

# **Projet EQUIMETH**

## **MORET LOING – ORVANNE (77)**

**EVALUATION DE L'EXPOSITION DE  
LIGNES HAUTE TENSION EN CAS  
D'INCENDIE**

**CALCUL DE FLUX THERMIQUES**



**ÉTUDES · CONSEIL  
ENVIRONNEMENT**

*Novembre 2017*

**SOMMAIRE**

<b>1. Objet de l'étude.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Configuration du projet.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Définition des scénarios .....</b>	<b>5</b>
<b>4. Modélisation des flux thermiques .....</b>	<b>5</b>
<b>4.1 Méthode de calcul utilisée .....</b>	<b>5</b>
<b>4.2 Caractéristiques des produits combustibles .....</b>	<b>6</b>
<b>4.3 Simulation du scénario N°1 .....</b>	<b>7</b>
4.3.1 Données prises en compte .....	7
4.3.2 Résultats.....	9
<b>4.4 Simulation du scénario N°2 .....</b>	<b>11</b>
4.4.1 Données prises en compte .....	11
4.4.2 Résultats.....	12
<b>4.5 Simulation du scénario N°3 .....</b>	<b>14</b>
4.5.1 Données prises en compte .....	14
4.5.2 Résultats.....	15
<b>5. Conclusion et préconisations .....</b>	<b>17</b>
<b>ANNEXE.....</b>	<b>18</b>



**ÉTUDES • CONSEIL  
ENVIRONNEMENT**

**ETUDES • CONSEIL • ENVIRONNEMENT**

23, rue Notre Dame – 35 600 REDON

☎ 02 99 72 17 31

Rédacteur de l'étude : J.GUYONNET, Chargé d'études

## 1. Objet de l'étude

La société **EQUIMETH** présente un projet de création d'une unité de méthanisation agricole.

Les terrains retenus pour ce projet sont localisés à proximité d'une ligne Haute Tension.

RTE, gestionnaire du réseau de transport d'électricité à haute tension, a demandé à ce qu'une évaluation de l'exposition des lignes Haute Tension en cas d'incendie soit réalisée.

Le bureau d'études NASKEO, en charge de l'élaboration du dossier ICPE, a sollicité **ETUDES • CONSEIL • ENVIRONNEMENT** pour réaliser cette évaluation des flux thermiques.

Cette modélisation a pour objectif de quantifier les flux thermiques reçus au niveau de la ligne haute tension, et de déterminer les risques éventuels envers cette installation.

L'intensité des flux thermiques émis est exprimée en kW/m<sup>2</sup>.

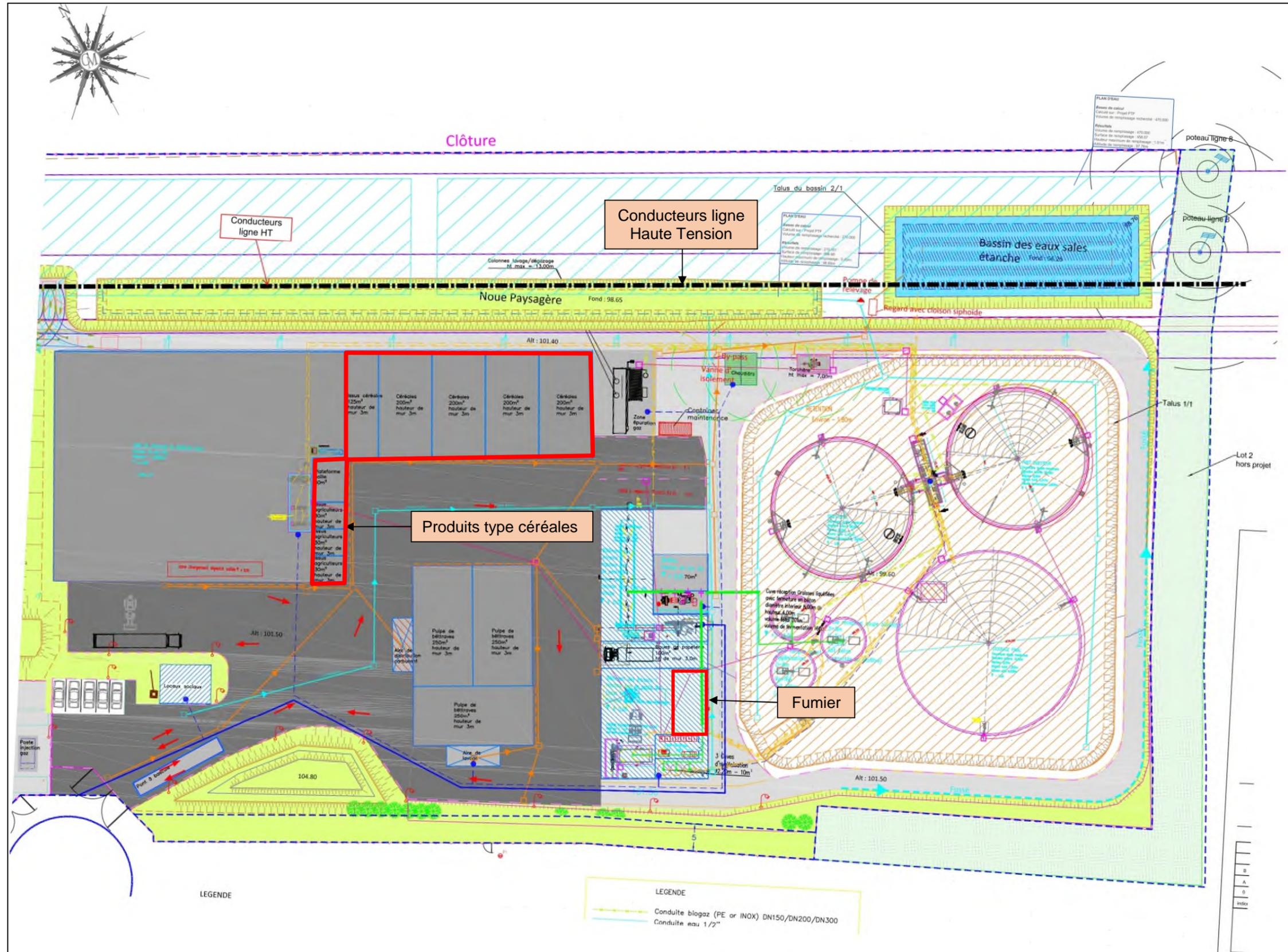
## 2. Configuration du projet

L'unité de méthanisation sera composée :

- de zones de stockage d'intrants (céréales, fumier, pulpe de betterave, ...),
- d'un dépôt de digestat solide et de cuves pour les produits liquides (graisses liquéfiées, soupe de biodéchets, ...),
- des digesteurs et de l'unité de stockage du biogaz.

La ligne Haute Tension est localisée à 12 m des zones de stockage, à une hauteur d'environ 8 m du sol.

Les zones de stockage de produits combustibles sont représentées sur le plan suivant.



**Configuration générale du projet**

### 3. Définition des scénarios

Les scénarios ont été définis en lien avec le bureau d'études en charge de la réalisation de l'étude de dangers :

<b>Scénario 1</b>	Incendie des silos de stockage de céréales
<b>Scénario 2</b>	Incendie généralisé de la partie Nord
<b>Scénario 3</b>	Incendie de la zone de stockage de fumier

Les scénarios d'incendie des produits de type pulpe de betterave ou digestat solide n'ont pas été retenus, car non jugés pertinents, pour les raisons suivantes :

- accidentologie de la profession ne recensant pas d'incendie pour ce type de produits,
- matières dégradées et produits stabilisés ne présentent pas de risque d'auto-inflammation,
- même en cas de départ de feu, l'incendie serait de type feu couvant, les effets thermiques dégagés resteraient limités.

Les scénarios liés au stockage de biogaz sont pris en compte dans l'étude de dangers réalisée par *Naskeo Environnement*.

Ces scénarios (explosion, incendie) restent très peu improbables au vue des conditions de stockage (pression atmosphérique).

Les mesures de protection suivantes seront mises en place :

- Soupape,
- Capteur de pression,
- Torchère de sécurité.

### 4. Modélisation des flux thermiques

#### 4.1 Méthode de calcul utilisée

La simulation des flux thermiques rayonnés a été réalisée à partir du logiciel tridimensionnel de modélisation d'incendies **FLUIDYN PANFIRE**, développé par la société *TRANSOFT INTERNATIONAL* (voir descriptif en Annexe).

**FLUIDYN PANFIRE** permet de calculer les effets radiatifs d'un incendie de produits solides ou de nappes de liquides.

Ce logiciel permet de calculer l'intensité maximale d'énergie dégagée par l'incendie (par rayonnement ou convection). Les résultats sont exprimés en  $\text{kW/m}^2$  (puissance thermique reçue sur une unité de surface).

Le code de calcul est basé sur le modèle de la flamme solide recommandé par l'INERIS où la flamme est assimilée à un volume opaque de géométrie simple dont les surfaces rayonnent uniformément. Ce modèle intègre également un facteur de vue entre l'élément extérieur et la flamme, ce facteur caractérisant la vision d'un plan vertical de flamme par rapport à une cible.

Les données prises en compte sont :

- la géométrie de la flamme qui intervient dans le calcul du facteur de vue. Ce facteur traduit en définitive l'angle solide sous lequel la cible perçoit la flamme,
- le pouvoir émissif de la flamme, puissance rayonnée par unité de surface de la flamme,
- le coefficient d'atténuation atmosphérique, c'est à dire la fraction du rayonnement absorbée par l'atmosphère.

Dans le cas présent, l'objectif est de définir la valeur des flux thermiques à la hauteur de la ligne Haute Tension (8 m).

La modélisation considère que le développement de l'incendie est maximal et généralisé (calcul des effets maximums liés à un incendie - absence d'intervention humaine).

## ***4.2 Caractéristiques des produits combustibles***

Les produits combustibles considérés sont assimilés à des céréales et du fumier.

Les caractéristiques de combustion prises en compte pour les modélisations sont les suivantes :

- ⇒ Vitesse de combustion :  $0,015 \text{ kW/m}^2$ ,
- ⇒ Emissivité :  $20\,000 \text{ W/m}^2$ .



Les hypothèses de calcul prises en compte pour la modélisation sont présentées dans le tableau suivant.

Paramètres de calcul		Source 1	Sources 2 à 5	
<b>Volume en feu, A<sub>f</sub> (en m<sup>2</sup>)</b>	Dimensions (L = longueur, W = largeur)	20 x 6 = 120 m <sup>2</sup>	20 x 10 = 200 m <sup>2</sup>	
<b>Hauteur de stockage</b>	Hauteur moyenne de stockage (en m)	3	3	
<b>Volume stocké</b>	Volume global de la source (en m <sup>3</sup> )	360	600	
<b>Taux de combustion</b>	Taux de combustion retenu (m" en kg/m <sup>2</sup> /s)	0,015		
<b>Diamètre équivalent, D<sub>eq</sub> (en m)</b>	Méthode INERIS dans le cas de surface en feu non circulaire	si L/W > 2 <b>D<sub>eq</sub> = W</b>	6	---
		si L/W ≤ 2 <b>D<sub>eq</sub> = 2 . A<sub>f</sub> / (L + W)</b>	---	13,33
<b>Hauteur de flamme H<sub>f</sub> (en m)</b>	<p>Formule de THOMAS</p> <p><b>H<sub>f</sub> (m) = h + (42 . D . [ m" / (ρ<sub>a</sub> (g . D)<sup>0.5</sup>]<sup>0.61</sup>)</b></p> <p>avec m" = taux de combustion en kg/m<sup>2</sup>.s g = accélération de la pesanteur en m<sup>2</sup>/s (9,81) ρ<sub>a</sub> = densité de l'air en kg/m<sup>3</sup> (1,2) h = hauteur de stockage</p>	<b>8</b>	<b>12</b>	
<b>Flux initial Ø<sub>0</sub></b>	Flux considéré pour un modèle de type radiateur	20 000 W/m <sup>2</sup>		
<b>Murs coupe-feu</b>	Murs béton périphériques.	h = 3 m		

### 4.3.2 Résultats

L'objectif du calcul est d'évaluer si ce type d'incendie pourrait provoquer un endommagement de la ligne Haute Tension, ainsi que de quantifier la hauteur atteinte par différents flux.

Pour rappel, **les conducteurs de la ligne Haute Tension les plus proche sont localisés à 12 m du mur des silos**. Dans cet axe, la ligne est à une hauteur de 8 m.

La valeur des flux thermiques a donc été calculée pour une hauteur de 8 m.

A la demande de RTE, les valeurs de flux à considérer sont 3, 5 et 7 kW/m<sup>2</sup>.

Les distances atteintes par les flux thermiques, pour une hauteur de 8 m, sont présentées dans le tableau suivant.

Axe des flux	Seuil de 7 kW/m <sup>2</sup>	Seuil de 5 kW/m <sup>2</sup>	Seuil de 3 kW/m <sup>2</sup>
Nord (axe de la ligne Haute Tension)	0 ***	5	10
Est	0 ***	5	9
Sud	2	8	15
Ouest	0 ***	5	9

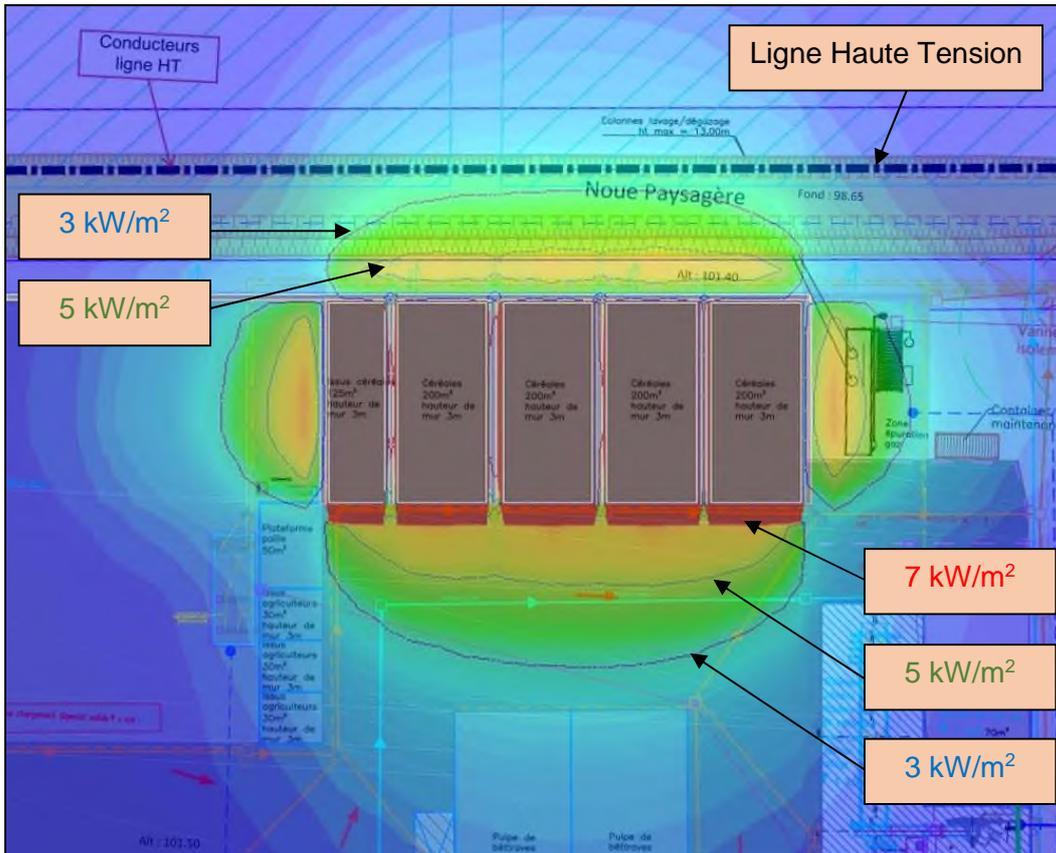
\*\*\* : flux contenus par le mur coupe-feu

La distance atteinte par les flux thermiques dans l'axe Nord est moins importante que dans l'axe Sud du fait de la présence des murs coupe-feu délimitant les casiers.

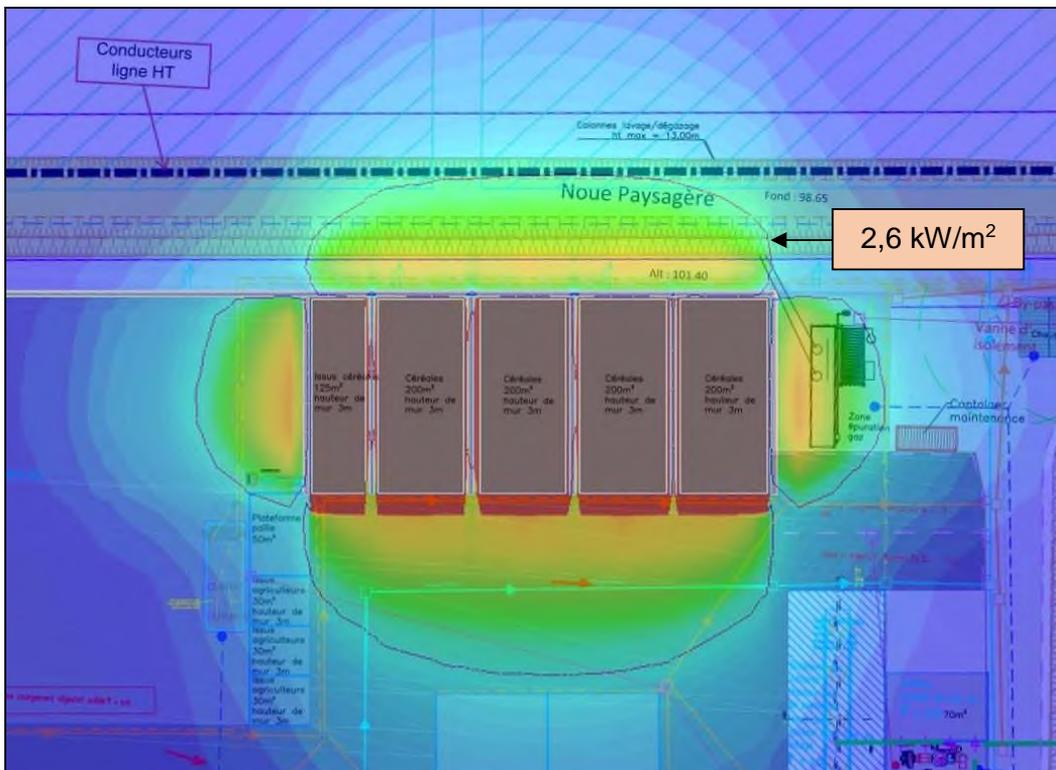
Pour ce scénario, **le flux thermique reçu au niveau de la ligne est de 2,6 kW/m<sup>2</sup>**.

Par ailleurs, **le flux thermique correspondant au risque de propagation (8 kW/m<sup>2</sup>) n'atteint pas le bâtiment** (distance maximale du flux de 6 m pour un éloignement de 10 m).

**Scénario N°1 : incendie des silos de stockage de céréales**  
**Hauteur de visualisation = 8 m**



**Flux de 3, 5 et 7 kW/m²**



**Flux de 2,6 kW/m²**



Paramètres de calcul		Source 1	Sources 2 à 5	Source 6	Sources 7 à 9	
<b>Volume en feu, A<sub>f</sub> (en m<sup>2</sup>)</b>	Dimensions (L = longueur, W = largeur)	20 x 6 = 120 m <sup>2</sup>	20 x 10 = 200 m <sup>2</sup>	8 x 6 = 48 m <sup>2</sup>	6 x 5 = 30 m <sup>2</sup>	
<b>Hauteur de stockage</b>	Hauteur moyenne de stockage (en m)	3	3	3	3	
<b>Volume stocké</b>	Volume global de la source (en m <sup>3</sup> )	360	600	144	90	
<b>Taux de combustion</b>	Taux de combustion retenu (m" en kg/m <sup>2</sup> /s)	0,015				
<b>Diamètre équivalent, D<sub>eq</sub> (en m)</b>	Méthode INERIS dans le cas de surface en feu non circulaire	si L/W > 2 <b>D<sub>eq</sub> = W</b>	6	---	---	---
		si L/W ≤ 2 <b>D<sub>eq</sub> = 2 . Af / (L + W)</b>	---	13,33	6,86	5,45
<b>Hauteur de flamme H<sub>f</sub> (en m)</b>	<p align="center">Formule de THOMAS</p> $H_f (m) = h + (42 \cdot D \cdot [m'' / (\rho_a (g \cdot D)^{0.5})]^{0.61})$ <p>avec m" = taux de combustion en kg/m<sup>2</sup>.s                      g = accélération de la pesanteur en m<sup>2</sup>/s (9,81)                      ρ<sub>a</sub> = densité de l'air en kg/m<sup>3</sup> (1,2)                      h = hauteur de stockage</p>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	
<b>Flux initial Ø<sub>0</sub></b>	Flux considéré pour un modèle de type radiateur	20 000 W/m <sup>2</sup>				
<b>Murs coupe-feu</b>	Murs béton périphériques.	h = 3 m				

#### 4.4.2 Résultats

Les distances atteintes par les flux thermiques, pour une hauteur de 8 m, sont présentées dans le tableau suivant.

Axe des flux	Seuil de 7 kW/m <sup>2</sup>	Seuil de 5 kW/m <sup>2</sup>	Seuil de 3 kW/m <sup>2</sup>
Nord (axe de la ligne Haute Tension)	0***	5	10
Est	0 ***	5	10
Sud	7	10	25
Ouest	5	7	12

\*\*\* : flux contenu par le mur coupe-feu

Pour ce scénario, **le flux thermique reçu au niveau de la ligne est de 2,6 kW/m<sup>2</sup>.**

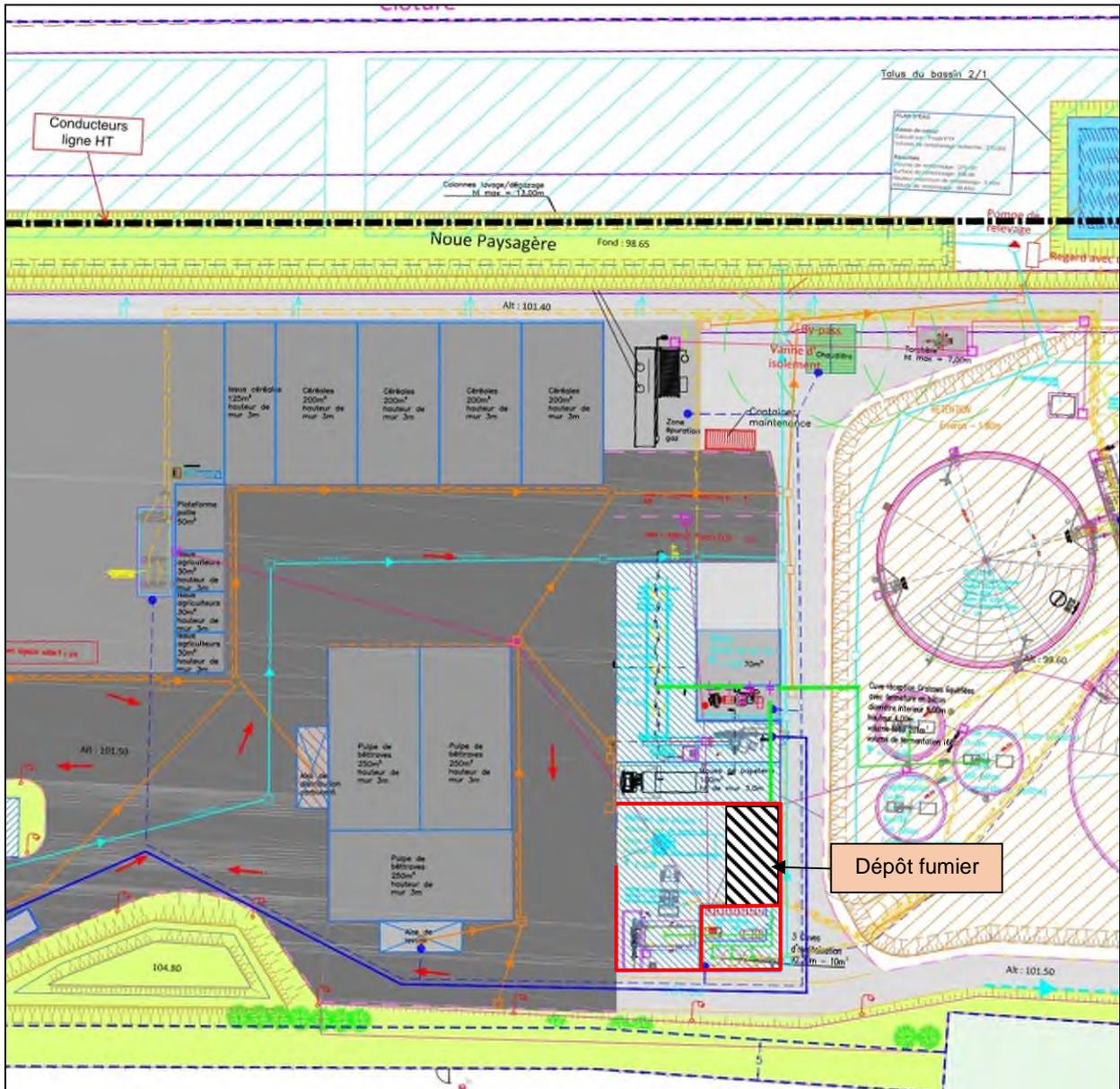


## 4.5 Simulation du scénario N°3

### 4.5.1 Données prises en compte

Ce scénario considère un **incendie de la zone de stockage de fumier**, zone d'environ 100 m<sup>2</sup> localisée sous le bâtiment.

Ce bâtiment dispose de cloisons séparatives coupe-feu (hauteur de 3 m), représentés en rouge ci-dessous.



**Configuration du scénario étudié**

Paramètres de calcul		Source : zone de stockage	
<b>Volume en feu, A<sub>f</sub> (en m<sup>2</sup>)</b>	Dimensions (L = longueur, W = largeur)	12 x 8 = 96 m <sup>2</sup>	
<b>Hauteur de stockage</b>	Hauteur moyenne de stockage (en m)	3	
<b>Volume stocké</b>	Volume global de la source (en m <sup>3</sup> )	288	
<b>Taux de combustion</b>	Taux de combustion retenu (m'' en kg/m <sup>2</sup> /s)	0,015	
<b>Diamètre équivalent, D<sub>eq</sub> (en m)</b>	Méthode INERIS dans le cas de surface en feu non circulaire	si L/W > 2 <b>D<sub>eq</sub> = W</b>	---
		si L/W ≤ 2 <b>D<sub>eq</sub> = 2 . A<sub>f</sub> / (L + W)</b>	9,6
<b>Hauteur de flamme H<sub>f</sub> (en m)</b>	Formule de THOMAS $H_f (m) = h + (42 \cdot D \cdot [m'' / (\rho_a (g \cdot D)^{0.5})]^{0.61})$ avec m'' = taux de combustion en kg/m <sup>2</sup> .s g = accélération de la pesanteur en m <sup>2</sup> /s (9,81) ρ <sub>a</sub> = densité de l'air en kg/m <sup>3</sup> (1,2) h = hauteur de stockage	<b>10</b>	
<b>Flux initial Ø<sub>0</sub></b>	Flux considéré pour un modèle de type radiateur	20 000 W/m <sup>2</sup>	
<b>Murs coupe-feu</b>	Murs béton périphériques.	h = 3 m	

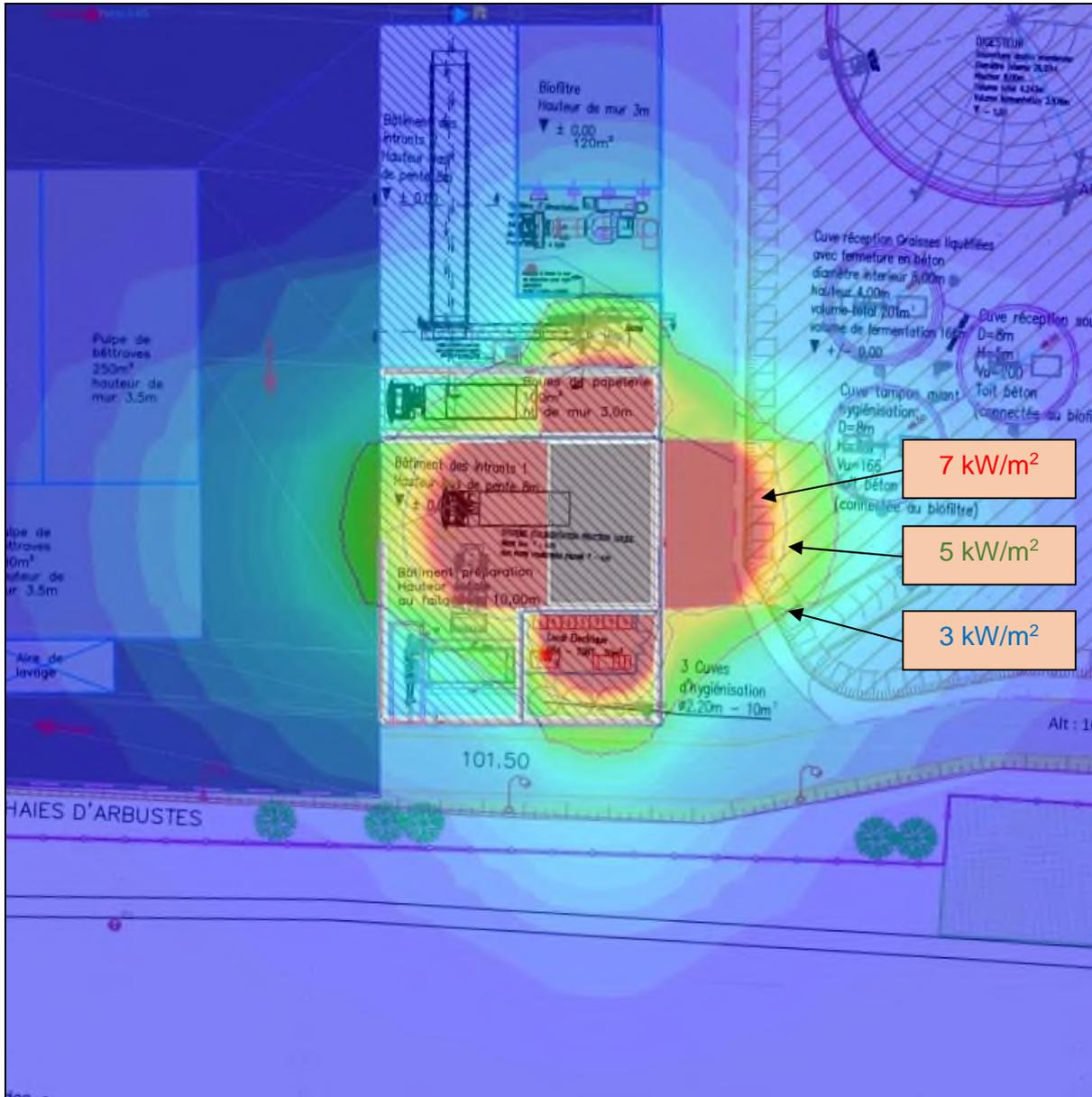
#### 4.5.2 Résultats

Les distances atteintes par les flux thermiques, pour une hauteur de 8 m, sont présentées dans le tableau suivant.

Axe des flux	Seuil de 7 kW/m <sup>2</sup>	Seuil de 5 kW/m <sup>2</sup>	Seuil de 3 kW/m <sup>2</sup>
Nord (axe de la ligne Haute Tension)	5	7	11
Est	7	8	12
Sud	5	7	11
Ouest	8	10	15

Pour ce scénario, **aucun flux thermique n'est reçu au niveau de la ligne Haute Tension.**

Scénario N°3 : incendie du dépôt de fumier



Flux de 3, 5 et 7 kW/m<sup>2</sup>

## 5. Conclusion et préconisations

Cette étude a porté sur la modélisation de 3 scénarios d'incendie :

- Incendie des silos de stockage de céréales,
- Incendie généralisé de la partie Nord,
- Incendie de la zone de stockage de fumier.

Les résultats des modélisations indiquent que **le flux maximal qui serait émis au niveau de la ligne Haute Tension s'élèverait à 2,6 kW/m<sup>2</sup>.**

Cette étude n'a pas porté sur le calcul des effets de surpression en cas d'explosion.

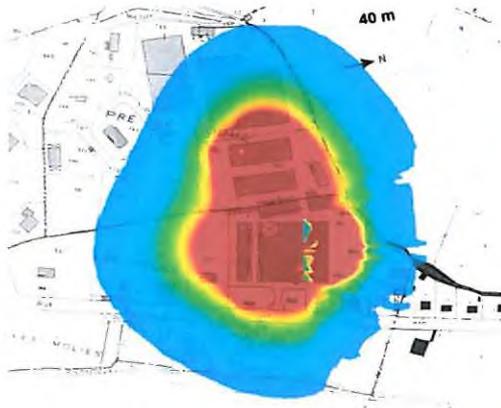
## **ANNEXE**

# **Présentation du logiciel de calcul des flux thermiques**

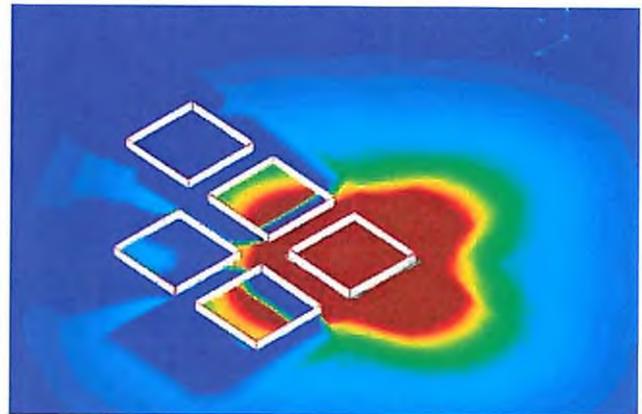
# *fluidyn* – PANFIRE

## EVALUATION DES RISQUES LIES AUX FEUX DE SOLIDES ET DE NAPPES CALCUL DE FLUX THERMIQUES

Développé par la société TRANSOFT International, *fluidyn-PANFIRE* est un logiciel de simulation tridimensionnelle des incendies de stockage de produits solides ou de nappes de liquides.



*Incendie dans un entrepôt de stockage de papier et de carton*



*Feu de nappe dans un dépôt d'alcool*

*fluidyn-PANFIRE* calcule les flux thermiques engendrés par l'incendie de matériaux entreposés.

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...

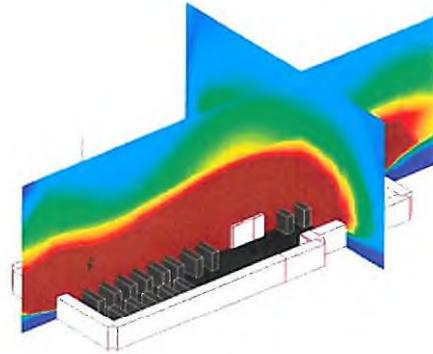
*fluidyn-PANFIRE* tient également compte de l'effet d'ombre des murs coupe-feu, des sprinklers et des rideaux d'eau et de la topographie.

Le déroulement de l'étude se fait en une seule phase. L'utilisateur est amené à définir le site interactivement, en positionnant les stockages, en caractérisant les matériaux stockés, en mettant en place les murs coupe feu et les sprinklers présents sur le site ainsi que la topographie si nécessaire. Une base de données interne au logiciel est disponible et modifiable pour la définition des matériaux solides et liquides (produits de base).

Les résultats de la simulation (flux thermiques) sont généralement présentés sous forme graphique. Les dangers sont alors quantifiés par des zones à risques (valeurs de flux supérieures à 3 kW/m<sup>2</sup> pour le SEI, 5 kW/m<sup>2</sup> pour le SEL et 8, 12, 16 ou 20 kW/m<sup>2</sup> par exemple pour les effets dominos).

Cependant, l'utilisateur peut également représenter des isosurfaces, des isocontours et des coupes dans les 3 plans de l'espace pour définir des zones de danger.

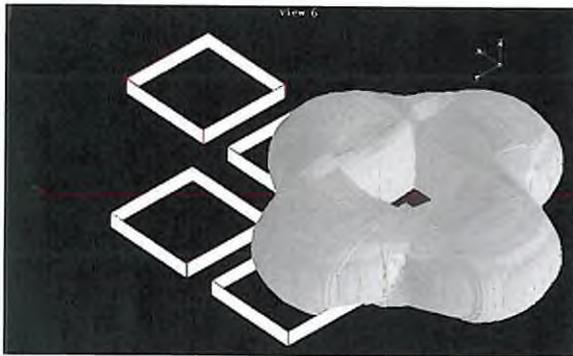
Enfin ce logiciel peut être couplé à un autre logiciel de la gamme PANACHE, à savoir *fluidyn-PANEPR*, afin de disperser dans l'atmosphère les produits issus de la combustion des stockages.



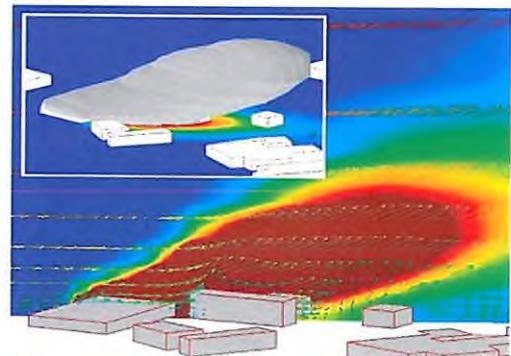
Vue 3D des flux thermiques

Cet outil peut être utilisé lors d'études de danger, d'études de sécurité, de demandes d'autorisation d'exploiter, de dossiers ICPE ou SEVESO....

Les principaux destinataires du logiciel sont les bureaux d'études, les industriels et les organismes de contrôle.



Isosurface de flux thermiques dans l'espace



Dispersion des produits de combustion grâce à *fluidyn-PANEPR*

**fluidyn-FRANCE**

Le Charles Michel  
7 boulevard de la Libération  
93200 SAINT-DENIS  
FRANCE

☎ : 33 01 42 43 16 66  
☎ : 33 01 42 43 50 33  
marketing@fluidyn.com

**fluidyn-UK**

15/17, Belwell Lane  
Four Oaks, Sutton Coldfield  
West Midlands B744AA  
UNITED KINGDOM

☎ : 44 (0) 121 308 8168  
☎ : 44 (0) 121 323 2009  
marketing\_UK@fluidyn.com

**Transoft-USA**

1191 Crestmont Drive  
LAFAYETTE CA  
94549 -3004  
USA

☎ : 1 925 284 1200  
☎ : 1 925 284 1240  
marketing\_USA@fluidyn.com

**Transoft-INDIA**

146, H. S. R. Layout, sector 5  
Agara Extension,  
BANGALORE 5600 34  
INDIA

☎ : 91 80 5526507  
☎ : 91 80 5526507  
marketasia@fluidyn.com