



MODELISATION DES FLUX THERMIQUES

COVED Environnement-Nurlu



Ce rapport est réalisé par le service Environnement du Groupe Paprec

Groupe Paprec
Service Environnement
7 rue pascal
93120 La Courneuve

Tél. 01.43.11.11.82

La Courneuve, le 1 juillet 2019

INDICE	0	1	2
DATE	24.06.2019		
EMETTEUR	F. GERY Assistant QSE		
VÉRIFICATEUR	A. HEYOUNI Ingénieur QSE		
APPROBATEUR	V. MILANOV Responsable d'agence		

SOMMAIRE

NOTATIONS

I. INTRODUCTION	5
II. EVALUATION DES CONSEQUENCES D'UN INCENDIE SUR LES STOCKAGES	5
II.1 PRODUITS MIS EN ŒUVRE	5
II.2 CHOIX DES SCENARII	7
III. MODELISATION DES FLUX THERMIQUE EN CAS D'INCENDIE	7
III.1 CHOIX DU LOGICIEL	7
III.2 CONFIGURATION DES STOCKAGES RETENUE POUR LA MODELISATION	8
III.3 VALEUR DE REFERENCE RELATIVE AU SEUIL D'EFFET THERMIQUE	9
IV. RESULTATS DE SIMULATION	10
IV.1 SCENARIO 1 - INCENDIE GENERALISE DES ILOTS 1 ET 2	10
IV.1.1 RAPPEL DES HYPOTHESES	10
IV.1.2 CONFIGURATION DU BATIMENT	11
IV.1.3 RESULTATS	12
IV.2 SCENARIO 2 – INCENDIE DE L'ILOT 3	14
IV.2.1 RAPPEL DE L'HYPOTHESE	14
IV.2.2 RESULTATS	15
IV.3 SCENARIO 3 - INCENDIE GENERALISE DES ILOTS 4 ET 5	16
IV.3.1 RAPPEL DES HYPOTHESES	16
IV.3.2 RESULTATS	17
V. CONCLUSIONS	18

NOTATIONS

Symbole	Signification	Unité de mesure
Φ	Radiation moyenne reçue par une cible	kW/m ²
Φ_0	Radiation émise à la surface de la flamme (pouvoir émissif, émittance)	kW/m ²
τ	Transmission atmosphérique ou coefficient d'absorption dans l'atmosphère	[-]
F	Facteur de configuration, appelé également facteur de vue	[-]
m''	Taux de combustion	(kg/s)
FR	fraction radiative	[-]
ΔH_c	Chaleur de combustion	[-]
S_f	Surface rayonnante de la flamme	m ²
A	Surface de combustible solide	m ²
V_p	Vitesse de régression	m/s
INERIS	Institut national de l'environnement industriel et des risques	
TNO		
H	Hauteur moyenne de la flamme	m
D_{eq}	Diamètre équivalent de la surface impliquée dans l'incendie	m
ρ_0	Densité de l'air ambiant	kg/m ³
\dot{m}	Débit ou taux massique surfacique de combustion	kg /m ² .s ¹
g	Accélération de la pesanteur	m/s ²
L	Longueur de la zone de feu	m
I	Largeur de la zone de feu	m
\dot{m}_i	Taux massique surfacique de combustion du combustible i	kg/m ² .s
x_i	Fraction pondéral du combustible i impliqué dans l'incendie	[-]
PV	pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air	Pa
x	distance du point d'observation au front de flamme	[m]

I. INTRODUCTION

L'objectif de la présente étude est d'analyser les effets sur l'homme et l'environnement en termes de flux thermiques en cas d'incendie sur les stocks de matières combustibles et de définir si nécessaire les moyens de prévention afin de maîtriser le risque.

II. EVALUATION DES CONSEQUENCES D'UN INCENDIE SUR LES STOCKAGES

II.1 Produits mis en œuvre

Le tableau et la figure ci-dessous montrent les caractéristiques des stockages ainsi que leur localisation.

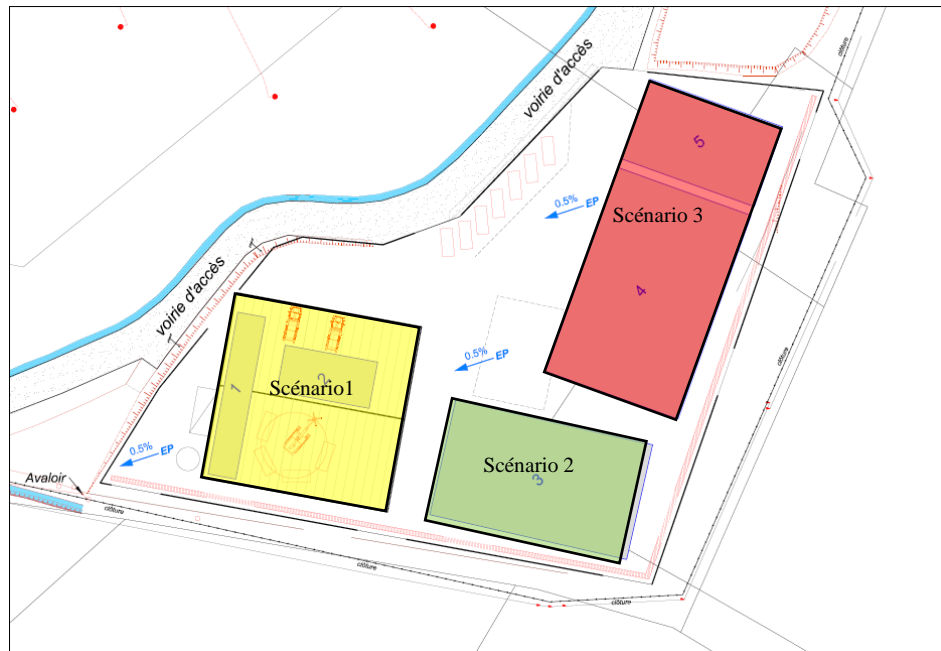
Ilots	Déchets	Longueur (m)	Largeur (m)	Surface (m ²)	Hauteur (m)	Volume (m ³)	Densité (kg/ m ³)	Tonnages arrondis (t)
1	Bois/Matelas	35	6	210	2	420	250	105
2	Bois/Matelas	20	10	200	2	400	250	100
3	Bois à broyer	43	25	1075	4	4300	250	1075
4	Bois broyé	46	30	1380	4	5520	250	1380
5	Déchets verts	30	18	540	4	2160	250	540



II.2 Choix des scénarii

Dans le cadre de cette étude, les scénarii pris en compte sont l'incendie des différents îlots de stockage de matières combustibles :

- Scénario n° 1 : Incendie généralisé du bâtiment (îlots 1 et 2);
- Scénario n° 2 : Incendie de l'îlot 3 ;
- Scénario n° 3 : Incendie généralisé des îlots 4 et 5.



Avant d'arriver à ces scénarii majeurs, rappelons tout d'abord qu'en période d'activité, un début d'incendie peut être maîtrisé par l'intervention du personnel à l'aide des moyens d'extinction.

L'évaluation du niveau de risque réalisée ci-après suppose qu'il n'y ait aucune intervention des services d'incendie et de secours qui permet en réalité de réduire les flux thermiques émis par l'incendie, ce qui est extrêmement majorant.

III. MODELISATION DES FLUX THERMIQUE EN CAS D'INCENDIE

III.1 Choix du logiciel

Le logiciel retenu pour la modélisation est le logiciel FLUMILOG développé en partenariat entre l'INERIS, le CTICM et le CNPP en association également avec l'IRSN et EFACTIS France.

Ce logiciel a permis la mise au point d'une méthode de calcul de référence en France pour évaluer les distances d'effet des flux thermiques émis par un feu d'entrepôt. Cette méthode a été rendue obligatoire par la réglementation pour les ICPE des rubriques 1510, 1511, 1530, 1532, 2662, 2663, 4331 et 4734. Par ailleurs, l'arrêté type du 6 juin 2018 préconise l'utilisation du logiciel FLUMILOG pour les rubriques 2711, 2714 et 2716.

L'outil a été construit sur la base d'une confrontation des différentes méthodes utilisées par ces centres techniques complétée par des essais à moyenne et d'un essai à grande échelle.

Le module développé dans FLUMILOG pour le stockage de matières en masse fournit une répartition représentative des stockages de matières combustibles.

III.2 Configuration des stockages retenue pour la modélisation

Les dimensions des ilots ont été définies pour être les plus représentatifs de la surface occupée par les stockages dans chaque zone. Dans tous les cas, le volume de matières résultant de la configuration retenue est au minimum similaire au stockage réellement présent.

Dans le cadre de la modélisation du scénario 1, par majoration les déchets ont été assimilés à du plastique de type PE

Le tableau ci-dessous montre les caractéristiques des ilots de stockages simulés, pour chaque scénario.

	Volume de stockage réel (m³)	Volume de stockage simulé (m³)	Commentaires
Scénario 1	<u>820 m³</u> (Cela correspond au volume des déchets combustibles : ilots 1 et 2) stocké dans le bâtiment	<u>820 m³</u>	Le volume de déchets simulé est identique au volume de déchets stocké
Scénario 2	<u>4 300 m³</u> (Cela correspond au volume des déchets combustibles : ilot 3)	<u>4 300 m³</u>	Le volume de déchets simulé est identique au volume de déchets stocké
Scénario 3	<u>7680 m³</u> (Cela correspond au volume des déchets combustibles : ilots 4 et 5)	<u>7680 m³</u>	Le volume de déchets simulé est identique au volume de déchets stocké). Cela correspond à deux ilots de 32 m x 30 m et de 4 m de hauteur (cf. rapport Flumilog en annexe)

III.3 Valeur de référence relative au seuil d'effet thermique

Sur la base de l'annexe 2 de l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif aux valeurs de référence de seuils d'effets des phénomènes accidentels des installations classées, on retient les seuils des effets de flux thermique suivants :

Pour les effets sur l'homme :

- 3 kW/m², seuil des effets irréversibles délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine »,
- 5 kW/m², seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine »,
- 8 kW/m², seuil des effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine »

Pour les effets sur les structures :

- 5 kW/m², seuil des destructions de vitres significatives,
- 8 kW/m², seuil des effets domino et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures,
- 16 kW/m², seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton,
- 20 kW/m², seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton,
- 200 kW/m², seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes.

IV. RESULTATS DE SIMULATION

IV.1 Scénario 1 - Incendie généralisé des ilots 1 et 2

IV.1.1 Rappel des hypothèses

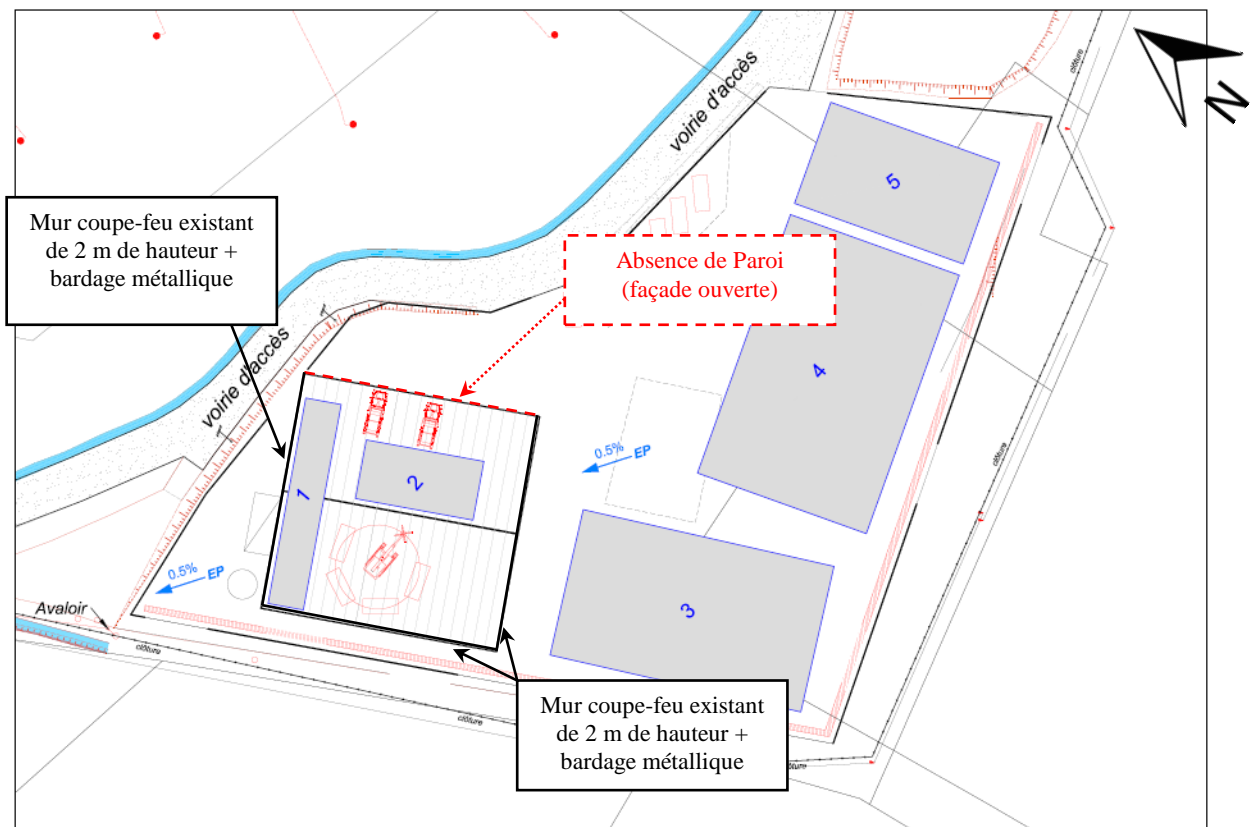
Le tableau suivant montre les caractéristiques des îlots de stockage 1 et 2.

Matières	N° Ilot	Surface (m ²)	Hauteur (m)	Volume (m ³)	Composition (kg/unité de 1 m ³) d'une palette de 1 m ³ prise en compte pour la modélisation (CF Rapport Flux thermique en annexe)
Bois/Matelas	1	210	2	420	PE à 100% (densité 250)
Bois/Matelas	2	200	2	400	PE à 100% (densité 250)

Remarque :

Par majoration nous avons considérée l'ensemble des ilots comme étant composé de plastique.

La figure suivante montre le positionnement des ilots de stockages :



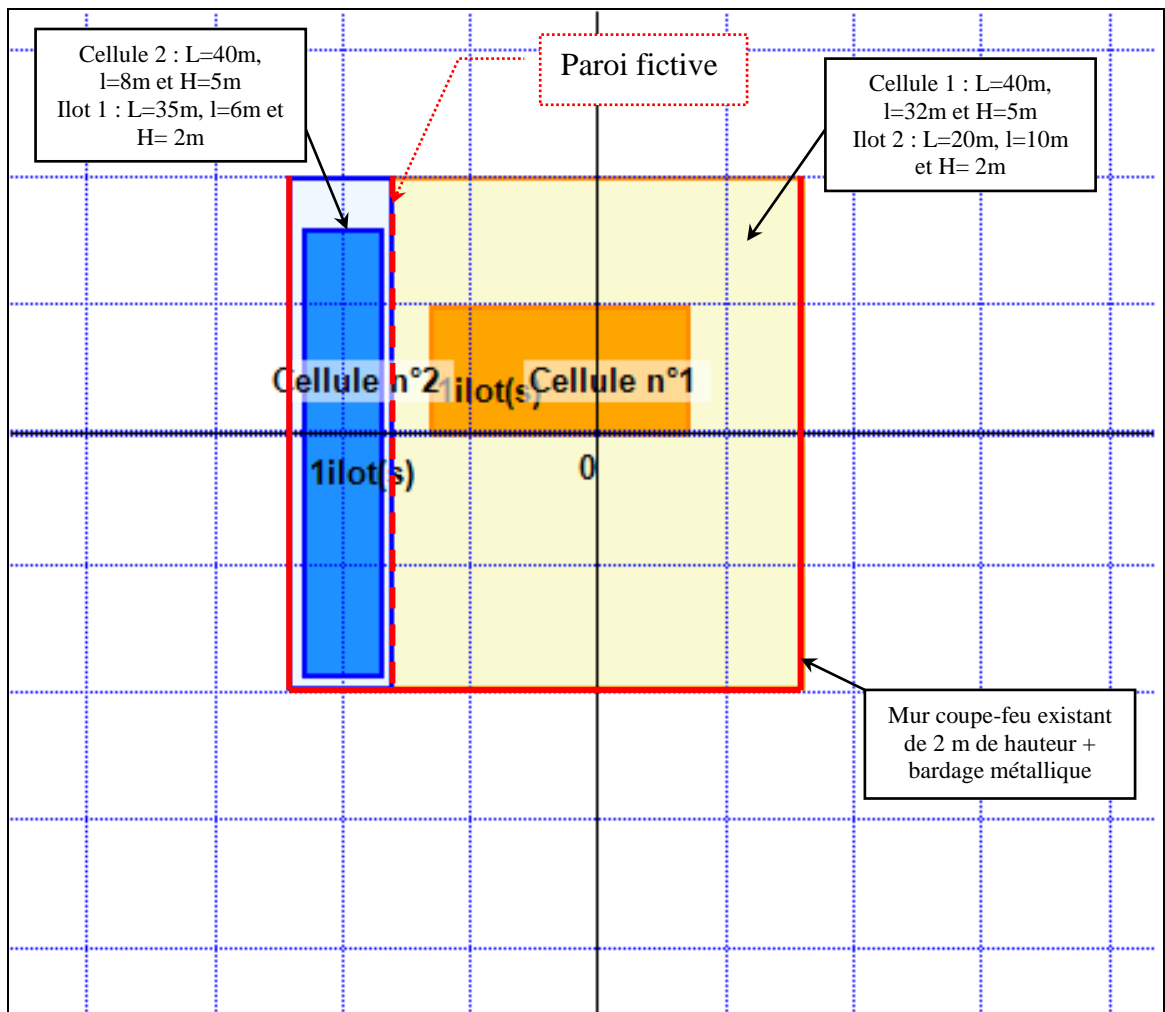
IV.1.2 Configuration du bâtiment

Le module d'implantation des ilots de stockage en masse du logiciel FLUMILOG ne permet pas d'intégrer aussi précisément les différents ilots de stockages du bâtiment, tels que définis par l'agence.

Ainsi, le bâtiment a été divisé en deux cellules :

Les parois de chacune des cellules sont définies de la manière suivante :

- pour les parois périphériques, les dispositions constructives du bâtiment,
- pour les séparations entre les deux cellules, (pointillé sur la photo, cf. ci-dessous), la paroi est simulée avec un comportement au feu nul, simulant l'absence de paroi.

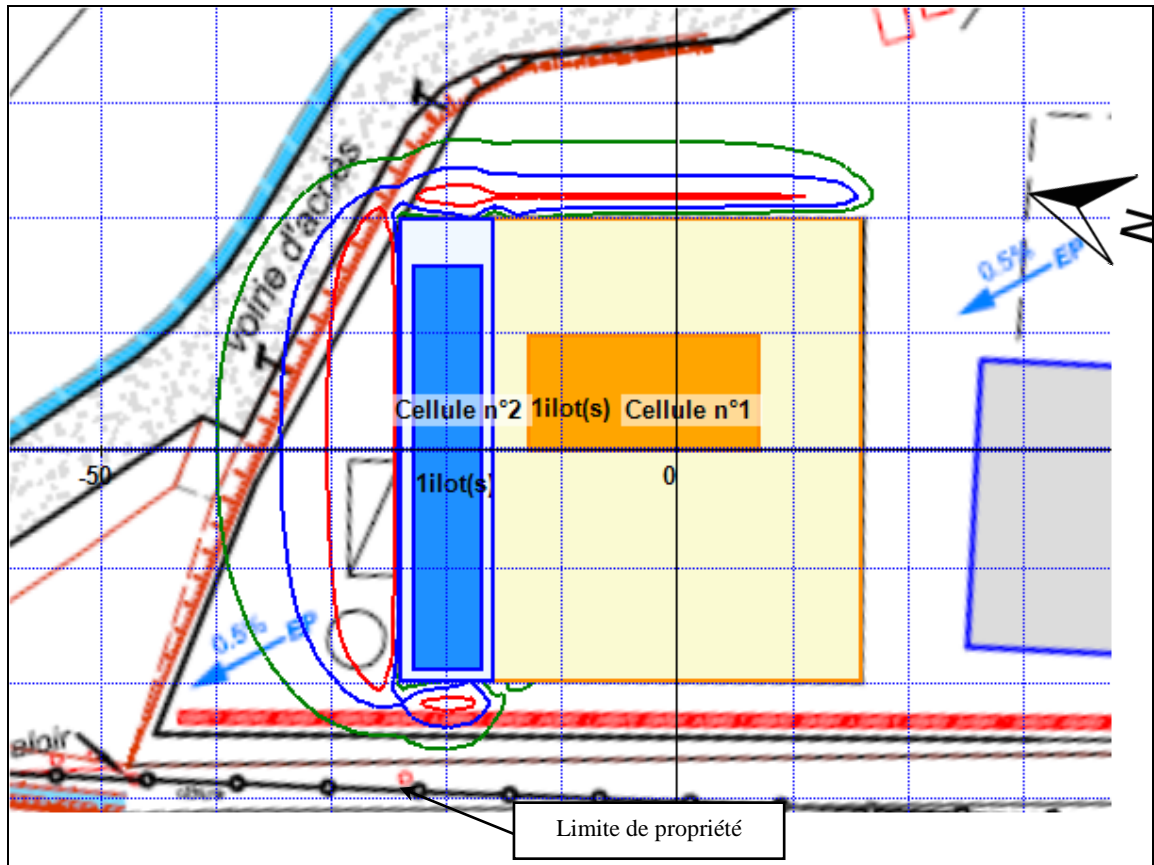


Les îlots 1 et 2 sont stockés à l'intérieur d'un bâtiment présentant les caractéristiques ci-dessous (cf. rapport FLUMILOG en annexe)

	Façade Nord	Façade Sud	Façade Est	Façade Ouest
Structure du bâtiment	Acier			
Hauteur moyenne du bâtiment	5 m			
Nature des parois du bâtiment	Façade ouverte sur toute sa surface	Mur coupe-feu 2h sur 2 m de hauteur puis bardage simple peau sur le reste	Mur coupe-feu 2h sur 2 m de hauteur puis bardage simple peau sur le reste	Mur coupe-feu 2h sur 2 m de hauteur puis bardage simple peau sur le reste
Désenfumage	2%			

IV.1.3 Résultats

Le plan suivant montre une représentation graphique des différents flux étudiés, à savoir les flux de 3, 5 et 8 kW/m² :



— Flux de 3 kW/m² — Flux de 5 kW/m² — Flux de 8 kW/m²

Le tableau suivant montre les distances maximales atteintes par les différents flux en dehors du bâtiment:

Scénario 1		Distances maximales atteintes			
		pour chaque face (m)			
Faces		Nord (m)	Sud (m)	Est (m)	Ouest (m)
Flux thermiques reçues	8 kW/m²	5,90	--	2,95	2,62
	5 kW/m²	9,84	--	4,59	3,93
	3 kW/m²	15,74	--	6,56	5,90

Commentaires

- Les flux de 3 kW/m² et 5 kW/m² et 8 kW/m² ne sortent pas des limites de propriété.
- Le flux de 8 kW/m² ne touche pas d'autre stockage. Il n'y a donc pas d'effet domino.

Il n'y a donc pas nécessité de mettre en place des mesures complémentaires

IV.2 Scénario 2 – Incendie de l'îlot 3

IV.2.1 Rappel de l'hypothèse

Le tableau suivant montre les caractéristiques de l'îlot de stockage :

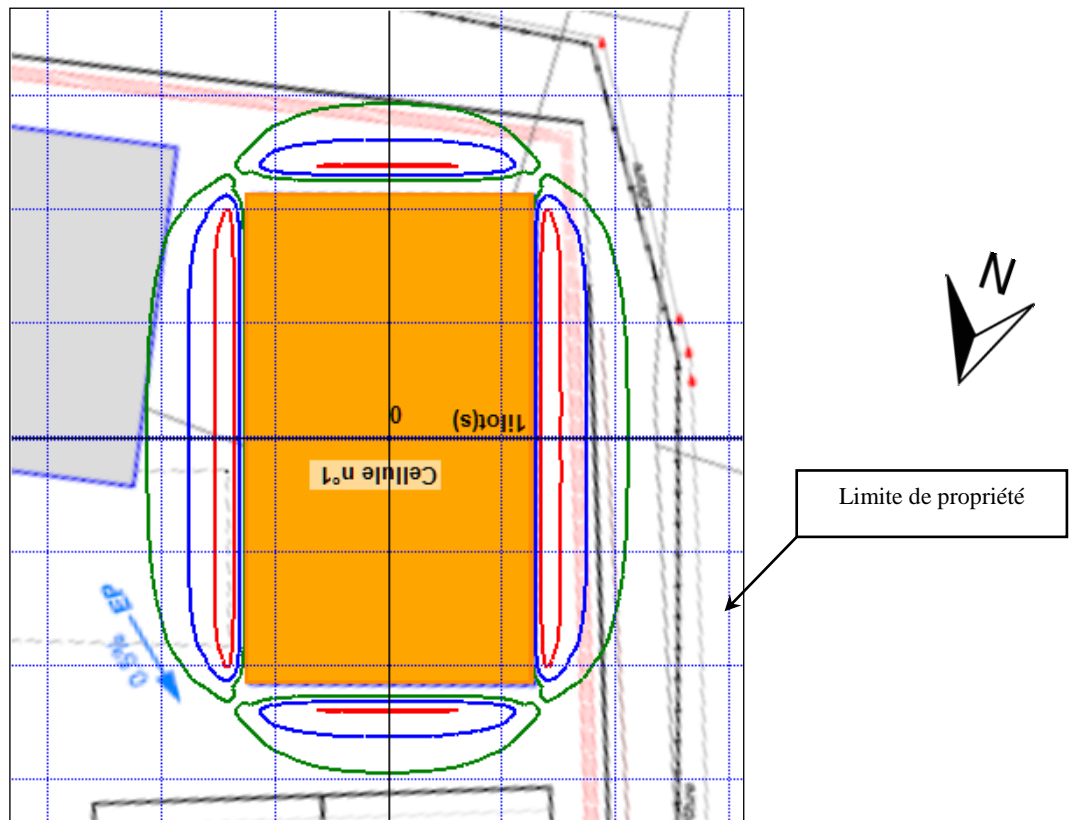
Matières	N° Ilot	Surface (m²)	Hauteur (m)	Volume (m³)	Composition (kg/unité de 1 m³) d'une palette de 1 m³ prise en compte pour la modélisation (CF Rapport Flux thermique en annexe)
Bois	3	1075	4	4300	Bois à 100% (densité 250)

La figure suivante montre le positionnement de l'îlot de stockage :



IV.2.2 Résultats

Le plan suivant montre une représentation graphique des différents flux étudiés, à savoir les flux de 3, 5 et 8 kW/m² :



— Flux de 3 kW/m² — Flux de 5 kW/m² — Flux de 8 kW/m²

Le tableau suivant montre les distances maximales atteintes par les différents flux :

Scénario 2		Distances maximales atteintes			
		pour chaque face (m)			
Faces		Nord (m)	Sud (m)	Est (m)	Ouest (m)
Flux thermiques reçues	8 kW/m ²	2,35	2,35	2,69	2,69
	5 kW/m ²	4,70	4,70	5,04	5,04
	3 kW/m ²	8,06	8,06	8,73	9,41

Commentaires

- Les flux de 3 kW/m² et 5 kW/m² et 8 kW/m² ne sortent pas des limites de propriété.
- Le flux de 8 kW/m² ne touche pas d'autre stockage. Il n'y a donc pas d'effet domino.

Il n'y a donc pas nécessité de mettre en place des mesures complémentaires

IV.3 Scénario 3 - Incendie généralisé des îlots 4 et 5

IV.3.1 Rappel des hypothèses

Le tableau suivant montre les caractéristiques de ces îlots de stockage :

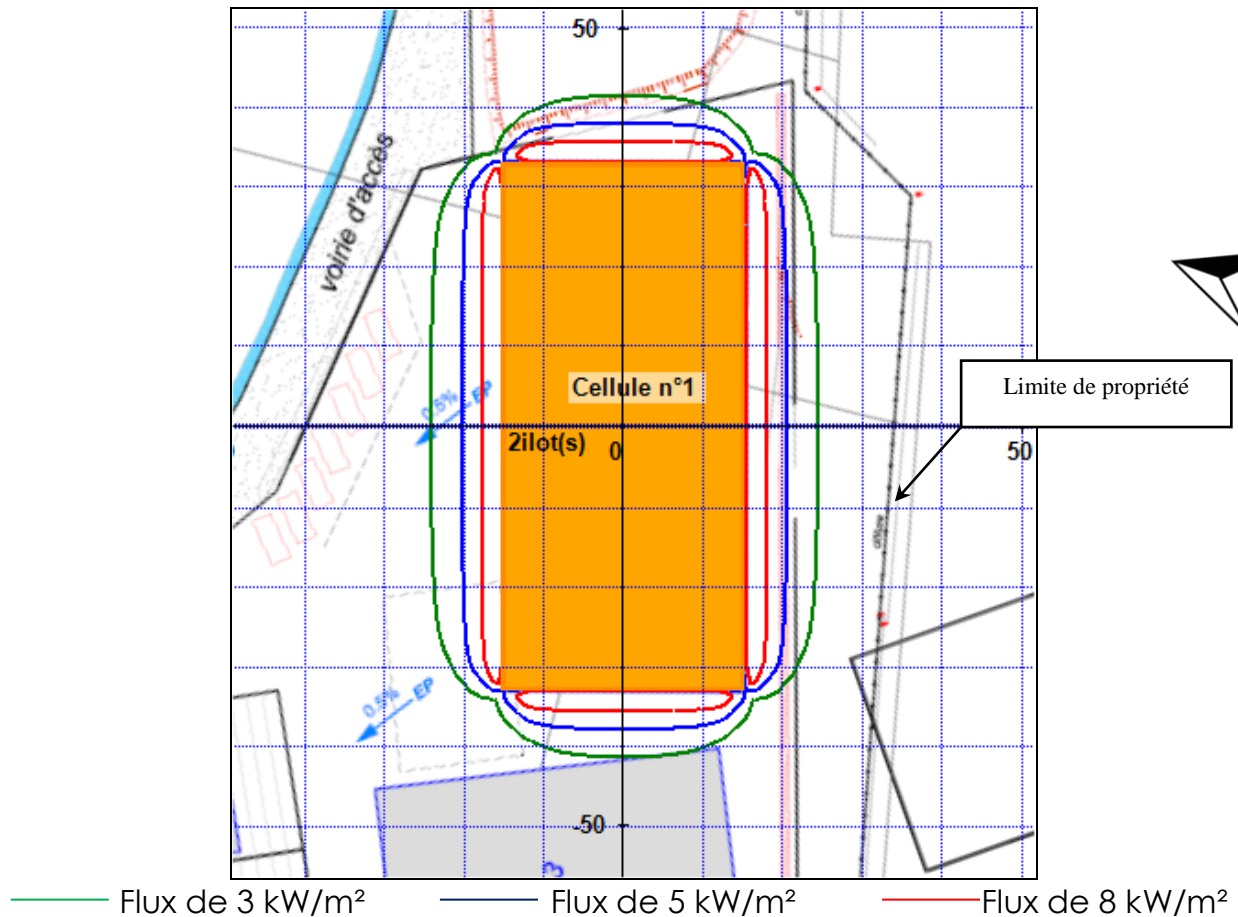
Matières	N° Ilot	Surface (m ²)	Hauteur (m)	Volume (m ³)	Composition (kg/unité de 1 m ³) d'une palette de 1 m ³ prise en compte pour la modélisation (CF Rapport Flux thermique en annexe)
Bois	4	1380	4	5520	Bois à 100% (densité 250)
Déchet vert	5	540	4	2160	

La figure suivante montre le positionnement des îlots de stockages :



IV.3.2 Résultats

Le plan suivant montre une représentation graphique des différents flux étudiés, à savoir les flux de 3, 5 et 8 kW/m² :



Le tableau suivant montre les distances maximales atteintes par les différents flux :

Scénario		Distances maximales atteintes			
		pour chaque face (m)			
Faces		Nord (m)	Sud (m)	Est (m)	Ouest (m)
Flux thermiques reçues	8 kW/m ²	2,50	2,50	2,50	2,50
	5 kW/m ²	5,00	5,00	5,00	5,00
	3 kW/m ²	8,00	8,00	8,50	8,50

Commentaires

- Les flux de 3 kW/m² et 5 kW/m² et 8 kW/m² ne sortent pas des limites de propriété.
- Le flux de 8 kW/m² ne touche pas d'autre stockage. Il n'y a donc pas d'effet domino.

Il n'y a donc pas nécessité de mettre en place des mesures complémentaires pour ces îlots.

V. CONCLUSIONS

Pour l'ensemble des scénarii, les résultats obtenus montrent que l'ensemble des flux thermique reste à l'intérieur du site. Aucune mesure compensatoire n'est à envisager.