



Ressons-sur-Matz

Évaluation de la toxicité des fumées en cas d'incendie

Date : 14 mai 2020

Contenu

1	Contexte de réalisation	3
2	Méthode	3
3	Evaluation du risque	5
3.1	Caractérisation de l'incendie le plus important	5
3.2	Détermination du "terme source"	7
3.3	Evaluation des expositions	8
4	Conclusion	9

1 Contexte de réalisation

L'unité de production SILAR de Ressons-sur-Matz est spécialisée dans la transformation de polystyrène destiné à des applications de thermoformage.

Un dossier de demande d'autorisation d'exploiter en vue de la régularisation des activités de l'établissement, au titre du code de l'environnement, a été transmis au Préfet, comprenant notamment une étude d'impact et une étude de dangers.

Cette évaluation a été réalisée de façon à compléter l'étude de dangers, en apportant plus de précisions concernant la toxicité des fumées dans le cas de l'incendie du bâtiment.

2 Méthode

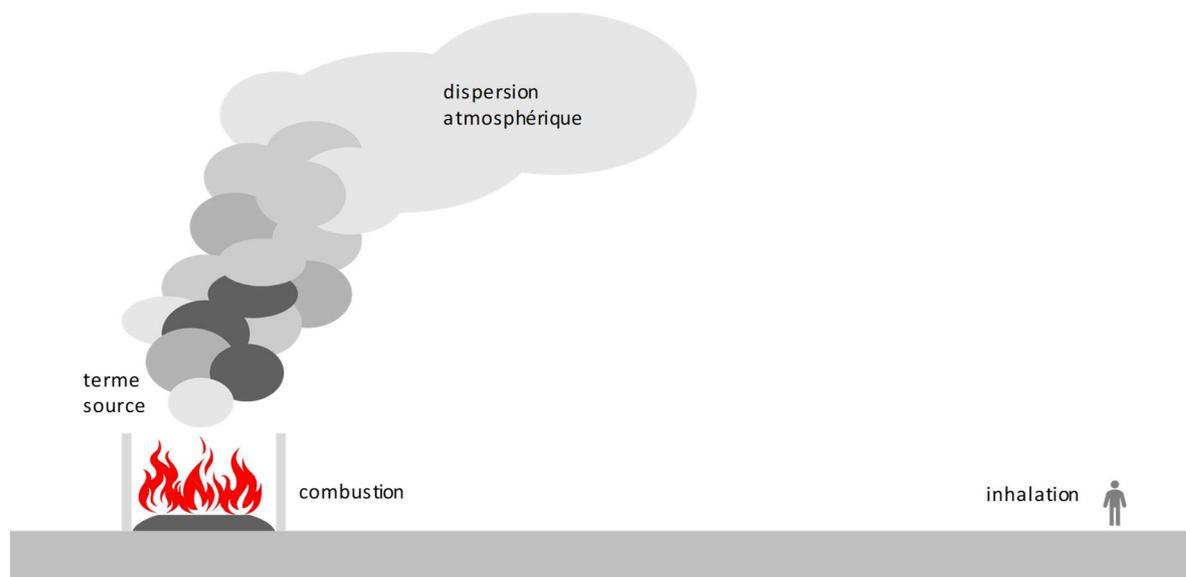
⇒ Textes et documents de références

- Guide INERIS : Toxicité et dispersion des fumées d'incendie | Phénoménologie et modélisation des effets | Ω-16 | 2005

⇒ Méthode utilisée

La finalité est de déterminer le niveau d'exposition aux substances toxiques présentes dans les fumées, pour les populations présentes dans le voisinage de l'incendie.

Pour cela il est nécessaire de caractériser la source des fumées (terme source), dépendant des caractéristiques de l'incendie et des matières brûlées, puis de simuler la dispersion des fumées dans l'atmosphère.



➤ *Étape 1 : Caractérisation de l'incendie le plus important*

L'étude est focalisée sur l'incendie potentiellement le plus grave en termes de toxicité des fumées. Les critères considérés sont le potentiel de matières combustibles (quantité stockée, surface de stockage, potentiel énergétique) et la nature chimique des matières stockées.

Dans le cas de produits stockés, l'application Flumilog® peut être utilisée pour modéliser la dynamique de l'incendie (puissance de l'incendie, oxygénation, durée, hauteur de flamme, rayonnement thermique).

➤ *Étape 2 : Détermination du "terme source"*

Le terme source désigne la composition en nature et en quantité de fumées émises par l'incendie étudié. Il constitue en pratique, les "données d'entrée" pour la dispersion atmosphérique.

Au cours d'un incendie, les fumées sont émises en partie supérieure du volume formé par les flammes. Les caractéristiques thermocinétiques de l'incendie sont la hauteur des flammes, l'énergie thermocinétique initiale, la vitesse, la température ainsi que la concentration en gaz toxique.

Ces valeurs dépendent notamment du combustible impliqué et des conditions de stockage de ces produits.

La composition physique et chimique du terme source dépend principalement :

- des caractéristiques thermocinétiques de l'incendie ;
- de la composition des fumées en polluants ;
- de l'influence de la ventilation au niveau du foyer.

➤ *Étape 3 : Evaluation des expositions*

L'évaluation des expositions est déduite de la modélisation de la dispersion des fumées dans l'atmosphère.

La dilution du panache de fumées dans l'atmosphère va dépendre de plusieurs paramètres :

- les conditions de rejet (nature du nuage de produit, mode d'émission, température...) ;
- les conditions météorologiques (champ de vent, de température...) ;
- l'environnement (nature du sol, présence d'obstacles, topographie...).

La toxicité par inhalation des produits formés est fonction de la nature des polluants émis et de leurs concentrations. Les seuils de toxicité (SEI et SEL) associés sont généralement connus pour une durée d'exposition et une concentration (CSEI, CSEL) , c'est-à-dire pour une dose toxique donnée.

La modélisation de la dispersion des fumées dans l'atmosphère est effectuée au moyen du logiciel PHAST v6.51 développé par la société DNV. Ce logiciel comprend différents modèles numériques intégrés permettant de prendre en compte les phénomènes de rejets (dispersion au rejet, formation et évaporation des gouttelettes et des flaques de liquide) et de dispersion (dispersion du jet, modèle intégral de dispersion de gaz lourd et modèle gaussien de dispersion passive). PHAST a été notamment validé dans le cadre du projet européen SMEDIS (Scientific Model Evaluation of Dense gas dispersion models).

3 Evaluation du risque

3.1 Caractérisation de l'incendie le plus important

➤ *Choix du phénomène dangereux étudié*

Le potentiel de combustible de l'usine le plus important se situe au niveau du stockage de produits finis, à l'intérieur du bâtiment principal.

Les matières stockées sont des polymères, constitués pour l'essentiel de polystyrène.

L'incendie généralisé du hall de stockage constitue le phénomène dangereux le plus grave, selon l'étude de dangers de l'établissement.

➤ *Paramètres de l'incendie*

Les caractéristiques du hall de stockage sont les suivantes :

Dimensions du bâtiment	Longueur	53 m pour le hall de stockage
	Largeur	15 m pour le hall de stockage
	Hauteur	7 m
Caractéristiques de construction	Ossature métallique Toiture panneaux sandwich laine de roche, désenfumage 2 % de la surface, 7 % sur la partie sud-ouest Parois extérieures panneaux sandwich laine de roche Cloisonnement intérieur en bardage simple	
Organisation du stockage	Palettes de bobines de polystyrène posées au sol ou sur palettier.	
Quantité stockée	500 palettes environ 500 t environ	

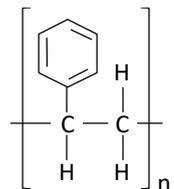
Dans le cadre de l'étude de dangers, une modélisation du rayonnement thermique généré a été réalisée au moyen de l'application Flumilog®.

Les calculs indiquent une puissance de l'ordre de 245 MW, avec une hauteur de flamme d'une dizaine de mètres, en l'absence de toute intervention de la part des pompiers.

➤ *Produits de combustion*

La formule chimique du polystyrène montre que la molécule est constituée de carbone et d'hydrogène.

Les produits de combustion majoritaires sont donc théoriquement les oxydes de carbone (CO₂, CO) et la vapeur d'eau (H₂O). Parmi ces gaz, le monoxyde de carbone (CO) est un gaz toxique.



Pour identifier les gaz entrant dans la composition réelle des fumées, et obtenir une indication de leur proportion dans le mélange, un essai de combustion a été réalisé, à partir de polystyrène produit sur le site (feuille de polystyrène standard, broyée).

Un échantillon de gaz de combustion a été prélevé par sac Tedlar.

Les analyses ont été confiées au laboratoire EXPLORAIR, à Chasse-sur-Rhône, spécialisé en analyse de gaz et COV (composés organiques volatils).

Pour caractériser la nature et la concentration des substances, 2 types de mesure ont été réalisées en laboratoire :

- Mesure directe du gaz contenu dans le sac Tedlar par μ GC-MS (chromatographie en phase gazeuse couplé à la spectrométrie de masse) pour le screening des COV légers et les gaz permanents.
- Mesure directe du gaz contenu dans le sac Tedlar pour analyse par thermodésorption-GC-MS pour les COV lourds
L'appareil utilisé pour ces mesures est un thermo-désorbeur couplé à une chromatographie en phase gazeuse et à un spectromètre de masse.

Les résultats des analyses sont les suivants :

Gaz permanents				
	azote	N ₂	79,0 %	
	oxygène	O ₂	20,6 %	
	dioxyde de carbone	CO ₂	0,42 %	
	monoxyde de carbone	CO	168 ppmv	
	hydrogène	H ₂	< 20 ppmv	
	méthane	CH ₄	< 20 ppmv	
COV (composés organiques volatils)				
alcane / alcène / cycloalcane	1,19 mg/m ³	dont :	cyclohexane	< 0,01 mg/m ³
			hexane	< 0,01 mg/m ³
			heptane	< 0,01 mg/m ³
			1,3-cyclopentadiène	0,63 mg/m ³
			1-buten-3-yne	0,40 mg/m ³
			1,3-butadiyne	0,09 mg/m ³
			1,3-butadiène	0,06 mg/m ³
aldéhyde	0,33 mg/m ³	dont :	benzaldéhyde	0,33 mg/m ³
aromatique	50,63 mg/m ³	dont :	styrène	18,33 mg/m ³
			ethylbenzène	0,98 mg/m ³
			benzène, propyl-	< 0,01 mg/m ³
			toluène	7,74 mg/m ³
			isomères cymène	< 0,01 mg/m ³
			m,p-xylènes	0,02 mg/m ³
			benzène	17,55 mg/m ³
			benzene, ethynyl-	2,90 mg/m ³
			indene	1,65 mg/m ³
			benzene, (1-methylethenyl)-	1,17 mg/m ³
			benzene, 2-propenyl	0,20 mg/m ³
			Σ C4 alkylbenzenes (C ₁₀ H ₁₄)	0,10 mg/m ³
éther	0,27 mg/m ³	dont :	benzofuran	0,27 mg/m ³
poly-aromatique	0,64 mg/m ³	dont :	naphtalene	0,64 mg/m ³
terpène	< 0,01 mg/m ³	dont :	limonene	< 0,01 mg/m ³

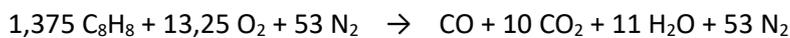
Ces résultats mettent en évidence la faible proportion de COV, et parmi les composés aromatiques (HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques), la prédominance du styrène, du benzène et du toluène.

Ces substances présentent un risque de toxicité aigüe par inhalation.

3.2 Détermination du "terme source"

➤ Equation de combustion

Les flux sont déterminés selon le principe de la conservation de la masse, à partir de l'équation de la combustion du styrène dans l'air :



Le rapport molaire CO/CO₂ est considéré de façon majorante à la valeur de 0,1.

[INERIS | Toxicité et dispersion des fumées d'incendie | Phénoménologie et modélisation des effets | Ω-16 | 2005]

Le débit de fumée est établi à 11 Nm³ par kg de polystyrène brûlé.

➤ Paramètres thermocinétiques

Les valeurs suivantes correspondent au polystyrène :

- PCI : 40 MJ/kg
- Vitesse de combustion : 0,15 kg/m²/s

D'après le calcul Flumilog[®] réalisé, la puissance thermique de l'incendie est de l'ordre de 245 MW. Le débit de combustion est donc de 6,125 kg/s de polystyrène, sur une surface de combustible en feu de 408,3 m².

La hauteur de flamme donnée par le calcul Flumilog[®] est de 9,70 m, arrondie à 10 m.

A cette hauteur, l'écart moyen de température entre les fumées et l'air ambiant est de 250 K.

[INERIS | Toxicité et dispersion des fumées d'incendie | Phénoménologie et modélisation des effets | Ω-16 | 2005]

➤ Débit de fumée

Le débit de fumée correspondant est de 66,7 Nm³/s (88 kg/s), avec la répartition suivante :

dioxyde de carbone	CO ₂	18 846,2 g/s
monoxyde de carbone	CO	1 199,3 g/s
styrène	C ₆ H ₅ -CH=CH ₂	1,3 g/s
benzène	C ₆ H ₆	1,3 g/s
toluène	C ₆ H ₅ -CH ₃	0,6 g/s

3.3 Evaluation des expositions

La modélisation du phénomène de la dispersion du panache de fumée dans l'air est réalisée avec le logiciel Phast, en considérant les seuils de toxicité spécifiques suivants :

Substance	Seuil	Valeur	Source
monoxyde de carbone	SEI effets irréversibles 1 h	800 ppm	INERIS
dioxyde de carbone	effets irréversibles 1 h	20 000 ppm	US CDC
styrène	ERPG2 (effets irréversibles 1 h)	250 ppm	US AIHA
benzène	ERPG2 (effets irréversibles 1 h)	150 ppm	US AIHA
toluène	ERPG2 (effets irréversibles 1 h)	300 ppm	US AIHA

Un seuil SEI de toxicité aiguë équivalent de 39 620 ppm est calculé pour le panache de fumée, en fonction des proportions des gaz dans les fumées, à partir des seuils de toxicité spécifiques, selon la relation proposée par l'INERIS :

$$\sum \frac{(\text{concentration du polluant } P_i)}{(\text{seuil du polluant } P_i)} = \frac{1}{\text{seuil équivalent}}$$

[INERIS | Toxicité et dispersion des fumées d'incendie | Phénoménologie et modélisation des effets | Ω-16 | 2005]

Les calculs ont été réalisés pour 9 cas météorologiques critiques :

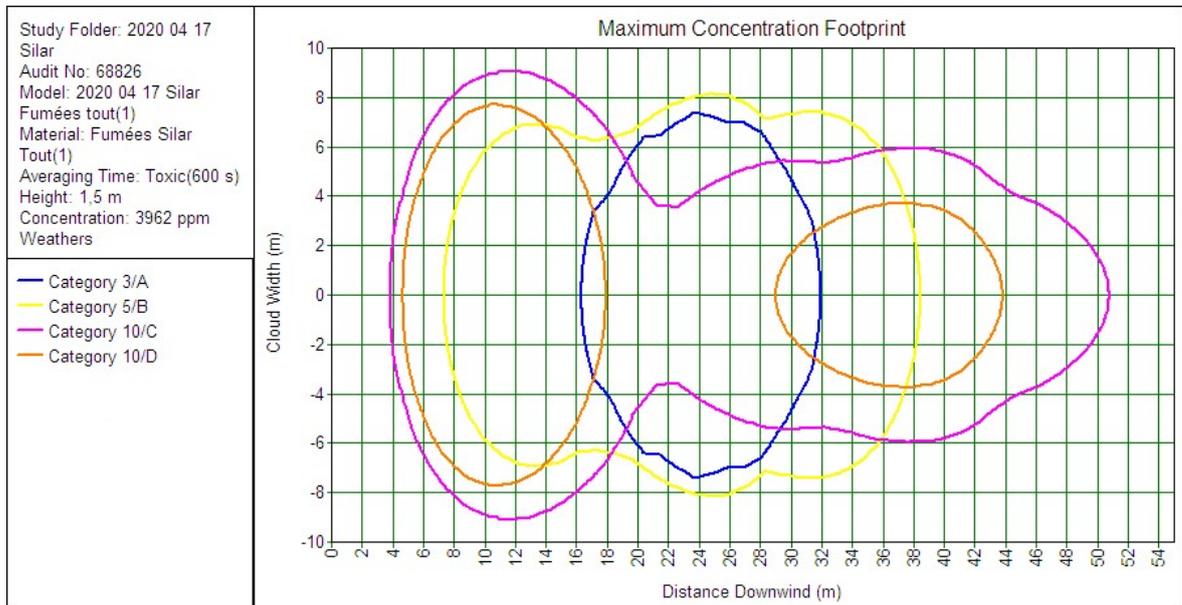
	Vitesse du vent	Classe de stabilité atmosphérique (Pasquill)	
3 A	3 m/s	A	très instable
3 B	3 m/s	B	instable
3 E	3 m/s	E	stable
3 F	3 m/s	F	très stable
5 B	5 m/s	B	instable
5 C	5 m/s	C	peu instable
5 D	5 m/s	D	neutre
10 C	10 m/s	C	peu instable
10 D	10 m/s	D	neutre

Les résultats montrent que le seuil des effets irréversibles n'est pas atteint au niveau du sol.

Cas météorologique	Distance maximale atteinte pour le seuil SEI	
	Distance max	Hauteur par rapport au sol
3 A	11 m	entre 10 et 22 m
3 B	13 m	entre 10 et 25 m
3 E	17 m	entre 10 et 27 m
3 F	20 m	entre 10 et 28 m
5 B	15 m	entre 10 et 20 m
5 C	20 m	entre 10 et 22 m
5 D	19 m	entre 10 et 23 m
10 C	20 m	entre 10 et 17 m
10 D	20 m	entre 10 et 17 m

A titre illustratif, la représentation suivante montre les concentrations atteintes, dans l'axe du vent, à la hauteur de 1,5 m du sol, en se référant à un seuil 10 fois moindre que le seuil des effets irréversibles.

Pour cette altitude, ce seuil de 10% du SEI n'est atteint que pour les cas météorologiques 3A, 5B, 10C, 10D.



4 Conclusion

L'étude de la dispersion des fumées permet de conclure qu'il n'existe pas de risque d'intoxication aiguë par inhalation pour les populations riveraines.

En effet, le seuil de toxicité aiguë correspondant aux effets irréversibles n'est pas atteint au niveau du sol, mais seulement à une hauteur d'une dizaine de mètres par rapport au sol.

Le risque d'intoxication est principalement lié à la présence de monoxyde de carbone dans les fumées.

En comparaison, les composés aromatiques (styrène, benzène, toluène), du fait de leur très faible concentration dans la fumée, ont peu d'influence sur le résultat.