



Efectis France
Espace Technologique
Bâtiment Apollo
Route de l'Orme des Merisiers
F-91193 Saint-Aubin
Tél : 33 (0)1 60 13 83 80

RAPPORT D'ÉTUDE

Référence : 22-000530D-MBL
Affaire : 22-000579-RO

ETUDE DE FLUX THERMIQUES APPLIQUEE A DES CELLULES HORS DU DOMAINE USUEL DE VALIDITE DE L'OUTIL FLUMILOG

RAPPORT D'ETUDE

Client demandeur	OTE INGENIERIE
Référence et date de commande	Bon pour commande de M. VUIDEL du 23/03/2022 sur offre Réf 22-000809-AMAT
Projet	Assistance technique pour le projet de base logistique Brebières (62)

Date : 16 mai 2022
Indice de révision : D
Nombre de pages : 28

Auteur(s) :
Mathieu BLOUIN

SUIVI DES MODIFICATIONS

Indice de révision	Date	Modifications
A	09/03/2022	Version initiale
B	25/03/2022	Intégration des commentaires du client [12]
C	13/05/2022	Modifications suite à une demande de compléments de la part de la DREAL [13]
D	16/05/2022	Intégration des commentaires du client [14]

Ce document annule et remplace toutes les versions précédentes

SOMMAIRE

1. Objet	4
2. Documents de référence	5
2.1. Documents fournis par le demandeur	5
2.2. Autres documents	5
3. Méthodologie FLUMilog	6
3.1. Généralités	6
3.2. Aspect sécuritaire pour les cellules de grande hauteur	6
4. Présentation du projet	7
5. Hypothèses pour l'étude de flux thermique	10
5.1. Bâtiment carton	10
5.1.1. Cellule expédition / production et cellule stockage rouleaux papier	11
5.1.2. Cellule de grande hauteur	12
5.2. Bâtiment façonnage	15
5.2.1. Cellules expédition et production	16
5.2.2. Cellule de grande hauteur	18
6. Résultats de calculs de flux thermiques – Zones de stockage	20
6.1. Résultats de Flux thermiques : Bâtiment carton	20
6.1.1. Cellule de grande hauteur	20
6.1.2. Cellule expédition / production	21
6.1.3. Cellule de stockage	22
6.2. Résultats de Flux thermiques : Bâtiment façonnage	23
6.2.1. Cellule de grande hauteur	23
6.2.2. Cellule d'expédition	24
6.2.3. Cellule de production	25
7. Résultats de calculs de flux thermiques – Scénarios de propagation	26
7.1. Scénario de propagation : Départ de feu dans le bâtiment « carton »	26
7.2. Scénario de propagation : Départ de feu dans le bâtiment « façonnage »	27
8. Conclusion	28

1. OBJET

Le projet de construction d'une industrie de production de cartons, à Brebières (62) est constitué de deux bâtiments, nommés « carton » et « façonnage » dans la suite de ce rapport. Ils comportent chacun une cellule de stockage de grande hauteur et le bâtiment « carton » a pour particularité de présenter une longueur de 354 m.

D'un point de vue réglementaire, le site est classé sous le régime des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, selon le détail donné ci-dessous :

N° rubrique	Intitulé	Régime de classement
2445	Transformation du papier, carton	E
1530	Dépôts de papiers, cartons ou matériaux combustibles analogues	E
2450	Imprimerie ou ateliers de reproduction graphique sur tout support	D
2910	Combustion	D
2925	Ateliers de charge d'accumulateurs électriques	DC

Tableau 1-1 : Nomenclature ICPE du site

OTE INGENIERIE a réalisé des calculs pour déterminer les distances d'effets de flux thermiques en cas d'incendie sur le site, en tenant compte des caractéristiques du site.

L'objectif est de s'assurer que les zones d'effet supérieures à 5 kW/m² ne sortent pas de ses limites de propriété.

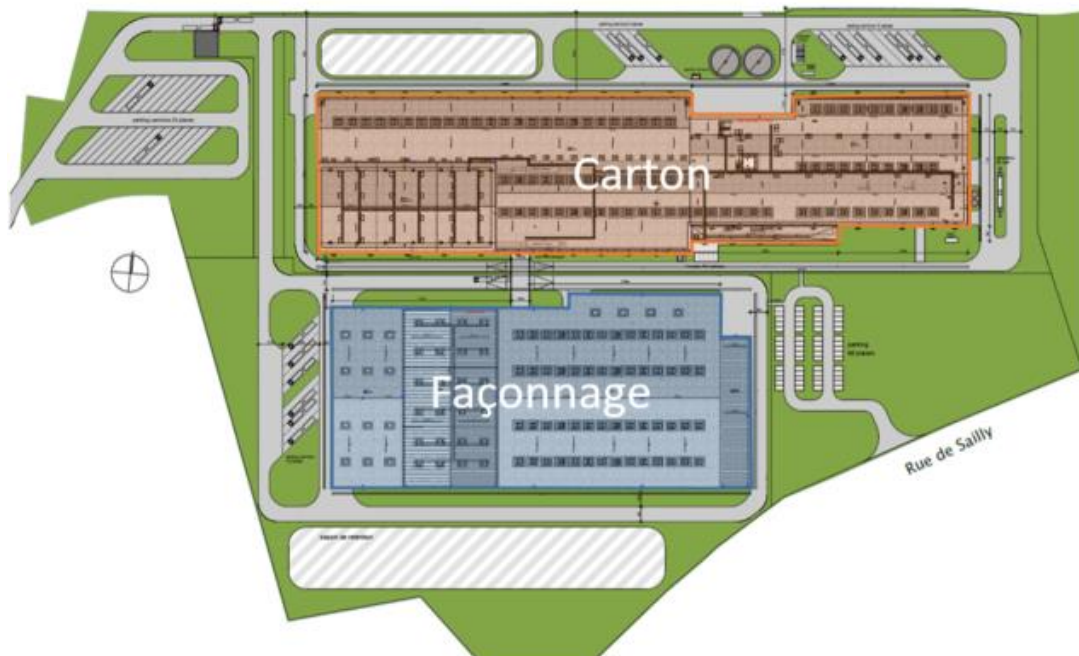


Figure 1-1 : Plan de masse du site

Toutefois, du fait de la présence de cellules dites « Grande hauteur », avec une hauteur de stockage supérieure à 23 m, et d'une cellule de plus de 200 m de long, l'outil FLUMilog n'est pas utilisable en l'état. Ainsi, OTE INGENIERIE a sollicité Efectis pour débloquer ces limites pratiques, en tant que co-développeur de cet outil, et conscient des différents enjeux sur les bâtiments de cette hauteur.

Ce document constitue le rapport de l'étude réalisée par Efectis et précise les différentes hypothèses retenues.

2. DOCUMENTS DE REFERENCE

2.1. DOCUMENTS FOURNIS PAR LE DEMANDEUR

- [1] 06.09.21_packaging_plant.pdf
- [2] cellule_Magasin_batiment_packaging.docx
- [3] 2920pl-220120_coupes.pdf
- [4] 2920pl-220121_plan de masse.pdf
- [5] PLAN_BATIMENT_CARTON.pdf
- [6] PLAN_BATIMENT_PACKAGING.pdf
- [7] ZONING_OCCUPATION.pdf
- [8] PROGROUP_Carton.flum
- [9] PROGROUP_Packaging.flum
- [10] PC2.0_plan masse general.pdf
- [11] Mail de Mme HEITZ précisant les caractéristiques palettes et échanges téléphoniques du 21/02/2022
- [12] Mail de Mme HEITZ du 21/03/2022 indiquant les remarques à prendre en compte ainsi que le rapport 22-000530b-MRA commenté
- [13] Mail de Mme HEITZ du 26/04/2022 indiquant les remarques à prendre en compte suite à une demande de compléments de la part de la DREAL
- [14] Echange téléphonique avec Mme HEITZ du 16/05/2022 indiquant les modifications à apporter sur le rapport 22-000530C-MBL

2.2. AUTRES DOCUMENTS

- [15] Arrêté du 24 septembre 2020 modifiant l'arrêté du 11 avril 2017 relatif aux prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis à la rubrique 1510, y compris lorsqu'ils relèvent également de l'une ou plusieurs des rubriques 1530, 1532, 2662 ou 2663 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.
- [16] FLUMILOG - Description de la méthode de calcul des effets thermiques produits par un feu d'entrepôt – Partie A - Rapport final 04/08/2011 DRA-09-90977-14553A Version 2

3. METHODOLOGIE FLUMILOG

3.1. GENERALITES

La méthode de calcul FLUMilog a été développée pour évaluer les flux thermiques issus d'incendies généralisés dans les entrepôts. Étant un outil réglementaire, il se doit de présenter des résultats sécuritaires mais aussi réalistes que possible dans la plupart des cas, dans l'ensemble de son domaine de validité.

Efectis, en tant que membre du Comité Technique FLUMilog est conscient de l'ensemble des hypothèses prises dans l'outil, et est capable de les adapter à des types de stockage atypiques.

La méthodologie FLUMilog impose le suivi d'une démarche sécuritaire afin de déterminer l'enveloppe des flux thermiques autour de l'incendie d'une cellule de stockage, en prenant en compte tous les paramètres pouvant avoir une influence sur les distances d'effets. Ces paramètres sont notamment les suivants :

- Caractéristiques constructives de la cellule (performance au feu de la structure, et des murs),
- Type de stockage (racks / masse), et dimensions (allées entre les zones de stockage, etc),
- Produits stockés (nature des produits, compacité),
- Et enfin, environnement de la cellule : si présence d'autres cellules adjacentes, il peut y avoir des risques de propagation de l'incendie, et donc d'augmentation de l'intensité des flux thermiques.

3.2. ASPECT SECURITAIRE POUR LES CELLULES DE GRANDE HAUTEUR

La méthode de calcul FLUMilog prend notamment en compte les deux hypothèses suivantes :

- Les racks à l'intérieur des cellules en feu restent en place ;
- La hauteur des flammes peut atteindre jusqu'à 2,5 fois la hauteur des racks.

La première de ces hypothèses est faite sur la base d'un retour d'expérience suite à des incendies d'entrepôts où il a parfois été observé qu'une partie des racks restait en place, généralement pour des hauteurs jusqu'à 5 m ou 6 m maximum ; à ces hauteurs, les contraintes mécaniques sur les racks sont relativement faibles.

La seconde hypothèse a été faite sur la base d'observations dans le cadre du programme FLUMilog, lors d'essais grandeur nature de cellules de stockage présentant une surface de l'ordre de 1 000 m² maximum et une hauteur allant jusqu'à 12 m.

Conserver ces deux hypothèses pour traiter des cas de cellules de très grande hauteur apparait sécuritaire.

Cet aspect sécuritaire étant connu, il existe une limite pratique (stockage maximal à 23 m de haut) à l'utilisation du logiciel pour les utilisateurs (non développeurs) du logiciel. Cette limite est mise en place pour que seuls des utilisateurs avertis, conscients de l'aspect sécuritaire et des limites du système prennent en compte des hauteurs très importantes.

Efectis France, co-développeur de l'outil FLUMilog est conscient de ces éléments et a ainsi la **possibilité de débloquer la limite pratique afin d'étendre la hauteur de stockage au-delà de 23 m.**

4. PRESENTATION DU PROJET

À partir des documents fournis par le demandeur cf. § 2.1 (plans, fichiers d'entrée de calcul FLUMilog), les informations principales retenues pour les deux bâtiments sont détaillées ci-après. Trois zones distinctes sont identifiées pour chacun des bâtiments sur les Figure 4-1 et Figure 4-2 suivantes. Les dimensions y sont également indiquées.

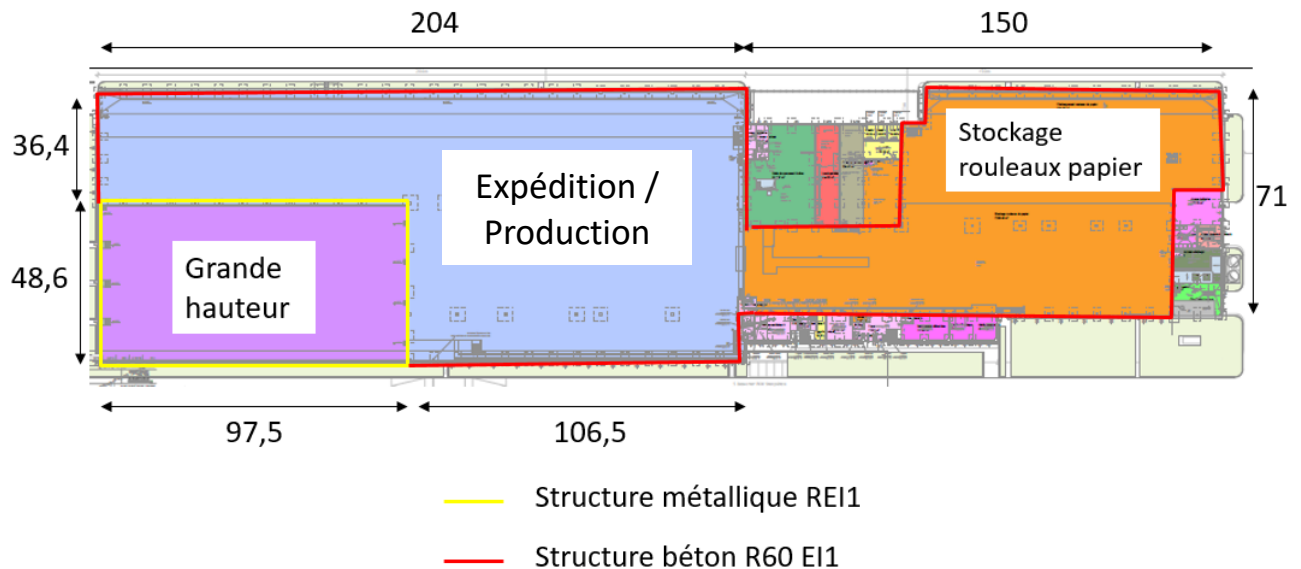


Figure 4-1 : Plan de masse du bâtiment carton – identification des zones

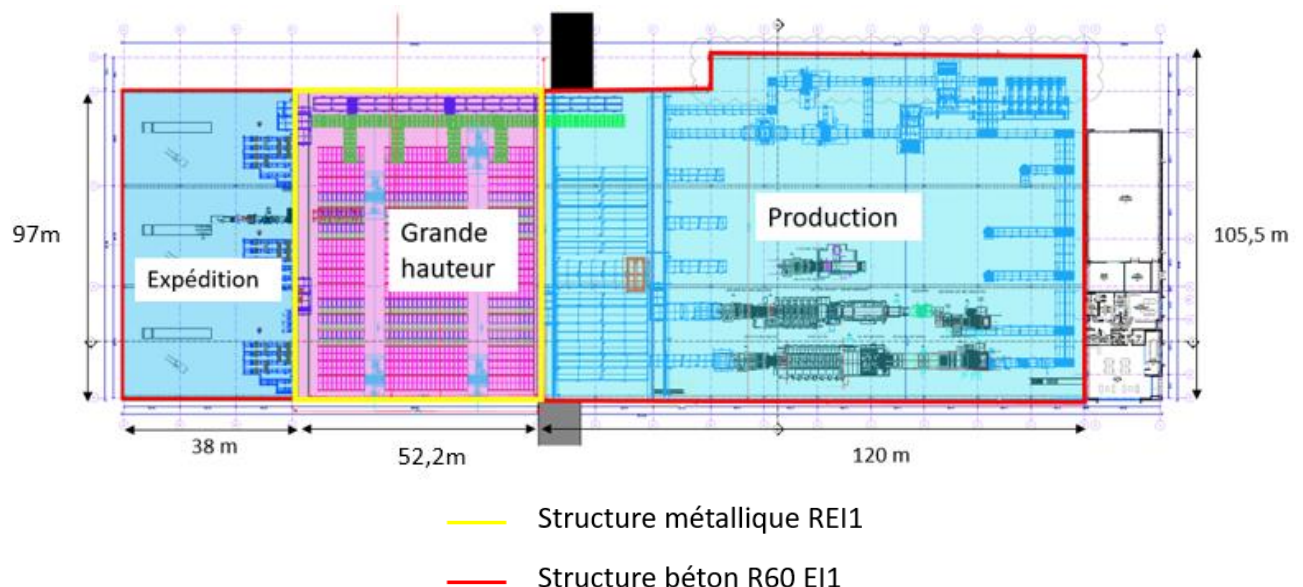


Figure 4-2 : Plan de masse du bâtiment façonnage – identification des zones

Les cellules grande hauteur présentent une hauteur moyenne au faîtage de 34 m par rapport au niveau du sol. Le reste du bâtiment « carton » présente une hauteur au faîtage de 12,4 m.

Les deux cellules de grande hauteur ont une structure métallique dont la résistance au feu n'est pas encore connue, mais qui sera inférieure à 15 minutes. De manière sécuritaire, elle sera considérée égale à 1 minute même si elle pourra être supérieure. Le reste des bâtiments aura une structure béton R60. Les poutres et les pannes de toiture sont R15.

Pour l'ensemble du site, y compris les cellules de grande hauteur, la toiture est métallique, composée d'un bac acier, avec un isolant et une étanchéité. Le désenfumage est assuré par des exutoires dont la surface utile équivaut à 2 % de la surface au sol du bâtiment.

Les produits stockés sont des produits papiers, typiques de la rubrique 1530 des ICPE (cartons, bobine papier).

D'après les données fournies par le client [11], les palettes stockées dans les deux cellules de grande hauteur, la zone production du bâtiment carton, et les zones expédition et production du bâtiment façonnage présentent les caractéristiques suivantes :

- Dimensions : 1,2 m x 0,8 m x 1,5 m ;
- Composition :
 - o 28,8 kg de palette bois ;
 - o 500 kg de carton.

La hauteur de stockage sans tenir compte du décaissé est de 31,25 m dans le bâtiment « carton » contre 32,25 m dans le bâtiment « façonnage ». Dans la zone production, la hauteur de stockage est de 10 m.

Concernant les bobines de papiers stockées dans la zone stockage rouleaux papier du bâtiment carton, il s'agit de rouleaux de 3,35 m de haut et de rayon 0,75 m de 5,2 tonnes de papier. La hauteur totale de stockage est de 10,05 m [11].

L'implantation du stockage dans les différentes zones est présentée sur les figures ci-après.

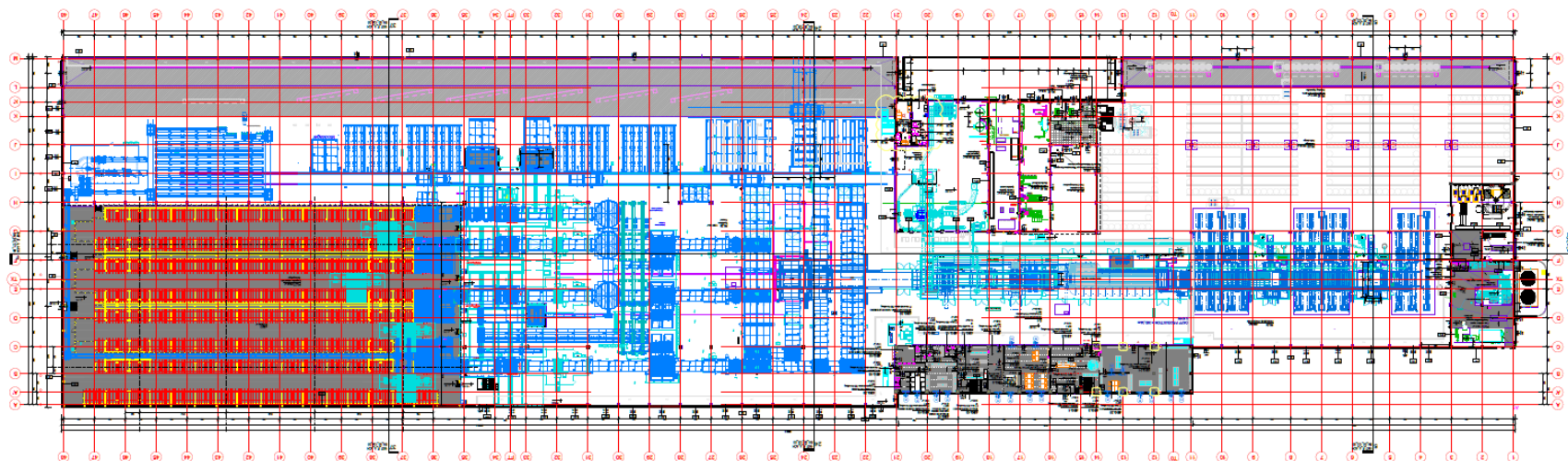


Figure 4-3 : Plan du bâtiment « carton »

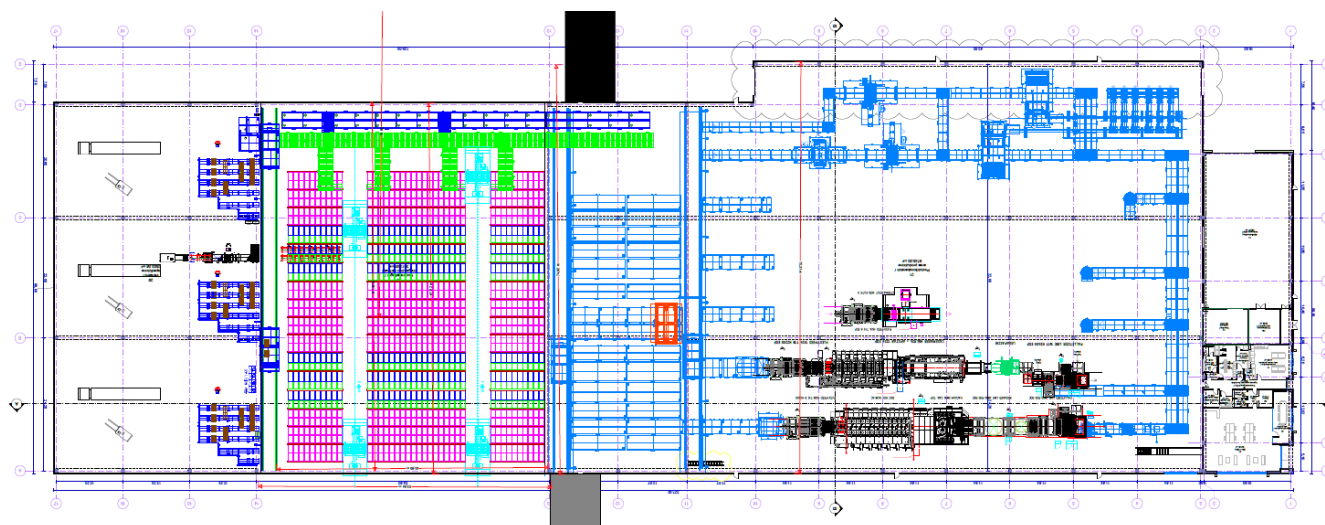


Figure 4-4 : Plan du bâtiment « façonnage »

5. HYPOTHESES POUR L'ETUDE DE FLUX THERMIQUE

Les données d'entrée relatives à chacune des zones et au stockage sont adaptées pour une représentation pertinente dans l'outil FLUMilog. Les formes ou sens de stockage de certaines cellules sont harmonisés pour permettre leur représentation dans l'outil ; toujours dans une démarche sécuritaire. Les hypothèses alors considérées sont listées dans le paragraphe ci-dessous.

Pour l'ensemble des zones, la cible étudiée est une cible à :

- hauteur d'Homme : 1,8 m, au niveau des limites de propriété ;
- mi-hauteur de cellule de grande hauteur : 17 m.

Nota : l'étude à une hauteur cible de 17 m est une demande des autorités [13].

Les parois sont numérotées pour chaque cellule de 1 à 4 et repérées de la manière suivante :

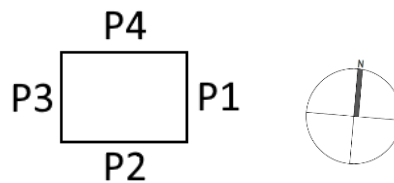


Figure 5-1 : Numérotation des parois

5.1. BATIMENT CARTON

Le bâtiment carton est assimilé à 3 cellules de la manière suivante. En effet, des adaptations ont été réalisées afin de tenir compte des limitations de l'outil, qui n'a la possibilité de représenter que des cellules rectangulaires. Notamment, la zone production comprenant uniquement des lignes de production sur sa moitié inférieure, il a été fait le choix de ne pas les considérer, n'ayant pas de stockage à proprement parler.

Pour la zone stockage rouleaux papier, la cellule modélisée est un rectangle recouvrant toute l'emprise de la cellule réelle, bien que la zone de stockage ne soit limitée qu'à la moitié supérieure.

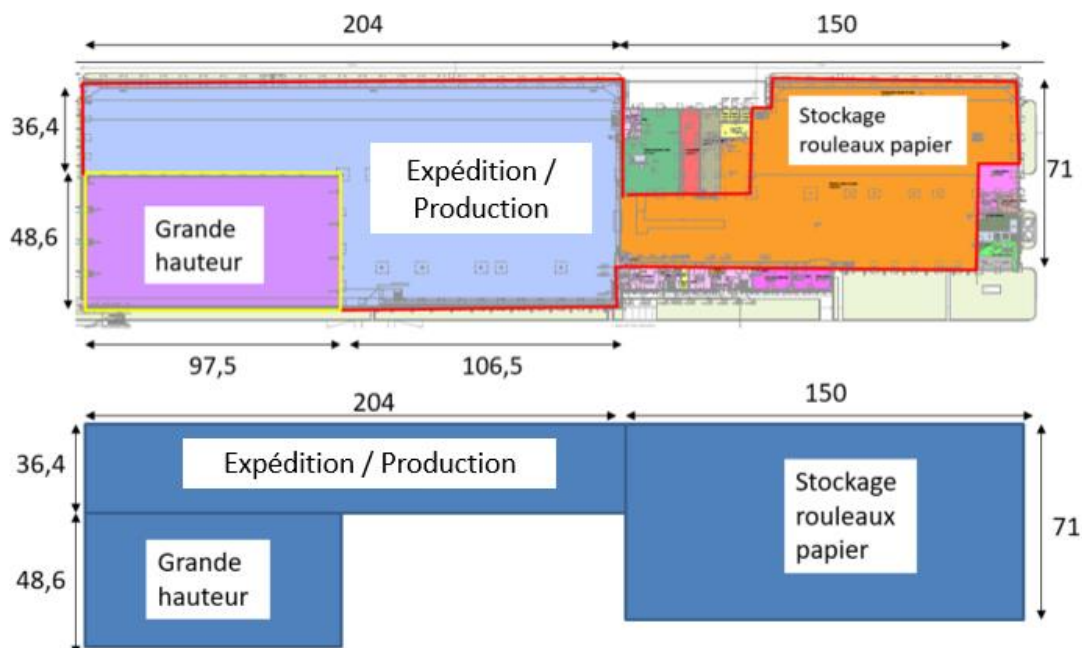


Figure 5-2 : Bâtiment carton - Géométrie réelle et représentation dans FLUMilog

Enfin, l'outil limitant la longueur maximale d'une cellule à 200 m, il a été fait le choix de retenir cette distance pour la longueur de la cellule production, cela ayant peu d'impact sur les résultats.

5.1.1. Cellule expédition / production et cellule stockage rouleaux papier

Le tableau ci-dessous synthétise les dimensions et caractéristiques constructives de ces cellules.

Dimensions				
Cellule	Expédition / Production		Stockage rouleaux papier	
Longueur (m)	36,4		71	
Largeur (m)	200		150	
Hauteur moyenne sous faitage (m)	12,4			
Toiture / Couverture / Désenfumage				
Résistance au feu des poutres de toiture (min)	15			
Résistance au feu des pannes de toiture (min)	15			
Matériaux constituant la couverture	Métallique Multicouches			
% d'exutoires en surface utile	2			
Caractéristiques constructives des parois				
N° Paroi	1	2	3	4
Structure	Poteau Béton			
Résistance au feu de la structure (R en min)	60			
Matériau constituant la paroi	Bardage simple peau			
Étanchéité/Isolation de la paroi (EI en min)	1			

Tableau 5-1 : Hypothèses relatives aux dimensions et aux caractéristiques constructives de la cellule expédition et de la cellule stockage rouleaux papier

Concernant le stockage dans la cellule expédition / production, comme expliqué plus tôt, seules les zones de stockage masse sont considérées. Il est retenu des dimensions d'îlots moyennes de 12,5 m x 12,5 m. Les figures ci-dessous présentent la comparaison entre le stockage réel et sa représentation dans l'outil FLUMilog.

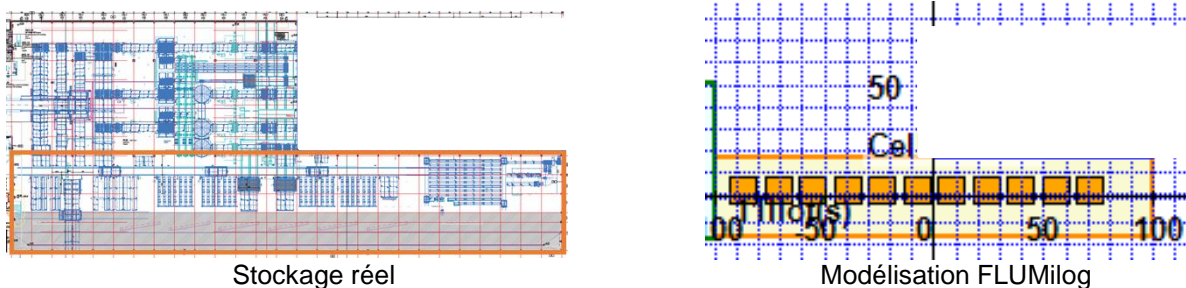


Figure 5-3 : Bâtiment carton - Stockage réel et représentation dans FLUMilog de la cellule expédition / production

De la même façon dans la zone de stockage rouleaux papier, des îlots sont considérés aux emplacements où se trouvent les bobines, les lignes de production n'étant pas considérées. Il est retenu des dimensions d'îlots moyennes de 20 m x 27 m. Les figures ci-dessous présentent alors la comparaison entre le stockage réel et sa représentation dans l'outil FLUMilog.

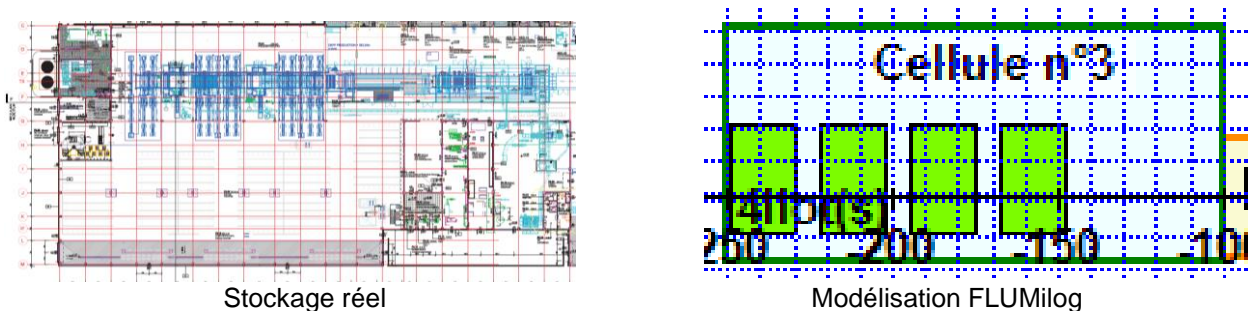


Figure 5-4 : Bâtiment carton - Stockage réel et représentation dans FLUMilog de la cellule stockage rouleaux de papier

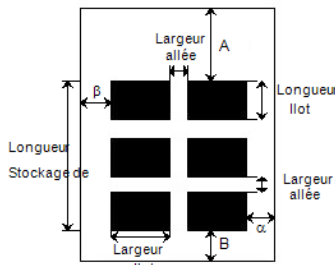
Stockage en masse		Expédition/ Production	Stockage rouleau papier
	Nombre d'îlots dans le sens de la longueur	1	1
	Nombre d'îlots dans le sens de la largeur	11	4
	Largeur des îlots (m)	12,5	20
	Longueur des îlots (m)	12,5	27
	Largeur des allées entre îlots(m)	3,3	7,5
	Déport A (m)	9	30
	Déport B (m)	14,9	8
	Déport α (m)	22,5	47
	Déport β (m)	7	0,5
	Nombre de niveaux de stockage	3	3
	Hauteur de stockage (m)	4,5	10,1

Tableau 5-2 : Hypothèses de stockage (masse) de la cellule expédition et de la cellule stockage rouleaux papier

5.1.2. Cellule de grande hauteur

Le tableau ci-dessous synthétise les dimensions et caractéristiques constructives de cette cellule.

Dimensions				
Longueur (m)	48,6			
Largeur (m)	97,5			
Hauteur moyenne sous faitage (m)	34			
Toiture / Couverture / Désenfumage				
Résistance au feu des poutres de toiture (min)	1*			
Résistance au feu des pannes de toiture (min)	1*			
Matériaux constituant la couverture	Métallique Multicouches			
% d'exutoires en surface utile	2			
Caractéristiques constructives des parois				
N° Paroi	1	2	3	4
Structure	Poteau Acier			
Résistance au feu de la structure (R en min)	1*			
Matériau constituant la paroi	Bardage simple peau			
Étanchéité/Isolation de la paroi (EI en min)	1			

*En l'absence de données précises sur la stabilité au feu de la structure porteuse, il est considéré de manière sécuritaire une valeur de 1 min. Cette valeur est également considérée pour la toiture qui est forcément liée à la stabilité au feu de la structure principale

Tableau 5-3 : Hypothèses relatives aux dimensions et aux caractéristiques constructives de la cellule grande hauteur

Concernant le stockage dans cette cellule, il est réalisé par des quadruples racks. De manière sécuritaire, ces derniers sont assimilés à 2 doubles racks. Ainsi, il est modélisé un équivalent de 8 doubles racks de 2,7 m de large. La cellule comporte 12 niveaux de stockage.

Les figures ci-dessous présentent la comparaison entre le stockage réel et sa représentation dans l'outil FLUMilog.

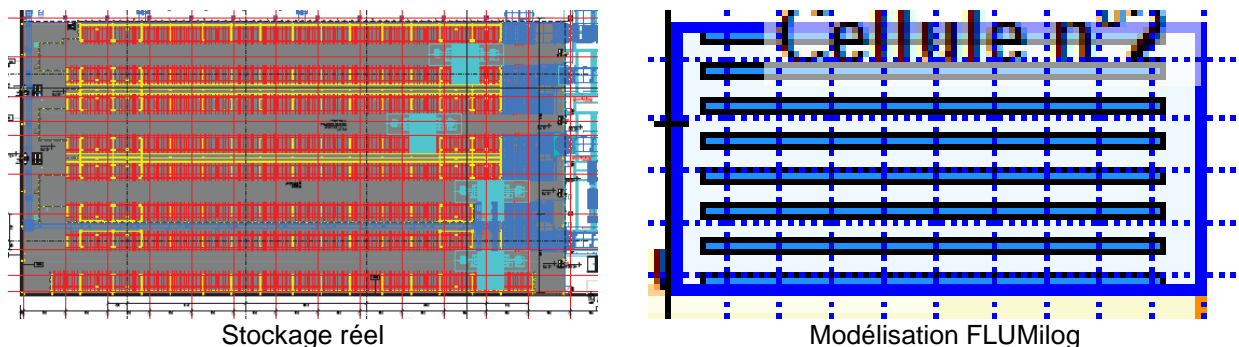


Figure 5-5 : Bâtiment carton - Stockage réel et représentation dans FLUMilog de la cellule de grande hauteur

L'ensemble des hypothèses relatives au stockage sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Stockage	
Longueur de stockage (m)	86
Nombre de doubles racks	8
Nombre de racks simples	0
Nombre de niveaux de stockage	12
Largeur d'un double rack (m)	2,7
Largeur d'un rack simple (m)	0
Largeur des allées entre les racks (m)	3,9
Déport A (m)	0
Déport B (m)	0
Déport α (m)	7,7
Déport β (m)	3,8
Hauteur de stockage (m)	31,25

Tableau 5-4 : Bâtiment carton - Hypothèses stockage cellule de grande hauteur

Les palettes modélisées présentent les caractéristiques suivantes :

- ✓ Cellules Expédition et grande hauteur :
 - Dimensions : 1,2 m x 0,8 m x 1,5 m ;
 - Composition :
 - 28,8 kg de palette bois ;
 - 500 kg de carton.
- ✓ Cellule stockage rouleaux papier :
 - Dimensions : 1,33 m x 1,33 m x 3,35 m ;
 - Composition : 3 200 kg de carton.

Le papier qui compose les bobines a été assimilé à du carton qui est l'élément le plus représentatif dans l'outil. De plus, FLUMilog ne permet pas de modéliser la quantité réelle de 5 200 kg sur la volumétrie occupée par une bobine. Il a donc été retenu 3 200 kg de carton dans la modélisation (limite de masse la plus importante possible). Cette hypothèse n'impacte pas les résultats étant donné que ce paramètre affecte principalement la durée de combustion de cette palette et qu'elle est suffisamment longue pour ne pas remettre en cause les résultats.

Nota : les dimensions de palettes retenues dans la cellule grande hauteur sont celles fournies par le client. Toutefois, compte tenu de la hauteur de stockage et du nombre de niveaux, il apparaît que la hauteur de niveau est de l'ordre de 2,6 m, soit bien plus importante que la hauteur de palette fournie de 1,5 m. Ainsi, Efectis rappelle que les calculs présentés dans ce document ne sont valables que pour des palettes de hauteur maximale de 1,5 m.

Enfin, la figure ci-dessous présente la modélisation globale du bâtiment carton selon les hypothèses retenues. La performance au feu des parois séparatives entre cellules sera considérée comme nulle pour permettre une propagation immédiate.

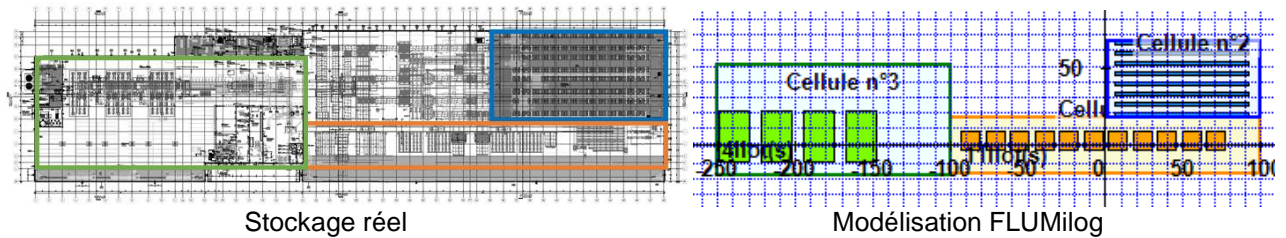


Figure 5-6 : Bâtiment carton - Stockage réel et représentation dans FLUMilog des 3 cellules

5.2. BATIMENT FAÇONNAGE

Le bâtiment façonnage est assimilé à 3 cellules de la manière suivante :

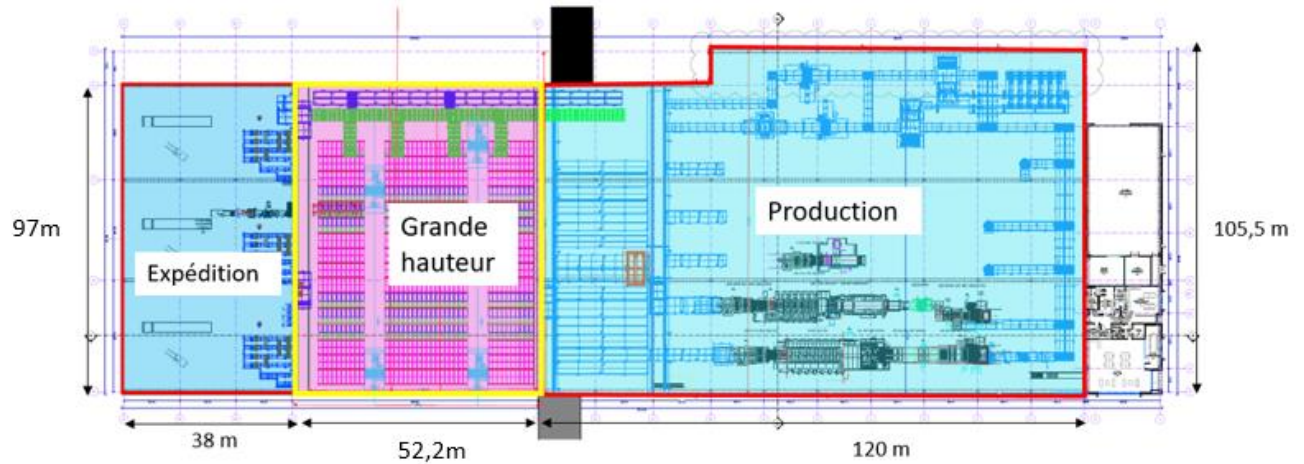


Figure 5-7 : Bâtiment façonnage - Géométrie réelle

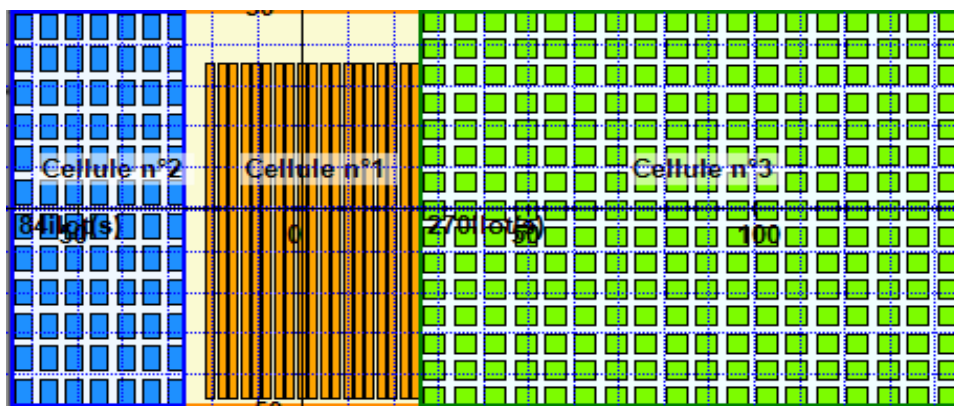


Figure 5-8 : Bâtiment façonnage - Représentation dans FLUMilog

5.2.1. Cellules expédition et production

Le tableau ci-dessous synthétise les dimensions et caractéristiques constructives de ces cellules.

Dimensions				
Cellule	Expédition		Production	
Longueur (m)	97		97	
Largeur (m)	38		120	
Hauteur moyenne sous faitage (m)	11			
Toiture / Couverture / Désenfumage				
Résistance au feu des poutres de toiture (min)	15			
Résistance au feu des pannes de toiture (min)	15			
Matériaux constituant la couverture	Métallique Multicouches			
% d'exutoires en surface utile	2			
Caractéristiques constructives des parois				
N° Paroi	1	2	3	4
Structure	Poteau Béton			
Résistance au feu de la structure (R en min)	60			
Matériau constituant la paroi	Bardage simple peau			
Étanchéité/Isolation de la paroi (EI en min)	1			

Tableau 5-5 : Hypothèses relatives aux dimensions et aux caractéristiques constructives de la cellule expédition et de la cellule production

Les cellules expédition et production présentent essentiellement des zones de convoyage. Afin de rester dans une démarche sécuritaire et sans être trop pénalisant au vu de la faible densité de stockage, il est considéré un stockage en îlots représentant 50% de la surface au sol. Les îlots auront une hauteur d'1,5 m.

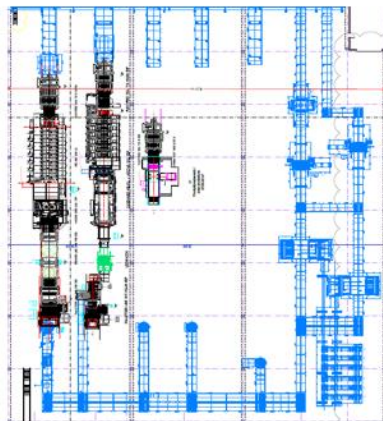


Stockage réel

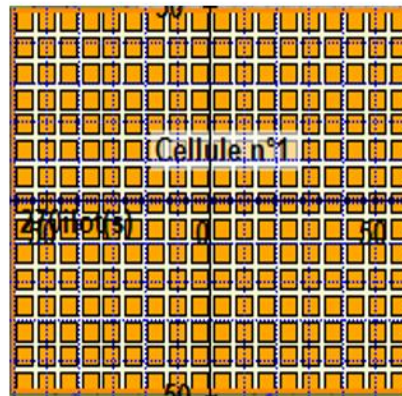


Modélisation FLUMilog

Figure 5-9 : Bâtiment façonnage - Stockage réel et représentation dans FLUMilog de la cellule expédition



Stockage réel



Modélisation FLUMilog

Figure 5-10 : Bâtiment façonnage - Stockage réel et représentation dans FLUMilog de la cellule production

L'ensemble des hypothèses relatives au stockage sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

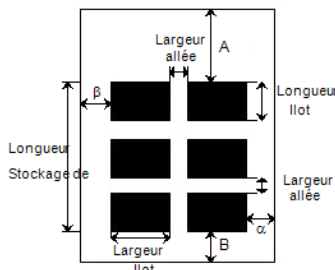
Stockage en masse		Expédition	Production
	Nombre d'îlots dans le sens de la longueur	12	15
	Nombre d'îlots dans le sens de la largeur	7	18
	Largeur des îlots (m)	3,7	4,7
	Longueur des îlots (m)	6,2	4,6
	Largeur des allées entre îlots(m)	2	2
	Déport A (m)	0,3	0
	Déport B (m)	0,3	0
	Déport α (m)	0	0,7
	Déport β (m)	0,1	0,7
	Nombre de niveaux de stockage	1	1
	Hauteur de stockage (m)	1,5	1,5
	Produits stockés	Palette spécifique client	

Tableau 5-6 : Hypothèses de stockage (masse) de la cellule expédition et de la cellule production

5.2.2. Cellule de grande hauteur

Le tableau ci-dessous synthétise les dimensions et caractéristiques constructives de la cellule grande hauteur de ce bâtiment.

Dimensions				
Longueur (m)	97			
Largeur (m)	52,2			
Hauteur moyenne sous faitage (m)	34			
Toiture / Couverture / Désenfumage				
Résistance au feu des poutres de toiture (min)	1*			
Résistance au feu des pannes de toiture (min)	1*			
Matériaux constituant la couverture	Métallique Multicouches			
% d'exutoires en surface utile	2			
Caractéristiques constructives des parois				
N° Paroi	1	2	3	4
Structure	Poteau Acier			
Résistance au feu de la structure (R en min)	1*			
Matériau constituant la paroi	Bardage simple peau			
Étanchéité/Isolation de la paroi (EI en min)	1			

*En l'absence de données précises sur la stabilité au feu de la structure porteuse, il est considéré de manière sécuritaire une valeur de 1 min. Cette valeur est également considérée pour la toiture qui est forcément liée à la stabilité au feu de la structure principale

Tableau 5-7 : Hypothèses relatives aux dimensions et aux caractéristiques constructives de la cellule grande hauteur

En ce qui concerne le stockage, il s'agit de racks par accumulation réalisés sur 38 rangées de stockage. La largeur de deux palettes représentant 1,85 m, il est retenu dans la modélisation un équivalent de 19 doubles racks de 1,85 m de large.

Les figures ci-dessous présentent alors la comparaison entre le stockage réel et sa représentation dans l'outil FLUMilog.

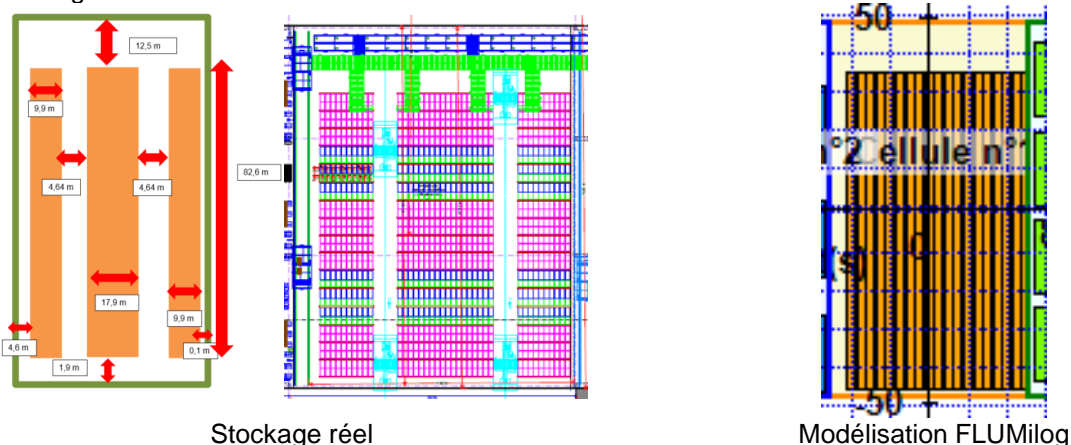


Figure 5-11 : Bâtiment façonnage - Stockage réel et représentation dans FLUMilog de la cellule de grande hauteur

L'ensemble des hypothèses relatives au stockage sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

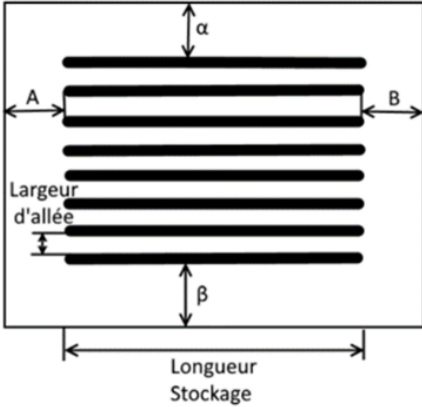
Stockage		
	Longueur de stockage (m)	82,6
	Nombre de doubles racks	19
	Nombre de racks simples	0
	Nombre de niveaux de stockage	17
	Largeur d'un double rack (m)	1,9
	Largeur d'un rack simple (m)	0
	Largeur des allées entre les racks (m)	0,63
	Déport A (m)	12,5
	Déport B (m)	1,9
	Déport α (m)	0,1
	Déport β (m)	4,6
	Hauteur de stockage (m)	32,25
	Produits stockés	Palette spécifique client

Tableau 5-8 : Bâtiment façonnage - Hypothèses caractéristiques constructives et stockage cellule de grande hauteur

Tout comme le bâtiment carton, la palette retenue présente une hauteur de 1,5 m, qui n'apparaît pas cohérente avec la hauteur disponible entre niveaux. Ainsi, pour que les calculs présentés dans ce document soient valables, il conviendra que les palettes stockées ne présentent pas une hauteur supérieure à 1,5 m.

Enfin, la figure ci-dessous présente la modélisation globale du bâtiment façonnage selon les hypothèses retenues. La performance au feu des parois séparatives entre cellules sera considérée comme nulle pour permettre une propagation immédiate.

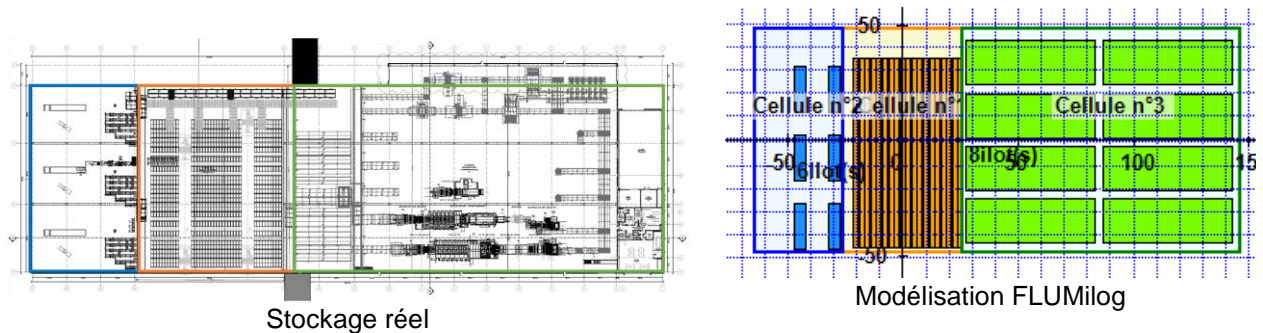


Figure 5-12 : Bâtiment façonnage - Stockage réel et représentation dans FLUMilog des 3 cellules

6. RESULTATS DE CALCULS DE FLUX THERMIQUES – ZONES DE STOCKAGE

Les paragraphes ci-après présentent les calculs de flux thermiques, autour de chacune des zones de la plateforme logistique prises séparément, d'après la méthodologie FLUMilog appliquée aux hypothèses détaillées ci-avant.

Pour l'ensemble des figures présentant les distances d'effets de flux thermiques, les limites de propriété sont établies par le contour du plan de masse (cf. Figure 6-1 en pointillés rouge).

6.1. RESULTATS DE FLUX THERMIQUES : BATIMENT CARTON

6.1.1. Cellule de grande hauteur

Les résultats sont présentés pour un incendie généralisé dans la cellule de grande hauteur du bâtiment carton sur le plan de masse du site à une hauteur cible de 1,8 m (hauteur d'Homme) et de 17 m.

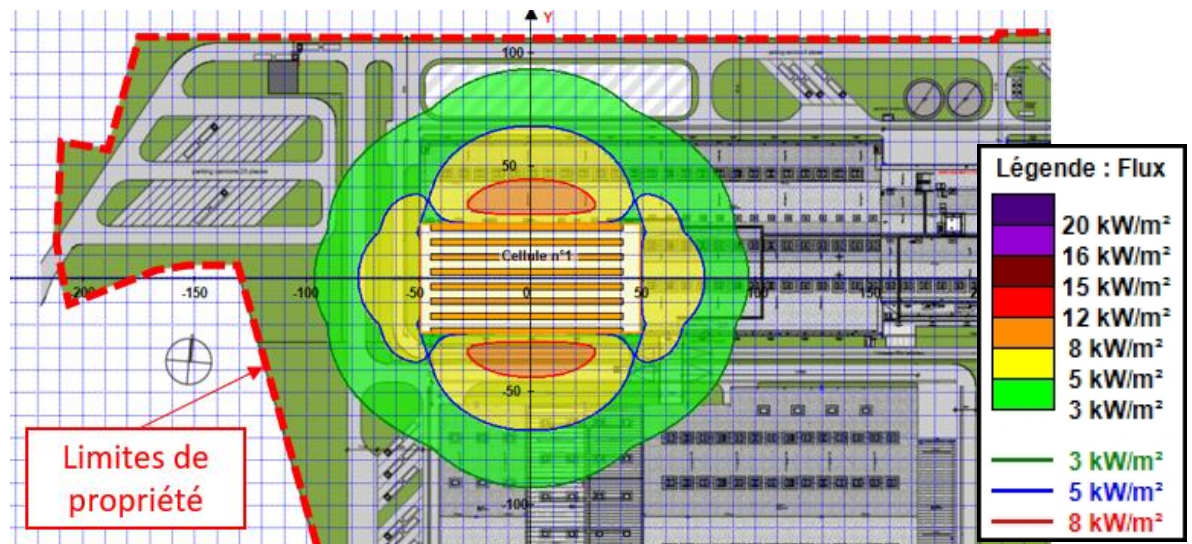


Figure 6-1 : Distances d'effets de flux thermiques – Hauteur cible 1,8 m – Bâtiment carton – Cellule de grande hauteur

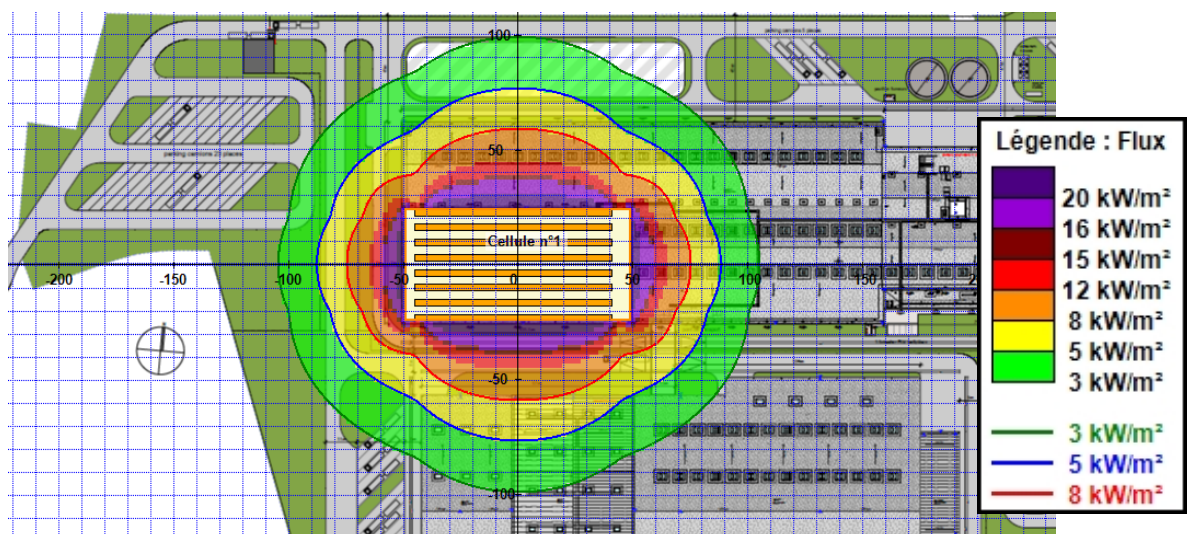


Figure 6-2 : Distances d'effets de flux thermiques – Hauteur cible 17 m – Bâtiment carton – Cellule de grande hauteur

Aucun flux thermique supérieur au seuil de 5 kW/m² ne sort des limites de propriété, pour les deux hauteurs cibles étudiées. La durée d'incendie calculée est **311 min**.

6.1.2. Cellule expédition / production

Les résultats sont présentés pour un incendie généralisé dans la cellule d'expédition du bâtiment carton sur le plan de masse du site à une hauteur cible d'1,8 m (hauteur d'Homme) et de 17 m.

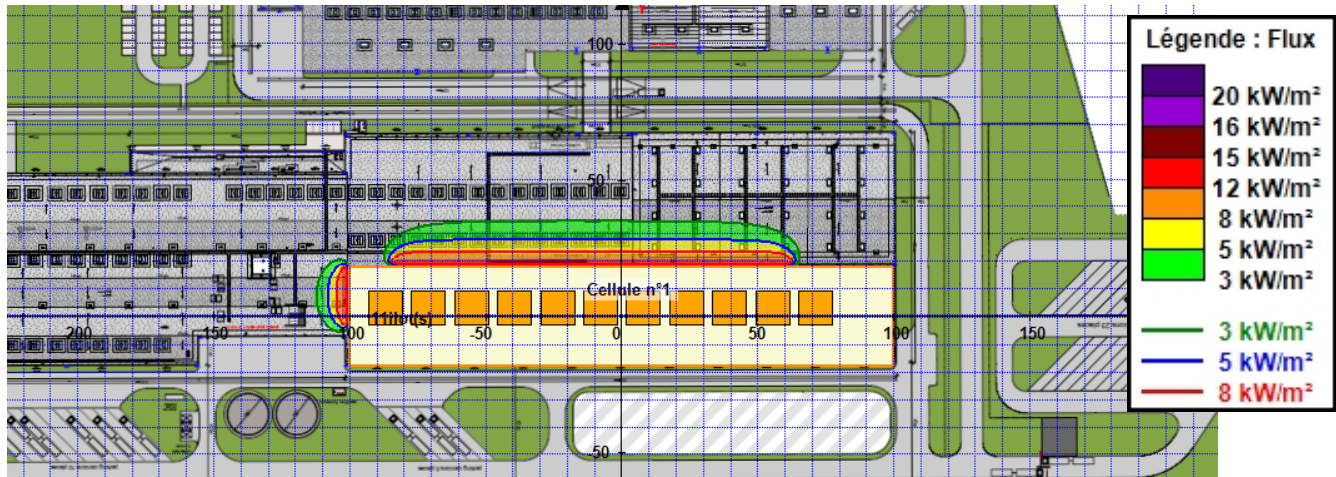


Figure 6-3 : Distances d'effets de flux thermiques – Hauteur cible 1,8 m – Bâtiment carton – Cellule expédition / production

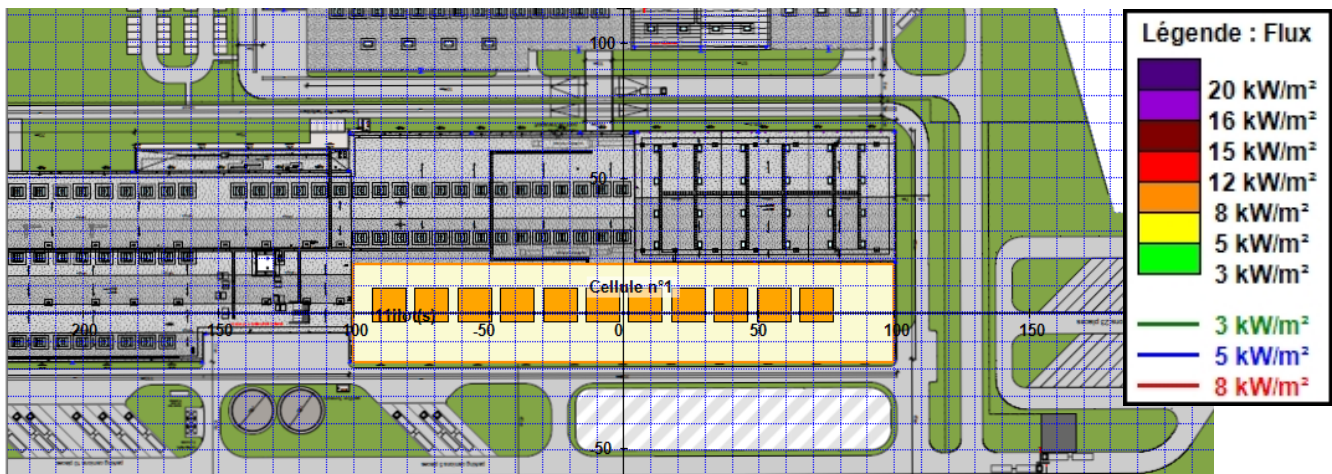


Figure 6-4 : Distances d'effets de flux thermiques – Hauteur cible 17 m – Bâtiment carton – Cellule expédition / production

Aucun flux thermique supérieur au seuil de 5 kW/m² ne sort des limites de propriété, pour les deux hauteurs cibles étudiées. La durée d'incendie calculée est **318 min**.

6.1.3. Cellule de stockage

Les résultats sont présentés pour un incendie généralisé dans la cellule de stockage du bâtiment carton sur le plan de masse du site à une hauteur cible d'1,8 m (hauteur d'Homme) et de 17 m.

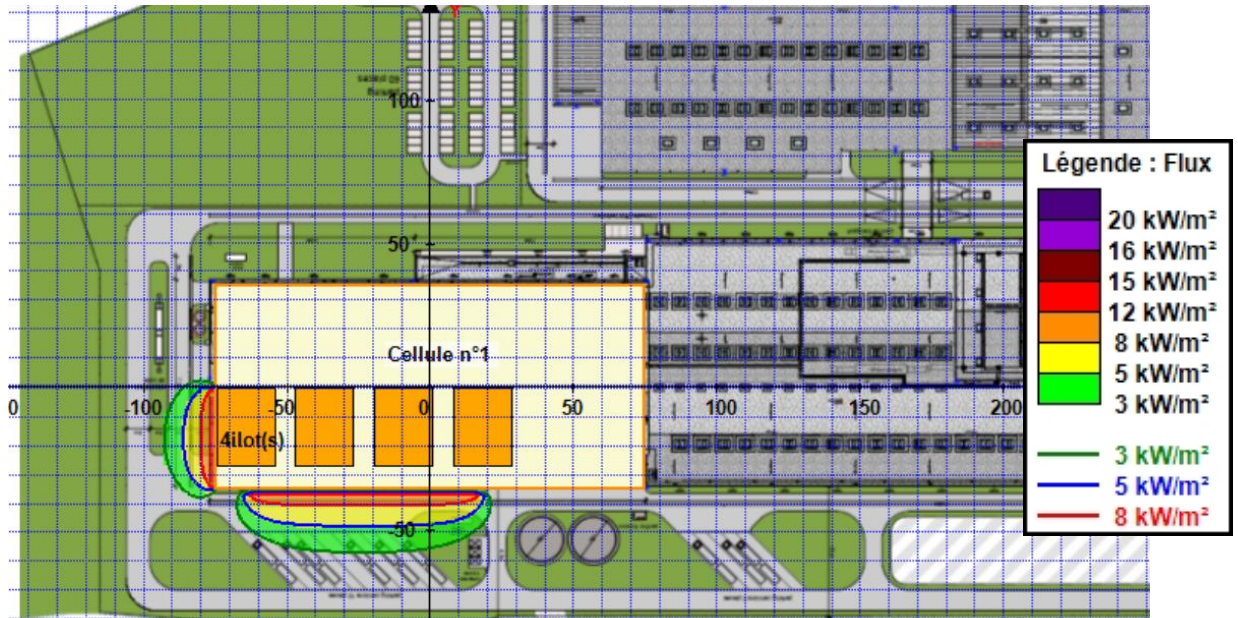


Figure 6-5 : Distances d'effets de flux thermiques – Hauteur cible 1,8 m – Bâtiment carton – Cellule de stockage

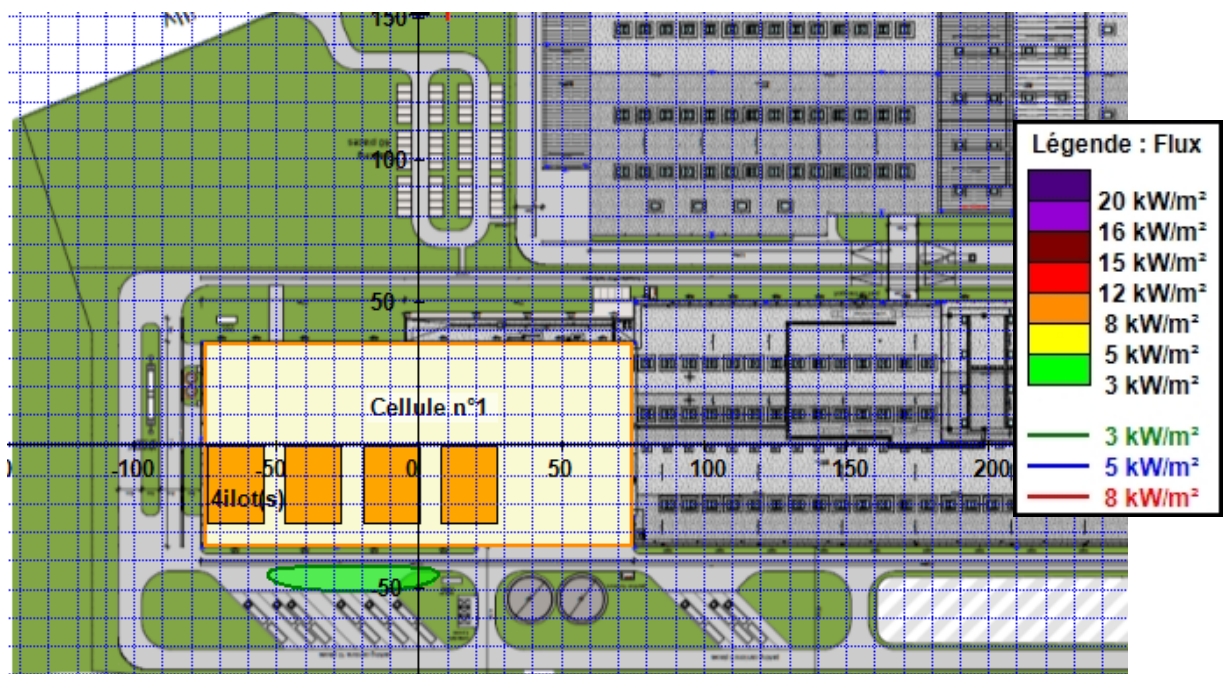


Figure 6-6 : Distances d'effets de flux thermiques – Hauteur cible 17 m – Bâtiment carton – Cellule de stockage

Aucun flux thermique supérieur au seuil de 5 kW/m² ne sort des limites de propriété, pour les deux hauteurs cibles étudiées. La durée d'incendie calculée est **387 min**.

6.2. RESULTATS DE FLUX THERMIQUES : BATIMENT FAÇONNAGE

6.2.1. Cellule de grande hauteur

Les résultats sont présentés pour un incendie généralisé dans la cellule de grande hauteur du bâtiment façonnage sur le plan de masse du site à une hauteur cible d'1,8 m (hauteur d'Homme) et de 17 m.

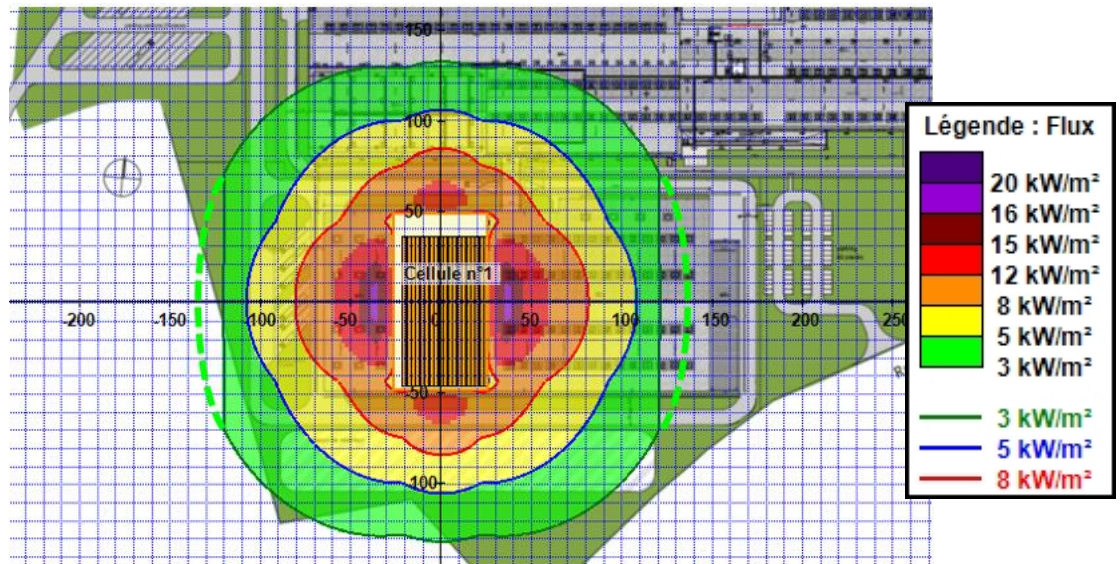


Figure 6-7 : Distances d'effets de flux thermiques – Hauteur cible 1,8 m – Bâtiment façonnage – Cellule de grande hauteur

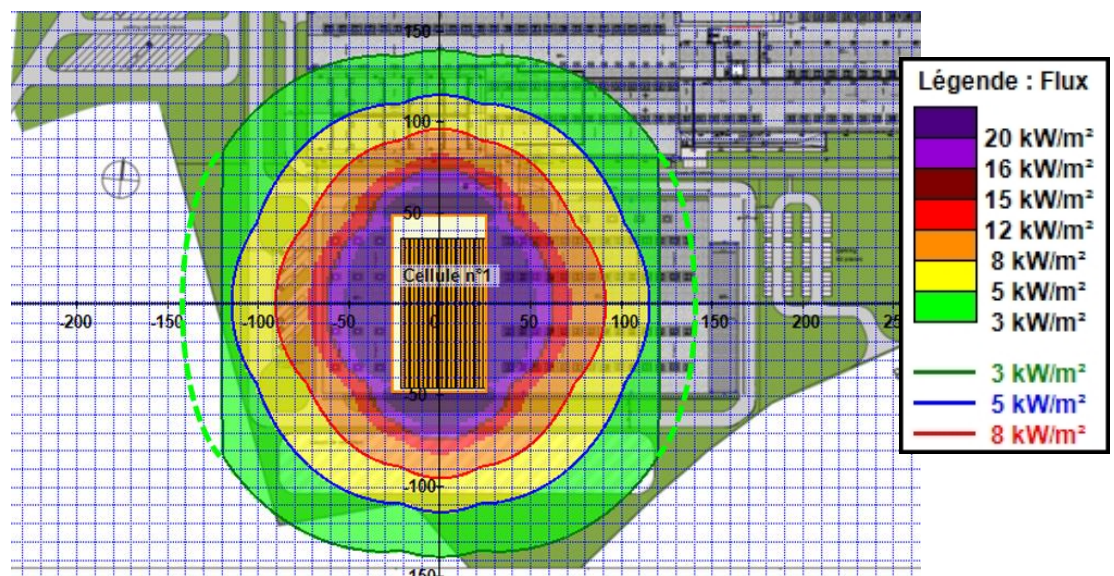


Figure 6-8 : Distances d'effets de flux thermiques – Hauteur cible 17 m – Bâtiment façonnage – Cellule de grande hauteur

Aucun flux thermique supérieur au seuil de 5 kW/m² ne sort des limites de propriété, pour les deux hauteurs cibles étudiées. La durée d'incendie calculée est 361 min.

6.2.2. Cellule expédition

Les résultats sont présentés pour un incendie généralisé dans la cellule expédition du bâtiment façonnage sur le plan de masse du site à une hauteur cible d'1,8 m (hauteur d'Homme) et de 17 m.

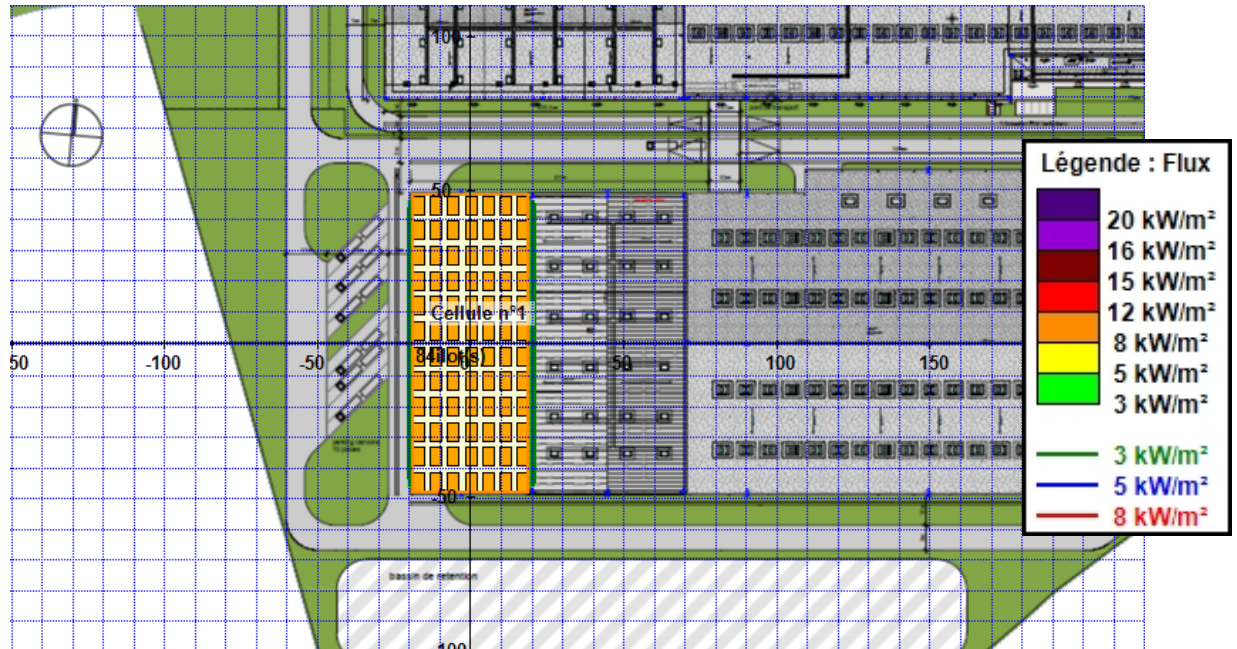


Figure 6-9 : Distances d'effets de flux thermiques – Hauteur cible 1,8 m – Bâtiment façonnage – Cellule d'expédition

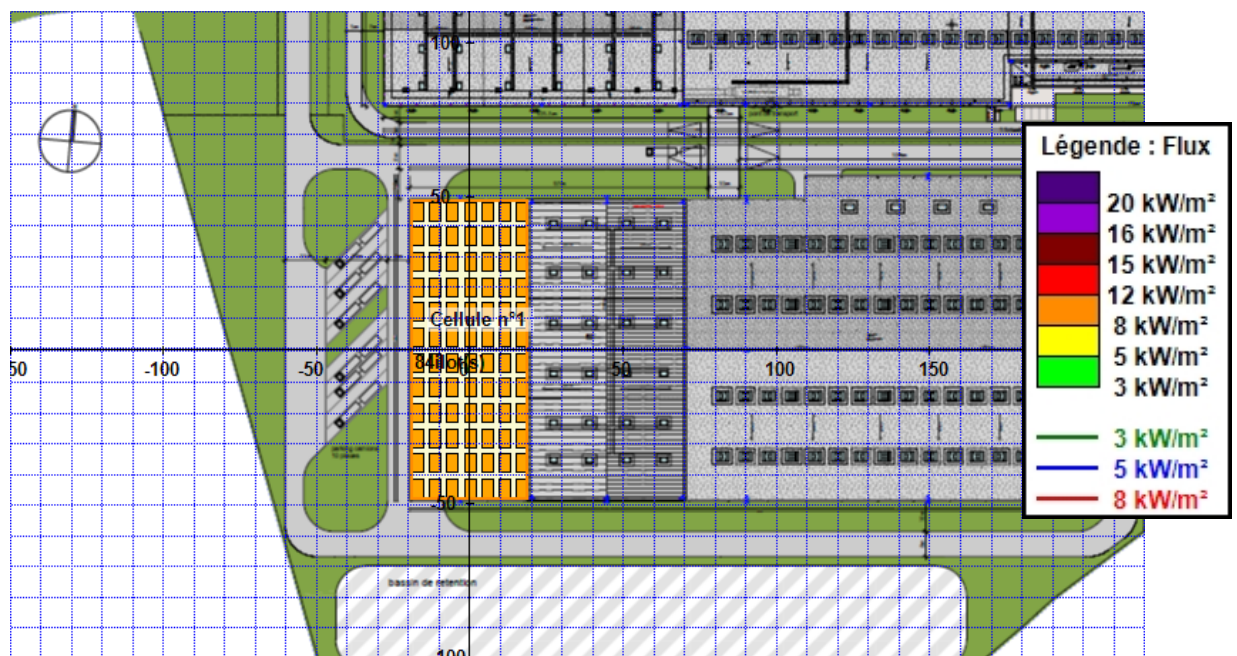


Figure 6-10 : Distances d'effets de flux thermiques – Hauteur cible 17 m – Bâtiment façonnage – Cellule d'expédition

Aucun flux thermique supérieur au seuil de 5 kW/m² ne sort des limites de propriété, pour les deux hauteurs cibles étudiées. La durée d'incendie calculée est 193 min.

6.2.3. Cellule de production

Les résultats sont présentés pour un incendie généralisé dans la cellule de production du bâtiment façonnage sur le plan de masse du site à une hauteur cible d'1,8 m (hauteur d'Homme) et de 17 m.

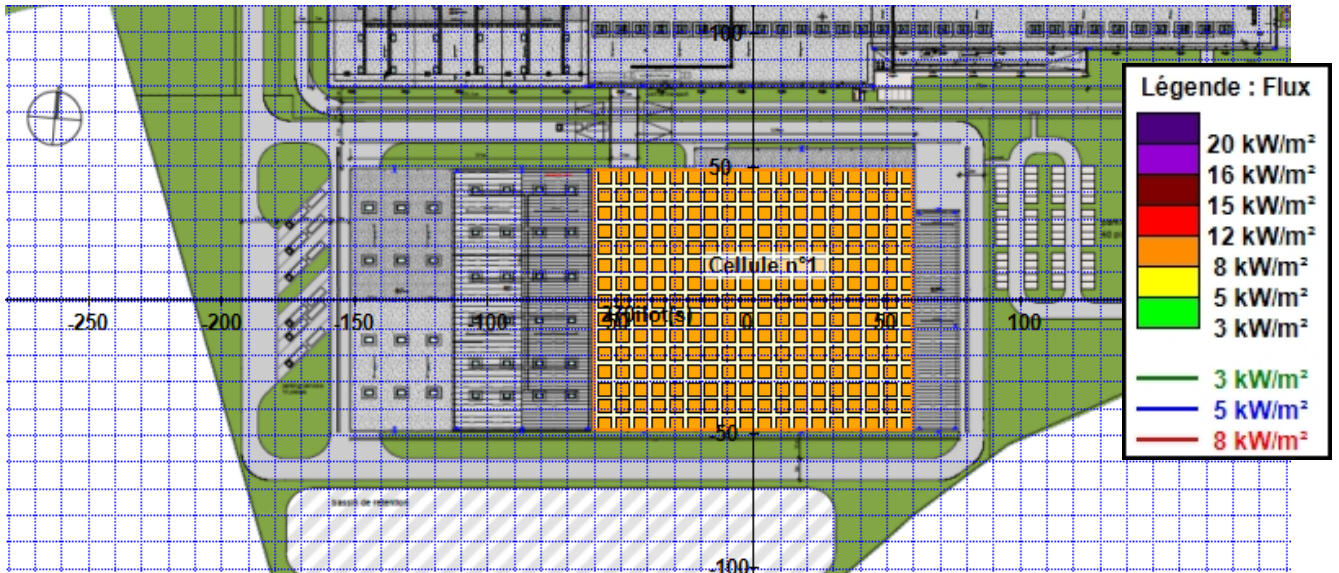


Figure 6-11 : Distances d'effets de flux thermiques – Hauteur cible 1,8 m – Bâtiment façonnage – Cellule de production

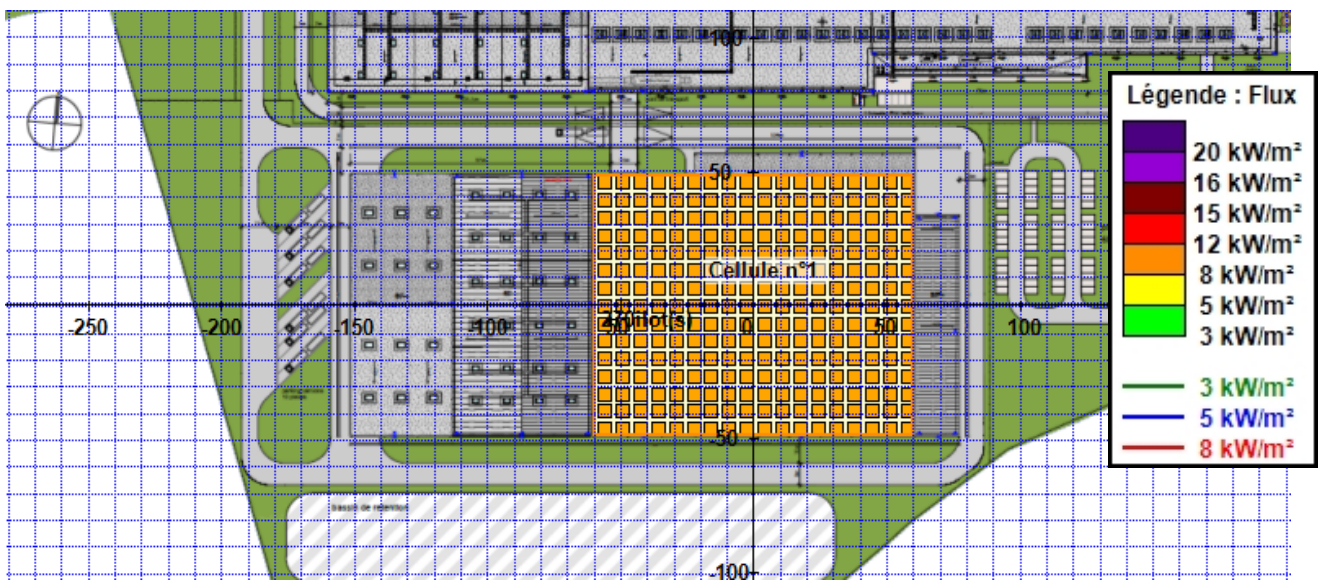


Figure 6-12 : Distances d'effets de flux thermiques – Hauteur cible 17 m – Bâtiment façonnage – Cellule de production

Aucun flux thermique supérieur au seuil de 5 kW/m² ne sort des limites de propriété, pour les deux hauteurs cibles étudiées. La durée d'incendie calculée est **197 min**.

7. RESULTATS DE CALCULS DE FLUX THERMIQUES – SCENARIOS DE PROPAGATION

Etant donné que les parois séparatives ne présentent pas de résistance au feu (ou qu'il n'y en a pas réellement entre les cellules modélisées), il est nécessaire de prendre en compte des scénarios de propagation. Le feu pouvant se propager simultanément dans toutes les cellules, le choix de la cellule de départ de feu n'a pas d'importance.

7.1. SCENARIO DE PROPAGATION : DEPART DE FEU DANS LE BATIMENT « CARTON »

D'après le positionnement possible pour 3 cellules avec l'outil Flumilog, le départ de feu pour ce scénario se fait dans la cellule expédition. La figure suivante présente l'implantation des distances d'effet thermique sur le plan masse.

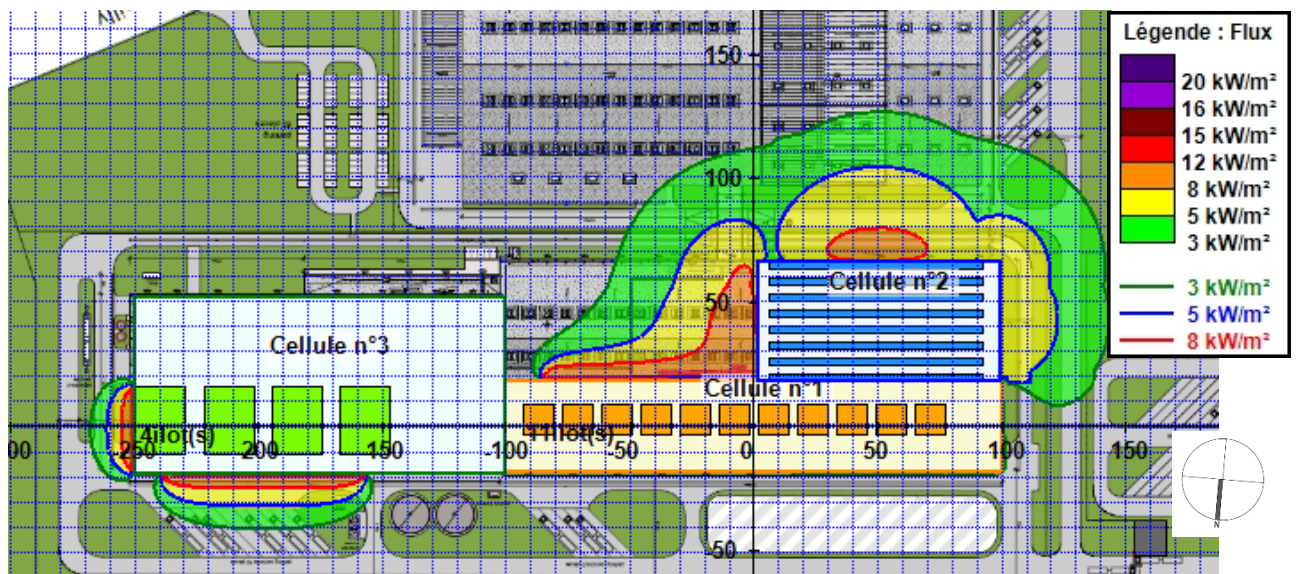


Figure 7-1 : Distances d'effets de flux thermiques – Hauteur cible 1,8 m – Bâtiment carton – Scénario propagation, départ de feu cellule expédition / production

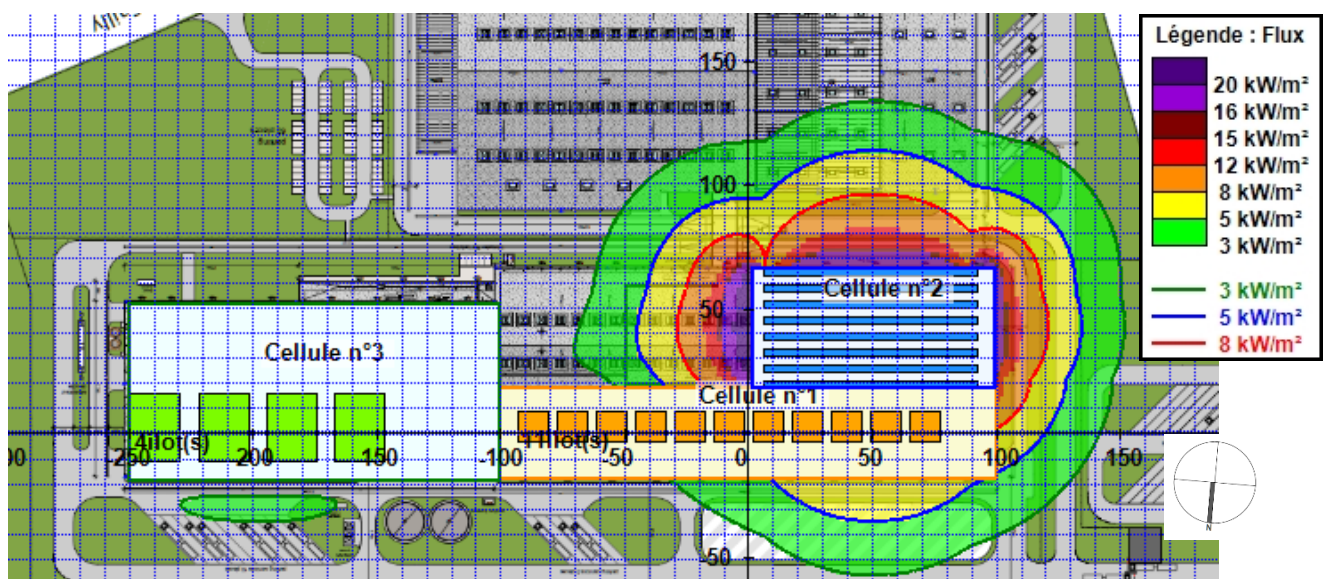


Figure 7-2 : Distances d'effets de flux thermiques – Hauteur cible 17 m – Bâtiment carton – Scénario propagation, départ de feu cellule expédition / production

Aucun flux thermique supérieur au seuil de 5 kW/m² n'est observé au-delà des limites de propriété, pour les deux hauteurs cibles étudiées. Les durées d'incendie calculées sont de 318 min (cellule expédition / production), 311 min (cellule de grande hauteur) et 387 min (cellule de stockage).

7.2. SCENARIO DE PROPAGATION : DEPART DE FEU DANS LE BATIMENT « FAÇONNAGE »

D'après le positionnement possible pour 3 cellules avec l'outil Flumilog, le départ de feu pour ce scénario se fait dans la cellule grande hauteur. La figure suivante présente l'implantation des distances d'effet thermique sur le plan masse.

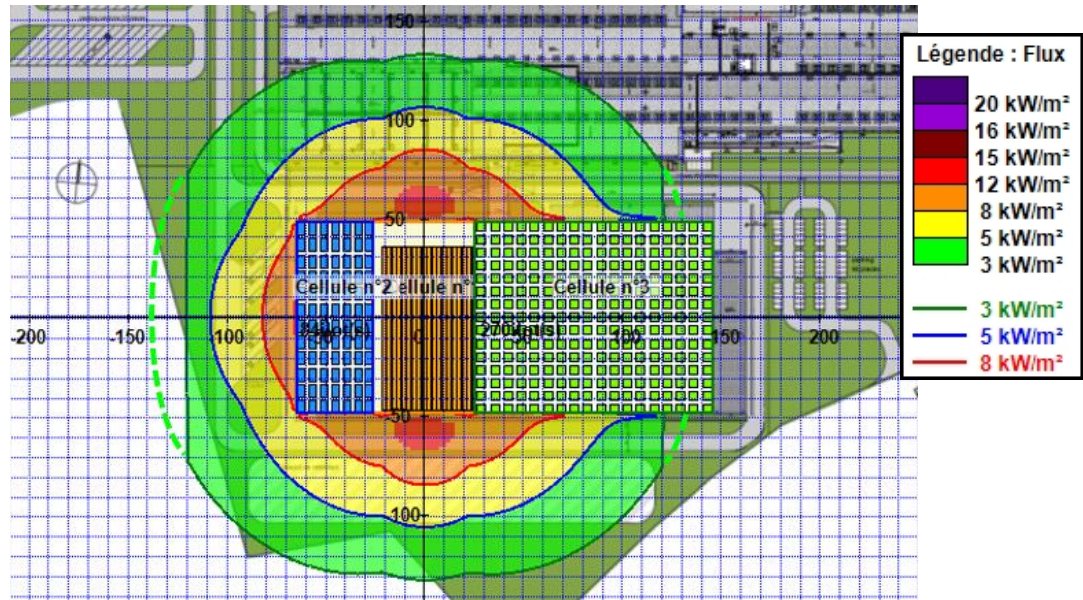


Figure 7-3 : Distances d'effets de flux thermiques – Hauteur cible 1,8 m – Bâtiment façonnage - Scénario propagation, départ de feu cellule grande hauteur

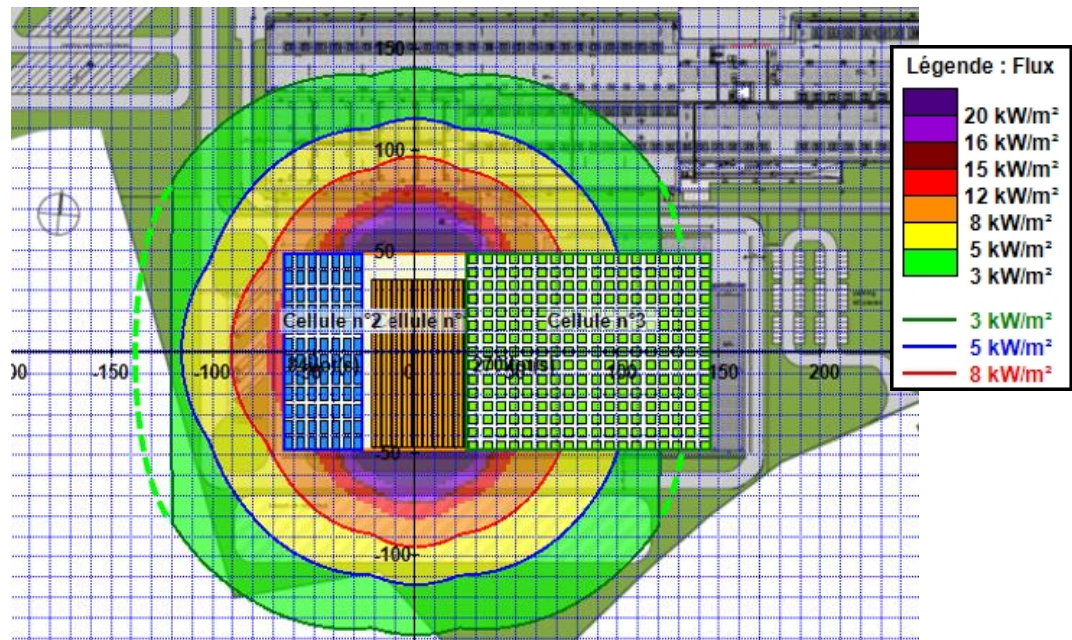


Figure 7-4 : Distances d'effets de flux thermiques – Hauteur cible 17 m – Bâtiment façonnage - Scénario propagation, départ de feu cellule grande hauteur

Aucun flux thermique supérieur au seuil de 5 kW/m² n'est observé au-delà des limites de propriété, pour les deux hauteurs cibles étudiées. Les durées d'incendie calculées sont de **361 min** (cellule de grande hauteur), **193 min** (cellule d'expédition) et **197 min** (cellule de production).

8. CONCLUSION

Ce rapport s'est attaché à présenter les hypothèses et résultats relatifs aux calculs de flux thermiques autour des deux bâtiments du projet de construction d'une industrie de production de cartons, à Brebières (62).

Les calculs de flux thermiques ont été réalisés à hauteur d'homme (1,8 m) afin de définir les distances d'effets au niveau des limites de propriété.

Les hauteurs de stockage des cellules grande hauteur sortent du cadre habituel des études FLUMilog classiques, limitées à 23 m. Efectis, en tant que co-développeur de l'outil FLUMilog a la possibilité de débloquer cette limite pratique de hauteur de stockage limitée à 23 m.

Sur la base des données d'entrée fournies, les résultats montrent que les flux supérieurs à 5 kW/m² sont contenus à l'intérieur des limites de propriétés pour des cibles à 1,8 m (hauteur d'Homme) et à 17 m (mi-hauteur de cellule grande hauteur).

Les données d'entrée relatives aux cellules expédition et production du bâtiment façonnage n'ont pas fait l'objet d'une analyse de la part d'Efectis. Par ailleurs, pour que les résultats soient valables, les palettes stockées dans les cellules grande hauteur ne devront pas avoir une hauteur supérieure à 1,5 m.