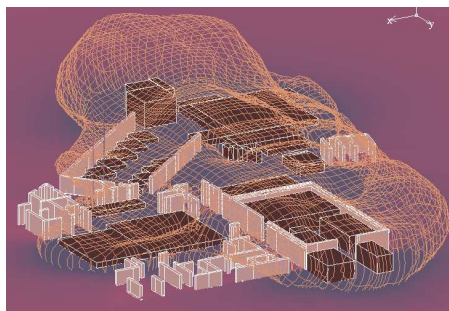


## FLUX THERMIQUES ISSUS D'UN SCENARIO D'INCENDIE GENERALISE DES BATIMENTS DES IRN A NOUMEA



### RAPPORT FINAL DE MODELISATION

<b>Client</b>	BIOTOP
<b>Représentant</b>	Mme Julie SIMON
<b>Adresse</b>	

<b>Référence FLUIDYN</b>	0709142 et 0910161
<b>Nombre de pages</b>	17

Version	Date	Pages modifiées	Rédacteur	Emargement	Vérificateur	Emargement
1.0	28/12/09	--	Malo LE GUELLEC		Amita TRIPATHI	
1.1	07/01/10	--	Malo LE GUELLEC		Amita TRIPATHI	
2.0	24/11/10	--	Malo LE GUELLEC		Amita TRIPATHI	

## TABLE DES MATIERES

I.	CONTEXTE .....	3
II.	SOLUTION PROPOSEE PAR FLUIDYN.....	4
II.1.	Outil logiciel utilisé.....	4
II.2.	Déroulement de l'étude.....	4
III.	DESCRIPTION DU SITE ET DONNEES D'ENTREE .....	5
III.1.	Localisation et description du scénario d'incendie.....	5
III.2.	Localisation des cibles .....	6
IV.	METHODES NUMERIQUES ET HYPOTHESES DE CALCUL .....	6
IV.1.	Définitions du scénario et hypothèses .....	7
IV.2.	Méthodologie numérique.....	7
V.	RESULTATS DES SIMULATIONS .....	9
V.1.	Hauteurs de flamme et pouvoir emissif radiatif.....	9
V.2.	Flux thermiques.....	10
V.2.1.	Configuration initiale.....	10
V.2.2.	Configuration avec murs coupe-feu supplémentaires .....	12
VI.	CONCLUSION .....	17

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1: Localisation des IRN .....	3
Figure 2 : Localisation des zones de feu .....	5
Figure 3 : Modèle numérique de terrain et maillage.....	6
Figure 4 : Flux thermiques de 3 kW/m <sup>2</sup> .....	10
Figure 5 : Flux thermiques de 5 kW/m <sup>2</sup> .....	11
Figure 6 : Flux thermiques de 8 kW/m <sup>2</sup> .....	12
Figure 7 : Localisation des murs coupe feu supplémentaires .....	13
Figure 8 : Flux thermiques de 3 kW/m <sup>2</sup> avec murs supplémentaires .....	14
Figure 9 : Flux thermiques de 5 kW/m <sup>2</sup> avec murs supplémentaires .....	15
Figure 10 : Flux thermiques de 8 kW/m <sup>2</sup> avec murs supplémentaires .....	16

## I. CONTEXTE

Dans le cadre de la demande d'autorisation d'exploitation au titre des ICPE portant sur le site des Imprimeries Réunies de Nouméa en Nouvelle-Calédonie, la société BIOTOP a chargé Fluidyn France de réaliser une modélisation de flux thermique issu d'un scénario généralisé simultané des deux bâtiments du site.

Les installations des IRN se trouvent en zone urbaine dans la commune de Nouméa dans le quartier de Motor Pool, au 32 rue Colnett.

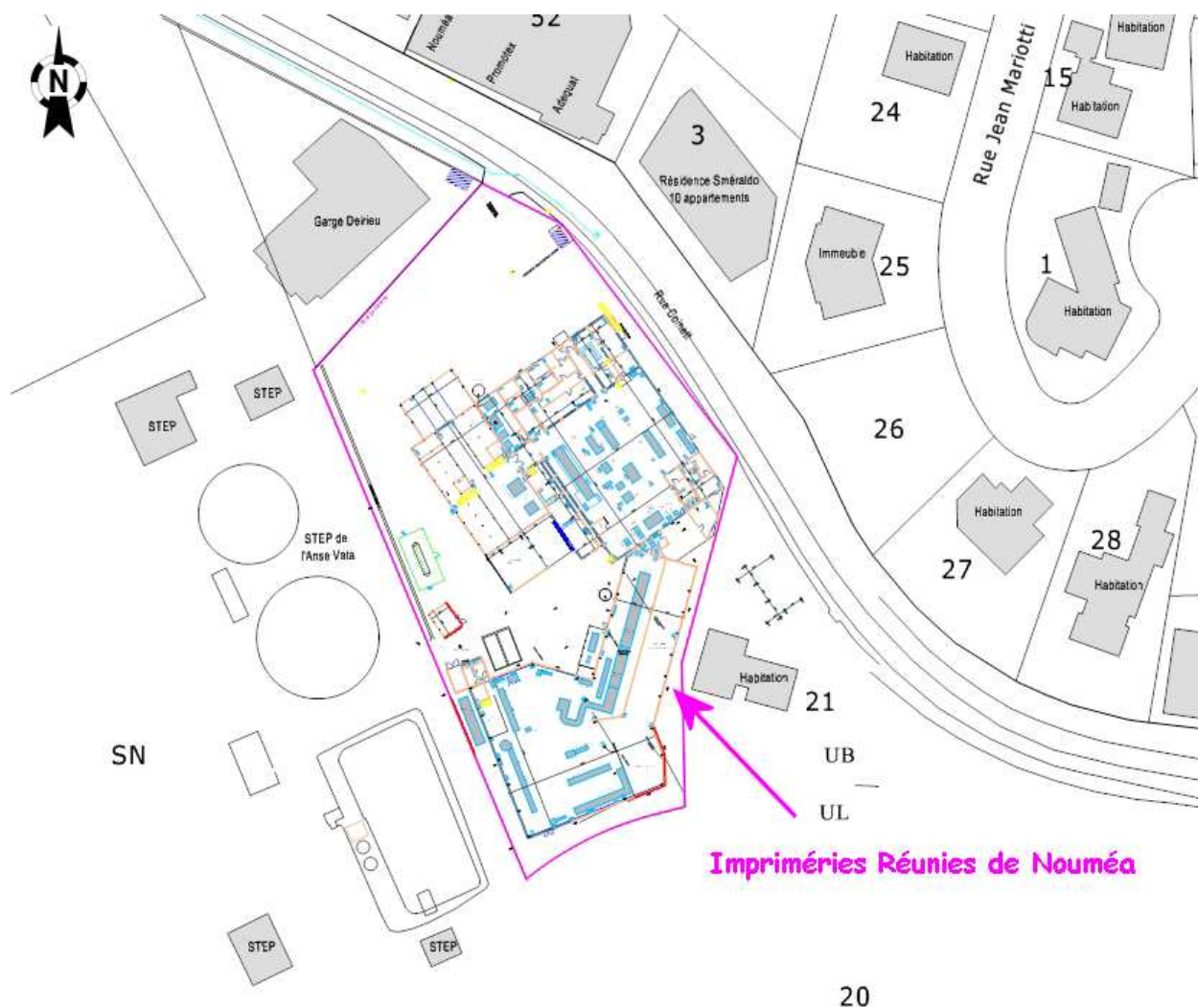


Figure 1: Localisation des IRN

L'analyse de risques a permis d'établir la présence de nombreux combustibles susceptible de participer à un incendie dans les zones I et II :

- Le papier à plat,
- les rouleaux de papier
- les palettes en bois,
- les vernis et les encres d'impression,
- Les bobines de films plastiques.

Les objectifs de cette modélisation sont multiples :

- Evaluer les zones de conséquences de l'incendie envers les tiers et les structures
- Calculer les distances aux effets SEI, SEL et SELS pour les seuils réglementaires de l'arrêté PCIG du 29 septembre 2005

Pour la modélisation de ce scénario, la localisation des stockages dans des locaux dont certaines parois sont constituées de murs coupe-feu indique que des éléments structurels peuvent jouer un rôle dans la protection de l'environnement en bloquant une partie du rayonnement thermique de l'incendie.

La configuration à étudier indique que l'utilisation de modèles analytiques et empiriques n'est plus possible pour approcher un scénario présentant des géométries complexes incluant des éléments coupe-feu jouant un rôle de protection passive et nécessitant des visualisations des résultats dans l'espace ou pour étudier le flux thermique incident pour une éventuelle propagation d'incendie. Fluidyn propose donc d'utiliser le logiciel PANFIRE pour la réalisation de cette modélisation.

## II. SOLUTION PROPOSEE PAR FLUIDYN

### II.1. OUTIL LOGICIEL UTILISE

Dans le contexte précité, FLUIDYN propose donc un déroulement d'étude reposant sur l'utilisation de la plateforme logicielle **fluidyn-PANFIRE** pour la simulation des flux thermiques.

**fluidyn-PANFIRE** calcule en 3D les flux thermiques engendrés par l'incendie de matériaux entreposés. En effet, l'utilisation des modèles analytiques et empiriques n'est plus possible pour approcher des scénarios présentant des géométries complexes incluant éventuellement des éléments coupe-feu et de nombreux produits de stockage différents, et nécessitant des visualisations des résultats dans l'espace.

Il propose plusieurs modèles pour calculer les flux thermiques, afin de pouvoir s'adapter à tous les types de scénarios proposés : feux solides en racks ou en vrac, feux de nappes en cuvette de rétention, feux à l'intérieur de bâtiments...

**fluidyn-PANFIRE** tient également compte de l'effet d'ombre des murs coupe-feu, des sprinklers et des rideaux d'eau et de la topographie.

### II.2. DEROULEMENT DE L'ETUDE

Pour répondre aux attentes de cette étude, la démarche mise en place correspond aux étapes suivantes :

- Choix du scénario et hypothèses de modélisation
- Définition et positionnement des points de feux potentiels et matériaux,
- Construction du modèle numérique de terrain et élaboration du maillage,
- Prise en compte des différents éléments du site (murs coupe-feu, reliefs, etc.),
- Calcul des paramètres de l'incendie (hauteur des flammes, pouvoir émissif radiatif des flammes),
- Calcul des flux nets rayonnés par l'incendie,
- Visualisation des résultats des différents scénarios et analyses des zones d'effets thermiques

### III. DESCRIPTION DU SITE ET DONNEES D'ENTREE

#### III.1. LOCALISATION ET DESCRIPTION DU SCENARIO D'INCENDIE

La figure 1 présente le plan de masse du site avec l'emplacement des zones de stockages combustibles participant à l'incendie généralisé et les parois en béton considérées comme coupe-feu.

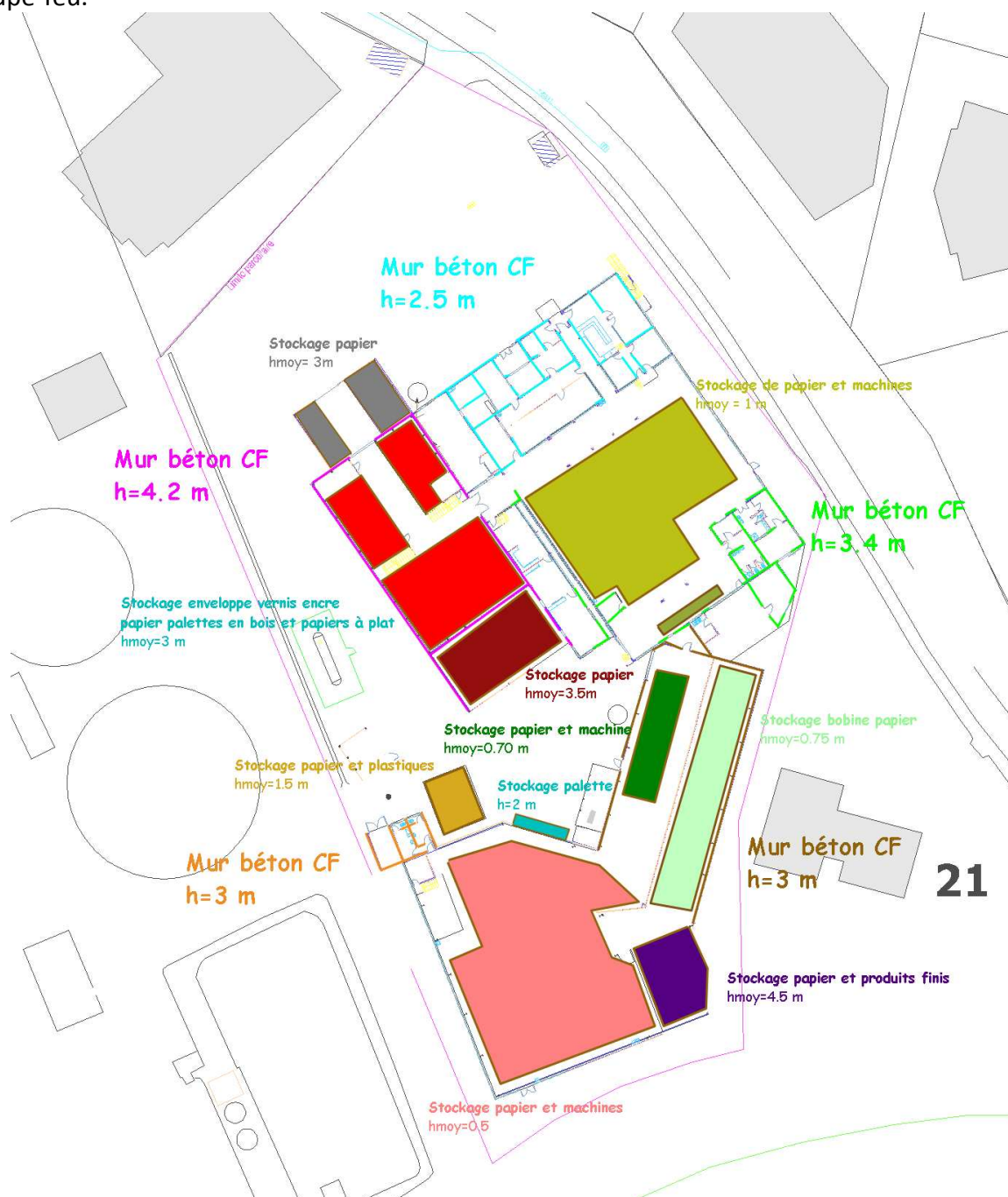


Figure 2 : Localisation des zones de feu

La figure suivante présente une vue tridimensionnelle de la maquette numérique avec la localisation des zones d'incendie et la présence des murs coupe-feu ainsi que le maillage généré pour la simulation.



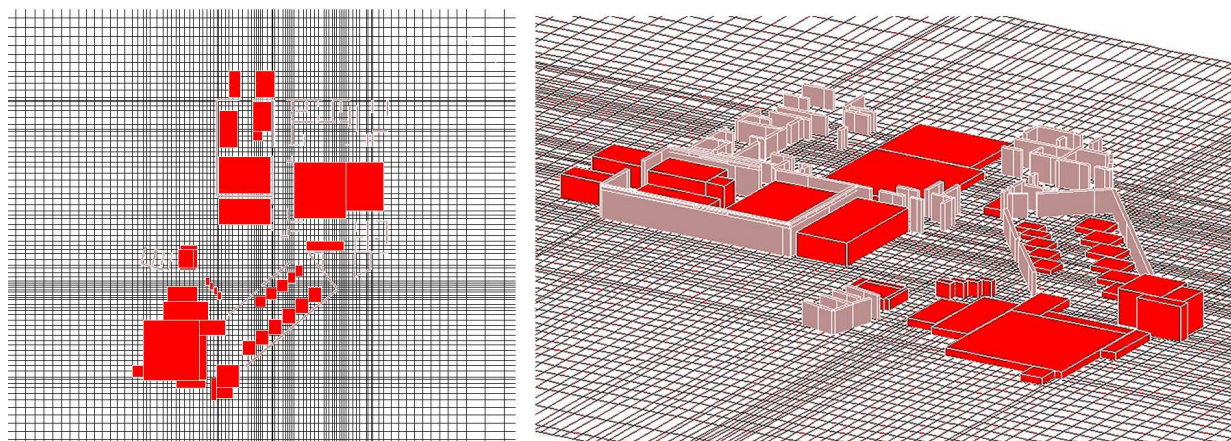


Figure 3 : Modèle numérique de terrain et maillage

Compte-tenu de la nature des éléments constitutifs des deux bâtiments à l'heure actuelle et dans une approche majorante, seuls les murs béton 20cm considérés comme coupe-feu 2 heures ont été intégrés à la maquette numérique du site pour la modélisation. A ce titre, les mezzanines en bois, les plafonds en aggloméré, le bardage en tôle ou les cloisons en Placoplatre sont jugés peu résistants lors d'un incendie généralisé pleinement développé. On considère donc que ces matériaux de construction s'effondrent rapidement et ces éléments ne sont pas intégrés à la maquette 3D.

D'autre part, le site est situé en contre-bas de la route sur la partie Est du site. Cet aspect n'a pas été intégré à la maquette numérique. Les résultats côté Est sont donc légèrement majorant.

### III.2. LOCALISATION DES CIBLES

La modélisation a pour objectif de déterminer dans un premier temps les zones de dangers relatives à l'arrêté du 29 septembre 2005 (seuils réglementaires SEI, SEL et SELs).

L'étude s'intéresse également au flux thermique reçu par des cibles potentielles de l'autre côté de la limite de propriété notamment les voiries en bordure de site. Les installations des IRN se trouvent dans le quartier de Motor Pool, plus précisément rue Colnett.

La rue Colnett (environ 155 m de voirie à deux voies dans le rayon des 35 mètres) est une rue modérément fréquentée (environ 8000 véhicules par jour).

D'autre part, de nombreuses entreprises et des établissements recevant du public sont installés à proximité des IRN (Garage Delrieux, Promotex, Nouméa Voile, Adequat, STEP de l'Anse de Vata, hippodrome...). Quelques habitations se trouvent également implantées sur les parcelles cadastrales environnantes.

L'objectif est donc de vérifier qu'aucun seuil de flux thermique réglementaire n'est dépassé hors du site.

## IV. METHODES NUMERIQUES ET HYPOTHESES DE CALCUL

Dans les scénarios accidentels à retenir dans le cadre d'une démarche d'étude de danger, les études de flux thermiques d'un incendie doivent permettre de calculer le rayonnement thermique reçu à une distance donnée de la source en feu. Le but est donc de connaître la distance qui correspond à un flux donné (seuils réglementaires à 3, 5 et 8 kW/m<sup>2</sup>) ou inversement de connaître celui-ci pour une distance imposée.

#### IV.1. DEFINITIONS DU SCENARIO ET HYPOTHESES

- Pour le scénario d'incendie modélisé, il est envisagé suite à la présence d'une source d'ignition dans une ou plusieurs parties des bâtiments (dysfonctionnement électrique, acte d'imprudence ou de vandalisme...) qu'une partie des combustibles présents prennent feu. L'incendie se généralise alors à l'ensemble des stockages au sol puis rapidement au niveau des mezzanines. D'autre part, on suppose que par envol de brandons, les stockages de palettes et la benne de déchet prennent également feu.
- D'autre part, compte tenu de la nature de la majorité des parois et des plafonds, seuls les murs béton de 20 cm et coupe-feu 2 heures seront pris en compte. Ces hypothèses sur la résistance thermique des éléments structurels est relativement majorante car dans la réalité du développement de l'incendie, ils limitent malgré tout pendant une certaine durée les effets du rayonnement vers l'extérieur.
- Le site est situé sur la partie Est en contrebas de la rue Colnett. Dans une approche majorante, ce talus végétalisé n'a pas été intégré à la modélisation numérique
- Dans le cadre d'une modélisation enveloppe, on considère un développement immédiat de la montée en puissance de l'incendie sur l'ensemble des stockages au sein des bâtiments des IRN.

#### IV.2. METHODOLOGIE NUMERIQUE

Il convient de rappeler avant toute présentation plus détaillée qu'à l'heure actuelle, les outils méthodologiques pour la modélisation des effets thermiques de feu de gaz ou de liquides inflammables font l'objet d'une littérature importante et précise. En ce qui concerne les feux de matières solides, très peu d'essais ont été réalisés et la littérature technique est encore parcellaire à ce sujet. L'approche méthodologique utilisée dans cette étude s'appuie sur les données publiées et sur l'état de l'art actuel.

La méthodologie de modélisation des flux rayonnés vers l'environnement retenue pour l'étude assimile la flamme de chaque stockage à une surface à pouvoir émissif uniforme (modèle de la flamme solide). La géométrie de la flamme est calculée sur la base de formulations analytiques disponibles dans la littérature (corrélations basées sur des analyses dimensionnelles et des résultats expérimentaux).

Le modèle de la flamme solide nécessite la définition d'un certain nombre de paramètres, nécessaires pour estimer la densité de flux thermique radiatif reçu par une cible à partir du rayonnement émis par la flamme.

Ce chapitre présente les modèles et les lois de calculs utilisés pour la modélisation. Les différents paramètres de flammes calculés sont présentés dans le chapitre V.

Pour le calcul du flux rayonné, on distingue 3 étapes :

- Calcul de la géométrie de la flamme,
- Caractérisation de la puissance surfacique du feu,
- Détermination du flux net rayonné par intégration des atténuations du flux thermique radiatif émis par la flamme dues au facteur de forme (angle solide sous lequel la cible voit la flamme) et à l'absorption de l'air ambiant.

▪ **Diamètre équivalent de la surface en feu :**

$$D_{eq} = \frac{4 \times S}{2 \times (L + l)} \quad [2]$$

où  $D_{eq}$  : diamètre équivalent [m]  
S : surface au sol ou de la cuvette de rétention [m<sup>2</sup>]  
L : longueur de la zone de feu [m]  
l : largeur de la zone de feu [m]

Le diamètre équivalent, calculé de cette manière, peut ne pas être représentatif des caractéristiques du feu dans le cas de stockages allongés (Longueur/largeur > 5). Pour cette configuration, le diamètre équivalent du feu est égal à la plus petite largeur.

▪ **Hauteur de flamme :**

**fluidyn-PANFIRE** possède plusieurs formulations permettant le calcul de la hauteur de flamme. En général, les formulations de Thomas ou de Zukoski sont retenues pour les différents stockages. La corrélation de Thomas se base principalement sur le taux de combustion des espèces et le diamètre hydraulique des stockages en feu. Celle de Zukoski se base sur un nombre adimensionnel issu du calcul de la puissance calorifique dégagée par l'incendie.

La bibliographie parcellaire sur les combustibles solides notamment avec des mélanges de produits (papiers, plastiques, cartons, encre, vernis...) ne permet pas d'utiliser de façon certaine ces formulations. D'autre part, la composition massique exacte par zone n'est pas connue et les produits combustibles peuvent être très dispersés sur certaines zones. C'est pourquoi, dans une approche sécuritaire, l'hypothèse d'une hauteur de flamme égale à 3 fois la hauteur de stockage<sup>1</sup> a été retenue pour chaque zone combustible identifiée. Les calculs menés par les corrélations ont toutefois montré un ordre de grandeur similaire.

Les résultats obtenus pour les hauteurs de flammes de chacun des stockages sont présentés dans le paragraphe V.1.

▪ **Absorption atmosphérique :**

Deux composants de l'air ambiant sont susceptibles d'absorber une partie du rayonnement émis : le CO<sub>2</sub> et la vapeur d'eau.

On détermine donc l'absorption atmosphérique du flux rayonné par une relation de la forme (Corrélation de Bagster):

$$\tau = 2.02 * (PV * x)^{-0.09}$$

où  $\tau$  : coefficient d'absorption dans l'atmosphère [-]  
PV : pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air [Pa]  
x : distance du point d'observation au front de flamme [m]

▪ **Facteur de forme :**

Un autre phénomène d'atténuation du flux rayonné tient à l'angle de vue de la flamme au point d'observation (cible) et de la forme de celui-ci.

<sup>1</sup> Cette hypothèse est conforme aux recommandations du « Guide d'application de l'arrêté ministériel du 5 août 2002 sur les entrepôts de matières combustibles » (version d'Août 2006)



La référence suivante a été utilisée pour le calcul des facteurs de forme :

A.B. Shapiro "FACET – A Radiation View Factor Computer Code for Axisymmetric, 2D Planar, and 3D Geometries with Shadowing", Report UCID61987, Lawrence Livermore Laboratory, August 1983.

#### ▪ Flux thermique net :

Le flux thermique net, c'est-à-dire effectivement reçu par une cible à une distance donnée du foyer, compte tenu des différentes atténuations subies s'écrit :

$$\Phi_{reçu} = \Phi_0 \times F \times \tau$$

(Flux à la cible = Puissance radiative à la flamme \* Facteur de vue \* Atténuation atmosphérique)

Le pouvoir émissif radiatif à la flamme a été retenu égal à 30 kW/m<sup>2</sup> pour l'ensemble des sources de flux thermiques du bâtiment. Cette valeur est à priori enveloppe compte tenu du pouvoir calorifique des combustibles présents.

## V. RESULTATS DES SIMULATIONS

Les résultats auxquels nous nous intéressons sont les distances pour lesquelles les flux thermiques classiques 8, 5 et 3 kW/m<sup>2</sup> sont observés. Les critères pour l'estimation des zones de danger « flux thermique » sont les suivants :

- **Le flux de 3 kW/m<sup>2</sup>** correspond au seuil réglementaire des effets irréversibles (distance des brûlures du 1<sup>er</sup> degré pour une exposition de 60 s)
- **Le flux de 5 kW/m<sup>2</sup>** correspond au seuil réglementaire des effets létaux (distance du risque léthal pour une exposition de 60 s).
- **Le flux de 8 kW/m<sup>2</sup>** correspond au seuil limite des effets dominos sur les structures (valeur en deçà de laquelle la propagation du feu à une structure est considérée comme improbable) et au seuil réglementaire des effets létaux significatifs.

### V.1. HAUTEURS DE FLAMME ET POUVOIR EMISSIF RADIATIF

Le tableau suivant présente les paramètres de flamme considérés pour la modélisation du scénario d'incendie généralisé des stockages des IRN :

Tableau 1 : Caractéristiques des zones de feu

Zone de stockage	Hauteur de flamme (m)	Pouvoir émissif radiatif (kW/m <sup>2</sup> )
Stockage dock à plat, vernis, encres et palettes (bât. I)	9	30
Extension stockage dock à plat (bât. I)	9	30
Zone activité presse avec (bât. I)	3	30
Stockage dock papier rotative (bât. I)	10.5	30
Zone activité rotative Solna (bât. II)	2.1	30
Stockage bobines papier (bât. II)	9	30
Stockage de produits finis et cartons (bât. II)	13.5	30
Zone activité rotative (bât. II)	1.5	30
Stockage de palette extérieur	6	30
Bennes extérieures de déchet	4.5	30

## V.2. FLUX THERMIQUES

### V.2.1. Configuration initiale

Les figures suivantes présentent les zones soumises à des flux de 3, 5 et 8 kW/m<sup>2</sup> en cas d'incendie généralisé sans aucune intervention extérieure sur le feu.

L'échelle des couleurs va du bleu au rouge, le rouge correspondant au seuil choisi (3, 5 ou 8 kW/m<sup>2</sup>) et le bleu correspond à un flux nul. De ce fait, la zone à l'intérieur de la zone rouge subit des flux thermiques supérieurs au seuil choisi. La simulation étant tridimensionnelle, nous avons choisi de représenter ici les flux sur un plan horizontal de 1,5 m de haut, soit à hauteur d'homme pour les flux de 3 et 5 et 8 kW/m<sup>2</sup>.

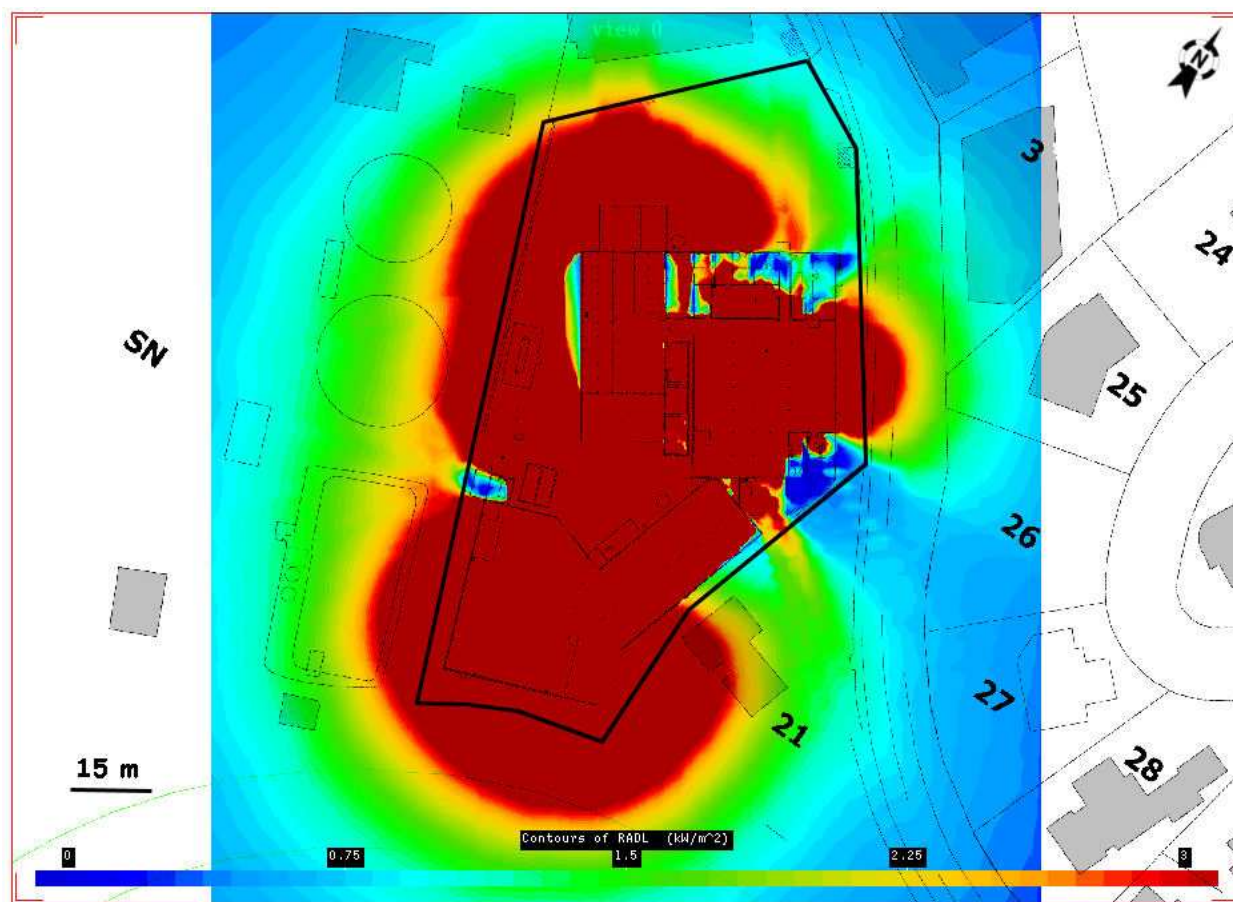


Figure 4 : Flux thermiques de 3 kW/m<sup>2</sup>

Le seuil SEI est dépassé à l'extérieur de limites de propriétés. Les zones extérieures concernées sont les suivantes :

- La STEP de l'Anse Vata,
- Le nord de l'hippodrome sur la parcelle cadastrale 20,
- Une habitation privée à l'Est sur la parcelle cadastrale 21,
- Un tronçon de 7 mètres le rue Colnett.

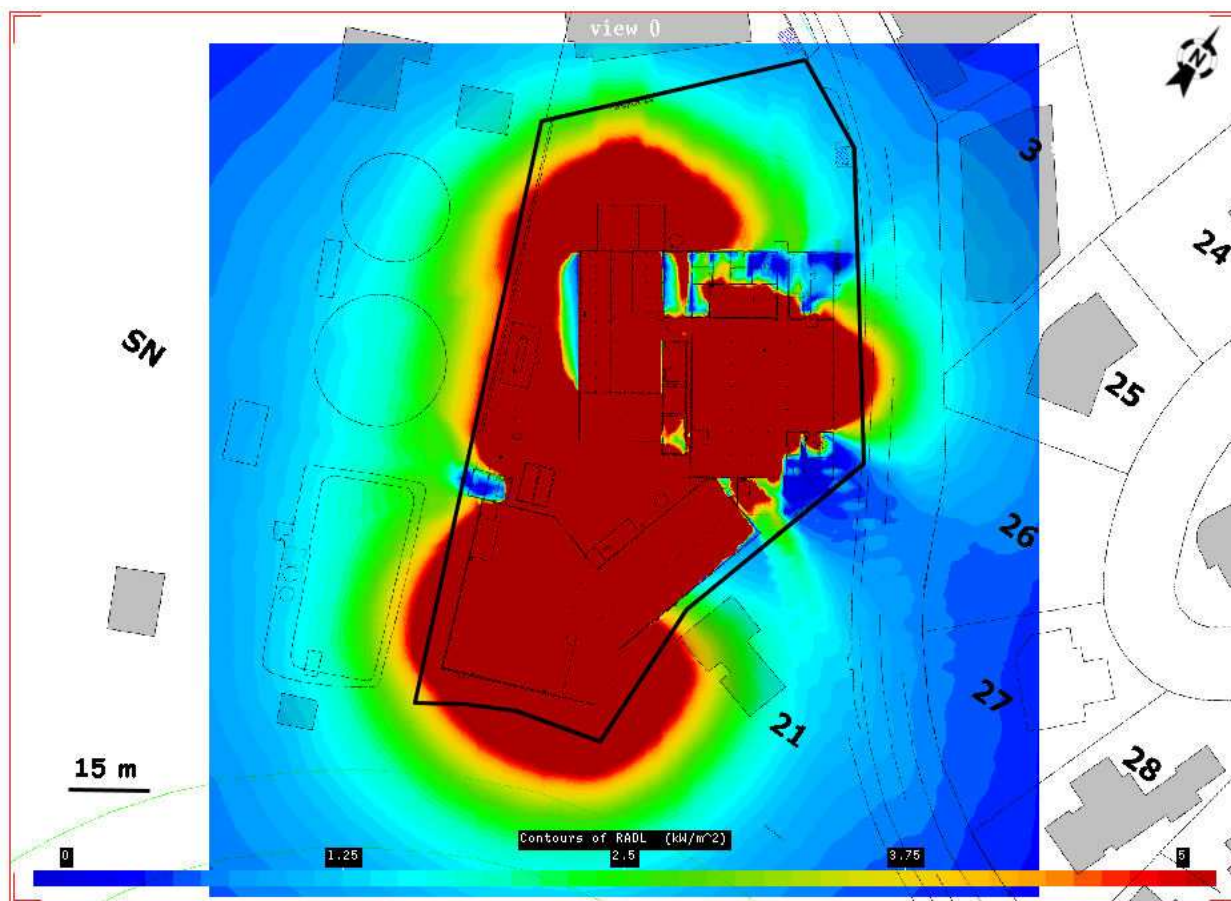


Figure 5 : Flux thermiques de 5 kW/m<sup>2</sup>

Le seuil SEL est dépassé à l'extérieur de limites de propriétés. Les zones extérieures concernées sont les suivantes :

- Une partie des parcelles cadastrales n°20 et 21
- Une très fine bande de terrain de la STEP de l'Anse Vata

La présence de murs considérés comme coupe feu permet d'assurer la protection d'un effet létal au niveau de la rue Colnett.

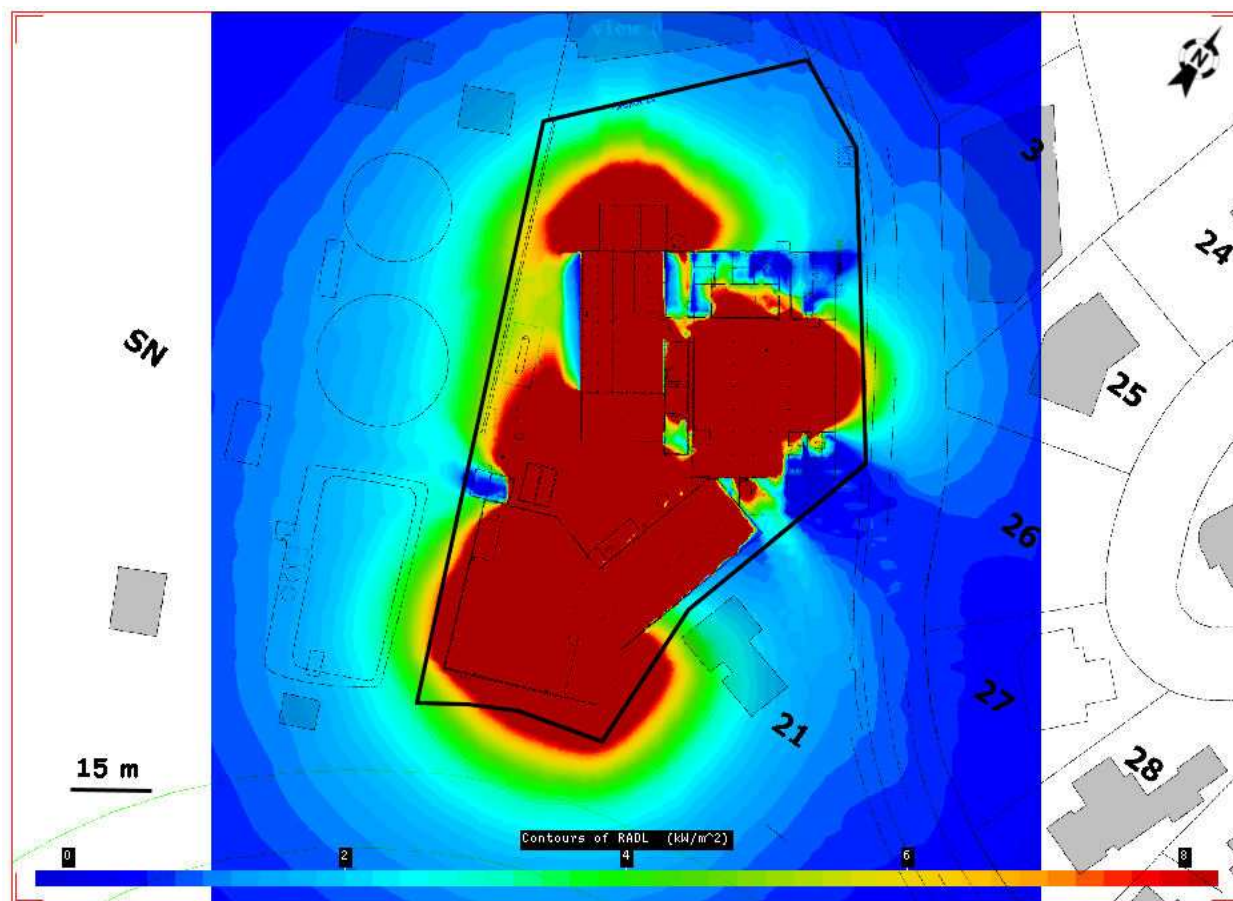


Figure 6 : Flux thermiques de 8 kW/m<sup>2</sup>

Le seuil SELs est dépassé très légèrement à l'extérieur de limites de propriétés côté Sud. Les zones extérieures concernées sont les suivantes :

- Une très petite partie des parcelles cadastrales n°20 et n°21.

La présence de murs considérés comme coupe feu permet d'assurer la protection d'un effet léthal significatif pour les personnes se trouvant au niveau des entreprises, des ERP et des habitations riveraines des IRN.

La construction de parois coupe feu sur les parois Sud du bâtiment II permettrait d'éviter tout dépassement de flux à 8 kW/m<sup>2</sup> en dehors des limites de propriété.

#### V.2.2. Configuration avec murs coupe-feu supplémentaires

Compte tenu des résultats de la modélisation de l'incendie généralisé dans la configuration initiale, des mesures compensatoires sont envisagés sur le site. Des murs considérés comme coupe-feu sont prévus afin de protéger certaines installations d'un éventuel effet domino et de limiter les zones d'effets thermiques en dehors des limites de propriétés.



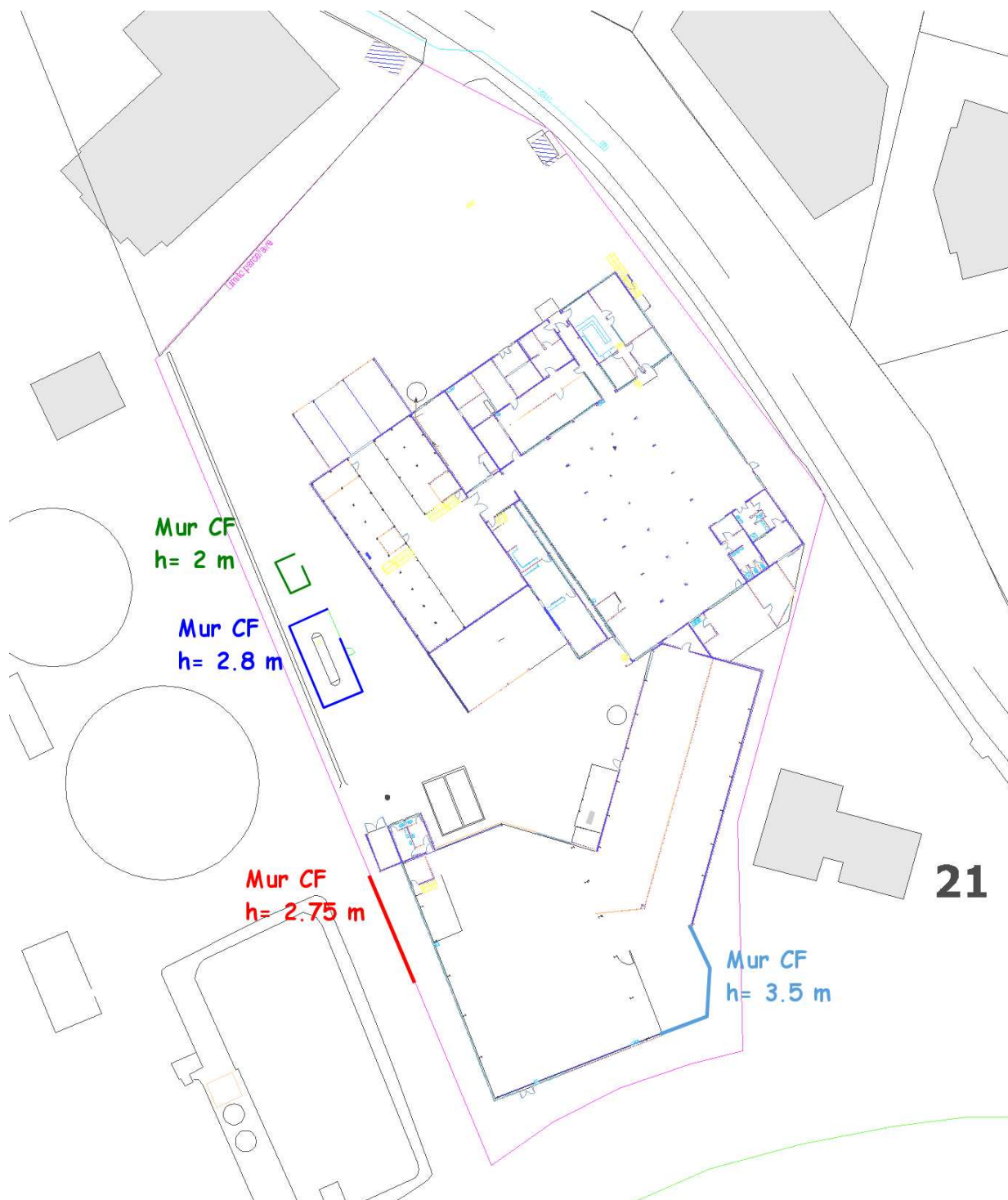


Figure 7 : Localisation des murs coupe feu supplémentaires



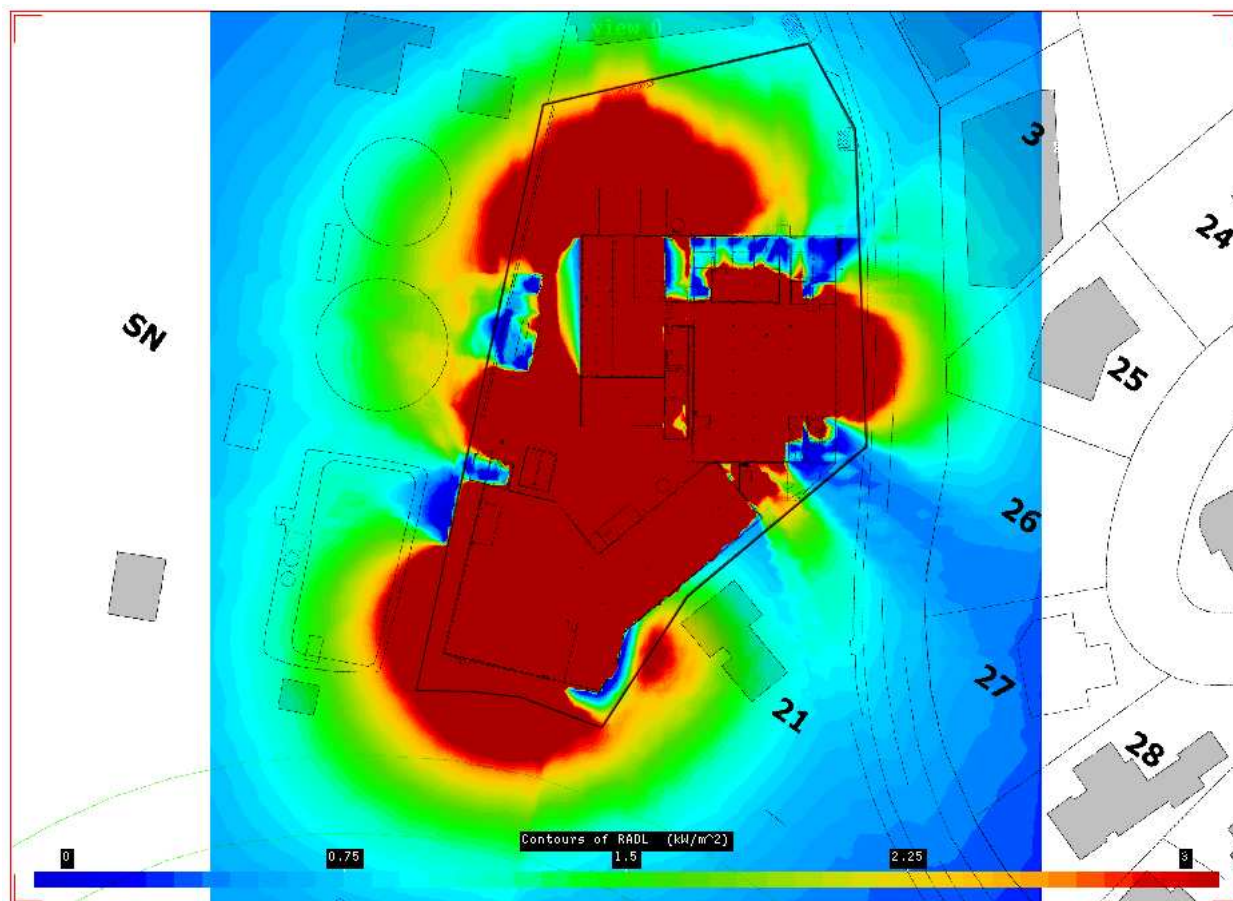


Figure 8 : Flux thermiques de 3 kW/m<sup>2</sup> avec murs supplémentaires

Le seuil SEI est encore légèrement dépassé à l'extérieur de limites de propriétés. Les zones extérieures concernées sont les suivantes :

- La STEP de l'Anse Vata sur une zone d'environ 115 m<sup>2</sup>,
- Le nord de l'hippodrome sur la parcelle cadastrale 20,
- Une zone non significative de la parcelle cadastrale n°21,
- Un tronçon de 7 mètres le rue Colnett.

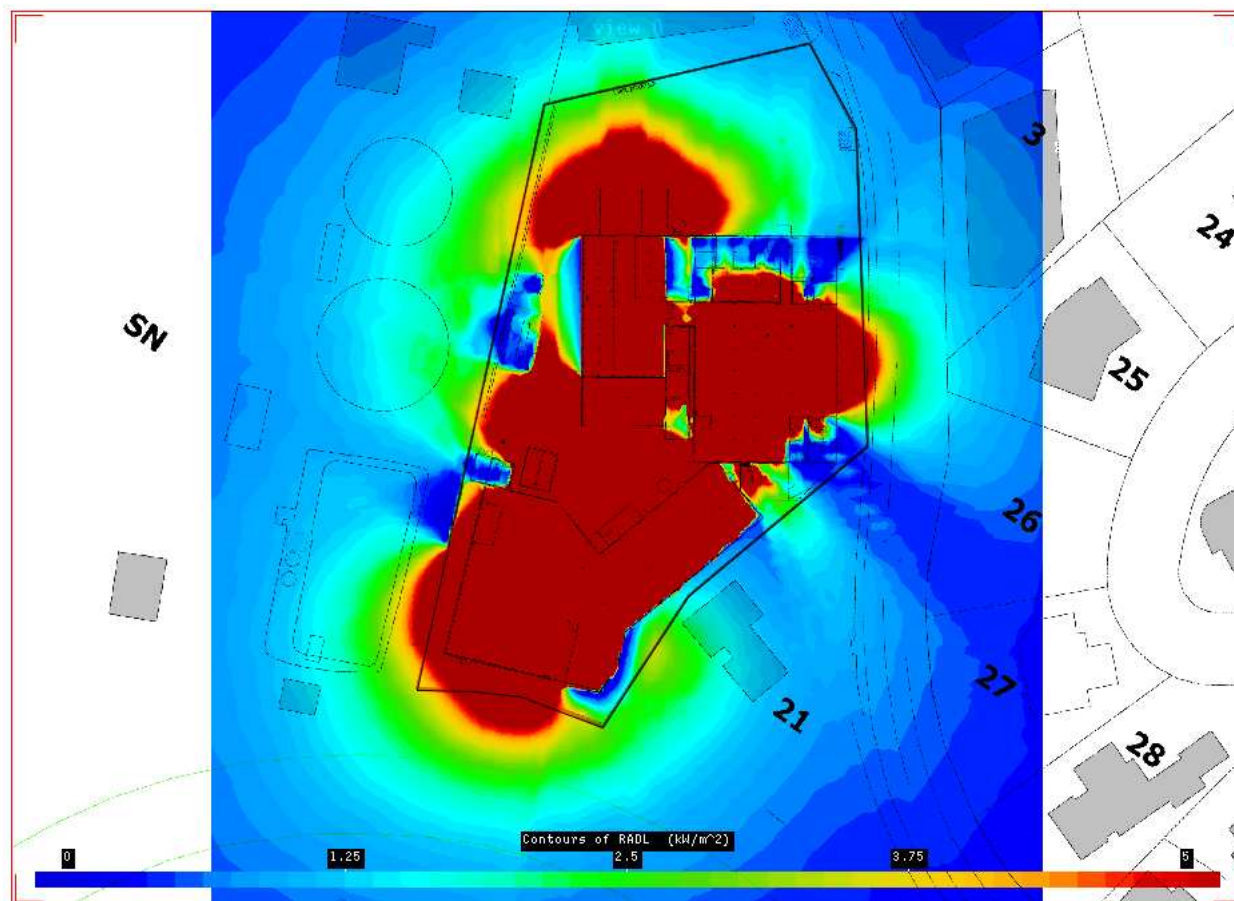


Figure 9 : Flux thermiques de 5 kW/m<sup>2</sup> avec murs supplémentaires

Le seuil SEL est dépassé à l'extérieur de limites de propriétés. Les zones extérieures concernées sont les suivantes :

- Une partie de la parcelle cadastrale n°20 sur une zone d'environ 60 m<sup>2</sup>
- Une très fine bande de terrain de la STEP de l'Anse Vata

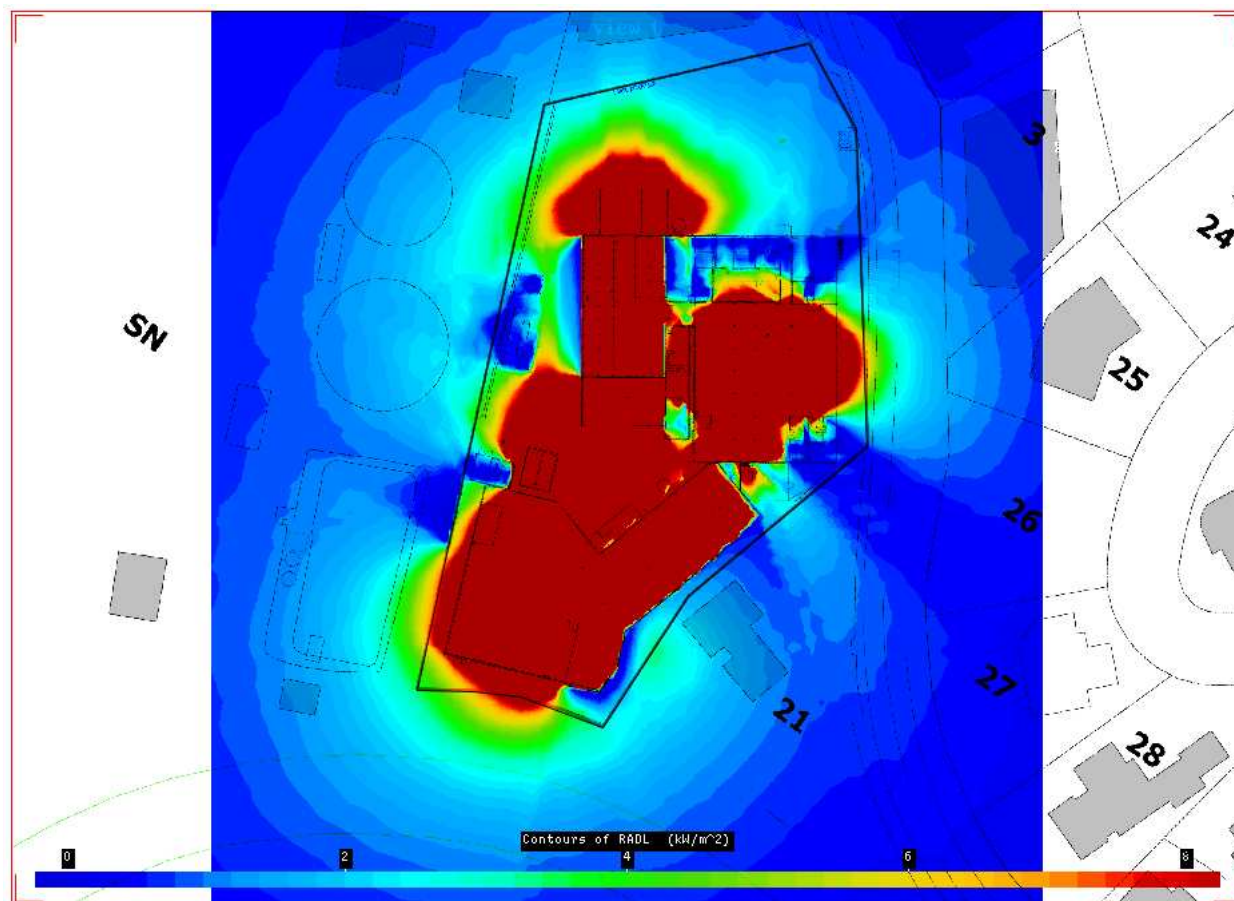


Figure 10 : Flux thermiques de 8 kW/m<sup>2</sup> avec murs supplémentaires

Le seuil SELs est dépassé très légèrement à l'extérieur de limites de propriétés côté Sud. Les zones extérieures concernées sont les suivantes :

- Une partie non significative de la parcelle cadastrale n°20.

La mise en œuvre de murs supplémentaires considérés comme coupe feu permet d'assurer la protection d'un effet léthal significatif pour les personnes se trouvant au niveau des entreprises, des ERP et des habitations riveraines des IRN.

La mise en place d'un tronçon de murs sur la paroi sud du bâtiment II permet notamment de protéger la parcelle n°21. Les murs prévus autour de la cuve de gaz et du stockage extérieur de produits finis permettent également d'éviter un risque d'effets dominos sur ces installations en cas d'incendie généralisé du bâtiment.

## VI. CONCLUSION

Fluidyn a réalisé pour le compte du bureau d'études BIOTOP, la modélisation des flux thermiques en cas d'incendie généralisé du site des IRN à Nouméa en Nouvelle-Calédonie.

Le calcul des flux thermiques issus de cet incendie montre les zones couvertes par les seuils des flux thermiques correspondants au seuil des effets irréversibles ( $3 \text{ kW/m}^2$ ), au seuil des effets létaux ( $5 \text{ kW/m}^2$ ) ainsi que ceux des effets dominos ( $8 \text{ kW/m}^2$ ). Il faut noter que la modélisation réalisée prend en compte un feu, au maximum de son intensité, développé sur l'ensemble des stockages du bâtiment et considère une montée en puissance instantanée comparable à un incendie de stockage de liquides inflammables, ce qui n'est pas le cas pour des produits solides. Il ne tient donc pas compte de sa dynamique ce qui rend les résultats très pénalisants. En réalité, le feu n'atteindrait pas instantanément la puissance modélisée. D'autre part, aucune des cloisons du site n'a été intégrée au modèle en supposant qu'elles s'effondrent rapidement. De ce fait, les simulations ont toujours été réalisées dans le souci de se placer dans des situations majorantes.

**On constate pour la modélisation du site dans sa configuration initiale que les seuils réglementaires SEI, SEL et SELs sont dépassés hors des limites de propriété du site. Le seuil SELs n'est dépassé que très localement côté Sud au niveau de la rue des parcelles cadastrales 20 et 21.**

**En raison de la proximité du stockage de produits finis dans le bâtiment II des limites du site, la valeur maximum du flux thermique obtenu à hauteur d'homme hors des limites de propriété est de  $17 \text{ kW/m}^2$  au Nord-Est.**

**Au regard de ces résultats, l'exploitant a décidé de mettre en place des mesures compensatoires afin de réduire les zones d'effets thermiques associés à ce scénario d'incendie généralisé.**

**Des tronçons supplémentaires de murs considérés comme coupe-feu sont donc envisagés au niveau des zones critiques. La modélisation du scénario d'incendie généralisé avec prise en compte de ces mesures de protection montre que la parcelle n°21 n'est plus concerné par un effet SEL et SELs et que la zone de la parcelle n°20 touché par des effets thermiques importants dans la configuration initiale du site a été significativement réduite.**