



# Caractérisation des balles

-

# Feu



[www.batirenballes.fr](http://www.batirenballes.fr)





Page laissée volontairement vierge



# Révision

---

Auteur	Date	Révision
Pierre DELOT	28/05/2020	Version de travail



# Sommaire

<b>Rappels</b> .....	<b>6</b>
<b>Les Euroclasses</b> .....	<b>6</b>
<b>Essais ⇔ Euroclasses</b> .....	<b>7</b>
Essai à la petite flamme : NF EN ISO 11925-2 .....	8
Essai SBI (Single Burning Item) : NF EN 13823 .....	9
Essai d'incombustibilité : NF EN ISO 1182 .....	9
PCI/PCS .....	9
Détermination de la chaleur de combustion : NF EN ISO 1716 .....	9
<b>La balle de riz, un combustible ?</b> .....	<b>11</b>
<b>Essais d'allumabilité</b> .....	<b>12</b>
Botte de paille (RFCP) .....	12
Balle de riz .....	12
Autres balles .....	12
<b>Essais SBI</b> .....	<b>13</b>
Balle de riz .....	13
Autres balles .....	13
<b>PCI/PCS (pouvoir calorifique)</b> .....	<b>14</b>
Balle de riz .....	14
Rappels .....	14
Evolution avec le taux d'humidité .....	14
Différentes mesures effectuées .....	14
Autres balles .....	14
<b>Autres essais</b> .....	<b>15</b>
<b>Essais réalisés aux Etats-Unis</b> .....	<b>15</b>
CRF (« critical radiant flux »).....	15
« Smoldering Combustion Test » .....	15
« Surface Burning Characteristics Test ».....	15
FSI (« Flame Spread Index ») .....	15
SDI (« Smoke Development Index»).....	16
<b>Bâtiments « recevant du public »</b> .....	<b>17</b>
CCPLD (2013).....	17
Salle communale d'Aubenas les Alpes (2014) .....	17
Pôle éducatif Gignac la Nerthe (2019).....	18
Collège Remoulins (2020).....	18
<b>Annexes</b> .....	<b>19</b>
<b>La cendre de balle de riz (RHA)</b> .....	<b>19</b>
Taux de cendres .....	19
Composition des cendres .....	19
Taux de silice dans les cendres.....	19
Composition des cendres (hors carbone).....	19



Température de fusion des cendres.....19



# Rappels

## Les Euroclasses

Le système des EUROCLASSES vise à évaluer la contribution au développement d'un incendie des produits de constructions au travers de 5 essais de réaction au feu. Les produits de construction concernés sont, entre autres, les produits d'isolation.

Les « Euroclasses » sont plus complètes que l'ancien classement français. Les Euroclasses sont définies dans la norme européenne EN 13501-1. Elles classent les matériaux en cinq catégories d'exigences : A1, A2, B, C, D, E, F et prennent en compte deux critères essentiels :

- ▷ l'opacité des fumées (quantité et vitesse, notée s pour "smoke")
  - ⇒ s1 : faible quantité/vitesse
  - ⇒ s2 : moyenne quantité/vitesse
  - ⇒ s3 : haute quantité/vitesse
- ▷ les gouttelettes et débris enflammés (notées d pour "droplets")
  - ⇒ d0 : aucun débris
  - ⇒ d1 : aucun débris dont la combustion ne dure pas plus de 10 secondes
  - ⇒ d2 : ni d0 ni d1

### Réaction au feu : Euroclasses

La sécurité en cas d'incendie est une des exigences essentielles de la Directive Produits de Construction (89/106/CEE) qui oblige les états membres à harmoniser leurs systèmes d'essais et de classement de réaction au feu (décision 94/611/CEE).

Les réglementations incendie nationales seront transposées avec le nouveau référentiel européen de classement de réaction au feu : les EUROCLASSES.

CLASSE	Contribution énergétique à la propagation d'un incendie	classification complémentaire			
		Production de fumée		Chute de gouttes et débris enflammés	
A1	Incombustible	-	-	-	-
A2	Pratiquement incombustible	S1	Faible production de fumée	d0	pas de gouttelettes/particules enflammées
B	Résiste à une attaque prolongée des flammes et d'un objet isolé ardent tout en limitant la propagation de la flamme	S2	production moyenne de fumée	d1	gouttelettes/particules enflammées persistant moins de 10 s
C	Résiste à une attaque brève des flammes et d'un objet isolé ardent tout en limitant la propagation de la flamme				
D	Résiste à une attaque brève de petites flammes tout en limitant la propagation de la flamme et d'un objet isolé ardent	S3	production importante de fumée	d2	gouttelettes/particules enflammées persistant plus de 10 s
E	Résiste à une attaque brève de petites flammes en limitant la propagation de la flamme	Pas testé		Sans indication ou d2	
F	Aucune performance déterminée				

[Lien.](#)

En annexe à cet arrêté, il y a un tableau donnant les EUROCLASSES admissibles au regard des catégories M mentionnées dans les règlements de sécurité contre l'incendie (valable tant que la réglementation française n'a pas été révisée pour intégrer directement les Euroclasses):



Ce tableau permet de définir un classement M à partir des Euroclasses, l'inverse n'est pas vrai.

Euroclasses PRODUITS DE CONSTRUCTION autres que SOLS (NF EN 13 501-1)			Exigence réglementaire
A1	-	-	Incombustible
A2	s1	d0	M0
A2	s1	d1	
A2	s2	d0	
	s3	d1	
	s1	d0	
B	s2	d1	M1
	s3		
C	s1	d0	
	s2	d1	
	s3		
D	s1	d0	M3
	s2	d1	M4
	s3		(non gouttant)

[Lien](#)













## Essais ⇔ Euroclasses

Les essais intervenant dans les EUROCLASSES simulent 3 niveaux de sollicitation thermique :

- ▷ l'attaque ponctuelle par une petite flamme (classement E à B)
- ▷ la sollicitation par un objet en feu (classement D à A2)
- ▷ le feu pleinement développé dans une pièce (classement A2 et A1).

Pour accéder à un classement « BCD », les deux premiers essais sont nécessaires.



3 thermal stress levels	<b>E</b> d2	<b>D C B</b> s1,2,3 / d0,1,2	<b>A2</b> s1,2,3 / d0,1,2	<b>A1</b>
Small flame attack				
Single burning item or fully developed fire in a proximate room				
Fully developed fire in a room				

Type d'essai en laboratoire / classifications Euroclasses correspondantes

[Lien](#)

### **Essai à la petite flamme : NF EN ISO 11925-2**

L'allumabilité des produits de construction par incidence directe d'une petite flamme est évaluée en utilisant des éprouvettes soumises à l'essai en position verticale.

La norme NF EN ISO 11925-2 Février 2013 (« Essais de réaction au feu - Allumabilité des produits soumis à l'incidence directe de la flamme - Partie 2 : essai à l'aide d'une source à flamme unique ») spécifie une méthode d'essai permettant de déterminer l'allumabilité des produits par incidence directe d'une petite flamme sous éclairage énergétique nul, en utilisant des éprouvettes en position verticale. L'Annexe A fournit des informations sur la fidélité de la méthode d'essai.

La norme NF EN 13501-1+A1 Février 2013 (« Classement au feu des produits et éléments de construction - Partie 1 : classement à partir des données d'essais de réaction au feu ») fournit la procédure de classement en réaction au feu de tous les produits de construction, y compris les produits contenus dans les éléments de construction. Les produits sont considérés en fonction de leur utilisation finale.



[Lien](#)





### **Essai SBI (Single Burning Item) : NF EN 13823**

L'objectif est de mesurer les performances d'un produit de construction exposé à une sollicitation thermique provoquée par Objet Isolé en Feu via le débit calorifique, la propagation du front de flamme et le taux de développement de fumée.

L'essai d'objet isolé au feu (SBI), est une méthode d'essai pour déterminer la réaction au comportement au feu des produits de construction lorsqu'ils sont exposés à l'attaque thermique par un objet isolé au feu (un brûleur de bac à sable fourni avec propane). L'échantillon est monté sur un chariot positionné dans un cadre sous un système d'échappement. La réaction de l'échantillon au brûleur est contrôlée instrumentalement et visuellement. Les taux de dégagement de chaleur et de fumée sont mesurés instrumentalement et les caractéristiques physiques sont évaluées par l'observation.



[Lien](#)

### **Essai d'incombustibilité : NF EN ISO 1182**

Il permet de déterminer, dans des conditions spécifiées, les performances d'incombustibilité des produits de construction homogènes et hétérogènes.



[Lien](#)

### **PCI/PCS**

#### **Détermination de la chaleur de combustion : NF EN ISO 1716**

L'essai à la bombe calorimétrique permet de déterminer l'énergie dégagée par la combustion des produits de construction : pouvoir calorifique supérieur - PCS -, à volume constant ainsi que le pouvoir calorifique net -PCI.





[Lien](#)



## La balle de riz, un combustible ?

« Oui, la balle brûle, mais très très mal, grâce au taux de silice et au manque d'oxygène lors de la combustion. Chaque personne ayant essayé de mettre le feu à de la balle de riz avec une allumette sait à quel point il est difficile de déclencher la combustion. Ceci est en partie dû au fait que l'air ne circule pas bien à l'intérieur du tas de balle, et que l'oxygène nécessaire à la combustion ne se renouvelle pas suffisamment vite pour entretenir une bonne combustion. Le feu couve. La densité de la balle de riz est comparable directement à celle d'une botte de paille. Ceux qui ont essayé de mettre le feu à une botte de paille comprendront facilement le problème de la disponibilité de l'oxygène. A température ambiante, la balle de riz est un retardateur de flamme. Une allumette jetée sur un tas de balle va généralement brûler intégralement sans déclencher la combustion de la balle. La balle de riz ne nécessite pas de retardateur de flamme ». [Lien Rice Hull House](#) (traduction).



## Essais d'allumabilité

---

### Botte de paille (R'FCP)

---

Des essais d'allumabilité de la paille ont été réalisés au FCBA selon la méthode indiquée dans la norme NF EN ISO 11925-2, par le département physique (Véronique Georges, Jean-Marie Gaillard).

Des mini bottes de pailles (89\*250\*60 mm) ont été réalisés, placées dans un cadre en bois et conditionnées à 50% d'humidité relative à 23°C, selon la norme NF EN 13238. La masse surfacique apparente des échantillons était de 9 kg/m<sup>2</sup>.

Une flamme est appliquée sur la face et sur le bord du produit à tester pendant 15 secondes. Après le retrait du brûleur, une observation visuelle pendant 20 secondes permet de déterminer s'il y a inflammation, le temps où la flamme persistante a dépassé la hauteur de 150 mm et la présence éventuelle de gouttelettes enflammées.

---

### Balle de riz

---

Les essais en laboratoire ayant un coût non négligeable, des essais simples permettent de se convaincre de la difficulté d'enflammer de la balle de riz. Voir la vidéo ([Lien1](#), dropbox).



---

### Autres balles

---

Aucune donnée.



## Essais SBI

---

### Balle de riz

---

A compléter.

---

### Autres balles

---

Aucune donnée.



## PCI/PCS (pouvoir calorifique)

### Balle de riz

#### Rappels

1 joule = 0,239005736 calorie.

Pouvoir calorifique supérieur = PCS (MJ/kg ou kcal/kg).

Pouvoir calorifique inférieur = PCI (MJ/kg ou kcal/kg).

#### Evolution avec le taux d'humidité

Taux d'humidité (%)	PCI (MJ/kg)
0	19,880
10	17,644
20	15,412
30	13,180
40	10,947
50	8,715
60	6,413

[Lien](#)

#### Différentes mesures effectuées

PCI/PCS	Kcal/kg	MJ/kg	Source
PCS		15.5 ⇔ 16.2	<a href="#">Kaupp (Thibault)</a>
PCS		14	<a href="#">Cruz (Thibault)</a>
PCS		14.7 ⇔ 18.3	<a href="#">Mansaray et Ghaly (6 variétés de riz)</a>
?	3100 ⇔ 3200	13 ⇔ 15	<a href="#">Silos de Tourtoulouen</a>
?	3140		<a href="#">IRRI</a>

PCI/PCS (MJ/kg)	Analyse ultime	Bombe calorimétrique	Analyse bromatologique
PCS bs	15.58	12.70	12.04
PCI bs	14.42	-	-
PCI bh	13.50	-	-

[Lien](#)

### Autres balles

Aucune donnée.



## Autres essais

---

### Essais réalisés aux Etats-Unis

---

Des essais ont été conduits sur de la balle de riz étuvée en 2003 par le RDS (R&D Service, Etats-Unis) et par Omega Point Laboratories of Elmendorf (Texas) dans le cadre de la construction de la « Rice Hull House ». [Lien1](#). [Lien2](#). Les essais ont démontré que la balle de riz brute, sans transformation, sans ajouts de produits chimiques, constituait un matériau isolant de type 1/classe A (ASTM C764), c'est-à-dire qu'il « peut être utilisé dans des applications « à l'air libre », sans avoir à y ajouter un ignifugeant.

Les mesures suivantes ont été effectuées :

- CRF : « Critical Radiant Flux Test » (ASTM C739/E970-89).
- « Smoldering Combustion Test » (ASTM C739, Section 14)
- « Surface Burning Characteristics Test » (ASTM E84-03, [Lien](#))
  - FSI : « Flame Spread Index »
  - SDI : « Smoke Development Index»

#### **CRF (« critical radiant flux »)**

Le CRF (« critical radiant flux ») moyen vaut 0,29 W/cm. Trois échantillons ont été testés selon la méthode ASTM E970. Le coefficient moyen CRF était de 0,29 W/cm (0.28, 0.29, 0.31), la déviation standard était de 0.015, et le coefficient de variation était de 0.05. Les 3 échantillons ont facilement réussi le test. [Lien](#).

#### **« Smoldering Combustion Test »**

Trois échantillons ont été testés selon la méthode ASTM C739, section 14. L'échantillon 1 a montré une perte de poids de 0.07%. Les échantillons 2 et 3 ont montré une perte de poids de 0.03%. Les 3 échantillons ont réussi le test. Le « smoldering combustion weight loss » varie entre 0,03 et 0,07%. [Lien](#).

#### **« Surface Burning Characteristics Test »**

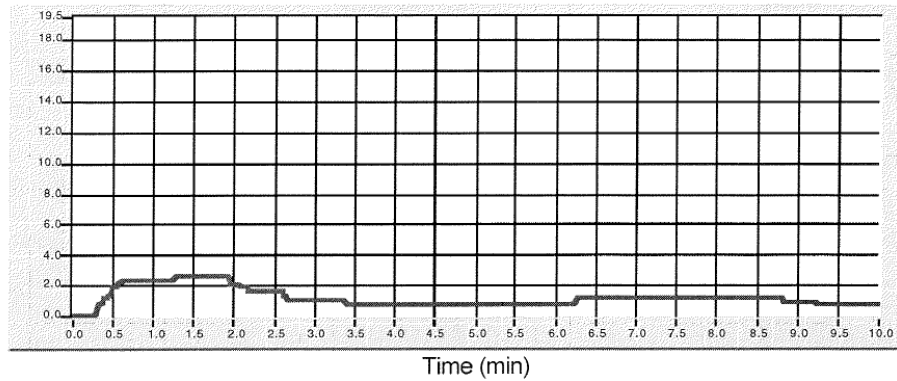
Les deux essais suivants ont été réalisés par Omega Point Laboratories of Elmendorf, Texas. [Lien](#). Une copie du rapport est donnée dans la [dropbox](#).

#### **FSI (« Flame Spread Index »)**

Le code de la construction des Etats-Unis exige un FSI (« Flame Spread Index ») inférieur à 25. Celui de la balle de riz a été mesuré par le laboratoire à 10. [Lien](#).



### FLAME SPREAD (ft)

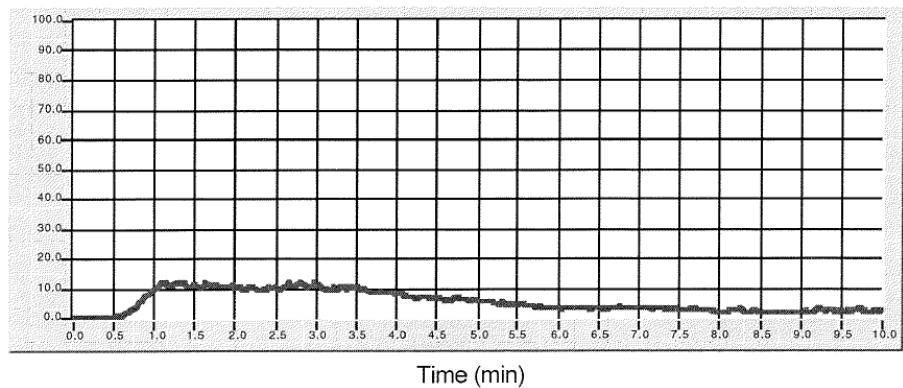


Extrait rapport « 15498 - 114941 »

### SDI (« Smoke Development Index»)

Le code de la construction des Etats-Unis exige un SDI (« Smoke Development Index») inférieur à 450. Celui de la balle de riz a été mesuré par le laboratoire à 50. [Lien](#).

### Smoke (%A)



Extrait rapport « 15498 - 114941 »



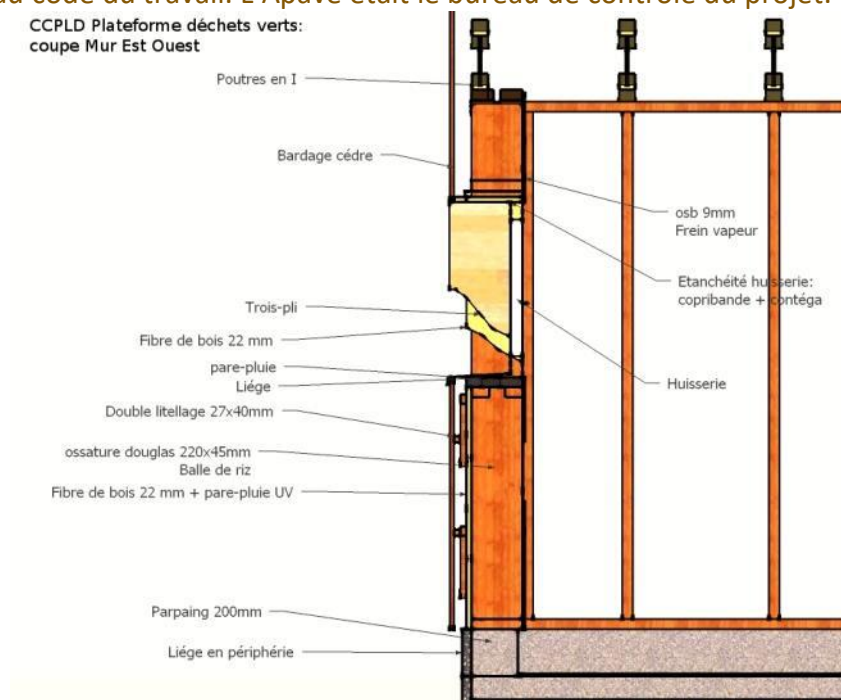


## Bâtiments « recevant du public »

### CCPLD (2013)

La CCPLD, c'est la Communauté des comuns Provence Luberon Durance. Le bureau du gardien de la plateforme de tri déchets verts a été construit en 2013 par Le Village (Cavaillon).

Ce bâtiment est soumis au code du travail. L'Apave était le bureau de contrôle du projet.



Coupe mur Est-Ouest (APTE)

Vous retrouverez plus d'informations sur ce chantier en cliquant [ici](#).

### Salle communale d'Aubenas les Alpes (2014)

La salle communale d'Aubenas les Alpes est soumise au code du travail et au règlement de sécurité contre l'incendie relatif aux établissements recevant du public et notamment à l'article AM8 (arrêté du 6 octobre 2004) qui impose des isolants A2-s2, d0 (voir Les Euroclasses).

Dans le cas où les isolants ne disposent pas de classement au feu (c'est le cas de la balle de riz), un écran thermique est demandé sur la face exposée à un feu intérieur. Un OSB de 18 pour les parois verticales et un OSB de 35 pour les parois horizontales sont conformes.

Le chantier d'isolation s'est terminé début 2015. La balle de riz a été mise en œuvre en plancher et plafond.

Le bureau de contrôle du projet est l'Apave (agence de Gap).

Vous retrouverez plus d'informations sur ce chantier en cliquant [ici](#).



---

## **Pôle éducatif Gignac la Nerthe (2019)**

---

A compléter

---

## **Collège Remoulins (2020)**

---

A compléter



## Annexes

### La cendre de balle de riz (RHA)

#### Taux de cendres

Lorsque la balle de riz est brûlée, le taux de cendre est de 17 à 26%, beaucoup plus que le bois (0,2 à 2%, 12.2% pour le charbon et 19.2 % pour la paille de riz. [Lien IRRI](#).

Taux de cendres (%)	Sources
10 à 12	<a href="#">Silos de Tourtoulen</a>
15.5	<a href="#">Kaupp</a> (Thibault)
23.5	<a href="#">Cruz</a> (Thibault)
20.29	<a href="#">Beagle</a> (Thibault)
19.6	<a href="#">IRRI</a> , moyenne de 11 auteurs

#### Composition des cendres

##### Taux de silice dans les cendres

Taux de silice dans les cendres (%)	Sources
90%	<a href="#">Silos de Tourtoulen</a>

##### Composition des cendres (hors carbone)

Composition chimique	Balle de riz
SO <sub>2</sub>	86 - 97.3
K <sub>2</sub> O	0.58 - 2.5
Na <sub>2</sub> O	0.0 - 1.75
CO	0.2 - 1.5
MO	0.12 - 1.96
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	trace - 0.54
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.2 - 2.85
SO <sub>3</sub>	0.1 - 1.13
Cl	trace - 0.42

(Source: Houston, 1972)

#### Température de fusion des cendres

La température de fusion de la cendre de balle de riz (RHA) est de 1439°C. [Lien](#).

