

Protection, prévention et impact environnemental des incendies de stockages de pneumatiques

Dossier de retour d'expérience du SNCP



04

Effets favorables du sprinklage

Incendie dans un entrepôt de stockage de pneumatiques.

Effets favorables d'une installation d'extinction automatique de type sprinkler en terme d'impact environnemental.

Sommaire

1. Préambule
2. Essai
3. Fumées
4. Eaux d'extinction
5. Conclusion
6. Références bibliographiques



Dossier de retour d'expérience du SNCP

Réf : SNCP/REX-ENV/04-2007/VC

- **Objet : Incendie dans un entrepôt de stockage de pneumatiques - Effet favorable d'une installation d'extinction automatique de type sprinkler en terme d'impact environnemental.**

I. Préambule

Un groupe de professionnels de la fabrication de pneumatiques, de la logistique et de la protection incendie, s'est réuni sous l'égide du SNCP⁽¹⁾ afin d'approfondir les connaissances relatives à la maîtrise du risque incendie de stockage de pneumatiques, notamment vis-à-vis des performances de dispositifs d'extinction automatique. A cet effet, ce groupe de travail a établi un cahier des charges d'essais significatifs d'extinction concernant divers modes de stockage de pneumatiques et divers types et caractéristiques de sprinklage ; il en a confié la réalisation au CNPP⁽²⁾ de Vernon.

Cette campagne d'essais réalisée en 2005-06 a également été mise à profit pour **mettre à jour et améliorer les connaissances sur les fumées et les eaux d'extinction d'un incendie de stockage de pneumatiques**. En complément des essais, le SNCP a commandité au CNPP en 2007 la réalisation d'une étude^[A] de dispersion atmosphérique de ces fumées **afin d'évaluer leur impact potentiel sur la population**.

Cette synthèse a pour objet de présenter l'effet favorable d'une installation sprinkler en terme d'impact environnemental.

⁽¹⁾ SNCP : Syndicat National du Caoutchouc et des Polymères

⁽²⁾ CNPP : Centre National de Prévention et Protection

2. Essais

2.1 Objectifs

Des prélèvements et analyses effectués au cours de deux essais^[B] ont permis d'obtenir des informations sur la composition des fumées et des eaux d'extinction d'incendie de pneumatiques.

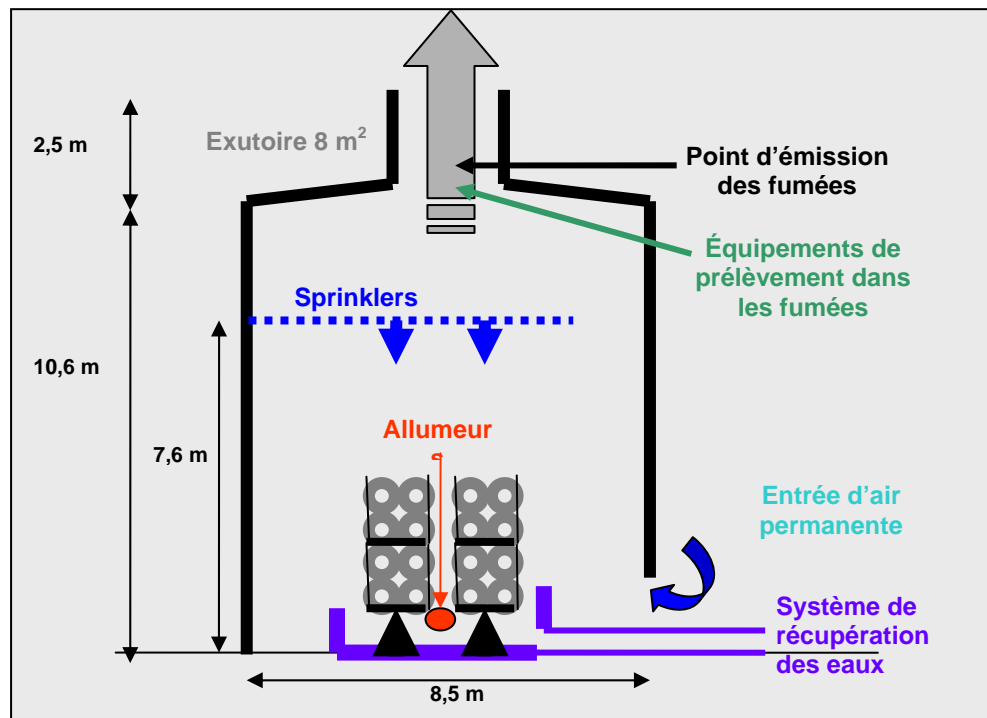
L'objectif du premier essai^[C] était de recueillir des données dans le cadre d'un incendie se déclarant dans un stockage de pneumatiques non protégé par une installation d'extinction automatique (feu libre). Dans ce contexte, l'incendie est susceptible de se développer considérablement jusqu'à l'intervention des équipes de secours à la lance à incendie et peut concerner une quantité importante de pneumatiques.

L'objectif du second essai^[D] était de recueillir des données dans le cadre d'un incendie se déclarant dans un stockage de pneumatiques protégé par une installation d'extinction automatique de type sprinkler. Dans ce contexte, l'action du dispositif d'extinction automatique permet une mise sous contrôle rapide de l'incendie et la quantité de pneumatiques concernée est alors faible.

2.2 Conditions de réalisations des essais

Les deux essais, réalisés sur des quantités significatives de pneumatiques⁽¹⁾, se sont déroulés à l'intérieur du même hall d'essai (**schéma n° 1** ci-après), doté d'une petite ouverture en partie basse permettant un apport d'air et équipé d'un exutoire en toiture assurant la canalisation des fumées et leur évacuation.

Schéma n° 1 : Hall d'essai



⁽¹⁾ L'essai feu libre a été réalisé à partir d'1 palette de 36 pneumatiques, celui avec dispositif d'extinction automatique à partir de 8 palettes, soit 368 pneumatiques. L'essai feu libre a été réalisé à partir d'une quantité de pneumatiques inférieure à celle présente au cours de l'essai avec sprinklers pour des raisons de sécurité imposées par le prestataire afin de garantir la maîtrise de la puissance thermique du feu tout au long de l'essai.

L'exutoire, centré au-dessus du foyer d'incendie, était équipé d'une instrumentation adaptée pour effectuer différentes mesures dans le flux des fumées au point d'émission. Les modes de prélèvement et les méthodologies d'analyse des fumées ont été identiques au cours des deux essais.

La totalité des eaux d'extinction déversées au cours de chaque essai a été récupérée afin d'effectuer des mesures représentatives de leur composition. Les méthodologies d'analyses des eaux ont été identiques au cours des deux essais.

Les prélèvements et les analyses des fumées et des eaux d'extinction, ont été effectués par des laboratoires agréés et/ou accrédités COFRAC⁽¹⁾ selon des normes officielles en vigueur.

Des informations complémentaires ainsi que quelques caractéristiques et illustrations du déroulement de ces essais figurent dans le chapitre 2 des dossiers de retour d'expérience SNCP/REX-ENV/02-2007/VC^[E] et SNCP/REX-ENV/03-2007/VC^[F].

⁽¹⁾ COFRAC : COmité FRançais d'ACcréditation

3. Fumées

3.1 Composition des fumées d'incendie au point d'émission

Les mesures effectuées dans l'exutoire au cours de deux essais, ont permis de caractériser d'un point de vue qualitatif et quantitatif, les fumées émises lors d'un incendie de pneumatiques.

La composition moyenne des fumées figure dans le **tableau n° 1** ci-dessous. Ces résultats sont également exprimés en pourcentages relatifs dans les **schémas n° 2 et 3** à la page suivante.

Tableau n° 1 : Composition moyenne des fumées d'incendie de pneumatiques au point d'émission

Composés recherchés dans les fumées au point d'émission	Taux de production des composés (g/kg de pneumatique brûlé)	
	Feu libre	Incendie sous arrosage sprinkler
Dioxyde de carbone	1450	626
Monoxyde de carbone	35	42
Dioxyde d'azote	0,9	0,75
Monoxyde d'azote	3,2	1,6
Dioxyde de soufre	15	4
Acide cyanhydrique	4	0,6
Acide chlorhydrique	NA ⁽¹⁾	2
Imbrûlés organiques totaux (dont benzène et toluène) (en équivalent toluène)	23	61
Poussières (suies)	285	20
Métaux (total)	31,9	22,74
HAP⁽²⁾ (total)	0,0633	0,093
PCB⁽³⁾ (total)	$2,66 \times 10^{-4}$	$2,16 \times 10^{-5}$
Dioxines/furanes (total)	$6,44 \times 10^{-7}$	$1,9 \times 10^{-7}$
Composés recherchés mais pas détectés (< à la limite de détection analytique)		
Formaldéhyde	< LD ⁽⁴⁾	< LD
Acide bromhydrique	< LD	< LD
Acroléine	< LD	< LD
Ammoniac	< LD	< LD
Etain	< LQ ⁽⁵⁾	< LQ

⁽¹⁾ NA : Non Applicable car concentration du composé inférieure à la limite de détection analytique

⁽²⁾ HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

⁽³⁾ PCB : Polychlorobiphényles

⁽⁴⁾ LD : Limite de Détection analytique

⁽⁵⁾ LQ : Limite de Quantification analytique

Schéma n°2 : Pourcentage relatif des composés présents dans les fumées au point d'émission dans le cas d'un feu libre

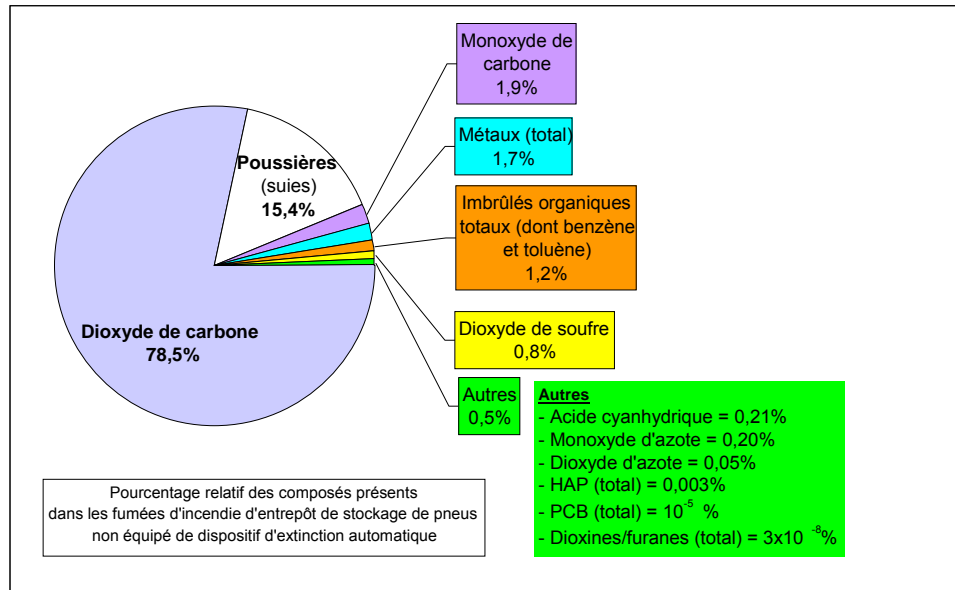
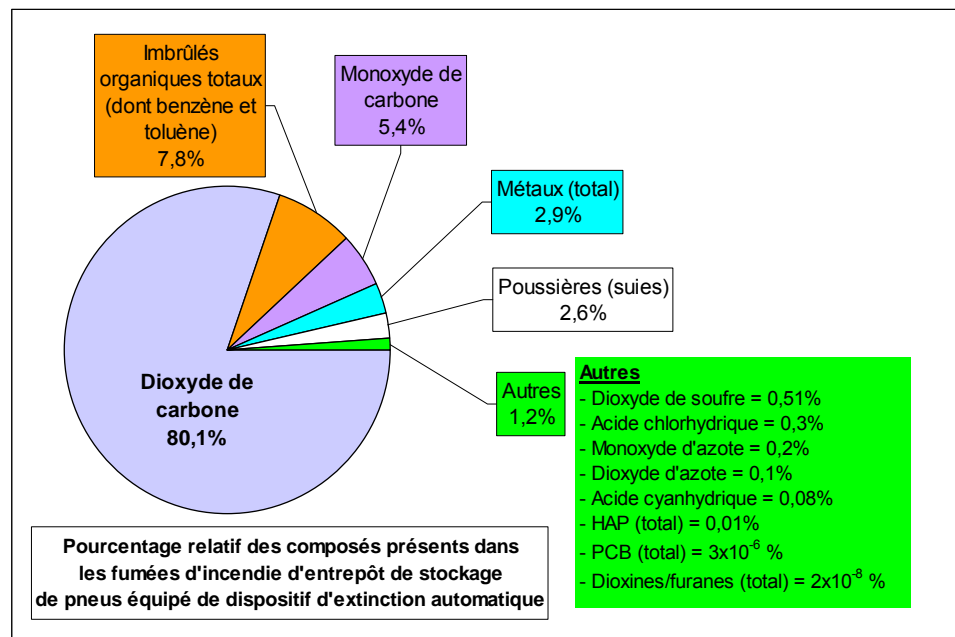


Schéma n°3 : Pourcentage relatif des composés présents dans les fumées au point d'émission dans le cas d'un incendie en présence d'arrosage sprinkler



Les émissions dans l'air rapportées au kilogramme de pneu brûlé, montrent que l'eau déversée par l'installation sprinkler provoque un effet de lavage notable des fumées. Cet effet de lavage est particulièrement observé pour les composés solubles ou partiellement solubles dans l'eau, notamment pour le CO₂ (dioxyde de carbone), NO (monoxyde d'azote), NO₂ (dioxyde d'azote), et HCN (acide cyanhydrique).

Un autre effet de lavage, dû à l'entraînement physique des particules par l'eau de l'installation d'extinction automatique, est également constaté. Ce phénomène est particulièrement visible à travers la coloration du panache des fumées.

- Un incendie de pneumatiques qui se développe librement et qui implique de grandes quantités de pneumatiques, se caractérise par l'émission d'un panache de fumées noire et dense notamment chargé en particules (voir **photo (a)** ci-dessous issue de la campagne d'essais).
- Un incendie de pneumatiques mis sous contrôle par l'action d'une installation d'extinction automatique, se caractérise par l'émission d'un plus faible panache de fumées, grisâtre et chargé en vapeur d'eau (voir **photo (b)** ci-dessous issue de la campagne d'essais).



Photo (a)



Photo (b)

Il faut noter qu'en raison d'une très faible quantité de pneumatiques brûlés au cours d'un incendie sous arrosage sprinkler, la quantité de composés émise est très largement inférieure à celle émise au cours d'un feu libre (voir chapitre 3.2).

Au cours d'un incendie sous arrosage sprinkler, les taux de production (par kilogramme de pneumatiques brûlés) de quelques composés sont plus élevés qu'au cours d'un feu libre. En effet, sous l'action des sprinklers le foyer est refroidi, et les températures maximales atteintes au cours de l'incendie sont plus basses qu'au cours d'un feu libre. La combustion devient alors plus incomplète et favorise la formation d'imbrûlés organiques, de CO (monoxyde de carbone) et de HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques).

3.2 Evaluation des quantités de composés émises dans l'air

Afin d'évaluer les quantités globales de composés émises dans l'air en cas de situation réelle d'incendie, les résultats des essais ont été extrapolés aux cas d'incendie dans des cellules standard de stockage de pneumatiques d'une surface de 10 000 m², avec et sans sprinkler. Les caractéristiques de ces cellules sont précisées dans le **tableau n° 2** suivant.

Tableau n° 2 : Caractéristiques de cellules standard de stockage de pneumatiques avec et sans sprinkler

	Cellule de stockage sans sprinkler Cas A	Cellule de stockage avec sprinkler Cas B
Surface totale de la cellule	10 000 m ²	
Surface réellement occupée par le stockage de pneumatiques	6 000 m ²	
Hauteur du stockage*	5 m	7,5 m
Mode de stockage*	Sur chant	En chaîne
Masse de pneumatiques stockés (sur la base de pneumatiques touristes)	2000 t	4000 t
Configuration de l'installation sprinkler	Non concerné	ESFR ; K=363 (USA=25) ; RTI=26/74°C ; Pression = 3 bars densité d'eau de 69l/m ² /min

* Le mode et la hauteur de stockage permettent pour les deux cas considérés des rendements de stockage optimum

Cas A : Cellule de stockage non protégée par une installation sprinkler

Dans l'éventualité d'un départ de feu dans une cellule non protégée par une installation sprinkler, la surface maximale en feu correspondrait à la surface totale d'une cellule. Sur la base du retour d'expérience du CNPP, un incendie déclaré dans une telle cellule, provoque généralement **la destruction d'environ 30% du stockage de pneumatiques**, ce qui équivaut dans le Cas A, à **600 tonnes de pneumatiques brûlés**.

Cas B : Cellule de stockage protégée par une installation sprinkler

Dans l'éventualité d'un départ de feu dans une cellule protégée par une installation sprinkler, la surface maximale en feu correspondrait à la surface impliquée par l'installation d'extinction.

Les résultats obtenus au cours de la campagne d'essais d'extinction à échelle intermédiaire et en vraie grandeur réalisée en 2005-06 au CNPP, ont montré que dans les conditions du Cas B, au cours d'un incendie, **0,012% du stockage de pneumatiques est détruit**, ce qui équivaut à environ **0,5 tonne de pneumatiques brûlés**.

Le rapport des quantités de pneumatiques brûlés dans les deux situations est de l'ordre de 1000. Cet ordre de grandeur montre tout l'intérêt d'une installation sprinkler qui, grâce à son déclenchement précoce, contrôle rapidement la combustion, ce qui réduit de manière importante la quantité de pneumatiques impliquée dans l'incendie.

A partir des résultats d'essais exprimés en taux de production de composés par kg de pneumatique brûlé (**tableau n°1**), les masses totales de composés susceptibles d'être émises dans l'air, ont ainsi pu être estimées. Ces masses calculées, fournissent **des ordres de grandeur** ; elles figurent dans **le tableau n°3** ci-après (*Masse de composé émise = Taux de production de composé x Masse de pneumatiques brûlés*).

Tableau n°3 : Masses de composés (calculées) susceptibles d'être émises dans l'air en cas d'incendie dans des cellules de stockage de pneumatiques de 10 000 m²

Composés présents dans les fumées au point d'émission	Masses de composés émises dans l'air (en kg)	
	Incendie feu libre Cas A	Incendie sous arrosage sprinkler Cas B
Dioxyde de carbone	870 000	292
Monoxyde de carbone	21 000	20
Dioxyde d'azote	540	0,3
Monoxyde d'azote	1 920	0,7
Dioxyde de soufre	9 000	2
Acide cyanhydrique	2 400	0,3
Acide chlorhydrique	NA	0,9
Imbrûlés organiques totaux	13 800	28
Poussières (suies)	171 000	9
Métaux (total)	19 140	11
HAP (total)	38	0,04
PCB (total)	0,2	1 x10 ⁻⁵
Dioxines/furanes (total)	4 x10 ⁻⁴	1 x10 ⁻⁷
Total	~ 1 110 000	~ 370

Les résultats figurant dans le tableau ci-dessus montrent que la protection d'un entrepôt de stockage de pneumatiques par une installation sprinkler réduit de façon extrêmement importante les quantités de composés globalement émises dans l'air lors d'un incendie. Cette réduction est particulièrement notable pour les poussières (suies) et composés solubles tels que le dioxyde de soufre et l'acide cyanhydrique.

Au cours d'un incendie, de nombreux paramètres rentrent en compte dans la cinétique de combustion. De ce fait, les quantités de pneumatiques qui brûlent et les masses de composés émises dans l'air peuvent varier selon les situations considérées. Cependant, le rapport des quantités émises restera toujours du même ordre de grandeur.

La présence d'une installation sprinkler dans une cellule d'entrepôt de stockage de pneumatiques permet de réduire d'environ 3000 fois la quantité globale de composés émise dans l'air. Un dispositif d'extinction automatique n'est pas seulement un moyen de protection des biens : il permet également de réduire fortement l'impact environnemental en cas d'incendie de pneumatiques.

3.3 Dispersion atmosphérique des fumées d'incendie

A partir des résultats des deux essais, une étude de modélisation de la dispersion atmosphérique des fumées d'incendie de pneumatiques a été réalisée par le CNPP **afin d'évaluer leur impact potentiel sur la population en situation réelle d'incendie.**

Les scénarios d'incendie retenus par le CNPP ont été définis sur la base de son expertise et des enseignements issus de la campagne d'essais d'extinction en vraie grandeur SEDICA réalisée en 2005-06. Ils correspondent à des incendies dans des cellules⁽¹⁾ standard de stockage de pneumatiques d'une surface de 10 000 m² avec et sans installation sprinkler.

Sur la base du retour d'expérience du CNPP, il s'avère que grâce au déclenchement précoce de têtes sprinklers ESFR, un départ de feu unique et localisé est rapidement sous contrôle puis éteint. La quantité de fumées émises au cours d'un tel incendie étant limitée à la fois en débit et en durée d'émission, la modélisation de la dispersion atmosphérique de ces fumées ne présente pas d'intérêt, et n'a pas été prise en compte par le CNPP dans cette étude. L'impact potentiel de ces fumées serait uniquement limité à l'intérieur de l'entrepôt.

La puissance de l'incendie, qui conditionne à la fois le débit d'émission des composés dans l'air et la hauteur de culmination du panache, a été encadrée par une hypothèse haute et une hypothèse basse sur un intervalle raisonnablement envisageable, comme indiqué ci-dessous.

Incendie généralisé à la totalité d'une cellule de stockage de 10 000 m² (pas de sprinkler)

- **Hypothèse haute** en régime établi (stationnaire), correspondant à la modélisation d'une zone de feu sur une surface équivalente à 100% de la surface de la cellule :
 - ✓ perte de masse de **150 kg/s**, soit un incendie d'une puissance de **3600 MW**.
- **Hypothèse basse** en régime établi (stationnaire), correspondant à la modélisation d'une zone de feu fort se déplaçant sur une surface équivalente au tiers de la surface de la cellule :
 - ✓ perte de masse de **50 kg/s**, soit un incendie d'une puissance de **1200 MW**.
- **Les fumées s'échappent du bâtiment effondré.**

⁽¹⁾ Dans les entrepôts de stockage de pneumatiques, les cellules de 10000 m² sont séparées les unes des autres par des murs coupe-feu.

Incendie contrôlé par une installation sprinkler dans une cellule de stockage de 10 000 m²

■ Hypothèse haute :

- ✓ la moitié de la plus grande surface impliquée, soit 230 m² en feu : perte de masse de **14 kg/s**, soit un incendie d'une puissance de **350 MW**,

■ Hypothèse haute :

- ✓ la surface en feu réduite : perte de masse de **3 kg/s**, soit un incendie d'une puissance de **70 MW**.

■ Les fumées s'échappent des exutoires de l'entrepôt en désenfumage naturel.

Les simulations de dispersion ont été étudiées pour 4 situations généralement retenues dans le cadre des études de danger (voir **tableau n°4** ci-dessous).

Tableau n°4 : Conditions atmosphériques retenues pour l'étude de dispersion

	Situations fréquentes		Situations pénalisantes	
	Situation 1	Situation 2	Situation 3	Situation 4
Vitesse de vent	3 m/s	5 m/s	3 m/s	12 m/s
Stabilité atmosphérique	Classe C (légèrement instable)	Classe D (neutre)	Classe A (très instable)	Classe C (légèrement instable)

Parmi l'ensemble des composés présents dans les fumées au point d'émission (tableau n°1), seuls **les composés prépondérants présentant un risque de toxicité aiguë par inhalation** ont été retenus.

Les résultats de la dispersion atmosphérique des fumées d'incendie obtenus par modélisation gaussienne⁽¹⁾ (concentrations maximales au niveau du sol), ont été comparés à des seuils de toxicité aiguë définis par des organismes experts. Ces seuils, utilisés lors d'émissions atmosphériques accidentelles de produits chimiques, correspondent à des concentrations pour une durée d'exposition donnée, au dessus de laquelle des effets réversibles, irréversibles ou létaux peuvent être observés au niveau de la population exposée.

- *Les effets létaux correspondent à la survenue de décès.*
- *Les effets irréversibles correspondent à la persistance dans le temps d'une atteinte lésionnelle ou fonctionnelle, directement consécutive à l'exposition.*
- *Les effets réversibles correspondent à un retour à l'état de santé antérieur à l'exposition (exemples : irritation des voies respiratoires, toux, ...).*

⁽¹⁾ Définition du modèle de dispersion gaussienne dans le rapport d'étude n°57149 de l'INERIS « Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs – Toxicité et dispersion des fumées d'incendie – Phénoménologie et modélisation des effets (17/03/05) ».

Différents seuils de toxicité aiguë ont été retenus comme valeur de référence. L'évaluation de l'impact potentiel des fumées d'incendie sur la population est estimée sur la base des deux méthodologies suivantes :

■ **Méthodologie préconisée par le MEDAD⁽¹⁾.**

Utilisation des seuils de toxicité aiguë définis par l'INERIS^{(2) [6]} : SER (seuil des effets réversibles), SEI (seuil des effets irréversibles) et SEL (seuil des effets létaux). En l'absence de seuil défini par l'INERIS, utilisation du seuil de toxicité aiguë américain correspondant recommandé par l'EPA⁽³⁾
[H].

■ **Méthodologie préconisée par l'EPA.**

Utilisation des seuils de toxicité aiguë AEGL⁽⁴⁾ définis par « the U.S. National Advisory Committee on AEGL ». A défaut de seuil AEGL, utilisation des seuils de toxicité aiguë ERPG⁽⁵⁾ définis par l'association AIHA (American Industrial Hygienists Association). A défaut de seuil ERPG, utilisation des seuils de toxicité aiguë TEEL⁽⁶⁾ définis par « the U.S. Department of Energy ».

Les seuils américains, comme ceux définis par l'INERIS, sont définis pour plusieurs niveaux d'effets toxicologiques, les niveaux 1, 2 et 3, respectivement assimilables aux niveaux des effets réversibles, irréversibles et létaux.

Remarque :

Les seuils américains sont plus sévères que les seuils français, et tout particulièrement les seuils AEGL qui tiennent compte des populations dites sensibles.

Les résultats de la dispersion atmosphérique des fumées d'incendie obtenus par modélisation gaussienne (**tableaux n°5 et 6** ci-après), montrent que :

- ✓ les concentrations des composés présents dans les fumées émises au cours d'un incendie contrôlé par une installation sprinkler sont beaucoup plus faibles que celles émises au cours d'un feu libre.
- ✓ les distances pour lesquelles ces concentrations maximales sont atteintes, sont également fortement réduites en cas d'incendie contrôlé par des sprinklers.

⁽¹⁾ MEDAD : Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables

⁽²⁾ INERIS : Institut National de l'Environnement industriel et des RISques

⁽³⁾ EPA : Environmental Protection Agency

⁽⁴⁾ AEGL : Acute Exposure Guideline Levels

⁽⁵⁾ ERPG : Emergency Response Planning Guidelines

⁽⁶⁾ TEEL : Temporary Exposure Emergency Limits

Tableau n° 5 : Concentrations maximales au niveau du sol en fonction de la vitesse du vent et de la stabilité atmosphérique - Hypothèse basse

Composés	Concentrations maximales au niveau du sol (mg/m ³) : Incendie sous arrosage sprinkler - Feu libre			
	Vitesse vent 3 m/s Stabilité classe A (situation 3)	Vitesse vent 3 m/s Stabilité classe C (situation 1)	Vitesse vent 5 m/s Stabilité classe D (situation 2)	Vitesse vent 12 m/s Stabilité classe C (situation 4)
Suies	0,10 - 8,22	0,06 - 3,05	0,05 - 2,52	0,33 - 14,36
Monoxyde de carbone	0,21 - 1,01	0,11 - 0,37	0,11 - 0,31	0,67 - 1,76
Imbrûlés	0,31 - 0,72	0,17 - 0,27	0,16 - 0,22	1,00 - 1,26
Acide cyanhydrique	0,00 - 0,14	0,00 - 0,05	0,00 - 0,04	0,00 - 0,25
Oxydes d'azote	0,00 - 0,14	0,00 - 0,05	0,00 - 0,04	0,00 - 0,25
Dioxyde de soufre	0,03 - 0,43	0,02 - 0,16	0,02 - 0,13	0,11 - 0,76
Aluminium	0,05 - 0,43	0,03 - 0,16	0,03 - 0,13	0,17 - 0,76
Zinc	0,09 - 0,58	0,05 - 0,21	0,04 - 0,18	0,28 - 1,01
Distance pour la concentration maximale (km)	0,4 - 0,5 km	2,0 - 5,0 km	3,0 - 10,0 km	0,4 - 1,0 km

Tableau n° 6 : Concentrations maximales au niveau du sol en fonction de la vitesse du vent et de la stabilité atmosphérique - Hypothèse haute

Composés	Concentrations maximales au niveau du sol (mg/m ³) : Incendie sous arrosage sprinkler - Feu libre			
	Vitesse vent 3 m/s Stabilité classe A (situation 3)	Vitesse vent 3 m/s Stabilité classe C (situation 1)	Vitesse vent 5 m/s Stabilité classe D (situation 2)	Vitesse vent 12 m/s Stabilité classe C (situation 4)
Suies	0,26 - 16,31	0,12 - 5,26	0,09 - 3,46	0,66 - 23,45
Monoxyde de carbone	0,53 - 2,00	0,24 - 0,65	0,19 - 0,42	1,32 - 2,88
Imbrûlés	0,79 - 1,43	0,36 - 0,46	0,28 - 0,30	1,99 - 2,06
Acide cyanhydrique	0,00 - 0,29	0,00 - 0,09	0,00 - 0,06	0,00 - 0,41
Oxydes d'azote	0,00 - 0,29	0,00 - 0,09	0,00 - 0,06	0,00 - 0,41
Dioxyde de soufre	0,07 - 0,86	0,03 - 0,28	0,02 - 0,18	0,17 - 1,23
Aluminium	0,13 - 0,86	0,06 - 0,28	0,05 - 0,18	0,33 - 1,23
Zinc	0,20 - 1,14	0,09 - 0,37	0,07 - 0,24	0,50 - 1,65
Distance pour la concentration maximale (km)	0,5 - 0,5 km	3,0 - 6,0 km	6,0 - 14,0 km	0,6 - 1,4 km

Dans le cas d'un feu libre, la concentration maximale au sol de chaque composé est toujours inférieure aux seuils de toxicité aiguë par inhalation relatifs aux effets réversibles, irréversibles et létaux hormis celle du dioxyde de soufre⁽¹⁾. **Dans le cas d'un incendie contrôlé par une installation sprinkler, les concentrations sont en revanche plus faibles, et toujours inférieures aux différents seuils de toxicité aiguë français et américains pour l'ensemble des scénarios étudiés.**

⁽¹⁾ La concentration du dioxyde de soufre dépasse le seuil de toxicité américain relatif aux effets réversibles pour 30 et 60 minutes d'exposition dans les conditions de dispersion atmosphérique

pénalisantes (vent faible de 3 m/s associé à une très forte instabilité atmosphérique – classe A et vent fort de 12 m/s associé à une légère instabilité atmosphérique – classe C).

Si l'on retient comme référence les seuils de toxicité aiguë américains plus sévères que les seuils français, le calcul des indices de toxicité cumulée⁽¹⁾ des composés présents dans les fumées montre :

- dans le cas d'un feu libre que des effets réversibles sont possibles dans des conditions de dispersion atmosphériques pénalisantes (pour 30 et 60 minutes d'exposition).
- dans le cas d'un incendie contrôlé par des sprinklers que les effets réversibles, irréversibles et létaux ne sont pas atteints⁽²⁾, quel que soit le scénario considéré.

Ces différents indices de toxicité cumulée figurent dans **les tableaux n° 7.a) et 7.b), 8.a) et 8.b), 9.a) et 9.b) et 10.a) et 10.b)** suivants.

Tableau n°7.a) : Indices de toxicité cumulée calculés pour les effets réversibles, irréversibles et létaux selon les seuils de toxicité aiguë recommandés par le MEDAD - Hypothèse basse

Indices de toxicité calculés :			
Incendie sous arrosage sprinkler - Feu libre			
30 minutes d'exposition			
	SER	SEI	SEL
3 m/s - classe A (situation 3)	0,010 - 0,159	0,004 - 0,032	0,001 - 0,009
3 m/s - classe C (situation 1)	0,006 - 0,058	0,002 - 0,012	0,000 - 0,003
5 m/s - classe D (situation 2)	0,006 - 0,047	0,002 - 0,010	0,000 - 0,003
12 m/s - classe C (situation 4)	0,033 - 0,281	0,014 - 0,056	0,003 - 0,016

Tableau n°7.b) : Indices de toxicité cumulée calculés pour les effets réversibles, irréversibles et létaux selon les seuils de toxicité aiguë recommandés par le MEDAD - Hypothèse basse

Indices de toxicité calculés :			
Incendie sous arrosage sprinkler - Feu libre			
60 minutes d'exposition			
	SER	SEI	SEL
3 m/s - classe A (situation 3)	0,010 - 0,172	0,005 - 0,038	0,001 - 0,011
3 m/s - classe C (situation 1)	0,006 - 0,063	0,003 - 0,014	0,001 - 0,004
5 m/s - classe D (situation 2)	0,006 - 0,051	0,003 - 0,012	0,001 - 0,003
12 m/s - classe C (situation 4)	0,033 - 0,304	0,017 - 0,067	0,004 - 0,020

⁽¹⁾ Les indices de toxicité cumulée permettent de prendre en compte la cumulation des effets des différents composés ; ils sont calculés pour chaque effet toxicologique - indice toxicité cumulée = somme de la concentration au sol de chaque substance / somme du seuil d'effet toxicologique de chaque substance).

⁽²⁾ Les indices de toxicité cumulée sont toujours inférieurs à 1.

Tableau n°8.a) : Indices de toxicité cumulée calculés pour les effets réversibles, irréversibles et létaux selon les seuils de toxicité aiguë recommandés par le MEDAD - Hypothèse haute

Indices de toxicité calculés : Incendie sous arrosage sprinkler - Feu libre			
30 minutes d'exposition			
	SER	SEI	SEL
3 m/s - classe A (situation 3)	0,023 - 0,322	0,010 - 0,064	0,002 - 0,018
3 m/s - classe C (situation 1)	0,010 - 0,103	0,005 - 0,021	0,001 - 0,006
5 m/s - classe D (situation 2)	0,008 - 0,067	0,004 - 0,013	0,001 - 0,004
12 m/s - classe C (situation 4)	0,058 - 0,459	0,026 - 0,092	0,005 - 0,025

Tableau n°8.b) : Indices de toxicité cumulée calculés pour les effets réversibles, irréversibles et létaux selon les seuils de toxicité aiguë recommandés par le MEDAD - Hypothèse haute

Indices de toxicité calculés : Incendie sous arrosage sprinkler - Feu libre			
60 minutes d'exposition			
	SER	SEI	SEL
3 m/s - classe A (situation 3)	0,023 - 0,348	0,013 - 0,076	0,003 - 0,023
3 m/s - classe C (situation 1)	0,010 - 0,111	0,006 - 0,024	0,001 - 0,007
5 m/s - classe D (situation 2)	0,008 - 0,073	0,005 - 0,016	0,001 - 0,005
12 m/s - classe C (situation 4)	0,058 - 0,496	0,032 - 0,109	0,007 - 0,032

Tableau n°9.a) : Indices de toxicité cumulée calculés pour les effets réversibles, irréversibles et létaux selon les seuils de toxicité aiguë recommandés par le l'EPA - Hypothèse basse

Indices de toxicité calculés : Incendie sous arrosage sprinkler - Feu libre			
30 minutes d exposition			
	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
3 m/s - classe A (situation 3)	0,064 - 1,066	0,019 - 0,263	0,001 - 0,020
3 m/s - classe C (situation 1)	0,042 - 0,393	0,013 - 0,098	0,001 - 0,007
5 m/s - classe D (situation 2)	0,041 - 0,319	0,012 - 0,079	0,001 - 0,006
12 m/s - classe C (situation 4)	0,231 - 1,886	0,069 - 0,466	0,004 - 0,035

Tableau n°9.b) : Indices de toxicité cumulée calculés pour les effets réversibles, irréversibles et létaux selon les seuils de toxicité aiguë recommandés par le l'EPA - Hypothèse basse

Indices de toxicité calculés : Incendie sous arrosage sprinkler - Feu libre			
60 minutes d exposition			
	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
3 m/s - classe A (situation 3)	0,064 - 1,079	0,020 - 0,275	0,002 - 0,024
3 m/s - classe C (situation 1)	0,042 - 0,398	0,013 - 0,102	0,001 - 0,009
5 m/s - classe D (situation 2)	0,041 - 0,323	0,013 - 0,083	0,001 - 0,007

12 m/s - classe C (situation 4)	0,231 - 1,909	0,073 - 0,485	0,005 - 0,043
---	----------------------	---------------	---------------

Tableau n° 10.a): Indices de toxicité cumulée calculés pour les effets réversibles, irréversibles et létaux selon les seuils de toxicité aiguë recommandés par le l'EPA - Hypothèse haute

Indices de toxicité calculés :			
Incendie sous arrosage sprinkler - Feu libre			
30 minutes d exposition			
	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
3 m/s - classe A	0,149 - 2,145	0,046 - 0,528	0,003 - 0,041
3 m/s - classe C	0,064 - 0,692	0,020 - 0,171	0,001 - 0,013
5 m/s - classe D	0,044 - 0,448	0,014 - 0,110	0,001 - 0,008
12 m/s - classe C	0,363 - 3,061	0,112 - 0,755	0,008 - 0,058

Tableau n° 10.b): Indices de toxicité cumulée calculés pour les effets réversibles, irréversibles et létaux selon les seuils de toxicité aiguë recommandés par le l'EPA - Hypothèse haute

Indices de toxicité calculés :			
Incendie sous arrosage sprinkler - Feu libre			
60 minutes d exposition			
	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
3 m/s - classe A	0,149 - 2,171	0,048 - 0,551	0,004 - 0,050
3 m/s - classe C	0,064 - 0,700	0,021 - 0,178	0,002 - 0,016
5 m/s - classe D	0,044 - 0,453	0,015 - 0,115	0,001 - 0,010
12 m/s - classe C	0,363 - 3,099	0,118 - 0,787	0,009 - 0,071

Sur la base des scénarios étudiés et selon les seuils de toxicité considérés, un incendie généralisé à la totalité d'une cellule de stockage de pneumatiques de 10 000 m² (puissance d'environ 3600 MW) ne conduirait généralement à aucun effet sur la population exposée aux fumées ou pourrait au maximum conduire à des effets réversibles, dans un rayon maximal de 1 à 5 km dans le cas de conditions météorologiques défavorables à très défavorables.

En revanche, quels que soient les seuils de toxicité aiguë retenus, au cours d'un incendie (puissance d'environ 350 MW) dans une cellule de stockage de pneumatiques protégée par une installation sprinkler, le risque d'effets réversibles, irréversibles et létaux est écarté.

Une installation sprinkler permet donc de réduire l'impact sur les populations.

4. Eaux d'extinction

Des prélèvements représentatifs de la totalité des eaux d'extinction déversées au cours des deux essais ont permis de les caractériser d'un point de vue qualitatif et quantitatif. Ces résultats ont été extrapolés à deux situations réelles d'incendie dans une cellule d'un entrepôt de stockage avec et sans installation sprinkler (cf. caractéristiques décrites dans le **tableau n°2**).

4.1 Concentration des composés dans les eaux d'extinction

A défaut de valeurs limites réglementaires spécifiques au rejet d'eaux d'extinction d'incendie, les concentrations des différents composés détectés ont été comparées à des valeurs limites de rejet dans les eaux de surface autorisées pour les installations industrielles, fixées par l'arrêté ministériel français du 2 février 1998^[1].

Parmi l'ensemble des paramètres et composés recherchés (environ 50), seulement deux d'entre eux dépassent les valeurs limites de rejet dans les deux cas (voir **tableau n° 11** ci-dessous) : les matières en suspension (MES) et la demande chimique en oxygène (DCO).

Trois autres paramètres et composés dépassent les valeurs limites selon le cas : l'indice phénol et le zinc dans le cas d'une cellule de stockage sans sprinkler, le fluoranthène (HAP) dans le cas d'une cellule de stockage avec sprinkler.

A noter que ces valeurs limites de rejet sont en général utilisées pour les rejets journaliers des installations industrielles alors que les eaux d'extinction d'incendie correspondent à un rejet accidentel donc ponctuel et limité dans le temps.

Tableau n° 11 : Concentrations de composés et paramètres recherchés dépassant les valeurs limites de rejet dans les eaux de surface

Composés et paramètres	Unité	Concentrations de composés émis dans l'eau		
		Incendie Feu Libre Cas A	Incendie sous arrosage sprinkler Cas B	Valeur limite de rejet dans les eaux de surface (arrêté ministériel français du 2/02/1998)
MES	mg/l	275	115	35 / 100*
DCO	mg/l O ₂	390	343	125 / 300**
Indice phénol	mg/l	0,8	nd***	0,3
Zinc et ses composés	mg/l	16,2	1,23	2
Fluoranthène	µg/l	1,65	55,7	50

* selon le flux journalier : 100 mg/l pour un flux ≤ 15 kg/j ; 35 mg/l au delà

** selon le flux journalier : 300 mg/l pour un flux ≤ 100 kg/j ; 125 mg/l au delà

*** nd : non disponible

4.2 Quantités des composés émises par les eaux d'extinction

Les **schémas n° 4 et 5** suivants présentent les quantités de composés émises par les eaux d'extinction dans les deux cas. Les quantités totales de composés émises par les eaux d'extinction sont de :

- **5081 kg** pour le cas d'une cellule **sans** sprinkler,
- **110 kg** pour le cas d'une cellule **avec** sprinkler.

Schéma n° 4 : Quantités de composés émises par les eaux d'extinction dans le cas d'un incendie feu libre (en kg)

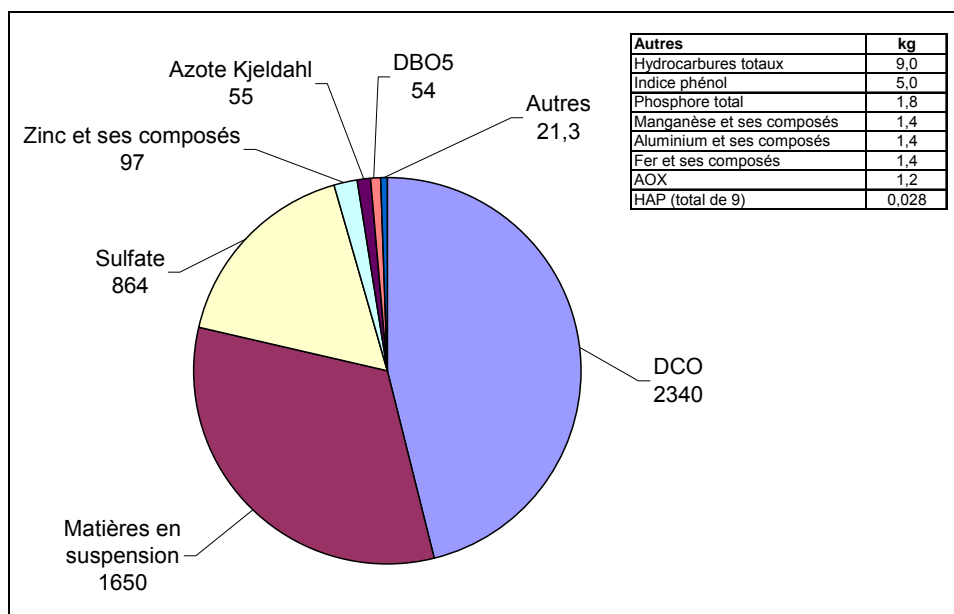
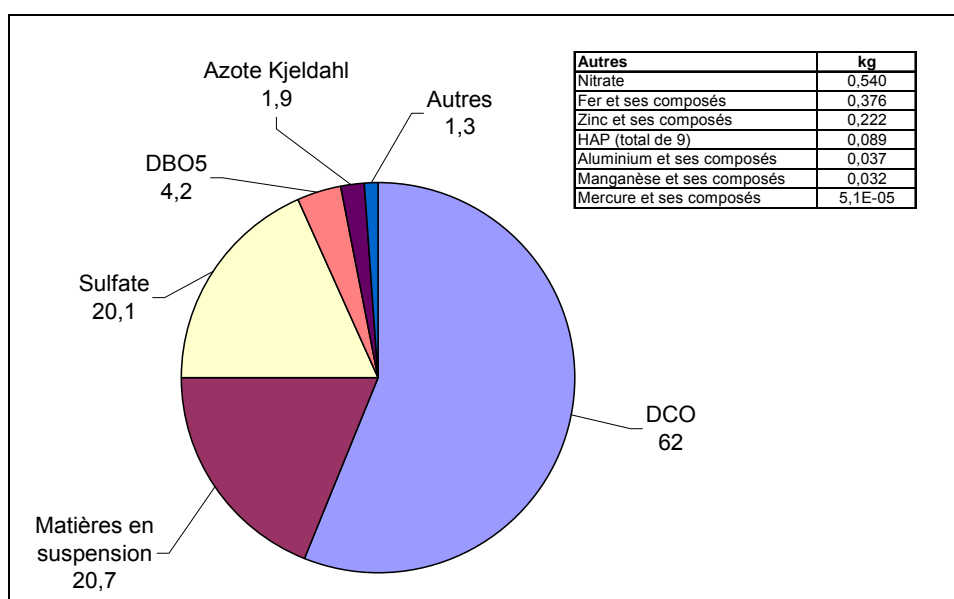


Schéma n° 5 : Quantités de composés émises par les eaux d'extinction dans le cas d'un incendie en présence d'un arrosage sprinkler (en kg)



Ce résultat montre l'effet favorable d'une installation sprinkler qui réduit de manière significative la quantité de composés émis dans les eaux d'extinction. Dans ce cas, les niveaux d'émissions dans l'eau observés lors d'un tel incendie sont assimilables aux rejets journaliers des installations industrielles.

5. Conclusion

En cas d'incendie de stockage de pneumatiques, une installation sprinkler permet de réduire d'environ 3000 fois la quantité globale de composés émise dans l'air. Ce type d'installation n'est pas seulement un moyen de protection des biens, elle permet également de réduire fortement à la fois l'impact environnemental et celui sur les populations. De plus, les quantités de composés émises dans les eaux d'extinction sont également réduites de manière significative. Les niveaux d'émissions dans l'eau générées par l'extinction d'un tel incendie sont globalement compatibles avec les valeurs limites admises pour les rejets journaliers des installations classées soumises à autorisation, alors que les eaux d'extinction d'incendie correspondent à un rejet accidentel donc ponctuel et limité dans le temps.

Conclusion du rapport officiel d'essai n°PE 05 6903-2 du CNPP du 3 mars 2006

« L'essai « feu libre » a permis de fournir des données relatives aux substances émises lors d'un incendie de pneumatiques tant dans l'air que dans l'eau d'extinction en l'absence de tout système d'extinction automatique.

Le second essai qui concernait un stockage de pneumatiques protégé par un réseau de 4 sprinklers a permis de caractériser les fumées produites sous arrosage sprinklers et la pollution induite dans les eaux d'extinction.

Les résultats de ces deux essais confirment en premier lieu que le déclenchement du système sprinklers limite de façon drastique les quantités de pneumatiques brûlés, ce qui minimise la pollution générée tant dans l'air que dans l'eau.

De plus en ce qui concerne les émissions dans l'air rapportées au kilogramme de pneu brûlé, ces essais montrent que l'eau déversée par le système sprinklers provoque un effet de lavage notable des fumées.

Cet effet de lavage est particulièrement observé pour les polluants solubles ou partiellement solubles dans l'eau : CO₂, SO₂, NO₂ et HCN.

On constate, par ailleurs, un autre effet de lavage dû à l'entraînement physique des particules, par l'eau des sprinklers. Le taux de particules émises dans l'air sous arrosage est très nettement inférieur à celui produit en feu libre.

Sous arrosage sprinklers, on notera cependant que le foyer étant refroidi, la combustion devient plus incomplète qu'en feu libre comme le montre l'augmentation du rapport CO/CO₂.

Il est alors cohérent d'observer une augmentation des taux de production des substances imbrûlées, exception faite des suies qui bénéficient d'un lavage « mécanique ». Ainsi, les taux de production de CO, imbrûlés organiques et HAP sont supérieurs sous arrosage sprinklers à ceux en feu libre.

Les résultats des analyses de concentration en polluants dans les eaux d'extinction montrent qu'elles sont globalement moins chargées en polluants sous arrosage sprinklers exception faite des HAP et de petites quantités de fer.

Cette diminution de la pollution est observée alors même que le lavage partiel des fumées entraîne théoriquement un peu plus de polluants dans les eaux d'extinction, ce qui s'explique par la faible quantité de pneumatiques brûlés sous arrosage sprinklers.

Les extrapolations effectuées à partir des résultats d'essais montrent que dans la situation réelle d'une cellule d'entrepôt les quantités de polluants émis dans l'air sont très inférieures lorsque la cellule est protégée par un système sprinklers, par rapport à une cellule non protégée.

L'augmentation du taux de production d'imbrûlés dans l'air sous arrosage sprinklers est très largement compensée par la très faible quantité de pneumatiques brûlés sous arrosage sprinklers.

Les quantités globales de polluants véhiculés par les eaux d'extinction sont également plus faibles lorsque la cellule est protégée par un système sprinklers. Seuls les HAP sont présents en quantité relativement équivalente avec ou sans protection sprinklers. »

Conclusion du rapport officiel d'étude n° CR 07 7371 du CNPP du 16 mai 2007

« Cette étude a permis d'évaluer l'impact environnemental des fumées d'incendie de pneumatiques. Différents scénarios d'incendie ont été considérés :

- Incendie généralisé à la totalité d'une cellule,
- Incendie maintenu sous contrôle par l'arrosage sprinkler.

Les modélisations de fumées dépendent essentiellement de la puissance de l'incendie et des taux de production des substances toxiques dans les fumées. Ces données d'entrée conditionnent les concentrations en substances dans les fumées et leur dispersion.

L'évaluation à priori de la puissance d'un incendie est délicate, notamment pour les très grands feux. Nous avons raisonné sur une hypothèse haute et une hypothèse basse afin d'encadrer ces données d'entrée importantes dans une gamme relativement large.

Les taux de production en polluants avec et sans arrosage sprinkler ont été évalués sur la base des analyses réalisées par le CNPP lors de la campagne d'essais SEDICA de 2005.

Les modélisations de la dispersion atmosphérique des fumées ont été réalisées à l'aide d'un modèle gaussien. Bien qu'ils soient adaptés aux modélisations de fumées d'incendie, les modèles gaussiens possèdent certaines limitations. Les résultats doivent être interprétés avec prudence, dans le cadre des hypothèses associées à ce modèle.

L'évaluation de la toxicité des fumées a été réalisée par comparaison aux seuils de toxicité aiguë par inhalation. Des seuils américains sont disponibles pour toutes les substances considérées et reposent généralement sur une méthodologie particulièrement pénalisante. Les seuils français ne sont pas encore disponibles pour toutes les substances et sont légèrement moins pénalisants.

Les résultats de ces modélisations montrent que :

- Pour un incendie généralisé à la totalité d'une cellule de pneumatiques, le risque d'effets irréversibles et d'effets létaux est écarté. Le risque d'effets réversibles n'est pas écarté au regard des seuils de toxicité américains dans des conditions de dispersion atmosphériques particulièrement pénalisantes.
- Pour un incendie maintenu sous contrôle par l'arrosage sprinkler, les modélisations montrent que le risque d'effets réversibles, irréversibles et létaux peut être écarté.

Ces résultats relativement favorables s'expliquent par le fait que le moteur thermique de l'incendie est généralement suffisant (relativement aux quantités de fumées produites) pour que le panache s'élève assez haut ; les fumées sont donc largement diluées en retombant au sol. »

6. Références bibliographiques

- ^[A] Modélisation de la dispersion atmosphérique des fumées d'incendie pour différents scénarios d'incendie de pneumatiques – Rapport d'étude n° CR 07 7371 – 16/05/2007 – CNPP
- ^[B] Campagne d'essais concernant l'extinction d'incendie de stockages de pneumatiques. « Synthèse et comparaison des résultats d'analyse des fumées et des eaux d'extinction : essai feu libre – essai avec installation d'extinction par sprinkleurs » - Rapport d'essai n° PE 05 6903-2 – 3/03/2006 – CNPP
- ^[C] Campagne d'essais concernant l'extinction d'incendie de stockages de pneumatiques. « Essai Feu Libre. Analyse des fumées et des eaux d'extinction » - Rapport d'essai n° PE 05 6903 – 10/02/2006 – CNPP.
- ^[D] Campagne d'essais concernant l'extinction d'incendie de stockages de pneumatiques. « Essai avec installation d'extinction par sprinkleurs. Analyse des fumées et des eaux d'extinction » - Rapport d'essai n° PE 05 6903-1 – 6/02/2006 – CNPP.
- ^[E] SNCP/REX-ENV/02-2007/VC – Incendie dans un entrepôt de stockage de pneumatiques non équipé d'une installation sprinkler
- ^[F] SNCP/REX-ENV/03-2007/VC – Incendie dans un entrepôt de stockage de pneumatiques équipé d'une installation sprinkler
- ^[G] Fiches des seuils de toxicité aigue en situation accidentelle définis en France par l'INERIS (2006) – Portail des substances chimiques – Site Internet INERIS.
- ^[H] Seuils de toxicité aigue en situation accidentelle définis aux Etats-Unis :
- “Acute Exposure Guideline Levels” developed by the U.S. National Advisory Committee on AEGL and managed by the U.S. Environmental Protection Agency (tables 2006),
 - “Emergency Response Planning Guidelines” developed by the American Industrial Hygienists Association (table 2006),
 - “Temporary Exposure Emergency Limits” developed by the U.S. Department of Energy (tables 2006).
- ^[I] Arrêté ministériel du 2 février 1998 (modifié par l'arrêté du 24/11/2006) relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation – Journal Officiel de la République Française.