

---

## **I. SCENARI : EFFETS THERMIQUES**

Calcul des effets thermiques provenant des incendies :

- Incendie sur le stockage des produits finis expédition
- Incendie sur le stockage emballage produits finis.

### **I.1. Scénario 1 : Locaux de stockage des produits finis expédition**

#### Localisation :

Local stockage des produits finis d'expédition au nord du site.

Le local n'est pas couvert par le réseau sprinkler toutefois, il existe une installation de détection incendie pour alerter au plus vite les équipes d'intervention et réduire la durée d'intervention. Les éléments de construction du bâtiment sont :

- des murs bardage double peau avec laine de roche
- les sols de dalles béton
- la toiture métallique et bacs acier.

#### Sources d'ignitions possibles :

Défaillance électrique, imprudence du personnel, malveillance, incident à proximité (explosion, incendie...)

#### Combustibles :

Le local de stockage des produits finis d'expédition contient des profils caoutchouc conditionnés dans des caisses cartons ou bois filmées et maintenues sur des palettes bois suivant les demandes des constructeurs. Afin d'assurer le maintien des pièces, à l'intérieur des emballages, les profils sont calés avec des matières plastiques (mousse, ...).

Les combustibles présents dans le stockage expédition et leurs caractéristiques sont les suivants :

	Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	Cp Capacité thermique massique (kJ/kg/K)	Pci des combustibles (kJ/kg)
Palettes et caisse bois	900	2,4	19600
Emballage (caisse plastique, film...) PVC	1380	1	21900
Emballage (caisse plastique, film...)PEHD	920	2,01	33900 à 44000
Emballage (caisse carton)	700	1,34	17100
Produits finis (profil caoutchouc, ...)	1100	2,07	21000 à 40000

La répartition et la disposition des stockages sont précisées dans le tableau et le plan ci-dessous :.

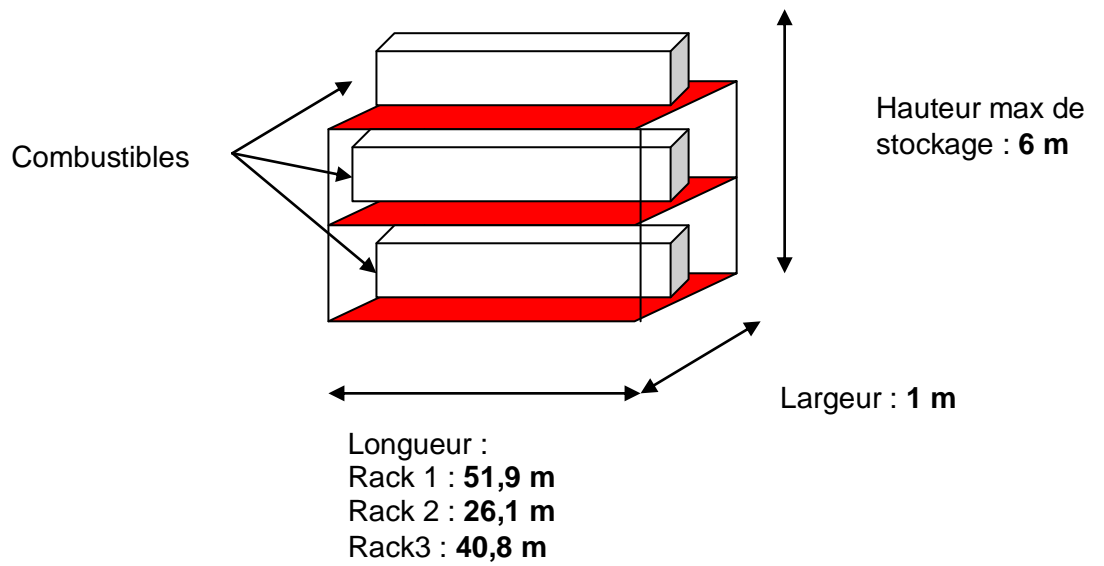
**Description des surfaces et volumes de stockages**

Type	Longueur (m)	Largeur (m)	Nombre de rangées/ hauteur	Hauteur de stockage (m)	Volume de produits finis (m3)	Volume emballages (m3)	Type d'emballages volume (m3)			
							Carton	Plastique	Métal	Bois
Rack 1	51,9	1	3	6	124,56	124,56	74,74	24,91	0,00	12,46
Rack 2	26,1	1	3	6	62,64	62,64	37,58	12,53	0,00	6,26
Rack 3	40,8	1	3	6	97,92	97,92	58,75	19,58	0,00	9,79
Zone 1	15,85	10	1	6	404,18	404,18	40,42	161,67	121,25	40,42
Zone 2	28,8	4	1	6	293,76	293,76	29,38	117,50	88,13	29,38
Zone 3	15,85	10	1	6	404,18	404,18	40,42	161,67	121,25	40,42
Zone 4	28,8	7	1	6	514,08	514,08	51,41	205,63	154,22	51,41
Zone BMW	2,54	20	1	6	129,54	129,54	0,00	51,82	64,77	0,00
<b>Total</b>					<b>2030,85</b>	<b>2030,85</b>	<b>332,69</b>	<b>755,32</b>	<b>549,63</b>	<b>190,13</b>

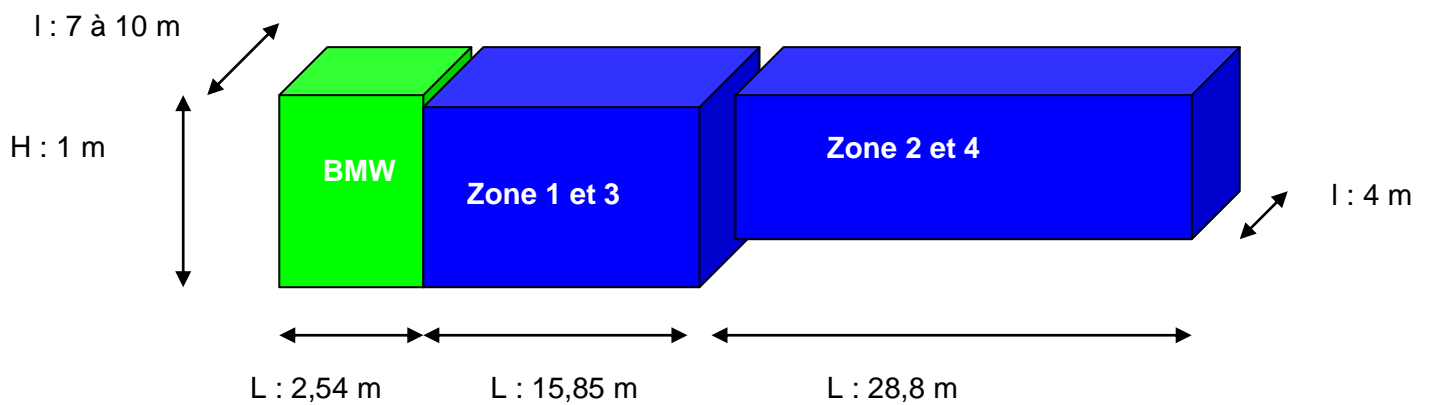
---

Les combustibles stockés sont répartis sur le local selon les dispositions suivantes :

**Pour les Racks 1, 2 et 3**



**Pour les stockages au sol (zone 1, 2, 3, 4 et BMW)**



**Masse de combustibles dans le local expédition**

Type	Produits finis "caoutchouc"		Carton		Plastique		Bois	
	volume (m3)	masse (kg)	volume (m3)	masse (kg)	volume (m3)	masse (kg)	volume (m3)	masse (kg)
Rack 1	124,56	137016	74,74	52315,2	24,91	22919,04	12,46	11210,4
Rack 2	62,64	68904	37,58	26308,8	12,53	11525,76	6,26	5637,6
Rack 3	97,92	107712	58,75	41126,4	19,58	18017,28	9,79	8812,8
Zone 1	404,18	444592,5	40,42	28292,25	161,67	148736,4	40,42	36375,75
Zone 2	293,76	323136	29,38	20563,2	117,50	108103,68	29,38	26438,4
Zone 3	404,18	444592,5	40,42	28292,25	161,67	148736,4	40,42	36375,75
Zone 4	514,08	565488	51,41	35985,6	205,63	189181,44	51,41	46267,2
Zone BMW	129,54	142494	0,00	0	51,82	47670,72	0,00	0
Total	2030,85	2233935	332,69	232883,7	755,32	694890,72	190,13	171117,9

---

### Effets envisagés :

Du fait de la proximité des stockages (rack et stockage dynamique) de 4 m au maximum, les différentes zones de stockage seront considérées comme une zone unique sur l'ensemble du local expédition. Un incendie de l'ensemble des produits stockés dans les locaux pourrait avoir lieu.

### Méthode et hypothèses

La méthode qui suit sert à évaluer les conséquences d'un tel accident. La démarche est la suivante :

- Calcul de l'énergie nette libérée lors de la combustion totale du stockage pour chaque type de combustible ;
- Evaluation de la durée de l'incendie ;
- Calcul de la puissance moyenne émise par chaque combustible et de la puissance totale émise ;
- Calcul des distances des premiers effets létaux (Z1) et des premiers effets irréversibles (Z2).

Le calcul des effets thermiques est basé sur les hypothèses suivantes :

- Surface du local : 2100 m<sup>2</sup>
- Surface globale (sol et rack) des stockages : 1041 m<sup>2</sup>
- Hauteur des stockages de caoutchouc : 6 m
- Masse de combustible détaillé dans la page ci-dessus.
- Vitesse de combustion des combustibles présents selon les données du traité de physique du bâtiment – physique du feu est de 14 g/m<sup>2</sup>/s.

### Calcul de l'énergie dégagée lors de la combustion totale du stockage

L'incendie d'un combustible entraîne un dégagement d'énergie vers le milieu extérieur.

L'énergie libérée (en kJ) dépend :

- Du Pouvoir de Combustion Inférieur (PCI) du combustible à humidité moyenne, en kJ/kg.
- De la masse totale de combustible en kg (humidité moyenne comprise).

$$\text{Energie dégagée} = \text{PCI} \times \text{Masse de combustible}$$

	Masse (kg)	PCI (kJ/kg)	Energie nette libérée (kJ)
Produits finis "caoutchouc"	2233935	40000	89357400000
Carton	232883,7	17100	3982311270
Plastique	694890,72	33950	23591539944
Bois	171117,9	19600	3353910840

---

## Calcul du flux reçu

Le flux thermique ( $\Phi_R$ ) reçu en un point considéré, de par la partie visible des flammes, a été évalué par la formule :

$$\Phi_R = \tau_a \cdot F \cdot SEP$$

avec

- $\tau_a$  : transmittivité atmosphérique,
- F : facteur de forme entre un point et la partie visible des flammes,
- SEP : pouvoir émissif des flammes, en  $\text{kW.m}^{-2}$ .

Le calcul de la hauteur des flammes est réalisé à l'aide de la formule de Thomas avec vent :

$$\frac{L_f}{D} = 55 \cdot \left( \frac{\dot{m}''}{\rho_{\text{air}} \sqrt{gD}} \right)^{0,67} \cdot u^{*-0,21}$$

avec

- $L_f$  : hauteur des flammes (en m),
- D : diamètre équivalent du foyer (en m),
- $\dot{m}''$  : taux massique surfacique de combustion (en  $\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ),
- $\rho_{\text{air}}$  : masse volumique de l'air (en  $\text{kg.m}^{-3}$ ), prise égale à  $1,2 \text{ kg.m}^{-3}$ ,
- g : accélération de la pesanteur (en  $\text{m.s}^{-2}$ ), prise égale à  $9,81 \text{ m.s}^{-2}$ ,
- $u^*$  : vitesse du vent adimensionnelle ayant pour expression :

$$u^* = \frac{u_w}{\left( \frac{g \cdot \dot{m}'' \cdot D}{\rho_v} \right)^{1/3}}$$

- $u_w$  : vitesse du vent (en  $\text{m.s}^{-1}$ ),
- $\rho_v$  : masse volumique des vapeurs (en  $\text{kg.m}^{-3}$ ), prise égale à  $2 \text{ kg.m}^{-3}$ .

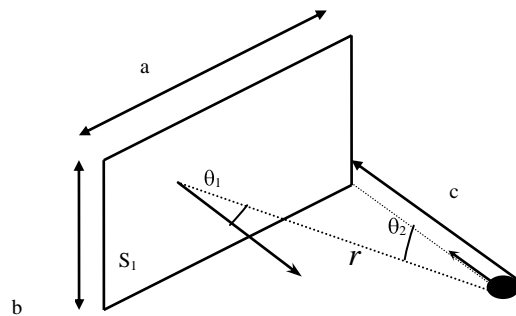
Le vent est un élément important dans les calculs des conséquences d'un incendie dans la mesure où il incline la flamme. A cet égard, l'EAS retient les recommandations de l'American Gas Association (AGA) qui, sur la base de mesures expérimentales, propose une corrélation reliant l'angle d'inclinaison des flammes ( $\theta$ ) à la vitesse adimensionnelle du vent ( $u^*$ ) précitée :

$$\begin{aligned} \cos(\theta) &= 1 \text{ pour } u^* \leq 1 \\ \cos(\theta) &= \frac{1}{\sqrt{u^*}} \text{ pour } u^* \geq 1 \end{aligned}$$

La partie visible des flammes se déduit du calcul de la hauteur des flammes. Par conservatisme, les flammes sont simulées par un front uniforme tout le long de l'entreposage.

Le facteur de forme (F) exprime (voir schéma ci-après) la part de flux reçue en un point due au flux émis par la surface  $S_1$  en fonction de la longueur du front de la flamme sur un côté de la cuvette de rétention (a) et de la hauteur des flammes (b) et de la distance (c) séparant le point considéré de  $S_1$  :

$$dF = \frac{\cos\theta_1 \cdot \cos\theta_2}{\pi \cdot r^2} \cdot dS_1$$



**Pour l'incendie de produits combustibles solides, EAS retient usuellement un taux de combustion de 14 g/(m<sup>2</sup>.s). La flamme aurait une hauteur de 18 m (représentant environ 3 fois la hauteur du stockage).**

### Calcul des distances z1 et z2 :

Pour les effets thermiques, les zones Z1 et Z2 correspondent respectivement aux seuils de 5 kW/m<sup>2</sup> (premiers effets létaux) et de 3 kW/m<sup>2</sup> (premières brûlures graves), conformément aux règles du code de l'urbanisme (circulaire n°86-38 du 24 juin 1992, relative à la maîtrise de l'urbanisation autour des installations industrielles à hauts risques).

En fonction de la puissance surfacique des flammes les zones Z1 et Z2 pour un incendie du local expédition client sont :

$$\begin{aligned} Z1 &= 42 \text{ m} \\ Z2 &= 56 \text{ m} \end{aligned}$$

Ces zones sont représentées sur le plan de la page 13.

### Remarques sur le caractère majorant des calculs :

Les hypothèses suivantes sont majorantes pour les raisons suivantes :

- nous considérons que l'intégralité du stockage brûle dans des conditions idéales :
  - pas d'imbrûlés ;
  - mélange combustible / comburant stœchiométrique ;
  - pas d'effets retard dus au conditionnement ;
- pas d'intervention des pompiers ;

### Conclusion :

Ce scénario est possible car il combine la présence de produits combustibles et de sources d'ignition possibles. Ses effets seraient importants en raison de la qualité des combustibles. L'incendie du local « expédition » entraîne une destruction du bâtiment et une atteinte du local emballage client ainsi que les halls de finition.

Il faut toutefois noter la présence de porte pare flamme entre le local expédition et les halls de finitions.

Les effets thermiques atteignent les habitations au nord et à l'est du site ainsi que les zones d'activités industrielles.