protégeront les installations contre les risques de court-circuit.

L'éclairage artificiel se fera par des lampes sous enveloppe protectrice en verre.

Pour limiter le risque d'accumulation d'hydrogène, chaque local de charge sera équipé d'une ventilation mécanique forcée installée en toiture. La charge des batteries sera asservie au fonctionnement de la ventilation.

Le sol et les murs, jusqu'à une hauteur d'un mètre, seront recouverts d'un revêtement anti-acide. Le local de charge des batteries sera équipé d'une fontaine oculaire, d'une douche et d'un extincteur au CO₂.

Les eaux résiduelles (acides) seront collectées dans un bac étanche, pour neutralisation (pH entre 5,5 et 8,5). La vidange de ce bac ne pourra se faire que par un système de pompage manuel ou électrique. Les eaux seront évacuées par une société spécialisée.

1.4.2 Le chauffage

Les calories nécessaires à la mise hors gel du bâtiment seront produites par une chaudière au gaz naturel d'une puissance totale de 3 MW.

Le bâtiment sera chauffé par des aérothermes à eau chaude. Le réseau de distribution d'eau chaude circulera sous charpente et alimentera les différents appareils.

Les équipements électriques spécifiques à la chaufferie du site seront réalisés selon les normes et ils seront inspectés régulièrement par un organisme agréé.

Une fuite et une accumulation de gaz peuvent provoquer une explosion. Les réseaux d'alimentation en combustible seront réalisés de manière à réduire les risques en cas de fuite.

Les canalisations seront protégées contre les agressions extérieures. La conduite de gaz enterrée alimentant la chaufferie sera réalisée conformément à la réglementation française et aux normes de Gaz de France.

Le poste de détente pour l'alimentation gaz de la chaufferie gaz sera équipé d'un système réglementaire de coupure automatique de l'alimentation en cas de fuite.

La chaufferie sera ventilée.

2. ANALYSE DES RISQUES

2.1 Accidentologie

2.1.1 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 50 000 accidents inventoriés dans la base de données du BARPI.

La consultation des accidents enregistrés pour l'activité « Manutention et Entreposage » permet de recenser 3 068 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 accidentologie réalisée par le BARPI sur les accidents impliquant des entrepôts, 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 m ² (non compris)	85	41
Entre 5 000 et 10 000 m ² (non compris)	27	13
≥ 10 000 m ²	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, 1532 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 manœuvre 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'accidentologie 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 dans un entrepôt	Anzin	11/08/2017	50176	Entrepôt de 7 000 m ²	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 d'une usine de plasturgie	Chelles	22/09/2017	50419	Commerce de gros de bois, de matériaux de construction et d'appareils sanitaires	Départ de feu dans une usine d'un stockage de produits PVC	Déversement des eaux d'extinction dans la Marne
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 m ²	--	Aucune conséquence
Incendie dans un entrepôt d'une société de vente en ligne	Valence	24/08/2018	52103	Entrepôt soumis à autorisation (1510)	Départ de feu dans une cellule de 6000 m ² contenant plus de 108 000 pneumatiques.	Dégagement de fumées, pic d'élévation de particules PM10
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 m ²	--	Aucune conséquence

Incendie dans un entrepôt	Saran	26/12/2018	52880	1510 – Autorisation classé Seveso Haut	Palette mal positionnée entraînant 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 m ²	Feu de palettes et de détritrus	Aucune conséquence
Feu d'entrepôt	Mulhouse	18/05/2019	53669	Entrepôt de 12 000 m ² 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 m ² sur un ancien site industriel	Acte de malveillance, 4 mineurs ont mis le feu à des cartons	Dégagement de fumées toxiques (bouteilles de gaz)
Incendie d'un entrepôt	La-Charite-sur-Loire	11/07/2019	54011	Entrepôt de 6 000 m ²	Départ de feu	Dégagement de fumées toxiques. Destruction du hangar et de son stockage
Incendie dans un entrepôt	Tourcoing	18/07/2019	54060	Entrepôt de 9 000 m ²	Départ de feu	4 pompiers blessés, 1 entreprise détruite
Incendie dans une entreprise de vente en ligne	Saint-Vulbas	13/07/2019	54001	1510 - Enregistrement	Chauffe de batteries de secours puis inflammation	Aucune conséquence
Incendie dans une entreprise de commerce de produits chimiques	Ledenon	02/06/2019	53702	Seveso seuil haut	Départ de feu sur un stockage de palettes d'emballages	Dégagement de fumées toxiques

2.1.2 **Chaufferie gaz**

L'accidentologie sur les chaudières à gaz est basée sur l'analyse des accidents recensés dans la base de données du BARPI.

Une liste d'accidents significatifs est présentée en annexe n°1.

On observe que les accidents sur les chaudières interviennent principalement sur des chaudières de process, en particulier dans le domaine du raffinage de pétrole et de la chimie.

Les accidents intervenus sur des chaudières de chauffage se caractérisent par une explosion, issue d'une fuite de gaz combinée à un point chaud.

On remarque qu'une grande partie des accidents se produit après une intervention humaine pour maintenance ou réparation.

En ce qui concerne la gravité de tels événements, les comptes rendus des accidents passés font part de victimes chez le personnel présent dans la chaufferie au moment du sinistre et de dommages matériels sur l'installation ou sur l'environnement proche.

2.1.3 **Locaux de charge des batteries**

L'accidentologie du BARPI ne fait pas état d'accident dans les locaux de charge des batteries des chariots élévateurs tels qu'ils apparaissent sur le site.

Les trois accidents retenus concernent des entreprises de fabrication d'accumulateur.

Une défaillance électrique conduit à un incendie du local. Cependant, les dégâts sont uniquement matériels.

2.1.4 **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.

2.1.4.1 **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 cartes 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 événements : 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.

2.1.4.2 Le risque « précipitations atmosphériques - inondations »

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.

2.2 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 dommages suivantes :

2.2.1 Incendie d'une cellule de stockage de matières combustibles

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

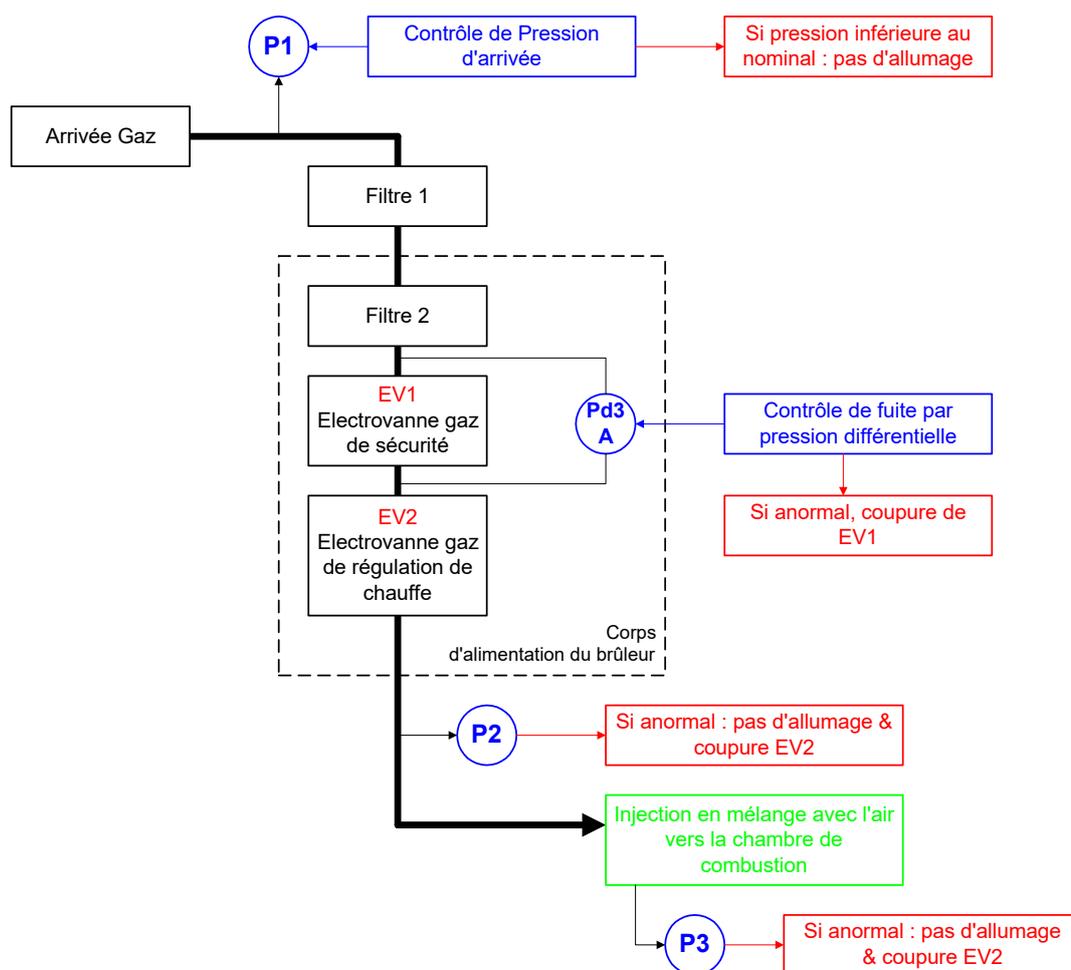
- Une forte proportion de sinistres intervient la nuit ou le week-end et l'alerte est souvent donnée par des passants ou des voisins. Ceci met clairement en relief l'importance du dispositif d'extinction automatique d'incendie avec report d'alarme assurant une détection précoce et permanente des départs 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 des pompiers à l'intérieur des bâtiments. 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.
- Les moyens des services de secours ne permettent pas d'éteindre des incendies de plusieurs milliers de mètres carrés de bâtiment en flammes. Le recoupement des entrepôts par des cellules d'une superficie raisonnable et séparées par des parois coupe-feu permet de limiter l'extension des sinistres. Le bâtiment sera divisé en cellules de moins de 3 500 m² par des murs coupe-feu séparatifs dépassant d'un mètre en toiture. Ce compartimentage permet de prévenir le développement d'un incendie de grande ampleur.
- L'accumulation des gaz chauds sous toiture favorise la propagation du feu. Un large dimensionnement des exutoires évacuant les fumées est donc essentiel. Ainsi, chaque cellule du bâtiment sera recoupée en partie supérieure par des retombées métalliques d'un mètre 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 MO (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 CO₂ et manuelle placée à proximité des issues de secours avec renvoi de commande sur la façade opposée.

Nous avons étudié par la suite les effets thermiques de l'incendie d'une cellule et de trois cellules de stockage ainsi que les effets toxiques et l'impact sur la visibilité.

2.2.2 Explosion de gaz dans la chaufferie

L'accidentologie nous a montré l'importance de prévenir les fuites de gaz et de limiter les sources d'inflammation. Suivant ces conclusions, les mesures de prévention et de protection suivantes seront mises en place dans la chaufferie :

- La chaufferie sera isolée par des murs coupe-feu de degré 2h (REI 120).
- Les équipements électriques spécifiques à la chaufferie seront réalisés selon les normes et ils seront inspectés régulièrement par un organisme agréé.
- Le poste de détente pour l'alimentation gaz de la chaufferie sera équipé d'un système réglementaire de coupure automatique de l'alimentation en cas de fuite.
- La chaufferie sera ventilée.
- La chaudière possèdera un brûleur équipé d'un pressostat permettant de contrôler la bonne alimentation en gaz. Le schéma ci-dessous établit les sécurités internes de cette installation :



Ce système de sécurité concerne uniquement l'équipement du brûleur. Il établit une double barrière de sécurité vis-à-vis du risque d'explosion dans le foyer en supprimant l'arrivée de gaz en cas d'anomalie de pression sur la ligne.

- Un système de contrôle de la flamme, non figuré sur ce schéma, établit en outre une barrière vis-à-vis du risque de dysfonctionnement et de rejet de mélanges gazeux toxiques en arrêtant toute alimentation gaz dès lors que la flamme n'induit pas la couleur, donc la température requise.
- Le brûleur sera alimenté au moyen d'un raccordement au réseau de distribution de GDF. La canalisation d'alimentation en gaz sortira du sol au niveau de la façade extérieure de la chaufferie.
- Cette canalisation sera équipée d'une vanne manuelle de coupure. Les canalisations seront protégées contre les agressions extérieures. La conduite de gaz enterrée alimentant la chaufferie sera réalisée conformément à la réglementation française et aux normes de Gaz de France.
- La chaufferie sera uniquement accessible au personnel compétant. Elle sera équipée d'une détection incendie et d'extincteurs à poudre polyvalente de classe 5A-34B.
- Un permis feu sera obligatoire avant tout travaux par point chaud et il sera formellement interdit de fumer.

Nous avons étudié par la suite les effets de surpression engendrés par l'explosion de la chaufferie.

2.2.3 **Explosion d'hydrogène dans un local de charge**

L'accidentologie n'a pas mis en évidence le risque d'explosion dans un des deux locaux de charge.

Lorsqu'une batterie est en charge, au fur et à mesure que cette opération s'effectue, la force contre-électromotrice qu'elle représente vient s'opposer à l'intensité du chargeur, de telle sorte que celle-ci diminue continûment au cours de l'opération.

En principe, lorsque la batterie est chargée, plus aucune intensité ne circule à travers elle, ou sinon une fraction très faible de l'ampérage nominal de la charge.

Cependant lorsqu'une batterie est défectueuse, l'intensité imposée par le chargeur peut éventuellement engendrer l'électrolyse de l'eau.

Pour limiter le risque d'accumulation d'hydrogène, chaque local de charge sera équipé d'une ventilation mécanique forcée installée en toiture. La charge des batteries sera asservie à cette ventilation. Elle sera dimensionnée pour assurer un renouvellement important de l'air dans le local. Le fonctionnement de l'extracteur d'air sera asservi au contacteur électrique du circuit de charge et un pressostat contrôlera son fonctionnement et donnera une alarme en cas de défaillance provoquant ainsi la mise hors tension du circuit de charge.

Le volume d'hydrogène dégagé pendant le chargement d'une batterie sera relativement faible, son impact sur la pollution atmosphérique sera négligeable.

Calcul du volume d'hydrogène rejeté dans l'atmosphère :

Pour un chariot élévateur d'une puissance de batterie de 600 Ah.

Le volume d'hydrogène dégagé peut être calculé par la formule suivante :

$$V = P \times n \times 0,08/1000$$

où :

P est la puissance de la batterie, P = 600 Ah

n est le nombre d'éléments, n = 24 pour une batterie de 600 Ah

$$V = 1,15 \text{ m}^3 \text{ d'hydrogène pour une batterie}$$

L'explosion d'un local de charge proviendrait d'une accumulation d'hydrogène au cours de la charge des batteries des chariots élévateurs. Or, pour atteindre un dépassement de la LIE, il faudrait une défaillance de nombreuses batteries au même moment. De plus, chaque local sera très largement ventilé (extracteur mécanique d'air en partie haute) et les batteries seront régulièrement contrôlées.

Ces mesures nous ont conduit à ne pas prendre en compte le risque d'explosion dans un local de charge.

La possible inflammation d'un local de charge pourrait éventuellement conduire à un incendie de la cellule adjacente.

2.2.4 **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 du local de charge 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 les quais pour en volume retenu 280 m³,
- Pour le reste soit un volume de 1 664 m³ dans un bassin étanche dédié qui accueillera également la rétention déportée des liquides inflammables pour un volume de 330 m³.

Le volume du bassin étanche sera de **2 237 m³**, il permettra de retenir les 1 664 m³ d'eau incendie non retenus dans les quais et les 330 m³ de liquides inflammables stockés dans une cellule.

En cas de sinistre, les eaux stockées dans le bassin étanche 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 DIS par une société spécialisée.

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

En cas d'incendie, cette vanne, asservie à l'alarme sprinkler, sera automatiquement fermée afin de retenir les eaux d'extinction dans ce bassin.

2.2.5 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 et de produits inflammables.

Le scénario d'explosion d'une chaudière dans la chaufferie a également été étudié.

2.3 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 :

2.3.1 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 des bâtiments sera calculée selon les règles en vigueur (DTU neige et vent).

Le terrain d'implantation du projet est sujet aux vents de nord-est et sud-ouest.

Les statistiques établies par METEO FRANCE pour la station d'Orléans sur la période 1981 à 2005 donnent les résultats suivants :

Vitesse moyennée du vent	4,3 m/s.
Nombre moyen de jour de vent fort (vitesse ≥ 16 m/s)	51,1 jours par an
Nombre moyen de jour de vent très fort (vitesse ≥ 28 m/s)	1,4 jour par an

Il est à noter la vitesse de vent maximale a été atteinte le 26 décembre 1999 avec 42 m/s.

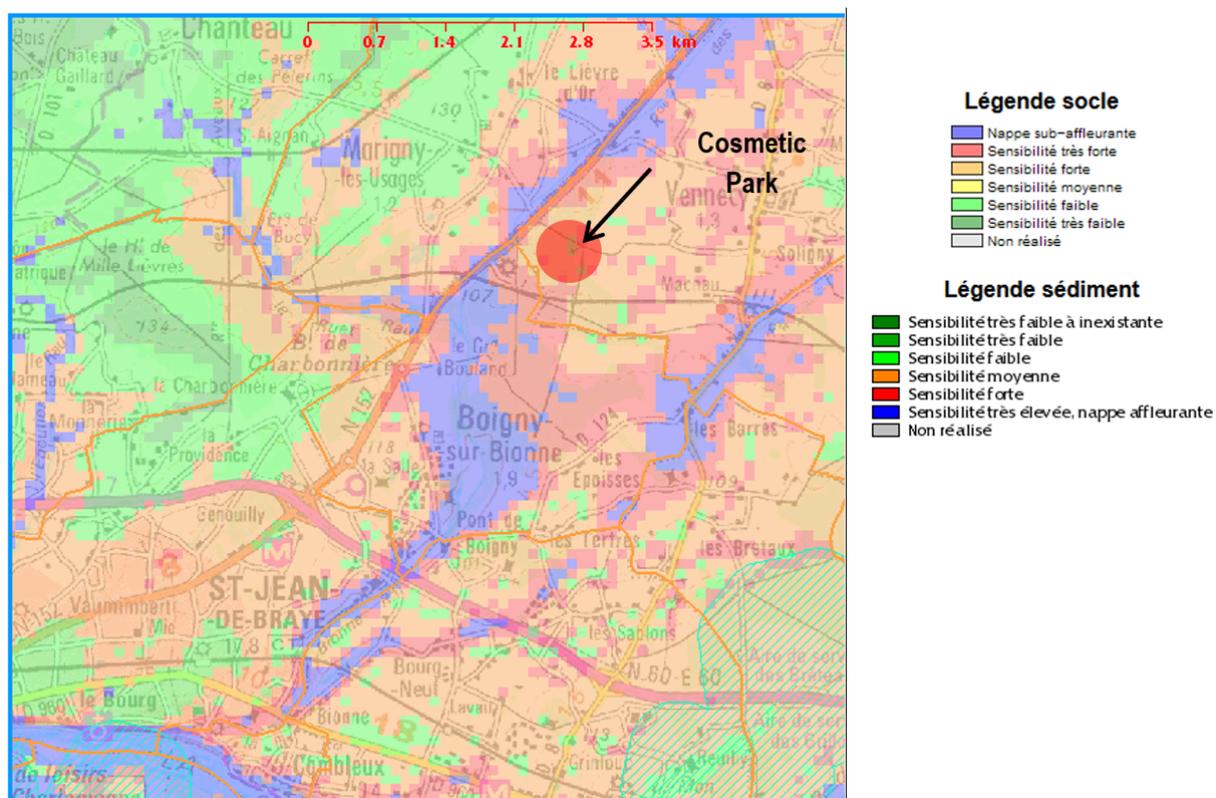
➤ Les inondations

Dans le territoire du Val Orléanais, il existe deux types d'inondations possibles.

Le premier aléa concerne une crue de la Loire. Le territoire inondable se situe au sud du fleuve. La commune de Boigny-sur-Bionne, située au Nord de la Loire, n'est pas comprise dans la zone inondable en cas de crue de la Loire.

Le second aléa concerne une remontée de nappe. La carte ci-dessous montre que le bâtiment B3 est situé dans une zone à sensibilité moyenne à forte concernant le risque de remontée de nappe.

La construction tiendra compte de ce risque dans sa conception et son exécution.



Source : BRGM

➤ **Le séisme**

Les communes de Boigny-sur-Bionne et Vennechy sont classées en zone de sismicité très faible (zone 1) selon l'article D563-8-1 du Code de l'Environnement.

Aucune disposition parasismique n'est exigée dans ces communes pour les projets de construction de bâtiments neufs.

➤ **La foudre**

La foudre vient en 4^{ème} 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 d'un 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.

L'analyse du risque foudre et une étude technique foudre ont été réalisées par la société 1G Foudre et sont en annexe n°4 de ce document.

2.3.2 Les installations voisines – Les risques technologiques

Le site ne se situe ni dans un périmètre SEVESO seuil haut, ni dans un périmètre de risque technologique.

Le bâtiment sera situé au sein de l'ensemble Cosmetic Park®.

Le terrain d'assiette du Cosmetic Park® est délimité :

- Au Nord par l'extrémité Nord du Bois de Machau, par des terres agricoles puis par les premières habitations des communes de Vennechy et Marigny-les-Usages,
- A l'Est par l'emprise de la route départementales RD2152 puis par les terrains d'assiette de la future ZAC Charbonnières 3
- Au Sud par le Bois des Trois Arches puis par l'emprise de la ZAC Charbonnière 4,
- A l'Ouest par l'extrémité du Bois de Machau puis par des terres agricoles.

Commune de VENNECY

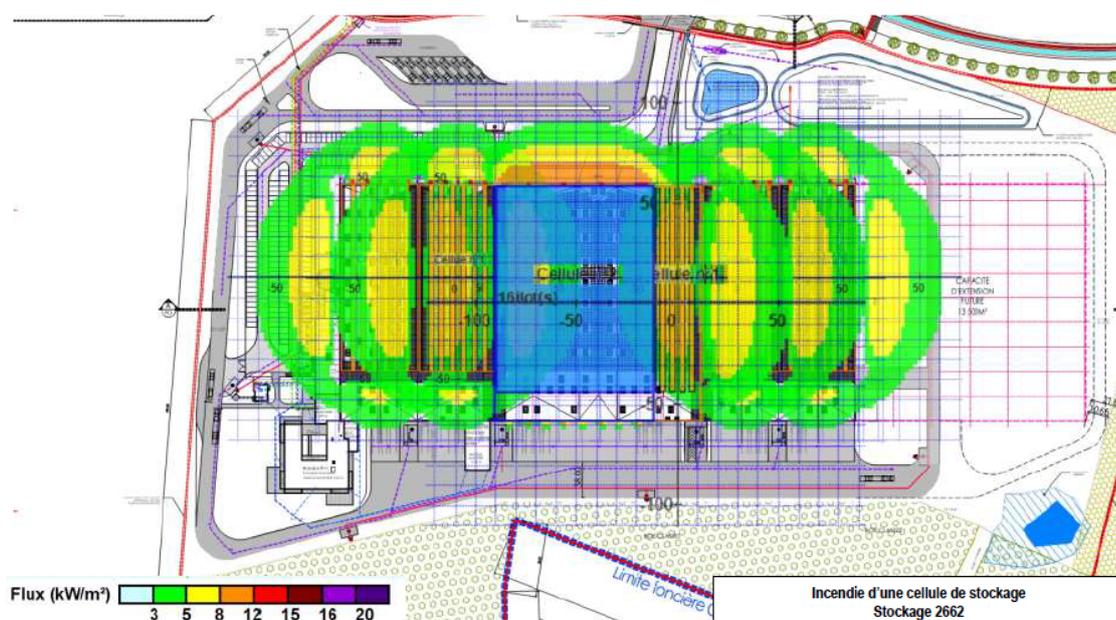
D'après la base de données des installations classées (GEORISQUES), la commune de Vennechy ne comporte pas de sites soumis à autorisation d'exploiter au titre de la législation ICPE.

Un site est classé en enregistrement. Il s'agit du bâtiment B1 du Cosmetic Park® également exploité par la société AREFIM et qui sera construit sur le terrain voisin au Sud du présent projet. Cet établissement bénéficie d'un arrêté d'enregistrement au titre des rubriques 1510, 1530, 1532, 2662, 2663-1 et 2663-2 de la nomenclature des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement daté du 21 novembre 2018.

Le bâtiment B1 a été conçu conformément aux dispositions de l'arrêté du 11 avril 2017. Il présente un risque d'incendie mais les effets thermiques létaux sont contenus dans ses limites de propriétés.

Un projet de construction d'un second bâtiment toujours exploité par AREFIM (bâtiment B2) et situé à l'Est du bâtiment B3 est en cours d'instruction. L'exploitation de cet établissement sera enregistrée aux titres des rubriques 1510, 1530, 1532, 2662, 2663-1, 2663-2 et 4331 de la nomenclature des ICPE. Il sera déclaré au titre des rubriques 2910, 2925 et 4330.

Cet établissement présente un risque d'incendie. Conformément aux dispositions de l'arrêté du 11 avril 2017 relatif aux prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis à la rubrique 1510, y compris lorsqu'ils relèvent également de l'une ou plusieurs des rubriques 1530, 1532, 2662 ou 2663 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement, il ne présentera pas d'effets thermiques létaux en-dehors de ses limites de propriétés.



Commune de BOIGNY-SUR-BIONNE

D'après la base de données des installations classées (GEORISQUES), 3 installations classées sont implantées sur la commune de Boigny-sur-Bionne.

Les zones de dangers de ces établissements n'ont pas d'impact pas le terrain du projet AREFIM Bâtiment B3.

➤ XPO Suply Chain France classé à autorisation :

Rubrique IC	Alinéa	Date autorisation	Etat d'activité	Régime autorisé (3)	Activité	Volume	Unité
1510	1		En fonctionnement	Autorisation	Entrepôts couverts autres que 1511	661811.000	m3
1511	1		En fonctionnement	Autorisation	Entrepôts frigorifiques	288000.000	m3
1530	3		En fonctionnement		Papiers, cartons ou analogues (dépôt de) hors ERP	10000.000	m3
1532	2		En fonctionnement	Enregistrement	Bois ou matériaux combustibles analogues (dépôt de)	24500.000	m3
2663	2		En fonctionnement	Inconnu	Pneumatiques, produits avec polymères > 50% (stockage)	900.000	m3
2910	A		En fonctionnement	Inconnu	Combustion	1.860	MW
2925			En fonctionnement		Charge d'accumulateurs	300.000	kW
4734	2		En fonctionnement	Inconnu	Produits pétroliers spécifiques et carburants de substitution	1.260	t
4802	2a		En fonctionnement		Gaz à effet de serre fluorés ou substances qui appauvrissent la couche d'ozone	400.000	kg

➤ La Chocolaterie FDL classée à enregistrement :

Rubrique IC	Alinéa	Date autorisation	Etat d'activité	Régime autorisé (3)	Activité	Volume	Unité
1510	2	23/09/2004	En fonctionnement	Enregistrement	Entrepôts couverts autres que 1511	82645.000	m3
1511	3		En fonctionnement		Entrepôts frigorifiques	9000.000	m3
4802	2a		En fonctionnement		Gaz à effet de serre fluorés ou substances qui appauvrissent la couche d'ozone	710.000	kg

➤ SFC JARDIBRIC classé à enregistrement :

Rubrique IC	Alinéa	Date autorisation	Etat d'activité	Régime autorisé (3)	Activité	Volume	Unité
1510	2		En fonctionnement	Enregistrement	Entrepôts couverts autres que 1511	120.000	m3
2663	2b		En fonctionnement	Enregistrement	Pneumatiques, produits avec polymères >50% (stockage)	42784.000	m3

Commune de MAGNY-LES-USAGES

D'après la base de données des installations classées (GEORISQUES), le site de la Centrale Biogaz de Lugère classé en enregistrement est implanté sur la commune de Magny-les-Usages.

Les zones de dangers de cet établissement n'ont pas d'impact pas le terrain du projet AREFIM Bâtiment B3.

➤ La Centrale Biogaz de Lugère

Rubrique IC	Alinéa	Date autorisation	Etat d'activité	Régime autorisé (3)	Activité	Volume	Unité
1185			En fonctionnement	Inconnu	Gaz à effet de serre fluorés ou substances qui appauvrissent la couche d'ozone	30.000	kg
1435			En fonctionnement	Inconnu	Stations service	15.000	m3
2781	1b		En fonctionnement	Enregistrement	Installations de méthanisation de déchets non dangereux	70.400	t/j
2781	2b		En fonctionnement	Enregistrement	Installations de méthanisation de déchets non dangereux	70.400	t/j
2910	B		En fonctionnement	Inconnu	Combustion	0.800	MW
4510			En fonctionnement	Inconnu	Dangereux pour l'environnement aquatique 1	2.420	t
4734	2		En fonctionnement	Inconnu	Produits pétroliers spécifiques et carburants de substitution	3.380	t

2.3.3 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). L'accidentologie montre que la malveillance semble

être à l'origine d'une majorité des incendies 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.

2.3.4 **L'origine humaine**

La défaillance humaine constitue la 3^{ème} 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.

2.3.5 **Les équipements**

• **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 dans chaque cellule 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.

• **Les locaux de charge des batteries**

Les procédés mis en œuvre dans les locaux de charge des batteries peuvent être à l'origine d'un incendie ou d'une explosion.

Pour ces locaux techniques présentant un risque d'explosion de gaz (hydrogène), les mesures de protection suivantes seront mises en place :

- Ventilation des locaux,
- Parois coupe-feu,
- Asservissement de l'activité de charge à la ventilation mécanique,

En cas de déversement accidentel d'acide, une rétention est prévue

Chaque local de charge des batteries sera également équipé d'un rince œil, pour faire face aux éventuels cas de projection d'acide sur le personnel.

Nous avons considéré l'éventuelle initiation d'un incendie par un local de charge.

2.3.6 **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 par des chariots élévateurs.

Compte tenu des nombreux allers retours des caristes sur le site, nous avons considéré le risque de manutention comme source d'inflammation.

2.3.7 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, 1511, 1530, 1532, 2662, 2663-1, 2663-2, 4320, 4321, 4330, 4331 et 4755.

A tous ces produits, il faut associer les emballages habituels : plastiques, carton et papier.

Les produits seront stockés par catégorie et selon les règles de compatibilité indiquées sur les FDS.

Les principales incompatibilités concernent :

- les acides et les bases ;
- les combustibles ou inflammables et les comburants.

Lorsque des produits chimiques différents sont stockés ensemble, il est nécessaire de s'assurer qu'ils ne puissent pas entrer en réaction les uns avec les autres afin d'éviter un « sur-accident » en cas d'épandage. Ainsi, plusieurs étapes doivent être respectées :

- examen de la fiche de données de sécurité ;
- respect des règles de base selon l'étiquetage des risques (cf. tableau ci-après) ;
- prise en compte de la famille chimique des produits (par exemple : acides et bases ne doivent pas être stockés ensemble).

Les produits incompatibles ne seront pas stockés à proximité immédiate les uns des autres.

Ces règles seront prises en compte dans l'organisation du stockage de l'entrepôt AREFIM.

Les règles de compatibilités sont présentées dans la grille ci-dessous.

									
	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
	Red	Green	Red	Green	Red	Red	Orange	Red	Red
	Red	Red	Green	Green	Green	Red	Red	Green	Red
	Red	Green	Green	Green	Green	Orange	Orange	Green	Red
	Red	Red	Green	Green	Green	Red	Orange	Green	Red
	Red	Red	Red	Orange	Red	Green	Red	Red	Orange
	Red	Orange	Red	Orange	Orange	Red	Green	Orange	Orange
	Red	Red	Green	Green	Green	Red	Orange	Green	Red
	Red	Red	Red	Red	Red	Orange	Orange	Red	Green

-  peuvent être stockés ensemble
-  ne doivent être stockés ensemble que si certaines dispositions particulières sont appliquées
-  ne doivent pas être stockés ensemble

2.3.8 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,
- Une étincelle électrique, de par la présence d'équipements électriques sur le site,
- Le risque lié à la maintenance, compte tenu des nombreux allers-retours effectués par les caristes au cours d'une journée de travail dans l'entrepôt,
- Les effets domino liés au local de charge.

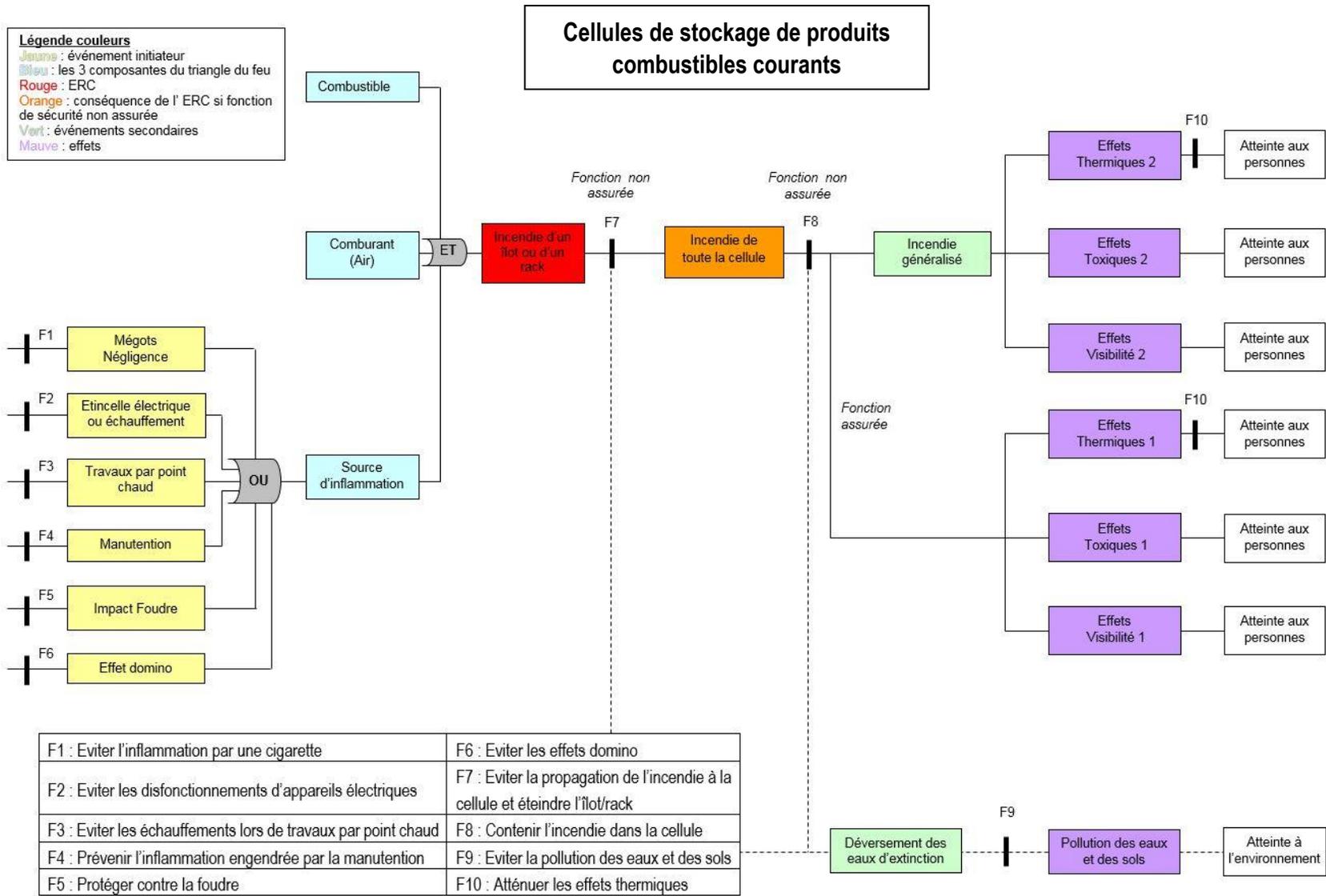
Nous n'avons pas retenu l'événement « actes de malveillance » dans l'étude de dangers. Cependant, la malveillance est une des causes principales d'incendie dans les entrepôts et les mesures visant à éviter l'intrusion sur le site ont été étudiées.

2.4 Nœuds papillons et fonctions de sécurité

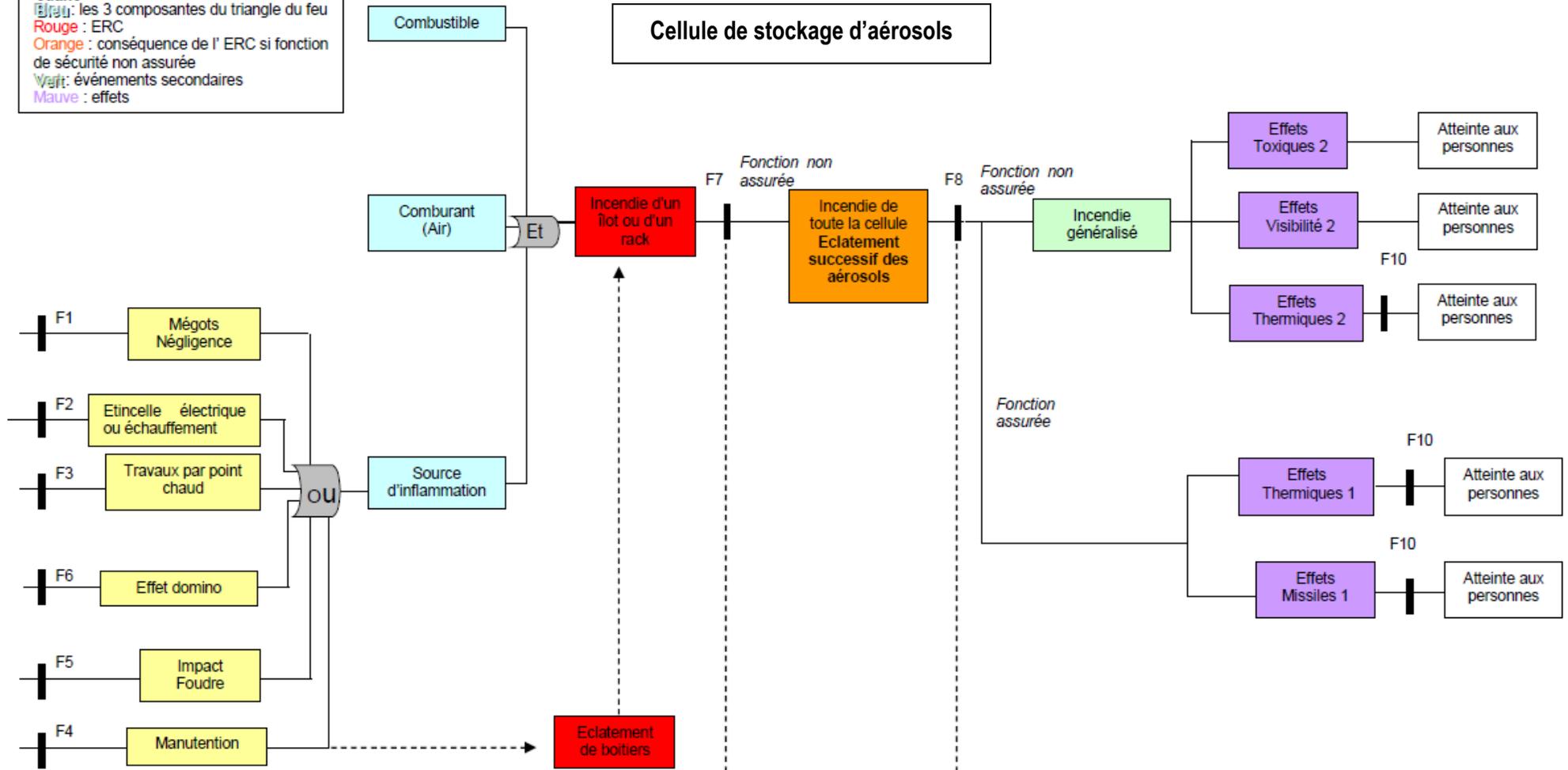
Les fonctions de sécurité ont pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité. Les fonctions de sécurité peuvent être assurées à partir de mesures de maîtrise des risques techniques, organisationnelles ou la combinaison des deux.

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.



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



Liste des fonctions de sécurité

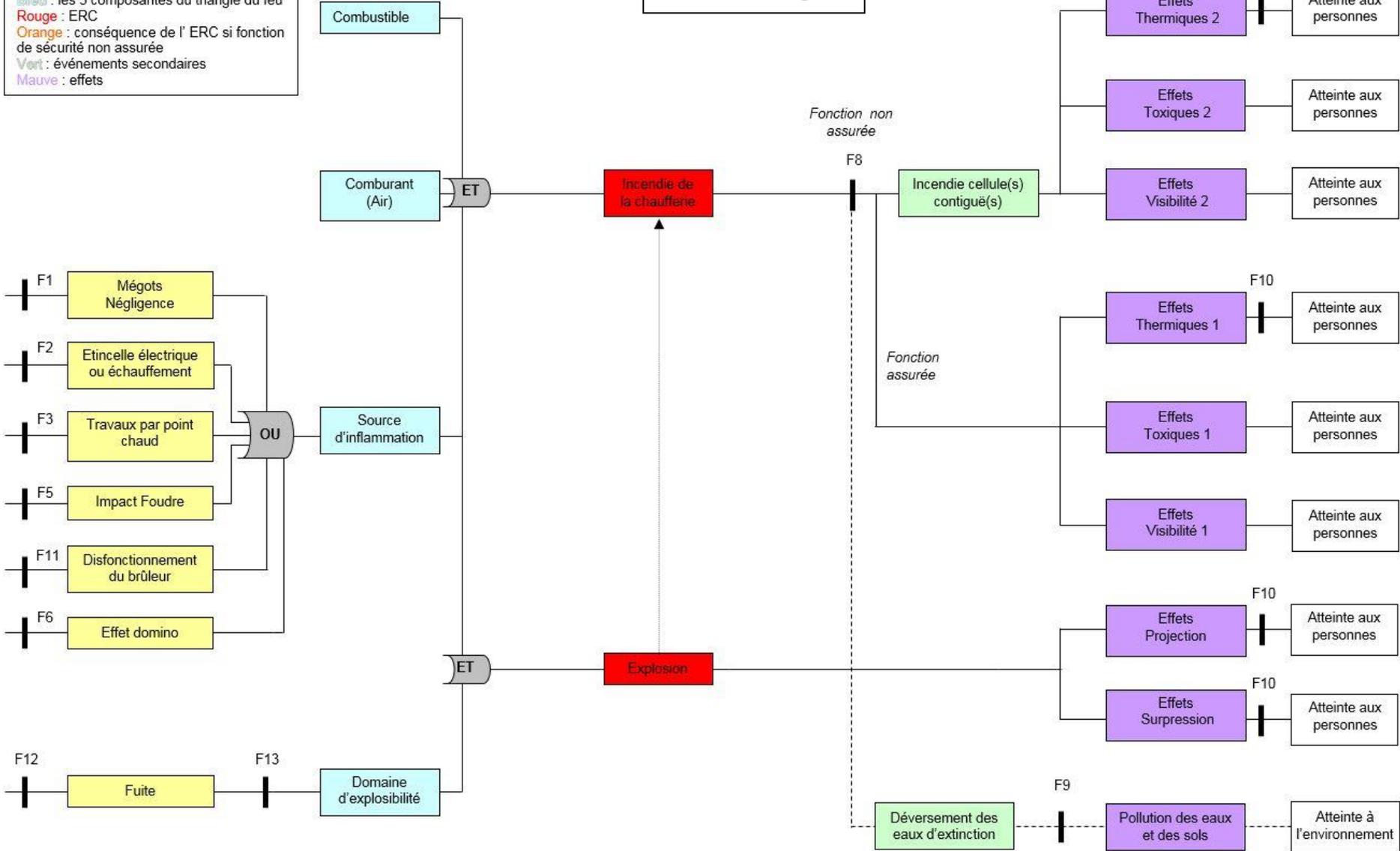
F1 : Eviter l'inflammation par une cigarette	F6 : Eviter les effets domino
F2 : Eviter les dysfonctionnements d'appareils électriques	F7 : Eviter la propagation de l'incendie à la cellule et éteindre l'flot/rack
F3 : Eviter les échauffements lors de travaux par point chaud	F8 : Contenir l'incendie dans la cellule
F4 : Prévenir l'inflammation engendrée par la manutention	F9 : Eviter la pollution des eaux et des sols
F5 : Protéger contre la foudre	F10 : Atténuer les effets thermiques

ETUDE DE DANGERS

Révision Janvier 2021

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

Chaufferie gaz



Cellule de stockage

Fonctions de sécurité

F1 : Eviter l'inflammation par une cigarette
F2 : Eviter les dysfonctionnements 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 les effets domino
F7 : Eviter la propagation de l'incendie à la cellule et éteindre l'îlot/rack
F8 : Contenir l'incendie dans la cellule
F9 : Eviter la pollution des eaux et des sols
F10 : Atténuer les effets thermiques

Dispositifs de sécurité par fonction	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Hauteur de stockage adaptée							X			
Interdiction de fumer	X									
Matériel électrique conforme et entretenu		X			X					
Eclairage non gouttant		X								
Interrupteur coupure énergie		X								
Permis intervention			X							
Permis feu			X							
Chariots entretenus et formation des caristes				X						
Protection foudre					X					
Nettoyage régulier des abords du bâtiment						X				
Eloignement par rapport aux activités extérieures						X				
Conformité aux arrêtés de prescriptions générales						X				
Ecrans thermiques EI120						X				X
Intervention du personnel avec extincteur							X			
Intervention du personnel avec RIA							X			
Système de désenfumage							X	X		
Eloignement des racks entre eux							X			
Extinction automatique faisant office de détection							X			
Intervention du personnel avec RIA/extincteurs sur les quais							X			
Intervention des services de secours							X	X		X
Compartmentage (murs et PCF 2 h ou 4h)								X		
Collecte et rétention des eaux incendie									X	
Résistance mécanique des murs des cellules								X		

Chaufferie gaz naturel

Fonctions de sécurité

F1 : Eviter l'inflammation par une cigarette
F2 : Eviter les dysfonctionnements d'appareils électriques
F3 : Eviter les échauffements lors de travaux par point chaud
F5 : Protéger contre la foudre
F6 : Eviter les effets domino
F8 : Contenir l'incendie
F9 : Eviter la pollution des eaux et des sols
F10 : Atténuer les effets thermiques et de surpression
F11 : Eviter l'inflammation par le brûleur
F12 : Eviter les fuites de gaz
F13 : Eviter une accumulation de gaz

Dispositif de sécurité par fonction

	F1	F2	F3	F5	F6	F8	F9	F10	F11	F12	F13
Interdiction de fumer	x										
Matériel électrique conforme et entretenu		X		x							
Eclairage non gouttant		X									
Interrupteur coupure énergie		X									
Permis intervention			x							x	
Permis feu			x								
Protection foudre				x							
Nettoyage régulier des abords de bâtiments					x						
Eloignement par rapport aux activités extérieures					x						
Toiture légère								x			
Conformité aux arrêtés de prescriptions générales					x						
Ecrans thermiques (murs)					x			x			
Intervention du personnel avec extincteur						x					
Système de désenfumage						x					
Intervention des services de secours						x					
Compartimentage (murs et PCF 2 h)						x					
Collecte et rétention des eaux incendie							x				
Capot de protection									x		
Brûleurs à démarrage séquentiel									x		
Protection contre les agressions mécaniques										x	
Contrôle régulier étanchéité										x	
Ventilation											x
Vanne de coupure manuelle gaz											x
2 vannes indépendantes et redondantes de coupure gaz assujetties chacune à un pressostat et un détecteur gaz											x
Système de détection gaz permettant en cas de fuite de couper automatiquement l'alimentation électrique et l'arrivée en combustible											x
Alimentation gaz coupée automatiquement en cas de variations de plus de 10% de la pression de gaz aux postes de détente										x	
Alarme défaut											x

2.5 Etude de la cinétique

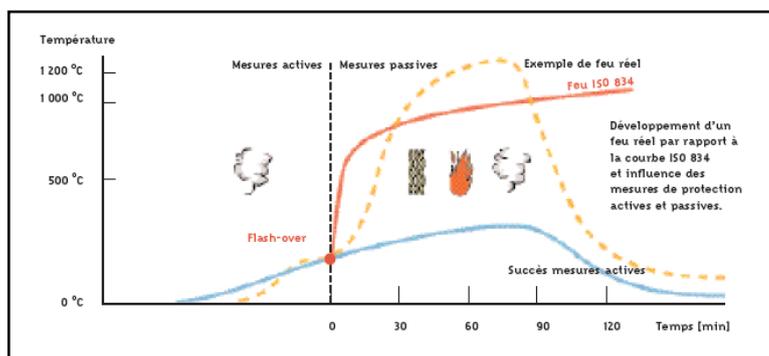
2.5.1 Cinétique de l'incendie

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.

- **Phase de démarrage du feu, puis déclenchement**

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.

Dans les premières minutes, avant le flash over, les dispositifs de sécurité correspondant à la fonction « Eviter la propagation de l'incendie à la cellule et éteindre l'îlot/rack » sont le système d'extinction automatique et l'intervention du personnel avec extincteur ou RIA,

- 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 secondes après le début de l'inflammation, ce qui permet une extinction quasi immédiate du départ de feu.

Pour un sprinkler de type ESFR, 12 à 16 têtes à fort débit peuvent être alimentées durant 60 minutes. L'ensemble du système est dimensionné pour fonctionner pendant au moins 2 heures.

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.

• **Embrassement généralisé**

Les gaz chauds accumulés portent les combustibles présents à leur température d'inflammation et l'ensemble du volume s'embrase brutalement (flash over). L'incendie atteint son point maximal. La présence de gaz inflammables peut également provoquer des déflagrations plus ou moins violentes. La température dans le local en feu augmente, les couches supérieures de gaz s'enflamment, le front des flammes qui se propage le long du plafond est le roll over, il précède, aux environs de 500°C un embrassement spontané. Le feu se développe totalement.

Les dispositifs de sécurité pour la fonction « Contenir l'incendie dans la cellule » sont le compartimentage coupe-feu 2h ou 4h et le système de désenfumage. L'intervention des services de secours pourra permettre le renforcement de cette barrière de sécurité.

➤ Compartimentage coupe-feu 2 h ou 4h

La tenue au feu des éléments de toiture étant de l'ordre d'une demi-heure, la couverture va rapidement tomber. La chute de la toiture gêne la progression de l'incendie et abaisse son intensité en entravant l'arrivée d'air dans les foyers de combustion.

Une analyse du TNO (Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO), en français : Organisation néerlandaise pour la recherche scientifique appliquée) sur un dossier entrepôt indiquait que « même dans le cas d'un incendie d'une durée supérieure à 2 h, la chute de la toiture réduit l'intensité du feu par rapport à un incendie dans un compartiment fermé qui est simulé par la courbe ISO. Il est donc probable que le mur séparatif reste debout pendant beaucoup plus de 2 h ».

En effet, un mur coupe-feu est un mur qui remplit ses fonctions pendant au moins le temps prescrit quand il est exposé aux conditions d'un feu dit standard, c'est-à-dire un feu dont la température suit la courbe ISO 834. Or les modélisations ont montré que le développement d'un feu réel n'est jamais identique à celui de l'incendie conventionnel défini par la courbe ISO 834 où la température augmente indéfiniment dans le temps.

Les portes sont également au minimum coupe-feu de degré 2 h et leur fermeture (compartimentage de la cellule) sera asservie au déclenchement de l'installation d'extinction automatique d'incendie (installation sprinkler).

Selon les normes NFS 61-937 -1,2 et 3, le temps de fermeture de ces portes est de 30 secondes environ, délai permettant une fermeture des portes avant que le feu ne puisse se propager à la cellule adjacente.

➤ Le système de désenfumage

De par sa nature confinée, un entrepôt est sujet à des problèmes importants de visibilité lors d'un incendie.

Le désenfumage permet d'améliorer la visibilité, de réduire la concentration en gaz toxiques, de réduire la température et le flux de chaleur, de conserver un taux d'oxygène acceptable dans la cellule.

Les cantonnements qui s'opposent à l'écoulement latéral des fumées permettent une meilleure efficacité des exutoires.

Selon la norme NF EN 1201-2 et la règle R17 de l'APSA, le temps d'ouverture des exutoires est d'environ 60 secondes. Le fusible est calibré pour que l'ouverture ne se produise qu'après le fonctionnement du sprinkler.

En cas de non déclenchement des exutoires, les commandes manuelles permettent d'assurer leur ouverture.

➤ L'intervention des Services de Secours

Le Service Départemental d'Incendie et de Secours est susceptible de mettre en œuvre des moyens provenant du ou des départements voisins.

2.5.2 **La cinétique de l'explosion dans la chaufferie**

Une explosion de gaz mélangé à l'air est une explosion résultant d'une combustion à vitesse élevée. Une flamme se propage dans le mélange à une vitesse de 1 à 10 m/s selon la réactivité du combustible et les proportions du mélange.

Cette flamme projette devant elle des ions propageant la réaction de combustion dans le mélange frais. Les gaz résultant de la combustion (CO₂ et H₂O notamment) sont répartis à l'arrière du front de flamme, sur laquelle ils exercent une poussée.

Les effets thermiques d'une explosion sont dus au rayonnement de la flamme et des gaz chauds de combustion.

De par la cinétique particulièrement rapide d'une explosion, il est fondamental d'agir en amont.

Les mesures mises en place sont :

- un dispositif de coupure manuelle de l'arrivée en combustible disposé à l'extérieur du local
- deux vannes indépendantes et redondantes de coupure de l'alimentation gaz assujetties chacune à un pressostat et un détecteur gaz
- un système de détection gaz permettant en cas de fuite de couper automatiquement l'alimentation électrique et l'arrivée de combustible
- un brûleur à démarrage séquentiel
- coupure de l'alimentation en cas de variations de plus de 10 % de la pression de gaz aux postes de détente

Ces mesures permettent, en combinaison avec la ventilation, de réduire considérablement les risques d'accumulation de gaz.

2.5.3 Conclusion

Dans la mesure où les équipements sont entretenus régulièrement, les mesures de maîtrise des risques permettant d'éviter la propagation du feu sur un rack à la cellule sont en adéquation avec la cinétique d'un incendie et permettent d'éteindre le feu avant son développement.

En cas de non fonctionnement du sprinklage, la structure des cellules est faite pour que les murs tiennent au moins 2 heures au feu, ce qui est tout à fait compatible avec les délais d'intervention des Sapeurs-Pompiers.

Concernant la chaufferie, si la cinétique d'une explosion est incompatible avec une intervention, toutes les mesures sont prises en amont pour réduire au maximum le risque d'accumulation de gaz dans une chaufferie.

3. PHENOMÈNES DANGEREUX

3.1 Etude des effets de surpression : l'explosion d'une chaudière

Dans la chaufferie, une fuite de gaz se développe

3.1.1 Méthode utilisée

L'objectif de l'étude est de déterminer les effets de surpression perçus par l'environnement lors d'une explosion dans la chaufferie.

- **Hypothèses**

Plusieurs hypothèses fondamentales sont nécessaires pour envisager la détermination des conséquences de l'explosion.

- Il faut supposer que le système de détection gaz a été totalement défaillant et qu'il n'a pas permis d'arrêter l'alimentation en gaz de la chaufferie, ni d'alerter le personnel.
- Il faut considérer que la ventilation n'a pas permis d'évacuer le gaz et que la proportion de gaz accumulée est comprise entre la LIE et la LSE.

Nous considérons, pour l'explosion :

- Une faible fuite de méthane entraîne la formation d'une poche de gaz, stagnant au plafond,
- La totalité du volume est remplie d'un mélange air/méthane à la stœchiométrie

3.1.2 Remarques sur les valeurs retenues

En ce qui concerne les effets sur l'homme, les valeurs retenues correspondent aux valeurs de référence relatives aux seuils d'effet thermiques définies dans l'arrêté du 29 septembre 2005.

En ce qui concerne les effets sur les structures, la valeur référence retenue dans la modélisation correspond au seuil des effets domino :

Seuils d'effets de surpression : effets sur l'homme (arrêté du 29 septembre 2005)	
Rayonnement reçu	Conséquences
20 mbar	Seuils des effets délimitant la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme
50 mbar	Seuils des effets irréversibles délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine
140 mbar	Seuil des effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine
200 mbar	Seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine

Seuils d'effets de surpression : effets sur les structures (arrêté du 29 septembre 2005)	
Rayonnement reçu	Conséquences
20 mbar	Seuil des destructions de vitres significatives.
50 mbar	Seuil des dégâts légers sur les structures
140 mbar	Seuil des dégâts graves sur les structures
200 mbar	Seuil des effets domino
300 mbar	Seuil des dégâts très graves sur les structures

3.1.3 Calculs des effets de surpression

- **Méthode utilisée**

La méthode de calcul utilisée est le modèle multi-énergie. Celui-ci se base sur le principe que l'explosion d'un nuage de gaz ne se fait que dans la portion de gaz inflammable qui est partiellement confinée.

Le principe est de convertir le volume égal à la zone encombrée par le nuage en une demi-sphère de concentration stœchiométrique et de volume équivalent.

- **Caractéristiques de la chaufferie**

Les caractéristiques de la chaufferie sont :

	Surface	Hauteur	Volume
Chaufferie	79 m ²	5,50 mètres	434,5 m ³

- **Calcul des effets de surpression**

On utilise la formule suivante :

$$\bar{R} = R \times \left(\frac{P_0}{E} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Où :

\bar{R} est la distance réduite (sans dimension)

R est le rayon caractéristique (m)

P₀ est la pression atmosphérique (Pa)

E est l'énergie produite (J)

- Détermination du volume du nuage explosible

Dans notre cas, le volume du nuage explosible pris en compte est le volume global de la chaufferie, soit 434,5 m³.

- Choix du degré de sévérité (ou indice de violence)

L'indice de violence correspond au niveau de surpression maximal produit par l'explosion. A chaque indice de violence est associée une courbe de décroissance des surpressions aériennes. Dans le cas de la méthode multi énergie, les indices sont notés de 1 à 10 et correspondent aux niveaux de surpression suivants :

Indice de la méthode	Surpression maximale correspondante	
	kPa	mbar
1	1	10
2	2	20
3	5	50
4	10	100
5	20	200
6	50	500

7	100	1000
8	200	2000
9	500	5000
10	2000	20000

Kinsella, en 1993 a proposé de choisir les indices de violence d'explosion en considérant :

- l'énergie d'inflammation,
- le degré d'encombrement dû aux obstacles solides,
- et le degré de confinement.

Energie d'inflammation		Le degré d'encombrement			Le degré de confinement		Indice
Faible	Forte	Fort	Faible	Inexistant	Existant	Inexistant	
							7-10
							7-10
							5-7
							5-7
							4-6
							4-6
							4-5
							4-5
							3-5
							2-3
							1-2
							1

Dans ce tableau, l'énergie d'inflammation est à considérer comme :

- forte lorsqu'une explosion confinée peut être à l'origine de l'inflammation du nuage
- faible lorsque la source d'inflammation potentielle se limite aux sources courantes comme les surfaces chaudes, les étincelles

Le degré d'encombrement est

- fort lorsque le volume des obstacles correspond à plus de 30 % du volume total de la zone encombrée, l'espace entre obstacles étant inférieur ou égal à 3 m
- faible lorsque des obstacles existent mais que les conditions précédentes ne sont pas simultanément satisfaites
- inexistantes lorsqu'il n'y a pas d'obstacle dans le nuage inflammable

Le confinement est à considérer de façon binaire comme :

- existant lorsque le nuage inflammable est confiné par des surfaces solides sur 2 à 3 faces
- inexistant si la seule surface solide à considérer est le sol

Suivant le tableau présenté ci-dessus, nous avons déterminé pour la chaufferie de l'établissement :

- **Une énergie d'inflammation faible** : une énergie d'inflammation est à considérer comme faible lorsque la source d'inflammation potentielle se limite aux sources courantes comme les surfaces chaudes ou les étincelles ce qui est le cas pour la chaufferie.
- **Un degré d'encombrement faible** : en cas de formation d'un nuage explosible dans la chaufferie, le seul obstacle présent sera la chaudière elle-même. Cet obstacle représente moins de 30 % du volume global de la chaufferie (434,5 m³).
- **Un degré de confinement existant** puisque le nuage inflammable est confiné dans la chaufferie.

Le tableau de Kinsella nous donne suivant ces trois critères un indice de violence compris entre 3 et 5.

Nous avons retenu pour la modélisation un indice de sévérité médian : **5**.

- Calcul de l'énergie de combustion

Il faut calculer l'énergie de l'explosion de gaz à partir de l'équation de Brode (en Joules).

$$E = 3 \times V \times (P_{max}-P_a)$$

Avec V : volume de l'enceinte considérée (ici 434,50 m³)

P_{max}-P_a = surpression maximale dans le nuage en Pa

Dans notre cas, la surpression maximale est de 200 mbar

- Calcul du rayon caractéristique

Il faut calculer l'énergie de l'explosion de gaz à partir de l'équation de Brode (en Joules).

$$R_c = (E / P_0)^{1/3}$$

Avec P₀ étant la pression atmosphérique en Pascal

Dans notre cas, le rayon caractéristique est de 6,36

- Détermination de \bar{R} aux différentes surpressions

Il s'agit d'utiliser la courbe multi énergie indice 5 pour déterminer \bar{R} associé aux surpressions de 20, 50, 140 et 200 mbar.

Surpression	\bar{R} correspondant
20 mbar	5
50 mbar	2
140 mbar	0,8
200 mbar	Non perçu

- **Résultats**

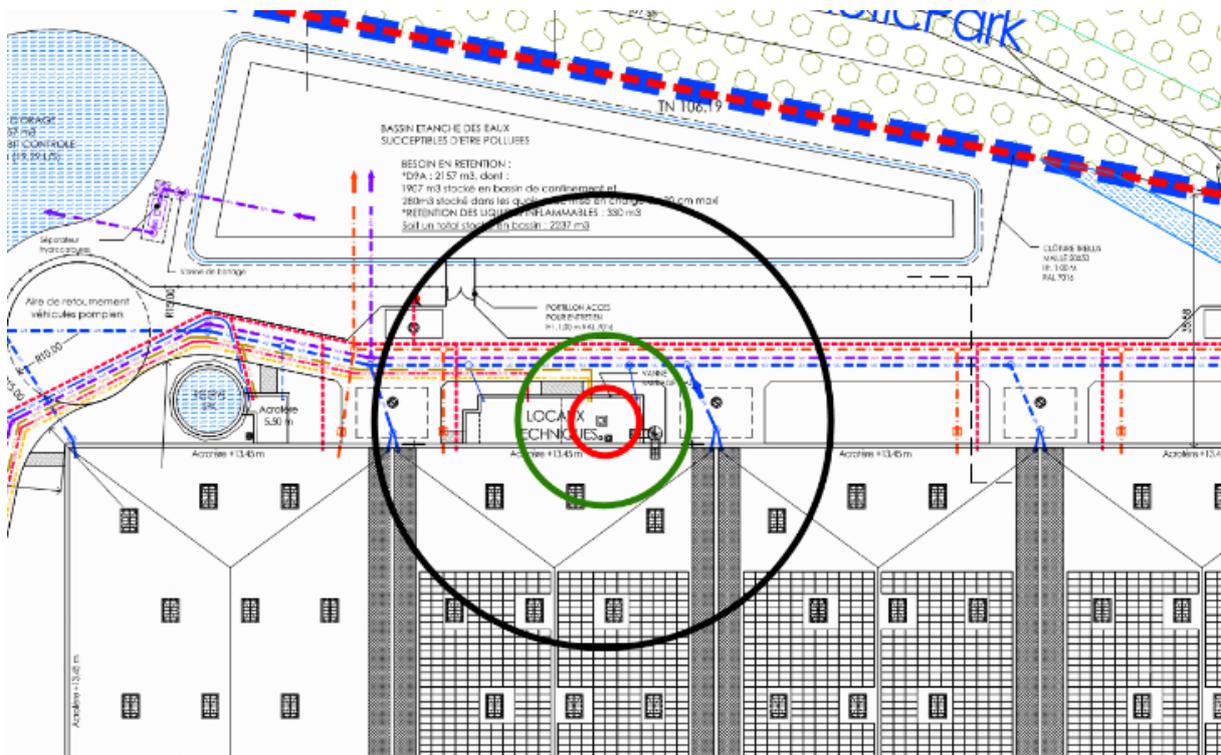
La distance X entre le centre du nuage et le seuil de surpression est défini selon :

$$X = \bar{R} \times R_c$$

Surpression	Distance d'effets
20 mbar	31,8 mètres
50 mbar	12,72 mètres
140 mbar	5,09 mètres
200 mbar	A l'intérieur du local uniquement

➤ **Conclusion**

Le schéma ci-dessous permet de constater que les zones SEI (Seuils des Effets Irréversibles) et SEL (Seuils des effets Létaux) ne sortent pas des limites de propriété.



Visualisation des zones de surpression

Légende :

- 20 mbar
- 50 mbar
- 140 mbar

3.2 Etude des effets thermiques : l'incendie

Dans une des cellules du bâtiment, un incendie se développe.

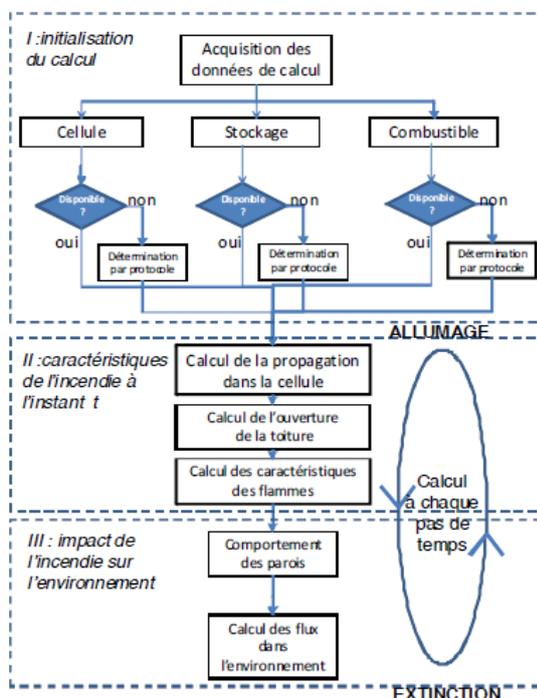
L'objectif de l'étude est de déterminer les flux thermiques perçus par différentes surfaces exposées au rayonnement généré par un incendie dans une cellule.

3.2.1 Présentation de l'outil FLUMILOG

Le logiciel a été développé par l'INERIS, le CNPP, le CTICM, l'IRSN et EFECTIS France à partir d'essais grandeur réelle pour la modélisation des incendies d'entrepôts.

Les différentes étapes de la méthode sont présentées sur le logigramme ci-après :

- Acquisition et initialisation des données d'entrée,
 - données géométriques de la cellule, nature des produits entreposés,
 - mode de stockage,
 - détermination des données d'entrées pour le calcul : débit de pyrolyse en fonction du temps, comportement au feu des toitures et parois...
- Détermination des caractéristiques des flammes en fonction du temps (hauteur moyenne et émittance). Ces valeurs sont déterminées à partir de la propagation de la combustion dans la cellule, de l'ouverture de la toiture.
- Calcul des distances d'effet en fonction du temps. Ce calcul est réalisé sur la base des caractéristiques des flammes déterminées précédemment et de celles des parois résiduelles susceptibles de jouer le rôle d'obstacle au rayonnement.



Description de la méthode de calcul des effets thermiques produits par un feu d'entrepôt Partie A

L'objectif des modélisations est de déterminer les distances de perception des flux thermiques de :

- **8 kW/m²** pour le seuil des effets domino correspondant au seuil de dégâts grave sur les structures.

- **5 kW/m²** pour le seuil des effets létaux délimitant la zone des dangers graves pour la vie humaine ;
- **3 kW/m²** pour le seuil des effets irréversibles délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine.

Les calculs sont réalisées sur la base des dispositions constructives du projet.

La version de logiciel FLUMILOG utilisée est la V5.3.1.1 – outil de calcul V5.3.

Les fichiers de résultats sont présentés en annexes n°2.

3.2.2 Données d'entrée

3.2.2.1 Le bâtiment

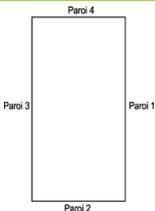
Dimensions des cellules

	Longueur	Largeur	Hauteur	Hauteur de stockage
Cellules 1 à 6	77,9 m	45,1 m	12,22 m	10,8 m
Zone de préparation	270,8 m	20 m	12,22 m	10,8 m

Caractéristiques de l'entrepôt

Résistance au feu des poutres	60 min
Résistance au feu des pannes	15 min
Matériaux constituant la couverture	Bac acier avec étanchéité multicouche
% d'exutoires en surface utile	2 %

Caractéristiques des parois extérieures

Cellules 1 à 6				
<p>Géométrie de la cellule</p> 				
Caractéristiques des parois	Paroi 1	Paroi 2	Paroi 3	Paroi 4
Composantes de la paroi	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure support	Poteau béton	Poteau béton	Poteau béton	Poteau béton
Nombre de portes de quais	0	0	0	5
Matériau	Béton armé / cellulaire			
R(i) : Résistance structure (min)	120	120	120	120
E(i) : Étanchéité aux gaz (min)	120	120	120	120
I(i) : Critère d'isolation de la paroi (min)	120	120	120	120
Y(i) : Résistances des fixations (min)	120	120	120	120

Zone de préparation						
Géométrie de la cellule						
Caractéristiques des parois	Paroi 1	Paroi 2	Paroi 3	Paroi 4	Paroi 5	Paroi 6
Composantes de la paroi	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure support	Poteau béton	Poteau béton	Poteau béton	Poteau béton	Poteau béton	Poteau béton
Nombre de portes de quais	0	0	0	16	0	0
Matériau	Béton armé / cellulaire	Béton armé / cellulaire	Béton armé / cellulaire	Bardage double peau	Béton armé / cellulaire	Béton armé / cellulaire
R(i) : Résistance structure (min)	120	120	120	60	1	120
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	120	120	120	15	1	120
I(i) : Critère d'isolation de la paroi (min)	120	120	120	15	1	120
Y(i) : Résistances des fixations (min)	120	120	120	15	1	120

Pour pouvoir modéliser une cellule de plus de 200 m de long sur FLUMILOG, nous avons divisé la zone de préparation en deux par une paroi d'une résistance au feu d'une minute.

3.2.2.2 Le stockage

Dans toutes les cellules, le stockage pourra se faire en masse ou sur racks.

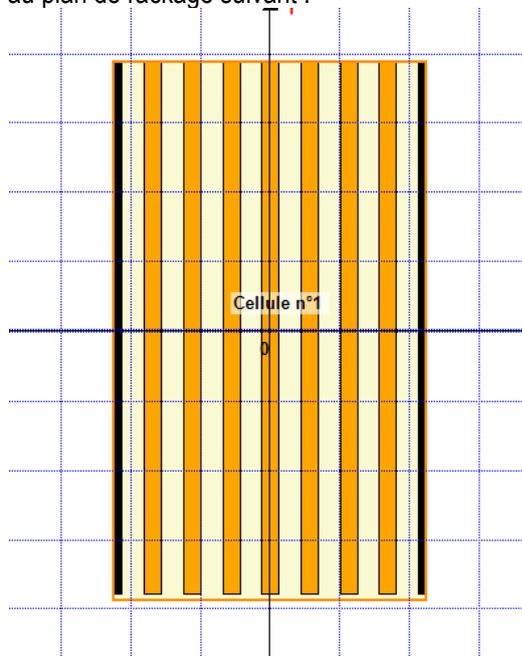
Pour les simulations FLUMILOG, nous avons fait l'hypothèse majorante d'un stockage en racks pour les cellules 1 à 6. Pour la zone de préparation, le stockage sera modélisé sous stockage masse.

Caractéristiques du stockage

Cellule 1 à 6	
Nombre de niveaux	6
Mode de stockage	Racks
Longueur du stockage	77
Longueur de préparation A	0
Longueur de préparation B	0,9

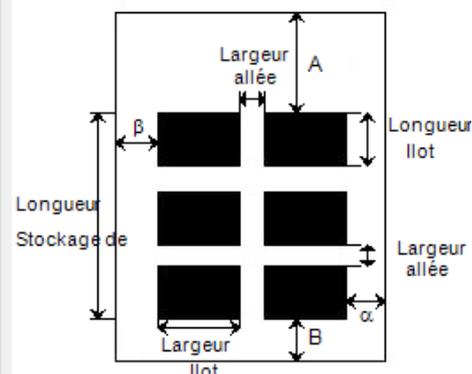
Déport latéral α	0	
Déport latéral β	0	
Hauteur maximale de stockage (*)	10,81	
Hauteur du canton	1	
Ecart entre le haut de stockage et le canton	0,5	
Nombre de double rack	7	
Largeur d'un double rack	2,4 mètres	
Nombre de rack simples	2	
Largeur d'un rack simple	1,2 mètre	
Largeur des allées entre les racks	3,2 mètres	

Ce stockage correspond au plan de rackage suivant :



Pour la zone de préparation aménagée pour du stockage en masse, les caractéristiques du stockage sont détaillées ci-dessous :

Stockage en masse	
Généralités	
Nombre de niveau de stockage	1
Longueur de préparation ou déport latéral (A)	0,0 m
Longueur de préparation ou déport latéral (B)	2,6 m
Longueur de préparation ou déport latéral (α)	3,1 m
Longueur de préparation ou déport latéral (β)	1,0 m
Hauteur du canton	0,5 m
Ecart entre le haut du stockage et le canton	3,8 m
Ilots	
Nombre d'ilots dans le sens de la longueur	2
Nombre d'ilots dans le sens de la largeur	2
Largeur des ilots	64,9 m
Longueur des ilots	7,7 m
Hauteur des ilots	8,0 m
Largeur des allées entre les ilots	2,0 m



3.2.3 Incendie d'une cellule : rubriques 1510, 1530, 1532, 2662, 2663

Les produits entreposés seront classés sous les rubriques 1510, 1530, 1532, 2662 et 2663.

Le guide d'application de l'arrêté ministériel du 11 avril 2017 indique que pour les rubriques 1510, 1530 et 1532, la modélisation FLUMILOG peut être basée sur la palette type 1510.

Nos hypothèses de calcul sont donc :

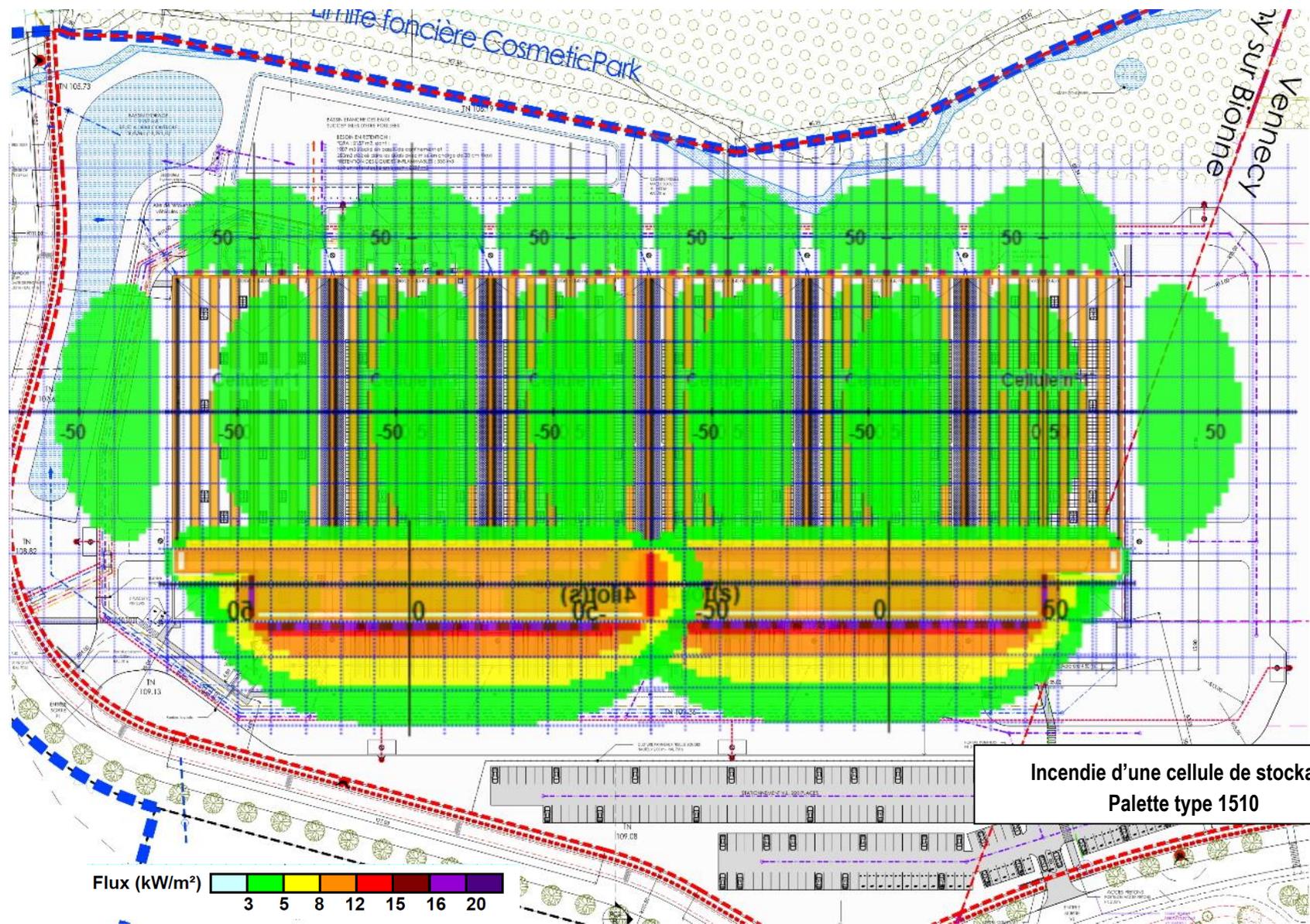
- Modélisations 1510, 1530 et 1532 : palette type 1510
- Modélisation 2662 : palette type 2662,
- Modélisation 2663 : palette de 500 kg constituée de 225 kg polyéthylène, de 90 kg de PVC, 135 kg de caoutchouc et de 50 kg de bois.

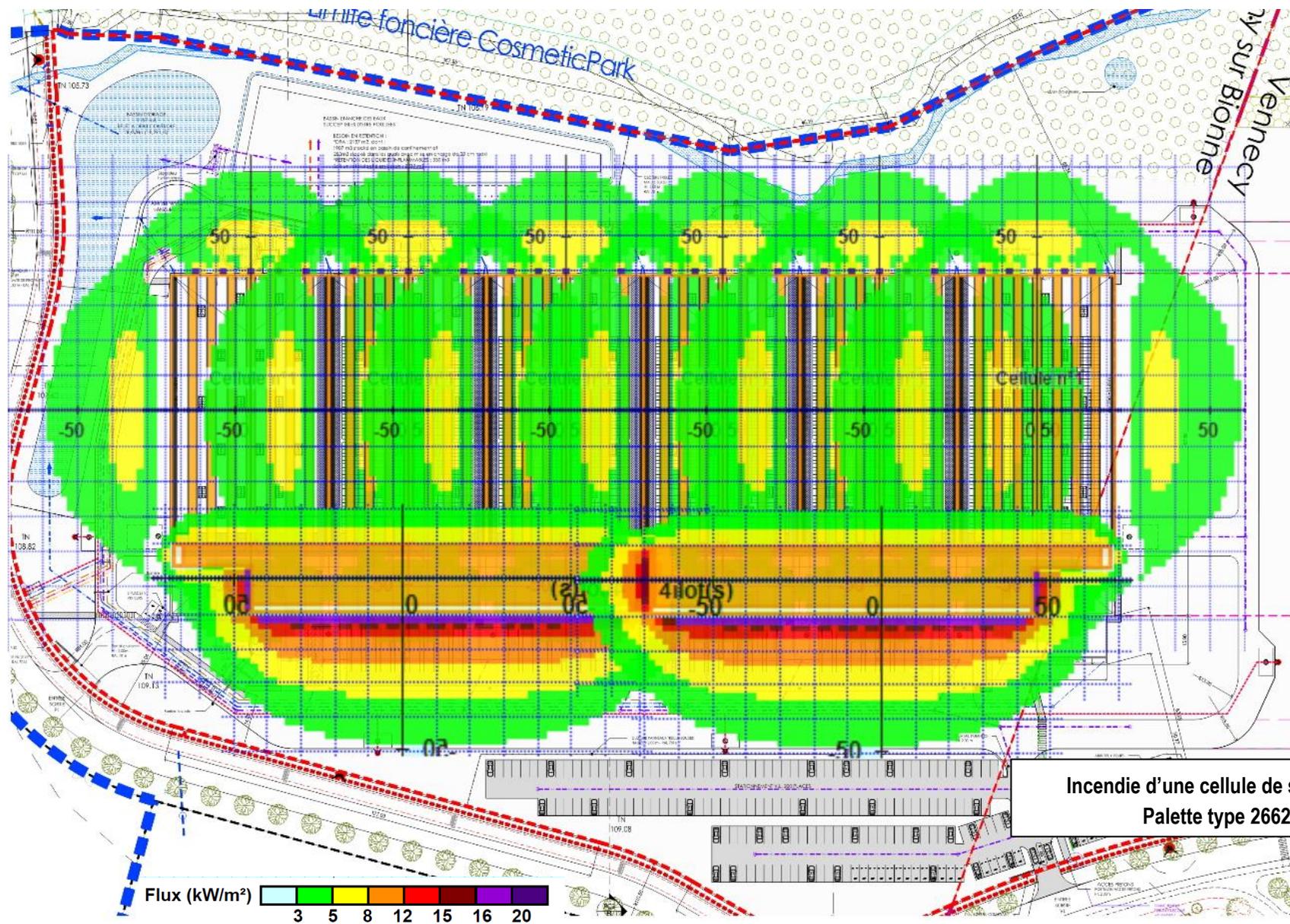
Pour toutes les rubriques, la hauteur de stockage est égale à 10,8 m, sauf pour la rubrique 2662 où elle est limitée à 9 m.

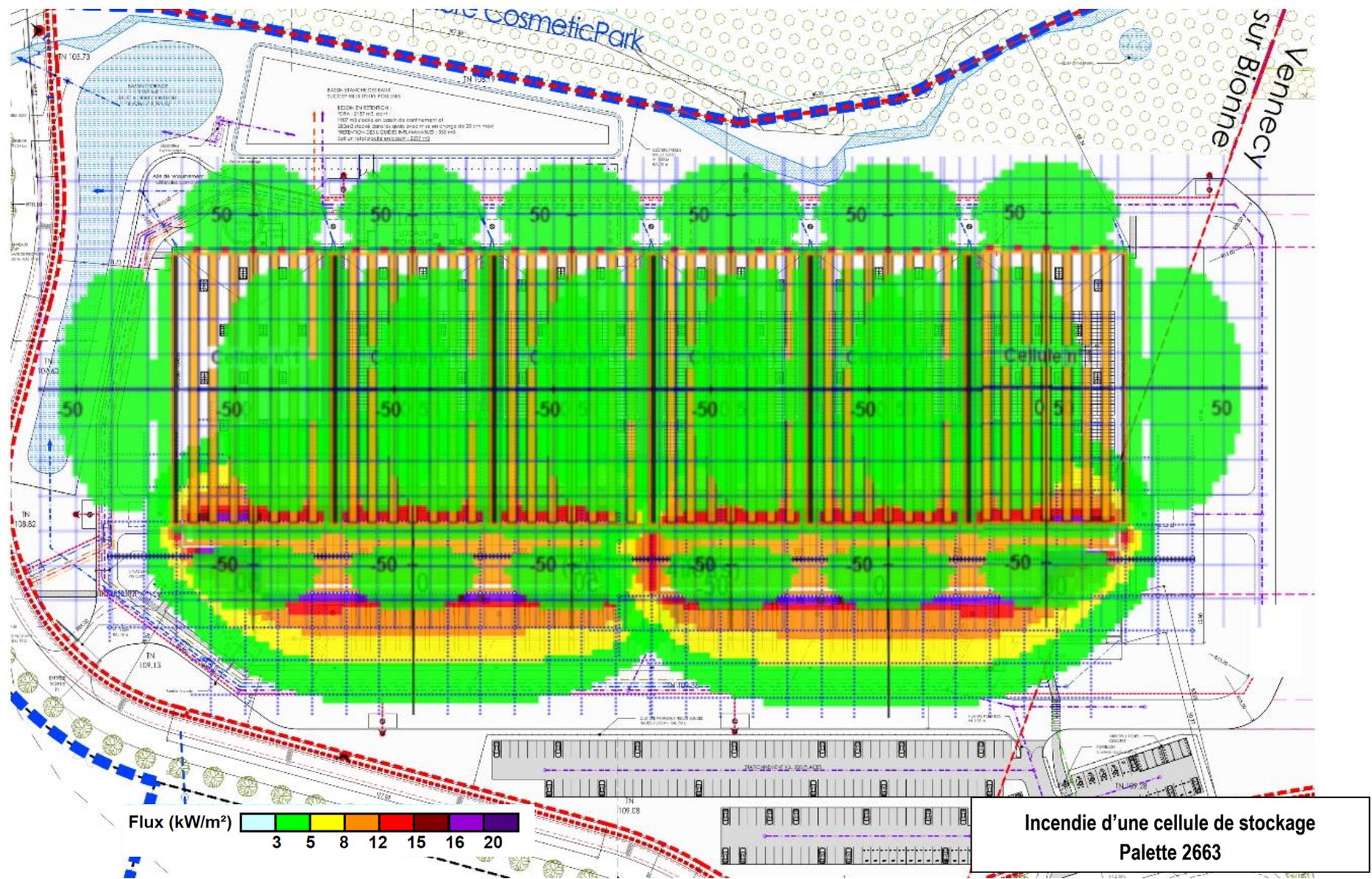
Conclusion

Les représentations des flux thermiques présentées plus avant permettent de constater que, quelle que soit la cellule étudiée et quelle que soit la typologie de produits stockés, en cas d'incendie d'une cellule de stockage, les flux thermiques de 3, 5 et 8 kW/m² ne sortent pas des limites de propriété.

Les plans ci-après permettent de visualiser les distances de perception des flux thermiques.







3.2.4 Incendie d'une cellule de liquides inflammables

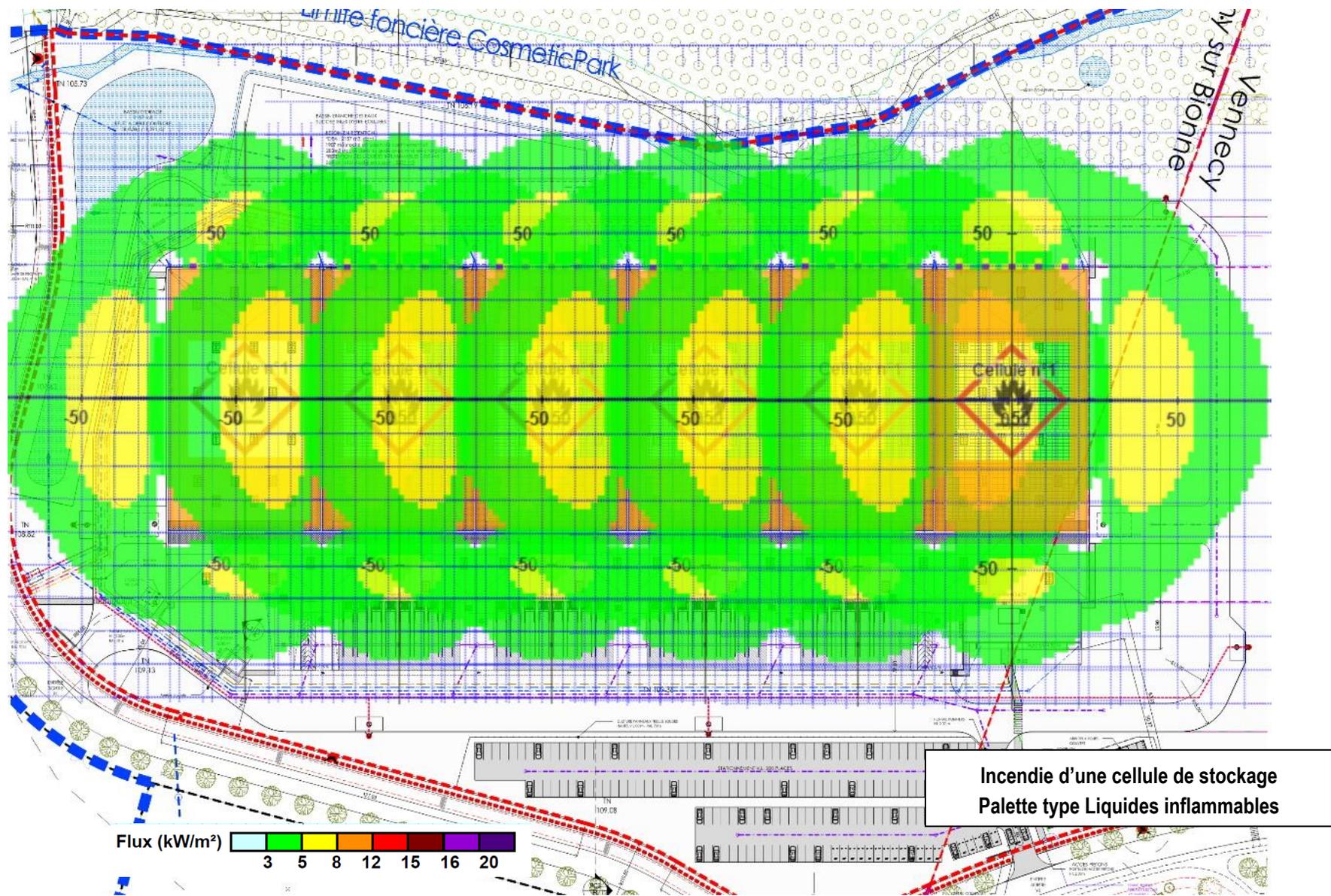
Les cellules de stockage pourront accueillir des liquides inflammables classables sous les rubriques 4330, 4331 et 4755 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.

Pour cette simulation, seule la quantité de liquides inflammables (330 t) est prise en compte par le logiciel FLUMILOG. En effet, les liquides inflammables vont former une nappe enflammée au sol. L'implantation des racks n'a donc pas d'influence sur l'incendie.

La modélisation a été réalisée sur la base d'une palette type Liquides Inflammables.

Le ou les fichiers de résultats sont présentés en annexe n°2.

Le plan ci-après permet de visualiser les distances de perception des flux thermiques.



Conclusion

Les représentations des flux thermiques présentées plus avant permettent de constater que, quelle que soit la cellule étudiée les flux thermiques de 5 et 8 kW/m² ne sortent pas des limites de propriété. Le flux thermique de 3 kW/m² impacte environ 100 m² de bois classé côté Ouest et 70 mètres linéaires de la route de desserte du Cosmétique Park côté Sud.

3.2.5 Incendie d'une cellule de stockage de liquides inflammables – Palette expérimentale

Les cellules de stockage sont susceptibles d'accueillir un stockage de liquides inflammables classés sous les rubriques 4330 et 4331 de la nomenclature des ICPE.

Dans ces cellules, le stockage de liquides inflammables est limité à 5 mètres.

Au-dessus de ce stockage et jusque à 10,80 m, des produits combustibles courants pourront être entreposés.

Pour tenir compte de cette diversité de stockage, une modélisation des flux thermiques pouvant être attendus en cas d'incendie a été réalisée sur la base d'une palette type expérimentale.

Nous considérons un stockage constitué à 50% de liquides inflammables (0-5 m) et à 50% de produits combustibles courants (5m - 10,8m).

Le PCI des liquides inflammables est retenu égal à 40 MJ/kg.

Pour une palette contenant 200 kg de liquides inflammables on obtient donc un PCI de 8 000 MJ, soit 2 223 KW/h (1MW = 0.2778 KW/h).

Les modélisations FLUMILOG réalisées sur la palette type liquides inflammables sont basées sur une vitesse de combustion de 55 g/m²/s (FAQ Liquides Inflammables de FLUMILOG).

Pour une palette de 200 kg représentant 1m² nous obtenons donc une durée d'incendie de 60 minutes.

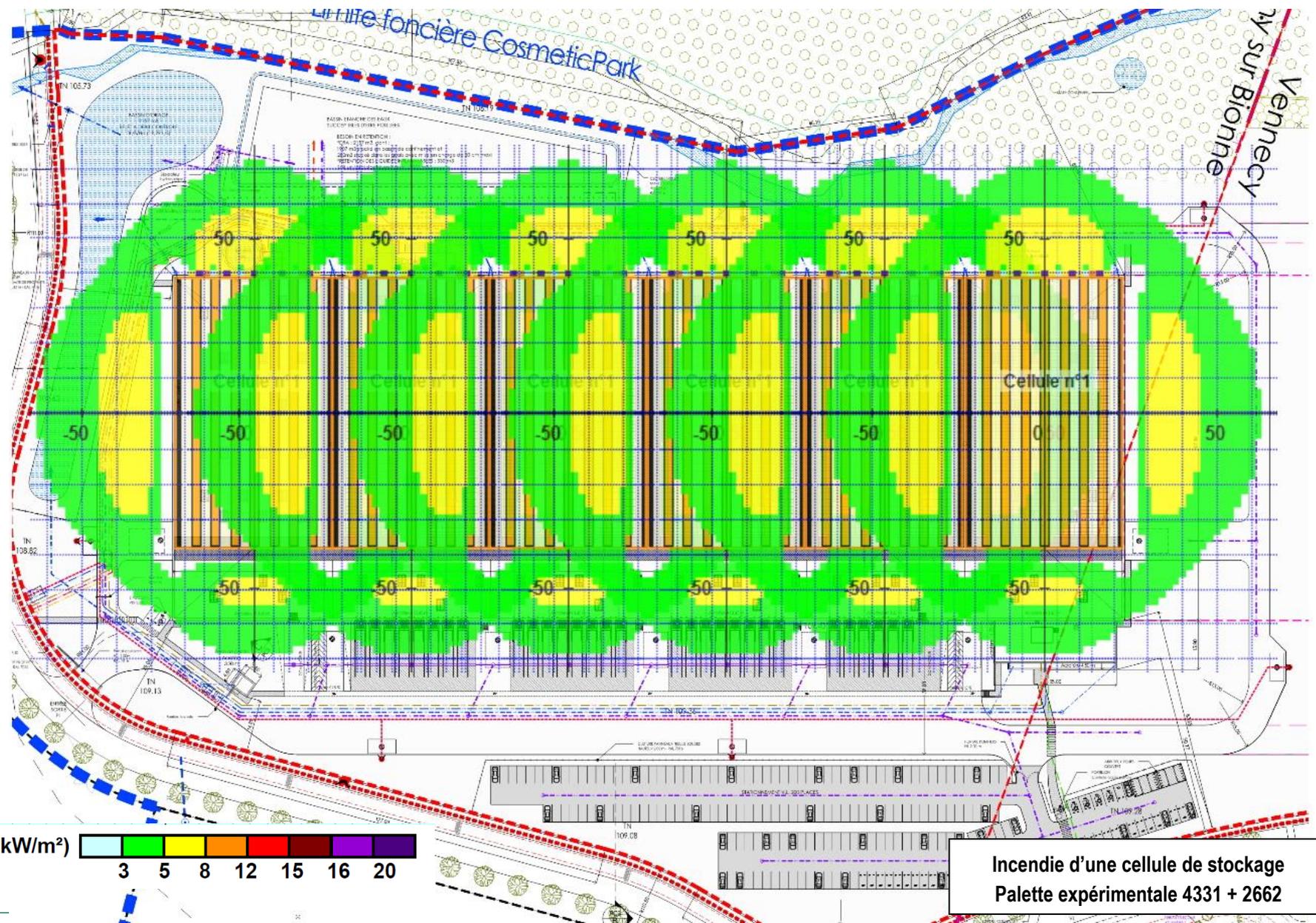
On en déduit une puissance calorifique par palette de 2 223 KW.

Pour les palettes de produits combustibles courants nous nous basons sur la palette type 2662 dont les modélisations FLUMILOG nous indiquent qu'elle présente un pouvoir calorifique de 1 875 kW pour une durée de combustion de 45 minutes.

La palette expérimentale utilisée est composée à 50% de la palette liquides inflammables et à 50% de la palette type 2662.

Elle présente donc un pouvoir calorifique de 2 049 kW et une durée de combustion de 52,5 minutes.

Le plan ci-après permet de visualiser les distances de perception des flux thermiques modélisés à partir de cette palette expérimentale.

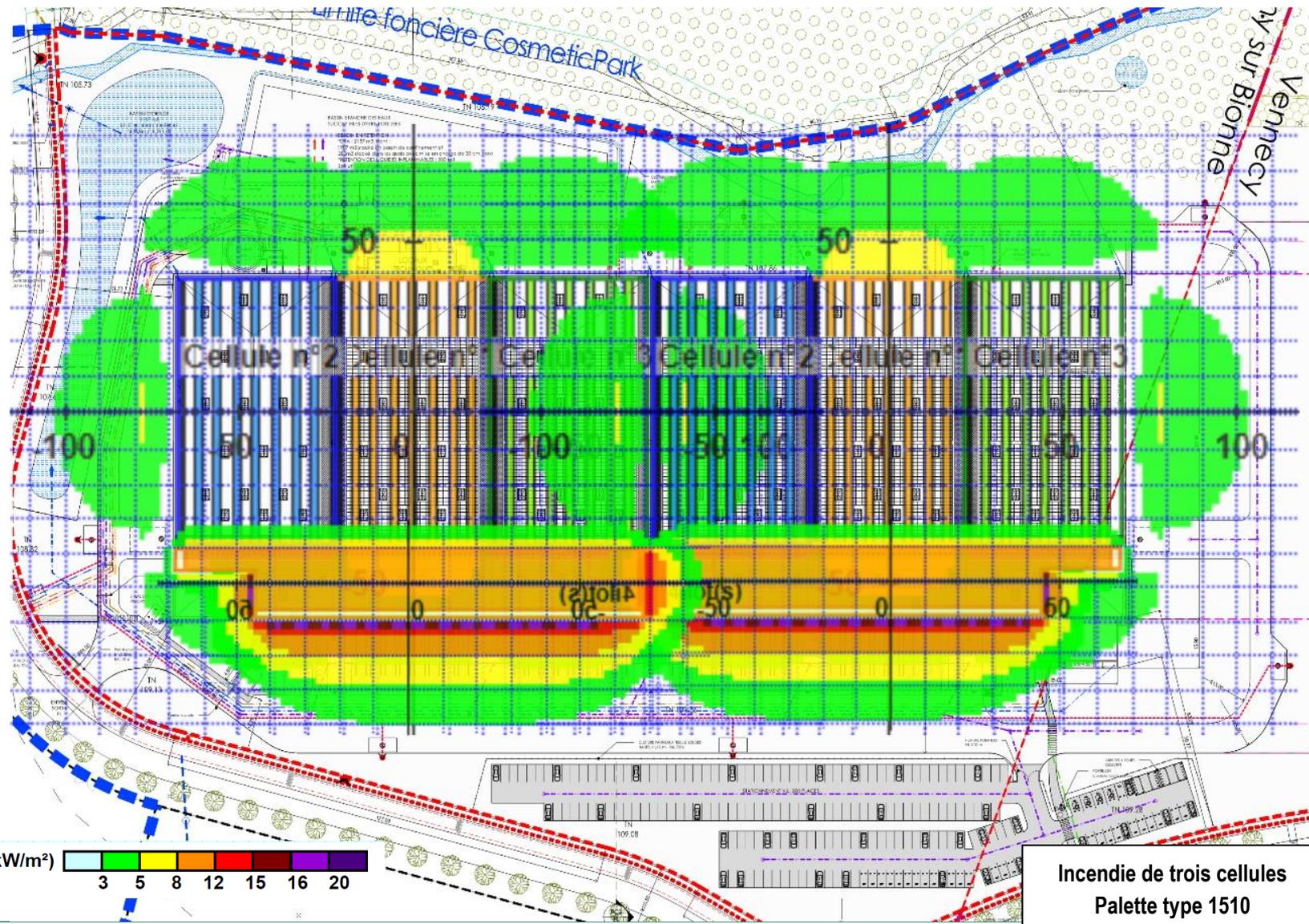


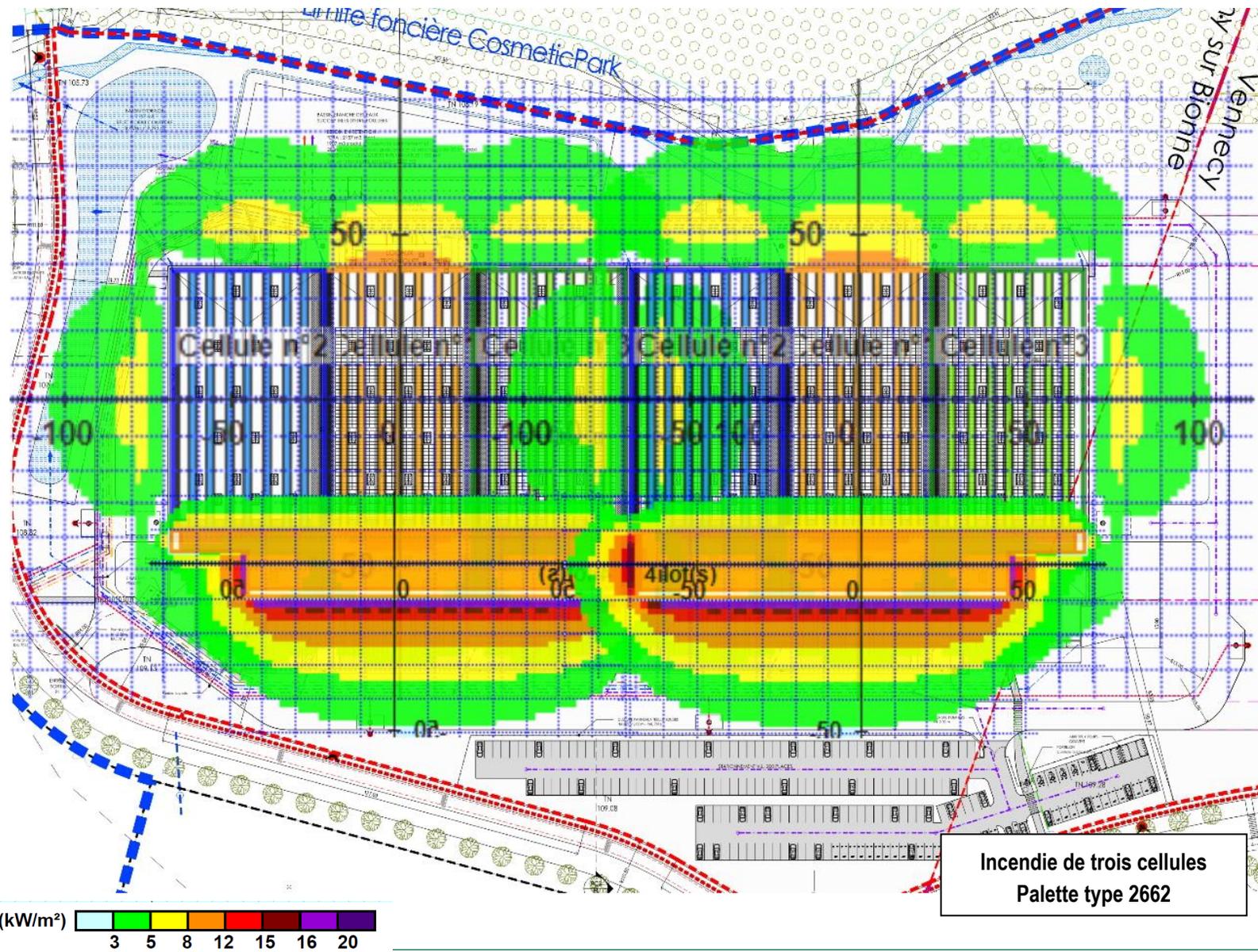
3.2.6 ***Incendie de trois cellules : rubriques 1510, 1530, 1532, 2662, 2663***

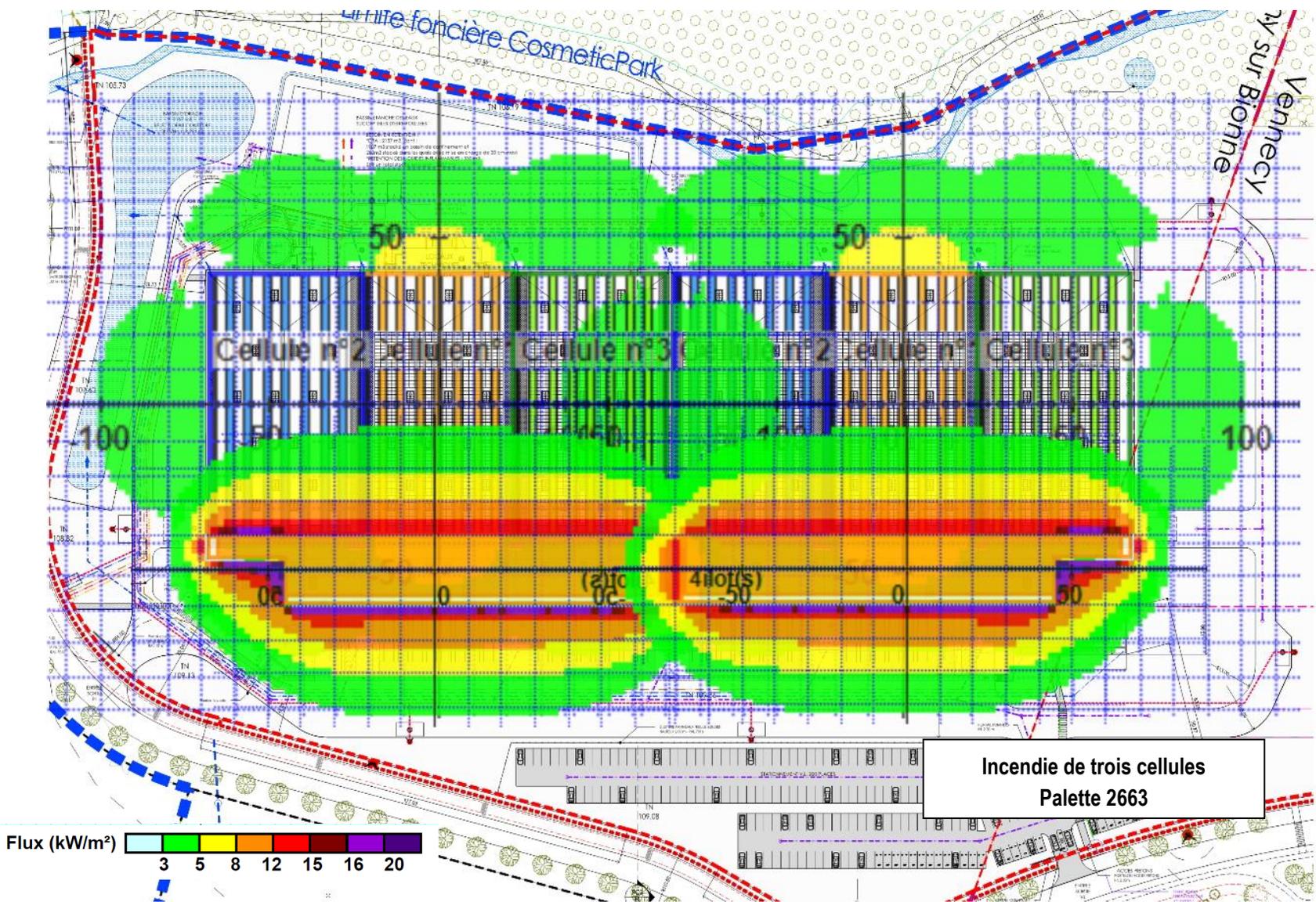
Les plans des pages suivantes représentent les distances auxquelles sont perçues les flux de 3, 5 et 8 kW/m² en cas de propagation d'un incendie à trois cellules de stockage pour les rubriques 1510, 1530, 1532, 2662 et 2663 et pour une configuration de stockage majorante.

Conclusion

Les représentations des flux thermiques présentées plus avant permettent de constater que, quelles que soient les cellules étudiées et quelle que soit la typologie de produits stockés, les flux thermiques de 3, 5 et 8 kW/m² ne sortent pas des limites de propriété.







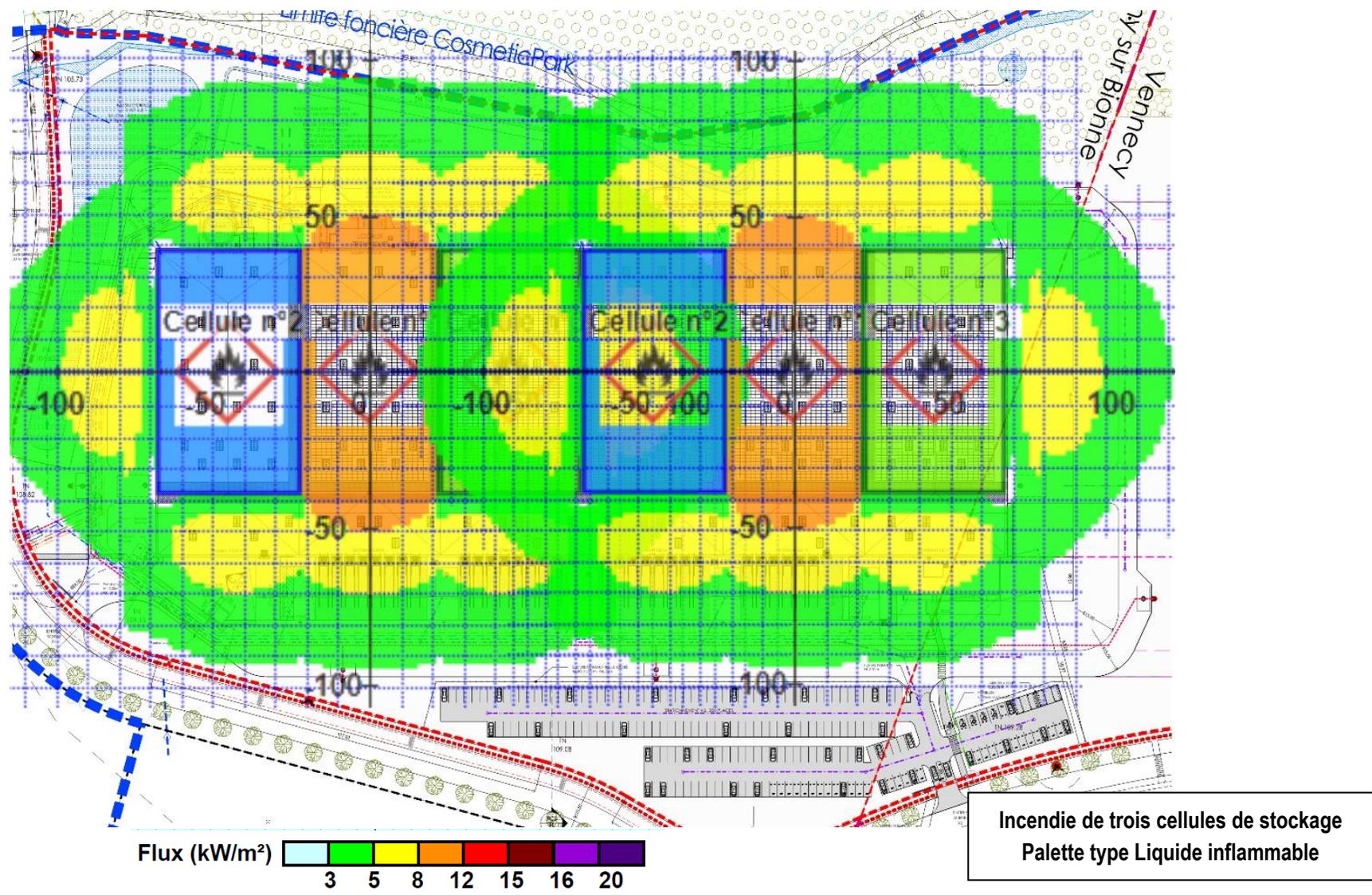
3.2.7 *Incendie de trois cellules de stockage de liquides inflammables*

Le plan ci-après représente les distances auxquelles sont perçues les flux de 3, 5 et 8 kW/m² en cas de propagation d'un incendie à trois cellules de produits classés sous les rubriques 4330, 4331 et 4755 dans une configuration de stockage majorantes.

Conclusion

Les représentations des flux thermiques présentées plus avant permettent de constater que, quelles que soient les cellules étudiées et quelle que soit la typologie de produits stockés, les flux thermiques de 5 et 8 kW/m² ne sortent pas des limites de propriété.

Le flux thermique de 3 kW/m² impacte environ 1 300 m² de bois classé côté Ouest et 70 mètres linéaires de la route de desserte du Cosméc Park côté Sud.



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

Lors d'un incendie, la combustion des matériaux présents dans l'entrepôt en feu libère des fumées pouvant être à l'origine de risques pour la population du fait de la présence de composés toxiques comme le monoxyde de carbone (CO), l'acide chlorhydrique (HCl) ou les suies.

3.3.1 Nature des marchandises stockées

Le bâtiment est destiné à accueillir une activité d'entreposage et de logistique, s'appliquant à des marchandises diverses pouvant être combustibles.

Nous avons fait l'hypothèse d'un stockage type constitué à 50% de plastique et à 50% de produits divers.

Les plastiques sont les produits présentant la plus forte toxicité en cas d'incendie. Dans l'industrie de l'emballage de même que dans les produits de consommation courante, des matières plastiques très présentes sont potentiellement à risque du fait de la toxicité de leur émission en cas d'incendie, comme le polyéthylène, le PVC, les polyamides, le polystyrène, les polyuréthanes.

Dans la présente étude nous considérons que le plastique stocké dans le bâtiment est composé à 60% de polyéthylène, 25% de PVC, 11% de polystyrène et 4% de polyuréthane.

Pour les autres composés, nous avons retenu la composition suivante : 70% de cellulose, 20% de plastique, 5% de PVC et 5% de polystyrène.

Soit une composition du stockage de :

40%	de polyéthylène
35%	de cellulose
15%	de PVC
8%	de polystyrène
2%	de polyuréthane

3.3.2 Détermination des produits de combustion formés

L'analyse de la composition des produits susceptibles d'être stockés dans une cellule va nous permettre de déterminer les produits de combustion formés.

Le papier, bois, carton sont essentiellement constitués de cellulose, laquelle se thermolyse en différents produits très facilement combustibles (aldéhydes, alcools, cétones, etc.) de telle sorte que la combustion est rapide et pratiquement totale.

Les plastiques se consomment plus lentement que le papier et le carton, la combustion engendre des imbrûlés qui se dispersent sous forme de particules (suies lourdes) essentiellement constituées de carbone.

Le PVC se consume en produisant des imbrûlés très abondants et engendre de l'acide chlorhydrique HCl.

Les polyamides et le polyuréthane se consomment en produisant de l'acide cyanhydrique HCN.

La stœchiométrie des équations de combustion de la cellulose, du polyéthylène, du PVC, des polyamides, du polystyrène et du polyuréthane montrent que :

- La combustion d'1 kg de cellulose engendre 6,084 kg de produits de combustion dont 1,63 kg de CO₂,
- La combustion d'1 kg de polyéthylène engendre 15,708 kg de produits de combustion dont 3,14 kg de CO₂,

- La combustion d'1 kg de PVC entraîne la formation de 6,491 kg de produits de combustion dont 0,584 kg de HCl et 1,4 kg de CO₂,
- La combustion d'1 kg de polystyrène entraîne la formation de 14,2 kg de produits de combustion dont 3,38 kg de CO₂,
- La combustion d'1 kg de polyuréthane entraîne la formation de 3,145 kg de produits de combustion dont 0,34 kg de HCN et 0,83 kg de CO₂.

On estime que les suies et poussières représentent 0,7% en poids du débit des fumées.

Le rapport oméga 16 de l'INERIS conseille également d'appliquer un rapport CO/CO₂ = 0,1.

Sachant que 1 kg de PE engendre 15,708 kg de fumées et qu'un kilogramme de cellulose engendre 6,084 kg de fumées, on en déduit les taux de production de polluants suivants :

- 1 kg de polyéthylène engendre 0,157 kg de CO et 0,109 kg de suie.
- 1 kg de cellulose engendre 0,060 kg de CO et 0,042 kg de suie.

Les données utilisées dans cette modélisation sont majorantes, en effet la littérature et plus particulièrement le SFPE Handbook of Fire Protection Engineering indique que :

- la combustion de 1 kg de polyéthylène engendre 0,024 kg de CO et 0,06 kg de suie,
- la combustion de 1 kg de cellulose engendre 0,004 kg de CO et 0,015 kg de suie.

3.3.3 Détermination du débit des fumées

La modélisation est basée sur l'incendie d'une cellule de stockage. De façon majorante, nous basons notre étude sur la plus grande cellule de 3 500 m².

Avec une vitesse de combustion de 0,025 kg/m².s, pour une cellule de 3 500 m² nous obtenons un débit total de 87,5 kg/s.

Pour chaque composant, le débit est alors :

- Polyéthylène : 35 kg/s,
- Cellulose : 30,62 kg/s,
- PVC: 13,12kg/s,
- Polystyrène : 7 kg/s,
- Polyuréthane: 1,75 kg/s.

Ces vitesses permettent d'établir, sur la base de la stœchiométrie, les débits de fumées et de toxiques :

- Fumées totales : 926,13 kg/s
- HCl : 7,66 kg/s
- HCN : 0,6 kg/s
- Suies : 6,47 kg/s
- CO₂ : 203,29 kg/s
- CO : 20,33 kg/s

3.3.4 Les seuils de toxicité

Les critères de toxicité retenus sont les SEI (Seuils des Effets Irréversibles) et SEL (Seuils des effets Létaux), pour un temps d'exposition de 60 minutes, des différents composés dont les valeurs sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

	SEI (en mg/m ³) Z2	Effets	SEL (en mg/m ³) Z1	Effets	Références
CO	920	Céphalées, vertiges	3 680	Risque léthal si plus de 60 minutes	Courbes de toxicité aigüe par inhalation – DPPR/SEI/BRTICP – juin 1998
CO ₂	89 980	Céphalées, vertiges	-	-	
HCl	60	Toux intense, blessure des muqueuses	358	Risque léthal si plus de 60 minutes	Seuils de toxicité en situations en situations accidentelles – INERIS – janvier 2003
HCN			45	Risque léthal si plus de 60 minutes	Seuils de toxicité en situations en situations accidentelles – INERIS

Concernant l'opacité, on estime qu'une visibilité de 5 mètres est nécessaire pour un automobiliste, ce qui correspond à une concentration en suies de 79 mg/m³.

Concernant la toxicité du mélange, le seuil équivalent a été obtenu à partir de la relation suivante, obtenue dans le rapport oméga 16 de l'INERIS Toxicité et dispersion des fumées d'incendie :

$$\sum_{i=1}^n \frac{(\text{Concentration du polluant } P_i)}{(\text{Seuil du polluant } P_i)} = \frac{1}{\text{Seuil}_{\text{équivalent}}}$$

Ainsi, en utilisant les pourcentages du paragraphe précédent on obtient :

	SEI équivalent (en mg/m ³) Z2	SEL équivalent (en mg/m ³) Z1	Références
Fumées incendie Seuils équivalents	5 568	21 705	Toxicité et dispersion des fumées d'incendie Phénoménologie et modélisation des effets INERIS, Ω 16

Nota : le SEI n'est pas connu pour le HCN, c'est le SEL qui a été retenu.

Le seuil des effets létaux n'étant pas connu pour le CO₂, c'est le SEI qui a été retenu (seuil 30 minutes, pas d'autre défini).

3.3.5 Modélisation de la dispersion des fumées toxiques

La modélisation de dispersion des gaz engendrés par l'incendie a été réalisée à partir du modèle gaussien de Pasquill-Gifford.

La modélisation gaussienne de la dispersion a été réalisée à partir du logiciel ALOHA. Il s'agit d'un logiciel développé conjointement par les 2 entités américaines suivantes : l'Environmental Protection Agency's Office of Emergency Prevention, Preparedness and Response" (EPA) et le "National Oceanic and Atmospheric Administration's Office of Response and Restoration" (NOAA).

Le logiciel se compose :

- du module CAMEO qui contient principalement des bases de données chimiques et toxicologiques,
- du module ALOHA ("Areal Locations of Hazardous Atmospheres") qui est un programme informatique permettant d'évaluer, dans des situations d'urgence, la dispersion atmosphérique, de composés rejetés dans des conditions accidentelles. Il prend en compte les propriétés toxicologiques et physiques des polluants, et les caractéristiques du site telles que les conditions atmosphériques et les conditions de rejets. Ce module comprend une bibliothèque de 700 substances chimiques et permet un affichage graphique des résultats.

ALOHA utilise, suivant le type de polluant, deux modèles de dispersion atmosphérique :

- un modèle gaussien pour les gaz neutres au niveau de la suspension dans l'atmosphère,
- et un modèle de gaz lourd, basé sur le modèle DEGADIS 2.1 (Spicer, Tom and Jerry Havens, 1989) qui a été simplifié par souci de rapidité de calcul.

L'utilisation du logiciel ALOHA a fait l'objet d'une évaluation par l'INERIS (rapport d'étude INERIS DRA n°46053) en novembre 2006 dont il ressort que le logiciel peut être intégré comme un des outils de simulation des phénomènes dangereux.

La modélisation gaussienne de Pasquill-Gifford est fonction de la stabilité de l'atmosphère, différentes classes ont ainsi été établies par Pasquill et Turner.

Ces classes sont au nombre de 6, caractérisées par l'intensité de la turbulence :

- Classe A : très instable,
- Classe B : instable :
- Classe C : légèrement instable,
- Classe D : neutre,
- Classe E : stable,
- Classe F : très stable.

Ces classes sont définies en fonction de la vitesse du vent, pour le jour en considérant l'intensité du rayonnement solaire et pour la nuit l'étendue de la couverture nuageuse.

Le tableau ci-dessous fournit les conditions dans lesquelles sont définies les classes de Pasquill-Turner :

Vitesse du vent en m/s	Jour Selon un rayonnement solaire incident			Nuit Selon une couverture nuageuse	
	Fort Eté – ciel dégagé	Modéré Ciel nuageux	Léger Hiver – ciel couvert	Dense >1/2 surface	Dégagée <1/2 surface
	< 2	A	A – B	B	
2 à 3	A – B	B	C	E	F
3 à 5	B	B – C	C	D	E
5 à 6	C	C – D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

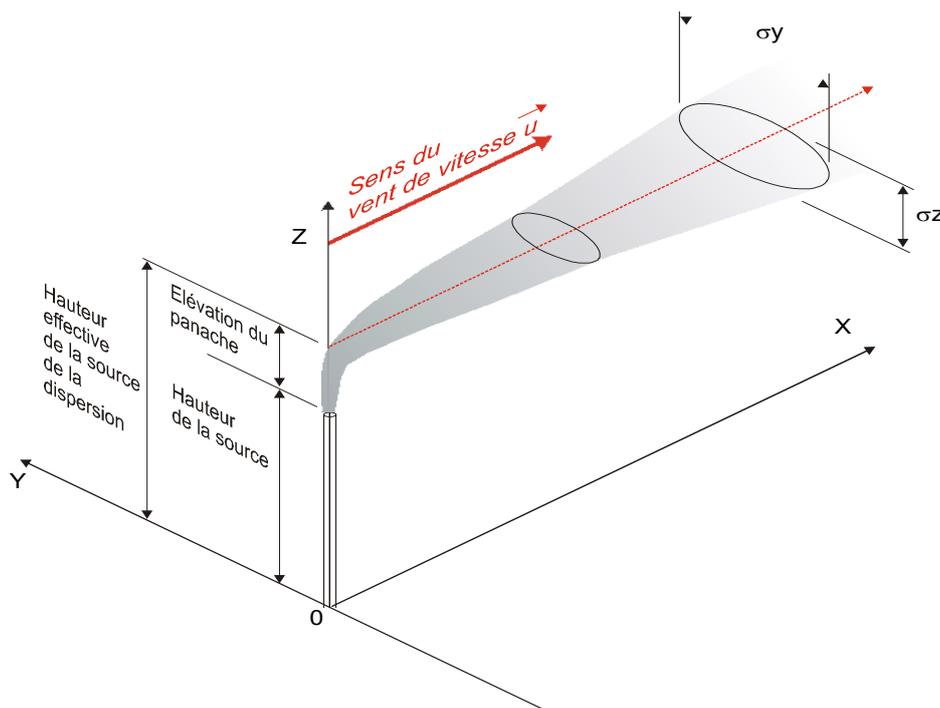
La modélisation a été réalisée pour les ensembles de conditions météorologiques suivants :

- Classe de stabilité A avec un vent de 2 m/s et une température de l'air ambiant de 20°C. Cette condition météorologique associe une atmosphère très instable et une faible vitesse de vent permettant d'illustrer les effets d'une dilution important du panache ascendant au voisinage de l'incendie.
- Classe de stabilité D avec un vent de 5 m/s pour une température de l'air ambiant de 20°C. Cette condition météorologique correspond à une atmosphère moyennement instable et neutre.
- Classe de stabilité F avec un vent de 3 m/s et une température de l'air ambiant de 15°C. Cette condition météorologique conjugue une stabilité très forte et le vent le plus important que l'on puisse lui associer. Cette condition est défavorable à la dispersion. En effet, une atmosphère dite stable est une atmosphère dans laquelle le gradient de température de l'atmosphère est supérieur au gradient thermique de l'adiabatique alors tout volume d'air déplacé vers le haut a, avant équilibre thermique, une température plus petite que l'air qui l'entoure. La masse volumique du volume élémentaire est plus importante que l'air qui l'entoure et tend à se déplacer vers le bas à sa position initiale (cf INERIS, Méthode pour l'évaluation et la prévention des risques accidentels, Dispersion atmosphérique, Mécanismes et outils de calcul).

Ces conditions météorologiques sont celles préconisées par l'INERIS dans ses tierces expertises.

- **Détermination de la hauteur de dispersion**

Le panache des fumées de l'incendie va s'élever grâce au moteur thermique que constitue le feu. Arrivé à sa hauteur de culmination, le panache se disperse dans l'atmosphère. Les polluants retombent progressivement au niveau du sol.



La hauteur du panache est déterminée à partir des équations de Rauch et de Moses-Carson :

$$H_{\text{Rauch}} = 186 \cdot Q^{0.25} \cdot U^{-1}$$

$$H_{\text{Moses-Carson}} = 82 \cdot Q^{0.5} \cdot U^{-1}$$

$$H_e = \frac{2}{3} H_{\text{Rauch}} + \frac{1}{3} H_{\text{Moses-Carson}}$$

Avec :

Q : Puissance du foyer en MW

U : Vitesse du vent (m/s)

H_e: hauteur effective de d'émission des polluants

Les corrélations prévoient que la hauteur du panache est fonction de la puissance thermique du foyer.

On sait que le PCI des plastiques est égal à 40 MJ/kg, celui du caoutchouc est de l'ordre de 30 MJ/kg et celui du papier de 17 MJ/kg.

Pour la modélisation de la dispersion atmosphérique des toxiques, nous retiendrons une valeur moyenne de 25 MJ/kg. Cette hypothèse est majorante quand on sait que la hauteur du panache et donc la dispersion augmentent proportionnellement avec le pouvoir calorifique du stockage.

En nous basant sur une cellule de 3 500 m² dans laquelle se développe un incendie dont la vitesse de propagation est égale à 0,025 kg/m².s, on obtient une puissance du foyer égale 2 187,5 MW.

L'application des corrélations de Rauch et de Moses-Carson à un incendie dont la puissance thermique est égale à 2 187,5 MW conduit aux hauteurs de dispersions suivantes :

Vitesse du vent	H _{Rauch} (m)	H _{Moses-Carson} (m)	Hauteur du panache (m)	Hauteur de dispersion (m)
2 m/s	636	1918	1063	354
3 m/s	424	1278	709	236
5 m/s	254	767	425	142

Nous considérons que la dispersion peut s'opérer à partir du tiers de la hauteur du panache.

Les hauteurs de dispersion obtenues avec la puissance thermique pouvant être attendue lors de l'incendie de la totalité de la surface de la cellule étant très importantes, nous avons choisi, dans une optique de majoration des résultats, de déterminer les hauteurs de dispersions pouvant être attendues lors de la phase de démarrage de l'incendie.

Ainsi pour une surface en feu de 350 m² (soit environ 10% de la surface de la plus grande cellule), on obtient une puissance thermique égale à 218,7 MW.

A partir de cette puissance thermique, les corrélations de Rauch et de Moses-Carson conduisent aux hauteurs de dispersions suivantes :

Vitesse du vent	H _{Rauch} (m)	H _{Moses-Carson} (m)	Hauteur du panache (m)	Hauteur de dispersion (m)
2 m/s	358	606	441	147
3 m/s	238	404	294	98
5 m/s	143	243	176	59

Ces hauteurs de dispersion sont majorantes pour notre modélisation, sachant que la dilution des polluants dans l'atmosphère augmente avec la hauteur de dispersion.

• Résultats

Le tableau ci-dessous rapporte les distances auxquelles pourraient se manifester des impacts significatifs en fonction des différentes conditions météorologiques au moment de l'intensité maximale du sinistre étudié :

	Opacité	CO		CO ₂	HCl		HCN	Fumées incendie	
Combustion d'une cellule de stockage de produits courants		Z1	Z2	Z2	Z1	Z2	Z1	Z1	Z2
Seuils en mg/m ³	79	3 680	920	89 980	358	60	45	21 705	5 568

Cas A – 2 m/s	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Cas D – 5 m/s	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Cas F – 3 m/s	<	<	<	<	<	<	<	<	<

Les résultats de la modélisation sont joints en annexe n° 3.

• Conclusions

L'étude de dispersion des toxiques, sur la base des modèles appliqués, permet de considérer qu'en cas de sinistre généralisé dans l'une ou l'autre des cellules dédiées au stockage de produits combustibles courants, les éléments toxiques susceptibles d'être emportés dans les fumées ont toutes les chances de se disperser **sans engendrer de risque significatif aux alentours ni à des distances élevées du site.**

Comme pour les produits toxiques, la modélisation a montré que les suies ont toutes les chances de se disperser **sans engendrer de perte de visibilité significative pour les automobilistes aux alentours ni à des distances élevées du site.**

Nous avons mis en œuvre des dispositifs de prévention pour limiter la probabilité de développement d'un incendie dans le bâtiment.

3.3.6 Incendie d'une cellule de pneumatiques

3.3.6.1 Nature des marchandises stockées

Le bâtiment est susceptible d'accueillir un stockage de pneumatiques (classement au titre de la rubrique 2663-2).

L'impact de ce type de stockage est à étudier du point de vue de la dispersion atmosphérique dans le cas de l'incendie d'une cellule.

Les pneumatiques sont stockés dans des palettes métalliques de 3,5 m³ en moyenne.

De façon à travailler sur une hypothèse maximaliste nous avons considéré le même nombre de palettes que pour des produits courants.

D'après les essais de combustion effectués par le CNPP (Etude prévisionnelle d'un incendie de stockage de caoutchouc, 1992), on sait que :

- En cas d'incendie de pneumatiques les flammes ont une émissivité de l'ordre de 42 kW/m²,
- La hauteur de la flamme est de l'ordre de 12 mètres au-dessus du stock,
- La vitesse de combustion de pneumatiques est de l'ordre de 0,034 kg/m².s.

3.3.6.2 Détermination des produits de combustion formés

Un pneumatique est constitué de caoutchouc vulcanisé et d'une armature métallique en acier. Le caoutchouc est vulcanisé par addition de soufre.

La combustion des pneumatiques génère des éléments toxiques de deux natures :

- des gaz de combustion : CO, CO₂ et SO₂,
- des produits de pyrolyse, la combustion n'étant jamais totale.

L'étude du CNPP indique la composition des fumées pouvant être attendue en cas d'incendie d'1 kg de pneumatiques.

Cette composition est indiquée dans le tableau ci-dessous :

Polluants	Valeur attendue, en g par kg de pneumatique brûlé	Pourcentage associé
Suies	134	6,69
CO	65	3,25
CO ₂	1733	86,54
SO ₂	8,8	0,44
NOx	2,5	0,12
Formaldéhydes	0,10	0,005
Imbrûlés	59	2,95
HAP	0,1	0,005
TOTAL	2002,5	100

En nous basant sur une vitesse de combustion de 0,034 kg/m²s pour une cellule de 3 500 m² environ, nous obtenons un débit de combustion égal à 119 kg/s.

Connaissant la composition attendue des fumées pour un kg de pneumatiques, nous pouvons déterminer les débits maximaux en polluants pouvant être attendus dans le cas de l'incendie d'une cellule de pneumatiques :

Polluants	Débit attendu (en kg/s)
Suies	15,95
CO	7,73
CO ₂	206,23
SO ₂	0,95
NO ₂	0,30
Formol	0,012
Imbrûlés	7,02
HAP	0,012
Fumées	238

3.3.6.3 Les seuils de toxicité

Les critères de toxicité retenus sont les SEI (Seuils des Effets Irréversibles) et SEL (Seuils des effets Létaux), pour un temps d'exposition de 60 minutes, des différents composés dont les valeurs sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

	SEI (mg/m ³) Z2	Effets	SEL (mg/m ³) Z1	Effets	Références
CO	920	Céphalées, vertiges	3 680	Risque léthal si plus de 60 minutes	Courbes de toxicité aiguë par inhalation DPPR/SEI/BRTICP - juin 1998
CO ₂	89 980	Céphalées, vertiges	-	-	

SO ₂	211	Toux intense, blessure des muqueuses	1 885	Risque léthal si plus de 60 minutes	Seuils de toxicité en situations en situations accidentelles – INERIS
NO ₂	75	Toux intense, blessure des muqueuses	132	Risque léthal si plus de 60 minutes	Seuils de toxicité en situations en situations accidentelles – INERIS
Formol	12	Céphalées, vertiges, toux	31	Risque léthal si plus de 60 minutes	Seuils de toxicité en situations en situations accidentelles – INERIS

Concernant l'opacité, on estime qu'une visibilité de 5 m est nécessaire pour un automobiliste, ce qui correspond à une concentration en suies de 79 mg/m³.

Concernant la toxicité du mélange, le seuil équivalent a été obtenu à partir de la relation suivante, obtenue dans le rapport oméga 16 de l'INERIS Toxicité et dispersion des fumées d'incendie :

$$\sum_{i=1}^n \frac{(\text{Concentration du polluant } P_i)}{(\text{Seuil du polluant } P_i)} = \frac{1}{\text{Seuil}_{\text{équivalent}}}$$

Ainsi, en utilisant les pourcentages du paragraphe précédent on obtient :

	SEI équivalent (en mg/m ³) Z2	SEL équivalent (en mg/m ³) Z1	Références
Fumées incendie pneumatiques Seuils équivalents	11 346	31 018	Toxicité et dispersion des fumées d'incendie Phénoménologie et modélisation des effets INERIS, Ω 16

3.3.6.4 Modélisation de la dispersion des fumées toxiques

Comme pour l'incendie d'une cellule de produits courants, la modélisation a été réalisée à partir de la méthode de Pasquill-Gifford avec le logiciel ALOHA présenté plus avant.

La modélisation a été réalisée pour les états A, D et F avec des vents de 2, 3 et de 5 m/s.

- **Détermination de la hauteur de dispersion**

La hauteur du panache est déterminée à partir des équations de Rauch et de Moses-Carson :

$$H_{\text{Rauch}} = 186 \cdot Q^{0.25} \cdot U^{-1}$$

$$H_{\text{Moses-Carson}} = 82 \cdot Q^{0.5} \cdot U^{-1}$$

$$H_e = 2/3 H_{\text{Rauch}} + 1/3 H_{\text{Moses-Carson}}$$

Avec :

Q : Puissance du foyer en MW

U : Vitesse du vent (m/s)

He: hauteur effective de d'émission des polluants

Les corrélations prévoient que la hauteur du panache est fonction de la puissance thermique du foyer.

On sait que le PCI du caoutchouc est de l'ordre de 30 MJ/kg.

Pour la modélisation de la dispersion atmosphérique des toxiques dans le cas d'un stockage de pneumatiques, nous retiendrons une valeur moyenne de 30 MJ/kg.

En nous basant sur une cellule de 3 500m² dans laquelle se développe un incendie dont la vitesse de propagation est égale à 0,034 kg/m².s, on obtient une puissance du foyer égale à 3 570 MW.

Afin de réaliser une modélisation majorante, nous recherchons les hauteurs de flammes pour une surface en feu de 350 m² (soit 10% de la surface de la plus grande cellule).

Dans ce cas, la puissance thermique de l'incendie en phase de démarrage est égale à 357 MW.

A partir de cette puissance thermique, les corrélations de Rauch et de Moses-Carson conduisent aux hauteurs de dispersions suivantes :

Vitesse du vent	H _{Rauch} (m)	H _{Moses-Carson} (m)	Hauteur du panache (m)	Hauteur de dispersion (m)
2 m/s	404	775	528	176
3 m/s	269	516	352	117
5 m/s	162	310	211	70

Ces hauteurs de dispersion sont majorantes pour notre modélisation, sachant que la dilution des polluants dans l'atmosphère augmente avec la hauteur de dispersion.

• **Résultats**

Le tableau ci-dessous rapporte les distances auxquelles pourraient se manifester des impacts significatifs en fonction des différentes conditions météorologiques au moment de l'intensité maximale du sinistre étudié :

	Opacité	CO		CO ₂	SO ₂		NO ₂		Formol		Fumées incendie	
	Visibilité à 5 m	Z1	Z2	Z2	Z1	Z2	Z1	Z2	Z1	Z2	Z1	Z2
Combustion d'une cellule de stockage pneumatiques	79	3 680	920	89980	1 885	211	132	75	31	12	31 018	11 346
Seuils en mg/m ³												
Cas A – 2 m/s (cibles entre 2 et 40 m)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Cas D – 5 m/s (cibles entre 2 et 40 m)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Cas F – 3 m/s (cibles entre 2 et 40 m)	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<

Les résultats de la modélisation sont joints en annexe n° 3.

• **Conclusions**

L'étude de dispersion des toxiques, sur la base des modèles appliqués, permet de considérer qu'en cas de sinistre généralisé dans l'une ou l'autre des cellules dédiées au stockage de produits

combustibles courants, les éléments toxiques susceptibles d'être emportés dans les fumées ont toutes les chances de se disperser **sans engendrer de risque significatif aux alentours ni à des distances élevées du site.**

Comme pour les produits toxiques, la modélisation a montré que les suies ont toutes les chances de se disperser **sans engendrer de perte de visibilité significative pour les automobilistes aux alentours ni à des distances élevées du site.**

Nous avons mis en œuvre des dispositifs de prévention pour limiter la probabilité de développement d'un incendie dans le bâtiment.

4. MESURES PROPRES À RÉDUIRE LA PROBABILITÉ ET LA GRAVITÉ

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.

4.1 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.

4.2 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.

4.3 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.

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

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

4.5 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.

La protection du bâtiment contre les effets directs de la foudre sera réalisée par des 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 m 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.

La société 1G Foudre a été mandatée pour réaliser une étude technique foudre et l'analyse du risque foudre de ce projet. Ces deux documents sont en annexe n°4 de cette présente étude de dangers.

4.6 Fonction « éviter les effets dominos »

L'incendie d'une cellule pourrait provenir éventuellement d'un départ de feu dans un local de charge. Les locaux de charge des batteries de chariots élévateurs seront équipés d'une ventilation mécanique asservie à l'opération de charge des batteries.

Ils seront isolés des zones d'entreposage par des murs coupe-feu de degré 2 h (REI 120) et une porte coupe-feu de degré 2 h (EI 120), à fermeture automatique.

4.7 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 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.

- **L'installation sprinkler**

Le bâtiment sera équipé d'un réseau d'extinction automatique d'incendie de type sprinkler. Les têtes sprinkler sont thermofusibles, elles s'activent à partir d'une certaine valeur de la température (par exemple 75°C). Elles peuvent donc être assimilées à un détecteur thermostatique. A la différence d'une détection incendie classique (détecteurs de fumée), le sprinklage présente l'avantage d'intervenir directement sur le feu tout en activant une alarme sur le site (sonore) et un report d'alarme (à la société de télésurveillance).

Pour l'entrepôt, l'installation comprendra :

- Un local équipé d'une motopompe autonome diesel en charge à démarrage automatique,
- Une cuve d'eau d'un volume de 800 m³ pour les réseaux « extinction automatique et RIA »,
- Une pompe 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'APSA, 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.

- **L'installation de détection des fumées**

Compte tenu de la présence de liquides inflammables, une installation de détection de fumée basée sur des détecteurs linéaires sera mise en place dans les cellules de l'établissement.

4.8 Fonction « contenir l'incendie dans la cellule »

Pour contenir l'incendie dans une cellule, plusieurs mesures de maîtrise des risques sont nécessaires.

- **Le désenfumage associé au cantonnement**

Le désenfumage du bâtiment sera assuré par des exutoires de fumée dont la surface utile ne sera pas inférieure à 2% de la superficie de chaque canton de désenfumage

L'ouverture des exutoires de désenfumage sera assurée par une commande automatique à CO₂ et manuelle placée à proximité des issues. Les commandes seront regroupées par canton.

Les lanterneaux seront implantés à plus de 7 m des murs coupe-feu séparatifs.

Chaque cellule sera recoupée en partie supérieure par des écrans de cantonnement de 1 m de hauteur, en matériaux M0 (bardage métallique) stables au feu de degré un quart d'heure.

Ces écrans formant des cantons de 1 650 m² maximum permettent d'éviter la diffusion latérale des fumées, en cas d'incendie.

- **Les Poteaux incendie pour intervention des Sapeurs-Pompiers**

La sécurité incendie du bâtiment sera assurée par 7 hydrants implantés sur son pourtour.

Ils seront disposés de manière à ce que chaque cellule soit défendue par un premier hydrant situé à moins de 100 m d'une entrée de la surface considérée.

Les hydrants seront connectés sur le réseau d'adduction d'eau incendie du Cosmetic Park®. Ce réseau incendie privé sera alimenté depuis une réserve incendie par un surpresseur.

Il permettra de délivrer aux 7 hydrants du présent projet un débit d'eau de 300 m³/h.

- **La structure**

La structure porteuse (poteaux, poutres) – sauf les pannes – présentera une stabilité au feu d'une heure (SF60).

- **La toiture du bâtiment**

La toiture sera réalisée à partir de bacs acier galvanisé avec une isolation en laine de roche et une étanchéité multicouche. L'ensemble de la toiture satisfait au classement au feu Broof (t3).

- **Le compartimentage du bâtiment par des murs coupe-feu**

Le bâtiment sera divisé en cellules de moins de 3 500 m² par des murs coupe-feu alternativement de degré 2 h (REI 120) et 4 h (REI 240). Le mur Nord sera REI 120. En cas d'extension du bâtiment au Nord du site, le mur REI 120 sera doublé afin d'offrir les caractéristiques REI 240. Ces parois dépasseront d'un mètre en toiture et seront prolongées perpendiculairement aux murs de façade sur une largeur d'un mètre. Les éventuelles traversées de canalisations existant dans le mur coupe-feu séparatif seront munies d'un dispositif de calfeutrement assurant un même degré de résistance. Ce compartimentage permettra d'éviter une propagation de l'incendie d'une cellule vers la cellule voisine.

La couverture sera réalisée à partir de bacs en acier galvanisé autoportants avec isolation en panneaux laine de roche et étanchéité multicouche.

L'ensemble de la toiture satisfera au classement au feu T30-1 (BroofT3).

➤ Les portes coupe-feu

Les ouvertures créées dans les murs REI 120 seront équipées de portes coupe-feu de degré 2h (EI 120). Les ouvertures créées dans les murs REI 240 seront équipées de deux portes coupe-feu de degré 2h (2 x EI 120) ou d'une porte coupe-feu de degré 4h (EI 240).

Les portes coulissantes seront équipées d'un système DAD (Détecteur Autonome Déclencheur) permettant leur fermeture automatique en cas d'incendie mais également leur fermeture manuelle.

4.9 Fonction « éviter la pollution des eaux et des sols »

La rétention des eaux d'extinction incendie sera assurée :

- dans les quais pour un volume de 280 m³ : calculé sur la base d'un linéaire de quais de 120 m sans que la hauteur de stockage au point le plus haut ne dépasse 20 cm,
- pour le reste soit un volume de 1 664 m³ dans un bassin étanche dédié qui accueillera également la rétention déportée des liquides inflammables pour un volume de 330 m³.
Le volume du bassin étanche sera donc de 2 237 m³.

La capacité de rétention de l'établissement est suffisamment dimensionnée pour retenir le volume d'eau d'extinction incendie déterminé avec la méthode D9A

Les six cellules seront divisées en zones de collecte inférieures ou égales à 500 m², équipées chacune de dispositifs de collecte. Les six cellules seront reliées à une rétention déportée commune. Le dispositif de rétention couvrira 100 % du volume total de produits entreposés dans une cellule, soit 330 m³. Le dispositif de rétention déportée sera commun à la rétention des eaux d'extinction incendie de l'établissement. Chaque dispositif de collecte sera équipé d'un siphon coupe-feu, situé entre la cellule et le bassin de rétention, destiné à assurer le rôle de coupe-feu et à éviter que l'incendie ne se propage à la rétention.

Une vanne de barrage sera implantée en aval du bassin étanche. En cas d'incendie, cette vanne, asservie à l'alarme sprinkler, sera automatiquement fermée afin de retenir les eaux d'extinction dans ce bassin.

Chaque local de charge disposera également d'une rétention permettant de collecter les éventuelles fuites d'acide des batteries des chariots élévateurs.

4.10 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, et détection de fumées
- Alarmes techniques.

Parmi les équipements importants pour la sécurité listés dans le tableau ci-après, les mesures de maîtrise des risques retenues sont le sprinkler ainsi que les murs et portes coupe-feu 2 h et 4h.

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	Coupeure 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 : électricité, batteries, gasoil, eau	Test hebdomadaire de fonctionnement Visite semestrielle hydraulique Visite annuelle motopompe Visite triennale de l'installation complète	Moteur de secours Démarrage manuel des moteurs 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
Contenir l'incendie dans la cellule	Poteaux incendie	100%	Arrivée du SDIS	1	Manuel	Visite annuelle	Camions citerne des SP	RIA et sprinkler
	Portes coupe-feu	95%	2 minutes	2	Automatique Dépend de capteurs au niveau des portes, électricité	Vérification trimestrielle interne Vérification annuelle	Fermeture manuelle La porte se ferme par manque d'utilité	Action de vérification de fermeture effective via serre file en heure ouvrée et astreinte durant les périodes de fermeture
	Murs coupe-feu	99%	Immédiat	2	Automatique		/	Mortier ou autre produit intumescent prêt à l'emploi sur site
	Exutoires de fumée	99%	1 minute	1	Eléments fusibles sous une certaine T°(93°C)	Visite annuelle	Manuel	
Eviter la pollution des eaux et des sols	Electrovannes	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 Les vannes se ferment par manque d'utilité	Consignes particulières de vigilance

5. 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

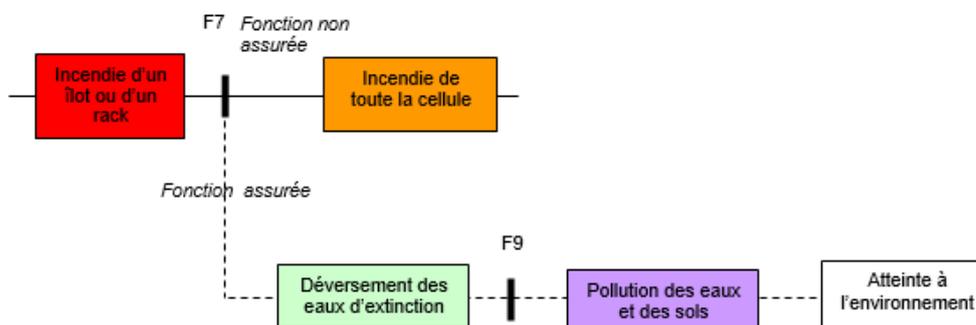
• Gravité

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

5.1 Probabilité incendie

5.1.1 De l'inflammation à l'incendie d'une cellule



F7 : Eviter la propagation de l'incendie à la cellule et éteindre l'îlot/rack
 F9 : Eviter la pollution des eaux et des sols

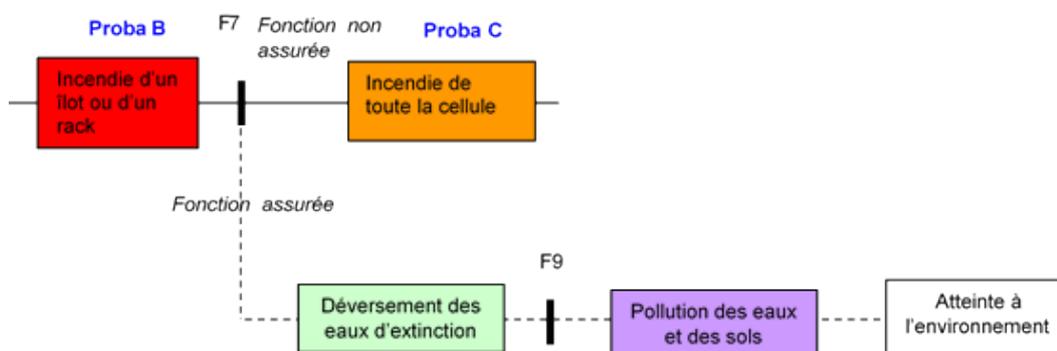
En se basant sur le programme INERIS EAT-DRA-34 opération j-Intégration de l'analyse de la dimension probabiliste dans l'analyse des risques, on peut constater que tous les éléments initiateurs présentent une probabilité d'occurrence comprise entre 10^{-2} et 10^{-3} . Aussi, l'événement « incendie d'un îlot de stockage » a été coté avec une valeur médiane de $5 \cdot 10^{-3}$ (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 en moins d'une heure à la cellule.

La fonction de sécurité est essentiellement basée sur l'efficacité du sprinkler. Dans chaque cellule, on compte entre 500 et 800 têtes de sprinkler. Or, 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.

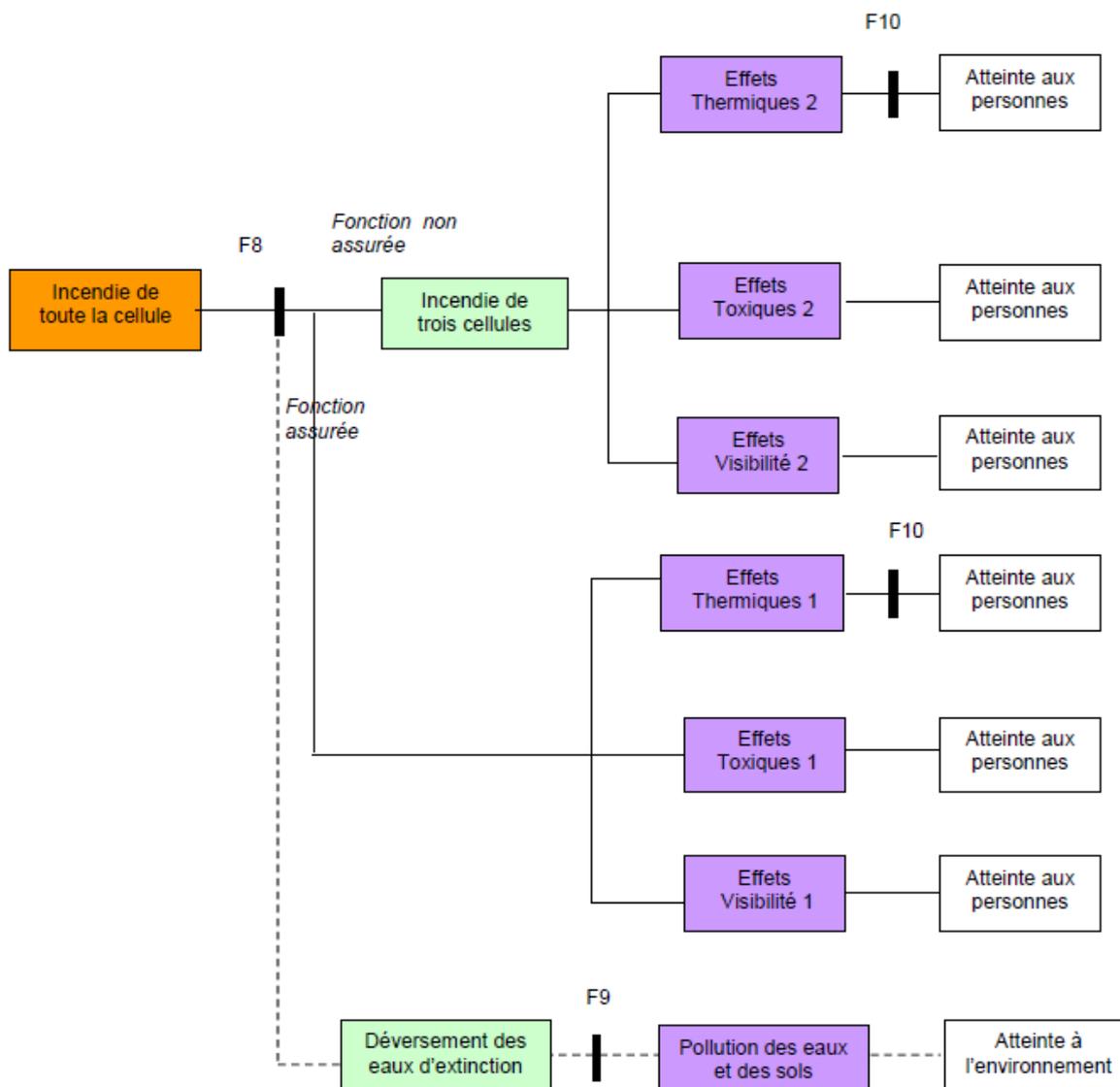
Aussi, nous pouvons considérer un niveau de confiance 1 pour cette mesure de maîtrise des risques (fonctionne correctement dans 90 % des cas), sachant que l'on est plus proche d'un niveau de confiance 2 (fonctionnement dans 99 % des cas). On peut donc décaler la probabilité d'occurrence d'un incendie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

5.1.2 De l'incendie d'une cellule à l'incendie de trois cellules



F8 : Contenir l'incendie dans la cellule
 F9 : Eviter la pollution des eaux et des sols
 F10 : Atténuer les effets thermiques

A ce stade, le système de sprinklage a été défaillant et l'incendie s'est propagé à la cellule. Cet événement est déjà coté avec une probabilité C « événement improbable ».

- Si la fonction de sécurité est assurée, l'incendie est contenu dans la cellule jusqu'à son extinction. Cet incendie génère des effets thermiques, toxiques et sur la visibilité
- Si la fonction de sécurité n'est pas assurée, l'incendie va se propager aux cellules adjacentes ce qui entraînera des effets thermiques, toxiques et sur la visibilité plus importants

La fonction de sécurité est essentiellement assurée par la tenue au feu des murs et des portes. L'action des Sapeurs-Pompiers permet d'améliorer cette fonction de sécurité.

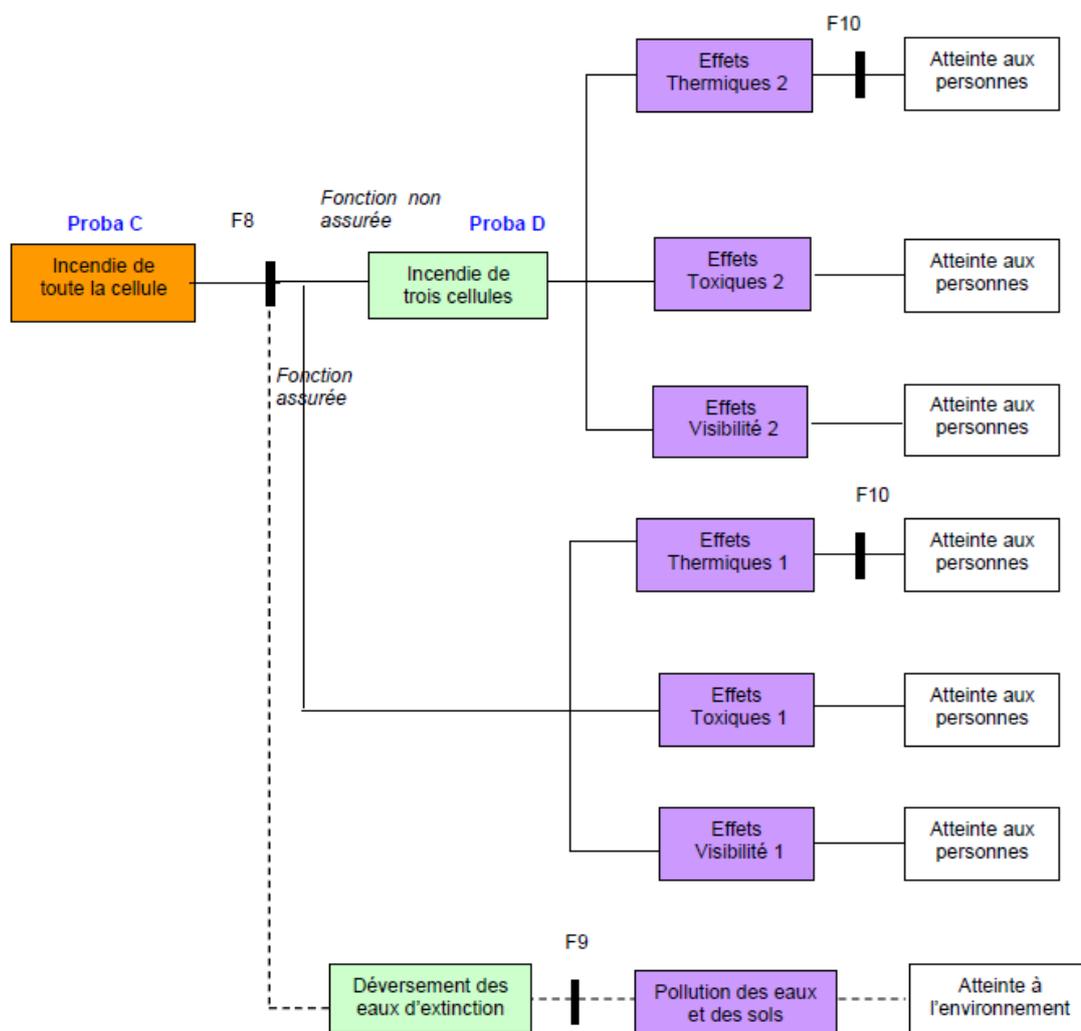
Nous avons vu dans le chapitre sur la cinétique que le temps de fermeture des portes est en adéquation avec la cinétique de l'incendie (délai de 30 s à la détection des fumées). De plus, la durée de tenue au feu des murs est d'au moins 2 heures, durant lesquelles les sapeurs-pompiers pourront lutter contre le feu confiné à une cellule.

Leur action sera facilitée par le système de désenfumage mis en place (réduction de la température et du flux de chaleur, augmentation de la visibilité).

Les exutoires doivent s'ouvrir automatiquement par la fonte d'un fusible (calibrage aux environs de 100°C). En cas d'échec, leur ouverture peut être commandée manuellement.

Les sapeurs-pompiers disposent de moyens adaptés au risque. Les réserves d'eau garantissent une alimentation des poteaux incendie pendant au moins 2 heures.

L'ensemble de ces mesures permet d'estimer le niveau de confiance de la fonction à 1 et de décaler d'un facteur 10 la probabilité d'occurrence de l'incendie simultané de trois cellules de stockage.



La MMR valorisable pour cette fonction est la suivante :

- MMR 3 : compartimentage (murs coupe-feu, portes coupe-feu, bandes incombustibles)

5.2 Gravité incendie

Chacun des incendies va générer des effets (thermiques, toxiques et de visibilité) d'intensités différentes.

Nous allons coter la gravité des effets générés par l'incendie d'une cellule et l'incendie de 3 cellules.

5.2.1 *Incendie d'une cellule de stockage de produits combustibles courants*

Dans le cas de l'incendie d'une cellule de stockage, quelle que soit la rubrique, les flux thermiques de 8, 5 et 3 kW/m² ne sortent pas des limites de propriété.

Ce phénomène n'est donc pas à coter.

5.2.2 *Incendie de trois cellules de stockage*

Dans le cas de l'incendie de trois cellules, quelle que soit la rubrique, les flux thermiques de 8, 5 et 3 kW/m² ne sortent pas des limites de propriété.

Ce phénomène n'est donc pas à coter.

5.2.3 *Incendie d'une cellule de stockage de liquides inflammables*

Dans le cas de l'incendie d'une cellule de stockage de liquides inflammables, les flux thermiques de 5 et 8 kW/m² ne sortent pas des limites de propriété.

Le flux thermique de 3 kW/m² impacte environ 100 m² de bois classé côté Ouest et 70 mètres linéaires de la route de desserte du Cosmétique Park côté Sud.

Le bois classé impacté par le flux thermique de 3 kW/m² côté Ouest correspond à des terrains non aménagés et non fréquentés situés entre le terrain d'assiette du bâtiment AREFIM et l'emprise de la RD 2152.

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 côté Ouest, il faut compter 1 personne par tranche de 100 ha.

Les 100 m² impactés par le flux thermique de 3 kW/m² nous amènent à considérer la présence permanente de 1.10⁻⁴ personne.

Le flux thermique de 3 kW/m² impacte également 70 mètres linéaire de la route de desserte du Cosmétique Park côté Sud.

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 voies de

circulation routières il convient de compter 0,4 personne permanente par km exposé par tranche de 100 véhicules/jour.

Il est précisé dans l'étude d'incidence en PJ n°5 qu'au terme de son développement, à l'horizon 2025, les flux induits par le Cosmetic Park® sont estimés à :

- 30 véhicules sortant et 260 véhicules entrant en heure de pointe le matin
- 180 véhicules sortant et 60 véhicules entrant en heure de pointe le soir
- 100 poids-lourds entrant / sortant par jour en dehors des heures de pointe

En prenant l'hypothèse défavorable que tous les flux transitent sur la partie de la route de desserte impactée par le flux thermique de 3 kW/m² on arrive à un trafic de 365 véhicules par jour (soit 730 mouvements).

Sur cette base, les 70 mètres linéaires d'axe routier (pour 730 mouvements) impacté par le flux thermique de 3 kW/m² représentent 0,020 personnes.

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 de liquides inflammables » peut être considéré comme présentant une gravité **modérée**.

5.2.4 Incendie de trois cellule de stockage de liquides inflammables

Dans le cas de l'incendie de trois cellules de stockage de liquides inflammables, les flux thermiques de 5 et 8 kW/m² ne sortent pas des limites de propriété.

Le flux thermique de 3 kW/m² impacte environ 1 300 m² de bois classé côté Ouest et 70 mètres linéaires de la route de desserte du Cosmetic Park côté Sud.

Le bois classé impacté par le flux thermique de 3 kW/m² côté Ouest correspond à des terrains non aménagés et non fréquentés situés entre le terrain d'assiette du bâtiment AREFIM et l'emprise de la RD 2152.

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 côté Ouest, il faut compter 1 personne par tranche de 100 ha.

Les 1 300 m² impactés par le flux thermique de 3 kW/m² nous amènent à considérer la présence permanente de $1,3 \cdot 10^{-3}$ personne.

Le flux thermique de 3 kW/m² impacte également 70 mètres linéaire de la route de desserte du Cosmetic Park côté Sud.

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 voies de circulation routières il convient de compter 0,4 personne permanente par km exposé par tranche de 100 véhicules/jour.

Il est précisé dans l'étude d'incidence en PJ n°5 qu'au terme de son développement, à l'horizon 2025, les flux induits par le Cosmetic Park® sont estimés à :

- 30 véhicules sortant et 260 véhicules entrant en heure de pointe le matin
- 180 véhicules sortant et 60 véhicules entrant en heure de pointe le soir
- 100 poids-lourds entrant / sortant par jour en dehors des heures de pointe

En prenant l'hypothèse défavorable que tous les flux transitent sur la partie de la route de desserte impactée par le flux thermique de 3 kW/m² on arrive à un trafic de 365 véhicules par jour (soit 730 mouvements).

Sur cette base, les 70 mètres linéaires d'axe routier (pour 730 mouvements) impacté par le flux thermique de 3 kW/m² représentent 0,020 personnes.

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

5.3 Cinétique incendie

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

Le phénomène d'incendie de plusieurs cellules est un phénomène plus long qui nécessite, compte tenu de la présence des murs séparatifs coupe-feu de degré deux heures, que l'incendie dure plusieurs heures sans intervention des pompiers.

Ce phénomène est donc à cinétique lente.

5.4 Probabilité, Gravité et cinétique du phénomène « Explosion de la chaufferie »

Les zones SEI et SEL ne sortent pas des limites de propriété.

Ce phénomène n'est donc pas à coter.

5.5 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 de 3 cellules de stockage de liquides inflammables	Incendie d'une cellule de stockage de liquides inflammables		

5.6 Conclusion sur le niveau de risque

La cotation nous montre que tous les événements présentent une gravité modérée. Dans tous les cas, le site n'est pas concerné par des MMR.

Toutes les mesures ont été prises pour obtenir un niveau de risque aussi bas que possible.

6. NATURE ET ORGANISATION DES MOYENS DE SECOURS

6.1 Mesures organisationnelles

6.1.1 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, hormis, le cas échéant dans les bureaux séparés des cellules de stockages ;
- l'obligation du document ou dossier évoqué à l'article 20 (permis feu ou plan de prévention suivant articles R. 4512-6 et suivant du code du travail) ;
- 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, ventilation, climatisation, chauffage, fermeture des portes coupe-feu, obturation des écoulements d'égouts notamment) ;
- les mesures permettant de tenir à jour en permanence et de porter à la connaissance des services d'incendie et de secours la localisation des matières dangereuses, et les mesures à prendre en cas de fuite sur un récipient ou une tuyauterie contenant des substances dangereuses ;
- les modalités de mise en œuvre des dispositifs d'isolement du réseau de collecte, prévues à l'article 11 ;
- 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.

6.1.2 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 périodes ouvrées
- les modalités d'accueil des services d'incendie et de secours en périodes ouvrées et non ouvrées ;
- 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 de chaque cellule ;
- la description du fonctionnement opérationnel du système d'extinction automatique, s'il existe ;
- la localisation des commandes des équipements de désenfumage prévus à l'article 5 ;
- la localisation des interrupteurs centraux prévus à l'article 15, lorsqu'ils existent ;
- les dispositions à prendre en cas de présence de panneaux photovoltaïques ;
- les mesures particulières prévues à l'article 22.

Il prévoira en outre les modalités selon lesquelles les fiches de données de sécurité sont tenues à disposition du service d'incendie et de secours et de l'inspection des installations classées et, le cas échéant, les précautions de sécurité qui sont susceptibles d'en découler.

6.2 Moyens de secours

6.2.1 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 le bâtiment à raison d'un appareil pour 200 m² de surface. Ces équipements seront contrôlés annuellement par une société spécialisée.

- **Les RIA**

Les 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.

6.2.2 L'installation sprinkler

Le bâtiment sera équipé d'un réseau d'extinction automatique d'incendie de type sprinkler. Les têtes sprinkler sont thermofusibles, elles s'activent à partir d'une certaine valeur de la température (par exemple 75°C). Elles peuvent donc être assimilées à un détecteur thermostatique. A la différence d'une détection incendie classique (détecteurs de fumée), le sprinklage présente l'avantage d'intervenir directement sur le feu tout en activant une alarme sur le site (sonore) et un report d'alarme (à la société de télésurveillance).

Pour l'entrepôt, l'installation comprendra :

- Un local équipé de d'une pompe autonome diesel en charge à démarrage automatique,
- Une cuve d'eau de 800 m³ pour les réseaux « extinction automatique et RIA »,
- Une pompe jockey de type centrifuge entraînée par un moteur électrique (groupe électropompe) équipée d'un réservoir hydroconfort de 25 litres, 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'APSA, 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.

6.2.3 L'installation de détection des fumées

Une installation de détection de fumée basée sur des détecteurs linéaires sera mise en place dans les cellules de l'établissement.

6.2.4 Poteaux incendie

La sécurité incendie du bâtiment sera assurée par 7 hydrants implantés sur son pourtour. Les hydrants seront alimentés par le réseau d'adduction d'eau incendie du Cosmetic Park® qui pourra délivrer un débit de 300 m³/h (suivant calcul D9 en annexe n°5).

6.2.5 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 **300 m³/h pendant 2 heures.**

Description sommaire du risque			
CRITERE	COEFFICIENTS ADDITIONNELS	Coefficients retenus	COMMENTAIRES
Hauteur de stockage : - Jusqu'à 3 mètres - Jusqu'à 8 mètres - Jusqu'à 12 mètres - Au-delà de 12 mètres	0 +0,1 +0,2 +0,5	+0,2	La hauteur de stockage sera supérieure à 8 mètres mais inférieure à 12 mètres.
Type de construction : - Ossature stable au feu ≥ 1 heure - Ossature stable au feu ≥ 30 minutes - Ossature stable au feu < 30 minutes	-0,1 0 +0,1	- 0,1	La structure du bâtiment sera SF60.
Types d'interventions internes : - Accueil 24h/24 (présence permanente à l'entrée) - DAI généralisée reportée 24h/24 7j/7 en télésurveillance. - Service de sécurité incendie 24h/24 avec moyens appropriés équipe de seconde intervention en mesure d'intervenir 24h/24)	-0,1 -0,1 -0,3	-0,1	DAI généralisée reportée 24h/24 7j/7 en télésurveillance.
Σ des Coefficients		0	
1+ Σ des Coefficients		1	
Surface de référence (S en m²)		4 844 m²	La surface de référence correspond à la surface de la cellule la plus grande du bâtiment.
$Q_i = 30 * \frac{S}{500} * (1 + \sum coeff)$	m³/h	291	Le plus grand débit sera pris en compte pour la suite des calculs.
Catégorie de risque : Risque 3 : Q3 = Qi x 2		582	La catégorie de risque 3 correspond à la catégorie habituellement admise pour ce type de bâtiment.
Risque sprinklé : Q3/2		291	Le bâtiment sera sprinklé.
Débit requis (Q en m³/h arrondi au multiple de 30 m³/h le plus proche)		300 m³/h	

Le besoin en rétention des eaux incendie de 1 884 m³ a été calculé selon le guide technique D9A.

Besoins pour la lutte extérieure		Résultats document D9 (Besoins x 2 heures au minimum)	600 m ³	300 m ³ x 2
Moyens de lutte contre l'incendie	Sprinklers	Volume réserve intégrale de la source principale ou besoins x durée théorique maximale de fonctionnement	800 m ³	Cuve sprinkler ESFR + tradi
	Rideaux d'eau	Besoins x 90 minutes		
	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/m ² de surface de drainage	484 m ³	SBâti = 27 010 m ² SVoiries = 21 428 m ² Total = 48 438 m ²
Présence stock de liquides		20% du volume contenu dans le local contenant le plus grand volume	60 m ³	20% du volume du contenant des alcools de bouche stockés dans une cellule (300 m ³ rubrique 4755). 100% du volume des liquides inflammables (rubrique 4331) est prévu dans le bassin de rétention soit 330 m ³
Volume total de liquide à mettre en rétention			1 944 m³	

La rétention des eaux d'extinction incendie sera assurée :

- Dans les quais pour en volume retenu 280 m³ :
- Pour le reste soit un volume de 1 664 m³ dans un bassin étanche dédié qui accueillera également la rétention déportée des liquides inflammables pour un volume de 330 m³.
Le volume du bassin étanche sera de 2 237 m³.

7. 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,
- Murs coupe-feu,
- 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.),
- Aménagement des locaux de charge et de la chaufferie,
- Voirie pompiers,
- Clôtures, portails,
- Vannes d'isolement,

L'estimation prévisionnelle du coût global de ces mesures est de 5 650 000 €.

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