



INSTALLATIONS CLASSEES POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Pièce 04 ANNEXE 01 NOTE MODELISATIONS FLUX THERMIQUES - FLUMILOG

MM INVEST

ZAC de la Malterie 2,
36130 MONTIERCHAUME, France

Affaire 22-075/DDE/AG/03-23

NOTE FLUMILOG

SOMMAIRE

I.	INTRODUCTION	2
I.1.	PRESENTATION DE LA METHODE DE CALCUL FLUMILOG	2
I.2.	PRINCIPE GENERAL	4
I.3.	ECHELLE UTILISEE SUR LES MODELISATIONS.....	4
I.4.	HAUTEUR CIBLE	4
II.	SCENARII MODELISES ET PARAMETRES PHYSIQUES UTILISES.....	5
II.1.	TYPLOGIES DE STOCKAGE ETUDIEES	5
II.2.	PROPAGATION	5
II.3.	SCENARII MODELISES	6
II.4.	CARACTERISTIQUES TECHNIQUES UTILISEES.....	6
II.4.1	<i>Dimensions</i>	<i>6</i>
II.4.2	<i>Toiture</i>	<i>7</i>
II.4.3	<i>Disposition des murs coupe-feu et des écrans thermiques.....</i>	<i>8</i>
II.4.4	<i>Caractéristiques des parois.....</i>	<i>9</i>
II.4.5	<i>Caractéristiques de stockage.....</i>	<i>9</i>
II.4.6	<i>Caractéristiques des matières stockées.....</i>	<i>10</i>
III.	RESULTATS	11
III.1.	STOCKAGE DE PRODUITS 1510 – CELLULES PAR CELLULES.....	11
III.1.	STOCKAGE DE PRODUITS 2662 – CELLULES PAR CELLULES.....	12
III.2.	STOCKAGE DE PRODUITS 1510 – INCENDIE GENERALISE	13
IV.	CONCLUSION	14

Tableaux

Tableau 1 : Dimensions des cellules	6
Tableau 2 : Caractéristiques de la toiture.....	7
Tableau 3 : Caractéristiques des parois	9
Tableau 4 : Principales grandeurs caractéristiques.....	9
Tableau 5 : Caractérisation des palettes 1510 et 2662.....	10

Figures

Figure 1 : Principe de la méthode	3
Figure 2 : Liste des scénarii modélisés.....	6
Figure 4 : Emplacement des murs coupe-feu et des écrans thermiques	8
Figure 5 : Dispositions des stockages.....	9
Figure 6 : Flux thermiques perçus pour un stockage de produits 1510 en racks – Cellules par cellules ..	11
Figure 7 : Flux thermiques perçus pour un stockage de produits 2662 en racks – Cellules par cellules ..	12
Figure 8 : Flux thermiques perçus pour un stockage de produits 1510 en racks – Incendie généralisé...	13

I. Introduction

L'objectif de la présente étude est de déterminer les flux thermiques perçus, en cas d'incendie, par les différentes surfaces exposées à ces rayonnements. Un des objectifs est notamment de quantifier les flux thermiques amenés à sortir des limites de propriété.

Pour l'incendie des cellules de stockage de produit combustible, la modélisation a été réalisée à partir de la méthode de calcul FLUMilog V5.6.1.0 (outil de calcul V5.6).

I.1. Présentation de la méthode de calcul FLUMilog

La méthode, développée par l'INERIS, le CNPP, le CTICM, l'IRSN et EFECTIS France basée sur des essais grandeur réelle, concerne principalement les entrepôts entrant dans les rubriques 1510, 1511, 1530, 1532, 2662 et 2663 de la nomenclature ICPE et plus globalement aux rubriques comportant des combustibles solides. Le logiciel intègre également la possibilité de modéliser l'incendie de produits liquides inflammables.

L'ensemble de ces produits est modélisable pour une cellule unique ou jusqu'à 3 en cas de propagation de l'incendie d'une cellule à l'autre. En revanche, il n'est possible d'associer qu'une unique typologie de produit par cellule étudiée.

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

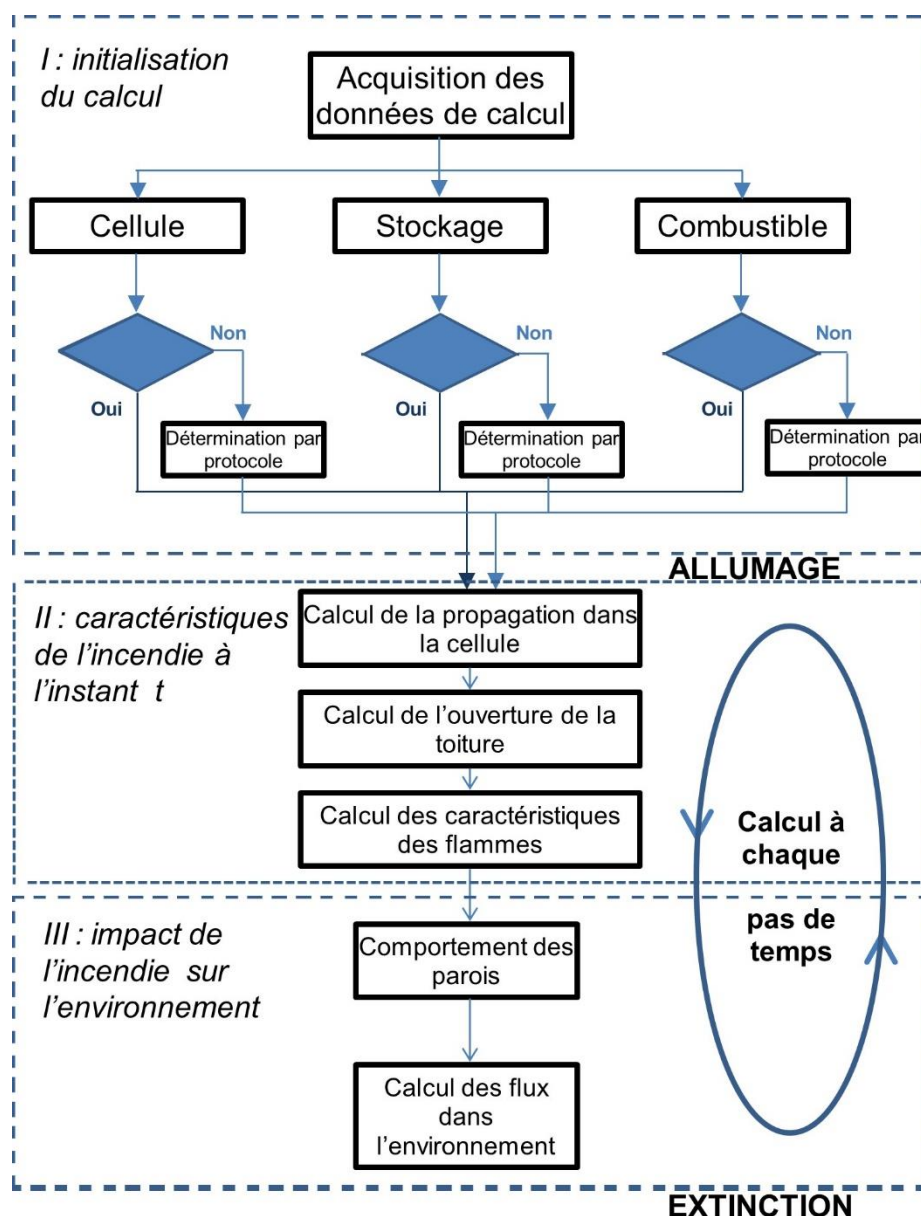


Figure 1 : Principe de la méthode

Les différentes étapes sont :

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

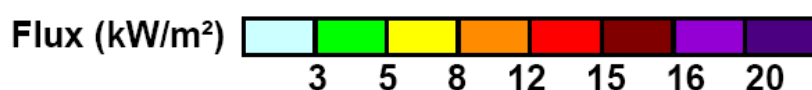
I.2.Principe général

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

- **8 kW/m²** pour le seuil des **effets domino** correspondant au seuil de dégâts grave sur les structures,
- **5 kW/m²** pour le seuil des **effets létaux** délimitant la zone des dangers graves pour la vie humaine,
- **3 kW/m²** pour le seuil des **effets irréversibles** délimitant la zone des dangers significatifs pour la vie humaine.

I.3.Echelle utilisée sur les modélisations

L'échelle utilisée pour ces modélisations est la suivante :



Ainsi sont considérés comme :

- Flux de **8 kW/m²**, les flux orange, ces derniers étant compris entre 8 et 12 kW/m²,
- Flux de **5 kW/m²**, les flux jaune, ces derniers étant compris entre 5 et 8 kW/m²,
- Flux de **3 kW/m²**, les flux vert, ces derniers étant compris entre 3 et 5 kW/m².

I.4.Hauteur cible

La hauteur cible à laquelle est ressenti les flux thermique et prise classiquement à 1,8 m de hauteur. Elle correspond à la taille humaine. Dans la présente étude, l'ensemble des modélisations est réalisé sur la base de cette hauteur cible.

II. Scénarii modélisés et paramètres physiques utilisés

II.1. Typologies de stockage étudiées

Le bâtiment objet de la présente étude est constitué d'une cellule pouvant accueillir des produits classés sous les rubriques :

- 1510 – Produits combustibles en mélange,
- 1530 – Produits à base de papier/carton,
- 1532 – Produits à base de bois,
- 2663-1 et 2663-2 – Produits à base de plastique,
- 2662 – Produits à base de matières premières plastiques,

A noter qu'au regard de la diversité des produits stockables, et de leur typologie d'incendie relativement proche, le bâtiment ne sera classé que sous la rubrique 1510, cette rubrique regroupant l'ensemble des autres.

Afin de modéliser au mieux l'incendie des différentes cellules, chaque cellule sera modélisée sur la base d'une palette type 1510 et 2662 (longueur de 1,2 m, largeur de 0,8 m et hauteur de 1,5 m).

En effet, la palette type 1510 est une palette enveloppe englobant un mélange moyen de produits avec moins de 50 % de plastique. Elle permet donc de modéliser un stockage en mélange correspondant aux rubriques 1510/1530/1532.

La palette 2662 est une palette composée à plus de 50 % de plastique et produisant des flux plus importants que la palette 1510. Elle permet de modéliser un stockage de plastique.

Ainsi en modélisant l'incendie d'un stockage 1510 et 2662, les incendies moyens et majorants sont pris en compte.

II.2. Propagation

L'incendie d'une cellule composée de palettes type 2662 génère un incendie de **moins de 2h** (113 et 116 minutes).

L'incendie d'une cellule composée de palettes type 1510 génère un incendie de **plus de 2h** (146 et 150 minutes).

Un incendie de cellule supérieur à la tenue au feu des murs séparatifs pourrait générer une propagation en fonction des conditions initiales de l'incendie. Afin d'encadrer les situations où une modélisation de la propagation doit être modélisée, une note technique a été réalisée par l'INERIS dans le cadre des modélisations FLUMilog. Cette note est jointe en **Pièce 04, Annexe n°2**.

Ce qu'il est important d'en retenir est qu'un stockage 2662 (plastiques/polymères) a un fort potentiel calorifique, les conditions menant à réaliser la modélisation d'un scénario de propagation sont donc moins restrictives.

Cette note indique ainsi que pour un stockage de produits 2662, le seul dépassement du temps théorique de tenue au feu des murs séparatifs est suffisant pour nécessiter la réalisation d'un scénario de propagation. Dans le cas présent, les durées d'incendie sont de 113 et 116 minutes. **Il n'est donc nécessaire de réaliser un scénario de propagation incendie pour les palettes type 2662.**

Concernant les stockages 1510, la note indique :

Pour les entrepôts 1510, si la charge calorifique est proche de la charge thermique considérée dans les normes de résistance au feu (feu cellulosique en compartiment fermé) la présence d'éléments

de faible résistance au feu permet de réduire les niveaux de sollicitation thermique atteints sur les parois du bâtiment. Dans ces conditions, quelle que soit la durée de feu calculée par Flumilog, il est recommandé de ne pas modéliser de scénario de propagation pour des cellules :

- De moins de 12 000 m² ;
- De moins de 23 m de hauteur ;
- Pourvue d'une toiture ayant une résistance au feu de moins de 30 min ;
- Avec un stockage composé de simples et doubles-racks.

Si l'une de ces conditions n'est pas remplie, il convient de considérer le risque de propagation de l'incendie aux cellules voisines si la durée de feu calculée par Flumilog est supérieure à la durée de tenue théorique des parois séparatives.

Les cellules du présent bâtiment auront une surface inférieure à 12 000 m².

La hauteur du bâtiment sera inférieure à 23 m.

Le stockage sera composé de doubles-racks.

La structure de la toiture sera R60 pour les poutres et R30 pour les pannes. Cependant, le bac acier en lui-même pourrait tenir moins de 30 minutes. **La toiture n'étant pas clairement <R30, nous réaliserons tout de même un scénario de propagation incendie pour la rubrique 1510.**

II.3. Scénarii modélisés

Au regard des éléments développés ci-avant, les scénarii modélisés sont les suivants :

Scénarii	Stockage	Cellules concernées
Scénario n°1	Palettes type 1510 Stockage racks	Toutes
Scénario n°2	Palettes type 2662 Stockage racks	Toutes
Scénario n°3	Palettes type 1510 Stockage racks Incendie généralisé	Toutes

Figure 2 : Liste des scénarii modélisés

II.4. Caractéristiques techniques utilisées

II.4.1 Dimensions

Les dimensions utilisées pour les cellules étudiées sont présentées ci-dessous :

	C9	Les autres cellules
Largeur	48 m	
Longueur	96,5 m	124,5 m
Hauteur*	15,6 m	

Tableau 1 : Dimensions des cellules

*La hauteur des cellules a été artificiellement portée à 15,6 m afin de modéliser l'acrotère de la façade réalisée en béton, soit 14,6+1 m.

II.4.2 Toiture

	Toutes les cellules
Résistance au feu des poutres	60 min
Résistance au feu des pannes	30 min
Matériaux constituant la couverture	Métallique multicouches
Désenfumage	2 %
Cantons	1 m

Tableau 2 : Caractéristiques de la toiture

II.4.3 Disposition des murs coupe-feu et des écrans thermiques

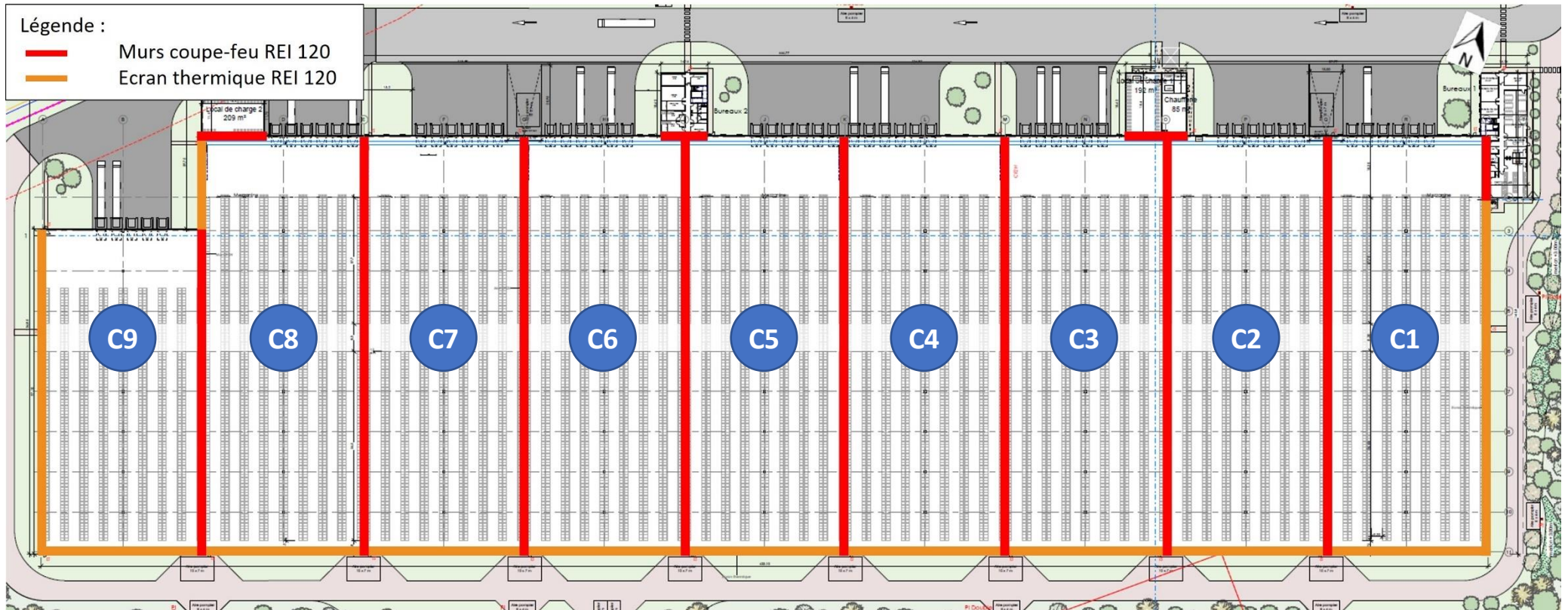


Figure 3 : Emplacement des murs coupe-feu et des écrans thermiques

II.4.4 Caractéristiques des parois

Les différentes parois sont définies ainsi dans le logiciel FLUMilog :

	Mur coupe-feu Ecrans thermiques	Bardage
Structure support	Poteaux béton	
R(i) : Résistance Structure (min)	120	15
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	120	15
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	120	15
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	120	15

Tableau 3 : Caractéristiques des parois

II.4.5 Caractéristiques de stockage

Ci-dessous, les schémas de stockage des différentes cellules :

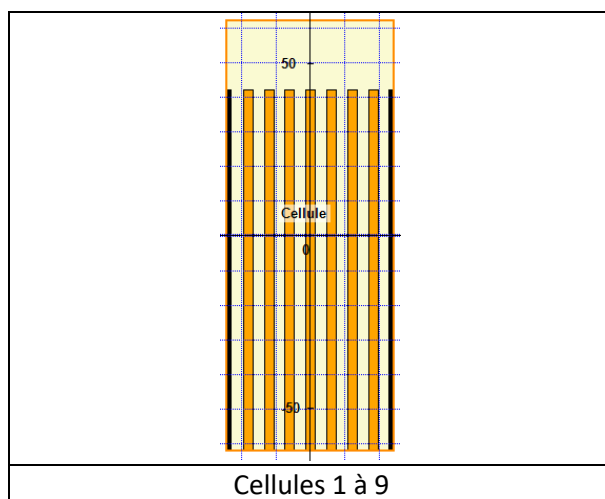


Figure 4 : Dispositions des stockages

Les principales grandeurs caractéristiques sont présentées ci-après :

	C9	Les autres cellules
Longueurs de préparation	20 m	
Longueur de stockage	76,5 m	104,5 m
Hauteur de stockage	12,5 m	
Nombre de niveaux	6	

Tableau 4 : Principales grandeurs caractéristiques

II.4.6 Caractéristiques des matières stockées

Comme vu précédemment, les stockages modélisés sont basés sur l'utilisation des palettes type 1510 et 2662.

Dans la mesure où ces palettes sont considérées comme des palettes enveloppe, elles ne possèdent pas de composition concrète. En revanche, elles possèdent les caractéristiques suivantes :

	Palette 1510	Palette 2662
Durée de combustion	45 min	
Puissance	1 525 kW	1 875 kW
Dimensions	1,2 m x 0,8 m x 1,5 m	

Tableau 5 : Caractérisation des palettes 1510 et 2662

III. Résultats

III.1. Stockage de produits 1510 – Cellules par cellules



Figure 5 : Flux thermiques perçus pour un stockage de produits 1510 en racks – Cellules par cellules

III.1. Stockage de produits 2662 – Cellules par cellules

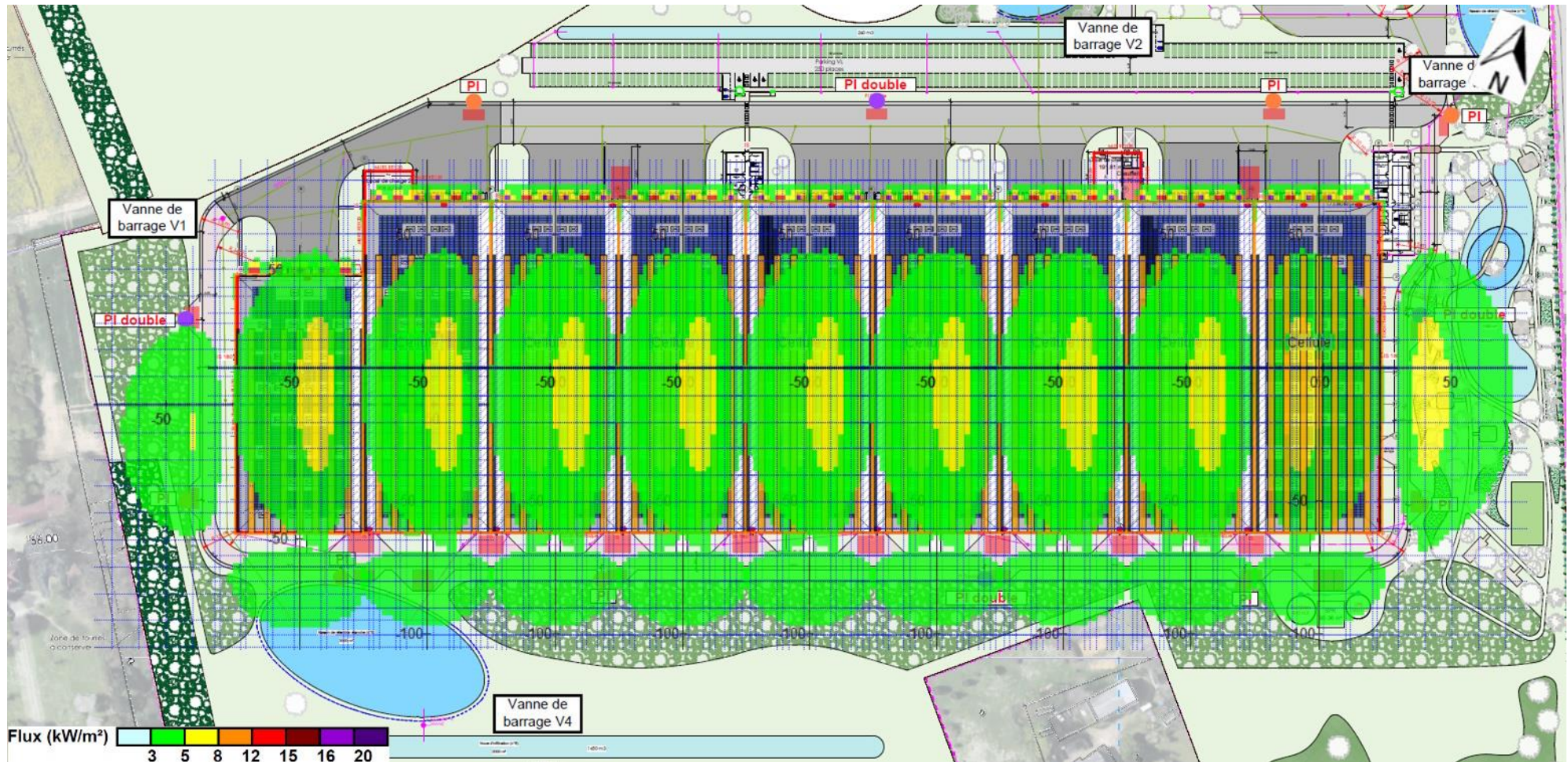


Figure 6 : Flux thermiques perçus pour un stockage de produits 2662 en racks – Cellules par cellules

III.2. Stockage de produits 1510 – Incendie généralisé

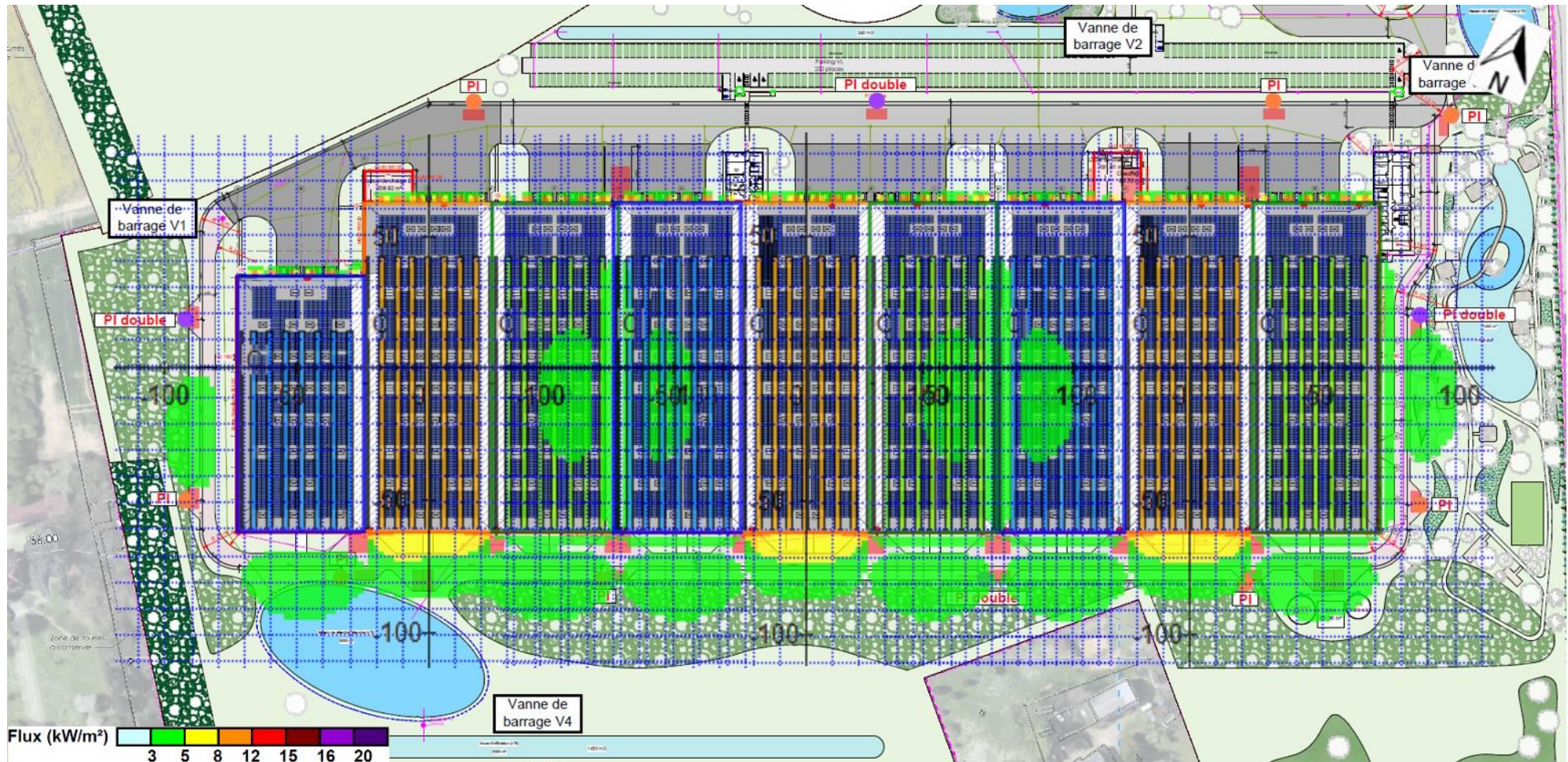


Figure 7 : Flux thermiques perçus pour un stockage de produits 1510 en racks – Incendie généralisé

IV. Conclusion

Au regard des différents scénarii :

- Les flux thermiques supérieurs à 8 kW/m² ne sortent pas des limites de propriété,
- Les flux thermiques supérieurs à 5 kW/m² ne sortent pas des limites de propriété,
- Les flux thermiques supérieurs à 3 kW/m² sortent des limites de propriété en partie Sud-est au niveau des habitations sur une largeur de l'ordre de 1 à 2 m. Ce dépassement est conforme à l'article 2 de l'arrêté ministériel du 11/04/17.

Ainsi, l'implantation du bâtiment est conforme aux prescriptions de l'arrêté du 11/04/17 relatif aux prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis à la rubrique 1510.

A noter qu'en fonction de l'emplacement de l'incendie, des poteaux incendie pourraient être situés dans des flux de 3 kW/m². Dans la mesure où les poteaux incendie sont répartis sur l'ensemble du périmètre du bâtiment et dans une telle configuration, les services d'intervention pourront utiliser les autres poteaux situés à proximité.

La cuve sprinkler et la réserve incendie sont bien touchées par des flux de 3 kW/m² uniquement pour le scénario d'incendie de produits 2662 et le scénario de propagation d'incendie pour des produits 1510.

Les flux de 3 kW/m² correspondent au seuil des effets irréversibles sur la santé humaine, ils ne sont donc pas de nature à impacter les structures ou bâtiment. En effet, le seuil des effets dominos est le seuil des flux de 8 kW/m². Ce dernier n'est atteint dans aucune simulation, notamment grâce à la mise en place de murs coupe-feu et d'écrans thermiques coupe-feu également.

Il est également à noter que les aires de pompage impactées également par ce flux sont des aires supplémentaires ajoutées volontairement par le porteur du projet. En effet, la distribution des poteaux incendie sur le périmètre du bâtiment permet de répondre à la demande en eau D9 et permet d'attaquer un feu qui démarrerait sur n'importe quelle cellule. Ces aires apportent une sécurité en plus en cas de problème sur le compresseur.

L'ensemble des fichiers FLUMilog est joint en **Pièce 4, Annexe n°3**.