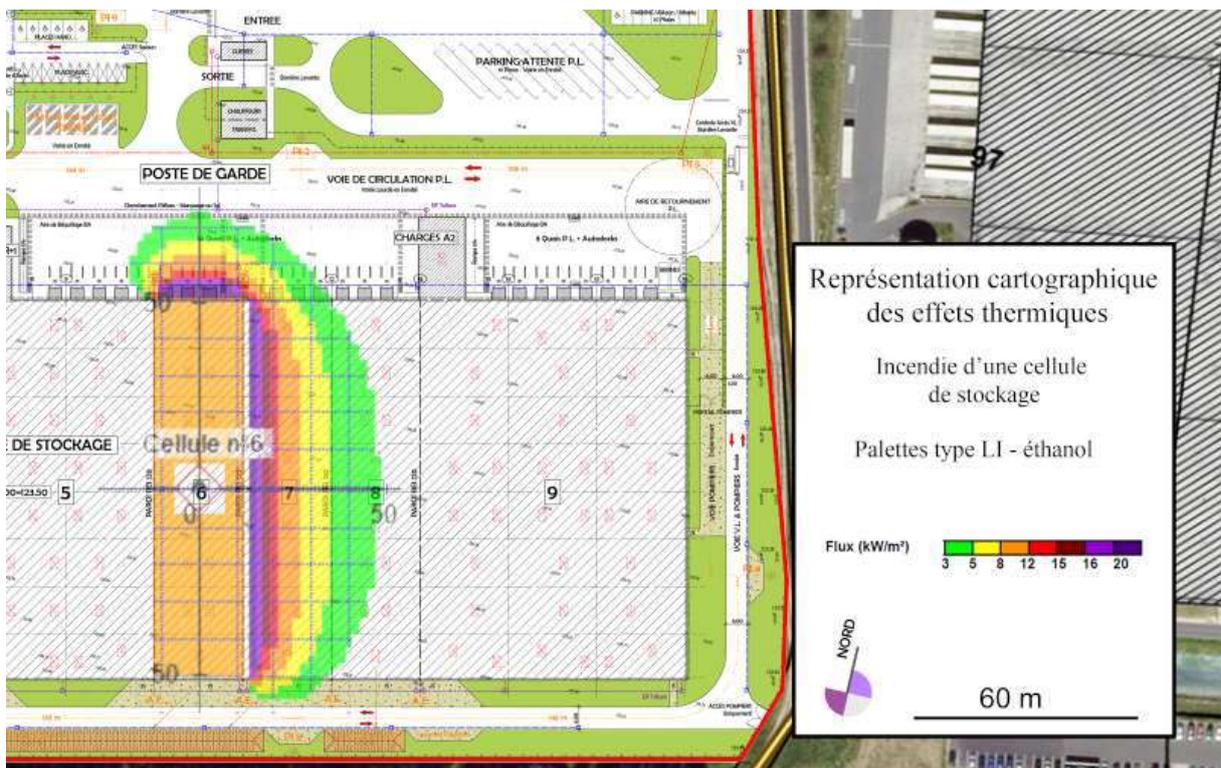
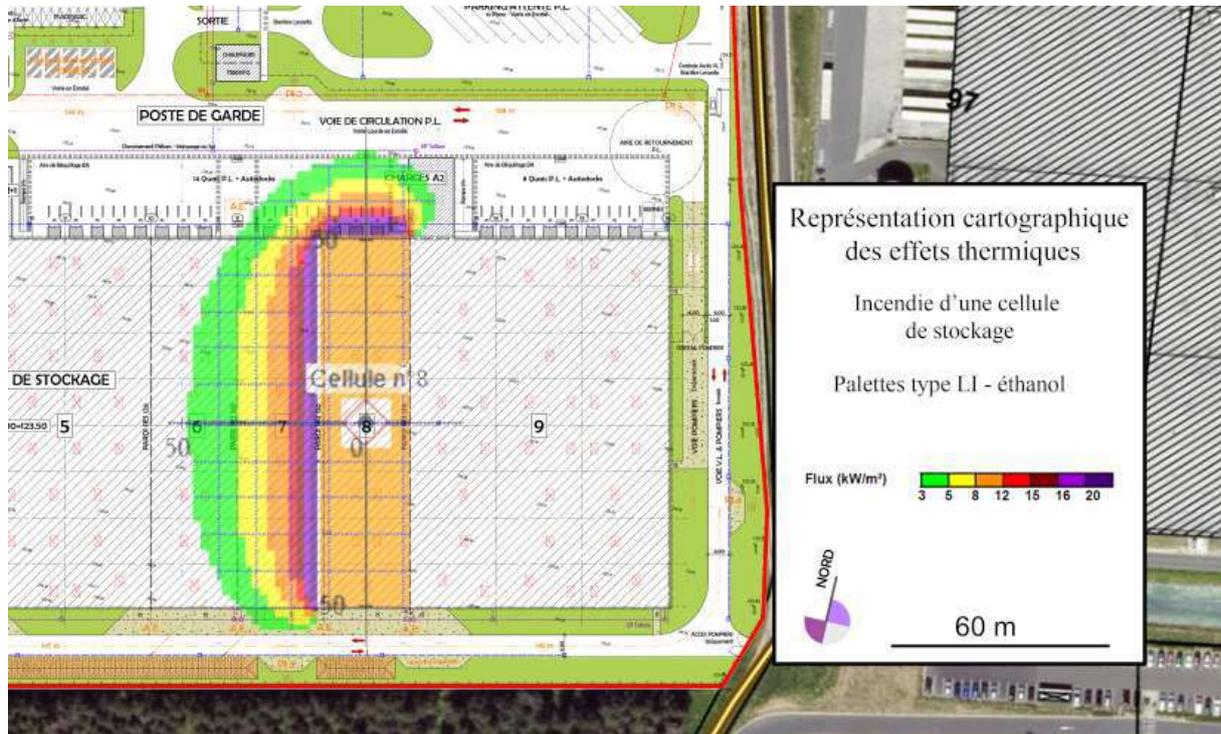
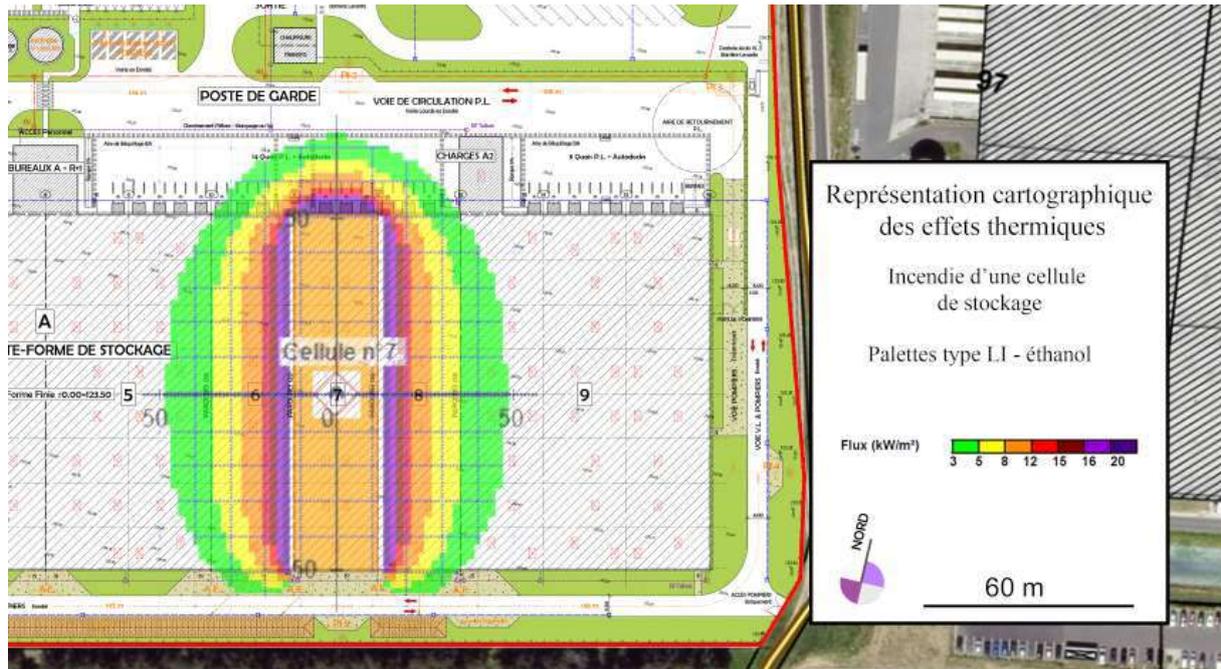
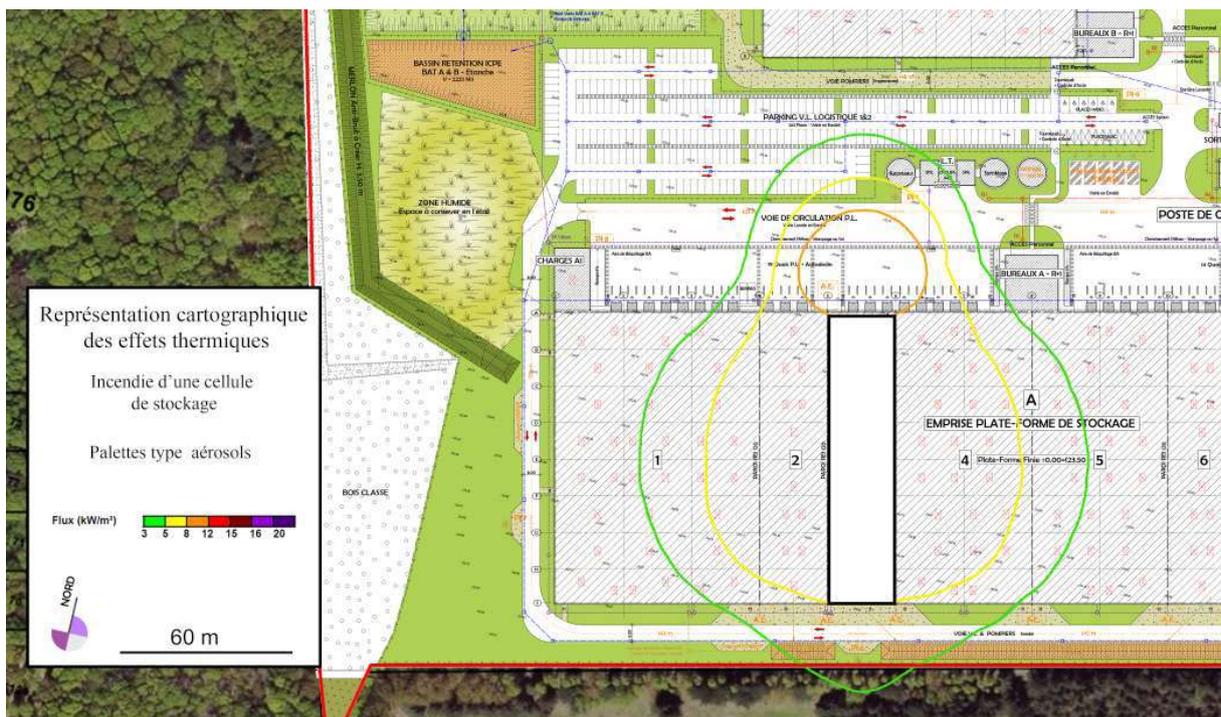
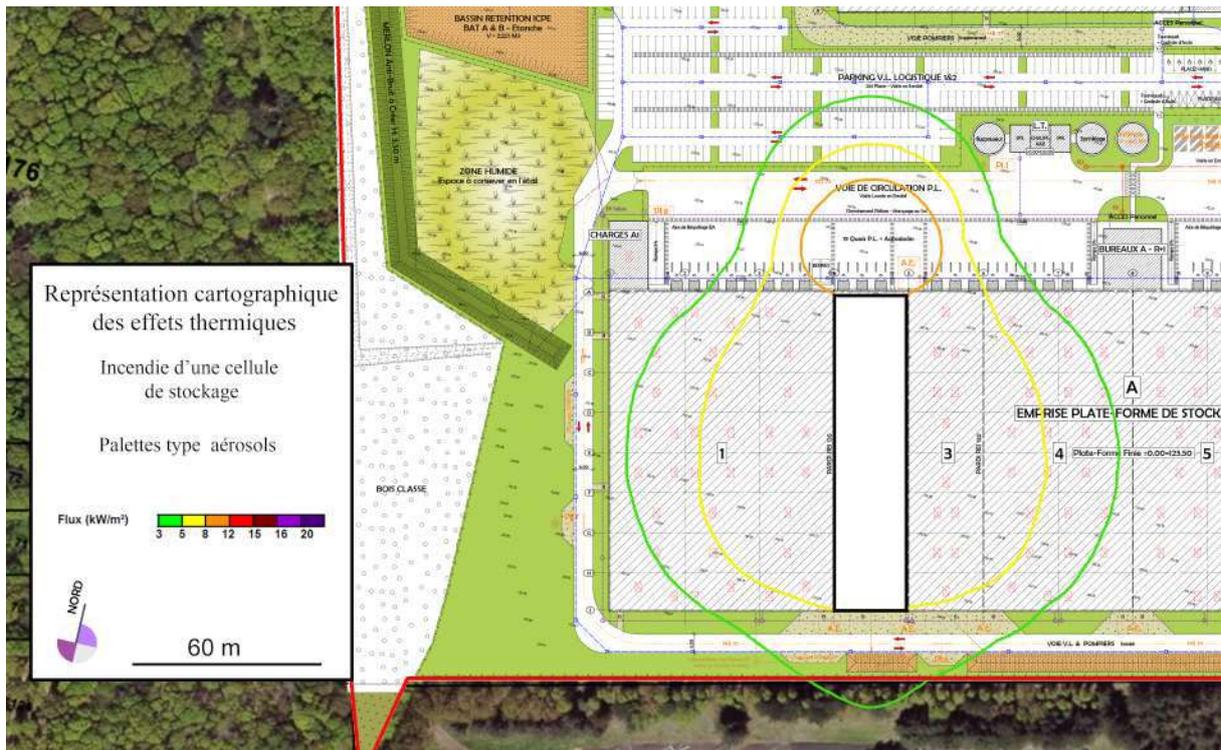


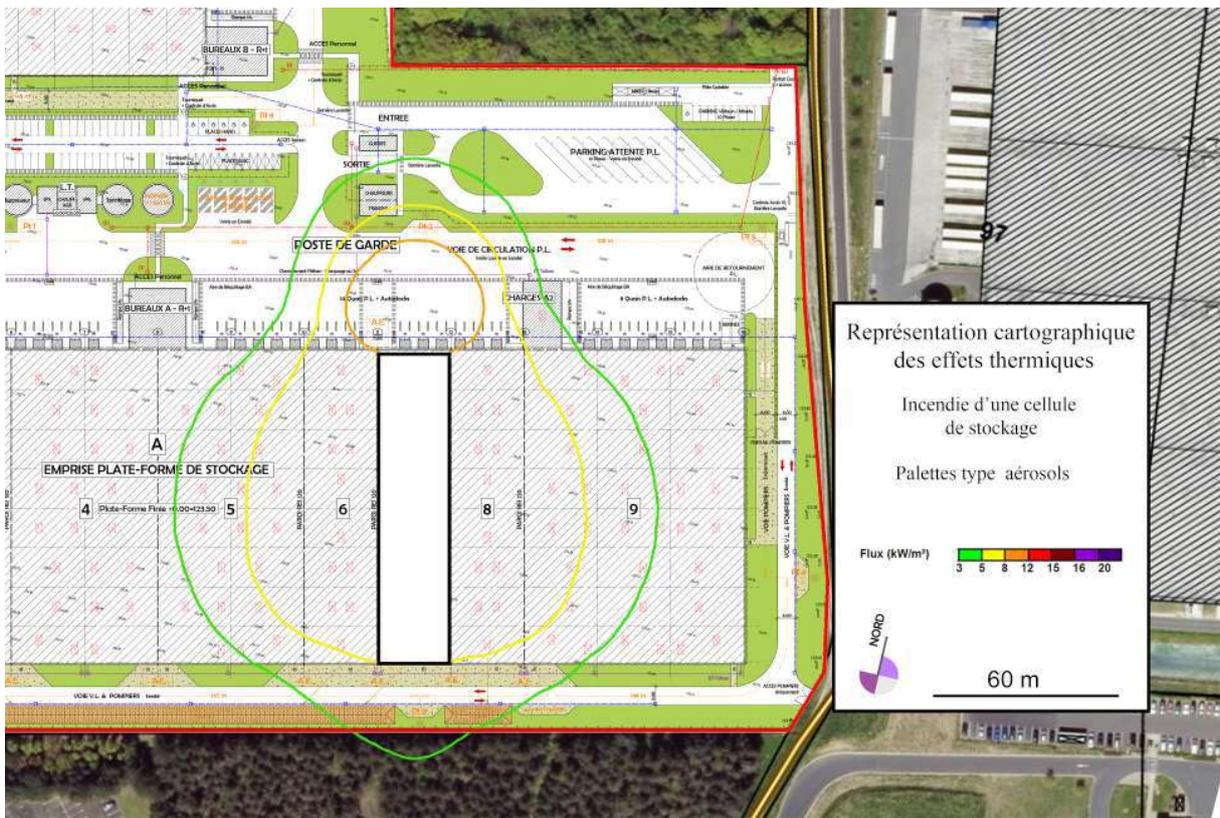
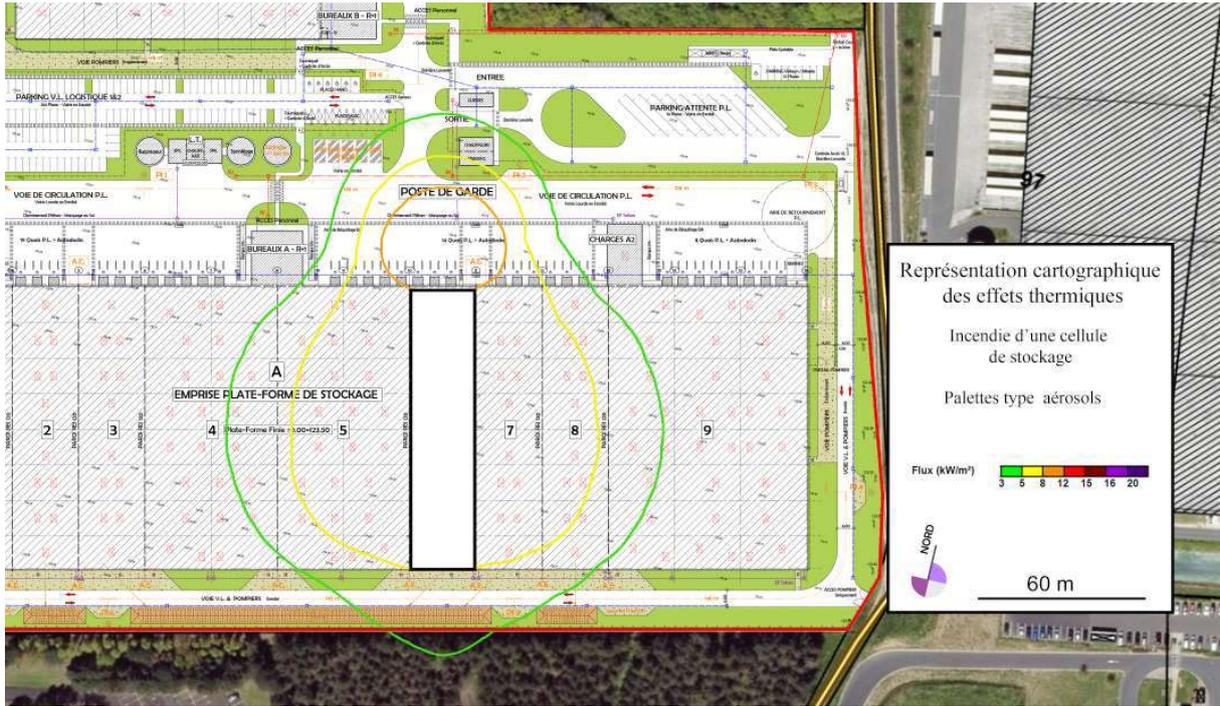
Représentations cartographiques – cas d'un stockage de palette type Liquides inflammables - éthanol

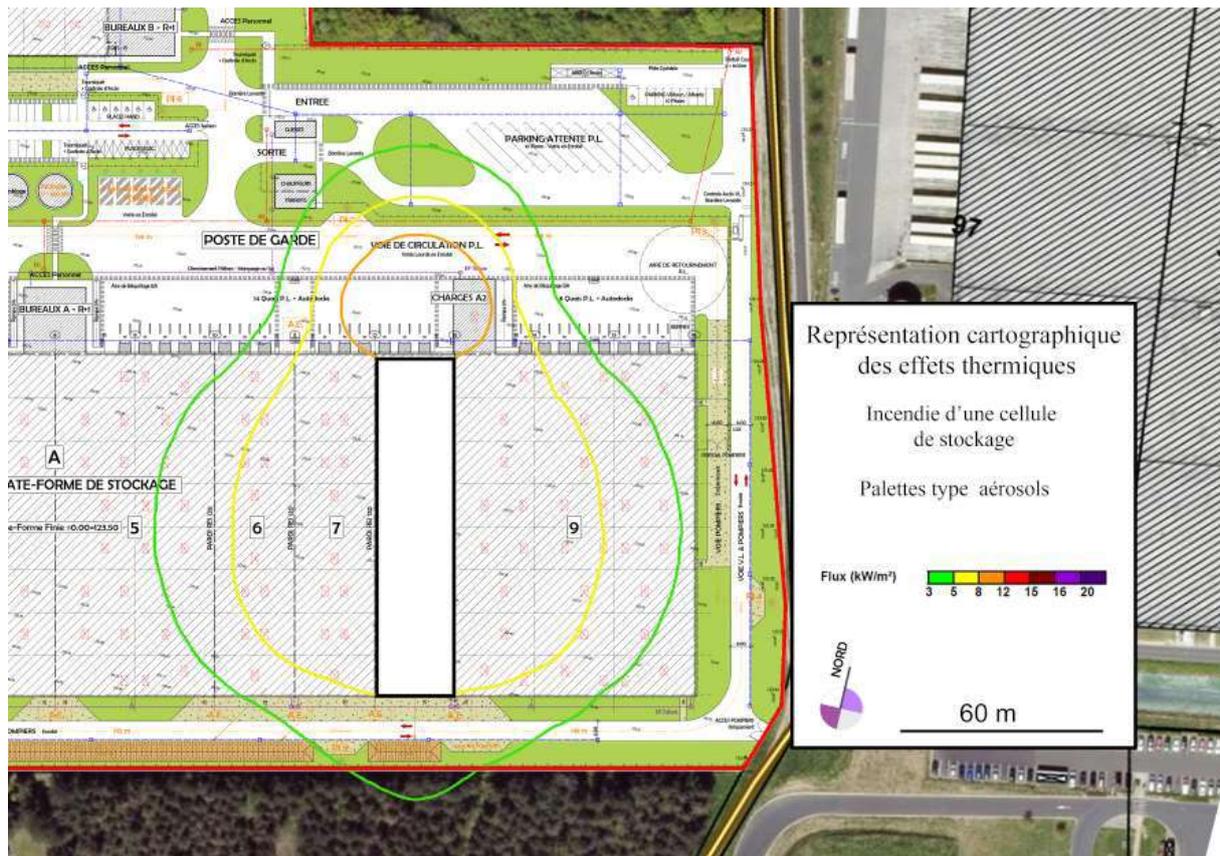




Représentations cartographiques – cas d'un stockage de palette type aérosols







Application des restrictions de stockage (cas spécifiques des cellules 1, 9, 10 et 11)

Comme indiqué précédemment, les cellules 1, 9, 10 et 11 disposeront de conditions de stockage restreinte en cas de stockage de palettes type 2662/2663 afin de maintenir l'ensemble des effets létaux dans l'enceinte de l'établissement.

De manière à simplifier la compréhension de l'application de ses restrictions, des modélisations ont été réalisées afin de préciser le nombre de palettes 2662/2663 entraînant une modification des conditions de stockage de l'ensemble de la cellule. Ce seuil a été déterminé en considérant un ratio maximal d'apport de puissance des palettes type 2662/2663 par rapport à une configuration 1510. Pour cela, des modélisations incendie ont été réalisées en utilisant une palette expérimentale. La puissance de cette palette a été pondérée suivant la répartition de palette type 1510 et 2662/2663 dans la cellule.

Cette approche est très conservatrice puisque :

- la définition de la puissance des palettes type 1510 et 2662 correspond une puissance fixe pour laquelle 95 % des configurations envisagées ont une puissance inférieure à cette valeur fixe (source : *DRA-09-90977-14553A Version 2*, publié par l'INERIS).
- pour la détermination des puissances fixes des palettes type 1510, plusieurs compositions ont été prises en compte et notamment des compositions présentant des matières plastiques,
- en l'absence d'information sur les marchandises des futurs utilisateurs, ce sont ces palettes type qui ont été considérées pour les modélisations incendie.

La détermination des seuils entraînant la mise en place de restriction d'exploitation est basée sur un principe d'itération. Seuls les résultats finaux sont présentés par la suite.

L'ensemble des hypothèses constructives sont similaires à celles présentées précédemment. Les différents seuils considérés ainsi que les rapports associés sont présentés dans le tableau suivant.

Cellule	Proportion palette 1510 – 2662/2663	Puissance de la palette expérimentale	Rapports FLUMIlog	Capacité cellule (nombre de palettes présentée en PJ46)	Seuil de palettes 2662/2663 entraînant la mise en place de restriction
1	50 % - 50 %	1 913 kW	<i>Note_de calcul_rc1-5050_1</i>	15 331	7 665 palettes
9	55 % - 45 %	1 893 kW	<i>Note_de calcul_rc1-5545_1</i>	15 331	6 898 palettes
10	65%-35%	1854 kW	<i>Note_de calcul_rc10-6535_1</i>	22 120	7 742 palettes
11	70%-30%	1834 kW	<i>Note_de calcul_c11-3070_1</i>	19 284	5 785 palettes

Nota :

1 - Les puissances des palettes type 1510 et 2662 considérées sont issues des résultats FLUMIlog présentés précédemment. Pour chaque configuration de stockage, le logiciel recalcule la puissance des palettes type 1510 et 2662/2663 suivant leur volume.

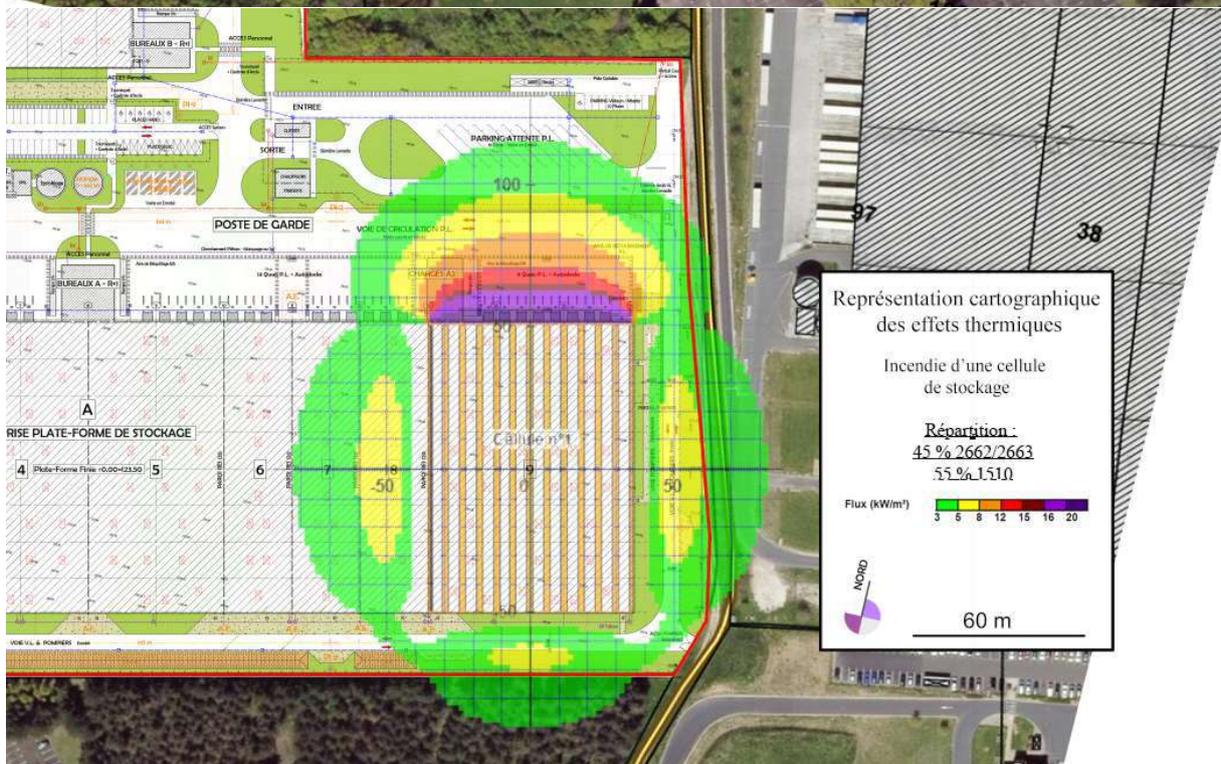
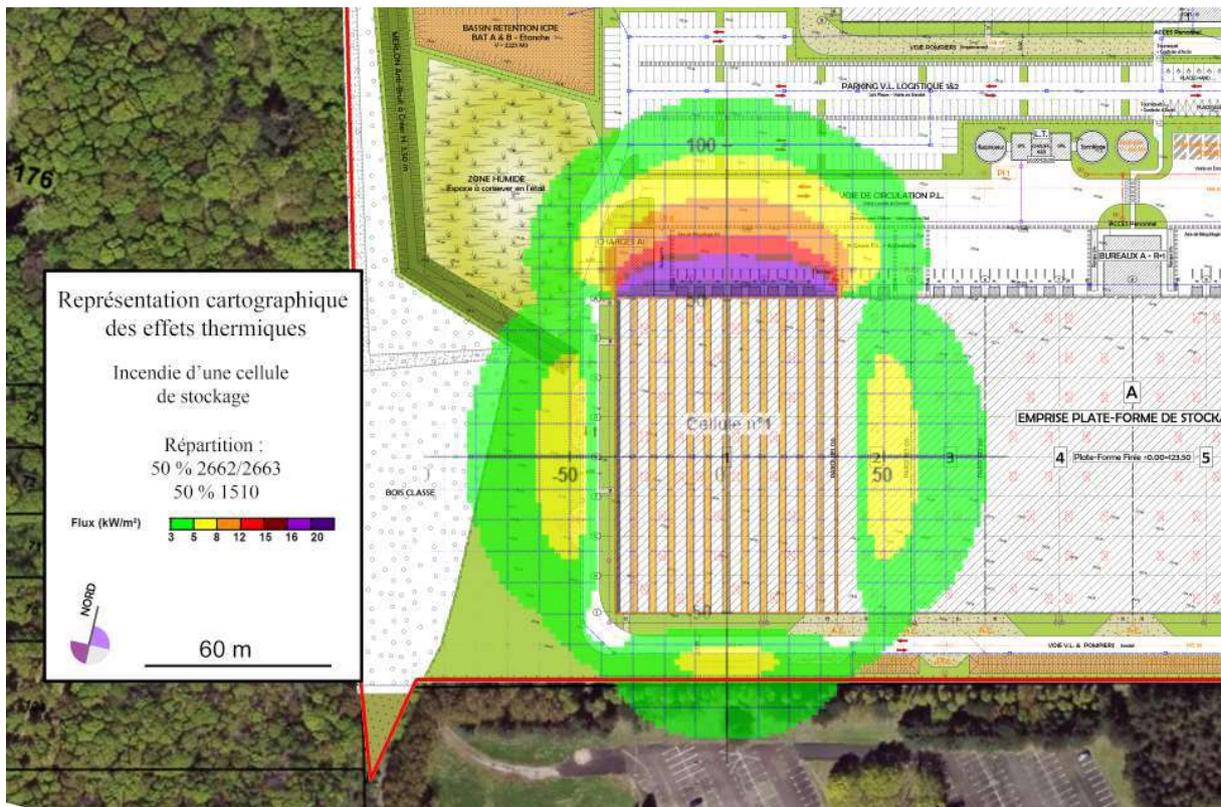
2 – Le seuil de palettes 2662/2663 entraînant la mise en place de restriction est basé uniquement sur le nombre de palettes stockées par cellule bien que la modélisation incendie repose sur des quantités de marchandises plus conséquentes dans l'optique de modéliser des mezzanines.

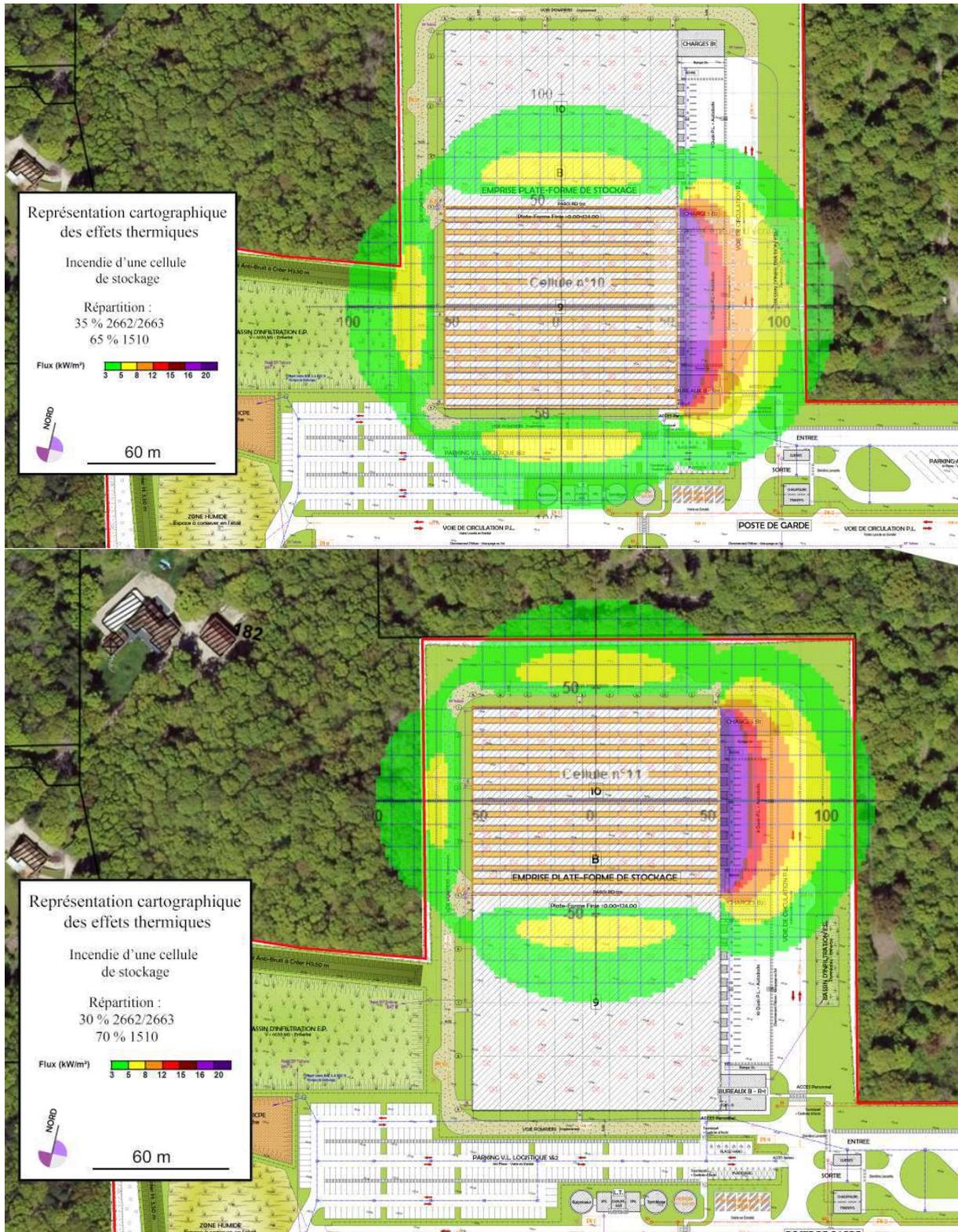
Les distances maximales atteintes par les flux thermiques responsables des effets irréversibles et létaux sont présentées dans le tableau suivant pour chacune de ces cellules dans la proportion seuil.

Cellules	Type de stockage	Façades	Distance maximale des effets			Distance de la façade à la limite de propriété	Effets irréversibles		Effets létaux (SpEL)		Effets létaux (SELs)		Gravité du scénario
			3 kW/m ² (SEI)	5 kW/m ² (SpEL)	8 kW/m ² (SELs)		Sortant / non sortant Cibles	Gravité associée	Sortant / non sortant Cibles	Gravité	Sortant / non sortant Cibles	Gravité	
1	50% -50% - (2662/2663 - 1510)	Sud	40 m	20 m	-	21 m	Sortant 1 015 m ² au niveau de l'espace-vert de la société voisine	Modérée	Non sortant (NS)	-	NS	-	Modérée
		Est	48 m	26 m	-	-	Non sortant	-					
		Ouest				83 m							
		Nord	64 m	46 m	32 m	157 m							
9	45 % -55% - (2662/2663 - 1510)	Sud	40 m	20 m	-	21 m	Sortant 1 015 m ² au niveau de l'espace-vert de la société voisine (espace boisé)	Modérée -	NS	-	NS	-	Modérée
		Est				20 m	Non sortant						
		Ouest	48 m	26 m	-	-	Sortant 1 900 m ² impactant notamment une voie de circulation PL / voie engin de la société Amazon (600 m ² de voies)						
		Nord	64 m	46 m	32 m	92 m	Non sortant						

Cellules	Type de stockage	Façades	Distance maximale des effets			Distance de la façade à la limite de propriété	Effets irréversibles		Effets létaux (SpEL)		Effets létaux (SELS)		Gravité du scénario
			3 kW/m ² (SEI)	5 kW/m ² (SpEL)	8 kW/m ² (SELS)		Sortant / non sortant Cibles	Gravité associée	Sortant / non sortant Cibles	Gravité	Sortant / non sortant Cibles	Gravité	
10	35% -65% - (2662/2663 - 1510)	Ouest	47 m	25 m	-	20,5 m	Sortant 410 m ² de bois privé	Modérée	Non sortant				Modérée
		Nord	48 m	26 m	-	-	Non sortant						
		Sud				-							
		Est	73 m	53 m	36 m	60 m	Sortant 810 m ² de bois privé	Modérée	Non sortant				
11	30 % -70% - (2662/2663 - 1510)	Ouest	42 m	20 m	-	20,5 m	Sortant 1 350 m ² de bois privé	Modérée	Non sortant				Modérée
		Nord	47 m	25 m	-	30 m	Sortant 1185 m ² de bois privé	Modérée	Non sortant				
		Sud	-						Non sortant				
		Est	48 m	49 m	33 m	60 m	Sortant 370 m ² de bois privé	Modérée	Non sortant				

Les cartographies des scénarios d'incendie de ces cellules sont présentées successivement ci-dessous.





Analyse des effets dominos :

Il ressort des modélisations d'incendie que les flux de 8 kW/m², correspondant aux effets dominos, n'impacteraient d'autres zones de stockage que dans le cas d'un incendie d'une cellule contenant des liquides inflammables (durée d'incendie supérieure à la tenue du mur séparatif).

De plus, certaines durées d'incendie calculées par FLUMIlog sont supérieures à la tenue au feu des murs séparatifs, et dans cette configuration une propagation d'un incendie est également possible. Les durées d'incendie pour chacun des scénarios sont reprises dans le tableau suivant.

Cellule	Palettes type	Durée Incendie	Tenue des murs séparatifs	Propagation	Scénario à considérer	Palettes types des cellules adjacentes
1	1510	139 minutes	240 minutes	Non	-	-
	2662/2663	103 minutes		Non	-	-
2	1510	135 minutes	240 minutes et 120 minutes	Oui	Incendie de la cellule 2 se propageant à la cellule 3	1510
		2662/2663		100 minutes		Non
	LI/Alcools	233 minutes		Oui	Incendie de la cellule 2 se propageant à la cellule 3	1510
				LI/ 2662/2663		2662/2663
3	1510	135 minutes	120 minutes Et 240 minutes	Oui	Incendie de la cellule 3 se propageant à la cellule 2	1510
		2662/2663		100 minutes		Non
	LI/Alcools	233 minutes		Oui	Incendie de la cellule 3 se propageant à la cellule 2	1510
				LI		2662/2663
4	1510	138 minutes	120 minutes Et 240 minutes	Oui	Incendie de la cellule 4 se propageant à la cellule 5	1510
		2662/2663		102 minutes		Non
5	1510	138 minutes	120 minutes Et 240 minutes	Oui	Incendie de la cellule 5 se propageant à la cellule 4-	1510
		2662/2663		102 minutes		Non

Cellule	Palettes type	Durée Incendie	Tenue des murs séparatifs	Propagation	Scénario à considérer	Palettes types des cellules adjacentes
6	1510	135 minutes	120 minutes et 240 minutes	Oui	Incendie de la cellule 6 se propageant à la cellule 7	1510
						2662/2663
						LI/ 2662/2663
	2662/2663	100 minutes		Non	-	-
	LI/Alcools	233 minutes		Oui	Incendie de la cellule 6 se propageant à la cellule 7	1510
						2662/2663
LI / 2662/2663						
7	1510	135 minutes	120 minutes	Oui	Incendie de la cellule 7 se propageant aux cellules 6 et 8	1510
						2662/2663
						LI/ 2662/2663
	2662/2663	100 minutes		Non	-	-
	LI/Alcools	233 minutes		Oui	Incendie de la cellule 7 se propageant aux cellules 6 et 8	1510
						2662/2663
LI / 2662/2663						
8	1510	135 minutes	120 minutes Et 240 minutes	Oui	Incendie de la cellule 8 se propageant à la cellule 7	1510
						2662/2663
						LI/ 2662/2663
	2662/2663	100 minutes		Non	-	-
	LI/Alcools	233 minutes		Oui	Incendie de la cellule 8 se propageant à la cellule 7	1510
						2662/2663
LI / 2662/2663						
9	1510	141 minutes	240 minutes	Non	-	-
	2662/2663	97 minutes		Non	-	-
10	1510	141 minutes	240 minutes	Non	-	-
	2662/2663	107 minutes		Non	-	-
11	1510	140 minutes	240 minutes	Non	-	-
	2662/2663	97 minutes		Non	-	-

Compte tenu des tenues au feu de certains murs séparatifs, des scénarios de propagation d'un incendie ont été retenus et modélisés dans le paragraphe suivant.

Notons toutefois que lors d'un incendie, les parois séparatives ne sont pas sollicitées thermiquement dès le début de l'incendie. Dans une démarche conservatrice, le logiciel FLUMlog considère à la fois que :

- le feu démarre au centre de la cellule pour obtenir les distances d'effets les plus conséquentes,
- et que dès le démarrage de l'incendie, la paroi séparative REI 120 est agressée thermiquement, et s'effondre au bout de 120 minutes (cas d'une paroi REI120).

Le logiciel ne tient pas compte également des dispositifs d'intervention en cas d'incendie sur une cellule.

Ces conditions sont très pénalisantes au regard du retour d'expériences sur les incendies de ce type d'entrepôt.

Impacts sur le bois :

Il ressort des modélisations que grâce aux mesures techniques et organisationnelles, les effets perceptibles au niveau des bois présents au Nord et à l'Ouest du site sont limités. Ainsi, les effets de 5 kW/m² n'impactent pas ces zones boisées. Seuls les flux de 3 kW/m² seraient susceptibles de les impacter. Ces conclusions sont le résultat de la mise en place de mesure de restriction de la hauteur de stockage (cas des cellules 2662/2663) et de la mise en place d'écrans thermiques permettant d'atténuer les effets du front de flamme.

En complément de ces mesures et conformément aux préconisations du SDIS, la capacité de la réserve incendie a été augmentée afin d'intégrer 60 m³ supplémentaires destinés à l'alimentation des engins de secours mobiles dans l'objectif d'arroser/refroidir les bois voisins suivant les zones à risque.

Cas spécifique des effets thermiques d'un incendie d'une cellule contenant des liquides inflammables sur les aires de mise en station des échelles

L'article 6 de l'arrêté ministériel du 16 juillet 2012 relatif aux stockages en récipients mobiles exploités au sein d'une installation classée soumise à autorisation au titre de l'une ou plusieurs des rubriques n° 1436, 4330, 4331, 4722, 4734, 4742, 4743, 4744, 4746, 4747 ou 4748, ou pour le pétrole brut au titre de l'une ou plusieurs des rubriques n° 4510 ou 4511 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement et présents dans un entrepôt couvert soumis au régime de l'enregistrement ou de l'autorisation au titre de la rubrique 1510 de cette même nomenclature prévoit entre autres que :

- une aire de mise en station des échelles soit implantée à proximité d'une façade pour chaque cellule visée par l'arrêté,
- cette aire soit implantée en dehors des flux de 3 kW/m² identifiés pour l'incendie de la cellule.

Dans le cadre de cet article, des aires de mise en station des échelles ont été prévues en façade Sud des cellules 2, 3, 6, 7 et 8.

Les modélisations d'incendie de ces cellules (en configuration de stockage de palettes type liquides inflammables) présentées ci-avant ne permettent pas de justifier du maintien de ces aires en dehors des flux de 3 kW/m².

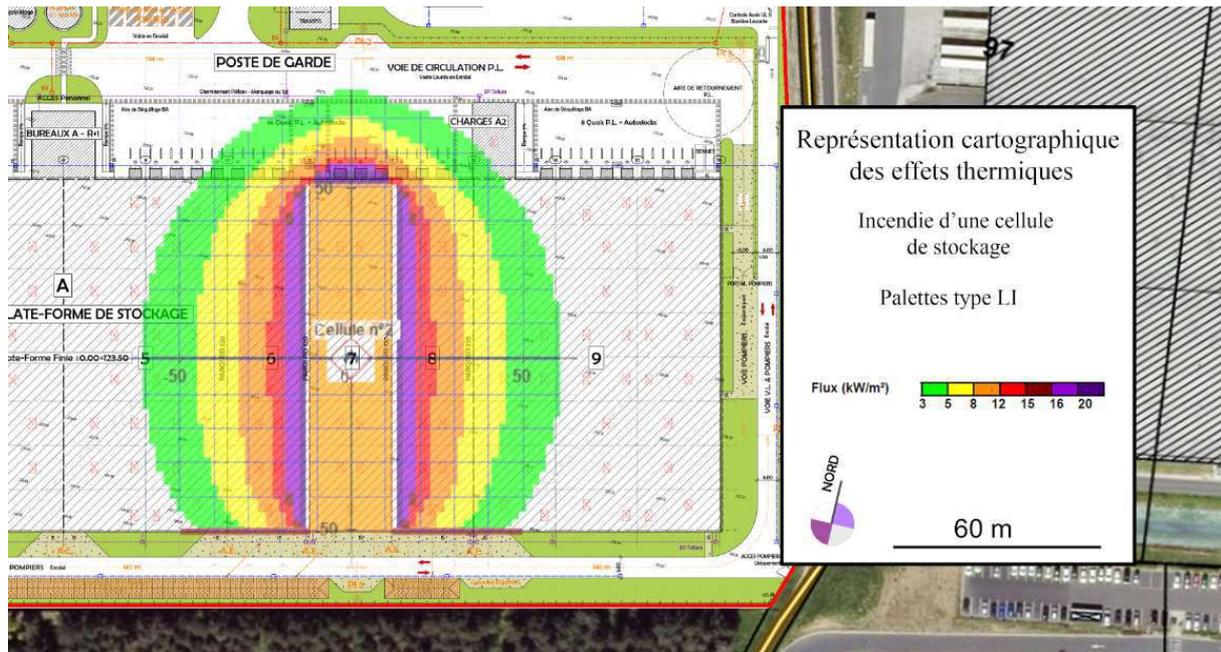
Néanmoins, il peut être noté que le logiciel FLUMlog ne tient pas compte des écrans thermiques des cellules contiguës. Les parois Sud des cellules contiguës étant elles aussi équipées d'écrans thermiques REI120 ou REI 240, il peut être envisagé que ces parois

apportent également une protection contre les effets thermiques au niveau des aires de stationnement.

Afin de tenir compte de ces écrans et à titre d'illustration, une nouvelle modélisation intégrant un merlon de part et d'autre de la cellule en feu a été réalisée et est présentée ci-après. Ce scénario correspond à l'incendie de la cellule 7. Pour ce scénario, des merlons ont été intégrés dans la continuité de la façade Sud afin de représenter les écrans thermiques des cellules adjacentes. Ces merlons présentent ainsi une hauteur de 14 m.

Le rapport FLUMIlog de ce scénario est référencé : *Note_de calcul_nc2li-2pmerlon_1* et est également disponible en annexe.

La représentation cartographique de cet exemple est disponible ci-après.



Cette modélisation justifie que les écrans thermiques des cellules adjacentes permettent d'assurer le positionnement des aires de mise en station des échelles en dehors des flux de 3 kW/m² en cas d'incendie d'une cellule en configuration de palettes type Liquides Inflammables.

II.2. INCENDIE GENERALISE

II.2.1 HYPOTHESES DE MODELISATION

A l'issue de l'analyse des scénarios précédents, des phénomènes de propagation d'incendie sont étudiés. Les scénarios étudiés sont synthétisés dans le tableau ci-après.

Notons que les hypothèses de modélisation, tant en termes de paramètres constructifs qu'en terme d'organisation des stockages, sont identiques à celles présentées pour l'incendie d'une cellule prise en feu individuellement.

De plus, le logiciel FLUMIlog ne tenant pas compte des écrans thermiques des cellules adjacentes, les scénarios de généralisation d'un incendie impactant les cellules 2/3/6/7/8 ont été assimilés à des scénarios d'incendie de cellules non compartimentées (absence de murs séparatifs) de façon majorante, hors cas des liquides inflammables. Cette disposition permet notamment de tenir compte des parois séparatives et écrans thermiques extérieurs REI120 et de pallier à des bugs de troncature des effets du logiciel dans le cas d'un incendie généralisé.

Précisons qu'avec cette méthode et dans le cas d'un incendie débutant dans une cellule contenant des palettes type 1510 se propageant aux cellules adjacentes disposant de palettes type 2662/2663, la puissance de la palette type mentionnée dans le rapport de modélisation est issue du ratio 1/3 – 2/3 et des puissances de palettes recalculées par le logiciel FLUMIlog pour tenir compte des configurations de stockage.

La synthèse des scénarios modélisés par la suite ainsi que les rapports FLUMIlog associés sont présentés dans le tableau suivant :

Cellules	Palettes type	Rapports FLUMIlog associés
2-3	1510	<i>Note_de calcul_rc23-1510global_1</i>
	1510-2662/2663	<i>Note_de calcul_rc23-26621510global_1</i>
	LI (effets majorants)	<i>Note_de calcul_rc23-LI-LI_1_1</i>
4-5 (démarrant cellule 4)	1510	<i>Note_de calcul_rc451510_1</i>
4-5 (démarrant cellule 4)	1510-2662/2663	<i>Note_de calcul_rc452662_1</i>
4-5 (démarrant cellule 5)	1510	<i>Note_de calcul_rc541510_1</i>
4-5 (démarrant cellule 5)	1510-2662/2663	<i>Note_de calcul_rc542662_1</i>
6-7-8	1510	<i>Note_de calcul_rc678-1510global_1</i>
	1510-2662/2663	<i>Note_de calcul_rc678-2662global2_1</i>
	LI (effets majorants)	<i>Note_de calcul_rc678-LI-LI_1</i>

II.2.2 RESULTATS DE MODELISATION

Les distances maximales atteintes par les flux thermiques responsables des effets irréversibles et létaux sont présentées dans le tableau suivant.

Cellules	Type de stockage	Façades	Distance maximale des effets			Distance de la façade à la limite de propriété	Effets irréversibles		Effets létaux (SpEL)		Effets létaux (SELS)		Gravité du scénario
			3 kW/m ² (SEI)	5 kW/m ² (SpEL)	8 kW/m ² (SELS)		Sortant / non sortant Cibles	Gravité associée	Sortant / non sortant Cibles	Gravité	Sortant / non sortant Cibles	Gravité	
2 et 3	1510	Sud	26 m	-	-	21 m	Sortant 100 m ² au niveau de l'espace-vert de la société voisine (espace boisé)	Modérée	Non Sortant	-	NS	-	Modérée
		Est	39 m	-	-	-	Non sortant						
		Ouest				-							
		Nord	47 m	33 m	21 m	-							
	2662/2663	Sud	30 m	-	-	21 m	Sortant 245 m ² au niveau de l'espace-vert de la société voisine (espace boisé)	Modérée	Non Sortant	-	NS	-	Modérée
		Est	43 m	21 m	-	-	Non sortant						
		Ouest				-							
		Nord	51 m	35 m	26 m	-							
	LI-LI	Sud	16 m	5 m	5 m	21 m	Non sortant						-
		Est	39 m	19 m	-	-							
		Ouest				-							
		Nord	40 m	27 m	20 m	-							

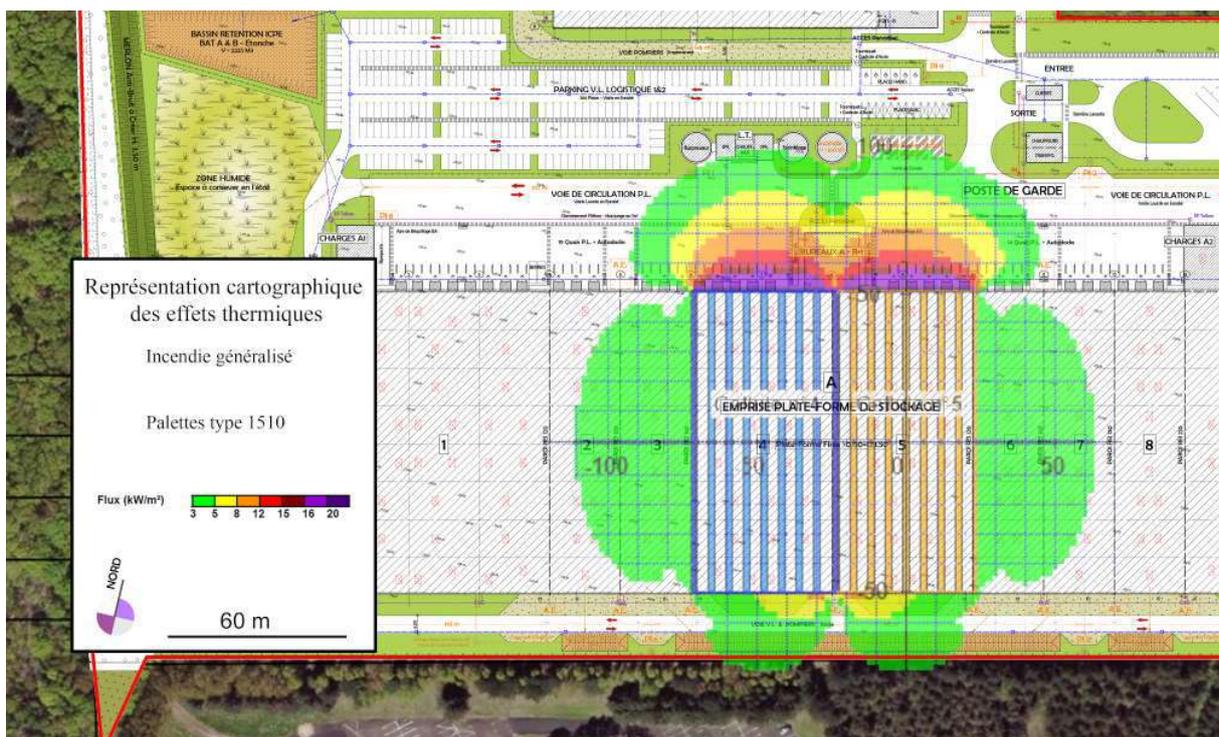
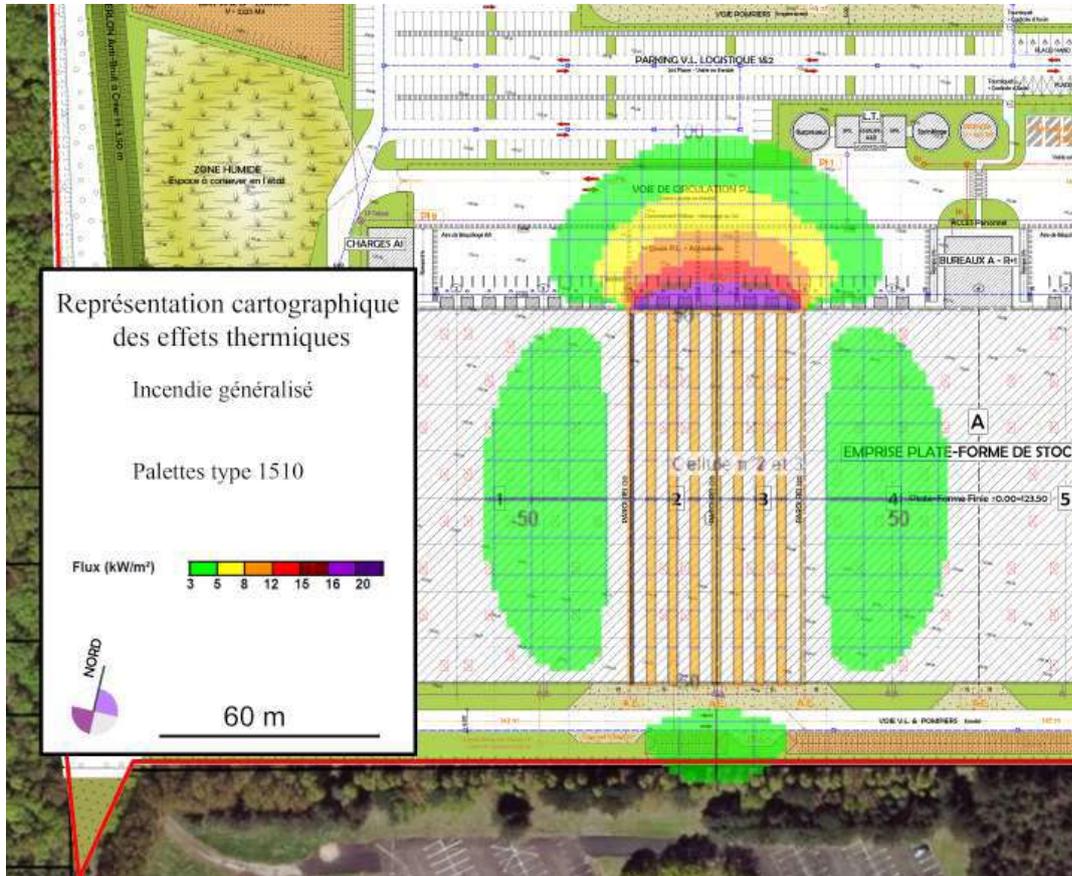
Cellules	Type de stockage	Façades	Distance maximale des effets			Distance de la façade à la limite de propriété	Effets irréversibles		Effets létaux (SpEL)		Effets létaux (SELS)		Gravité du scénario
			3 kW/m ² (SEI)	5 kW/m ² (SpEL)	8 kW/m ² (SELS)		Sortant / non sortant Cibles	Gravité associée	Sortant / non sortant Cibles	Gravité	Sortant / non sortant Cibles	Gravité	
4-5 (démarrant dans la cellule 4)	1510	Sud	26 m	10 m	5 m	21 m	Sortant 160 m ² au niveau de l'espace-vert de la société voisine (espace boisé)	Modérée	Non Sortant (NS)	-	NS	-	Modérée
		Est	40 m	-	-	-	Non sortant						
		Ouest		-	-	-							
		Nord		48 m	34 m	21 m							
	1510 et 2662/2663	Sud	36 m	20 m	5 m	21 m	Sortant 825 m ² au niveau de l'espace-vert de la société voisine (espace boisé)	Modérée	Non sortant	-	Non sortant	-	Modérée
		Est	53 m	31 m	-	-	Non sortant						
		Ouest	39 m	11 m	-	-							
		Nord	57 m	41 m	29 m	-							

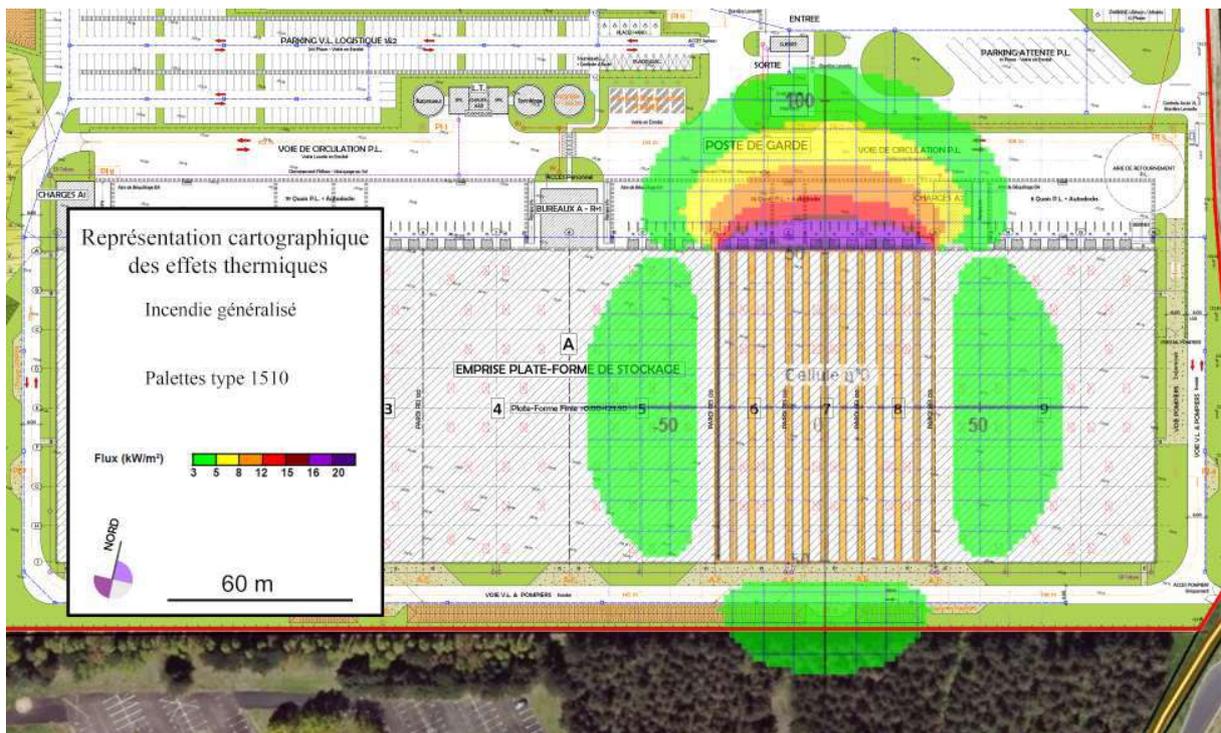
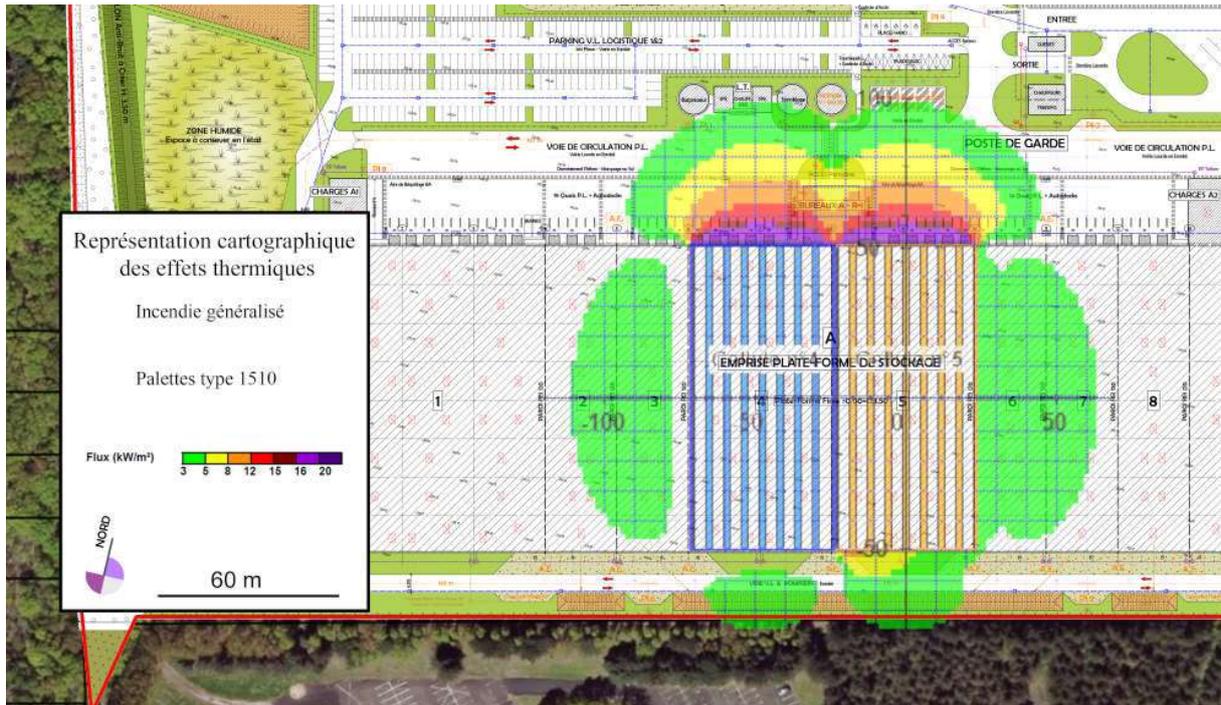
Cellules	Type de stockage	Façades	Distance maximale des effets			Distance de la façade à la limite de propriété	Effets irréversibles		Effets létaux (SpEL)		Effets létaux (SELs)		Gravité du scénario
			3 kW/m ² (SEI)	5 kW/m ² (SpEL)	8 kW/m ² (SELs)		Sortant / non sortant Cibles	Gravité associée	Sortant / non sortant Cibles	Gravité	Sortant / non sortant Cibles	Gravité	
4-5 (démarrant dans la cellule 5)	1510	Sud	26 m	10 m	5 m	21 m	Sortant 160 m ² au niveau de l'espace-vert de la société voisine (espace boisé)	Modérée	Non Sortant (NS)	-	NS	-	Modérée
		Est	40 m	-	-	-	Non sortant						
		Ouest		-	-	-							
		Nord		48 m	34 m	21 m							
	1510 et 2662/2663	Sud	36 m	20 m	5 m	21 m	Sortant 825 m ² au niveau de l'espace-vert de la société voisine (espace boisé)	Modérée	Non sortant	-	Non sortant	-	Modérée
		Est	39 m	11 m	-	-	Non sortant						
		Ouest	53 m	31 m	-	-							
		Nord	57 m	41 m	29 m	-							

Cellules	Type de stockage	Façades	Distance maximale des effets			Distance de la façade à la limite de propriété	Effets irréversibles		Effets létaux (SpEL)		Effets létaux (SELS)		Gravité du scénario
			3 kW/m ² (SEI)	5 kW/m ² (SpEL)	8 kW/m ² (SELS)		Sortant / non sortant Cibles	Gravité associée	Sortant / non sortant Cibles	Gravité	Sortant / non sortant Cibles	Gravité	
6-7-8	1510	Sud	36 m	-	-	21 m	Sortant 700 m ² au niveau de l'espace-vert de la société voisine (espace boisé)	Modérée	Non Sortant (NS)	-	NS	-	Modérée
		Est	41 m	-	-	-	Non sortant						
		Ouest				-							
		Nord				60m							
	1510 et 2662/2663	Sud	42 m	21 m	-	21 m	Sortant 1120 m ² au niveau de l'espace-vert de la société voisine (espace boisé)	Modérée	Non sortant	-	Non sortant	-	Modérée
		Est	49 m	28 m	-	-	Non sortant						
		Ouest				-							
		Nord				65 m							
	LI-LI	Sud	26 m	14 m	10 m	21 m	Sortant 175 m ² au niveau de l'espace-vert de la société voisine (espace boisé)	Modérée	Non Sortant (NS)	-	NS	-	Modérée
		Est	53 m	32 m	14 m	-	Non sortant						
		Ouest				-							
		Nord				49 m							

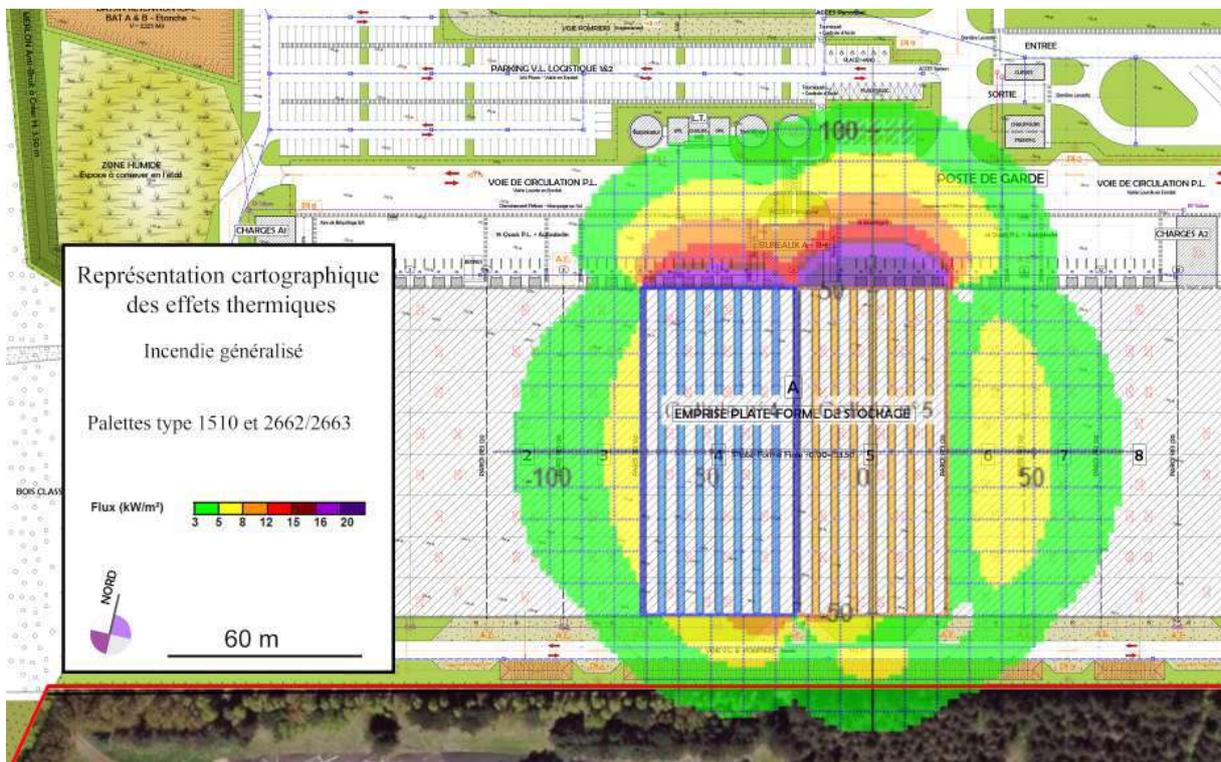
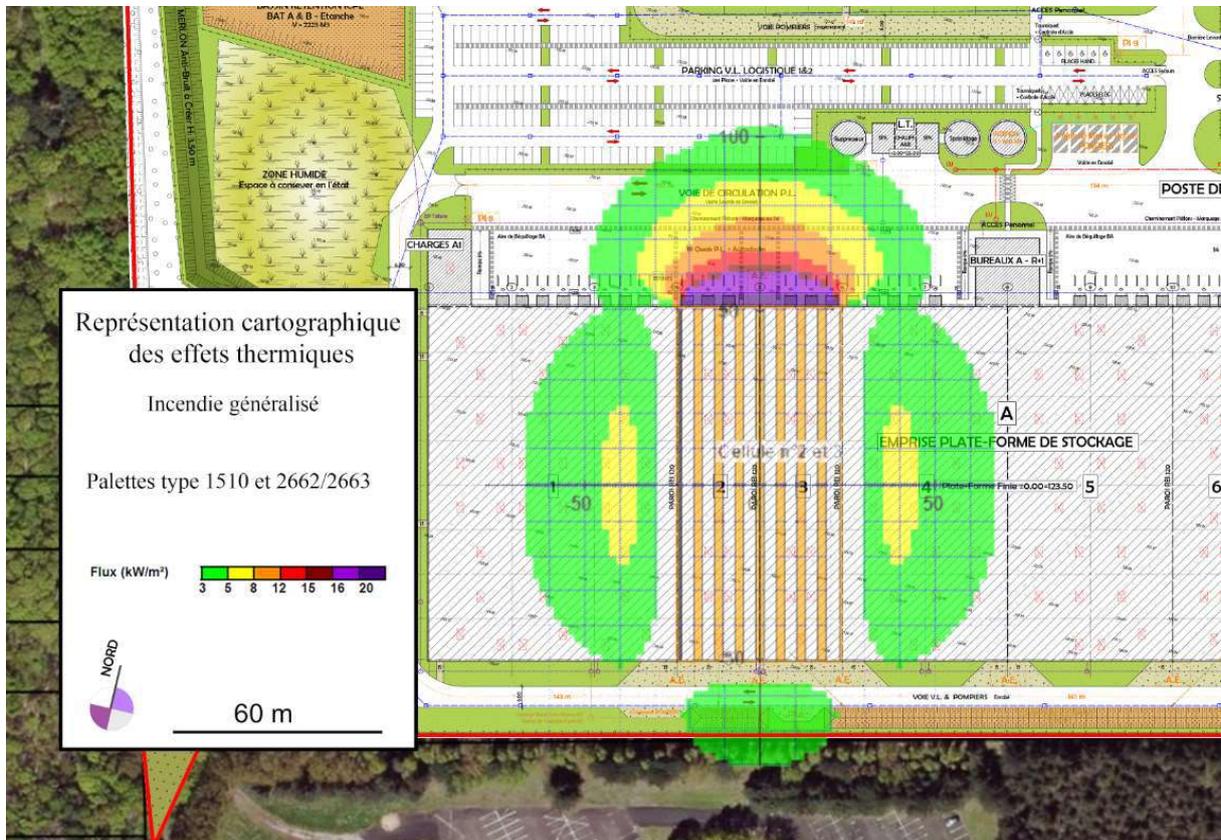
Les cartographies des scénarios d'incendie généralisé sont présentées succinctement ci-dessous.

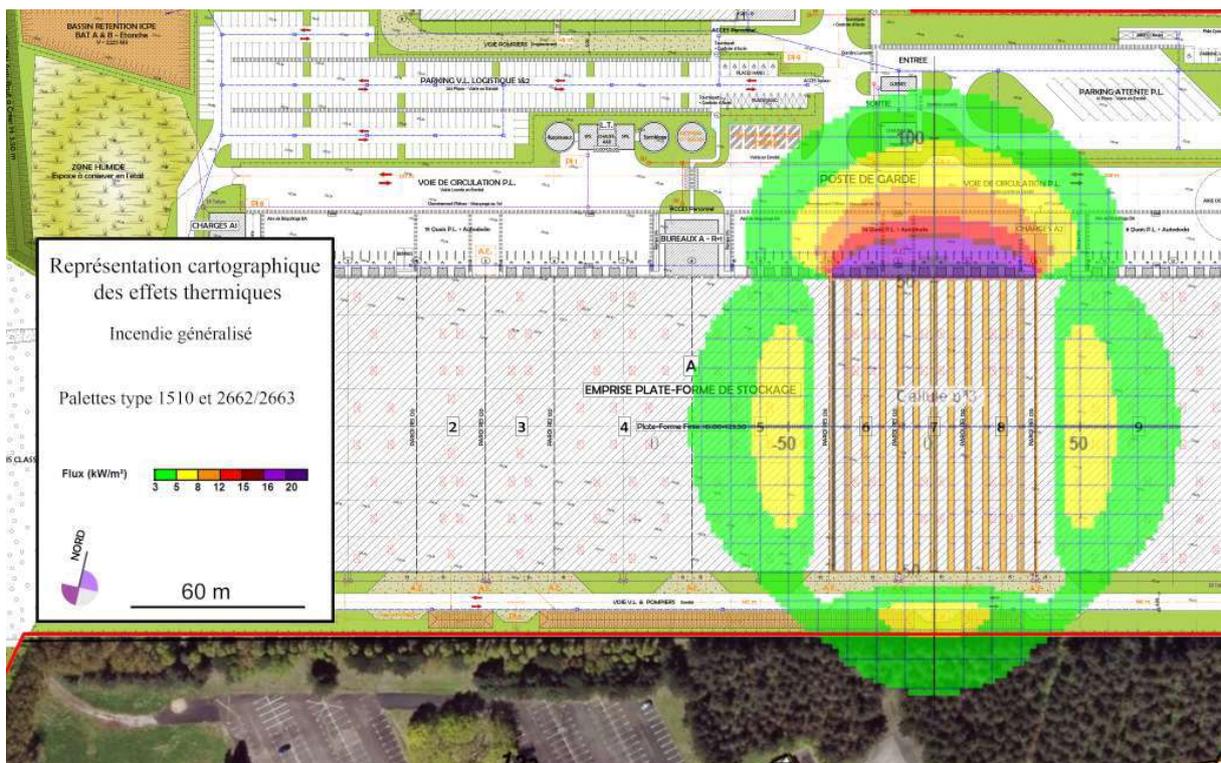
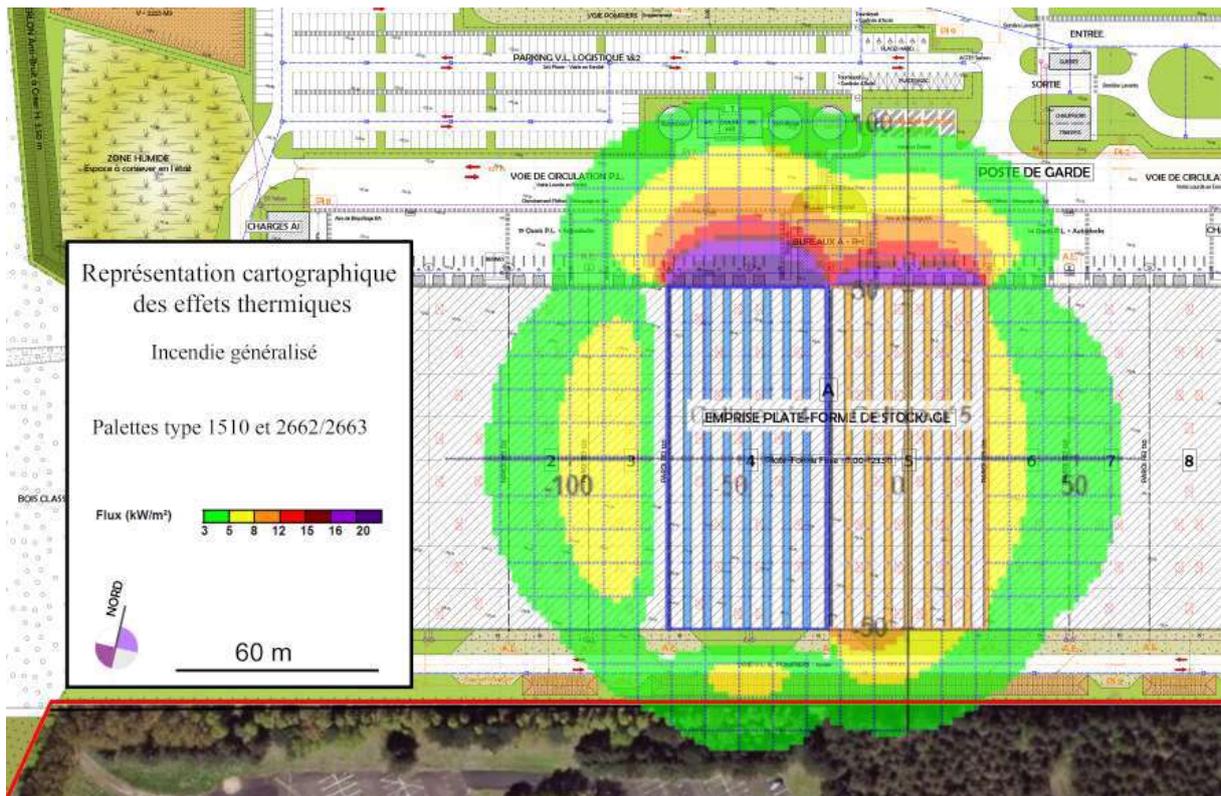
Représentations cartographiques – cas d'une propagation à des cellules adjacentes entreposant des palettes type 1510



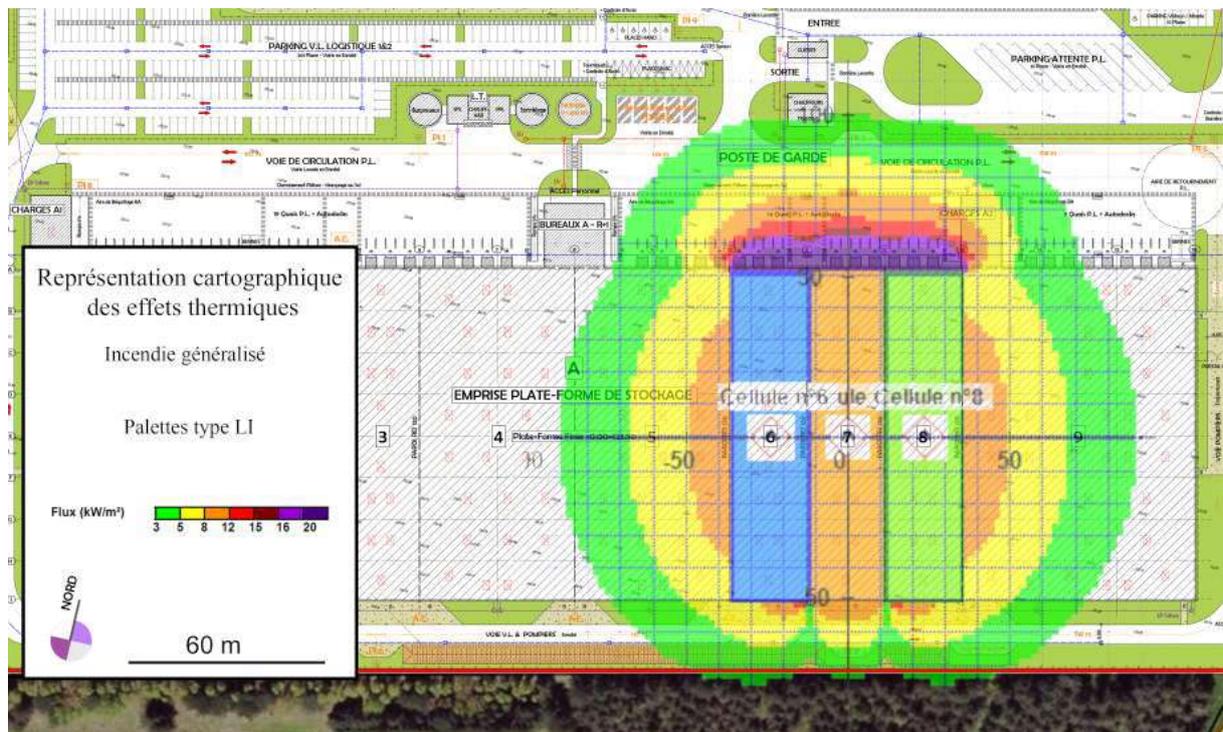
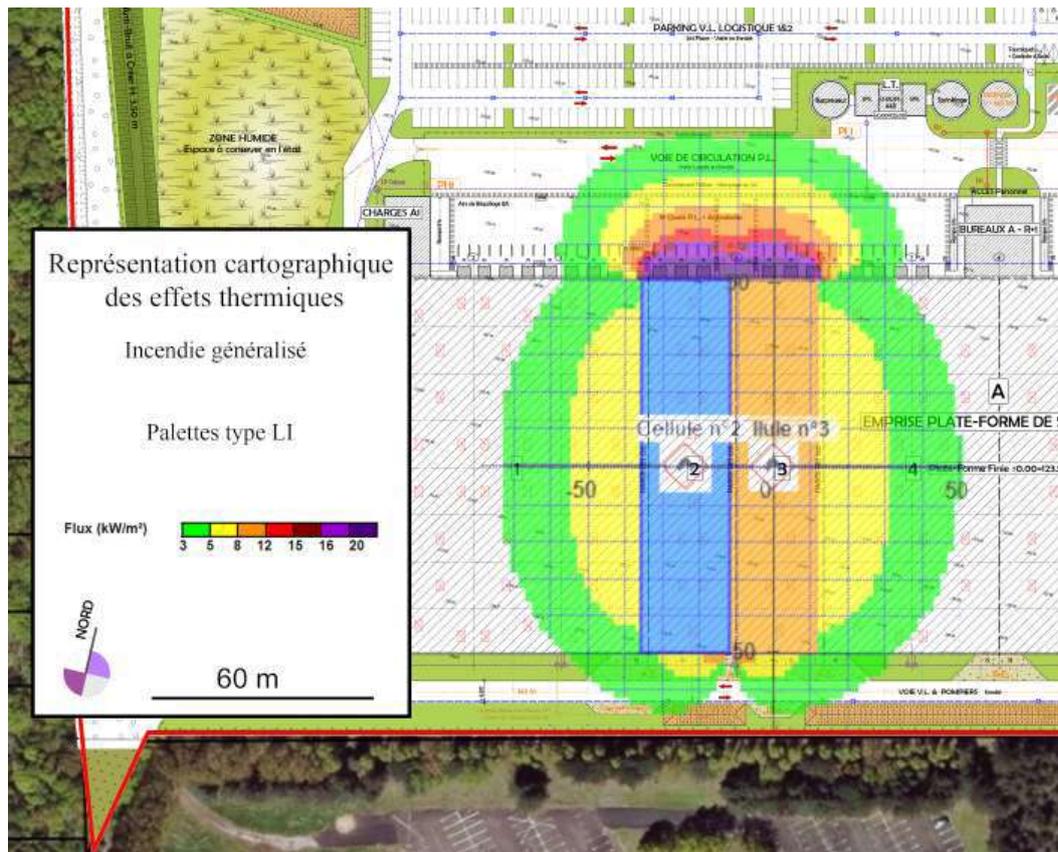


Représentations cartographiques – cas d'une propagation à des cellules adjacentes entreposant des palettes type 2662/2663





Représentations cartographiques – cas d'une propagation – palettes type liquides inflammables



III. EVALUATION DES EFFETS TOXIQUES

Les modélisations de dispersion de fumées toxiques ont été réalisées par le bureau d'étude Technisim.

Le rapport de modélisation est présenté en annexe.

Annexe 5 : Rapport de modélisation des émissions toxiques, Technisim, Juillet 2020

Six scénarios ont été étudiés :

- une émission de fumées issues de l'incendie de la cellule de stockage n°1 en configuration de palette type 2662/2663 intégrant des produits 4510/4511/4741,
- une émission de fumées issues de l'incendie de la cellule de stockage n°9 en configuration de palette type 2662/2663 intégrant des produits 4510/4511/4741,
- une émission de fumées associée à l'incendie généralisé des cellules 2 à 3 en configuration de palettes type 1510 et 2662/2663,
- une émission de fumées issues de l'incendie des cellules 4 et 5 en configuration de palettes type 1510 et 2662/2663,
- une émission de fumées issues de l'incendie généralisé des cellules de stockage n°6 à 8 en configuration de palettes type 1510 et 2662/2663,
- une émission de fumées issues de l'incendie généralisé des cellules de stockage n°10 et 11 en configuration de palettes type 1510 et 2662/2663 en intégrant également des produits 4510/4511/4741.

Précisons que les autres matières dangereuses (produits inflammables) sont généralement principalement composées de chaînes d'alcane générant des composés de type CO/CO₂ par décomposition thermique. Outre cet aspect dilution des émissions en cas de prise en compte de ces produits, leur forte combustibilité augmente la puissance d'émission et par conséquent, la hauteur du panache. Cette situation réduirait les effets toxiques observables à hauteur d'homme. C'est pourquoi ce type de produit n'est pas retenu dans les modélisations.

Il ressort des modélisations que :

- quelque soit le scénario étudié, aucun seuil des effets irréversibles et létaux ne serait atteint à hauteur d'homme (à 1,8 m au-dessus du sol),
- quelque soit le scénario étudié, les fumées générées par l'incendie des bâtiments logistiques ne seraient pas susceptibles de perturber significativement la visibilité aux alentours.

Compte tenu de l'absence d'effets perceptibles à hauteur d'homme, les scénarios associés au phénomène dangereux d'émission de fumées toxiques ne font pas l'objet d'une étude détaillée de réduction des risques dans la suite de l'étude.

IV. SYNTHÈSE

Les résultats des modélisations des phénomènes dangereux retenus à l'issus de l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Type d'effets	Phénomène dangereux	Effets sortant / non sortant	Gravité
Effets thermiques	Incendie de la cellule 1 contenant des palettes type 1510	Sortant	Modérée
	Incendie de la cellule 1 contenant des palettes type 2662/2663	Sortant	Modérée
	Incendie de la cellule 2 contenant des palettes type 1510	Non sortant	-
	Incendie de la cellule 2 contenant des palettes type 2662/2663		
	Incendie de la cellule 2 contenant des palettes type Liquides inflammables-LI		
	Incendie de la cellule 2 contenant des palettes type Liquides inflammables-éthanol	Sortant	Modérée
	Incendie de la cellule 2 contenant des palettes type aérosols		
	Incendie de la cellule 3 contenant des palettes type 1510		
	Incendie de la cellule 3 contenant des palettes type 2662/2663	Non sortant	-
	Incendie de la cellule 3 contenant des palettes type Liquides inflammables-LI		
	Incendie de la cellule 3 contenant des palettes type Liquides inflammables-éthanol		
	Incendie de la cellule 3 contenant des palettes type aérosols	Sortant	Modérée
	Incendie de la cellule 4 contenant des palettes type 1510	Sortant	Modérée
	Incendie de la cellule 4 contenant des palettes type 2662/2663	Sortant	Modérée
	Incendie de la cellule 5 contenant des palettes type 1510	Sortant	Modérée
	Incendie de la cellule 5 contenant des palettes type 2662/2663	Sortant	Modérée
	Incendie de la cellule 6 contenant des palettes type 1510	Non sortant	-
	Incendie de la cellule 6 contenant des palettes type 2662/2663		
	Incendie de la cellule 6 contenant des palettes type Liquides inflammables-LI		
	Incendie de la cellule 6 contenant des palettes type Liquides inflammables-éthanol	Sortant	Modérée
	Incendie de la cellule 6 contenant des palettes type aérosols		
	Incendie de la cellule 7 contenant des palettes type 1510		
	Incendie de la cellule 7 contenant des palettes type 2662/2663	Non sortant	-
	Incendie de la cellule 7 contenant des palettes type Liquides inflammables-LI		
	Incendie de la cellule 7 contenant des palettes type Liquides inflammables-éthanol		
	Incendie de la cellule 7 contenant des palettes type aérosols	Sortant	Modérée
	Incendie de la cellule 8 contenant des palettes type 1510	Non sortant	-
	Incendie de la cellule 8 contenant des palettes type 2662/2663		
	Incendie de la cellule 8 contenant des palettes type Liquides inflammables-LI		
	Incendie de la cellule 8 contenant des palettes type Liquides inflammables-éthanol		

	Incendie de la cellule 8 contenant des palettes type aérosols	Sortant	Modérée
	Incendie de la cellule 9 contenant des palettes type 1510	Sortant	Modérée
	Incendie de la cellule 9 contenant des palettes type 2662/2663	Sortant	Modérée
	Incendie de la cellule 10 contenant des palettes type 1510	Sortant	Modérée
	Incendie de la cellule 10 contenant des palettes type 2662/2663	Sortant	Modérée
	Incendie de la cellule 11 contenant des palettes type 1510	Sortant	Modérée
	Incendie de la cellule 11 contenant des palettes type 2662/2663	Sortant	Modérée
	Incendie généralisé des cellules 2 et 3 – Configuration de stockage en palette type 1510	Sortant	Modérée
	Incendie généralisé des cellules 2 et 3– Configuration de stockage en palette type 2662/2663	Sortant	Modérée
	Incendie généralisé des cellules 2 et 3 – Configuration de stockage en palette type LI	Non sortant	-
	Incendie généralisé des cellules 4 et 5 – Configuration de stockage en palette type 1510	Sortant	Modérée
	Incendie généralisé des cellules 4 et 5– Configuration de stockage en palette type 2662/2663	Sortant	Modérée
	Incendie généralisé des cellules 6, 7 et 8 – Configuration de stockage en palette type 1510	Sortant	Modérée
	Incendie généralisé des cellules 6, 7 et 8 – Configuration de stockage en palette type 2662/2663	Sortant	Modérée
	Incendie généralisé des cellules 6, 7 et 8 – Configuration de stockage en palette type LI	Sortant	Modérée
Effets toxiques	Emission de fumées toxiques – Incendie de la cellule 1 contenant des palettes type 2662/2663 et 4510/4511/4741	Non sortant à hauteur d'homme	-
	Emission de fumées toxiques – Incendie de la cellule 9 contenant des palettes type 2662/2663 et 4510/4511/4741	Non sortant à hauteur d'homme	-
	Emission de fumées toxiques – Incendie simultanée des cellules 2 et 3 contenant des palettes type 1510 et 2662/2663	Non sortant à hauteur d'homme	-
	Emission de fumées toxiques – Incendie simultanée des cellules 4 et 5 contenant des palettes type 1510 et 2662/2663	Non sortant à hauteur d'homme	-
	Emissions de fumées toxiques – Incendie généralisé des cellules 6, 7 et 8 contenant des produits type 1510 et 2662/2663	Non sortant à hauteur d'homme	-
	Emissions de fumées toxiques – Incendie généralisé des cellules 10 et 11 contenant des produits type 1510, 2662/2663 et 4510/4511/4741	Non sortant à hauteur d'homme	-

Tableau 4 : Synthèse de l'évaluation quantitative des phénomènes dangereux

Rappelons que les phénomènes dangereux dont les effets sortent des limites de propriété sont qualifiés de majeurs dans cette étude. Par conséquent, ils font l'objet d'une analyse détaillée de réduction des risques dans le chapitre suivant.

CHAPITRE VII. ETUDE DETAILLEE DE REDUCTION DES RISQUES

Ce chapitre a pour objectif de caractériser les différents scénarios d'accidents susceptibles de se produire sur le site et pour lesquels les effets seraient perceptibles en dehors de l'établissement. Cette étude vise ainsi à définir les probabilités d'occurrence et la cinétique de ces accidents en vue de déterminer leur acceptabilité.

I. METHODOLOGIE DE L'EDRR

I.1. COTATION DE LA PROBABILITE D'OCCURRENCE DES SCENARIOS D'ACCIDENTS MAJEURS

I.1.1 PRESENTATION DE L'APPROCHE

L'approche retenue dans cette étude de dangers est la détermination de la probabilité d'occurrence d'un scénario d'accident majeur de manière quantitative au travers l'élaboration d'un nœud papillon. Cette approche est présentée en détail dans le rapport DRA-18-171229-00933A – OMEGA 24 – Probabilité dans les études de sécurité et études de dangers, publié par l'INERIS en avril 2018. Elle a pour avantage de présenter exhaustivement sur un schéma le scénario d'accident en intégrant :

- les Evènements Initiateurs (EI) susceptibles d'être à l'origine du phénomène dangereux,
- l'Evènement Redouté Central (ERC) conduisant au phénomène dangereux,
- les Evènements intermédiaires (Ei) et les Evènements Secondaires (ES) nécessaires à l'apparition de l'ERC ou du phénomène dangereux,
- les phénomènes dangereux (Ph D) susceptibles d'être générés suite à l'apparition de l'ERC,
- les séquences nécessaires à l'apparition du phénomène dangereux (présence concomitante de deux évènements initiateurs...)
- les mesures de prévention et de protection.

Le principe de schématisation du nœud papillon est illustré ci-dessous.

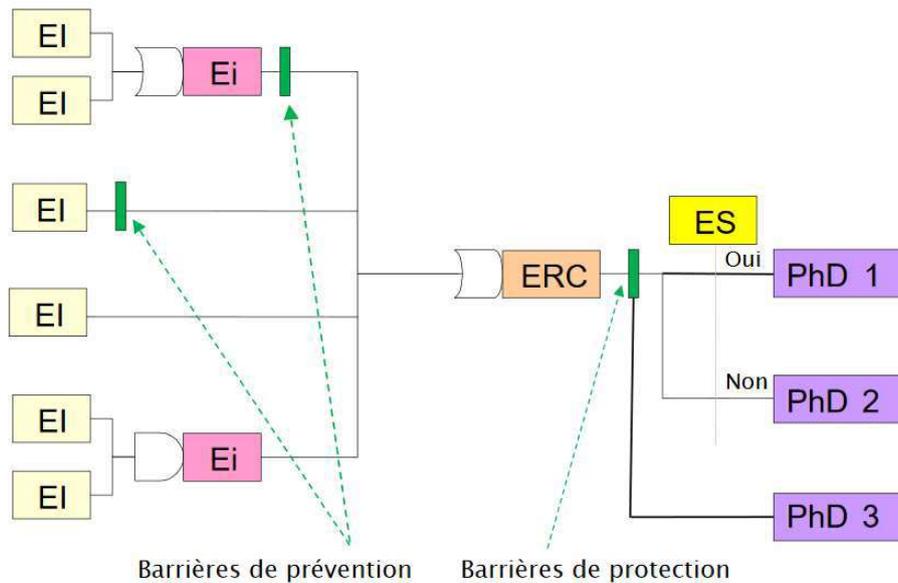


Figure 27 : Exemple d'un nœud papillon (schéma extrait du DRA-18-171229-00918A – Agrégation semi-quantitative des probabilités dans les études de dangers des installations classées – OMEGA 25, version du 26/01/2018, édité par l'INERIS)

Dans l'approche quantitative, la probabilité d'occurrence des scénarios d'accident est :

- soit directement déterminée au travers la fréquence de l'ERC ou du phénomène dangereux,
- soit estimée à partir de la fréquence d'apparition de chaque évènement initiateur.

Les données de probabilité d'occurrence et de fréquences sont principalement issues de bases de données internationales telles que celles du :

- Référence manual BEVI risk assesement (RIVM 2009) des Pays Bas,
- Failure rate and event data (FRED) ; (HSE 2010) d'Angleterre,
- Handbook for failure frequencies (HFF) de Belgique...

Les fréquences des évènements peuvent également provenir de données issues de guides, tels que :

- les rapports d'étude (OMEGA et DRA) publiés par l'INERIS : DRA 71 – Opération B2 : Approche probabiliste ;
- le retour d'expérience,
- ARAMIS,
- LOPA...

Suivant l'enchaînement du scénario d'accident, les événements secondaires, les probabilités de défaillance des mesures de prévention et de protection, la probabilité d'occurrence de l'accident est ensuite déterminée via l'application de règles mathématiques simples :

- fonction « Ou » : les fréquences des évènements sont sommées,
- fonction « Et » : les fréquences des évènements sont multipliées,
- barrière : la fréquence est obtenue en multipliant la fréquence initiale par 10^{-NC} (la définition du niveau de confiance (NC) d'une barrière est précisée ci-après),

La probabilité d'occurrence ainsi obtenue est ensuite convertie en classe de probabilité d'occurrence annuelle définie dans l'arrêté du 29 septembre 2005 comme suit :

Classe de probabilité	E	D	C	B	A
Quantitative	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	

Tableau 5 : Classe de probabilité d'occurrence annuelle définie dans l'arrêté du 29 septembre 2005

I.1.2 EVALUATION DE LA PRISE EN COMPTE D'UNE MESURE DE PREVENTION OU D'INTERVENTION

Pour qu'une barrière puisse être retenue comme mesure de réduction des risques, celle-ci doit répondre à certains critères :

- **l'indépendance** : la barrière doit être indépendante du scénario d'accident sur lequel elle intervient ainsi que sur les autres barrières de sécurité intervenant sur le scénario,
- **l'efficacité** : la barrière doit être apte à remplir la fonction de sécurité pour laquelle elle a été choisie,
- **le temps de réponse** : le temps de réponse de la barrière doit être adapté à la cinétique du phénomène dangereux,
- **la performance** : la performance de la barrière doit être maintenue dans le temps au travers de contrôle et maintenance adaptés.

Dans le cas où ces critères sont vérifiés, un niveau de confiance (NC) est alors attribué à la barrière suivant les critères définis au sein des référentiels :

- **Ω10** : Evaluation de la performance des Barrières Techniques de Sécurité (DRA-17-164432-10199B publié en mai 2018 par l'INERIS),
- **Ω20** : Démarche d'évaluation des Barrières Humaines de Sécurité (DRA-09-103041-06026B publié en septembre 2009 par l'INERIS).

I.2. COTATION DE LA CINETIQUE

Suivant l'article 8 de l'arrêté du 29 septembre 2005, la cinétique d'un accident est considérée lente « si elle permet la mise en œuvre de mesures de sécurité suffisantes, dans le cadre d'un plan d'urgence externe, pour protéger les personnes exposées à l'extérieur des installations objet du plan d'urgence avant qu'elles ne soient atteintes par les effets du phénomène dangereux. ».

En l'absence d'un plan d'urgence externe, la cinétique des accidents est considérée comme rapide dans la suite de l'étude.

I.3. ACCEPTABILITE DES ACCIDENTS

L'acceptabilité du scénario est ensuite étudiée suivant le couple gravité-probabilité de chaque accident majeur en le positionnant dans la matrice suivante extraite de la circulaire du 10 mai 2010 :

Gravité sur les personnes exposées au risque	Probabilité				
	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	Oui	Oui	MMR Rang 1	MMR Rang 2	Non
Modéré	Oui	Oui	Oui	Oui	MMR Rang 1

Légende :

Non : scénario non acceptable,

MMR Rang 1 / Rang 2 : scénario nécessitant la mise en œuvre de mesures de maîtrise complémentaires au regard des enjeux identifiés tout en restant dans des conditions économiquement acceptables,

Oui : scénario acceptable ne nécessitant pas la mise en place de mesures de maîtrise des risques supplémentaires.

Ainsi, les scénarios positionnés dans les cases bleues sont considérés comme acceptables au regard des enjeux et de la probabilité d'occurrence du scénario.

En seconde approche, l'acceptabilité de ces scénarios est également évaluée par rapport à la maîtrise de l'urbanisation en s'appuyant sur la circulaire du 4 mai 2007 relative au porter à connaissance des risques technologiques et maîtrise de l'urbanisme autour des installations classées.

II. APPLICATION AU SITE

Pour rappel, les scénarios d'accidents majeurs identifiés à l'issue de l'évaluation quantitative des effets concernent :

- l'incendie d'une cellule de stockage (cellules 1, 4, 5, 9, 10, 11) en configuration de palette type 1510,
- l'incendie d'une cellule de stockage (cellules 1, 4, 5, 9, 10, 11) en configuration de palette type 2662/2663,
- l'incendie d'une cellule de stockage (cellules 2, 3, 6, 7, 8) contenant des aérosols,
- l'incendie généralisé de cellules de stockage (cellules 2/3, 6/7/8) en configuration de palette type 1510,
- l'incendie généralisé de cellules de stockage (cellules 2/3, 6/7/8) en configuration de palette type 1510 et 2662 /2663,
- l'incendie généralisé de cellules de stockage (cellules 6/7/8) en configuration de palette type liquides inflammables.

II.1. CINETIQUE

Compte tenu de l'absence de plan d'urgence externe, la cinétique des phénomènes d'incendie est considérée comme rapide. Toutefois, il peut être relevé que le développement d'un incendie au sein d'une cellule de stockage nécessite plusieurs dizaines de minutes pour atteindre la puissance maximale de l'incendie. La durée d'incendie d'une cellule est, quant à elle, estimée à :

- 135 à 141 minutes en configuration de palette type 1510,
- 97 à 107 minutes en configuration de palettes type 2662/2663,
- 233 minutes en configuration de palettes type liquides inflammables.

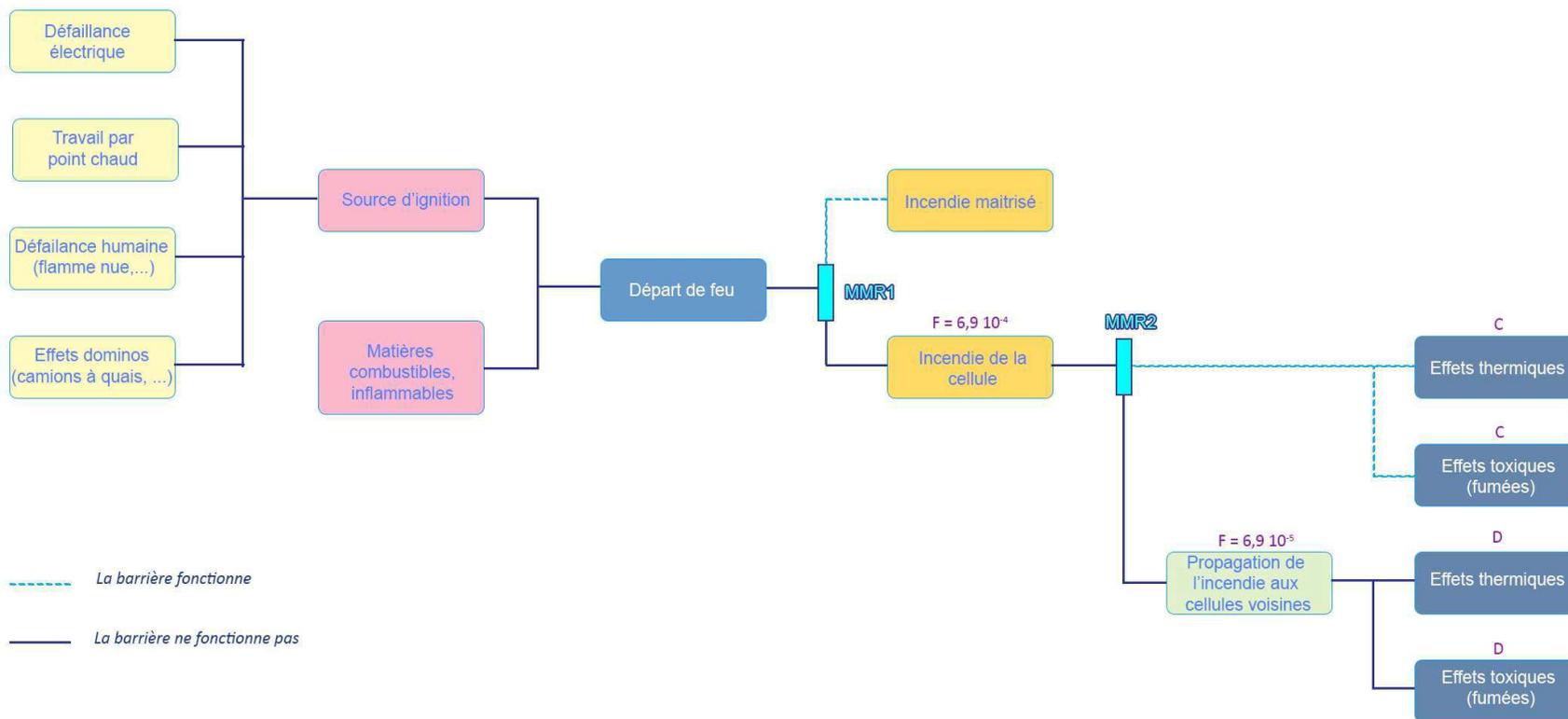
Ces estimations de la durée d'incendie sont issues des rapport FLUMIlog de modélisation des effets thermiques. Elles ne tiennent pas compte des équipements techniques mis en œuvre tel que les zones de collecte et la rétention déportée permettant d'éviter la création d'une nappe inflammable au sein de la cellule.

II.2. PROBABILITE D'OCCURRENCE DES ACCIDENTS

Les scénarios d'accidents majeurs identifiés ont tous, comme évènement redouté central, un départ de feu au sein d'une cellule. Ainsi, l'enchaînement de l'ensemble des phénomènes conduisant aux accidents majeurs identifiés et associés à l'exploitation de l'entrepôt logistique est regroupé au sein d'un même nœud papillon présenté ci-après.

Pour ces scénarios d'accident, la probabilité d'apparition des phénomènes dangereux a été déterminée à partir de la fréquence d'occurrence d'un évènement secondaire : l'incendie de la cellule. Cette fréquence est issue de la base de données internationale Handbook on Failure Frequencies (version 2009) : la probabilité d'occurrence annuelle d'un incendie au sein d'un entrepôt disposant d'un dispositif d'extinction automatique est de $6,9 \cdot 10^{-4}$ (par cellule).

Notons que les cellules de stockage présentent les mêmes fonctions d'équipements de sécurité. Par conséquent, la probabilité des phénomènes dangereux obtenue et présentée dans le nœud papillon ci-après est identique pour l'ensemble des cellules de stockage de l'établissement.



Deux mesures de maitrises des risques sont identifiées au travers de ce nœud-papillon. Leurs caractéristiques et la justification de prise en compte de ces barrières comme mesures de maitrise de sécurité sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Identification	Mesures de maitrises des risques	Type de barrières (technique / humaine)	Nature (Mesure active / passive)	Indépendance avec le phénomène	Efficacité	Temps de réponse	Maintien de la performance	Niveau de confiance
MMR1	Dispositif d'extinction automatique d'incendie (têtes de sprinklage, moto-pompe, réserve d'eau)	Technique	Active	Oui	Oui Le dispositif est installé suivant la norme NFPA en fonction des caractéristiques de stockage ainsi que de la typologie des produits.	Rapide Il est dimensionné pour se déclencher rapidement après un départ de feu.	Essais réguliers, vérification semestrielle, entretien triennal, Vérification complète tous les 25 à 30 ans	NC1*
MMR2	Murs séparatifs REI240/REI120 et portes coupe-feu EI2 120	Technique	Passive et active (portes)	Oui	Oui Les murs et portes installées dans ces murs font l'objet d'une certification de tenue au feu	Rapide dès sollicitation (fermeture des portes après déclenchement de la centrale de détection)	Contrôle annuel des portes coupe-feu	NC1 (lié à la présence de porte)

* Dispositif d'extinction automatique : Sprinklage

Le niveau de confiance retenu pour cette barrière est de 1 de manière majorante. En effet, le document de synthèse relatif à une barrière technique de sécurité (BTS) – sprinkleur, édité par l'INERIS en juillet 2011 (DRA-11-117743-13772A), conclut que « *le niveau de confiance générique des sprinkleurs réalisant une fonction de maîtrise des risques d'accident industriel majeur est donc généralement NC1, même s'il est vrai que certaines applications pourraient vraisemblablement justifier d'un NC2 via une analyse spécifique* ».

** Murs séparatifs REI240/120 et portes coupe-feu

Les murs séparatifs sont des dispositifs passifs reconnus, pouvant conduire à un niveau de confiance NC2, voire NC3, par rapport à la fonction d'éviter une propagation.

Toutefois, certains de ces murs disposent de portes coupe-feu correspondant à une barrière active (action de fermer la porte en cas d'incendie). Le caractère actif de la barrière peut réduire le niveau de confiance apporté au couple murs et portes coupe-feu dans la fonction d'éviter une propagation d'un incendie.

Dans le présent cas, la fermeture des portes de la cellule en feu sera actionnée par la centrale de détection reliée aux dispositifs de détection incendie. **Ce dispositif permettra de s'assurer d'un compartimentage efficace et fiable des cellules de stockage.** De plus, aucun stockage ne sera réalisé au droit de ces portes. Cette disposition permettra de :

- ne pas nuire à la fermeture de ces portes séparatives en cas d'incendie,
- ne pas solliciter thermiquement les portes de façon intensive, de sorte de maintenir la protection de l'ensemble de la paroi (murs + portes) au degré de tenue au feu du mur.

Ainsi, outre les caractéristiques de fonctionnement de la barrière, la durée de résistance des murs séparatifs par rapport à la durée d'un incendie doit être analysée pour caractériser la fonction associée à la paroi, à savoir éviter une propagation.

Dans le cadre de ce bâtiment logistique, il ressort que la durée d'un incendie serait (données FLUMIlog) :

- inférieure à 120 minutes dans le cas d'un incendie d'une cellule contenant des palettes type 2662/2663 (107 minutes au maximum),
- au maximum de 141 minutes en configuration de palettes type 1510,
- supérieure à 120 minutes mais inférieure à 240 minutes (233 minutes estimées) dans le cas d'un stockage de liquides inflammables

Ainsi, dans la détermination des effets des phénomènes dangereux, il est considéré des scénarios de propagation aux cellules adjacentes suivant la tenue au feu des murs séparatifs. Toutefois, cette approche conservatrice retenue dans la méthodologie FLUMIlog considère qu'une paroi est immédiatement et entièrement sollicitée aux effets thermiques dès la première minute du départ d'incendie. Cette hypothèse est très majorante compte tenu de la localisation du départ de feu (considérée au centre de la cellule pour avoir une surface en feu la plus conséquente), et de la faible intensité observée à la première minute d'incendie. De plus, dans le cas spécifique des cellules de stockage des liquides inflammables, le logiciel n'intègre pas l'évacuation des liquides dans la cuve de rétention déportée, limitant la quantité de produits en feu et par conséquent la durée de l'incendie.

Outre cette absence réelle de sollicitation de la paroi séparative durant la totalité de la durée de l'incendie, l'intervention des services de secours pour protéger l'agression thermique de ces murs permettrait de prolonger la fonction du mur : éviter la propagation d'un incendie.

L'efficacité de cette intervention du service de secours pour protéger les murs séparatifs sera associée :

- à une détection et une alerte rapides : un départ de feu au sein des cellules sera détectée par le dispositif d'extinction automatique ou des dispositifs autonomes (cas des cellules inflammables et des mezzanines) puis l'information sera transmise à la centrale de détection. Cette détection entrainera une alarme perceptible en tout point du bâtiment et une transmission à une société de gardiennage. Dès la levée de doute réalisée, le service d'intervention et de secours sera informé. Le fonctionnement de la performance de ce système sera éprouvé au moyen d'exercices réguliers et retranscrit au sein du Plan de Défense Incendie. Ce plan pourra évoluer suivant la performance observée lors des exercices.
- à une intervention efficace : les services d'intervention et de secours disposent d'une expérience et d'une compétence en adéquation avec les objectifs à atteindre. Cette efficacité pourra être améliorée grâce à leur sollicitation lors des exercices incendie. Lors d'une intervention, les services disposeront de moyens et d'équipements appropriés pour éviter une propagation : capacité en eau suffisante, voie engin, aires de stationnement des engins, aires de mises en station des échelles, accès aux issues du bâtiment permettant une mobilité d'intervention efficace.

L'ensemble de ces caractéristiques permettent de justifier la fiabilité de cette mesure de maîtrise des risques. Cependant et de manière sécuritaire, il a été retenu uniquement un niveau de confiance NC1 pour cette mesure de maîtrise des risques.

II.3. ACCEPTABILITE DES SCENARIOS D'ACCIDENTS

Les caractéristiques des scénarios d'accident majeurs, en termes de gravité, probabilité et cinétique, sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Type d'effets	Phénomène dangereux	Gravité	Probabilité	Cinétique
Effets thermiques	Incendie de la cellule 1 contenant des palettes type 1510	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 1 contenant des palettes type 2662/2663	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 2 contenant des palettes type aérosols	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 3 contenant des palettes type aérosols	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 4 contenant des palettes type 1510	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 4 contenant des palettes type 2662/2663	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 5 contenant des palettes type 1510	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 5 contenant des palettes type 2662/2663	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 6 contenant des palettes type aérosols	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 7 contenant des palettes type aérosols	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 8 contenant des palettes type aérosols	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 9 contenant des palettes type 1510	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 9 contenant des palettes type 2662/2663	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 10 contenant des palettes type 1510	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 10 contenant des palettes type 2662/2663	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 11 contenant des palettes type 1510	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 11 contenant des palettes type 2662/2663	Modérée	C	Rapide
	Incendie généralisé des cellules 2 et 3 – Configuration de stockage en palette type 1510	Modérée	D	Rapide
	Incendie généralisé des cellules 2 et 3 – Configuration de stockage en palette type 2662/2663	Modérée	D	Rapide
	Incendie généralisé des cellules 4 et 5 – Configuration de stockage en palette type 1510	Modérée	D	Rapide

	Incendie généralisé des cellules 4 et 5 – Configuration de stockage en palette type 2662/2663	Modérée	D	Rapide
	Incendie généralisé des cellules 6-7 et 8 – Configuration de stockage en palette type 1510	Modérée	D	Rapide
	Incendie généralisé des cellules 6-7 et 8 – Configuration de stockage en palette type 2662/2663	Modérée	D	Rapide
	Incendie généralisé des cellules 6-7 et 8 – Configuration de stockage en palette type LI	Modérée	D	Rapide

Au regard de leur couple gravité-probabilité, ces scénarios sont positionnés dans la matrice d'acceptabilité définie dans la circulaire du 10 mai 2010 et présentée ci-après.

Pour rappel, les cases :

- « rouges » concernent des scénarios non acceptables,
- « oranges » concernent des scénarios nécessitant la mise en œuvre de mesures de maîtrise complémentaires au regard des enjeux identifiés tout en restant dans des conditions économiquement acceptables,
- « bleues » correspondent aux scénarios acceptables ne nécessitant pas la mise en place de mesures de maîtrise des risques supplémentaires.

Au vu de la similitude entre les scénarios d'accidents majeurs, ces derniers ont été regroupés en deux catégories « incendie d'une cellule de stockage » et « incendie généralisé » afin de permettre une bonne lisibilité.

Gravité sur les personnes exposées au risque	Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré		Incendie généralisé	Incendie d'une cellule de stockage		

Tableau 6 : Matrice d'acceptabilité des accidents majeurs

Il ressort de cette analyse que tous les scénarios d'accidents majeurs sont considérés comme acceptables au regard des intérêts visés (gravité) et de leur probabilité d'occurrence.

II.4. POSITIONNEMENT PAR RAPPORT A L'ARRETE MINISTERIEL DU 11 AVRIL 2017 ET L'ARRETE MINISTERIEL DU 16 JUILLET 2012

L'article 2 de l'annexe II de l'arrêté ministériel 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 prescrit des règles d'implantation suivant les enjeux visés. Ainsi, les parois extérieures de l'entrepôt (soumis à autorisation ou enregistrement) doivent être suffisamment éloignés :

- « des constructions à usage d'habitation, des immeubles habités ou occupés par des tiers et des zones destinées à l'habitation, à l'exclusion des installations connexes à l'entrepôt, et des voies de circulation autres que celles nécessaires à la desserte ou à l'exploitation de l'entrepôt, d'une distance correspondant aux effets létaux en cas d'incendie (seuil des effets thermiques de 5 kW/m²),
- des immeubles de grande hauteur, des établissements recevant du public (ERP) autres que les guichets de dépôt et de retrait des marchandises conformes aux dispositions du point 4. de la présente annexe sans préjudice du respect de la réglementation en matière d'ERP, des voies ferrées ouvertes au trafic de voyageurs, des voies d'eau ou bassins exceptés les bassins de rétention ou d'infiltration d'eaux pluviales et de réserve d'eau incendie, et des voies routières à grande circulation autres que celles nécessaires à la desserte ou à l'exploitation de l'entrepôt, d'une distance correspondant aux effets irréversibles en cas d'incendie (seuil des effets thermiques de 3 kW/m²) .

[Ces] distances sont au minimum soit celles calculées pour chaque cellule en feu prise individuellement par la méthode FLUMlog (référéncée dans le document de l'INERIS « Description de la méthode de calcul des effets thermiques produits par un feu d'entrepôt », partie A, réf. DRA-09-90 977-14553A) si les dimensions du bâtiment sont dans son domaine de validité, soit celles calculées par des études spécifiques dans le cas contraire. »

De plus, l'arrêté ministériel du 16 juillet 2012 relatif aux stockages en récipients mobiles exploités au sein d'une installation classée soumise à autorisation au titre de l'une ou plusieurs des rubriques nos 1436, 4330, 4331, 4722, 4734, 4742, 4743, 4744, 4746, 4747 ou 4748, ou pour le pétrole brut au titre de l'une ou plusieurs des rubriques nos 4510 ou 4511 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement et présents dans un entrepôt couvert soumis au régime de l'enregistrement ou de l'autorisation au titre de la rubrique 1510 de cette même nomenclature prescrit également des règles d'implantation à respecter. Cet arrêté prévoit notamment les règles d'éloignement suivantes pour les cellules de stockage des produits inflammables :

- « les parois extérieures [...] sont implantées à une distance au moins égale à 1,5 fois la hauteur de l'entrepôt par rapport aux limites de site, sans être inférieure à 20 m »,
- « les zones de dangers grave pour la vie humaine à hauteur d'homme [N.D.L.R., effets létaux], par effets directs et indirects, générées par un potentiel incendie d'une cellule de liquides inflammables ne dépassent pas les limites du site. »

Vis-à-vis de la distance d'éloignement minimale prescrite par l'arrêté du 16 juillet 2012 suscitée, le bâtiment A, concerné par cet arrêté sera éloigné des limites de propriété d'a minima 21 m. cette distance est à la fois supérieure à 20 m et à 1,5 fois la hauteur du bâtiment (13,7 x 1,5 = 20,55m).

Par rapport aux prescriptions d'éloignement associées aux zones d'effets thermiques, les modélisations d'incendie d'une cellule de stockage sont présentées dans le chapitre V – Evaluation quantitative des phénomènes dangereux de cette étude de dangers. **Il ressort de ces modélisations qu'en cas d'incendie d'une cellule de stockage :**

- **l'ensemble des effets létaux (flux de 5 kW/m²) serait confiné dans l'enceinte de l'établissement grâce à la présence d'écrans thermiques REI120 et REI240 ainsi que par les restrictions de stockage prévues,**
- **les effets irréversibles correspondant aux flux de 3 kW/m², seraient susceptibles d'impacter uniquement :**
 - o **des espaces verts ainsi qu'un parking de la société voisine (au Sud),**
 - o **des aires de circulation associées aux espaces-verts du site Amazon (à l'Est),**
 - o **des bois privés (à l'Ouest et au Nord).**

Ces espaces ne sont pas visés comme intérêts dans l'article suscit.

Par conséquent, l'implantation de la plateforme logistique est en adéquation avec les règles d'éloignement définies dans l'arrêté ministériel du 11 avril 2017 et dans l'arrêté ministériel du 16 juillet 2012.

La société SEQUOIA s'engage à prendre contact avec les sociétés voisines et le propriétaire des bois dont les terrains sont impactés par les effets irréversibles avant la mise en service des bâtiments. Cette communication permettra d'informer ces interlocuteurs sur la nature des effets (uniquement des effets irréversibles thermiques), les origines du phénomène (incendie se développant dans l'ensemble de la cellule) ainsi que les mesures barrières qui sont prévues pour éviter ce type de phénomène (permis de feu, contrôle des installations électriques, dispositif d'extinction automatique...).

Cette communication permettra également de récupérer les coordonnées téléphoniques des différents interlocuteurs afin de les intégrer dans le schéma d'alerte de l'établissement.

Enfin, la société SEQUOIA projette également de communiquer annuellement à ces interlocuteurs sur les éventuelles évolutions de l'établissement notables ainsi que sur le retour d'expériences de l'établissement en termes de risques accidentels.

II.5. MAITRISE DE L'URBANISATION

Dans le cadre de la maîtrise de l'urbanisation à proximité des installations classées, la circulaire du 4 mai 2007 relative au porter à la connaissance « risques technologiques » et maîtrise de l'urbanisation autour des installations classées, définit les modalités de mise en œuvre suivant le classement de l'établissement et l'environnement impacté.

Les restrictions imposées sont ainsi liées :

- aux types d'effets sortants (létaux, irréversibles...),
- à la probabilité d'apparition des phénomènes dangereux,
- à la nature des terrains impactés (terrains non aménagés, terrains construits...).

Il ressort de la présente étude de dangers que seuls les effets irréversibles seraient perceptibles en dehors de l'établissement. Ils impacteraient :

- des espaces verts ainsi qu'un parking de la société voisine (au Sud),
- des aires de circulation associées aux espaces-verts du site Amazon (à l'Est),
- des bois privés (à l'Ouest et au Nord).

Les probabilités d'occurrence associées à ces phénomènes varieraient du niveau C à D suivant la généralisation d'un incendie aux cellules voisines ou non.

Ainsi, conformément au point II de l'annexe 1 de la circulaire suscitée (cas des installations soumises à autorisation hors d'un établissement soumis à autorisation avec servitude), les préconisations d'urbanisation suivantes sont retenues pour les zones impactées par les effets irréversibles :

« L'aménagement ou l'extension de constructions existantes sont possibles. Par ailleurs, l'autorisation de nouvelles constructions est possible sous réserve de ne pas augmenter la population exposée à ces effets irréversibles. Les changements de destinations doivent être réglementés dans le même cadre ».

Annexe 1 – Résumé non technique de l'étude de dangers

SEQUOIA SAS
Le Britannia
20 Boulevard Eugène Deruelle
69 003 Lyon

PROJET D'IMPLANTATION D'UN SITE LOGISTIQUE A GIDY (45)

Dossier de demande d'autorisation environnementale

Pièce jointe n°49 :

Résumé non technique de l'Etude de dangers



I.C.E Conseil
Installations Classées & Environnement

Centre Polidesk
Parc d'activité doaren molac
56 610 Arradon
contact@ice-conseil.fr

Rapport n°ICE-R190521 – Version 2 d'août 2020
Chargés de projet :
Olivier MONTIEGE - I.C.E Conseil
Sophie GROLLEAU - I.C.E Conseil
Stéphane CROXO – CAPSTONE Développement

Afin de répondre aux besoins d'industriels locaux, dont ceux évoluant dans le domaine de la cosmétique, la société SEQUOIA souhaite implanter un site logistique en périphérie du Pôle 45 sur la commune de Gidy. Ce site aura pour vocation de mettre à disposition des cellules de stockage adaptées aux produits susceptibles d'être reçus et répondant aux exigences constructives, de sécurité et d'intervention de la réglementation en vigueur. Les cellules de ce site seront louées à un ou plusieurs locataires afin de satisfaire la demande locale.

Le site logistique projeté par la société sera constitué de 11 cellules de stockage représentant une surface totale de stockage d'environ 55 148 m² sur un terrain d'emprise foncière de 15 ha. Il aura pour vocation d'entreposer des marchandises combustibles diverses, des marchandises inflammables, des produits dangereux pour l'environnement aquatique entraînant le classement de l'établissement sous le régime de l'autorisation seuil bas au titre de la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

Ce projet de bâtiment logistique a donc fait l'objet d'une étude de dangers. Cette étude a pour objectif d'identifier les risques présentés par le projet, de préciser les moyens de prévention et d'intervention prévus et de caractériser les accidents potentiels identifiés en termes de gravité et de probabilité afin de s'assurer de l'acceptabilité du projet au regard des dangers et des enjeux recensés.

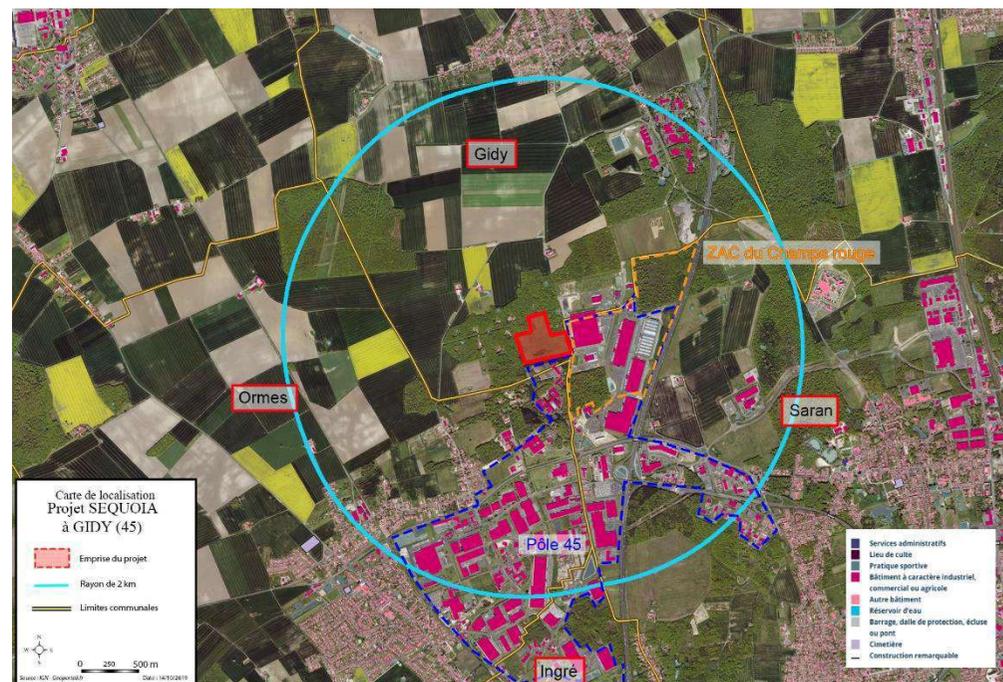
Le présent document constitue le résumé non technique de l'étude de dangers. Il a notamment pour vocation de présenter la probabilité et la cinétique des accidents potentiels identifiés dans l'étude de dangers ainsi que la cartographie des zones d'effets des risques significatifs.

Analyse de l'environnement

L'analyse de l'environnement consiste à identifier les intérêts recensés dans le secteur d'étude du projet ainsi que de caractériser la vulnérabilité de l'installation à cet environnement.

L'examen de l'occupation des abords et la description du milieu naturel font apparaître essentiellement des cibles humaines potentielles susceptibles d'être exposées à un accident majeur :

Nature / Types d'infrastructure		Identification	Positionnement par rapport au site
Habitations		Lotissement de la Tassette	Limite Ouest
Etablissement Recevant du Public		Crèche « Attitude La Maison du Petit Bois »	550 m au Sud
Bois		Bois bordant le site	Limite Nord et Ouest
Infrastructures de transport d'envergure	Axes routiers	A10 RD557	Moins d'1 km à l'Est 850 m au Sud
	Axe ferré	Voie ferrée reliant Chartres et Orléans	1,8 km à l'Ouest
Etablissements à vocation industrielle, et de logistique		Etablissements du Pôle 45 et de ses limites périphériques (Amazon, STEFF,...)	Limite Sud et Est



Les risques présentés par l'environnement local sur le projet du site logistique sont de deux natures : les risques naturels et les risques technologiques. Ils sont synthétisés dans le tableau suivant :

Nature du risque	Identification du risque	Vulnérabilité des terrains	Mesures mises en œuvre	Risque retenu dans l'étude de dangers
Naturel	Inondation par débordement de cours d'eau	Faible Terrains d'implantation du futur site logistique éloignés de la rivière souterraine (La Retrève) générant des inondations dans le secteur.	-	Non
	Inondation par remontées de nappes	Faible Terrains d'implantation en dehors des zones sensibles identifiées par le BRGM	-	Non
	Conditions météorologiques (Tempête, vents, pluies, neige)	Modérée Climat océanique tempéré Précipitations peu abondantes et fréquentes Vents moyens à provenance dominante Sud-ouest	Prise en compte des conditions climatiques locales dans les dispositions constructives retenues	Non
	Mouvements de terrains par effondrement de cavité	Modérée Secteur d'études présentant des cavités naturelles	Réalisation d'étude géotechniques en amont de la construction	Non
	Mouvements de terrains par retrait et gonflement des argiles	Forte La cartographie issue du site Géorisques classifie les terrains d'implantation en aléa fort	Dimensionnement de la structure des bâtiments suivant les données géotechniques des sols et des caractéristiques du secteur	Non
	Séismes	Faible Terrains localisés en zone d'aléa 1 sur une échelle allant de 1 à 5 (1 valeur la plus faible)	-	Non
	Foudre	Forte L'analyse du risque foudre montre la nécessité de protéger le bâtiment contre les effets de la foudre	Mise en place de parafoudres et paratonnerres	Non
	Feu de forêt	Modérée Implantation aux abords d'un bois (au Nord et à l'Ouest des terrains)	Eloignement des bâtiments par rapport aux bois (a minima 20 m) et mise en place d'écrans thermiques en périphérie Nord et Ouest du bâtiment B (bâtiment le plus proche du bois)	Non

Technologique	Installations voisines	<p style="text-align: center;">Modérée</p> Présence d'installations classées dans le secteur et notamment des installations seuil haut Présence d'un PPI dont le périmètre impacte les terrains. Néanmoins, les effets perceptibles au droit du site sont des effets toxiques, non susceptibles de générer des effets dominos et non atteints à hauteur d'homme. Eloignement des bâtiments logistiques par rapport à l'entrepôt de plus proche (Amazon)	-	Non
	Infrastructures de transport TMD-routes et voies ferrées	<p style="text-align: center;">Faible</p> Eloignement du site logistique par rapport aux axes de transport du secteur susceptibles de recevoir du transport de matières dangereuses (A10, RD557, voie ferrée à plus de 520 m du site)	-	Non
	Infrastructures de transport Navigation aérienne	<p style="text-align: center;">Faible</p> Absence d'aéroport/aérodrome dans un périmètre de 2 km autour des terrains	-	Non
	Canalisation de transport de matières dangereuses	<p style="text-align: center;">Faible</p> Terrains d'implantation du futur site logistique à plus de 500 m de l'oléoduc traversant la commune de Gidy.	-	Non
	Acte de malveillance (Vol, détérioration,...)	<p style="text-align: center;">Modérée</p>	Site clôturé, gardiennage, locaux techniques maintenus fermés	Non

Potentiels de dangers

Les potentiels de dangers présentés par l'exploitation du site logistique sont synthétisés et localisés ci-après.

Produits / Activités	Potentiels de dangers	Phénomènes dangereux associés	Retenus pour suite de l'étuc
Produits relevant des rubriques 1510, 1530, 1532	Caractère combustible	Incendie Emission de fumées toxiques	Oui
Produits relevant des rubriques 2662 et 2663	Caractère combustible	Incendie Emission de fumées toxiques	Oui
Produits relevant des rubriques 1436, 1450, 4330, 4331, 4755	Inflammable	Incendie Emission de fumées toxiques	Oui
Produits relevant des rubriques 4320 et 4321	Inflammable	Incendie Emission de fumées toxiques Effets de projection	Oui
Produits relevant des rubriques 4510 et 4511	Dangereux pour l'environnement aquatique Caractère combustible	Incendie Emission de fumées toxiques Pollution du milieu	Oui
Produits relevant de la rubriques 4741	Dangereux pour l'environnement aquatique Caractère combustible (incluant les emballages)	Incendie Emission de fumées toxiques Pollution du milieu	Oui
Autres matières dangereuses diverses en très faibles quantités	Comburant, irritant,...	Incendie Emission de fumées toxiques Pollution du milieu	Non (très faibles quantités)
Activité logistique (activité de réception, expédition, de maintenance, de stockage)	Collision Ecrasement, Chute de produits Défaillance électrique	Départ de feu (source d'ignition)	Oui (uniquement en terme de source d'ignition potentielle)
Charge des batteries	Dégagement d'hydrogène (gaz inflammable) Combustible	Explosion Incendie	Oui
Chaufferie	Gaz inflammable	Explosion Incendie	Oui
Dispositif d'extinction automatique et dispositif SPS – utilisation de fioul domestique	Inflammable Dangereux pour l'environnement aquatique	Incendie Emission de fumées toxiques Pollution du milieu	Non



Moyens de prévention, de protection et d'intervention

Les moyens de prévention, de protection et d'intervention prévus sur site sont de trois natures :

- **Organisationnels** : ces moyens consistent en la mise en place de consignes et de procédures tenues à la disposition et appliquées par le personnel, en l'élaboration d'un Plan de Défense Incendie et en la réalisation d'exercices réguliers,
- **Constructifs** : ces mesures passent, entre autres, par le respect des prescriptions applicables aux entrepôts couverts (murs séparatifs présentant une résistance au feu de 120 minutes ou 240 minutes et dépassant en toiture, couverture en bac acier répondant à l'indice Broof (t3), cantonnement des fumées et installation d'exutoires de fumées...), par l'implantation d'écrans thermiques de tenue au feu de 120 minutes ou 240 minutes en façades extérieures des bâtiments, à l'exception des façades de quais, par le compartimentage des marchandises dans des cellules de surface comprise entre 2400 m² et 10 250 m²...
- **Techniques (équipements spécifiques)** : Les mesures techniques de prévention, de protection et d'intervention prévues se traduisent par :
 - o la détection et l'extinction automatique d'un incendie au sein des cellules de stockage par un équipement de sprinklage répondant à la norme NFPA,
 - o la mise en place d'extincteurs et de Robinets Incendies Armés au sein des bâtiments logistiques,
 - o la création d'une voie et d'aires de stationnement pour permettre une intervention efficace des services d'incendie et de secours,
 - o la mise à disposition de points d'eau (poteaux incendie et réserve incendie) permettant de répondre aux besoins en eau nécessaires en cas d'incendie sur le site (besoins estimés à 510 m³/h, soit un volume de 1020 m³ pour une durée de 2h),
 - o la création d'un bassin étanche de 2 430 m³ équipé en sortie d'une pompe de relevage dont l'arrêt sera asservi à la détection incendie. Ce dispositif permettra de confiner l'ensemble des eaux d'extinction éventuellement générées par un incendie sur le site,
 - o la création de bassins de rétention déportés associés à des zones de collecte de 500 m² prévues au sein des cellules de stockage des liquides inflammables pour confiner d'éventuels déversements accidentels.

Ces dispositifs seront entretenus, contrôlés et maintenus dans un état de bon fonctionnement. Cette conservation d'un niveau élevé de la sécurité de l'établissement fera l'objet d'un engagement de la société SEQUOIA retranscrit au sein de sa Politique de Prévention des Accidents Majeurs (PPAM).

Analyse préliminaire des risques et évaluation des phénomènes dangereux

L'analyse préliminaire des risques a permis de mettre en évidence deux types de phénomènes dangereux susceptibles d'avoir un impact sur l'environnement local en situation accidentelle :

- un incendie d'une cellule de stockage,
- une dispersion de fumées toxiques générées par l'incendie d'une cellule de stockage.

Ces phénomènes dangereux ont fait l'objet de modélisations afin de caractériser leurs effets.

Phénomènes d'incendie

Compte tenu de la diversité des produits qui seront stockés au sein des cellules, plusieurs modélisations d'incendie ont été réalisées : en considérant une occupation du stockage avec des palettes type 1510 (produits combustibles divers), avec des palettes type 2662/2663 (produits plastiques), des palettes inflammables (liquides inflammables et éthanol) et des palettes contenant des aérosols.

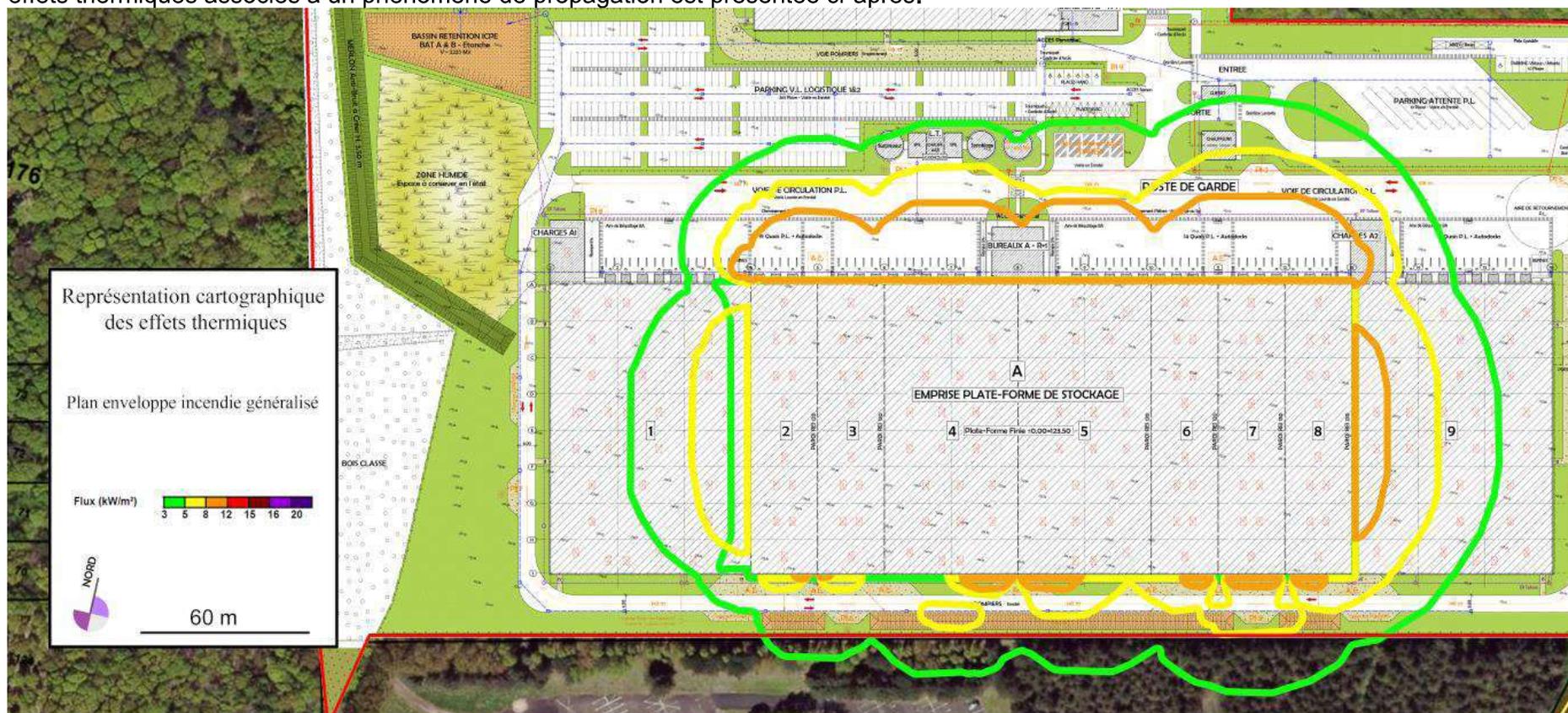
Précisons que des mesures de limitation des hauteurs de stockage suivant la nature des produits stockés (stockage de palettes type 2662/2663-polymères) et la localisation des cellules seront mises en œuvre lors de l'exploitation du site logistique ; l'objectif étant de limiter les distances d'effets afin de maintenir les effets létaux dans l'enceinte de l'établissement. Ces mesures viennent en complément des mesures physiques projetées en façades extérieures des bâtiments à l'exception des façades de quais : écrans thermiques de tenue au feu 120 minutes et 240 minutes au niveau des cellules contenant des produits inflammables.

La cartographie ci-après présente le plan enveloppe des effets thermiques associés à l'incendie d'une cellule de stockage prise individuellement en feu, et ce quel que soit la nature des produits entreposés.



Les modélisations incendie ont mis en évidence un risque de propagation aux cellules adjacentes (durée d'incendie de certaines cellules supérieure à la tenue au feu de certains murs séparatifs). Notons cependant que le logiciel de modélisation ne tient pas compte de la sollicitation réelle des murs séparatifs aux agressions thermiques (agression de la paroi dès la 1^{ère} minute d'un incendie) ainsi que des dispositifs d'intervention.

Ainsi, dans une démarche sécuritaire, des modélisations de scénarios de propagation ont été réalisées. La cartographie du plan enveloppe des effets thermiques associés à un phénomène de propagation est présentée ci-après.



Phénomènes de dispersion de fumées

Les modélisations de dispersion de fumées générées par l'incendie d'une cellule et de plusieurs cellules (en cas d'incendie généralisé) n'ont pas mis en évidence d'atteinte de seuil d'effets à hauteur d'homme.

Etude détaillée de réduction des risques

L'objectif de cette étude détaillée de réduction des risques a pour but de justifier de l'acceptabilité des phénomènes dangereux dont les effets sont susceptibles de sortir des limites de propriété, au regard des intérêts impactés et de la probabilité d'apparition de ces phénomènes.

Cette acceptabilité est déterminée en tenant compte :

- du positionnement du couple gravité / probabilité de chaque scénario au sein de la matrice d'acceptabilité définie,
- de la compatibilité des résultats avec les prescriptions applicables aux entrepôts couverts (point 2 de l'annexe II de l'arrêté ministériel du 11 avril 2017) et aux entrepôts entreposant des produits inflammables (article 3 de l'arrêté ministériel du 16 juillet 2012),
- de la maîtrise de l'urbanisation.

Les caractéristiques de chaque scénario en termes de gravité, de probabilité et de cinétique sont synthétisées ci-après.

Type d'effets	Phénomène dangereux	Gravité	Probabilité	Cinétique
Effets thermiques	Incendie de la cellule 1 contenant des palettes type 1510	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 1 contenant des palettes type 2662/2663	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 2 contenant des palettes type aérosols	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 3 contenant des palettes type aérosols	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 4 contenant des palettes type 1510	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 4 contenant des palettes type 2662/2663	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 5 contenant des palettes type 1510	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 5 contenant des palettes type 2662/2663	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 6 contenant des palettes type aérosols	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 7 contenant des palettes type aérosols	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 8 contenant des palettes type aérosols	Modérée	C	Rapide

	Incendie de la cellule 9 contenant des palettes type 1510	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 9 contenant des palettes type 2662/2663	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 10 contenant des palettes type 1510	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 10 contenant des palettes type 2662/2663	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 11 contenant des palettes type 1510	Modérée	C	Rapide
	Incendie de la cellule 11 contenant des palettes type 2662/2663	Modérée	C	Rapide
	Incendie généralisé des cellules 2 et 3 – Configuration de stockage en palette type 1510	Modérée	D	Rapide
	Incendie généralisé des cellules 2 et 3 – Configuration de stockage en palette type 2662/2663	Modérée	D	Rapide
	Incendie généralisé des cellules 4 et 5 – Configuration de stockage en palette type 1510	Modérée	D	Rapide
	Incendie généralisé des cellules 4 et 5 – Configuration de stockage en palette type 2662/2663	Modérée	D	Rapide
	Incendie généralisé des cellules 6-7 et 8 – Configuration de stockage en palette type 1510	Modérée	D	Rapide
	Incendie généralisé des cellules 6-7 et 8 – Configuration de stockage en palette type 2662/2663	Modérée	D	Rapide
	Incendie généralisé des cellules 6-7 et 8 – Configuration de stockage en palette type LI	Modérée	D	Rapide

Signification de la cotation de probabilité :

C : « Evènement improbable » : un évènement similaire a déjà été rencontré dans le 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.

D : « Evènement très improbable » : un évènement similaire s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité.

Ces scénarios sont positionnés au sein de la matrice de criticité définie ci-après. Ils ont été regroupés en deux catégories « incendie d'une cellule de stockage » et « incendie généralisé » afin permettre une bonne lisibilité.

Gravité sur les personnes exposées au risque	Probabilité				
	E	D	C	B	A
Désastreux					
Catastrophique					
Important					
Sérieux					
Modéré		Incendie généralisé	Incendie d'une cellule de stockage		

Les cases :

- « rouges » concernent des scénarios non acceptables,
- « oranges » concernent des scénarios nécessitant la mise en œuvre de mesures de maîtrise complémentaires au regard des enjeux identifiés tout en restant dans des conditions économiquement acceptables,
- « bleues » correspondent aux scénarios acceptables ne nécessitant pas la mise en place de mesures de maîtrise des risques supplémentaires.

Il ressort de cette étude que tous les scénarios sont jugés comme acceptables au regard des enjeux et de la probabilité des phénomènes associés.

De plus, il ressort des modélisations d'incendie d'une cellule de stockage que le projet est compatible avec les règles d'implantation prescrites par l'arrêté du 11 avril 2017 (arrêté ministériel relatif aux entrepôts couverts) et l'arrêté du 16 juillet 2012 (arrêté ministériel relatif aux stockages de produits inflammables au sein d'entrepôts couverts). En effet :

- les effets létaux sont confinés dans l'enceinte de l'établissement,
- les effets irréversibles impactent uniquement :
 - o des espaces verts ainsi qu'un parking de la société voisine (au Sud),
 - o des aires de circulation associées aux espaces-verts du site Amazon (à l'Est),
 - o des bois privés (à l'Ouest et au Nord).

Enfin, vis-à-vis de la maîtrise de l'urbanisation dans l'environnement proche, les préconisations envisagées consistent en une autorisation des nouvelles constructions sous réserve de ne pas augmenter la population exposée aux effets.

*Annexe 2 – Analyse du Risque Foudre et Etude technique, RG
Consultant, juillet 2020*

ANALYSE DU RISQUE Foudre SELON NF EN 62305-2

SEQUOIA GIDY (45)

**SEQUOIA
GIDY (45)**

Référence document

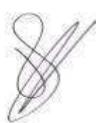
RGC 24 557

RESUME :

Ce document représente l'Analyse du Risque Foudre d'une plateforme logistique de la société **SEQUOIA** projetée sur la commune de **GIDY** dans le département du **Loiret (45)**.

Il a été rédigé au terme de la mission qui nous a été confiée par la société **ICE CONSEIL** dans le cadre de la prévention et de la protection contre le risque foudre.

Cette première étape est un des préalables pour rendre l'installation ICPE en conformité vis-à-vis de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié et de sa circulaire d'application du 24 avril 2008.

Rédacteur	Vérification	Révision
Nom : Martin GOIFFON Date : 20/07/2020 Visa 	Nom : Loïc JACQUEMOT Date : 20/07/2020 Visa 	C

DIFFUSION :

ICE CONSEIL Centre Polidesk Parc d'activités Doaren Molac 56610 ARRADON	RG CONSULTANT Arc Atlantique 8 rue Jean Jaurès 35000 Rennes Tél. : +332 30 02 79 98 Fax : +334 72 30 13 36 Email : info@rg-consultant.com
--	---

TABLE DES MODIFICATIONS

Rév	Chrono secrétariat	Date	Objet
A	RGC 24 745	25/11/2019	Analyse du Risque Foudre
B	RGC 24 745	06/12/2019	Modification des MMR
C	RGC 24745	20/07/2020	Modification du projet

LISTE DES DOCUMENTS FOURNIS PAR ICE

INTITULE	Fournis	Référence / Auteur
Etude de Dangers, dossier ICPE ou Résumé non technique	Non	
Arrêté Préfectoral (Rubrique ICPE le cas échéant)	Oui	
P.O.I (Plan d'Opération Interne)	Non	
Liste et implantation des EIPS ou MMR	Non	
Plans des réseaux enterrés (HT, BT, CFA, canalisations, terre et équipotentialité)	Non	
Synoptique Courant fort	Non	
Synoptique Courant faible	Non	
Plan de masse	Oui	APS-B du 15/07/2020
Plan de coupe	Oui	PCC.2.e du 14/11/2019
Plan des façades	Oui	PCC.2.e du 14/11/2019
Plan de zonage ATEX	Non	

L'ARF ci-après a été réalisée selon les informations et plans fournis par **ICE**, commanditaire de cette étude. En conséquence, la responsabilité de RG Consultant ne pourrait être remise en cause si :

- Les informations fournies se révèlent incomplètes ou inexactes,
- Certaines installations ou process ne nous ont pas été présentés,
- La présentation de l'entreprise est effectuée dans des conditions différentes des conditions réelles de fonctionnement,
- Des changements majeurs sont effectués postérieurement à la rédaction de ce document.

Enfin, il appartient au destinataire de l'étude de vérifier que les hypothèses prises en compte et énumérées dans le descriptif ci-après sont correctes et exhaustives.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	5
1.1 OBJET	5
2. PRESENTATION GENERALE DU SITE	6
2.1 GENERALITES	6
2.2 PERSONNEL SUR SITE	7
2.3 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FORTS	7
2.4 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FAIBLES	7
2.5 PROTECTION INCENDIE	7
2.6 MISE A LA TERRE DES INSTALLATIONS	7
2.7 CHEMINEMENTS DES RESEAUX COURANTS FORTS ET FAIBLES GENERAUX DU SITE	8
2.8 LISTE DES CANALISATIONS ENTRANTES ET SORTANTES	8
3. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES	9
3.1 TEXTES REGLEMENTAIRES	9
3.2 NORMES DE REFERENCES	9
4. MÉTHODOLOGIE	10
4.1 PRESENTATION GENERALE	10
4.2 LIMITE DE L'A.R.F	11
4.3 PRINCIPE DE L'ANALYSE PROBABILISTE : CALCUL DE R1	11
5. NATURES DES ÉVÈNEMENTS REDOUTES	14
5.1 SITUATIONS REGLEMENTAIRES	14
5.2 POTENTIELS DE DANGER	15
5.3 ZONES A RISQUES D'EXPLOSION	15
5.4 EVENEMENTS INITIATEURS	16
5.5 MESURES DE MAITRISE DES RISQUES	17
5.6 INSTALLATIONS A PRENDRE EN COMPTE DANS L'ANALYSE DE RISQUE Foudre	18
6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE Foudre	19
6.1 DONNEES GENERALES	19
6.2 ENTREPOT A	21
6.2.1 Données et caractéristiques de la structure	21
6.2.2 Données et caractéristiques des services	22
6.2.3 Données et caractéristiques de la zone	23
6.2.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)	25
6.3 ENTREPOT B	28
6.3.1 Données et caractéristiques de la structure	28
6.3.2 Données et caractéristiques des services	29
6.3.3 Données et caractéristiques de la zone	30
6.3.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)	32
7. SYNTHÈSE	35

ANNEXES

Annexe 1 : Analyse du risque foudre NF EN 62 305-2

Annexe 2 : Lexique

1. INTRODUCTION

1.1 Objet

Le futur site logistique de la société **SEQUOIA** prévu sur la commune de **GIDY** dans le département du **Loiret (45)** sera soumis à Autorisation au titre de la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et souhaite appliquer l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié et sa circulaire d'application en réalisant une Analyse de Risque Foudre.

Le but de cette analyse est d'identifier si une protection externe ou interne contre la foudre est nécessaire ou pas. Si une protection s'impose, il s'agit de ramener le risque calculé en-dessous d'un niveau maximum tolérable par la mise en œuvre de mesures de protection et de prévention.

Ce document présente les résultats de cette Analyse de Risque Foudre (ARF) conforme à la norme NF EN 62305-2.

L'Étude Technique ultérieure permettra de définir précisément les solutions de protection contre la foudre (effets directs et indirects ainsi que dispositif de prévention).

2. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU SITE

2.1 Généralités



Plan n°1 : Plan de masse du projet

Le projet, situé au sud de la commune de **Gidy** (45), sera composé de 2 bâtiments A et B, d'un poste de garde, d'un poste de transformation, d'une chaufferie, d'un local chauffeurs, d'un poste sprinkler + surpresseurs et leurs cuves, d'aires de parking et de bassins d'incendie, d'orage et de rétention.

Le Bâtiment A sera composé principalement des installations suivantes :

- Neuf cellules de stockage destinées principalement aux produits aérosols et liquides inflammables,
- Deux locaux de charge,
- Un bureau d'exploitation,
- Différentes installations techniques d'utilité (TGBT).

Le Bâtiment B sera composé principalement des installations suivantes :

- Deux cellules de stockage,
- Deux locaux de charge,
- Un bureau d'exploitation,
- Différentes installations techniques d'utilité (TGBT).

2.2 Personnel sur site

Nous estimons que le nombre de personne pouvant être rencontré en permanence est inférieur à 100 par cellule.

2.3 Caractéristiques des courants forts

Le site sera alimenté par une ligne souterraine haute tension issue du réseau ENEDIS vers un poste HT/BT au centre du site.

Le régime de neutre du site sera TNC.

2.4 Caractéristiques des courants faibles

Le site sera raccordé au réseau ORANGE via une ligne souterraine de nature inconnue vers le répartiteur général télécom sur chacun des bâtiments A et B.

Les lignes de sécurité suivantes sont données:

- Ligne report d'alarme intrusion/incendie vers société de télésurveillance,
- Ligne report alarme technique vers poste de garde depuis bâtiment A,
- Ligne report alarme technique vers poste de garde depuis bâtiment B.

2.5 Protection incendie

Les mesures de prévention et d'extinction suivantes sont projetées :

- Extincteurs et RIA,
- Surpresseur RIA,
- Murs coupe-feu \geq REI120 entre les différentes cellules,
- Extinction par sprinkler de l'ensemble des bâtiments de stockage,
- Centrale de détection gaz sur chaufferies,
- Centrale CMSI et Télétransmetteur bâtiment A,
- Centrale CMSI et Télétransmetteur bâtiment B,
- Centrale incendie miroir dans le poste de garde,
- Centrale Sprinkler dans le poste de garde,
- Poteaux et bassin incendie.

2.6 Mise à la terre des installations

Nous considérons à ce stade de l'étude qu'un réseau de terre à fond de fouille en cuivre nu de section 25mm² sera implanté conformément aux normes électriques en vigueur.

2.7 Cheminements des réseaux courants forts et faibles généraux du site

Zone	Lignes connectées			
	Longueur (m)	Nom	Relié à	Type
Entrepôt A	30	Alimentation BT	Poste HT	Souterrain
	70	Report alarme PDG	PDG	Souterrain
	1 000	Courants faibles	Orange	Souterrain
Entrepôt B	65	Alimentation BT	Poste HT	Souterrain
	45	Report alarme PDG	PDG	Souterrain
	1 000	Courants faibles	Orange	Souterrain

Lorsque la longueur d'une section de service est inconnue, on estime que $L_c = 1000$ m.

Tableau n°1 : Réseaux

2.8 Liste des canalisations entrantes et sortantes

Zone	Nom	Nature	Mise à la terre
Entrepôt A	Canalisations EU, EP, AEP	Non définie à ce stade du projet	Non définie à ce stade du projet
	Canalisation réseau de chaleur chaufferie	Non définie à ce stade du projet	Non définie à ce stade du projet
	Canalisation RIA	Non définie à ce stade du projet	Non définie à ce stade du projet
	Canalisation Sprinkler Postes source Cellules 1 à 8	Non définie à ce stade du projet	Non définie à ce stade du projet
Entrepôt B	Canalisations EU, EP, AEP	Non définie à ce stade du projet	Non définie à ce stade du projet
	Canalisation réseau de chaleur chaufferie	Non définie à ce stade du projet	Non définie à ce stade du projet
	Canalisation RIA	Non définie à ce stade du projet	Non définie à ce stade du projet
	Canalisation Sprinkler Postes source Cellules 1 à 2	Non définie à ce stade du projet	Non définie à ce stade du projet
Poste Sprinkler	Canalisation Eau local Sprinkler et RIA	Non définie à ce stade du projet	Non définie à ce stade du projet
	Canalisation Sprinkler vers Postes source Entrepôt A	Non définie à ce stade du projet	Non définie à ce stade du projet
	Canalisation Sprinkler vers Postes source Entrepôt B	Non définie à ce stade du projet	Non définie à ce stade du projet
	Canalisation RIA vers Entrepôt A	Non définie à ce stade du projet	Non définie à ce stade du projet
	Canalisation RIA vers Entrepôt B	Non définie à ce stade du projet	Non définie à ce stade du projet
Chaufferie	Canalisation gaz chaufferie	Non définie à ce stade du projet	Non définie à ce stade du projet
	Réseau de chaleur vers bâtiment A	Non définie à ce stade du projet	Non définie à ce stade du projet
	Réseau de chaleur vers bâtiment B	Non définie à ce stade du projet	Non définie à ce stade du projet

Source : Selon Retour d'expérience

Tableau n°2 : Canalisations

3. DOCUMENTS RÉGLEMENTAIRES

3.1 Textes réglementaires

Arrêté du 4 octobre 2010 modifié par **l'arrêté du 11 mai 2015** relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées pour la protection de l'environnement.

Circulaire du 24 avril 2008 relative à l'application de l'arrêté du 4 octobre 2010.

3.2 Normes de références

NF EN 62 305-1 (C 17-100-1) – juin 2006 [Protection des structures contre la foudre – partie 1 : Principes généraux].

NF EN 62 305-2 (C 17-100-2) – novembre 2006 [Protection des structures contre la foudre – partie 2 : Évaluation du risque].

NF EN 62 305-3 (C 17-100-3) – décembre 2006 [Protection des structures contre la foudre – partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains].

NF EN 62 305-4 (C 17-100-4) – décembre 2006 [Protection des structures contre la foudre – partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures].

CEI 61 643-22 – novembre 2004 [Parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunications – Principes de choix et d'application].

4. MÉTHODOLOGIE

4.1 Présentation générale

Le déroulement de l'Analyse du Risque Foudre doit être conforme à la méthodologie développée dans l'Arrêté Ministériel du 4 octobre 2010 modifié et sa circulaire d'application et comme décrit dans la norme NF EN 62 305-2.

La norme NF EN 62305-2 « Protection contre la foudre – Partie 2 : Évaluation du risque » distingue trois types essentiels de dommages pouvant apparaître à la suite d'un coup de foudre :

- D1: blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et aux tensions de pas ;
- D2: dommages physiques (incendies, explosions, destructions mécaniques, émanations - chimiques) dus au courant de foudre, y compris les étincelles dangereuses ;
- D3: défaillances des réseaux internes dues à l'impulsion électromagnétique de foudre.

Chaque type de dommage peut entraîner des pertes différentes dans la structure à protéger. Les types de perte dépendent des caractéristiques de la structure et de son contenu. 4 types de pertes sont pris en considération :

	Type de pertes		Risques tolérables (Rt)
R1	Perte de vie humaine	<	0,00001
R2	Perte de service public	<	0,001
R3	Perte d'héritage culturel	<	0,001
R4	Perte de valeurs économiques	<	0,001

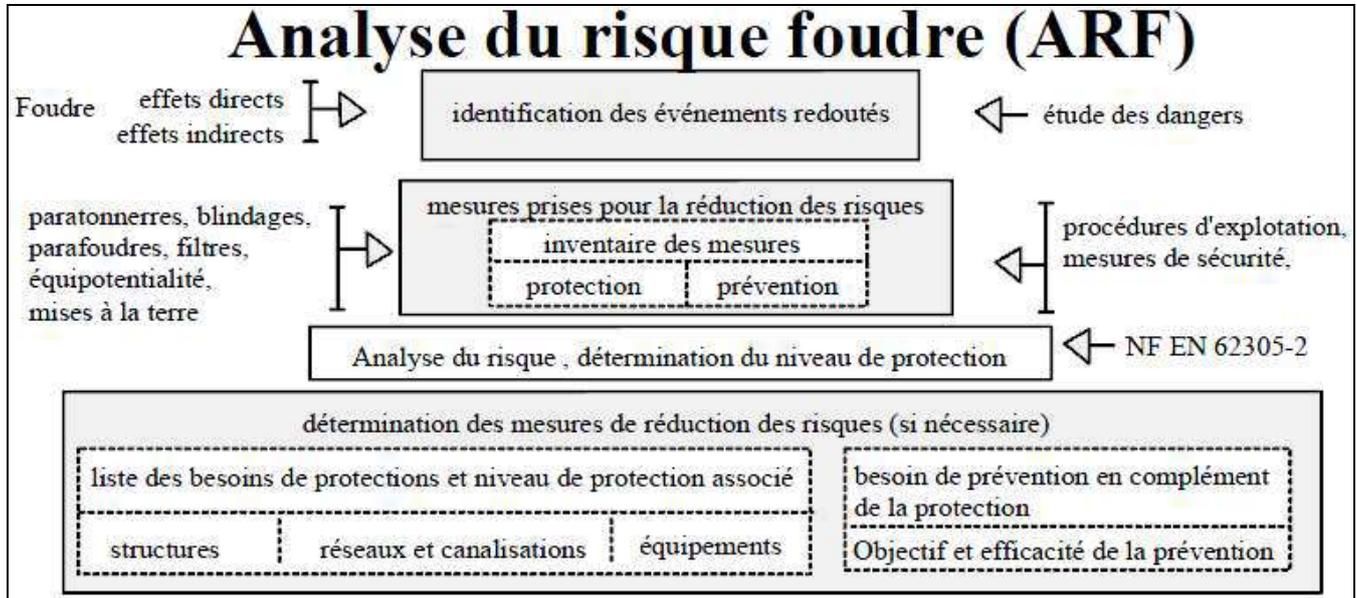
L'Analyse du Risque Foudre identifie :

- les installations qui nécessitent une protection ainsi que le niveau de protection associé ;
- les liaisons entrantes ou sortantes des structures (réseaux d'énergie, réseaux de communications, canalisations) qui nécessitent une protection ;
- la liste des équipements ou des fonctions à protéger ;
- le besoin de prévention visant à limiter la durée des situations dangereuses et l'efficacité du système de détection d'orage éventuel.

L'Analyse du Risque Foudre n'indique pas de solution technique (type de protection directe ou indirecte). La définition de la protection à mettre en place (paratonnerre, cage maillée, nombre et type de parafoudres) et les vérifications du système de protection existant sont du ressort de l'étude technique.

L'Analyse du Risque Foudre ne permet pas au responsable de l'installation de faire installer un système de protection contre la foudre car les mesures de prévention et les dispositifs de protection ne sont pas encore définis lors de cette étape.

L'Analyse du risque foudre objet de ce document se conformera au plan suivant :



4.2 Limite de l'A.R.F

Dans le cadre réglementaire de l'arrêté, seul le risque R1 (perte de vie humaine) au sens de la norme NF EN 62305-2 est étudié.

En effet :

- Le risque R2 est lié à la perte inacceptable de service public ; or aucun service public n'est touché par la dégradation éventuelle des installations concernées,
- Le risque R3 est lié à la perte d'éléments irremplaçables du patrimoine culturel ; il est habituellement évalué dans le cas de musées, d'églises ou de monuments historiques ; son intérêt n'est pas à retenir ici,
- Le risque R4 est lié à la perte économique ; il n'est pas pris en compte dans le cadre de cette analyse.

4.3 Principe de l'analyse probabiliste : Calcul de R1

- Détail du calcul

Le risque total calculé R1 est la somme des composantes des risques partiels : R_A, R_B, R_C, R_M, R_U, R_V, R_W, R_Z appropriés, voir explication ci-dessous.

$$\begin{array}{ccccccc}
 R1 & = & R_A + R_B + R_C^* & + & R_M^* & + & R_U + R_V + R_W^* & + & R_Z^* \\
 & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 & & \text{Impact sur la structure} & & \text{Impact sur le service} & & \text{Impact à proximité du service} & & \text{Impact à proximité de la structure}
 \end{array}$$

(*) : Uniquement pour les structures présentant un risque d'explosion et pour les hôpitaux et autres structures dans lesquelles des défaillances de réseaux internes peuvent mettre en danger immédiat la vie humaine.

Chaque composante de risque R_A , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W et R_Z , peut être exprimée par l'équation générale suivante :

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x$$

Où

N désigne le nombre annuel d'évènements dangereux ou de coups de foudre

P est la probabilité de dommages dus à l'un de ces coups provoquant ces dommages

L est un coefficient de pertes prenant en compte le type de dommage

Les huit composantes sont définies comme suit :

Source de dommage	Nature du risque	
Impact sur la structure (S1)	R_A	Blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et de pas
	R_B	Dommages physiques (incendie ou explosion)
	R_C	Défaillances des réseaux internes
Impact à proximité de la structure (S2)	R_M	Défaillances des réseaux internes
Impact sur un service connecté à la structure (S3)	R_U	Blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact à l'intérieur
	R_V	Dommages physiques (incendie ou explosion)
	R_W	Défaillances des réseaux internes
Impact à proximité d'un service connecté à la structure (S4)	R_Z	Défaillances des réseaux internes

- Acceptabilité du risque

La norme NF EN 62305-2 fixe la limite supérieure du risque tolérable (R_T) à 10^{-5} . Le risque de dommages causés par la foudre est calculé et comparé à cette valeur.

Lorsque la valeur est supérieure au risque acceptable des solutions de protection et/ou de prévention sont introduites dans les calculs pour réduire le risque à une valeur inférieure ou égale à la valeur limite tolérable.

Si $R_1 > R_T$

→ Il faut prévoir des mesures de protection pour réduire R_c afin qu'il soit $\leq R_T$.

Si $R_1 \leq R_T$

→ Une protection contre la foudre n'est pas nécessaire.

Pour les besoins de la présente norme, 4 niveaux de protection (I, II, III, IV), correspondant aux paramètres minimum et maximum du courant de foudre, ont été définis pour une protection efficace dans, respectivement, 98 %, 95 %, 88 % et 81 % des cas.

- Mesures de réduction des risques

Les mesures de protection pour réduire les risques sont les suivantes :

Type de dommages	Mesures
Blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et aux tensions de pas (D1)	- Isolation appropriée des éléments conducteurs exposés - Equipotentialité par un réseau de terre maillé - Restrictions physiques et panneaux d'avertissement
Dommages physiques (D2)	- Système de protection contre la foudre (SPF : IEPF-IIPF)
Défaillances des réseaux internes (D3)	- Ecrantage du câblage - Ecran magnétique - Cheminement des réseaux - Parafoudres associés ou coordonnés - Equipotentialité et mise à la terre

5. NATURES DES ÉVÈNEMENTS REDOUTÉS

5.1 Situations réglementaires

Les activités Classées au titre de la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et visées par l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié sont les suivantes :

Rubrique	Désignation de la rubrique	Régime
1510	Entrepôts couverts (stockage de matières, produits ou substances combustibles)	Autorisation
1530	Papier, carton ou matériaux combustibles analogues y compris les produits finis conditionnés (dépôt de) à l'exception des établissements recevant du public.	Autorisation
1532	Bois ou matériaux combustibles analogues y compris les produits finis conditionnés et les produits ou déchets répondant à la définition de la biomasse et visés par la rubrique 2910-A, ne relevant pas de la rubrique 1531 (stockage de), à l'exception des établissements recevant du public.	Autorisation
2662	Polymères (matières plastiques, caoutchoucs, élastomères, résines et adhésifs synthétiques) (stockage de).	Autorisation
2663-1-2	Pneumatiques et produits dont 50% au moins de la masse totale unitaire est composée de polymères (matières plastiques, caoutchoucs, élastomères, résines et adhésifs synthétiques) (stockage de)	Autorisation
1436	Liquides combustibles	Autorisation
1450	Solides inflammables	Autorisation
2910.A	Installations de combustion	Déclaration
4320	Aérosols inflammables	Autorisation
4321	Aérosols inflammables	Autorisation
4330	Liquides inflammables de catégorie 1	Autorisation
4331	Liquides inflammables de catégorie 2 ou 3	Autorisation
4755	Alcool de bouche	Autorisation
4510	Dangereux pour l'environnement aquatique de catégorie aiguë 1 ou chronique 1.	Autorisation
4511	Dangereux pour l'environnement aquatique de catégorie chronique 2.	Autorisation
4741	Les mélanges d'hypochlorite de sodium (javel)	Déclaration
2925.1	Accumulateurs (ateliers de charge d').	Déclaration

Tableau n° 3: Rubriques ICPE

Certaines de ces rubriques sont visées par l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié. Les installations qui les concernent sont donc soumises au respect des prescriptions de cet arrêté ministériel.

L'établissement sera également classé SEVESO seuil bas.

5.2 Potentiels de danger

Nous estimons qu'en raison des activités, les évènements majorants redoutés sont les suivants :

- Un incendie principalement au niveau des cellules de stockage,
- Une explosion dans une zone ATEX,
- Une contamination de l'environnement aquatique en cas de déversement de produits.

5.3 Zones à risques d'explosion

Aucune information ne nous a été transmise à ce stade de l'étude concernant les éventuelles zones ATEX sur site. Nous considérons néanmoins les zones suivantes :

- Local de charge,
- Cellules aérosols et produits inflammables,
- Chaufferie.

5.4 Evénements initiateurs

La foudre est un phénomène violent et fortement énergétique à son point d'impact.

Elle peut soit :

- **Faire exploser ou enflammer** des produits inflammables,
- **Perforer ou échauffer** des matériaux conducteurs,
- **Faire exploser** (par vaporisation de l'eau contenue) des matériaux diélectriques.

Inflammation ou explosion d'un nuage gaz
<p>Ce cas peut arriver par impact direct dans un volume de vapeur ou de gaz. La température de l'arc (30 000°) est très nettement supérieure aux températures d'inflammation et d'explosion. Il est aggravant dans toutes les zones explosibles externes.</p>
Réalisation de points chauds à l'attachement du canal de foudre sur les structures métalliques
<p>Ce cas peut arriver à l'attachement du canal de foudre sur les structures métalliques. A cet endroit (sur quelques cm²) la température est telle qu'elle entraîne une fusion du métal en présence. La durée d'activation est courte, quelques secondes. Il est aggravant si le point chaud fait tomber des particules en fusion vers des zones explosibles ou inflammables. Il est aggravant pour tous les réservoirs ou les canalisations dont l'épaisseur est inférieure à 5 mm, et à proximité des zones explosibles ou inflammables.</p>
Étincelage résultant de différences de potentiel d'éléments de structure entre eux
<p>Ce cas peut intervenir si les structures d'écoulement du courant de foudre capté et les structures métalliques proches qui sont au potentiel de la terre, sont à une distance inférieure à la distance de sécurité. Il est aggravant s'il intervient dans toute zone explosible ou inflammable, ou s'il détruit un équipement de sécurité. Il est aggravant pour les joints isolants de canalisations.</p>
Perçement de conteneur ou de canalisation
<p>Ce cas peut intervenir sur impact direct d'une canalisation métallique ou d'une cuve dont l'épaisseur n'est pas suffisante pour résister à la fusion. Il est aggravant pour tous les réservoirs ou les canalisations dont l'épaisseur est inférieure à 5 mm.</p>
Incendie ou destruction des structures d'un bâtiment
<p>Ce cas peut se produire par explosion à l'impact des matériaux non conducteurs utilisés dans la structure ou par incendie des matériaux constitutifs sur courant de suite. Il est aggravant dans le cas de structures entièrement construites avec des pierres, du bois avec un risque pour le personnel interne.</p>
Coup direct sur des éléments externes aux structures de bâtiment
<p>Ce cas concerne les lampadaires, les sirènes, les cheminées, les événements, les capteurs disposés en hauteur... Il est aggravant si ces équipements contribuent à la sécurité du site, si la collecte du courant de foudre vient à détruire un équipement IPS ou conduire à un étincelage en zone explosible ou inflammable.</p>
Surtensions électriques par effets directs ou indirects
<p>Ce cas peut intervenir en cas de circuits électriques exposés comme les lignes aériennes ou ceux présentant des boucles importantes de capture du champ électromagnétique rayonné par la foudre. Il peut intervenir également en cas de différences de potentiel de terre sur un impact de foudre proche. Il est aggravant pour les équipements qui contribuent à la sécurité du site. Il l'est surtout dans le cas de claquages ou courts-circuits qui interviendraient dans une zone explosible.</p>
Effets sur les personnes
<p>Ce cas peut intervenir en cas de coup direct ou de tension de pas ou de toucher, d'une personne exposée au voisinage d'une structure impactée. Ce cas n'est pas lié aux effets sur l'environnement mais à ceux liés à un impact direct à proximité. Il est dans tous les cas aggravant.</p>

Tableau n° 4 : Interaction foudre/équipements

5.5 Mesures de maîtrise des risques

Les équipements dont la défaillance entraîne une interruption des moyens de sécurité et provoquant ainsi des conditions aggravantes à un risque d'accident sont à prendre en compte. La liste de ces équipements est la suivante avec leur susceptibilité à la foudre :

Organes de sécurité	Susceptibilité à la foudre
CMSI Entrepôt A	Oui
CMSI Entrepôt B	Oui
Télétransmetteur pour report d'alarme incendie Entrepôt A	Oui
Télétransmetteur pour report d'alarme incendie Entrepôt B	Oui
Centrales incendie poste de garde	Oui
Centrale Sprinkler poste de garde	Oui
Centrale de détection gaz chaufferie	Oui
Onduleurs/informatique/Autocommutateurs	Oui
Vidéo-surveillance	Oui
Extincteur	Non
Surpresseur RIA	Oui
Motopompes Sprinkler et Pompes Jockey	Oui

Source : Selon infos clients.

Tableau n° 5 : Liste des équipements de sécurité

Cette liste n'est pas exhaustive et pourra être complétée par le Maître d'ouvrage.

5.6 Installations à prendre en compte dans l'analyse de risque foudre

En fonction de leurs tailles et de leurs caractéristiques, les structures sont traitées de façon statistique ou de façon déterministe. L'approche déterministe est pertinente pour les structures ouvertes ou de petites dimensions ou pour les structures métalliques (par exemple tuyauteries).

Bâtiments / Installations	Traitement statistiques selon la norme NF EN 62305-2	Traitement déterministe ¹
Entrepôt A	X	
Entrepôt B	X	
Poste de garde		X
Local Sprinkler + Surpresseur + Chaufferie		X

Méthode déterministe¹ :

Cette méthode ne prend pas en compte le risque de foudroiement local.

Par conséquent, quelle que soit la probabilité d'impact, une structure ou un équipement défini comme **Important** Pour la **Sécurité**, sera protégé si l'impact peut engendrer une conséquence sur l'environnement ou sur la sécurité des personnes.

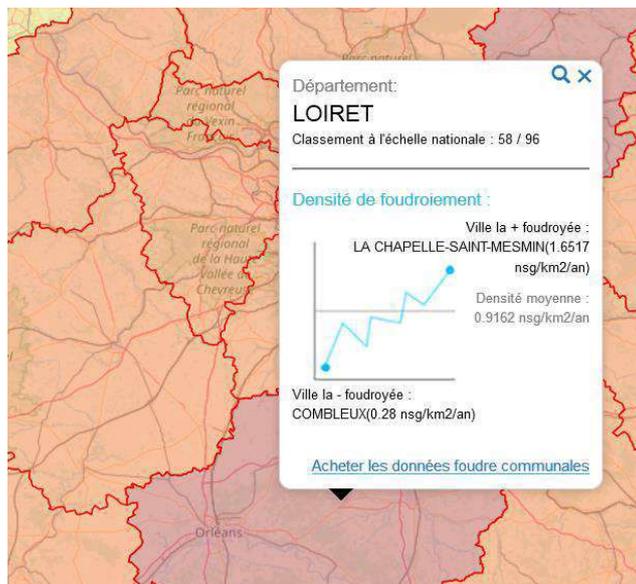
Lorsque la norme NF EN 62305-2 ne s'applique pas réellement (exemple : zone ouverte ou à risque d'impact foudre privilégié telles que les cheminées, aéro-réfrigérants racks, stockages extérieurs,...) cette méthode est choisie.

6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE Foudre

6.1 Données générales

DENOMINATION	VALEURS RETENUES
Densité moyenne de points de contact (Nsg) pour le département du Loiret (45) données fournies par la Météorage (voir carte ci -dessous)	Nsg = 0,91 (coups de foudre / km ² / an)
Résistivité du sol	500 Ωm* (valeur par défaut)

*La nature du sol par sa résistivité influe sur le niveau de perturbation conduite sur les lignes externes entrantes ou sortantes dans les zones dangereuses ou les liaisons entre équipements. Cette valeur est utilisée dans le calcul de l'ARF. La valeur au-delà de laquelle il n'y a guère d'influence est de 500 Ωm.



Carte n°1 : Nsg suivant la carte de Météorage

Définition des zones

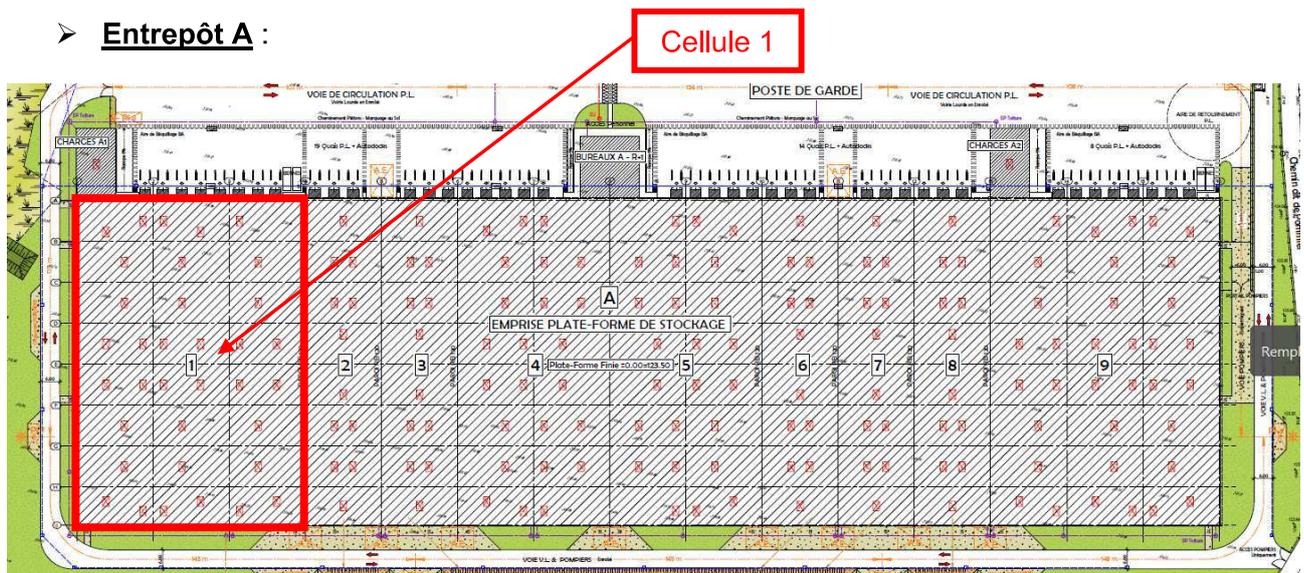
La norme NF EN 62305-2 permet le découpage des bâtiments en différentes zones, selon plusieurs conditions citées ci-dessous :

- La zone concernée est une partie verticale séparée du bâtiment,
- Le bâtiment est une structure sans risque d'explosion,
- La propagation du feu entre chaque zone du bâtiment est évitée au moyen de murs coupe-feu de 120 min (REI 120) ou au moyen d'autres mesures de protection équivalente,
- La propagation des surtensions le long des lignes communes, s'il y en a, est évitée au moyen de parafoudres installés aux points d'entrées de ces lignes dans la structure ou au moyen d'autres mesures de protection équivalentes.

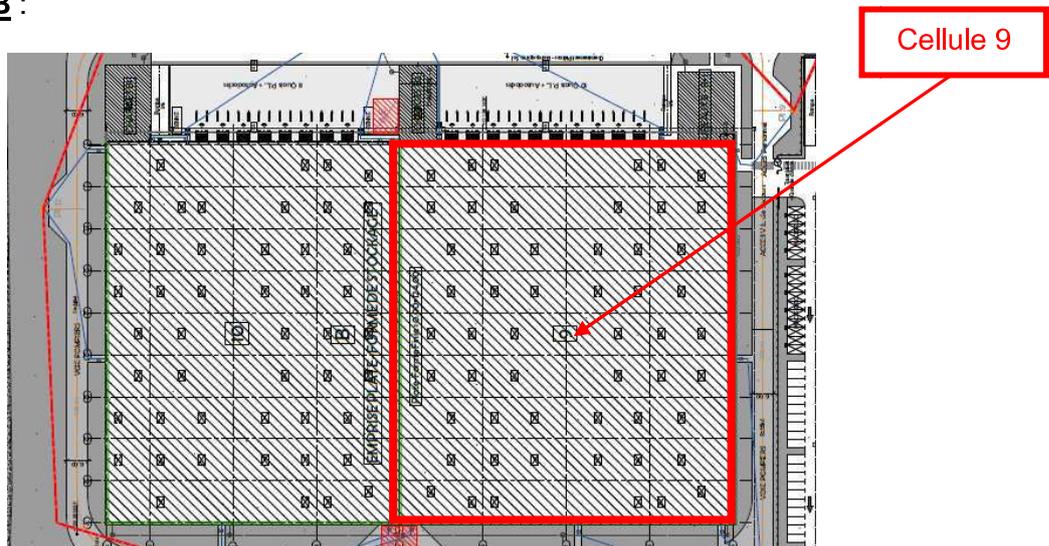
L'étude technique devra préconiser les parafoudres nécessaires afin de répondre à la dernière condition.

Les bâtiments répondant aux conditions précédentes, l'Analyse de Risque Foudre sera réalisée sur la plus grandes cellules de chaque bâtiment. Le niveau de risque obtenu sera appliqué à tout le bâtiment.

➤ **Entrepôt A :**



➤ **Entrepôt B :**



Plans n°2 et 3 : Zones prises en compte dans l'ARF

6.2 Entrepôt A

6.2.1 Données et caractéristiques de la structure

<i>Paramètres / Facteurs</i>	<i>Symbole</i>	<i>Valeurs retenues</i>	<i>Signification</i>
Dimensions	$L \times W \times H_b$	101,40 x 70,68 x 14,00	Longueur x Largeur x Hauteur
Aire équivalente	$A_{d/b}$	2,72E-02 km ²	Surface d'exposition aux impacts
Emplacement de la structure	$C_{d/b}$	0,5	Entouré d'objets plus petits
Protection existante contre les effets directs	P_B	1	Structure non protégée par SPF
Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure	K_{s1}	1	Aucun blindage

Justification des paramètres encodés

Paramètre $C_{d/b}$ (facteur d'emplacement)

Aucune structure n'a une hauteur plus importante à proximité.
Nous indiquons donc la valeur 0,5 – objet entouré par des objets plus petits.

Paramètre P_B (probabilité de dommages physiques sur une structure)

Le bâtiment n'est pas protégé par un SPF (Système de protection contre la foudre). Nous indiquons la valeur = 1

Dans un premier temps nous calculons R_1 sans mise en place d'un Système de protection foudre (SPF). S'il dépasse le risque limite R_T des solutions sont utilisées pour le rendre acceptable. On choisit les dispositifs de protection parmi ceux déjà en place.

Paramètre K_{s1} (facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure)

La zone n'est pas équipée d'un écran spatial. Nous indiquons la valeur = 1

6.2.2 Données et caractéristiques des services

Numéro de liaison	Nom de la ligne	LC	H	$L_a \times W_a \times H_a$	C_d	C_e	U_w	K_{s3}	P_{SPD}
1	Alimentation BT	30	-	12,0 x 10,0 x 8,50	0,25	0,5	4kV	0,02	1
2	Courants faibles	1 000	-	-	0,25	0,5	1,5kV	0,001	1
3	Courants faibles	70	-	12,0 x 5,0 x 7,65	0,25	0,5	1,5kV	0,001	1

Nota : Les lignes étudiées correspondent à la zone étudiées dans l'analyse de risque foudre.

Justification des paramètres encodés

Paramètre L_c (Longueur de la section du service)

La valeur indiquée correspond à la longueur de la ligne.

Nous indiquons la valeur 1000 m par défaut lorsque la longueur n'est pas connue.

Paramètres H (caractéristiques de la hauteur de la ligne)

La valeur indiquée correspond à la hauteur de la ligne aérienne.

Paramètres L_a , W_a , H_a (caractéristiques de la structure adjacente)

La valeur indiquée correspond aux dimensions du bâtiment raccordé à la ligne.

Paramètre C_d (facteur d'emplacement de ligne)

Les lignes sont enterrées, donc le reste de la structure est d'une hauteur bien plus importante, nous indiquons la valeur 0,25 – objet entouré par des objets plus hauts.

Paramètre C_e (facteur d'environnement de ligne)

Le site se situe en zone suburbaine. Nous indiquons la valeur = 0,5 – zone suburbaine.

Paramètre U_w (Tension de tenue au choc des matériels)

Selon le guide UTE C 15-443, la tension de tenue aux chocs est de 6 kV pour la ligne d'alimentation HT, 4 kV pour les lignes d'alimentation BT, 2,5 kV pour les équipements BT et de 1,5 kV pour un réseau courant faible.

Paramètre K_{s3} (Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne)

Pour la ligne de puissance, nous choisissons la valeur $K_{s3} = 0,02$ car nous considérons que c'est un câble non écrané avec surface de boucle de l'ordre de 0,5 m².

Pour la ligne courant faible, nous choisissons la valeur $K_{s3} = 0,001$, car nous considérons que c'est un câble avec écran de résistance R_s comprise entre $5 < R_s < 20$ /km relié à la liaison équipotentielle à ses deux extrémités et matériel connecté à la même liaison.

Paramètre P_{SPD} (probabilité de défaillance des réseaux internes avec l'installation de parafoudres)

Le bâtiment n'est pas protégé par des parafoudres. Nous indiquons la valeur = 1

6.2.3 Données et caractéristiques de la zone

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
Facteur de réduction associé au type de sol	r_a / r_u	0,01	Béton
Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur le service	P_{TU}	1	Aucune mesure de protection
Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur la structure	P_{TA}	1	Aucune mesure de protection
Dispositions réduisant la conséquence de feu	r_p	0,2	Automatiques
Risque d'incendie de la structure	r_f	0,1	Elevé
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	L_f	5×10^{-2}	Structure Industrielle
Présence d'un danger particulier	h_z	2	Risque faible
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	L_0	0	NA

Paramètre r_a / r_u (facteur de réduction associé au type de sol)

Type de sol ou de plancher	Résistance de contact $k\Omega'$	r_a / r_u
Agricole, béton	≤ 1	10^{-2}
Marbre, céramique	1-10	10^{-3}
Gravier, moquette, tapis	10-100	10^{-4}
Asphalte, linoléum, bois	≥ 100	10^{-5}

(1) Valeurs mesurées entre une électrode de 400cm² comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini.

Paramètre P_{TU} (probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur le service)

Nous indiquons la valeur = 1 (aucune mesure de protection).

Paramètre P_{TA} (probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur la structure)

Nous indiquons la valeur = 1 (aucune mesure de protection).

Paramètre r_p (facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie)

Le site est équipé de systèmes d'extinction automatiques. La valeur est = 0,2.

Paramètre r_f (facteur de réduction associé au risque d'incendie)

Le risque d'incendie estimé est « élevé » vu la présence de substances inflammables en quantité importante et en l'absence d'information sur la charge calorifique des produits stockés. La valeur est = 0,1.

Ce tableau, issu de la norme NF EN 62 305-2, est donné à titre indicatif afin de connaître les différents niveaux de risque d'incendie par rapport à la charge calorifique des différents produits stockés

Risque	Faible	Ordinaire	Elevé
Charge calorifique	<400MJ/m ²	400MJ/m ² < <800MJ/m ²	>800MJ/m ²

Paramètre L_f (pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques)

Type de Structure	L_f
Hôpitaux, hôtels, bâtiments civils	10 ⁻¹
Industrielle, commerciale, scolaire	5 x 10 ⁻²
Publique, églises, musées	2 x 10 ⁻²
Autres	10 ⁻²

Paramètre h_z (facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial)

Type de danger particulier	h_z
Pas de danger particulier	1
Faible niveau de panique (par exemple, structure limitée à deux étages et nombre de personnes inférieur à 100)	2
Niveau de panique moyen (par exemple, structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec nombre de personnes compris entre 100 et 1 000)	5
Difficulté d'évacuation (par exemple, structures avec personnes immobilisées)	5
Niveau de panique élevé (par exemple, structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes supérieur à 1 000)	10
Danger pour l'environnement	20
Contamination de l'environnement	50

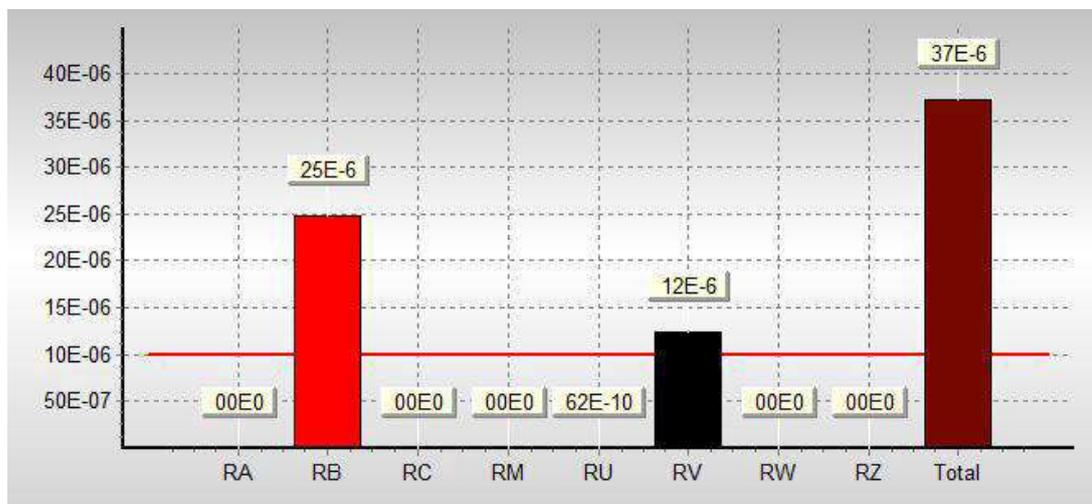
Paramètre L_o (pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes)

Aucune victime par défaillances des réseaux internes n'est à déplorer. Nous indiquons la valeur $L_o = 0$.

6.2.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)

Sans protection ou mesure de prévention

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Cellule 1	3,72 E ⁻⁵	>	1 x 10 ⁻⁵



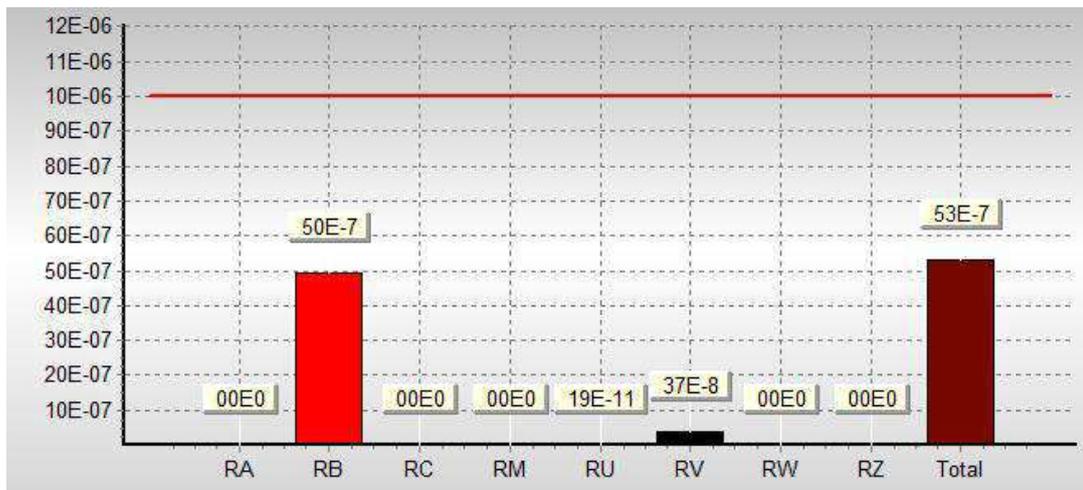
Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
0,00E+00					0,00E+00
2,48E-05					2,48E-05
0,00E+00					0,00E+00
0,00E+00					0,00E+00
6,21E-09					6,21E-09
1,24E-05					1,24E-05
0,00E+00					0,00E+00
0,00E+00					0,00E+00
3,72E-05					3,72E-05

La cellule 1 n'a pas un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable vis-à-vis de la réglementation. Il est donc nécessaire de réduire ce risque à un niveau inférieur au Risque tolérable (Rt).

Il y a donc lieu de procéder à la mise en œuvre de mesures de protection afin que le risque calculé R1 soit < risque tolérable Rt1.

Analyse **avec** protections

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Cellule 1	5,32 x 10 ⁻⁶	<	1 x 10 ⁻⁵



Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
0,00E+00					0,00E+00
4,95E-06					4,95E-06
0,00E+00					0,00E+00
0,00E+00					0,00E+00
1,86E-10					1,86E-10
3,73E-07					3,73E-07
0,00E+00					0,00E+00
0,00E+00					0,00E+00
5,32E-06					5,32E-06

La Cellule 1 a un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable vis-à-vis de la réglementation après la mise en place de protections contre la foudre.

Cette protection devra être étendue à l'ensemble du bâtiment.

Choix des mesures de protection

Les composantes de risque qui influencent le plus défavorablement le résultat sont R_B et R_V .

Caractéristiques de la structure ou du système interne	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Mesures de protection								
Surface équivalente d'exposition	X	X	X	X	X	X	X	X
Résistivité de surface du sol	X							
Résistivité du sol					X			
Restrictions physiques, isolation, avertissement, isolation équipotentielle du sol	X				X			
SPF	X ¹⁾	X	X ²⁾	X ²⁾	X ³⁾	X ³⁾		
Parafoudres coordonnés			X	X			X	X
Ecran spatial			X	X				
Réseaux externes écrantés					X	X	X	X
Réseaux internes écrantés			X	X				
Précautions de cheminement			X	X				
Réseau équipotentiel			X					
Précautions incendie		X				X		
Sensibilité au feu		X				X		
Danger particulier		X				X		
Tension de tenue aux chocs			X	X	X	X	X	X

¹⁾ Dans le cas de SPF naturel ou normalisé avec une distance entre conducteurs de descente inférieures à 10 m ou si une séparation physique n'est pas prévue, le risque lié à des blessures pour les êtres vivants dû à des tensions de contact et de pas est négligeable.

²⁾ Uniquement pour les SPF extérieurs en grille.

³⁾ En raison des équipotentialités.

Afin de réduire ces composantes sous la valeur tolérable, il faut mettre en place :

Un système de protection contre la foudre SPF de niveau IV pour les effets directs de la foudre (protection externe sur la structure) et de niveau IV pour les effets indirects de la foudre (protection interne sur les lignes de puissance et de communication).

6.3 Entrepôt B

6.3.1 Données et caractéristiques de la structure

<i>Paramètres / Facteurs</i>	<i>Symbole</i>	<i>Valeurs retenues</i>	<i>Signification</i>
Dimensions	$L \times W \times H_b$	108,90 x 94,6 x 14,00	Longueur x Largeur x Hauteur
Aire équivalente	$A_{d/b}$	3,29E-02 km ²	Surface d'exposition aux impacts
Emplacement de la structure	$C_{d/b}$	0,5	Entouré d'objets plus petits
Protection existante contre les effets directs	P_B	1	Structure non protégée par SPF
Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure	K_{s1}	1	Aucun blindage

Justification des paramètres encodés

Paramètre $C_{d/b}$ (facteur d'emplacement)

Aucune structure n'a une hauteur plus importante à proximité.
Nous indiquons donc la valeur 0,5 – objet entouré par des objets plus petits.

Paramètre P_B (probabilité de dommages physiques sur une structure)

Le bâtiment n'est pas protégé par un SPF (Système de protection contre la foudre). Nous indiquons la valeur = 1

Dans un premier temps nous calculons R_1 sans mise en place d'un Système de protection foudre (SPF). S'il dépasse le risque limite R_T des solutions sont utilisées pour le rendre acceptable. On choisit les dispositifs de protection parmi ceux déjà en place.

Paramètre K_{s1} (facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure)

La zone n'est pas équipée d'un écran spatial. Nous indiquons la valeur = 1

6.3.2 Données et caractéristiques des services

Numéro de liaison	Nom de la ligne	LC	H	$L_a \times W_a \times H_a$	C_d	C_e	U_w	K_{s3}	P_{SPD}
1	Alimentation BT	30	-	12,0 x 10,0 x 8,50	0,25	0,5	4kV	0,02	1
2	Courants faibles	1 000	-	-	0,25	0,5	1,5kV	0,001	1
3	Courants faibles	45	-	12,0 x 5,0 x 7,65	0,25	0,5	1,5kV	0,001	1

Nota : Les lignes étudiées correspondent à la zone étudiée dans l'analyse de risque foudre.

Justification des paramètres encodés

Paramètre L_c (Longueur de la section du service)

La valeur indiquée correspond à la longueur de la ligne.

Nous indiquons la valeur 1000 m par défaut lorsque la longueur n'est pas connue.

Paramètres H (caractéristiques de la hauteur de la ligne)

La valeur indiquée correspond à la hauteur de la ligne aérienne.

Paramètres L_a , W_a , H_a (caractéristiques de la structure adjacente)

La valeur indiquée correspond aux dimensions du bâtiment raccordé à la ligne.

Paramètre C_d (facteur d'emplacement de ligne)

Les lignes sont enterrées, donc le reste de la structure est d'une hauteur bien plus importante, nous indiquons la valeur 0,25 – objet entouré par des objets plus hauts.

Paramètre C_e (facteur d'environnement de ligne)

Le site se situe en zone suburbaine. Nous indiquons la valeur = 0,5 – zone suburbaine.

Paramètre U_w (Tension de tenue au choc des matériels)

Selon le guide UTE C 15-443, la tension de tenue aux chocs est de 6 kV pour la ligne d'alimentation HT, 4 kV pour les lignes d'alimentation BT, 2,5 kV pour les équipements BT et de 1,5 kV pour un réseau courant faible.

Paramètre K_{s3} (Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne)

Pour la ligne de puissance, nous choisissons la valeur $K_{s3} = 0,02$ car nous considérons que c'est un câble non écrané avec surface de boucle de l'ordre de 0,5 m².

Pour la ligne courant faible, nous choisissons la valeur $K_{s3} = 0,001$, car nous considérons que c'est un câble avec écran de résistance R_s comprise entre $5 < R_s < 20$ /km relié à la liaison équipotentielle à ses deux extrémités et matériel connecté à la même liaison.

Paramètre P_{SPD} (probabilité de défaillance des réseaux internes avec l'installation de parafoudres)

Le bâtiment n'est pas protégé par des parafoudres. Nous indiquons la valeur = 1

6.3.3 Données et caractéristiques de la zone

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
Facteur de réduction associé au type de sol	r_a / r_u	0,01	Béton
Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur le service	P_{TU}	1	Aucune mesure de protection
Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur la structure	P_{TA}	1	Aucune mesure de protection
Dispositions réduisant la conséquence de feu	r_p	0,2	Automatiques
Risque d'incendie de la structure	r_f	0,1	Elevé
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	L_f	5×10^{-2}	Structure Industrielle
Présence d'un danger particulier	h_z	2	Risque faible
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	L_0	0	NA

Paramètre r_a / r_u (facteur de réduction associé au type de sol)

Type de sol ou de plancher	Résistance de contact $k\Omega'$	r_a / r_u
Agricole, béton	≤ 1	10^{-2}
Marbre, céramique	1-10	10^{-3}
Gravier, moquette, tapis	10-100	10^{-4}
Asphalte, linoléum, bois	≥ 100	10^{-5}

(2) Valeurs mesurées entre une électrode de 400cm² comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini.

Paramètre P_{TU} (probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur le service)

Nous indiquons la valeur = 1 (aucune mesure de protection).

Paramètre P_{TA} (probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur la structure)

Nous indiquons la valeur = 1 (aucune mesure de protection).

Paramètre r_p (facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie)

Le site est équipé de systèmes d'extinction automatiques. La valeur est = 0,2.

Paramètre r_f (facteur de réduction associé au risque d'incendie)

Le risque d'incendie estimé est « élevé » vu la présence de substances inflammables en quantité importante et en l'absence d'information sur la charge calorifique des produits stockés. La valeur est = 0,1.

Ce tableau, issu de la norme NF EN 62 305-2, est donné à titre indicatif afin de connaître les différents niveaux de risque d'incendie par rapport à la charge calorifique des différents produits stockés

Risque	Faible	Ordinaire	Elevé
Charge calorifique	<400MJ/m ²	400MJ/m ² < <800MJ/m ²	>800MJ/m ²

Paramètre L_f (pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques)

Type de Structure	L_f
Hôpitaux, hôtels, bâtiments civils	10 ⁻¹
Industrielle, commerciale, scolaire	5 x 10 ⁻²
Publique, églises, musées	2 x 10 ⁻²
Autres	10 ⁻²

Paramètre h_z (facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial)

Type de danger particulier	h_z
Pas de danger particulier	1
Faible niveau de panique (par exemple, structure limitée à deux étages et nombre de personnes inférieur à 100)	2
Niveau de panique moyen (par exemple, structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec nombre de personnes compris entre 100 et 1 000)	5
Difficulté d'évacuation (par exemple, structures avec personnes immobilisées)	5
Niveau de panique élevé (par exemple, structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes supérieur à 1 000)	10
Danger pour l'environnement	20
Contamination de l'environnement	50

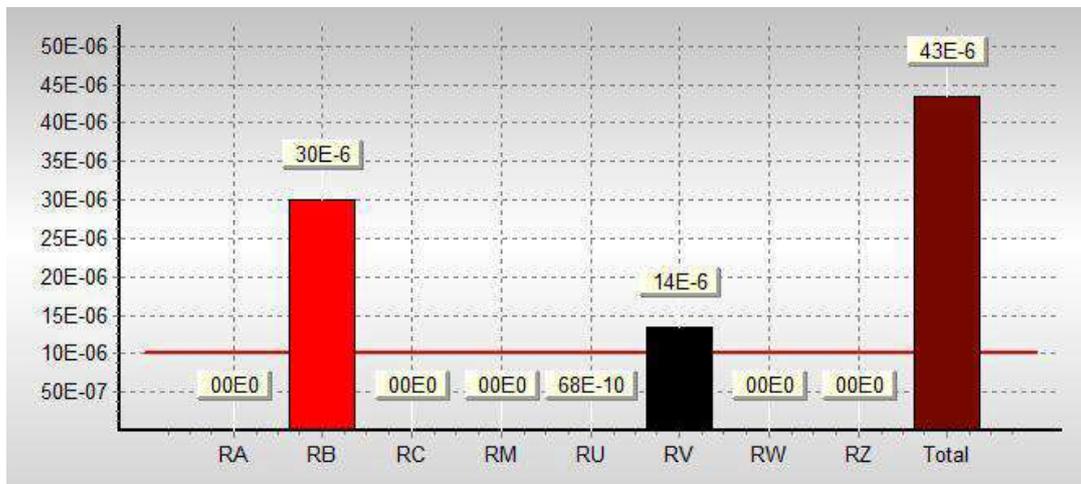
Paramètre L_o (pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes)

Aucune victime par défaillances des réseaux internes n'est à déplorer. Nous indiquons la valeur $L_o = 0$.

6.3.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)

Sans protection ou mesure de prévention

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Cellule 9	4,34 E ⁻⁵	>	1 x 10 ⁻⁵



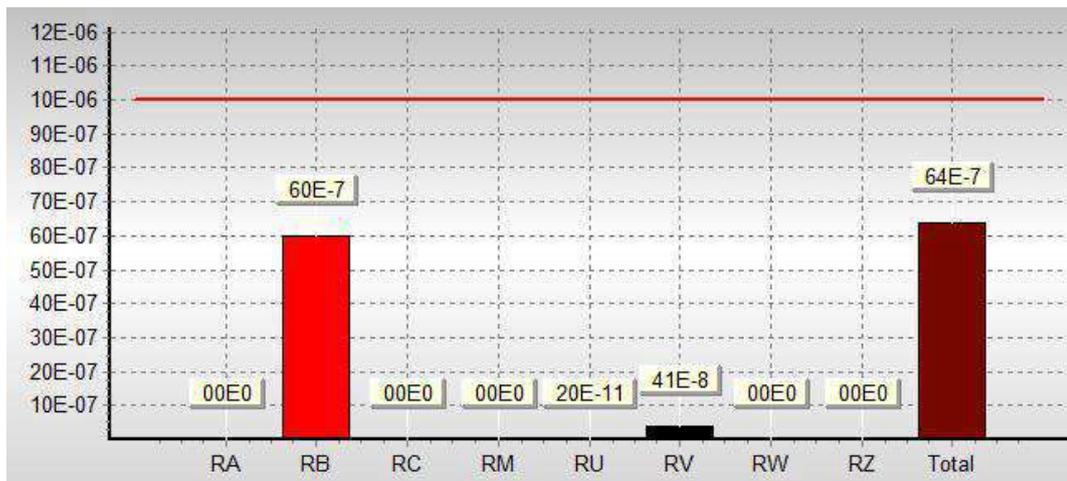
Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
0,00E+00					0,00E+00
2,99E-05					2,99E-05
0,00E+00					0,00E+00
0,00E+00					0,00E+00
6,76E-09					6,76E-09
1,35E-05					1,35E-05
0,00E+00					0,00E+00
0,00E+00					0,00E+00
4,34E-05					4,34E-05

La cellule 9 n'a pas un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable vis-à-vis de la réglementation. Il est donc nécessaire de réduire ce risque à un niveau inférieur au Risque tolérable (Rt).

Il y a donc lieu de procéder à la mise en œuvre de mesures de protection afin que le risque calculé R1 soit < risque tolérable Rt1.

Analyse **avec** protections

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Cellule 9	$6,40 \times 10^{-6}$	<	1×10^{-5}



Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
0,00E+00					0,00E+00
5,99E-06					5,99E-06
0,00E+00					0,00E+00
0,00E+00					0,00E+00
2,03E-10					2,03E-10
4,05E-07					4,05E-07
0,00E+00					0,00E+00
0,00E+00					0,00E+00
6,40E-06					6,40E-06

La Cellule 9 a un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable vis-à-vis de la réglementation après la mise en place de protections contre la foudre.

Cette protection devra être étendue à l'ensemble du bâtiment.

Choix des mesures de protection

Les composantes de risque qui influencent le plus défavorablement le résultat sont R_B et R_V .

Caractéristiques de la structure ou du système interne	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Mesures de protection								
Surface équivalente d'exposition	X	X	X	X	X	X	X	X
Résistivité de surface du sol	X							
Résistivité du sol					X			
Restrictions physiques, isolation, avertissement, isolation équipotentielle du sol	X				X			
SPF	X ¹⁾	X	X ²⁾	X ²⁾	X ³⁾	X ³⁾		
Parafoudres coordonnés			X	X			X	X
Ecran spatial			X	X				
Réseaux externes écrantés					X	X	X	X
Réseaux internes écrantés			X	X				
Précautions de cheminement			X	X				
Réseau équipotentiel			X					
Précautions incendie		X				X		
Sensibilité au feu		X				X		
Danger particulier		X				X		
Tension de tenue aux chocs			X	X	X	X	X	X

¹⁾ Dans le cas de SPF naturel ou normalisé avec une distance entre conducteurs de descente inférieures à 10 m ou si une séparation physique n'est pas prévue, le risque lié à des blessures pour les êtres vivants dû à des tensions de contact et de pas est négligeable.

²⁾ Uniquement pour les SPF extérieurs en grille.

³⁾ En raison des équipotentialités.

Afin de réduire ces composantes sous la valeur tolérable, il faut mettre en place :

Un système de protection contre la foudre SPF de niveau IV pour les effets directs de la foudre (protection externe sur la structure) et de niveau IV pour les effets indirects de la foudre (protection interne sur les lignes de puissance et de communication).

7. SYNTHÈSE

Cette Analyse de Risque Foudre a permis d'évaluer les risques et de déterminer les niveaux de protection à mettre en œuvre.

Le tableau suivant synthétise les mesures de protection à mettre en place :

<i>Structure</i>	<i>Protection effets directs</i>	<i>Protection effets indirects</i>
<i>Entrepôt A</i>	Protection de niveau IV	Protection de niveau IV
<i>Entrepôt B</i>	Protection de niveau IV	Protection de niveau IV
<i>Poste de garde</i>	Sans Objet	Protection de niveau IV
<i>Poste Sprinkler + Surpresseur</i>	Sans Objet	Protection de niveau IV
<i>MMR</i>	Sans Objet	A protéger par des parafoudres de type 2 pour les différents MMR.
<i>Canalisations métalliques</i>	Liaison équipotentielle à prévoir pour l'ensemble des canalisations références.	Sans Objet

La présence de mur coupe-feu 2 heures permet la séparation des blocs. Des parafoudres type 1 + 2 devront être installés sur les lignes transitant entre les blocs.

Prévention : L'Analyse de Risque Foudre ne prévoit pas la mise en place d'une procédure de Prévention pendant les périodes orageuses.

L'Étude Technique, deuxième étape de la réglementation, permettra d'établir les préconisations spécifiques de protection contre les effets directs et indirects nécessaires. Elle apportera également des conseils vis-à-vis de la démarche de prévention.

NOTA :

« Une installation de protection contre la foudre, conçue et installée conformément aux présentes normes, ne peut assurer la protection absolue des structures, des personnes et des biens, et de l'Environnement. Néanmoins, l'application de celles-ci doit réduire de façon significative les risques de dégâts dus à la foudre sur les équipements, structures et des hommes ».

ANNEXE 1

Analyse du Risque Foudre

NF EN 62305-2

**L'analyse de risque est effectuée à l'aide du logiciel JUPITER VERSION 2.0
conforme à la norme NF EN 62305-2**

RAPPORT TECHNIQUE

Protection contre la foudre

Évaluation des risques Sélection des mesures de protection

Information sur le projeteur

Nom : Martin GOIFFON
Adresse : 8 rue Jean Jaurès
Ville : Rennes
Code postal : 35000
Pays : FR
Raison sociale : RG CONSULTANT - Arc Atlantique
Numéro Qualifoudre : 071179534036

Client:

Client : ICE CONSEIL
Description de la structure : SEQUOIA
Ville : GIDY (45)

ENTREPÔT A

INDEX

1. CONTENU DU DOCUMENT
2. NORMES TECHNIQUES
3. STRUCTURE A PROTEGER
4. DONNEES D'ENTREES
 - 4.1 Densité de foudroiement.
 - 4.2 Données de la structure.
 - 4.3 Données des lignes électriques.
 - 4.4 Définition et caractéristiques des zones
5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES
6. EVALUATION DES RISQUES
 - 6.1 Risque R_1 perte en vies humaines
 - 6.1.1 Calcul du risque R_1
 - 6.1.2 Evaluation des risques R_1
7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION
8. CONCLUSIONS
9. APPENDICES
10. ANNEXES

1. CONTENU DU DOCUMENT

Ce document contient :

- Evaluation du risque par rapport à la foudre ;
- le projet de conception des mesures de protection requises.

2. NORMES TECHNIQUES

Ce document porte sur les normes suivantes:

- EN 62305-1: Protection contre la foudre. Partie 1: Principes généraux
mars 2006;
- EN 62305-2: Protection contre la foudre. Partie 2: Evaluation des risques
mars 2006;
- EN 62305-3: Protection contre la foudre. Partie 3: Dommages physiques à des structures et des risques de la vie
mars 2006;
- EN 62305-4: Protection contre la foudre. Partie 4: Systèmes électriques et électroniques au sein des structures
mars 2006;

3. STRUCTURE A PROTEGER

Il est important de définir la partie de la structure à protéger dans le but de définir les dimensions et les caractéristiques destinées à être utilisées pour le calcul des surfaces d'exposition.

La structure à protéger est l'ensemble d'un bâtiment, physiquement séparé des autres constructions. Ainsi, les dimensions et les caractéristiques de la structure à considérer sont les mêmes que l'ensemble de la structure (art. A.2.1.2 -- norme EN 62305-2).

4. DONNEES D'ENTREES

4.1 Densité de foudroiement

Densité de foudroiement dans la ville de où se trouve la structure :

$$N_g = 0,9 \text{ coup de foudre/km}^2 \text{ année}$$

4.2 Données de la structure

Les dimensions maximales de la structure sont :
A (m): 101,4 B (m): 70,7 H (m): 14

Le type de structure usuel est : Industrielle
La structure pourrait être soumise à :
- perte de vie humaine

L'évaluation du besoin de protection contre la foudre, conformément à la norme EN 62305-2, doit être calculé :
- risque R1;

L'analyse économique, utile pour vérifier le rapport coût-efficacité des mesures de protection, n'a pas été exécuté parce que pas expressément requis par le client.

4.3 Données des lignes électriques

La structure est desservi par les lignes électriques suivantes:
- Ligne de puissance: CFO
- Ligne Telecom: CFA
- Ligne Telecom: CFA

Les caractéristiques des lignes électriques sont décrites à l'Annexe *Caractéristiques des lignes électriques*.

4.4 Définition et caractéristiques des zones

Se référant à:

- murs existants avec une résistance au feu de 120 min;
- Pièces déjà protégées ou qui devraient être opportun de protéger contre LEMP (impulsion électromagnétique de la foudre);
- type de sol à l'extérieur de la structure, le type de revêtement à l'intérieur de la structure et présence possible de personnes;
- autres caractéristiques de la structure, comme la disposition des réseaux internes et des mesures de protection existantes;

sont définies les zones suivantes :

Z1: Structure

Les caractéristiques des zones, valeurs moyennes des pertes , le type de risque et les composants connexes sont présentées dans l'Appendice *Caractéristiques des zones*.

5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES

La surface d'exposition A_d due à des coups de foudre directes sur la structure est calculée avec la méthode analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.2.

La surface d'exposition A_m due à des coups de foudre à proximité de la structure, qui pourrait endommager les réseaux internes par des surtensions induites, est calculée avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.3.

Les surfaces d'exposition A_l et A_i pour chaque ligne électrique sont calculées avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.4.

Les valeurs des surfaces d'expositions (A) et du nombre annuel d'événements dangereux (N) sont présentées dans l'Appendice *Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux*.

Les valeurs de la probabilité de dommage (P) servant à calculer les composantes du risque sélectionné sont indiquées à l'appendice *Valeurs de la probabilité d'endommagement de la structure non protégée*.

6. EVALUATION DES RISQUES

6.1 Risque R1: pertes en vies humaines

6.1.1 Calcul de R1

Les valeurs des composantes du risque et la valeur du risque R1 sont listées ci-dessous.

Z1: Structure

RB: 2,48E-05

RC: 0,00E+00

RM: 0,00E+00

RU(cfo): 7,47E-10

RV(cfo): 1,49E-06

RW(cfo): 0,00E+00

RZ(cfo): 0,00E+00

RU(cfa): 4,87E-09

RV(cfa): 9,75E-06

RW(cfa): 0,00E+00

RZ(cfa): 0,00E+00

RU(cfa): 5,93E-10

RV(cfa): 1,19E-06

RW(cfa): 0,00E+00

RZ(cfa): 0,00E+00

Total: 3,72E-05

Valeur du risque total R1 pour la structure : 3,72E-05

6.1.2 Analyse du risque R1

Le risque total $R1 = 3,72E-05$ est plus grand que le risque tolérable $RT = 1E-05$, et il est donc nécessaire de choisir les mesures de protection afin de la réduire. Composantes du risque qui constituent le risque R1, indiquées en pourcentage du risque R1 pour la structure, sont énumérées ci-dessous.

Z1 - Structure

RD = 66,5639 %

RI = 33,4361 %

Total = 100 %

RS = 0,0167 %

RF = 99,9833 %

RO = 0 %

Total = 100 %

où:

- RD = RA + RB + RC

- RI = RM + RU + RV + RW + RZ

- RS = RA + RU

- RF = RB + RV

- RO = RM + RC + RW + RZ

et :

- RD est le risque dû aux coups de foudre frappant la structure

- RI est le risque dû aux coups de foudre ayant une influence sur la structure bien que ne la frappant pas directement

- RS est le risque dû aux blessures des êtres vivants

- RF est le risque dû aux dommages physiques

- RO est le risque dû aux défaillances des réseaux internes.

Les valeurs énumérées ci-dessus, montrent que le risque R1 de la structure est essentiellement présent dans les zones suivantes :

Z1 - Structure (100 %)

- essentiellement due à dommages physiques

- principalement en raison de coups de foudre frappant la structure et coups de foudre influençant la structure, mais ne la frappant pas directement

- la principale contribution à la valeur du risque R1 à l'intérieur de la zone est déterminée suivant

les composantes du risque :

RB = 66,5639 %

dommages physiques dus à des coups de foudre frappant la structure

RV (cfa) = 26,2114 %

dommages physiques dus à des coups de foudre frappant la ligne

7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION

Afin de réduire le risque R1 au-dessous du risque tolérable $RT = 1E-05$, il est nécessaire d'agir sur les éléments de risque suivants:

- RB dans les zones:
 - Z1 - Structure
- RV dans les zones:
 - Z1 - Structure

en utilisant au moins une des mesures de protection possibles suivantes:

- pour la composante du risque B:
 - 1) Paratonnerre
 - 2) Protections contre les incendies manuelles ou automatiques
- pour la composante du risque V:
 - 1) Paratonnerre
 - 2) Parafoudre à l'entrée de la ligne
 - 3) Protections contre les incendies manuelles ou automatiques
 - 4) L'augmentation de la tension de tenue des équipements

Afin de protéger la structure les mesures de protection suivantes sont sélectionnées:

- installer un Paratonnerre de niveau IV ($P_b = 0,2$)
- Pour la ligne Ligne1 - CFO:
 - Parafoudre d'entrée - niveau: IV
- Pour la ligne Ligne2 - CFA:
 - Parafoudre d'entrée - niveau: IV
- Pour la ligne Ligne3 - CFA:
 - Parafoudre d'entrée - niveau: IV

Le risque R4 n'a pas été évalué parce que le client n'a pas demandé d'analyse économique.

Les mesures de protection sélectionnées modifient les paramètres et composantes du risque. Les valeurs des paramètres du risque liées à la structure protégée sont énumérés ci-dessous.

Zone Z1: Structure

$P_a = 1,00E+00$

$P_b = 0,2$

$P_c (cfo) = 1,00E+00$

$P_c (cfa) = 1,00E+00$

$P_c (cfa) = 1,00E+00$

$P_c = 1,00E+00$

$P_m (cfo) = 1,00E-04$

$P_m (cfa) = 1,00E-04$

$P_m (cfa) = 1,00E-04$

$P_m = 3,00E-04$

P_u (cfo) = 3,00E-02
 P_v (cfo) = 3,00E-02
 P_w (cfo) = 1,00E+00
 P_z (cfo) = 2,00E-01
 P_u (cfa) = 3,00E-02
 P_v (cfa) = 3,00E-02
 P_w (cfa) = 1,00E+00
 P_z (cfa) = 1,00E+00
 P_u (cfa) = 3,00E-02
 P_v (cfa) = 3,00E-02
 P_w (cfa) = 1,00E+00
 P_z (cfa) = 1,50E-01
 r_a = 0,01
 r_p = 0,2
 r_f = 0,1
 h = 2

Risque R1: pertes en vies humaines

Les valeurs des composantes de risque pour la structure protégées sont énumérées ci-dessous.

Z1: Structure
RB: 4,95E-06
RC: 0,00E+00
RM: 0,00E+00
RU(cfo): 2,24E-11
RV(cfo): 4,48E-08
RW(cfo): 0,00E+00
RZ(cfo): 0,00E+00
RU(cfa): 1,46E-10
RV(cfa): 2,92E-07
RW(cfa): 0,00E+00
RZ(cfa): 0,00E+00
RU(cfa): 1,78E-11
RV(cfa): 3,56E-08
RW(cfa): 0,00E+00
RZ(cfa): 0,00E+00
Total: 5,32E-06

Valeur du risque total R1 pour la structure : 5,32E-06

8. CONCLUSIONS

Après la mise en place des mesures de protection (qui doivent être correctement conçus), l'évaluation du risque est :

Risque inférieur au risque tolérable: R1

SELON LA NORME EN 62305-2 LA STRUCTURE EST PROTEGE CONTRE LA Foudre.

Date 20/07/2020

Cachet et signature

9. APPENDICES

APPENDICE - Type de structure

Dimensions: A (m): 101,4 B (m): 70,7 H (m): 14

Facteur d'emplacement: Entouré d'objets plus petits ($C_d = 0,5$)

Blindage de structure : Aucun bouclier équence de foudroiement ($1/\text{km}^2 \text{ an}$) $N_g = 0,91$

APPENDICE - Caractéristiques électriques des lignes

Caractéristiques des lignes: CFO

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée

Longueur (m) $L_c = 30$

résistivité (ohm.m) $\rho = 500$

Facteur d'emplacement (C_d): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental (C_e): suburbains ($h < 10 \text{ m}$)

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 12 B (m): 10 H (m): 8,5

Facteur d'emplacement de la structure adjacente (C_d): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: CFA

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Signal enterrée

Longueur (m) $L_c = 1000$

résistivité (ohm.m) $\rho = 500$

Facteur d'emplacement (C_d): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental (C_e): suburbains ($h < 10 \text{ m}$)

Caractéristiques des lignes: CFA

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Signal enterrée

Longueur (m) $L_c = 70$

résistivité (ohm.m) $\rho = 500$

Facteur d'emplacement (C_d): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental (Ce): suburbains ($h < 10$ m)
 Blindage (ohm / km) connecté à la même bar équipotentielle de l'équipement: $5 < R \leq 20$ ohm/km
 Dimensions de la structure adjacente: A (m): 12 B (m): 5 H (m): 7,65
 Facteur d'emplacement de la structure adjacente (Cd): Entouré d'objets plus hauts

APPENDICE - Caractéristiques des zones

Caractéristiques de la zone: Structure

Type de zone: Intérieur

Type de surface: Béton ($r_u = 0,01$)

Risque d'incendie: élevé ($r_f = 0,1$)

Danger particulier: Niveau de panique faible ($h = 2$)

Protections contre le feu: actionnés automatiquement ($r_p = 0,2$)

zone de protection: Aucun bouclier

Protection contre les tensions de contact: aucune des mesures de protection

Réseaux interne cfo

Connecté à la ligne CFO

câblage: superficie de boucle de l'ordre de $0,5 \text{ m}^2$ ($K_{s3} = 0,02$)

Tension de tenue: 4,0 kV

Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ($P_{spd} = 1$)

Réseaux interne cfa

Connecté à la ligne CFA

câblage: câble blindé $5 < R \leq 20$ ohm / km ($K_{s3} = 0,001$)

Tension de tenue: 1,5 kV

Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ($P_{spd} = 1$)

Réseaux interne cfa

Connecté à la ligne CFA

câblage: câble blindé $5 < R \leq 20$ ohm / km ($K_{s3} = 0,001$)

Tension de tenue: 1,5 kV

Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ($P_{spd} = 1$)

Valeur moyenne des pertes pour la zone: Structure

Pertes dues aux tensions de contact (liées à R1) $L_t = 0,0001$

Pertes en raison des dommages physiques (liées à R1) $L_f = 0,05$

Pertes dues à la défaillance des réseaux internes (liées à la R1) = L_o0

Risque et composantes du risque pour la zone: Structure

Risque 1: R_b R_c R_m R_u R_v R_w R_z

APPENDICE - Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux.

Structure

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes sur la structure $A_d = 2,72E-02 \text{ km}^2$

Surface d'exposition due aux coups de foudre à proximité de la structure $A_m = 2,89E-01 \text{ km}^2$

Nombre annuel d'événements dangereux à cause des coups de foudre directes sur la structure $N_d = 1,24E-02$

Nombre annuel d'événements dangereux en raison de coups de foudre à proximité de la structure $N_m = 2,51E-01$

Lignes électriques

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes (A_l) et aux coups de foudre à proximité (A_i) des lignes:

CFO

$A_l = 0,000000 \text{ km}^2$

$A_i = 0,016771 \text{ km}^2$

CFA

$A_l = 0,021422 \text{ km}^2$

$A_i = 0,559017 \text{ km}^2$

CFA

$A_l = 0,000113 \text{ km}^2$

$A_i = 0,039131 \text{ km}^2$

Nombre annuel d'événements dangereux dû aux coups de foudre directes (N_l), et aux coups de foudre à proximité (N_i) des lignes:

CFO

$N_l = 0,000000$

$N_i = 0,007631$

CFA

$N_l = 0,004873$

$N_i = 0,254353$

CFA

$N_l = 0,000026$

$N_i = 0,017805$

APPENDICE - Probabilité d'endommagement de la structure non protégée

Zone Z1: Structure

$P_a = 1,00E+00$

$P_b = 1,0$

$P_c \text{ (cfo)} = 1,00E+00$

$P_c \text{ (cfa)} = 1,00E+00$

$P_c \text{ (cfa)} = 1,00E+00$

$P_c = 1,00E+00$

$P_m \text{ (cfo)} = 1,00E-04$

$P_m \text{ (cfa)} = 1,00E-04$

$P_m \text{ (cfa)} = 1,00E-04$

$P_m = 3,00E-04$

$P_u \text{ (cfo)} = 1,00E+00$

$P_v \text{ (cfo)} = 1,00E+00$

$P_w \text{ (cfo)} = 1,00E+00$

$P_z \text{ (cfo)} = 2,00E-01$

$P_u \text{ (cfa)} = 1,00E+00$

$P_v \text{ (cfa)} = 1,00E+00$

$P_w \text{ (cfa)} = 1,00E+00$

$P_z \text{ (cfa)} = 1,00E+00$

$P_u \text{ (cfa)} = 1,00E+00$

$P_v \text{ (cfa)} = 1,00E+00$

$P_w \text{ (cfa)} = 1,00E+00$

$P_z \text{ (cfa)} = 1,50E-01$

ENTREPÔT B

INDEX

1. CONTENU DU DOCUMENT
2. NORMES TECHNIQUES
3. STRUCTURE A PROTEGER
4. DONNEES D'ENTREES
 - 4.1 Densité de foudroiemnt.
 - 4.2 Données de la structure.
 - 4.3 Données des lignes électriques.
 - 4.4 Définition et caractéristiques des zones
5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES
6. EVALUATION DES RISQUES
 - 6.1 Risque R_1 perte en vies humaines
 - 6.1.1 Calcul du risque R_1
 - 6.1.2 Evaluation des risques R_1
7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION
8. CONCLUSIONS
9. APPENDICES
10. ANNEXES

1. CONTENU DU DOCUMENT

Ce document contient :

- Evaluation du risque par rapport à la foudre ;
- le projet de conception des mesures de protection requises.

2. NORMES TECHNIQUES

Ce document porte sur les normes suivantes:

- EN 62305-1: Protection contre la foudre. Partie 1: Principes généraux
mars 2006;
- EN 62305-2: Protection contre la foudre. Partie 2: Evaluation des risques
mars 2006;
- EN 62305-3: Protection contre la foudre. Partie 3: Dommages physiques à des structures et des risques de la vie
mars 2006;
- EN 62305-4: Protection contre la foudre. Partie 4: Systèmes électriques et électroniques au sein des structures
mars 2006;

3. STRUCTURE A PROTEGER

Il est important de définir la partie de la structure à protéger dans le but de définir les dimensions et les caractéristiques destinées à être utilisées pour le calcul des surfaces d'exposition.

La structure à protéger est l'ensemble d'un bâtiment, physiquement séparé des autres constructions. Ainsi, les dimensions et les caractéristiques de la structure à considérer sont les mêmes que l'ensemble de la structure (art. A.2.1.2 -- norme EN 62305-2).

4. DONNEES D'ENTREES

4.1 Densité de foudroiement

Densité de foudroiement dans la ville de où se trouve la structure :

$$N_g = 0,9 \text{ coup de foudre/km}^2 \text{ année}$$

4.2 Données de la structure

Les dimensions maximales de la structure sont :

A (m): 108,9 B (m): 94,6 H (m): 14

Le type de structure usuel est : Industrielle

La structure pourrait être soumise à :

- perte de vie humaine

L'évaluation du besoin de protection contre la foudre, conformément à la norme EN 62305-2, doit être calculé :

- risque R1;

L'analyse économique, utile pour vérifier le rapport coût-efficacité des mesures de protection, n'a pas été exécuté parce que pas expressément requis par le client.

4.3 Données des lignes électriques

La structure est desservi par les lignes électriques suivantes:

- Ligne de puissance: Arrivée BT
- Ligne Telecom: Arrivée Télécom
- Ligne Telecom: Report alarme

Les caractéristiques des lignes électriques sont décrites à l'Annexe *Caractéristiques des lignes électriques*.

4.4 Définition et caractéristiques des zones

Se référant à:

- murs existants avec une résistance au feu de 120 min;
- Pièces déjà protégées ou qui devraient être opportun de protéger contre LEMP (impulsion électromagnétique de la foudre);
- type de sol à l'extérieur de la structure, le type de revêtement à l'intérieur de la structure et présence possible de personnes;
- autres caractéristiques de la structure, comme la disposition des réseaux internes et des mesures de protection existantes;

sont définies les zones suivantes :

Z1: Structure

Les caractéristiques des zones, valeurs moyennes des pertes , le type de risque et les composants connexes sont présentées dans l'Appendice *Caractéristiques des zones*.

5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES

La surface d'exposition A_d due à des coups de foudre directes sur la structure est calculée avec la méthode analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.2.

La surface d'exposition A_m due à des coups de foudre à proximité de la structure, qui pourrait endommager les réseaux internes par des surtensions induites, est calculée avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.3.

Les surfaces d'exposition A_l et A_i pour chaque ligne électrique sont calculées avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.4.

Les valeurs des surfaces d'expositions (A) et du nombre annuel d'événements dangereux (N) sont présentées dans l'Appendice *Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux*.

Les valeurs de la probabilité de dommage (P) servant à calculer les composantes du risque sélectionné sont indiquées à l'appendice *Valeurs de la probabilité d'endommagement de la structure non protégée*.

6. EVALUATION DES RISQUES

6.1 Risque R1: pertes en vies humaines

6.1.1 Calcul de R1

Les valeurs des composantes du risque et la valeur du risque R1 sont listées ci-dessous.

Z1: Structure
RB: 2,99E-05
RC: 0,00E+00
RM: 0,00E+00
RU(CFO): 7,47E-10
RV(CFO): 1,49E-06
RW(CFO): 0,00E+00
RZ(CFO): 0,00E+00
RU(CFA): 4,87E-09
RV(CFA): 9,75E-06
RW(CFA): 0,00E+00
RZ(CFA): 0,00E+00
RU(CFA): 1,13E-09
RV(CFA): 2,27E-06
RW(CFA): 0,00E+00
RZ(CFA): 0,00E+00
Total: 4,34E-05

Valeur du risque total R1 pour la structure : 4,34E-05

6.1.2 Analyse du risque R1

Le risque total R1 = 4,34E-05 est plus grand que le risque tolérable RT = 1E-05, et il est donc nécessaire de choisir les mesures de protection afin de le réduire. Les composantes du risque qui constituent le risque R1, indiquées en pourcentage du risque R1 pour la structure, sont énumérées ci-dessous.

Z1 - Structure

RD = 68,8944 %

RI = 31,1056 %

Total = 100 %

RS = 0,0155 %

RF = 99,9845 %

RO = 0 %

Total = 100 %

où:

- RD = RA + RB + RC
- RI = RM + RU + RV + RW + RZ
- RS = RA + RU
- RF = RB + RV
- RO = RM + RC + RW + RZ

et :

- RD est le risque dû aux coups de foudre frappant la structure
- RI est le risque dû aux coups de foudre ayant une influence sur la structure bien que ne la frappant pas directement
- RS est le risque dû aux blessures des êtres vivants
- RF est le risque dû aux dommages physiques
- RO est le risque dû aux défaillances des réseaux internes.

Les valeurs énumérées ci-dessus, montrent que le risque R1 de la structure est essentiellement présent dans les zones suivantes :

Z1 - Structure (100 %)

- essentiellement due à dommages physiques
- principalement en raison de coups de foudre frappant la structure et coups de foudre influençant la structure, mais ne la frappant pas directement
- la principale contribution à la valeur du risque R1 à l'intérieur de la zone est déterminée suivant

les composantes du risque :

RB = 68,8944 %

dommages physiques dus à des coups de foudre frappant la structure

RV (CFA) = 22,4289 %

dommages physiques dus à des coups de foudre frappant la ligne

7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION

Afin de réduire le risque R1 au-dessous du risque tolérable $RT = 1E-05$, il est nécessaire d'agir sur les éléments de risque suivants:

- RB dans les zones:
 - Z1 - Structure
- RV dans les zones:
 - Z1 - Structure

en utilisant au moins une des mesures de protection possibles suivantes:

- pour la composante du risque B:
 - 1) Paratonnerre
 - 2) Protections contre les incendies manuelles ou automatiques
- pour la composante du risque V:
 - 1) Paratonnerre
 - 2) Parafoudre à l'entrée de la ligne
 - 3) Protections contre les incendies manuelles ou automatiques
 - 4) L'augmentation de la tension de tenue des équipements

Afin de protéger la structure les mesures de protection suivantes sont sélectionnées:

- installer un Paratonnerre de niveau IV ($P_b = 0,2$)
- Pour la ligne Ligne1 - Arrivée BT:
 - Parafoudre d'entrée - niveau: IV
- Pour la ligne Ligne2 - Arrivée Télécom:
 - Parafoudre d'entrée - niveau: IV
- Pour la ligne Ligne3 - Report alarme:
 - Parafoudre d'entrée - niveau: IV

Le risque R4 n'a pas été évalué parce que le client n'a pas demandé d'analyse économique.

Les mesures de protection sélectionnées modifient les paramètres et composantes du risque. Les valeurs des paramètres du risque liées à la structure protégée sont énumérés ci-dessous.

Zone Z1: Structure

$P_a = 1,00E+00$

$P_b = 0,2$

P_c (CFO) = $1,00E+00$

P_c (CFA) = $1,00E+00$

P_c (CFA) = $1,00E+00$

$P_c = 1,00E+00$

P_m (CFO) = $1,00E-04$

P_m (CFA) = $1,00E-04$

P_m (CFA) = $1,00E-04$

$P_m = 3,00E-04$

P_u (CFO) = 3,00E-02
 P_v (CFO) = 3,00E-02
 P_w (CFO) = 1,00E+00
 P_z (CFO) = 2,00E-01
 P_u (CFA) = 3,00E-02
 P_v (CFA) = 3,00E-02
 P_w (CFA) = 1,00E+00
 P_z (CFA) = 1,50E-01
 P_u (CFA) = 3,00E-02
 P_v (CFA) = 3,00E-02
 P_w (CFA) = 1,00E+00
 P_z (CFA) = 1,00E+00
 $r_a = 0,01$
 $r_p = 0,2$
 $r_f = 0,1$
 $h = 2$

Risque R1: pertes en vies humaines

Les valeurs des composantes de risque pour la structure protégées sont énumérées ci-dessous.

Z1: Structure
 RB: 5,99E-06
 RC: 0,00E+00
 RM: 0,00E+00
 RU(CFO): 2,24E-11
 RV(CFO): 4,48E-08
 RW(CFO): 0,00E+00
 RZ(CFO): 0,00E+00
 RU(CFA): 1,46E-10
 RV(CFA): 2,92E-07
 RW(CFA): 0,00E+00
 RZ(CFA): 0,00E+00
 RU(CFA): 3,40E-11
 RV(CFA): 6,81E-08
 RW(CFA): 0,00E+00
 RZ(CFA): 0,00E+00
 Total: 6,40E-06

Valeur du risque total R1 pour la structure : 6,40E-06

8. CONCLUSIONS

Après la mise en place des mesures de protection (qui doivent être correctement conçus), l'évaluation du risque est :

Risque inférieur au risque tolérable:R1

SELON LA NORME EN 62305-2 LA STRUCTURE EST PROTEGE CONTRE LA Foudre.

Date 28/11/2019

Cachet et signature

9. APPENDICES

APPENDICE - Type de structure

Dimensions: A (m): 108,9 B (m): 94,6 H (m): 14

Facteur d'emplacement: Entouré d'objets plus petits ($C_d = 0,5$)

Blindage de structure :Aucun bouclier équivalence de foudroiement ($1/\text{km}^2 \text{ an}$) $N_g = 0,91$

APPENDICE - Caractéristiques électriques des lignes

Caractéristiques des lignes: Arrivée BT

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée

Longueur (m) $L_c = 65$

résistivité (ohm.m) $\rho = 500$

Facteur d'emplacement (C_d): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental (C_e): suburbains ($h < 10 \text{ m}$)

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 12 B (m): 10 H (m): 8,5

Facteur d'emplacement de la structure adjacente (C_d): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: Arrivée Télécom

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Signal enterrée

Longueur (m) $L_c = 1000$

résistivité (ohm.m) $\rho = 500$

Facteur d'emplacement (C_d): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental (C_e): suburbains ($h < 10 \text{ m}$)

Blindage (ohm / km)connecté à la même bar équipotentielle de l'équipement: $5 < R \leq 20 \text{ ohm/km}$

Caractéristiques des lignes: Report alarme
L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Signal enterrée
Longueur (m) $L_c = 45$
résistivité (ohm.m) $\rho = 500$
Facteur d'emplacement (Cd): Entouré d'objets plus hauts
Facteur environnemental (Ce): suburbains ($h < 10$ m)
Dimensions de la structure adjacente: A (m): 12 B (m): 5 H (m): 7,65
Facteur d'emplacement de la structure adjacente (Cd): Entouré d'objets plus petits

APPENDICE - Caractéristiques des zones

Caractéristiques de la zone: Structure
Type de zone: Intérieur
Type de surface: Béton ($r_u = 0,01$)
Risque d'incendie: élevé ($r_f = 0,1$)
Danger particulier: Niveau de panique faible ($h = 2$)
Protections contre le feu: actionnés automatiquement ($r_p = 0,2$)
zone de protection: Aucun bouclier
Protection contre les tensions de contact: aucune des mesures de protection

Réseaux interneCFO

Connecté à la ligne Arrivée BT
câblage: superficie de boucle de l'ordre de $0,5 \text{ m}^2$ ($K_{s3} = 0,02$)
Tension de tenue: 4,0 kV
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ($P_{spd} = 1$)

Réseaux interneCFA

Connecté à la ligne Arrivée Télécom
câblage: câble blindé $5 < R \leq 20$ ohm / km ($K_{s3} = 0,001$)
Tension de tenue: 1,5 kV
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ($P_{spd} = 1$)

Réseaux interneCFA

Connecté à la ligne Report alarme
câblage: câble blindé $5 < R \leq 20$ ohm / km ($K_{s3} = 0,001$)
Tension de tenue: 1,5 kV
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ($P_{spd} = 1$)

Valeur moyenne des pertes pour la zone: Structure
Pertes dues aux tensions de contact (liées à R1) $L_t = 0,0001$
Pertes en raison des dommages physiques (liées à R1) $L_f = 0,05$
Pertes dues à la défaillance des réseaux internes (liées à la R1) = L_o0

Risque et composantes du risque pour la zone: Structure
Risque 1: R_b R_c R_m R_u R_v R_w R_z

APPENDICE - Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux.

Structure

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes sur la structure $A_d = 3,29E-02 \text{ km}^2$

Surface d'exposition due aux coups de foudre à proximité de la structure $A_m = 3,08E-01 \text{ km}^2$

Nombre annuel d'événements dangereux à cause des coups de foudre directes sur la structure $N_d = 1,50E-02$

Nombre annuel d'événements dangereux en raison de coups de foudre à proximité de la structure $N_m = 2,65E-01$

Lignes électriques

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes (A_l) et aux coups de foudre à proximité (A_i) des lignes:

Arrivée BT

$A_l = 0,000000 \text{ km}^2$

$A_i = 0,036336 \text{ km}^2$

Arrivée Télécom

$A_l = 0,021422 \text{ km}^2$

$A_i = 0,559017 \text{ km}^2$

Report alarme

$A_l = 0,000000 \text{ km}^2$

$A_i = 0,025156 \text{ km}^2$

Nombre annuel d'événements dangereux dû aux coups de foudre directes (N_l), et aux coups de foudre à proximité (N_i) des lignes:

Arrivée BT

$N_l = 0,000000$

$N_i = 0,016533$

Arrivée Télécom

$N_l = 0,004873$

$N_i = 0,254353$

Report alarme

$N_l = 0,000000$

$N_i = 0,011446$

APPENDICE - Probabilité d'endommagement de la structure non protégée

Zone Z1: Structure

$P_a = 1,00E+00$

$P_b = 1,0$

P_c (CFO) = $1,00E+00$

P_c (CFA) = $1,00E+00$

P_c (CFA) = $1,00E+00$

$P_c = 1,00E+00$

P_m (CFO) = $1,00E-04$

P_m (CFA) = $1,00E-04$

P_m (CFA) = $1,00E-04$

$P_m = 3,00E-04$

P_u (CFO) = $1,00E+00$

P_v (CFO) = $1,00E+00$

P_w (CFO) = $1,00E+00$

P_z (CFO) = $2,00E-01$

P_u (CFA) = $1,00E+00$

P_v (CFA) = $1,00E+00$

P_w (CFA) = $1,00E+00$

P_z (CFA) = $1,50E-01$

P_u (CFA) = $1,00E+00$

P_v (CFA) = $1,00E+00$

P_w (CFA) = $1,00E+00$

P_z (CFA) = $1,00E+00$

ANNEXE 2

Lexique

Armatures d'acier interconnectées	Armatures d'acier à l'intérieur d'une structure, considérées comme assurant une continuité électrique.
Barre d'équipotentialité	Barre permettant de relier à l'installation de protection contre la foudre les équipements métalliques, les masses, les lignes électriques et de télécommunications et d'autres câbles.
Borne ou barrette de coupure	Dispositif conçu et placé de manière à faciliter les essais et mesures électriques des éléments de l'installation de protection contre la foudre.
Conducteur (masse) de référence	Système de conducteurs servant de référence de potentiel à d'autres conducteurs. On parle souvent du "zéro volt".
Conducteur d'équipotentialité	Conducteur permettant d'assurer l'équipotentialité.
Conducteur de descente	Conducteur chargé d'écouler à la terre le courant d'un coup de foudre direct. Il relie le dispositif de capture au réseau de terre.
Conducteur de protection (PE)	Conducteur destiné à relier les masses pour garantir la sécurité des personnes contre les chocs électriques.
Coup de foudre	Impact simple ou multiple de la foudre au sol.
Coup de foudre direct	Impact qui frappe directement la structure ou son installation de protection contre la foudre.
Coup de foudre indirect	Impact qui frappe à proximité de la structure et entraînant des effets conduits et induits dans et vers la structure.
Couplage	Mode de transmission d'une perturbation électromagnétique de la source à un circuit victime.
Dispositif de capture	Partie de l'installation extérieure de protection contre la foudre destinée à capter les coups de foudre directs.
Distance de séparation	Distance minimale entre deux éléments conducteurs à l'intérieur de l'espace à protéger, telle qu'aucune étincelle dangereuse ne puisse se produire entre eux.
Effet de couronne ou Corona	Ensemble des phénomènes d'ionisation liés au champ électrique au voisinage d'un conducteur ou d'une pointe.

Effet réducteur	Réduction des perturbations HF par la proximité du conducteur victime avec la masse. L'effet réducteur est le rapport de l'amplitude de la perturbation collectée par un câble non blindé ou loin des masses à celle collectée par le même câble blindé ou installé contre un conducteur de masse.
Electrode de terre	Elément ou ensemble d'éléments de la prise de terre assurant un contact électrique direct avec la terre et dissipant le courant de décharge atmosphérique dans cette dernière.
Equipements métalliques	Eléments métalliques répartis dans l'espace à protéger, pouvant écouler une partie du courant de décharge atmosphérique tels que canalisations, escaliers, guides d'ascenseur, conduits de ventilation, de chauffage et d'air conditionné, armatures d'acier interconnectées.
Etincelle dangereuse (étincelage)	Décharge électrique inadmissible, provoquée par le courant de décharge atmosphérique à l'intérieur du volume à protéger.
Foudre	Décharge électrique aérienne, accompagnée d'une vive lumière (éclair) et d'une violente détonation (tonnerre).
Installation de Protection contre la Foudre (I.P.F.)	Installation complète, permettant de protéger une structure contre les effets de la foudre. Elle comprend à la fois une installation extérieure (I.E.P.F.) et une installation intérieure de protection contre la foudre (I.I.P.F.)
Liaison équipotentielle	Eléments d'une installation réduisant les différences de potentiels entre masse et élément conducteur.
Mode commun (MC)	Un courant de mode commun circule dans le même sens sur tous les conducteurs d'un câble. La différence de potentiels (d.d.p.) de MC d'un câble est celle entre le potentiel moyen de ses conducteurs et la masse. Le mode commun est aussi appelé mode longitudinal parallèle ou asymétrique.
Mode différentiel (MD)	Un courant de mode différentiel circule en opposition de phase sur les deux fils d'une liaison filaire, il ne se referme donc pas dans les masse. Une différence de potentiels (d.d.p.) de MD se mesure entre le conducteur signal et son retour. Le mode différentiel est aussi appelé mode normal, symétrique ou série.

Niveau de protection	Terme de classification d'une installation de protection contre la foudre exprimant son efficacité.
Parafoudre ou parasurtenseur	Dispositif destiné à limiter les surtensions transitoires et à dériver les ondes de courant entre deux éléments à l'intérieur de l'espace à protéger, tels que les éclateurs ou les dispositifs semi-conducteurs.
Paratonnerre	Appareil destiné à préserver les bâtiments contre les effets directs de la foudre.
P.D.A	Paratonnerre équipé d'un système électrique ou électronique générant une avance à l'amorçage. Ce gain moyen s'exprime en microseconde.
Point d'impact	Point où un coup de foudre frappe la terre, une structure ou une installation de protection contre la foudre.
Prise de terre	Partie de l'installation extérieure de protection contre la foudre destinée à conduire et à dissiper le courant de décharge atmosphérique à la terre.
Régime de neutre	<p>Il caractérise le mode de raccordement à la terre du neutre du secondaire du transformateur source et les moyens de mise à la terre des masses de l'installation. Il est défini par deux lettres:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La première indique la position du neutre par rapport à la terre: I: neutre isolé ou relié à la terre à travers une impédance T: neutre directement à la terre • La deuxième précise la nature de la liaison masse-terre: T: masses reliées directement à la terre (en général à une prise de terre distincte de celle du neutre) N: masses reliées au point neutre, soit par l'intermédiaire d'un conducteur de protection lui-même relié à la prise de terre du neutre (N-S), soit par l'intermédiaire du conducteur de neutre lui-même (N-C).
Réseau de masse	Ensemble des conducteurs d'un site reliés entre eux. Il se compose habituellement des conducteurs de protection, des bâtis, des chemins de câbles, des canalisations et des structures métalliques.
Réseau de terre	Ensemble des conducteurs enterrés servant à écouler dans la terre les courants externes en mode commun. Un réseau de terre doit être unique, équipotentiel et maillé.

Résistance de terre

Résistance entre un réseau de terre et un "point de référence suffisamment éloigné". Exprimée en Ohms (Ω), elle n'a pas, contrairement au maillage des masses, d'influence sur l'équipotentialité du site.

Surface équivalente

Surface de sol plat qui recevrait le même nombre d'impacts que la structure ou le bâtiment en question. Cette surface est toujours plus grande que la seule emprise au sol de l'ensemble à protéger. On la détermine en pratique en entourant fictivement le périmètre de cet ensemble par une bande horizontale, dont la largeur est égale à trois fois sa hauteur. Elle peut ensuite être corrigée en tenant compte des objets environnants : arbres, autres structures, susceptibles de dévier un coup de foudre vers eux.

Surtension

Variation importante de faible durée de la tension.

Tension de mode commun

Tension mesurée entre deux fils interconnectés et un potentiel de référence (voir mode commun).

Tension différentielle

Tension mesurée entre deux fils actifs (voir mode différentiel).

Tension résiduelle d'un parafoudre

Tension qui apparaît sur une sortie d'un parafoudre pendant le passage du courant de décharge.

TGBT

Tableau Général Basse Tension

Traceur

Predécharge progressant à travers l'air et formant un canal faiblement ionisé.