

F.13 - APPROCHE DE LA DISPERSION DES FUMÉES LORS D'UN INCENDIE

F.13.1 - METHODOLOGIE

F.13.1.1 - PREAMBULE

Si les outils méthodologiques pour la modélisation de la dispersion atmosphériques de polluants sont maintenant connus et font l'objet d'une littérature importante, l'application à la dispersion des fumées lors d'un incendie est rendue plus complexe compte tenu de la difficulté d'évaluer lors de l'incendie, d'une part la nature et la quantité de produits émis et d'autre part les effets associés à la température.

Aussi il est important d'attirer l'attention du lecteur sur le fait que :

- ce document ne peut être qu'une approche des phénomènes avec des méthodes et des données actuellement publiées et sur lesquelles il reste des inconnues importantes ;
- l'évolution des connaissances dans ce domaine pourra amener des approches et des résultats différents.

La méthodologie décrite dans ce qui suit s'inspire des outils méthodologiques développés par l'INERIS dans le programme d'études et de recherches intitulé « Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs » financé par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable et en particulier du document « Ω -16 – Toxicité et dispersion des fumées d'incendie – Phénoménologie et modélisation des effets » (2005).

F.13.1.2 - CRITERES POUR L'ESTIMATION DES ZONES DE DANGER « EFFETS TOXIQUES »

Le tableau suivant donne les valeurs de référence relatives aux seuils d'effets toxiques des phénomènes dangereux pouvant survenir dans des installations classées. Ces valeurs sont issues 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 et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

VALEURS DE REFERENCE RELATIVES AUX SEUILS D'EFFETS TOXIQUES

	SEUILS D'EFFETS TOXIQUES POUR L'HOMME PAR INHALATION		
	Types d'effets constatés	Concentration d'exposition	Référence
Exposition de 1 à 60 minutes	Létaux	SELS (CL 5 %) SEL (CL 1 %)	Seuils de toxicité aiguë Emissions accidentelles de substances chimiques dangereuses dans l'atmosphère. Ministère de l'écologie et du développement durable. Institut national de l'environnement industriel et des risques 2003 (et ses mises à jour ultérieures)
	Irréversibles	SEI	
	Réversibles	SER	
SELS	Seuil des effets létaux significatifs (correspondant à CL 5 %)		
SEL	Seuil des effets létaux (correspondant à CL 1 %)		
SEI	Seuil des effets irréversibles		
SER	Seuils des effets réversibles		
CL	Concentration létale		

Le tableau suivant donne les seuils d'effets de références correspondant aux différentes « zones de dangers pour la vie humaine ».

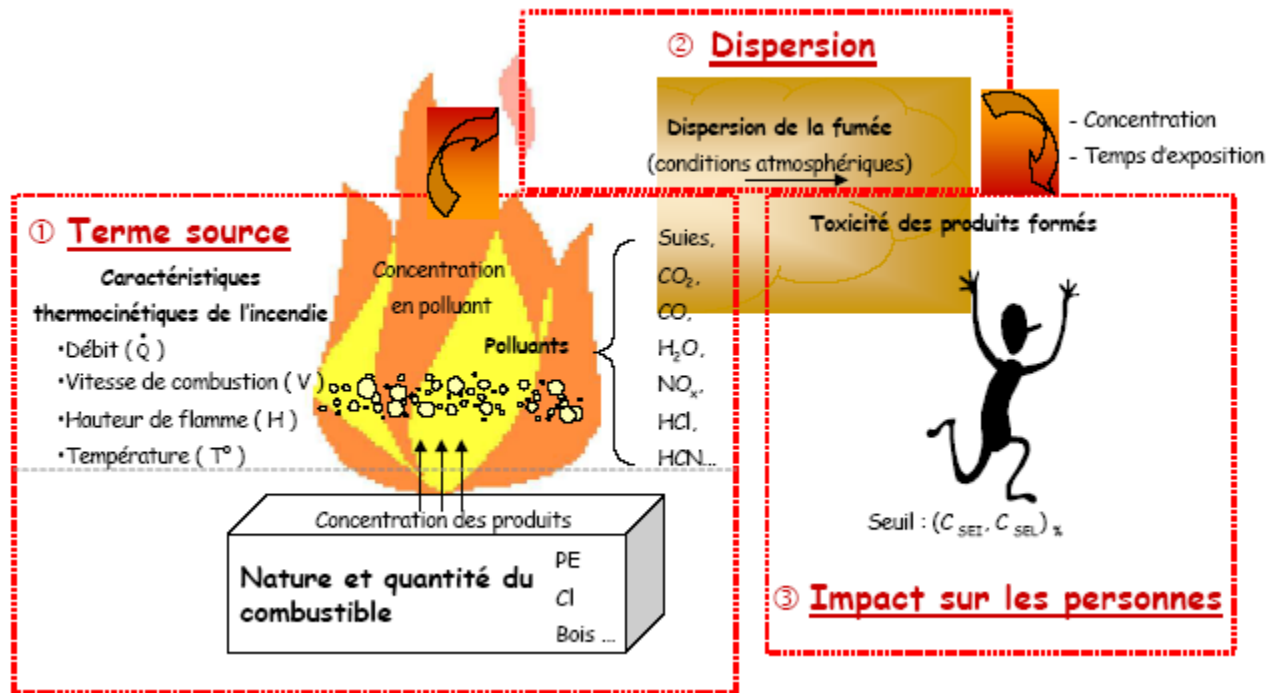
DELIMITATION DES ZONES DE DANGERS POUR LA VIE HUMAINE

SEUIL	DELIMITATION DE LA ZONE
SEI	Zone des dangers significatifs pour la vie humaine
SEL	Zone des dangers graves pour la vie humaine
SELS	Zone des dangers très graves pour la vie humaine

F.13.1.3 - PRESENTATION DE LA DEMARCHE

Pour évaluer les distances sous le vent d'un incendie en deçà desquelles des effets sur la santé humaine, liés à la toxicité des fumées, pourraient apparaître, il convient, comme le montre la représentation schématique de l'émission de polluants engendrés par un incendie de stockage de combustibles suivante :

- De caractériser la source avec l'évaluation des polluants émis et l'évaluation des caractéristiques thermocinétiques de l'incendie ;
- D'évaluer la dispersion atmosphérique et notamment les concentrations maximales en gaz toxiques au niveau du sol ;
- D'estimer l'impact sur les personnes par la comparaison des niveaux maximum calculés avec les seuils de toxicité.



Source INERIS - Ω -16

Dans les tableaux suivants, sont développés les trois principales étapes de cette démarche :

- Etape 1 : caractérisation du terme source qui constitue les données « d'entrée » pour la dispersion atmosphérique ;
- Etape 2 : dispersion atmosphérique ;
- Etape 3 : impact sur les personnes.

ETAPE 1 – TERME SOURCE

COMPOSITION EN NATURE ET QUANTITE DES FUMEEES EMISES PAR UN INCENDIE	
COMPOSITION DES FUMEEES : GENERALITES	<p>Au cours d'un incendie, les fumées sont émises en partie supérieure du volume formée par la flamme.</p> <p>Les matériaux usuels impliqués dans les feux sont constitués principalement de carbone (C), d'oxygène (O) et d'hydrogène (H) de telle sorte que leurs produits de combustion les plus courants sont le CO (monoxyde de carbone), CO₂ (dioxyde de carbone) et H₂O (eau).</p> <p>Les autres éléments également couramment présents, l'azote (N) à l'origine d'oxyde d'azote et de vapeurs nitreuses NO_x (NO, NO₂) ainsi que le chlore (Cl), le fluor (F) et le brome (Br) se recombinaient en gaz toxiques dont les plus courants sont HCN (acide cyanhydrique), HCl (acide chlorhydrique), HF (acide fluorhydrique) et HBr (acide bromique).</p> <p>A titre d'exemple, le tableau suivant donne, pour les plastiques couramment rencontrés, leurs éléments constitutifs et les principaux gaz de combustion susceptibles de se dégager en quantité mesurable.</p>

Polymères usuels	Principaux éléments constitutifs					Principaux gaz de combustion susceptibles de se dégager en quantité mesurable					
	C	Cl	H	O	N	CO	CO ₂	H ₂ O	HCl	NO ₂	HCN
Polyacrylonitrile-butadiène-styrène (ABS)	X		X	X		X	X	X		X	X
Polyamides (PA)	X		X	X	X	X	X	X		X	X
Polychlorure de vinyle (PVC)	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Polyesters insaturés	X		X			X	X	X			
Polyméthacrylate de méthyle (PMMA)	X		X	X		X	X	X			
Polyéthylène (PE)	X		X	X		X	X	X			
Polypropylène (PP)	X		X			X	X	X			
Polystyrène (PS)	X		X			X	X	X			

DETERMINATION DE LA COMPOSITION DES FUMEEES	<p>La méthode retenue consiste à faire le bilan matière par éléments chimiques à partir de la composition chimique de matériaux combustibles susceptibles d'être mise en jeu lors d'un incendie et à appliquer le principe de la conservation de la masse. Les principales hypothèses retenues sur le devenir des éléments et des sources potentielles de nuisances sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Le rapport molaire CO/CO₂ est pris égal à 0,1 ; ▪ 100 % du Cl se retrouve sous forme de HCl ; ▪ 100 % du S se retrouve sous forme de SO₂ ; ▪ Concernant les recombinaisons de l'azote : <ul style="list-style-type: none"> - x % en (NO_x+HCN) avec x variant de 30 à 50 % avec une répartition arbitraire pour moitié en NO_x et pour moitié en HCN ; - 50 % à 60 % en N₂ ; - NH₃ minoritaire.
--	---

ETAPE 1 – TERME SOURCE (SUITE)

CARACTERISTIQUES THERMOCINETIQUES DE L'INCENDIE	
DEBIT DE FUMEEES	<p>Il fixe la quantité de produits (polluants) émise à l'atmosphère. Il est fonction de la vitesse de combustion du combustible. Plus le débit de fumées est élevé, plus il sera difficile de diluer les fumées. D'après HESKESTAD (1984), le débit total D de fumée traversant la section à la hauteur h peut être relié à la puissance thermique totale Qt dégagée par l'incendie au moyen de la formule suivante :</p> $D=3,24.Qt$ <p>Où Qt : puissance thermique totale en MW D : débit total de fumée en kg/s</p> <p>La puissance thermique de combustion Qt est déterminée à l'aide de la formule suivante :</p> $Qt=10^{-6}.m''.A.PCI$ <p>Où Qt : puissance thermique totale en MW m'' : vitesse spécifique de combustion (en g/m²/s) obtenue par la moyenne pondérée des vitesses de combustion des différentes familles de produits mis en jeu. A : surface de combustible en feu (en m²) PCI : chaleur de combustion du combustible (en J/g) obtenue par la moyenne pondérée des chaleurs de combustion des différentes familles de produits mis en jeu.</p>
HAUTEUR D'EMISSION	<p>Il s'agit de l'altitude à laquelle a lieu la fin des réaction chimiques de combustion. Plus la hauteur d'émission est importante, plus l'impact devrait être faible (dilution en altitude) La hauteur d'émission des fumées h est obtenue par la formule d'Heskestad suivante :</p> $h=0,166.(10^3.Qc)^{0,4}$ <p>Où Qc : puissance thermique convectée en MW h : hauteur d'émission des fumées en m</p> <p>La puissance thermique convectée Qc est donnée par la formule d'HESKESTAD suivante :</p> $Qc=\alpha.Qt$ <p>Où Qc : puissance thermique convectée (en MW) Qt : puissance thermique totale (en MW) α : fraction (en %) de la puissance thermique totale transférée par convection ; à priori $\alpha \geq 60\%$</p>
TEMPERATURE	<p>Elle est fonction de la nature des combustibles et des conditions de ventilation du foyer. Plus les fumées ont une température élevée, plus elles sont susceptibles de s'élever du fait de la poussée induite par la différence de densité avec l'air. D'après HESKESTAD, à la hauteur d'émission h, l'écart moyen de température entre les fumées et l'air ambiant est de 250°K.</p>
VITESSE	<p>Elle est fonction de la température des gaz de combustion. Plus la vitesse est importante, plus la dilution des gaz se fera en altitude, minimisant l'impact sur l'environnement.</p>

ETAPE 2 – DISPERSION ATMOSPHERIQUE

<p>GENERALITES</p>	<p>La dispersion atmosphérique caractérise le devenir dans le temps et dans l'espace de l'ensemble des particules rejetées dans l'atmosphère.</p> <p>La dilution du panache de fumées dans l'atmosphère dépend :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Des conditions de rejet : nature du nuage de produit, mode d'émission, température ; ▪ Des conditions météorologiques : champs de vent, température... ▪ De l'environnement : nature du sol, obstacles, topographie...
<p>LES DIFFERENTS MODELES DE DISPERSION</p>	<p>Les modèles numériques de dispersion peuvent se ranger par ordre de complexité croissante en trois principales familles :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les modèles gaussiens ; ▪ Les modèles intégraux ; ▪ Les modèles CFD (Computational Fluid Dynamics). <p>Le modèle retenu dans le cadre de cet étude est le modèle gaussien qui s'attache à modéliser la dispersion à partir d'équation paramétrés et simplifiés.</p>
<p>MODELES GAUSSIENS</p>	<p>Pour ces modèles, comme le montre la figure suivante, la distribution des concentrations autour de la trajectoire de l'axe du panache est supposée gaussienne.</p> <p>Ce type de modèle induit des limitations : terrain plat et rugosité uniforme, présence éventuelle d'une couche d'inversion, prise en compte d'obstacles à travers le paramètre de rugosité, régime d'écoulement stationnaire et uniforme.</p> <p>Il est important de rappeler que le domaine de validité des modèles gaussiens se situe entre 100 m et 10 km pour la plupart.</p> <div data-bbox="550 1131 1508 1579"> </div> <p style="text-align: right;">Source INERIS - Ω -16</p> <p>La concentration est fonction de la distance sous le vent, comptée depuis le point d'émission. Quand cette distance augmente, les concentrations au centre du panache diminuent globalement. De plus, la concentration est proportionnelle au débit massique, mais inversement proportionnelle à la vitesse du vent.</p> <p>Pour pouvoir utiliser ce type de modèle, il faut également déterminer la hauteur du panache. Nous avons utilisé la corrélation de Briggs (1969) qui permet de calculer, suivant les conditions de stabilité, les hauteurs du panache en fonction de la hauteur d'émission, de la poussée initiale, de la vitesse du vent et de la distance à la source.</p>

ETAPE 2 – DISPERSION ATMOSPHERIQUE (SUITE)

MODELE UTILISE ET PARAMETRES RETENUS	<p>Les calculs de dispersion présentés dans cette étude ont été réalisés à l'aide du logiciel ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) diffusé par U.S. Environmental Protection Agency et spécialement développé pour répondre aux accidents chimiques.</p> <p>Suivant la nature du toxique dispersé, le logiciel utilise deux modèles de dispersion, le modèle gaussien et le modèle gaz lourd (modèle DEGADIS). Dans notre cas, on ne retiendra que le modèle gaussien.</p> <p>Il permet d'effectuer des études de dispersion accidentelle de polluants pour différentes configurations météorologiques et pour différentes durées d'émission n'excédant pas une heure. Il permet également de suivre, en fonction du temps et de la distance, l'évolution de la concentration dans l'atmosphère.</p> <p>Ce logiciel n'est pas adapté à des vitesses de vent très faibles et à des conditions atmosphériques très stables. Il ne prend pas en compte les effets des réactions chimiques, les effets de particules et les effets liés à la topographie.</p> <p>Les calculs ont été réalisés pour les conditions météorologiques suivantes :</p>		
	Humidité	70 %	
	Condition de diffusion	Diffusion	Vitesse du vent Température extérieure
	DF3	Diffusion Faible (Atmosphère stable (classe F de Pasquill), temps couvert)	3 m/s 15°C
	DN5	Diffusion Normale (Atmosphère neutre (classe D de Pasquill, rayonnement solaire)	5 m/s 20°C
	<p>Enfin, nous avons retenu un temps d'émission de 30 minutes en considérant qu'au delà de cette durée :</p> <ul style="list-style-type: none">▪ D'une part, il y aura eu intervention des secours et donc modification des paramètres retenus ;▪ D'autre part, la vitesse et la direction du vent auront changé.		

ETAPE 3 – IMPACT SUR LES PERSONNES

VOIES D'EXPOSITION DE LA POPULATION VOISINE	<p>Dans le cas des fumées d'un incendie, c'est la toxicité par inhalation qui nous intéresse.</p> <p>La toxicité par inhalation des produits formés est fonction de la nature des polluants émis et de leurs concentrations. Les seuils de toxicités associés sont généralement connus pour une durée d'exposition et une concentration, c'est-à-dire une dose toxique donnée.</p>	
ATTEINTE DES PRODUITS TOXIQUES SUR L'HOMME	Le tableau suivant donne les conséquences possibles sur la santé de l'homme des quelques substances toxiques (d'après Fortin, 2000 et Mairesse, 1999)	
	Agent	Type d'atteinte ou effet
	Monoxyde de carbone CO	Hypoxie générale du SNC (Système Nerveux Central) et du cœur
	Dioxyde de carbone CO ₂	Narcose
	Acide cyanhydrique HCN	Asphyxie
	Oxydes d'azote	Vapeurs nitreuses (NO+NO ₂)
		Isocyanates
		Ammoniac
	Toxiques halogénés	Acide chlorhydrique HCl Acide fluorhydrique HF
		Phosgène COCl ₂
		Dioxines (PCDD et PCF)
	Oxyde de soufre H ₂ S	
	Composés organiques volatils	Acide formaldéhyde
		Acroléine
		Cyclohexane, cyclobutane
		Benzène
		Xylène
		Phénol
		Anhydride phtalique

TOXICITE D'UN MELANGE DE FUMÉES EMIS A L'ATMOSPHERE	<p>Dans le cas de fumées d'incendie, plusieurs gaz toxiques sont susceptibles d'être émise simultanément à l'atmosphère.</p> <p>Conformément à la démarche décrite dans le guide technique relatif aux valeurs de référence de seuils d'effets des phénomènes accidentels des installations classées (version octobre 2004), le seuil à retenir pour caractériser la toxicité des fumées n'est pas propre à un gaz pur mais à un mélange de gaz. Pour un mélange composé de n gaz polluants avec une fraction massique x_i et un seuil de toxicité aigue Seuil_i (en mg/m^3), le seuil équivalent Seuil_{eq} peut être estimé par la relation :</p> $\text{Seuil}_{\text{eq}} = 1 / \left(\sum_{i=1}^n x_i / \text{Seuil}_i \right)$ <p>Lors de la dispersion, on recherche donc la distance maximale par rapport à la source (l'incendie) où le seuil est atteint au niveau du sol.</p> <p>On trouvera ci-après les valeurs SELS, SEL et SEI pour quelques gaz susceptibles d'être présents dans les fumées d'un incendie. On notera cependant qu'une telle approche, retenue faute de mieux, ne permet de prendre en compte tout effet de synergies ou d'antagonismes éventuels, induit par la présence simultanée des différents gaz.</p>
--	---

Substance	Formule	Masse molaire g/mol	Pour une exposition de <u>30 minutes</u>					
			Seuil des effets létaux significatifs SELS		Seuil des effets létaux SEL		Seuil des effets irréversibles SEI	
			mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm
Monoxyde de carbone	CO	28,01	ND	ND	4810	4220	1718	1507
Dioxyde de carbone	CO2	44,01	ND	ND	ND	ND	89980	50000
Monoxyde d'azote	NO	30,01	ND	ND	923	750	123	100
Dioxyde d'azote	NO2	46	165	88	150	80	94	50
Acide chlorhydrique	HCl	36,46	1106	742	700	470	119	80
Chlore	Cl2	70,91	531	183	464	160	72,5	25
Phosgène	COCl2	98,92	13	3	8	2	4	1
Chlorure de vinyle	C2H3Cl	62,5	452400	174000	385761	149000	ND	ND
Acide cyanhydrique	HCN	27,03	103	94	66	60	ND	ND
Ammoniac	NH3	17,03	3593	5133	3337	4767	350	500
Méthylamine	CH5N	31,06	7696	6060	6667	5250	1702	1340
Acide fluorhydrique	HF	20,01	465	567	309	377	164	200
Hydrogène sulfuré	H2S	34,08	736	526	661	472	140	100

ND : Non Déterminé

Source : INERIS

ETAPE 3 – IMPACT SUR LES PERSONNES (SUITE)

Substance	Formule	Masse molaire g/mol	Pour une exposition de 60 minutes					
			Seuil des effets létaux significatifs SELS		Seuil des effets létaux SEL		Seuil des effets irréversibles SEI	
			mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm
Monoxyde de carbone	CO	28,01	ND	ND	3680	3200	920	800
Monoxyde d'azote	NO	30,01	ND	ND	738	600	98	80
Dioxyde d'azote	NO2	46	137	73	132	70	75	40
Acide chlorhydrique	HCl	36,46	565	379	358	240	60	40
Chlore	Cl2	70,91	368	127	319	110	55	19
Phosgène	COCl2	98,92	4	1	4	1	2	0.5
Chlorure de vinyle	C2H3Cl	62,5	338 000	130 000	289 968	112 000	ND	ND
Acide cyanhydrique	HCN	27,03	69	63	45	41	ND	ND
Ammoniac	NH3	17,03	2543	3633	2380	3400	248	254
Méthylamine	CH5N	31,06	5312	4183	4597	3620	1177	927
Acide fluorhydrique	HF	20,01	232	283	155	289	82	100
Hydrogène sulfuré	H2S	34,08	580	414	521	372	112	80

ND : Non Déterminé

Source : INERIS

F.13.2 - APPLICATION AU SITE ETUDIE

Lors de l'incendie, les produits de décomposition dispersés à l'atmosphère sont difficiles à cerner étant donné :

- D'une part la diversité des produits potentiellement présents dans les deux bâtiments ; en effet, de par sa vocation, un entrepôt logistique est susceptible de stocker des produits extrêmement divers au cours de son exploitation ce qui rend difficiles l'approche des produits de combustion susceptible de se dégager lors d'un incendie ;
- D'autre part la complexité des réactions de décomposition susceptibles d'intervenir lors d'un incendie liée non seulement aux produits combustibles stockés sur le site mais également des conditions de combustion (en termes d'apport d'oxygène notamment).

L'incendie de chaque cellule durant plus de 120 min nous avons retenu l'incendie des 3 cellules simultanément. Cette dispersion a été réalisée avec une surface en feu de 18 000 m².

Il a également été réalisé la modélisation pour une cellule.

F.13.2.1 - CARACTERISATION DU TERME SOURCE

En l'absence de données suffisamment précises quant aux compositions élémentaires exactes des produits susceptibles d'être stockés et pour disposer d'un scénario à caractère majorant du point de vue de la toxicité des fumées, on a considéré qu'en dehors du bois papier carton servant au conditionnement des marchandises, la totalité des produits susceptibles d'être stockés étaient sous forme de polymères avec une répartition prise à :

- 20 % du stockage est constitué de bois papier carton servant au conditionnement des marchandises ;
- 35 % du stockage est constitué de produits non alvéolaires en polymères halogénés sous forme de PVC ;
- 35 % du stockage est constitué de produits alvéolaires en polymères azotés sous forme de polyuréthane.
- 10% du stockage est constitué de polymères sous forme de polyéthylène téréphtalate.

Sur cette base, l'approche du « terme source » suivant la méthodologie présentée précédemment est développée dans les tableaux suivants.

HYPOTHESE SUR LES QUANTITES MISES EN JEU POUR LE SCENARIO 1 CELLULE

Produits stockés	Formule chimique	Quantité (t)	Pourcentage (%)	Vitesse de combustion (kg/m²/s)	Chaleur de combustion (PCI) (MJ/kg)
PVC	(C ₂ H ₃ Cl) _n	3850	35,0%	0.016	17
Bois, papier, carton	(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	2200	20,0%	0.014	17
Polyuréthane	(C ₁₂ H ₁₀ O ₆ N ₃) _n	3850	35,0%	0.030	24
Polyéthylène téréphtalate	(C ₁₀ H ₈ O ₄) _n	1100	10,0%	0.014	46
TOTAL		11 000	100.0%		
Moyenne pondérée				0.02	22.35

CARACTERISATION DES FUMEEES POUR CE SCENARIO

Abréviation	Désignation	Unité	Valeur
m"	Vitesse spécifique de combustion	g/m²/s	20
A	Surface de combustion	m²	2000
PCI	Chaleur de combustion du combustible	J/g	22350
Q= 10 ⁻⁶ .m".A.PCI	Puissance thermique totale	MW	907
D=3,24.Q	Débit de fumées	kg/s	2940

Substance	Hypothèse de calcul	Fraction massique (en %) (100.débit polluant/débit fumées)
Monoxyde de carbone (CO)	La totalité du carbone présent, hormis le carbone servant à la formation de HCN, conduit à la formation de monoxyde et de dioxyde de carbone dans un rapport molaire CO/CO ₂ =0,1 (hypothèse correspondant au cas d'un incendie relativement bien ventilé)	0,13%
Dioxyde de carbone (CO₂)		2.07 %
Dioxyde d'azote (NO₂)	Si une part significative (environ 60 %) de l'azote est supposé se recombinaison en azote moléculaire (N ₂), la moitié du reste, environ 20 %, est converti en dioxyde d'azote	0,05 %
Acide cyanhydrique (HCN)	Si une part significative (environ 60 %) de l'azote est supposé se recombinaison en azote moléculaire (N ₂), la moitié du reste, environ 20 %, est converti en HCN	0,03 %
Acide chlorhydrique (HCl)	On a considéré que la totalité du chlore se transformait en HCl	0,28 %

Abréviation	Désignation	Unité	Valeur
Qc=0,6.Q	Puissance thermique convectée (relation de Heskestad)	MW	544
h=0,166.(1000.Qc)^{0,4}	Hauteur d'émission des fumées	m	33

HYPOTHESE SUR LES QUANTITES MISES EN JEU POUR LE SCENARIO 3 CELLULES

Produits stockés	Formule chimique	Quantité (t)	Pourcentage (%)	Vitesse de combustion (kg/m²/s)	Chaleur de combustion (PCI) (MJ/kg)
PVC	(C ₂ H ₃ Cl) _n	11 550	35,0%	0.016	17
Bois, papier, carton	(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	6 600	20,0%	0.014	17
Polyuréthane	(C ₁₂ H ₁₀ O ₆ N ₃) _n	11 550	35,0%	0.030	24
Polyéthylène téréphtalate	(C ₁₀ H ₈ O ₄) _n	3 300	10,0%	0.014	46
TOTAL		33 000	100.0%		
Moyenne pondérée				0.02	22.35

CARACTERISATION DES FUMEEES POUR CE SCENARIO

Abréviation	Désignation	Unité	Valeur
m"	Vitesse spécifique de combustion	g/m²/s	20
A	Surface de combustion	m²	6000
PCI	Chaleur de combustion du combustible	J/g	22350
Q= 10 ⁻⁶ .m".A.PCI	Puissance thermique totale	MW	2722
D=3,24.Q	Débit de fumées	kg/s	8 820

Substance	Hypothèse de calcul	Fraction massique (en %) (100.débit polluant/débit fumées)
Monoxyde de carbone (CO)	La totalité du carbone présent, hormis le carbone servant à la formation de HCN, conduit à la formation de monoxyde et de dioxyde de carbone dans un rapport molaire CO/CO ₂ =0,1 (hypothèse correspondant au cas d'un incendie relativement bien ventilé)	0,13%
Dioxyde de carbone (CO₂)		2.07 %
Dioxyde d'azote (NO₂)	Si une part significative (environ 60 %) de l'azote est supposé se recombinaison en azote moléculaire (N ₂), la moitié du reste, environ 20 %, est converti en dioxyde d'azote	0,05 %
Acide cyanhydrique (HCN)	Si une part significative (environ 60 %) de l'azote est supposé se recombinaison en azote moléculaire (N ₂), la moitié du reste, environ 20 %, est converti en HCN	0,03 %
Acide chlorhydrique (HCl)	On a considéré que la totalité du chlore se transformait en HCl	0,28 %

Abréviation	Désignation	Unité	Valeur
Qc=0,6.Q	Puissance thermique convectée (relation de Heskestad)	MW	1633
h=0,166.(1000.Qc)^{0,4}	Hauteur d'émission des fumées	m	51

F.13.2.2 - IMPACT SUR LES PERSONNES APRES DISPERSION DES FUMÉES

Le tableau suivant donne les seuils toxiques de la fumée pour un temps d'exposition de 60 mn établis suivant la méthodologie présentée précédemment et retenus pour évaluer l'impact de l'incendie sur les personnes :

Désignation	Fumées d'incendie
Seuil SEI équivalent (mg/m ³)	26 483
Seuil SEL équivalent (mg/m ³)	85 812
Seuil SELS équivalent (mg/m ³)	118 585

Pour les seuils non déterminés, nous avons retenu :

- Pour la valeur du SEI de l'acide cyanhydrique, arbitrairement, la moitié de la valeur du SEL ;
- Pour les valeurs SEL et SELS du dioxyde de carbone, la valeur du SEI (approche prudente).

F.13.2.3 - RESULTATS DE L'APPROCHE DE LA DISPERSION DES FUMÉES TOXIQUES D'INCENDIE

Le tableau suivant donne le résultat des dispersions dans les conditions définies dans la méthodologie présentée précédemment :

Conditions de diffusion	Distance (en m) sous le vent où la valeur seuil est atteinte au niveau du sol		
	SEI	SEL	SELS
<u>Scénario 1 cellule en feu</u> DF3 (condition défavorable)	NA	NA	NA
<u>Scénario 1 cellule en feu</u> DN5 (condition moyenne)	NA	NA	NA
<u>Scénario 3 cellule en feu</u> DF3 (condition défavorable)	NA	NA	NA
<u>Scénario 3 cellule en feu</u> DN5 (condition moyenne)	NA	NA	NA

NA : Non atteint au niveau du sol.

Conditions atmosphériques 5D : vitesse du vent égale à 5m/s, atmosphère neutre

Conditions atmosphériques 3F : vitesse du vent égale à 3m/s, atmosphère stable impliquant une dispersion plus lente du nuage et une exposition plus longue des enjeux en champ libre

Distances d'effets toxiques au niveau du sol

Aucun seuil (irréversible, léthal, léthal significatif) n'est atteint dans les conditions usuelles atmosphériques (3F et 5D).

Il en ressort que, lors d'un incendie d'une ou trois cellules et se propageant au-delà des murs REI 120 et pour les conditions d'émissions définies, les concentrations correspondant aux seuils équivalents SEI (effets irréversibles), SEL (effets létaux) et SELS (effets létaux significatifs) des fumées d'incendie (composées principalement de CO, CO, NO₂, HCN, HCl) ne sortent pas des limites de propriétés.