

## **SIMULATION DES FLUX THERMIQUES RADIATIFS ISSUS D'UN SCENARIO D'INCENDIE**

**ISDND LAMBERT IV À NARBONNE**

### **RAPPORT FINAL DE MODÉLISATION**

<b>Client</b>	<b>SUEZ RV Méditerranée</b>
<b>Représentant</b>	
<b>Adresse</b>	Campus Arteparc, Bâtiment C 595 rue Pierre Berthier 13 591 Aix-en-Provence Cedex 3

<b>Référence FLUIDYN</b>	0216031
<b>Nombre de pages</b>	12

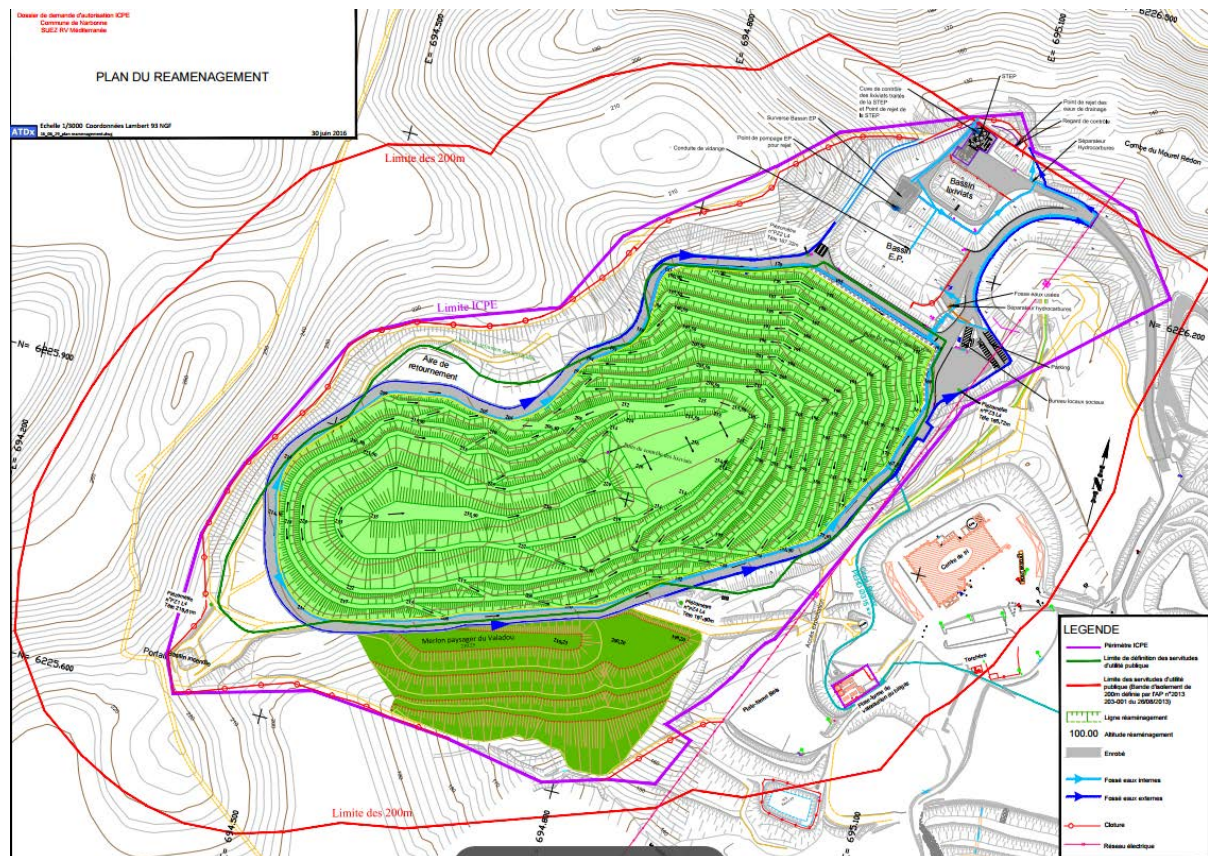
<b>Version</b>	<b>Date</b>	<b>Pages modifiées</b>	<b>Rédaction</b>	<b>Vérification</b>
1.0	11/07/2016	--	Louise SANDOVAL	Malo LE GUELLEC
1.1	19/07/2016	Modification de l'entête et des pages 3, 10, 12. Remplacement du terme « alvéole » par « zone en exploitation » (toutes les pages)	Louise SANDOVAL	Malo LE GUELLEC

## TABLE DES MATIERES

<b>I.</b>	<b>CONTEXTE .....</b>	<b>3</b>
<b>II.</b>	<b>SOLUTION PROPOSÉE PAR FLUIDYN .....</b>	<b>4</b>
	<i>II.1. Outils logiciel utilisés.....</i>	<i>4</i>
	<i>II.2. Déroulement de l'étude .....</i>	<i>4</i>
<b>III.</b>	<b>RÉGLEMENTATION ET SEUILS D'EFFETS THERMIQUES .....</b>	<b>5</b>
<b>IV.</b>	<b>MÉTHODE DE CALCUL DE RAYONNEMENT THERMIQUE.....</b>	<b>5</b>
	<i>IV.1. Principes de la modélisation.....</i>	<i>5</i>
	<i>IV.2. Méthodologie numérique.....</i>	<i>5</i>
<b>V.</b>	<b>LOCALISATION DU SCÉNARIO .....</b>	<b>7</b>
<b>VI.</b>	<b>SCÉNARIO : EFFETS THERMIQUES DE L'INCENDIE DE LA ZONE EN EXPLOITATION.....</b>	<b>8</b>
	<i>VI.1. Géométrie et nature de l'incendie.....</i>	<i>8</i>
	<i>VI.2. Définition du scénario.....</i>	<i>8</i>
	<i>VI.3. Modélisation de l'incendie.....</i>	<i>8</i>
	<i>VI.4. Zones d'effets de flux thermiques .....</i>	<i>8</i>
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>12</b>

## I. CONTEXTE

Dans le cadre d'une étude de dangers réalisée pour le Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter (DDAE) de l'installation de stockage de déchets non dangereux du site Lambert IV à Narbonne, une modélisation des flux thermiques engendrés par un incendie de la zone de stockage de déchets est requise.



Sur la base des activités de l'établissement et l'inventaire des produits combustibles, l'analyse des risques indique que le risque incendie est prépondérant.

Les conséquences directes en termes de flux thermique rayonné dans l'environnement et d'éventuels effets dominos sur le site peuvent être importantes et doivent être modélisées.

La présente étude intègre l'analyse des effets thermiques pour la zone de stockage en exploitation.

Les objectifs de ces modélisations sont multiples :

- Evaluer les zones de conséquences envers les tiers et les structures pour les effets thermiques,
- Calculer les distances aux effets SEI, SEL et SELS pour les seuils réglementaires de l'arrêté PCIG du 29 septembre 2005,
- Analyser le risque d'effet domino sur et hors site,
- Vérifier que les zones de flux thermiques critiques ne sortent pas des limites de propriété.

## II. SOLUTION PROPOSÉE PAR FLUIDYN

### II.1. OUTILS LOGICIEL UTILISÉS

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, des rideaux d'eau et de la topographie.

Le logiciel utilise un modèle appelé "Multiple Point Source model", qui modélise les effets de la forme de la flamme sur le flux thermique irradié en distribuant plusieurs points sources le long de la flamme modélisée. Dans le modèle, il est supposé que chacun des points participe pour une part égale à la radiation totale. En utilisant la vitesse de propagation de flamme des différents combustibles en présence, le logiciel est capable de prédire les caractéristiques de géométrie et le pouvoir émissif surfacique de la flamme. Afin de calculer le flux thermique à distance, les paramètres tels que les facteurs de vue et la transmissivité atmosphérique sont utilisés.

### II.2. DÉROULEMENT DE L'ÉTUDE

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 zones d'incendie,
- Construction des modèles numériques de terrain et élaboration des maillages 3D pour le calcul des flux thermiques,
- Prise en compte des différents éléments du site (murs coupe-feu, bâtiments, etc.),
- Calcul des paramètres de l'incendie (hauteur de flamme, pouvoir émissif radiatif de la flamme...),
- Calcul des flux nets rayonnés par l'incendie,
- Visualisation des résultats et analyses des zones d'effets thermiques.

### III. RÉGLEMENTATION ET SEUILS D'EFFETS THERMIQUES

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). La zone correspond à l'éloignement minimum des établissements recevant du public, des immeubles de grande hauteur, des voies à grande circulation et des voies ferrées ouvertes au transport de voyageur.
- **Le flux de 5 kW/m<sup>2</sup>** correspond au seuil réglementaire des effets létaux (distance du risque léthal pour une exposition de 60s). La zone correspond à l'éloignement minimum des constructions à usage d'habitation, des immeubles habités ou occupés par des tiers et des voies de circulation autres que celles nécessaires à la desserte ou à l'exploitation du site.
- **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.

### IV. MÉTHODE DE CALCUL DE RAYONNEMENT THERMIQUE

#### IV.1. PRINCIPES DE LA MODÉLISATION

Dans les scénarios accidentels à retenir dans le cadre d'une démarche d'étude de danger, les études maximalistes 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.

Dans le cadre d'une modélisation majorante, on considère pour ce scénario un développement rapide de la montée en puissance de l'incendie sur l'ensemble de la zone en feu considérée (embrasement généralisé).

En outre, tous les moyens de protections incendie actifs (sprinkler, rideaux d'eau...) sont considérés comme inopérants. Les moyens d'intervention internes et externes sont également négligés.

#### IV.2. MÉTHODOLOGIE NUMÉRIQUE

Il convient de rappeler, avant toute présentation plus détaillée, qu'à l'heure actuelle les outils méthodologiques utilisés pour la modélisation des effets thermiques dans cette étude s'appuient 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 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 générales de calculs utilisés pour la modélisation.

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 :**

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

- où
- D<sub>eq</sub> : 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 > 2). 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. Dans le cadre de cette étude, la formulation de Thomas a été retenue pour ce scénario. Cette corrélation se base principalement sur le taux de combustion des espèces et le diamètre hydraulique des stockages en feu.

▪ **Flux thermique net incident:**

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)

▪ **Emittance de la flamme**

La puissance émissive radiative d'une flamme correspond à la puissance rayonnée par unité de surface de la flamme en kW/m<sup>2</sup>.

Quatre zones distinctes constituent la partie visible de la flamme :



- Une zone claire, brillante et émissive au bas de la flamme,
- Une zone intermédiaire,
- Une zone particulièrement masquée par les suies,
- Une zone de fumées en partie haute, dans laquelle on observe périodiquement des « bouffées de flammes »

Les pouvoirs émissifs moyens des flammes sur chaque stockage de combustibles sont calculés d'après la formule suivante :

$$\Phi_o = \Phi_{\max} \times (1 - \zeta) + \Phi_{\text{soot}} \times \zeta$$

$$\phi_{\max} = m'' \cdot FR \cdot S \cdot \Delta H_c / S_f$$

$\phi_{\max}$  : pouvoir émissif d'une flamme sans fumées noires

$\phi_{\text{soot}}$  : pouvoir émissif des fumées (valeur de 20000 W/m<sup>2</sup>)

$\zeta$  : pourcentage de la flamme couvert par des fumées noires (valeur de 80% retenue)

FR: fraction radiative (valeur maximale de 0.4) (-)

$\Delta H_c$ : chaleur de combustion moyenne du stockage (J/kg)

$S_f$ : surface de flamme

$m''$ : débit massique moyen (pondéré selon les fraction massique des produits combustibles) de combustion par unité de surface en feu (kg/m<sup>2</sup>/s)

## V. LOCALISATION DU SCÉNARIO

La figure suivante représente le scénario modélisé dans le cadre de l'étude.

La zone en exploitation ci-dessous se déplace sur l'ensemble de la zone de stockage représentée en vert ci-dessous.

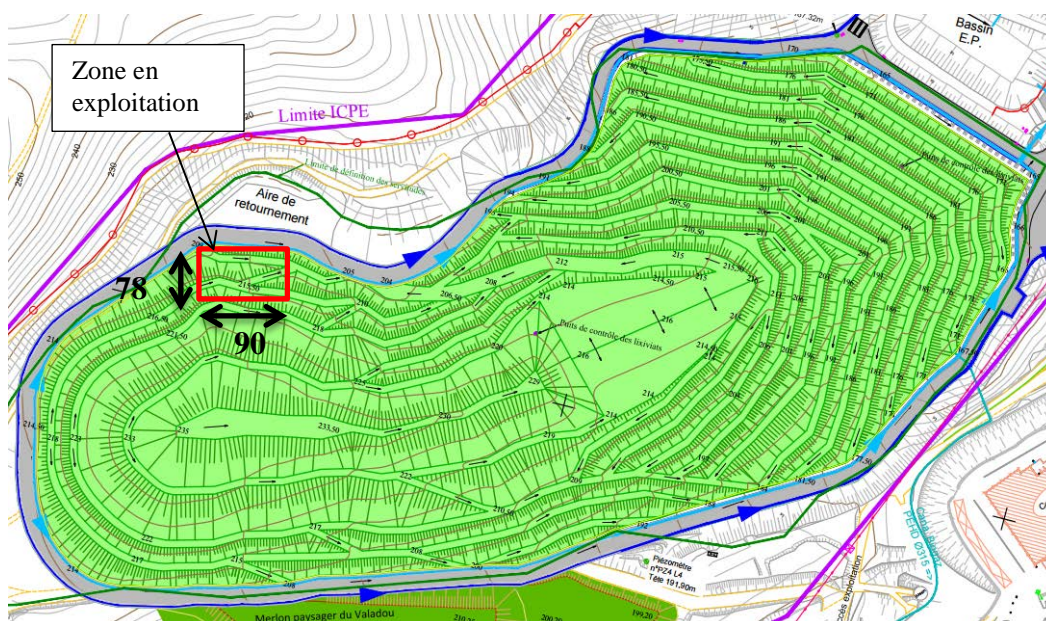


Figure 1 : Localisation du scénario d'incendie sur le site

## VI. SCÉNARIO : EFFETS THERMIQUES DE L'INCENDIE DE LA ZONE EN EXPLOITATION

### VI.1. GÉOMÉTRIE ET NATURE DE L'INCENDIE

Le tableau suivant présente les caractéristiques du scénario d'incendie considéré dans la modélisation.

Tableau 1 : Caractéristiques du scénario

Scénario	Composition	Dimension
Incendie de la zone en exploitation	Les déchets enfouis sont composés de : <b>60%</b> d'ordures ménagères résiduelles; <b>20%</b> de déchets occasionnels à assimiler à des encombrants ; <b>20%</b> de Déchets d'Activité Economique (DAE)	90m longueur 78m largeur

### VI.2. DÉFINITION DU SCÉNARIO

Un départ de feu est envisageable au niveau de la zone en exploitation, le stockage de déchets. La zone en exploitation en feu est évaluée sur une zone de 7000 m<sup>2</sup> et avec 20% des déchets de la zone mélangés ou recouverts de terre soit 700 m<sup>3</sup> de terre. La puissance dégagée lors de l'incendie est donc modérée en raison de la présence d'inertes.

### VI.3. MODÉLISATION DE L'INCENDIE

La surface en feu correspond à une zone de 90m\*78m.

Pour le stockage de déchets non dangereux, la hauteur de flamme a été évaluée à 35 m par la corrélation de Thomas sur la base d'un taux de combustion de 0.018 kg/m<sup>2</sup>.s<sup>1</sup> pour les déchets.

La puissance émissive radiative est évaluée à 21.6 kW/m<sup>2</sup>.

### VI.4. ZONES D'EFFETS DE FLUX THERMIQUES

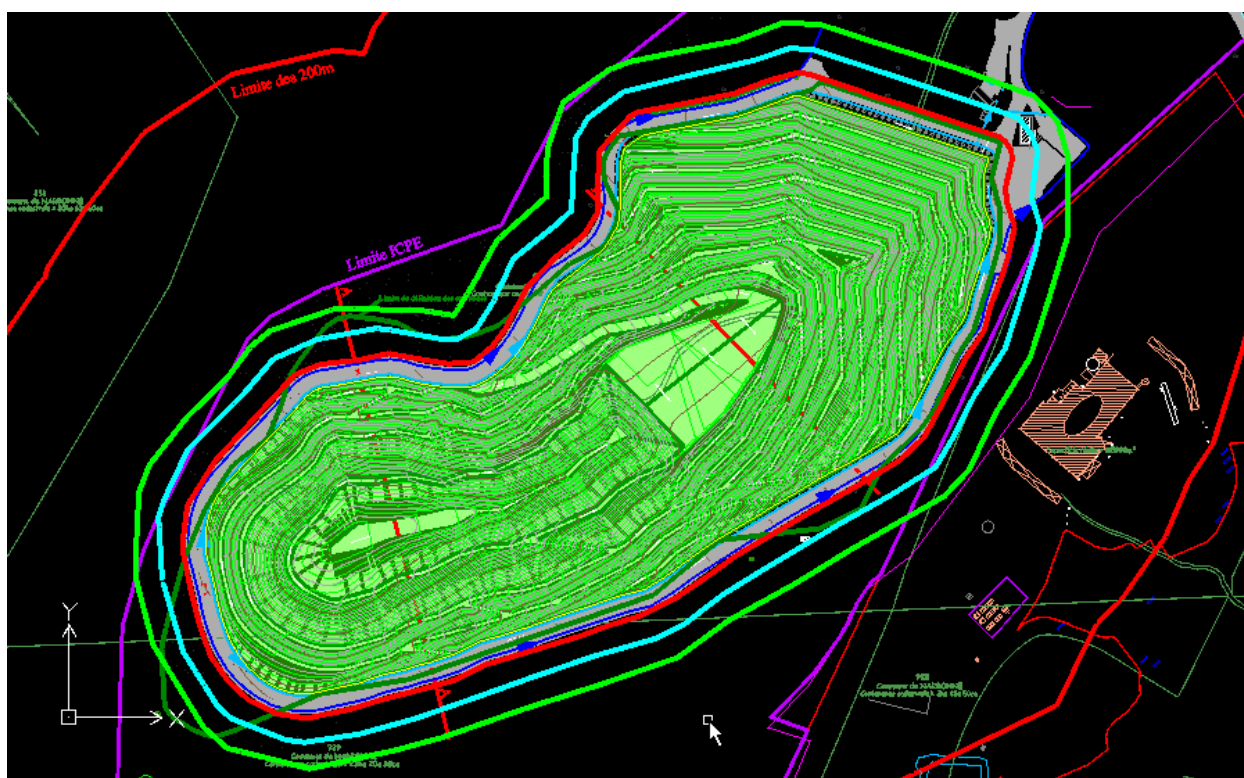
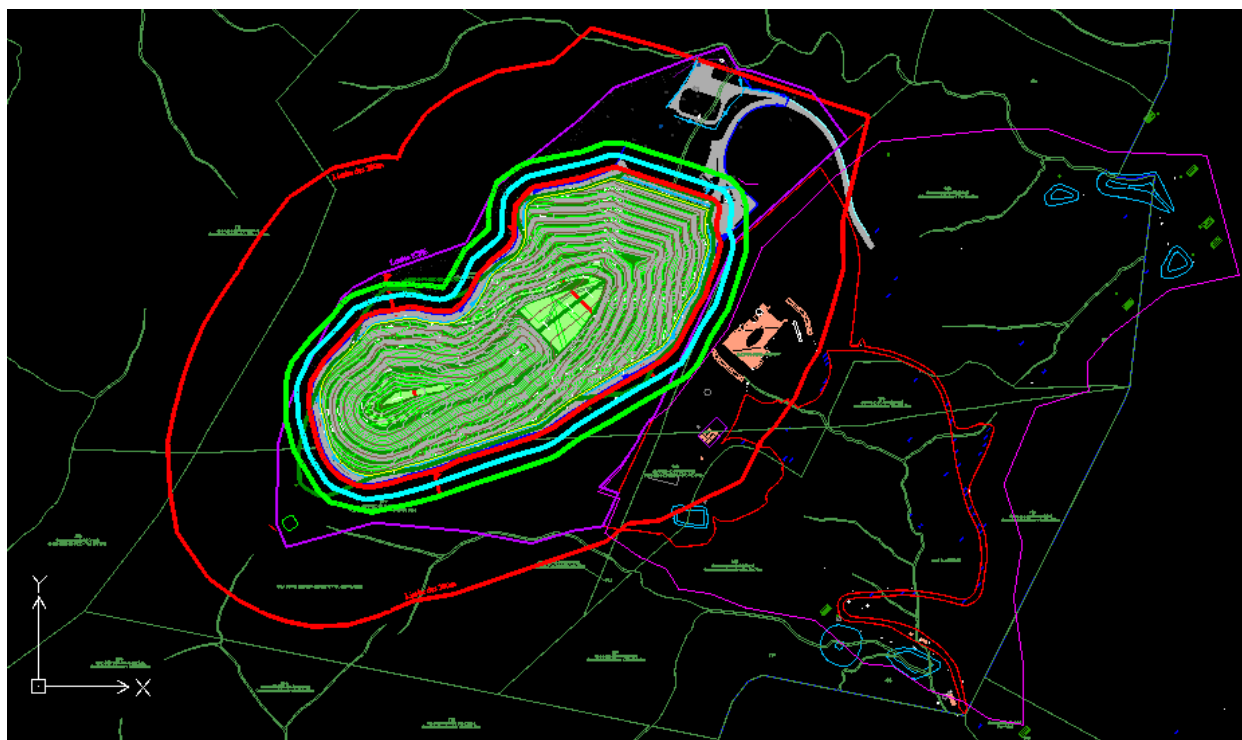
Les figures suivantes présentent les zones soumises à des flux de 3, 5 et 8 kW/m<sup>2</sup> en cas d'incendie sans aucune intervention extérieure sur le feu.

La simulation étant tridimensionnelle, nous avons choisi de représenter ici les flux sur un plan horizontal de 1,50 m de haut, soit à hauteur d'homme pour les flux de 3, 5 et 8 kW/m<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Le taux de combustion des déchets est de 0.022 kg/m<sup>2</sup>.s mais pour ce scénario les déchets sont mélangés avec 20 % d'inertes.



Au cours de l'exploitation du site, la zone en exploitation est amenée à être déplacée sur l'ensemble de la zone. Afin de représenter l'ensemble des zones d'effets thermiques potentielles au cours de ces différentes phases d'exploitation, les distances d'effets obtenues pour une zone en exploitation ont été reportées sur l'ensemble de la zone.



**Stockage de déchets non dangereux**

Effet thermique lors d'un incendie d'une zone en exploitation  
Seuils d'effet thermique selon l'arrêté du 29/05/2009

**8 kW/m<sup>2</sup>** : distance de **18m** depuis la bordure de la zone de stockage

**5 kW/m<sup>2</sup>** : distance de **37m** depuis la bordure de la zone de stockage

**3 kW/m<sup>2</sup>** : distance de **57m** depuis la bordure de la zone de stockage

**Modélisation des phénomènes dangereux  
Site LAMBERT IV**

19/07/2016

FLUIDYN FRANCE

La zone des effets thermiques à **3kW/m<sup>2</sup>** impacte les bureaux administratifs. La limitation ICPE est franchie à certains endroits. Cependant, la limitation des 200m n'est pas dépassée.

Seul l'espace administratif de Lambert IV est impacté par la zone des effets thermiques à **5kW/m<sup>2</sup>**. Cette zone dépasse légèrement la limite ICPE indiquée à certains endroits. Toutefois, la zone des effets thermiques à 5kW/m<sup>2</sup> ne sort pas de la limite des 200m.

La zone des effets thermiques à **8kW/m<sup>2</sup>** n'impacte aucune installation ou équipement environnant. La limite de cette zone se situe au niveau du fossé externe de l'installation. La limite ICPE indiquée en violet sur la représentation ci-dessus n'est pas dépassée.

Au regard des équipements présents sur le site, il n'apparaît pas de risque d'effet domino en cas d'incendie quel que soit le secteur en exploitation de la zone de stockage de Lambert IV.

## VII. CONCLUSION

Dans le cadre d'une étude de dangers réalisée pour le Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter (DDAE) de l'installation de stockage de déchets non dangereux du site Lambert IV à Narbonne, une modélisation des flux thermiques engendrés par un incendie de la zone de stockage de déchets a été réalisée.

Le calcul des flux thermiques issus du scénario d'incendie retenu 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 celui des effets dominos ( $8 \text{ kW/m}^2$ ).

Pour l'analyse des résultats, il faut garder à l'esprit que la modélisation réalisée prend en compte un feu, au maximum de son intensité qui se déplace sur l'ensemble du stockage. D'autre part, aucune intervention des services internes et externes de lutte contre les incendies n'est prise en compte. De ce fait, la simulation a été réalisée dans le souci de se placer dans la situation majorante.

**Les résultats des modélisations indiquent que :**

- **Le scénario modélisé génère des effets thermiques de type SEI en dehors des limites de sites mais sur des zones assez limitées,**
- **Le scénario modélisé génère des effets thermiques de type SEL en dehors des limites de site mais très localement et à proximité directe du périmètre ICPE,**
- **Le scénario modélisé n'est pas susceptible de générer des effets thermiques de type SELs en dehors des limites de site ni des effets dominos sur des équipements internes ou externes à proximité du site.**