

DEMANDE D'ENREGISTREMENT

PROJET PHARMAR A SAINT-PIERRE (97 410)



Modélisation FLUMILOG

CE DOSSIER A ETE REALISE AVEC L'ASSISTANCE DE :



SOCOTEC

SOCOTEC REUNION – AGENCE ENVIRONNEMENT & SECURITE

33 rue André Lardy

97 438 Sainte-Marie

La Réunion

☎ : 02.62.94.48.48

| | | |
|--------------------------------|---|----------------------------|
| Intervenant SOCOTEC | Jean-Charles JOURDAIN Tel : 06 92 84 42 92 jean-charles.jourdain@socotec.com | Chef de projet |
| Intervenant SOCOTEC | Auriane PEYROT DES GACHONS Tel : 06 92 84 97 32 auriane.peyrotdesgachons@socotec.com | Ingénieure d'études |

| Date d'édition | Version | Référence du rapport | Nature de la révision | Rapport rédigé par | Rapport validé par |
|----------------|---------|----------------------|--|-------------------------------|--------------------------|
| 13/09/2022 | 1 | 2208REUY3000009R | Rapport initial | Auriane PEYROT DES GACHONS | Jean-Charles JOURDAIN |
| 24/04/2023 | 2 | 2208REUY3000009R | Rapport initial | Auriane PEYROT DES GACHONS | Jean-Charles JOURDAIN |
| 24/04/2023 | 3 | 2208REUY3000009R | Mesures prises pour maintenir les flux 5 kW/m ² | Auriane PEYROT DES GACHONS | Jean-Charles JOURDAIN |

La reprographie de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale, sous réserve d'en citer la source.

1. DEFINITION DES SEUILS DE FLUX THERMIQUES

Les seuils d'effets sont définis par l'Arrêté Ministériel du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte dans les études de dangers des installations classées soumises à enregistrement, de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets, et de la gravité des conséquences des accidents potentiels.

D'une façon générale, les distances atteintes par les phénomènes dangereux sont associés à 3 niveaux d'intensité correspondant chacun à un seuil d'effets :

- SELS : Seuil d'effets létaux significatifs pour la vie humaine ;
- SEL : Seuil d'effets létaux pour la vie humaine ;
- SEI : Seuils des effets irréversibles pour la vie humaine.

Les valeurs seuils pour les effets thermiques sont les suivantes :

| Flux thermiques | Effets prévisibles sur l'homme | Effets prévisibles sur les structures |
|----------------------|---|--|
| 20 kW/m ² | / | Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton |
| 16 kW/m ² | / | Seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton |
| 8 kW/m ² | Seuil des effets létaux significatifs (SELS) correspondant à la zone de dangers très graves pour la vie humaine | Seuil des effets domino et correspondant au seuil des dégâts graves sur les structures |
| 5 kW/m ² | Seuil des premiers effets létaux (SEL) correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine | Seuil des destructions de vitres significatives |
| 3 kW/m ² | Seuil des effets irréversibles (SEI) correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine | / |

GENERALITES

La modélisation des flux thermiques d'un incendie a été réalisée, pour chaque cellule, grâce au logiciel FLUMILOG.

2. PRESENTATION DU LOGICIEL

Le logiciel FLUMILOG (version 5.6.1.0.), développé par l'INERIS, est destiné principalement aux entrepôts de combustibles solides.

La méthode développée permet de modéliser l'évolution de l'incendie depuis l'inflammation jusqu'à son extinction par épuisement du combustible (prise en compte de l'évolution temporelle de l'incendie).

Elle prend en compte le rôle joué par la structure et les parois tout au long de l'incendie. D'une part lorsqu'elles peuvent limiter la puissance de l'incendie en raison d'un apport d'air réduit au niveau du foyer et d'autre part lorsqu'elles jouent le rôle d'écran thermique plus ou moins important au rayonnement avec une hauteur qui peut varier au cours du temps.

Les flux thermiques sont donc calculés à chaque instant en fonction de la progression de l'incendie dans la cellule et de l'état de la couverture et des parois.

Le logiciel FLUMILOG possède des limites impactant le choix des hypothèses de modélisation :

- Nature des stockages :
 - FLUMILOG référence 11 produits combustibles (bois, caoutchouc, carton, coton, palette bois polyéthylène, pneu, polystyrène, polyuréthane, PVC et synthétique) et 4 produits incombustibles (acier, aluminium, verre et eau).
 - FLUMILOG permet également de caractériser une palette moyenne par cellule.
 - L'utilisation de palettes de composition différente dans une même cellule n'est pas possible.
- Dimension des bâtiments :
 - Seulement deux cellules adjacentes au maximum peuvent être définies pour étudier la propagation de l'incendie à celles-ci.
 - La prise en compte d'un décroché d'angle est possible dans la mesure où celui-ci représente moins de 1/3 de la longueur des façades concernées.
- Mode de stockage :
 - FLUMILOG permet de considérer soit un stockage en masse, soit en racks (un stockage mixte n'est pas possible).
 - Pour un stockage en racks, le nombre de racks simples est limité à 2 et ces racks sont placés aux extrémités du stockage. Les autres racks considérés doivent être des racks doubles.
 - FLUMILOG ne permet de modéliser au maximum que 3 zones différentes (dans un même bâtiment ou non).

3. HYPOTHESES DE MODELISATION

Les hypothèses retenues pour le logiciel FLUMILOG sont précisées ci-dessous.

A noter :

- R = Résistance au feu ;
- E = Etanchéité aux gaz chauds ;
- I = Critère d'isolation de la paroi ;
- Y = Résistance des Fixations.

Hauteur de cible :

La hauteur de cible est fixée selon la hauteur moyenne d'un Homme, à savoir 1,80 mètres.

Géométrie de l'entrepôt :

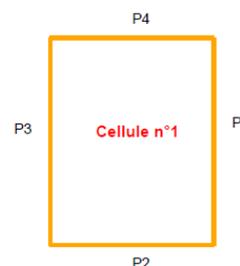
Les dimensions des trois cellules de l'entrepôt sont décrites ci-après :

| | Cellule 1 PHARMAD | Cellule 2 REPARTITION | Cellule 3 DEPOSITAIRE |
|-------------------------------|---|--------------------------|--------------------------|
| Longueur (m) | 59,09 | 59,09 | 59,09 |
| Largeur (m) | 18,19 | 48,71 | 40,57 |
| Hauteur (m) | 12,4 | 12,4 | 12,4 |
| Nombre de portes | 0 | 9 au Nord et 4 au Sud | 0 |
| Caractéristique de la toiture | Résistance au feu R15 avec des poutres R15. Elle est métallique simple peau et comprend des exutoires de fumées sur 2% de sa surface. | | |

Parois des cellules :

Les caractéristiques des parois de chacune des cellules ont été choisies selon les dimensions, l'usage et le volume stocké dans chacune des cellules.

Ainsi :



- Cellule PHARMAD :

| P2 | Paroi P1 | Paroi P2 | Paroi P3 | Paroi P4 |
|---|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Composantes de la Paroi | Monocomposante | Multicomposante | Monocomposante | Monocomposante |
| Structure Support | Autostable | Poteau beton | Autostable | Poteau beton |
| Nombre de Portes de quais | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Largeur des portes (m) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Hauteur des portes (m) | 4,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | <i>Un seul type de paroi</i> | <i>Partie en haut à gauche</i> | <i>Un seul type de paroi</i> | <i>Un seul type de paroi</i> |
| Matériau | Beton Arme/Cellulaire | bardage simple peau | Beton Arme/Cellulaire | Beton Arme/Cellulaire |
| R(i) : Résistance Structure(min) | 120 | 0 | 120 | 60 |
| E(i) : Etanchéité aux gaz (min) | 120 | 0 | 120 | 60 |
| I(i) : Critère d'isolation de paroi (min) | 120 | 0 | 120 | 60 |
| Y(i) : Résistance des Fixations (min) | 120 | 0 | 120 | 60 |
| Largeur (m) | | 9,1 | | |
| Hauteur (m) | | 7,4 | | |
| | | <i>Partie en haut à droite</i> | | |
| Matériau | | bardage simple peau | | |
| R(i) : Résistance Structure(min) | | 0 | | |
| E(i) : Etanchéité aux gaz (min) | | 0 | | |
| I(i) : Critère d'isolation de paroi (min) | | 0 | | |
| Y(i) : Résistance des Fixations (min) | | 0 | | |
| Largeur (m) | | 9,1 | | |
| Hauteur (m) | | 7,4 | | |
| | | <i>Partie en bas à gauche</i> | | |
| Matériau | | Beton Arme/Cellulaire | | |
| R(i) : Résistance Structure(min) | | 60 | | |
| E(i) : Etanchéité aux gaz (min) | | 60 | | |
| I(i) : Critère d'isolation de paroi (min) | | 60 | | |
| Y(i) : Résistance des Fixations (min) | | 60 | | |
| Largeur (m) | | 9,1 | | |
| Hauteur (m) | | 5,0 | | |
| | | <i>Partie en bas à droite</i> | | |
| Matériau | | Beton Arme/Cellulaire | | |
| R(i) : Résistance Structure(min) | | 60 | | |
| E(i) : Etanchéité aux gaz (min) | | 60 | | |
| I(i) : Critère d'isolation de paroi (min) | | 60 | | |
| Y(i) : Résistance des Fixations (min) | | 60 | | |
| Largeur (m) | | 9,1 | | |
| Hauteur (m) | | 5,0 | | |

- Cellule REPARTITION :

| P2 | Paroi P1 | Paroi P2 | Paroi P3 | Paroi P4 |
|---|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Composantes de la Paroi | Monocomposante | Multicomposante | Monocomposante | Monocomposante |
| Structure Support | Autostable | Poteau beton | Autostable | Poteau beton |
| Nombre de Portes de quais | 0 | 4 | 0 | 9 |
| Largeur des portes (m) | 0,0 | 3,0 | 0,0 | 3,0 |
| Hauteur des portes (m) | 4,0 | 3,0 | 4,0 | 3,0 |
| | <i>Un seul type de paroi</i> | <i>Partie en haut à gauche</i> | <i>Un seul type de paroi</i> | <i>Un seul type de paroi</i> |
| Matériau | Beton Arme/Cellulaire | bardage simple peau | Beton Arme/Cellulaire | Beton Arme/Cellulaire |
| R(i) : Résistance Structure(min) | 120 | 15 | 120 | 60 |
| E(i) : Etanchéité aux gaz (min) | 120 | 0 | 120 | 60 |
| I(i) : Critère d'isolation de paroi (min) | 120 | 0 | 120 | 60 |
| Y(i) : Résistance des Fixations (min) | 120 | 0 | 120 | 60 |
| Largeur (m) | | 24,4 | | |
| Hauteur (m) | | 7,4 | | |
| | | <i>Partie en haut à droite</i> | | |
| Matériau | | bardage simple peau | | |
| R(i) : Résistance Structure(min) | | 15 | | |
| E(i) : Etanchéité aux gaz (min) | | 0 | | |
| I(i) : Critère d'isolation de paroi (min) | | 0 | | |
| Y(i) : Résistance des Fixations (min) | | 0 | | |
| Largeur (m) | | 24,4 | | |
| Hauteur (m) | | 7,4 | | |
| | | <i>Partie en bas à gauche</i> | | |
| Matériau | | Beton Arme/Cellulaire | | |
| R(i) : Résistance Structure(min) | | 60 | | |
| E(i) : Etanchéité aux gaz (min) | | 60 | | |
| I(i) : Critère d'isolation de paroi (min) | | 60 | | |
| Y(i) : Résistance des Fixations (min) | | 60 | | |
| Largeur (m) | | 24,4 | | |
| Hauteur (m) | | 5,0 | | |
| | | <i>Partie en bas à droite</i> | | |
| Matériau | | Beton Arme/Cellulaire | | |
| R(i) : Résistance Structure(min) | | 60 | | |
| E(i) : Etanchéité aux gaz (min) | | 60 | | |
| I(i) : Critère d'isolation de paroi (min) | | 60 | | |
| Y(i) : Résistance des Fixations (min) | | 60 | | |
| Largeur (m) | | 24,4 | | |
| Hauteur (m) | | 5,0 | | |

- Cellule DEPOSITAIRE :

| P2 | Paroi P1 | Paroi P2 | Paroi P3 | Paroi P4 |
|---|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Composantes de la Paroi | Monocomposante | Multicomposante | Monocomposante | Monocomposante |
| Structure Support | Poteau beton | Poteau beton | Autostable | Poteau beton |
| Nombre de Portes de quais | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Largeur des portes (m) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Hauteur des portes (m) | 4,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Un seul type de paroi | Partie en haut à gauche | Un seul type de paroi | Un seul type de paroi |
| Matériau | Beton Arme/Cellulaire | bardage simple peau | Beton Arme/Cellulaire | Beton Arme/Cellulaire |
| R(i) : Résistance Structure(min) | 60 | 15 | 120 | 60 |
| E(i) : Etanchéité aux gaz (min) | 60 | 0 | 120 | 60 |
| I(i) : Critère d'isolation de paroi (min) | 60 | 0 | 120 | 60 |
| Y(i) : Résistance des Fixations (min) | 60 | 0 | 120 | 60 |
| Largeur (m) | | 20,3 | | |
| Hauteur (m) | | 4,4 | | |
| | | Partie en haut à droite | | |
| Matériau | | bardage simple peau | | |
| R(i) : Résistance Structure(min) | | 15 | | |
| E(i) : Etanchéité aux gaz (min) | | 0 | | |
| I(i) : Critère d'isolation de paroi (min) | | 0 | | |
| Y(i) : Résistance des Fixations (min) | | 0 | | |
| Largeur (m) | | 20,3 | | |
| Hauteur (m) | | 4,4 | | |
| | | Partie en bas à gauche | | |
| Matériau | | Beton Arme/Cellulaire | | |
| R(i) : Résistance Structure(min) | | 60 | | |
| E(i) : Etanchéité aux gaz (min) | | 60 | | |
| I(i) : Critère d'isolation de paroi (min) | | 60 | | |
| Y(i) : Résistance des Fixations (min) | | 60 | | |
| Largeur (m) | | 20,3 | | |
| Hauteur (m) | | 8,0 | | |
| | | Partie en bas à droite | | |
| Matériau | | Beton Arme/Cellulaire | | |
| R(i) : Résistance Structure(min) | | 60 | | |
| E(i) : Etanchéité aux gaz (min) | | 60 | | |
| I(i) : Critère d'isolation de paroi (min) | | 60 | | |
| Y(i) : Résistance des Fixations (min) | | 60 | | |
| Largeur (m) | | 20,3 | | |
| Hauteur (m) | | 8,0 | | |

Merlons :

Il n'y aura pas de merlons sur la modélisation.

Mode de stockage :

Le stockage se fera sur des racks simples (d'une largeur de 1,1 m) ou doubles (d'une largeur de 2,2m). Dans la modélisation Flumilog, il a été pris en compte des racks composés de 5 niveaux de stockage au maximum pour une hauteur maximale de stockage de 10 m. Toutefois, dans la réalité, la hauteur de stockage sera inférieure à 4 m dans les cellules PHARMAD et REPARTITION. De même, elle sera plutôt de 8 m maximum dans la cellule DEPOSITAIRE.

Ainsi, les hypothèses prises en compte peuvent être considérées comme très majorantes.

Nota : pour la cellule répartition qui présente des stockages dans le sens de la longueur et de la largeur, un seul sens de stockage dans le sens de la longueur a été retenu.

Pour une meilleure représentation, les modes de stockage actuel sur les sites PHARMAR existants prévus d'être repris dans le cadre du projet sont présentés sur les photos ci-dessous.



Volume de stockage :

Comme précisé précédemment, le volume de stockage pris en compte dans la modélisation est majorant dans la mesure où les hauteurs de stockages retenues sont supérieures aux hauteurs attendues réellement. Par ailleurs l'espace occupé par les racks dans la modélisation est supérieur à celui occupé réellement, dans des espaces vides notamment. En effet, le logiciel Flumilog dans sa version actuelle ne permet pas d'intégrer différentes longueurs de racks dans une même cellule.

Ainsi, les hypothèses prises en compte peuvent être considérées comme très majorantes, dans la mesure où les volumes de stockage modélisés sont très supérieurs aux volumes attendus par Pharmar :

- 3 933,6 m³ pour la cellule PHARMAD (contre 850 m³ attendus par PHARMAR) ;
- 8 316,0 m³ pour la cellule REPARTITION (contre 1 875 m³ selon PHARMAD) ;
- 10 454,4 m³ pour la cellule DEPOSITAIRE (contre 4 800 m³ selon PHARMAD).

Les caractéristiques de stockage sont détaillées dans les Notes de calculs présentées en annexe du présent document.

Nature du stockage :

Compte tenu des produits susceptibles d'être stockés, il a été retenu la composition des palettes « type » de la rubrique 1510.

4. RESULTATS DE MODELISATION

Les principaux résultats de chacune des cellules sont fournis ci-dessous, et sont détaillés dans les notes de calcul disponibles en annexes.

Cellule 1 : PHARMAD

| | Paroi 4 Façade Nord-est | Paroi 3 Façade Nord-ouest | Paroi 2 Façade Sud-ouest | Paroi 1 Façade Sud-est |
|----------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| [0 ; 3] kW/m ² | 18 m | 23 m | - | 23 m |
| [3 ; 5] kW/m ² | 12 m | - | - | - |
| [5 ; 8] kW/m ² | 9 m | - | - | - |
| [8 ; 12] kW/m ² | 3 m | - | - | - |

Cellule 2 : REPARTITION

| | Paroi 4 Façade Nord-est | Paroi 3 Façade Nord-ouest | Paroi 2 Façade Sud-ouest | Paroi 1 Façade Sud-est |
|----------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| [0 ; 3] kW/m ² | 29 m | 23 m | 37 m | 23 m |
| [3 ; 5] kW/m ² | 13 m | - | 25 m | - |
| [5 ; 8] kW/m ² | 8 m | - | 15 m | - |
| [8 ; 12] kW/m ² | - | - | 4 m | - |

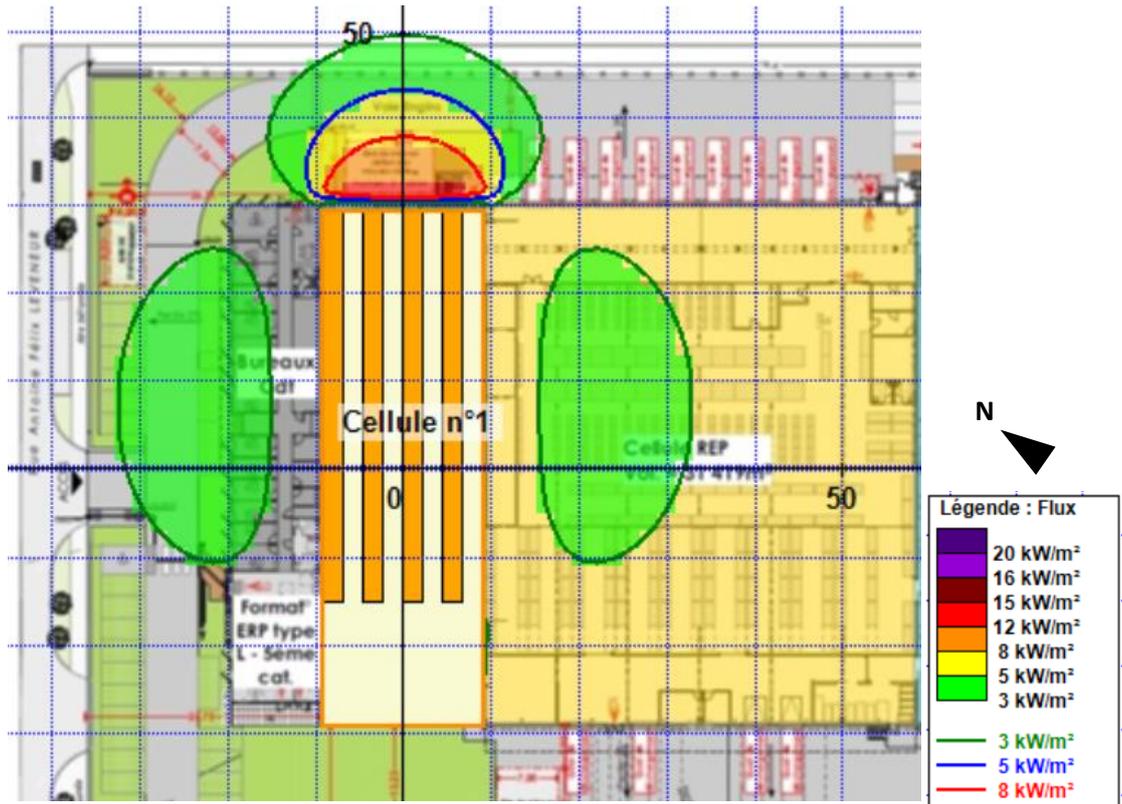
Cellule 3 : DEPOSITAIRE

| | Paroi 4 Façade Nord-est | Paroi 3 Façade Nord-ouest | Paroi 2 Façade Sud-ouest | Paroi 1 Façade Sud-est |
|----------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| [0 ; 3] kW/m ² | 27 m | 34 m | 34 m | 34,5 m |
| [3 ; 5] kW/m ² | 14,5 m | 17 m | 21 m | 18,5 m |
| [5 ; 8] kW/m ² | 9 m | - | 8 m | 11 m |
| [8 ; 12] kW/m ² | 3 m | - | 4 m | 3 m |

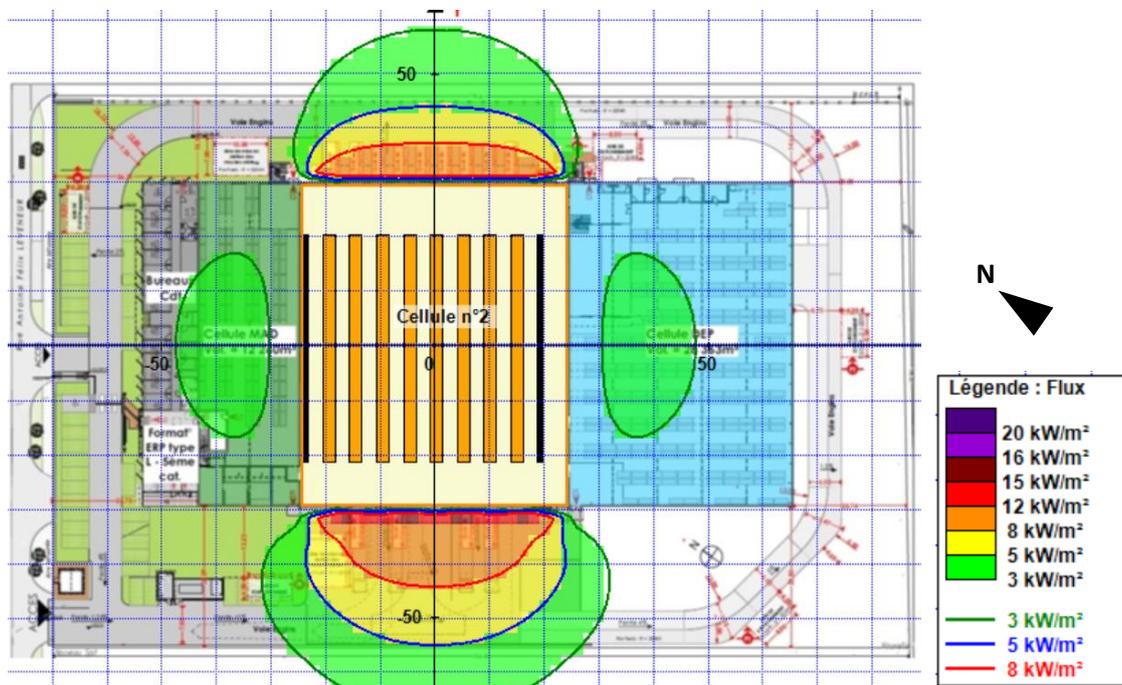
CARTOGRAPHIE DE SYNTHESE

Les cartographies en pages suivantes représentent les distances d'effets maximales pouvant sortir de l'entrepôt, en cas d'incendie d'une des cellules.

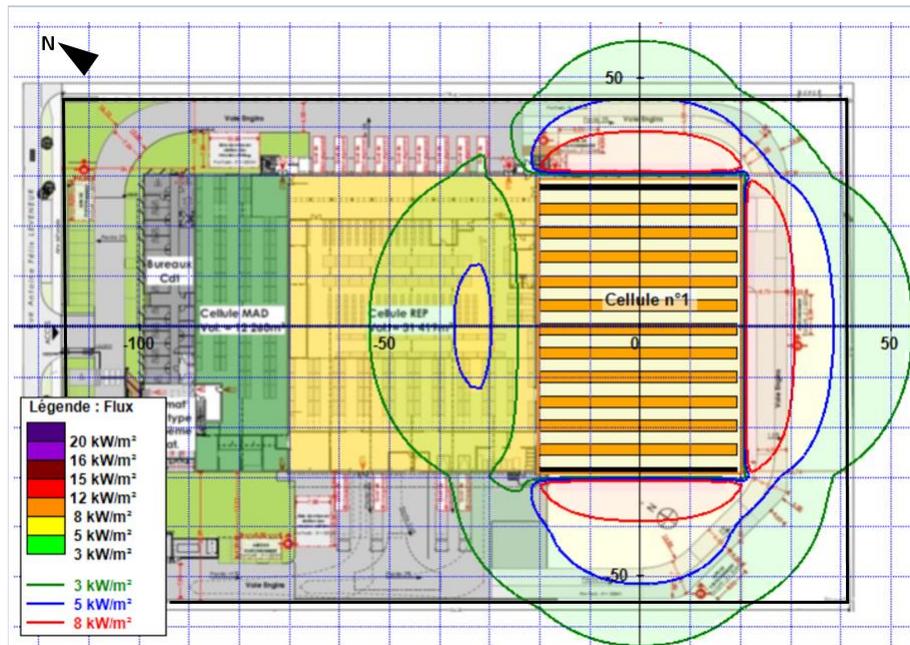
- Cellule PHARMAD :



- Cellule REPARTITION



- Cellule DEPOSITAIRE



5. Interprétation et conclusion

Selon l'article 2 de l'arrêté du 11 avril 2017 relatif aux prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis à la rubrique 1510 :

« 1. - Pour les installations soumises à enregistrement ou à autorisation, les parois extérieures de l'entrepôt (ou les éléments de structure dans le cas d'un entrepôt ouvert) sont suffisamment éloignées:

- des limites de site, d'une distance correspondant aux effets thermiques de 8 kW/m², [...];
- des constructions à usage d'habitation, des immeubles habités ou occupés par des tiers et des zones destinées à l'habitation, [...], 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 et les autres ERP de 5e catégorie nécessaires au fonctionnement de l'entrepôt [...] d'une distance correspondant aux effets irréversibles en cas d'incendie (seuil des effets thermiques de 3 kW/m²). »

« Les parois extérieures de l'entrepôt ou les éléments de structure dans le cas d'un entrepôt ouvert, sont implantées à une distance au moins égale à 20 mètres de l'enceinte de l'établissement, à moins que l'exploitant justifie que les effets létaux (seuil des effets thermiques de 5 kW/m²) restent à l'intérieur du site au moyen, si nécessaire, de la mise en place d'un dispositif séparatif E120. »

Les modélisations des effets thermiques en cas d'incendie réalisées sur FLUMILOG démontrent que :

- Les flux correspondants aux effets létaux significatifs (seuil des effets thermiques de 8 kW/m²) ne sortent pas du site,
- Les flux correspondants aux effets létaux (seuil des effets thermiques de 5 kW/m²) sont contenus à l'intérieur du site ;
- Les flux correspondants aux effets létaux n'impactent aucune zone d'habitation ou aucun bâtiment d'habitation, et aucune voie de circulation ;

- Les flux correspondants aux effets irréversibles (seuil des effets thermiques de 3 kW/m²) n'impactent aucun ERP, aucune voie ferrée, aucune voie d'eau et aucun bassin ainsi qu'aucune voie routière à grande circulation.

Ainsi, l'implantation des bâtiments est donc conforme aux dispositions du présent de l'arrêté du 11 avril 2017 relatif aux prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis à la rubrique 1510.