

# **ANNEXE D13 : QUANTIFICATION DE L'INTENSITE DES PHENOMENES DANGEREUX**

Ce document comporte 9 pages

0	11/06/2018	Edition initiale	M. GIRARD	C. CHANSSARD
Rév.	Date	Objet	Rédaction	Vérification & Approbation

## SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>SEUILS D'EFFETS RETENUS.....</b>	<b>3</b>
1.1	EFFETS THERMIQUES .....	3
1.2	EFFETS TOXIQUES .....	4
<b>2.</b>	<b>CHOIX DES MODELES .....</b>	<b>6</b>
2.1	CALCUL DES EFFETS THERMIQUES D'UN INCENDIE DE PRODUITS COMBUSTIBLES.....	6
2.2	CALCUL DES EFFETS TOXIQUES CONSECUTIFS A UNE DISPERSION ATMOSPHERIQUE DE SUBSTANCES TOXIQUES.....	7
2.2.1	<i>Paramètres retenus</i> .....	7
2.2.2	<i>Dispersion de fumées toxiques suite à un incendie</i> .....	7
2.2.2.1	Calcul des flux de polluants émis .....	7
2.2.2.2	Calcul du flux total de fumées .....	8

## 1. SEUILS D'EFFETS RETENUS

Les seuils présentés ci-dessous sont issus de l'annexe 2 de l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

### 1.1 EFFETS THERMIQUES

Dans le cas des expositions longues, l'approche retenue pour caractériser les effets est basée sur un flux thermique critique, flux au-delà duquel une cible exposée ressentira les effets caractéristiques.

Les valeurs retenues dans cette approche sont de 3 et 5 et 8 kW/m<sup>2</sup> respectivement pour les premiers effets irréversibles, les effets létaux et les effets létaux significatifs.

Cette approche est utilisée pour caractériser les effets d'un incendie en régime permanent, comme les feux de nappe, de solide, les jets enflammés et les incendies de stockage si la cible potentielle n'est pas en mesure de s'éloigner ou de se protéger en moins de deux minutes.

Dans le cas des expositions courtes, l'approche retenue est basée sur des doses thermiques reçues. Cette dose est obtenue par l'équation

$$E = \Phi^{4/3} \times t.$$

où  $\Phi$  est le flux thermique reçu et t est le temps d'exposition à ce flux thermique.

L'effet thermique a lieu dès que E dépasse les valeurs retenues pour les effets caractéristiques.

Les valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques pour les installations classées sont décrites dans les tableaux ci-dessous pour les effets sur les structures et sur l'homme.

Effets sur les structures :

Valeurs de référence (kW/m <sup>2</sup> )	Effets sur les structures
5	Seuil des destructions de vitres significatives
8	Seuil des effets domino et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures
16	Seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton
20	Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton
200	Seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes

Tableau 1 : Valeurs de référence pour les effets sur les structures

Effets sur l'homme :

Valeurs de référence		Effets sur l'homme
kW/m <sup>2</sup>	[(kW/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> ].s	
<b>3</b>	<b>600</b>	Seuil des effets irréversibles délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine »
<b>5</b>	<b>1 000</b>	Seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine » - mentionnée à l'article L515-16 du code de l'environnement
<b>8</b>	<b>1 800</b>	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine » - mentionnée à l'article L515-16 du code de l'environnement

Tableau 2 : Valeurs de référence pour les effets sur l'homme

## 1.2 EFFETS TOXIQUES

Les valeurs de référence relatives aux seuils d'effets toxiques pour l'homme par inhalation pour les installations classées sont décrites dans le tableau ci-dessous.

Exposition	Type d'effets constatés	Concentration d'exposition
Exposition de 1 à 60 min	Létaux	SELS (CL 5%) SEL (CL 1%)
	Irréversibles	SEI
	Réversibles	SER

SELS : seuil des effets létaux significatifs ; SEL : seuil des effets létaux ; SEI : seuil des effets irréversibles ; SER : seuils des effets réversibles ; CL : concentration létale

Tableau 3: Valeurs de référence pour les effets toxiques pour l'homme par inhalation

Dans le cadre de la prévention des risques liés à des émissions accidentelles dans l'atmosphère de substances chimiques dangereuses, les gestionnaires de risques souhaitent disposer des seuils de toxicité aiguë qui seront le plus souvent utilisés associés à des accidents pour des études de dangers ou pour l'élaboration de plans d'urgence.

Les « effets réversibles » correspondent à un retour à l'état de santé antérieur à l'accident.

Les « effets irréversibles » correspondent à la persistance dans le temps d'une atteinte lésionnelle ou fonctionnelle, directement consécutive à une exposition en situation accidentelle (exposition unique et de courte durée ayant pour conséquence des séquelles invalidantes).

Les « effets létaux » correspondent à la survenue de décès chez la plupart des individus.

Le « seuil des effets irréversibles » correspond à la concentration maximale de toxique dans l'air pour un temps d'exposition donné en dessous de laquelle chez la plupart des individus on n'observe pas d'effets irréversibles. Les seuils des effets irréversibles (SEI) délimitent la « zone de dangers significatifs pour la vie humaine ».

Le « seuil des effets létaux » correspond à la concentration maximale de toxique dans l'air pour un temps d'exposition donné en dessous de laquelle chez la plupart des individus, on n'observe pas de décès. Les

seuils des effets létaux (SEL) correspondant à une CL 1% délimitent la « zone des dangers graves pour la vie humaine ».

Les « seuils des effets létaux significatifs » (SELS) correspondant à une CL 5% délimitent la « zone des dangers très graves pour la vie humaine ».

### **Seuils d'effets toxiques pour un mélange de substances toxiques (fumées d'incendie)**

Les seuils de toxicité retenus pour un mélange de substances toxiques sont calculées à partir du guide INERIS Ω16 « Toxicité et dispersion des fumées d'incendie ». La formule utilisée est la suivante :

$$\sum_{i=1}^n \frac{\text{Concentration du polluant } P_i}{\text{Seuil du polluant } P_i} = \frac{1}{\text{Seuil}_{\text{équivalent}}}$$

Les seuils d'effets toxiques des polluants émis (cf. §7.2.2 de l'étude de dangers – partie D) sont les suivants :

- α CO<sub>2</sub> : SEI = 50 000 ppm / SEL = 100 000 ppm / SELS = 200 000 ppm (source : Note du 16/11/07 relatif à la concentration à prendre en compte pour l'O<sub>2</sub>, le CO<sub>2</sub>, le N<sub>2</sub> et les gaz inertes)
- α CO (pour une durée d'exposition de 60 min) : SEI = 800 ppm / SEL = 3200 ppm / SELS = 3200 ppm (source : Seuils de toxicité aigüe – Monoxyde de carbone – Réf. INERIS-RDC-09-103128-056116A)

## 2. CHOIX DES MODELES

### 2.1 CALCUL DES EFFETS THERMIQUES D'UN INCENDIE DE PRODUITS COMBUSTIBLES

La modélisation des effets thermiques d'un incendie de produits combustibles est réalisée à partir du logiciel FLUMILOG.

La méthode développée par le logiciel FLUMILOG permet de modéliser l'évolution de l'incendie depuis l'inflammation jusqu'à son extinction par épuisement du combustible. 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.

La méthode permet également de calculer les flux thermiques associés à l'incendie de plusieurs cellules dans le cas où le feu se propagerait au-delà de la cellule où l'incendie a débuté. En effet, en fonction des caractéristiques des cellules, des produits stockés et des murs séparatifs, il est possible que l'incendie généralisé à une cellule se propage aux cellules voisines. Les différentes étapes de la méthode sont présentées sur le logigramme ci-après :

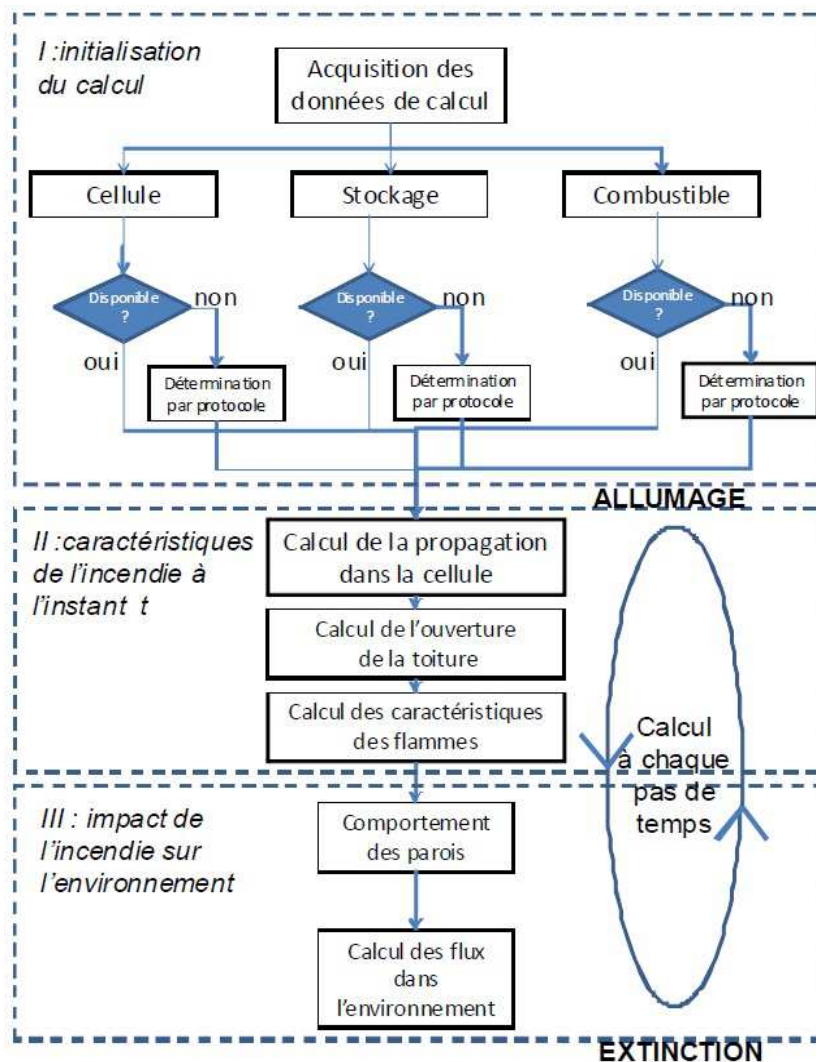


Figure 1: Etapes de calcul du logiciel FLUMILOG

## 2.2 CALCUL DES EFFETS TOXIQUES CONSECUTIFS A UNE DISPERSION ATMOSPHERIQUE DE SUBSTANCES TOXIQUES

### 2.2.1 Paramètres retenus

Les calculs de dispersion atmosphérique de toxiques sont effectués avec le logiciel PHAST 8.0 de DNVGL. Le modèle utilisé pour caractériser le terme source est le modèle « User defined » lorsque les débits de chaque composant sont définis.

Les paramètres sont ceux qui figurent par défaut dans PHAST, sauf pour :

- α la hauteur de rejet des fumées prise égale à la hauteur de stockage,
- α les seuils d'effets toxiques du mélanges calculés selon la méthodologie du guide INERIS Ω16,
- α les conditions météorologiques : La plupart des calculs sont effectués pour les conditions climatiques suivantes :
  - vent faible (3 m/s) et atmosphère très stable (classe F de PASQUILL). Cette situation, peu fréquente, n'est rencontrée que de nuit ou au petit matin. Elle est très pénalisante du point de vue de la dispersion atmosphérique de gaz. Les températures de l'air, du sol et du produit sont prises égales à 15 °C ;
  - vent moyen (5 m/s) et atmosphère thermiquement neutre (classe D). Cette situation est la plus fréquente de jour comme de nuit. Elle représente des conditions moyennes du point de vue de la dispersion atmosphérique de gaz. Les températures de l'air, du sol et du produit sont prises égales à 20 °C.
- α une hauteur de rugosité de 1 m est retenue. Elle correspond à une situation péri urbaine, à un site industriel ou à un environnement rural boisé. Compte tenu de l'élévation rapide des panaches de méthane, ce paramètre a une importance relative sur les distances d'effet et les masses explosibles obtenues.
- α La hauteur d'observation des effets (Height for calculation of effects) est de 1,8 m.

Dans le cas où la hauteur d'expansion maximale du nuage est inférieure à 1,5 m, c'est la distance la plus pénalisante qui est retenue. Dans le cas où la hauteur d'expansion maximale du nuage est supérieure à cette hauteur, la présence de bâtiments dans le panache est vérifiée.

### 2.2.2 Dispersion de fumées toxiques suite à un incendie

La modélisation est basée sur la méthodologie décrite dans le rapport d'étude de l'INERIS n°57149 du 17/03/2005 : « *Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35) – Toxicité et dispersion des fumées d'incendie, phénoménologie et modélisation des effets (Ω16)* ». Les étapes suivies sont décrites ci-après.

#### 2.2.2.1 Calcul des flux de polluants émis

Un bilan matière est réalisé sur les principaux produits stockés, conduisant à la détermination de la quantité présente de chaque molécule puis, en fonction du devenir des molécules suite à un incendie, un bilan est dressé afin d'en déduire la composition des fumées et les caractéristiques thermocinétiques du système.

Il est considéré que la concentration de NO<sub>2</sub> est représentative de la formation de NO<sub>x</sub> et de HCN (source : *Risk analysis methodology for CPR-15 establishments*).

Les débits d'émission des polluants toxiques (NO<sub>2</sub> et SO<sub>2</sub>) sont calculés de la manière suivante :

- α calcul de la masse de NO<sub>2</sub> et SO<sub>2</sub> produits lors des réactions de combustion des produits contenant de l'azote et du soufre,
- α rapport des masses produites à la masse totale de produits stockés dans le magasin, multiplié au taux de combustion du stock total.

### 2.2.2.2 Calcul du flux total de fumées

Les fumées émises sont composées :

- $\alpha$  des gaz issus de la combustion, dont les débits ont été déterminés à l'étape précédente,
- $\alpha$  de l'air de combustion,
- $\alpha$  de l'air entraîné dans le foyer mais non utilisé lors de la combustion.

Le débit total est calculé à partir de la relation suivante (formule de Heskestad) :

$$D = 3,24 \times m'' \times A \times PCI$$

Avec :

D : débit total, en kg/s

$m''$  : taux de combustion du stockage, en kg/m<sup>2</sup>.s

A : superficie du stockage, en m<sup>2</sup>

PCI : PCI du stockage, en MJ/kg





24 avenue Georges Brassens - 31700 Blagnac  
+ 33 (0) 5 34 36 88 22

[info@alphare-fasis.fr](mailto:info@alphare-fasis.fr) – [www.alphare-fasis.fr](http://www.alphare-fasis.fr)