



Comportement au feu de gazons synthétiques à différentes échelles

Angeline Paturel , Mathilde Casetta, Sophie Duquesne,

28èmes journées du GDR Feux

03 et 04 décembre 2020

Laboratoire Energies & Mécanique Théorique et Appliquée

Context

European artificial turf market: 45 million m²/year.



Sports fields



*Landscaping
(outdoor, balconies,...)*



*Indoor use
(kid playground, event hall, ...)*

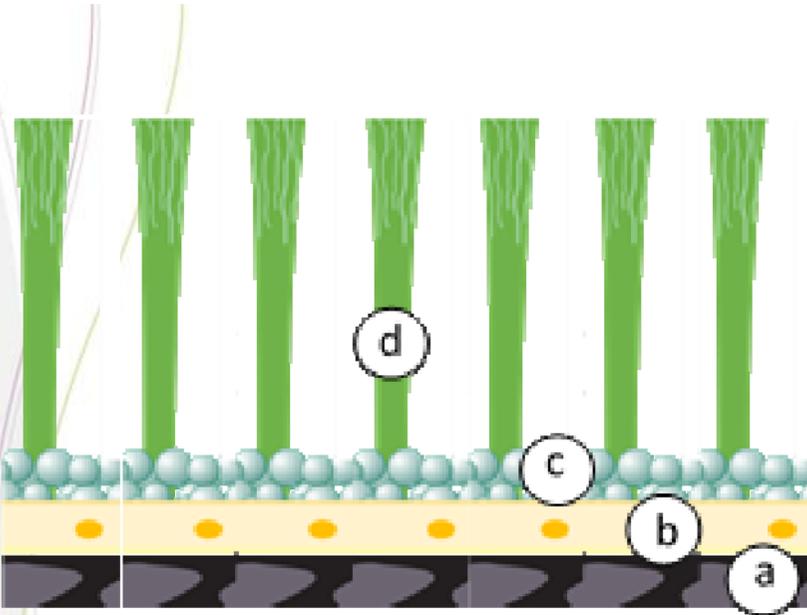
Advantages: Cost savings

- Less maintenance
- Usable in all weather conditions
- Durability
- No need to mow, to use water and pesticides



Artificial turf: sports structures

Complex and multilayered material



- a : Backing (PP / PET)
- b : Sand
- c : Performance layer (infill)
- d : Straight pile (PE)

Mainly composed of organic materials

- Highly flammable
- Dense and toxic smokes



Playground, Alaska, April 2017



Synthetic sport turf, Westfields, March 2011



Deliberately set fire causes extensive damage to artificial turf field next to Nanaimo school





Standard – Radiant Panel

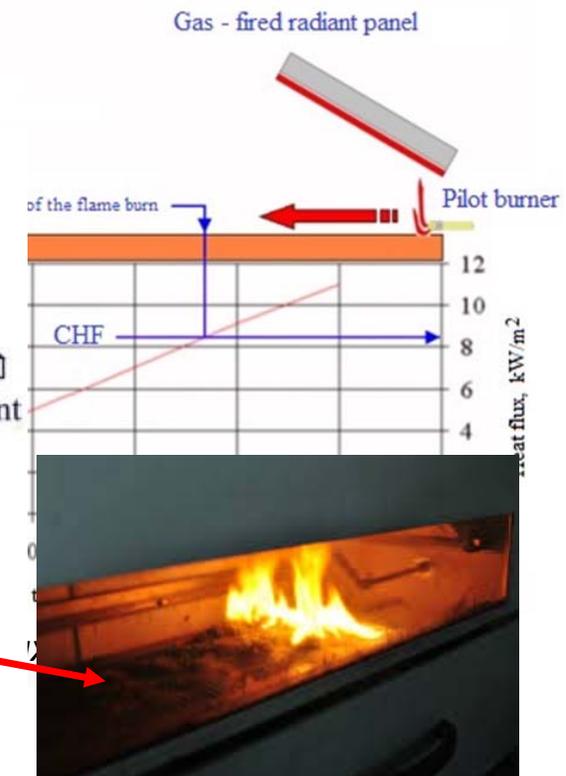
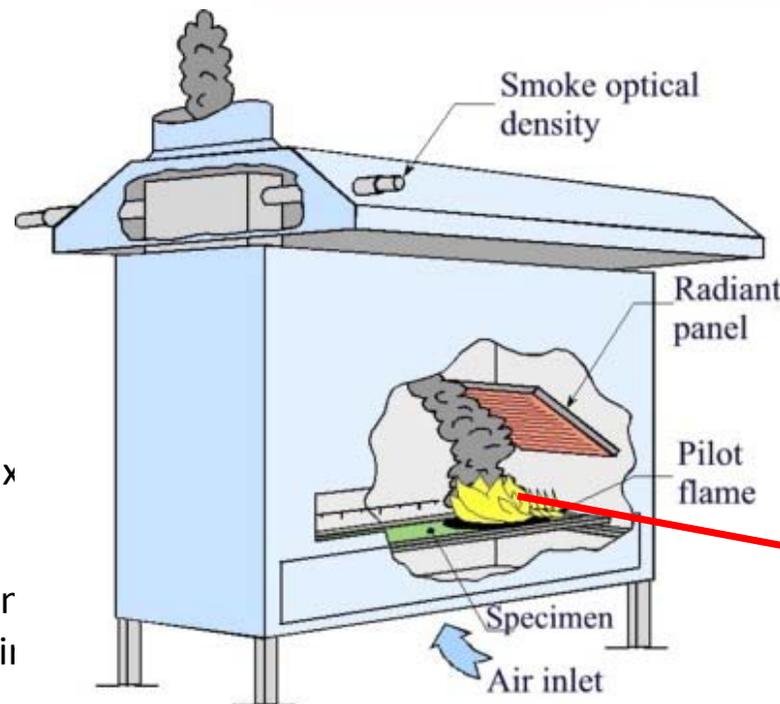
Radiant panel test EN ISO 9239-1

→ Evaluation of the fire behaviour of floorings exposed to an energy flux gradient

- Flame propagation
- Smoke density
- Max test duration : 30 min
- Specimen size : (1050 x 230) mm²

→ Determination of the critical heat flux

- Point where the flame ceases to advance
- Position of the front flame after 30 min



Radiant panel test EN ISO 9239-1



Classifications of fire performances

Class of reaction to fire performance for floorings

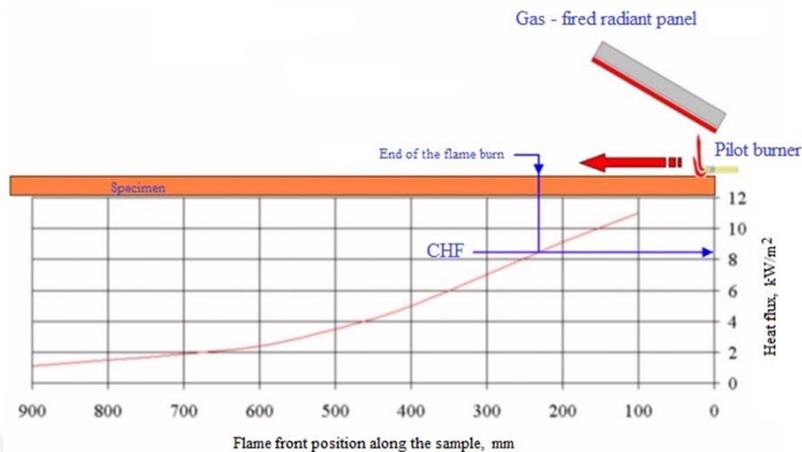
Class	Test method	Classification criteria	Additional requirements
B _{FL}	Radiant panel test	CHF ≥ 8 kW/m ²	Smoke ≤ 750%.min (s1)
C _{FL}	Radiant panel test	CHF ≥ 4.5 kW/m ²	Smoke ≤ 750%.min (s1)
D _{FL}	Radiant panel test	CHF ≥ 3 kW/m ²	Smoke ≤ 750%.min (s1)
E _{FL} / F _{FL}	No performance determined for the radiant panel test		



Indoor applications

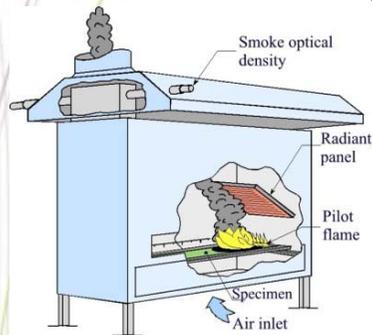
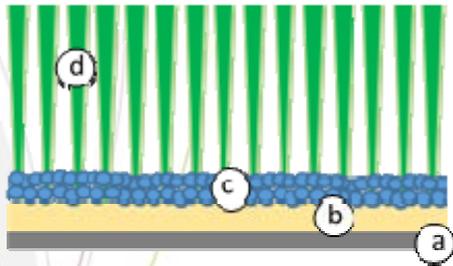


Outdoor applications

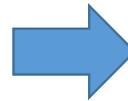


Minimum C : CHF ≥ 4.5 kW/m²
 → Burnt length about 420 mm max
 → Smoke rate S1 ≤ 750 %.min

How to improve FR behaviour?



Complex structure



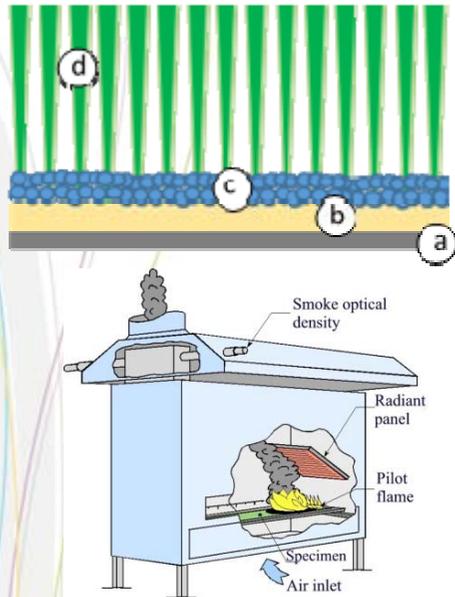
Large-scale test

Goal :

Develop fireproof artificial turf, using processes with minimal impact on the environment and applicable industrially

- ❖ **Axe 1** : Study of the contribution of the components
- ❖ **Axe 2** : Development of a Lab-Scale Test

How to improve FR behaviour?



Complex structure



Large-scale test

Axe 1 → **The infill is the most important parameters to consider**

SBR



Cork



TPE



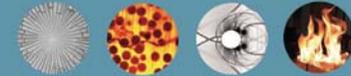
EPDM



26èmes rencontres du GDR Feux
06 et 07 juin 2019
IUSTI – Marseille

IUSTI UMR 7343

Institut Universitaire des Systèmes Thermiques et Industriels



GRASS

Angeline PATUREL¹, Sophie DUQUESNE¹, Mathilde CASETTA^{1*}, Ludovic JANUS¹, Olivier TALON², Nicolas MARTIN³, Stijn RAMBOUR⁴, Johanna LOUWAGIE⁴, Geert DE CLERCK⁴

¹ Univ. Lille, CNRS, INRA, ENSCI, UMR 8207 - UMET - Unité Matériaux et Transformations, F-59000 Lille, France

² Materia Nova, Parc Arénalis, Avenue Copernic, 3, 70000 Mont

³ UP-Text - 4J rue des Métaisages CS 70314 - 39136 TOURCOING Cedex - France

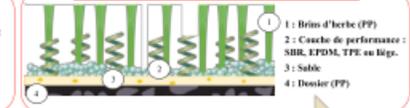
⁴ UGent - Technologiepark 907 - 9002 Ghent

Comportement au feu de gazons synthétiques

Contexte

Marché européen du gazon artificiel : 45 millions de m²/an.
Principalement composé de polymères organiques : risque d'incendie très important.
Conséquences potentiellement catastrophiques : fumées denses et toxiques.
Protection contre le feu : incorporation de sable dans la structure du gazon
→ empêche le recyclage.
Les solutions d'ignifugation actuelles ne sont donc pas totalement satisfaisantes.

Structure du gazon artificiel



Objectif : Développer des procédés d'ignifugation innovants, durables et respectueux de l'environnement.

Etude de la contribution de chaque constituant du gazon artificiel vis-à-vis de son comportement au feu

Etude de l'évolution des fumées dégagées au cours des essais

Corrélations entre les tests MLC et les tests à l'EN ISO 9239-1

Etude effectuée au MLC

Calorimétrie de perte massique (MLC)
Mesure du débit calorifique : Couplage avec un spectromètre pour la mesure de l'opacité des fumées



Influence majeure du dossier dans le comportement au feu
→ Sable : protection stabilisante

SBR et EPDM :
→ pRRR plus élevé pour la structure due à la combustion des brins.
→ Étalement lent de la flamme par le sable : extinction plus rapide

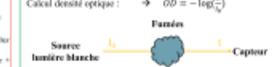
TPE :
→ pRRR plus élevé pour la structure due à la combustion des brins.
→ Étalement lent de la flamme par le sable : extinction plus rapide

Léger :
→ pRRR plus faible pour la structure due à la combustion des brins.
→ Combustion tardive

Graphs showing heat release rate and mass loss rate for different materials.

Analyseur de densité des fumées

Mesure du VOF (volume of fumes), soit l'évolution des fumées dégagées au cours de l'essai.
Calcul densité optique : $OD = -\log(\frac{I}{I_0})$



Influence majeure du dossier dans le comportement au feu

SBR :
→ Dégagement de fumées dépendant entre le SBR seul et la structure : pas d'influence de la structure

EPDM et TPE :
→ Dégagement de fumées supérieur pour la structure : influence des brins du tapis sur l'émission de fumées

Léger :
→ Dégagement de fumées supérieur pour la structure : influence des brins du tapis sur l'émission de fumées

Graphs showing smoke density over time for different materials.

Etude effectuée au EN ISO 9239-1

Mesure de la largeur brûlée et du temps de propagation de la flamme
Couplage avec un spectromètre pour la mesure de l'opacité des fumées



Influence majeure du dossier dans le comportement au feu de la structure

→ Intégrité de sable pour diminuer les quantités de chaleur dégagée ainsi que les fumées.

→ Corrélations entre les volumes de fumées émis lors des tests MLC et des tests EN ISO 9239-1, ainsi qu'entre les valeurs de chaleur dégagée maximales et les longueurs brûlées.

→ Développer des solutions techniques pour l'ignifugation de gazons artificiels à partir du test EN ISO 9239-1

→ Améliorer / Optimiser les formulations ignifugées

Conclusions / Perspectives

Partenaires du projet



Partenaires associés

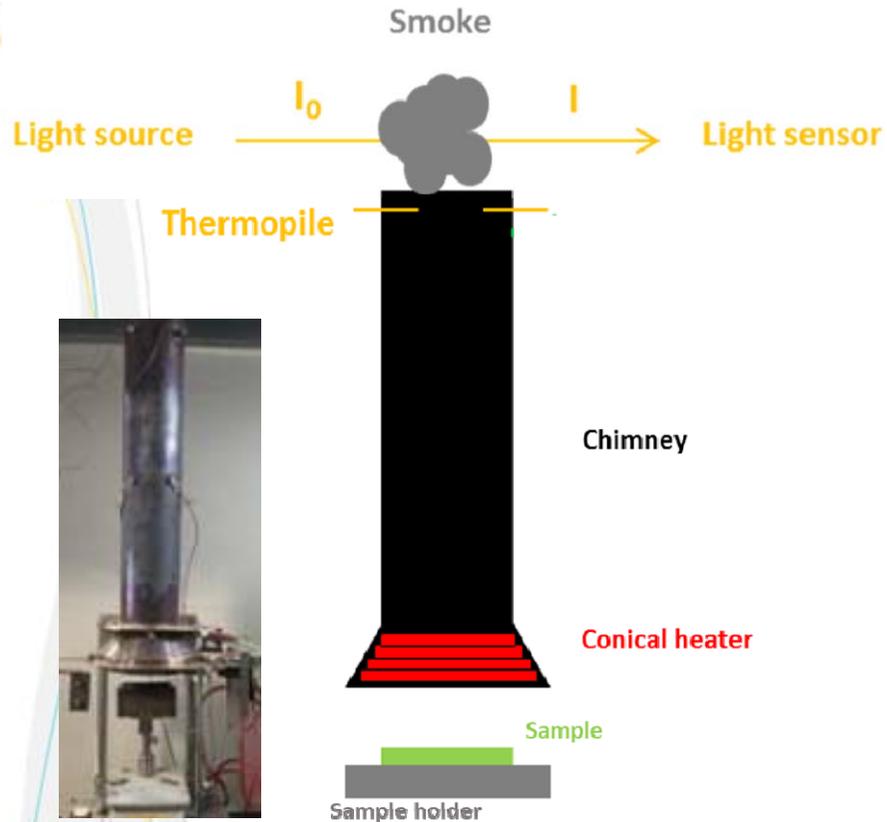


Contact correspondant : mathMLC@univ-lille.fr

AVEC LE SOUTIEN DU FONDS EUROPÉEN DE DÉVELOPPEMENT RÉGIONAL



Fire behaviour - MLC



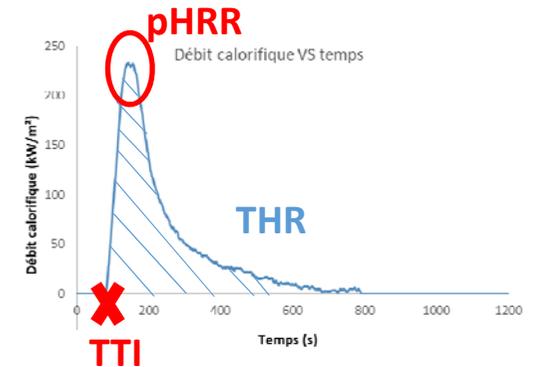
Essais complémentaires calorimètre à perte de masse (mass loss cone, MLC), couplé avec un analyseur de densité des fumées

Mass Loss Cone :

Essai de réaction au feu à l'échelle laboratoire qui fournit un scénario de combustion à ignition forcée; avec un flux radiatif de chaleur externe

Paramètres de travail :

- Flux : 25 kW/m²
- Distance : 35 mm



Valeurs mesurées :

- Quantité de chaleur maximale dégagée (pHRR)
- Quantité de chaleur totale dégagée (THR)
- Temps d'ignition (TTI)
- Opacité des fumées (TSP)

Effectuée au moins deux fois

Marge d'erreur de $\pm 10\%$ pour pHRR et THR; et $\pm 15\%$ pour TTI

Fire behavior of sports structures

Infill



Cork 20 mm

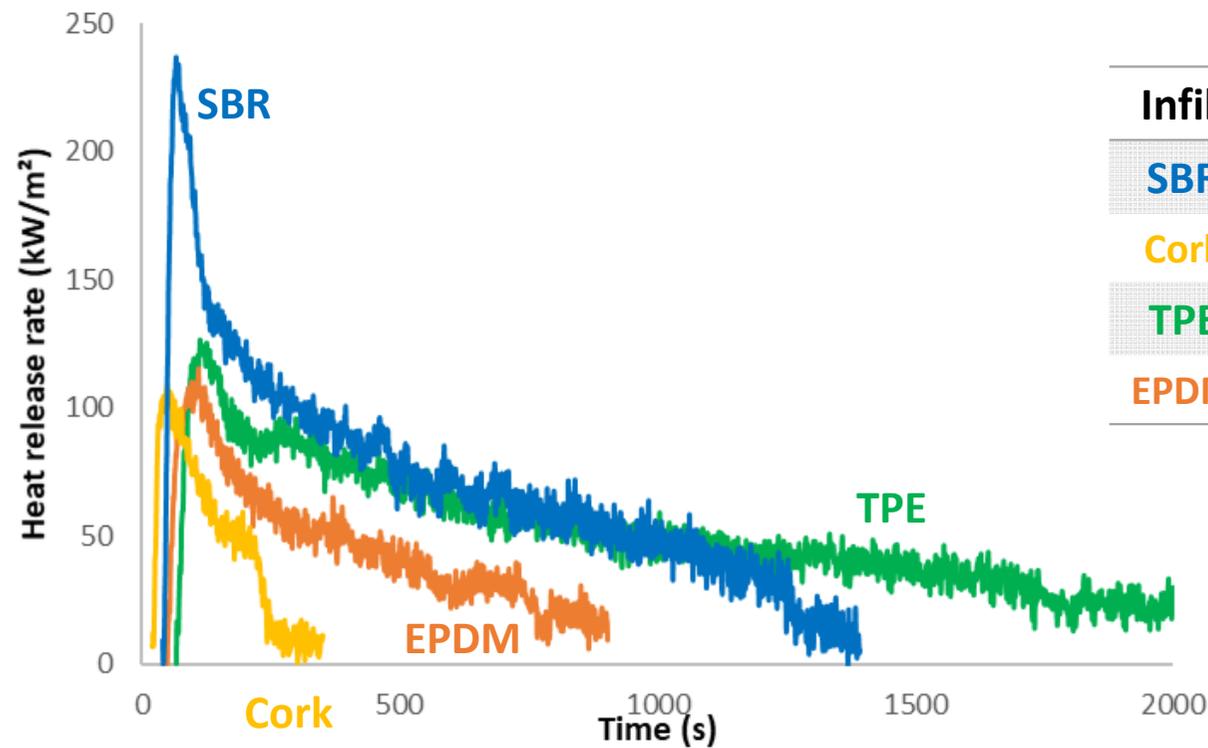
SBR 15 mm

EPDM 10 mm

TPE 5 mm



Fire behavior of infill alone



Infill	TTI (s)	pHRR (kW/m ²)	THR (MJ/m ²)
SBR	39	237	80
Cork	21	109	15
TPE	66	127	86
EPDM	47	115	39

→ Worst fire behavior according to the THR : TPE

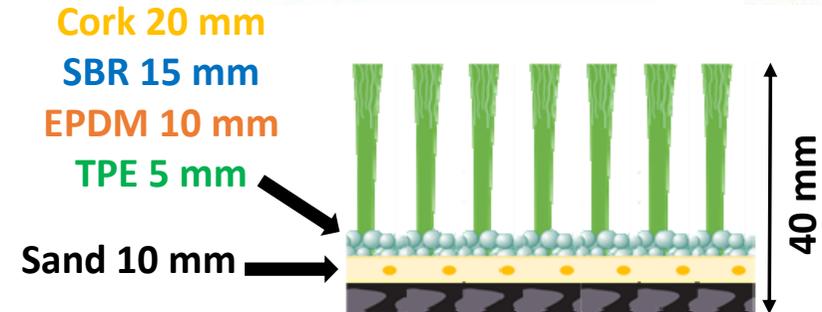
→ Worst fire behavior according to the pHRR : SBR

Fire behavior of sports structures

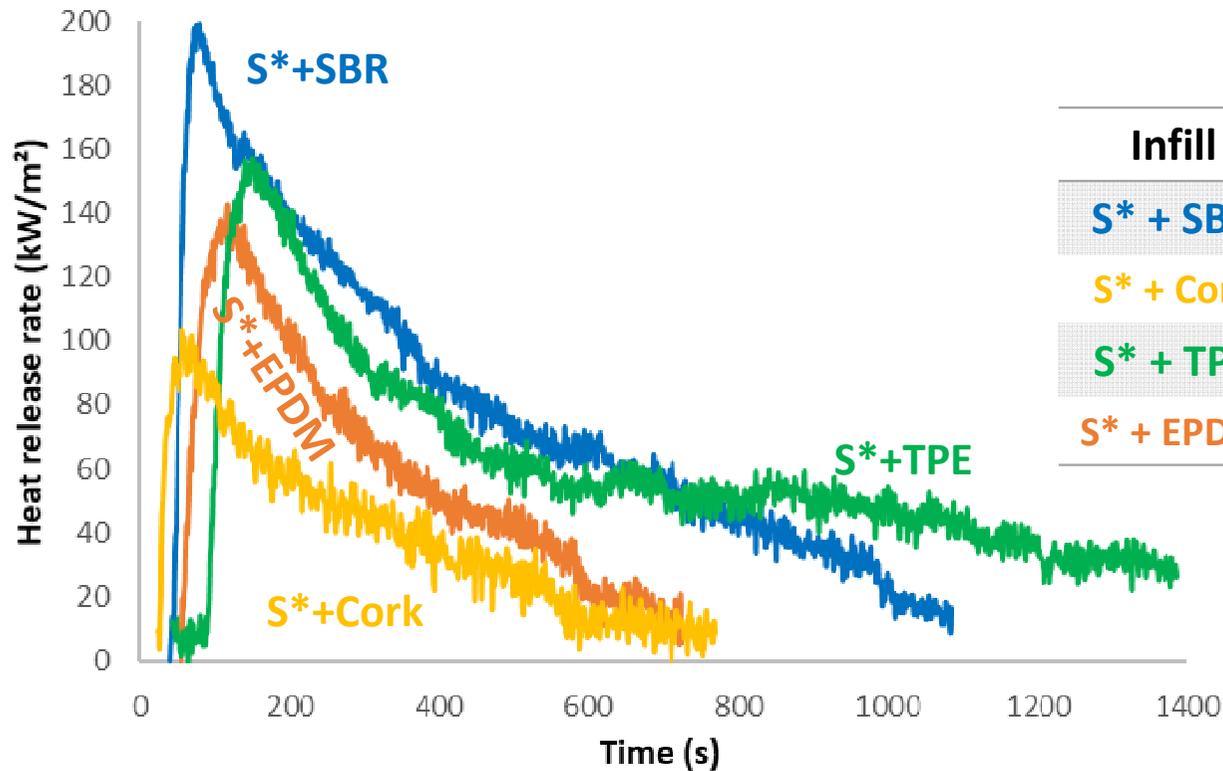
Full structures



GRASS



Fire behavior of infill integrated into the structure (S*)



Infill	TTI (s)	pHRR (kW/m ²)	THR (MJ/m ²)
S* + SBR	40	199	81
S* + Cork	24	103	30
S* + TPE	86	157	85
S* + EPDM	56	142	38

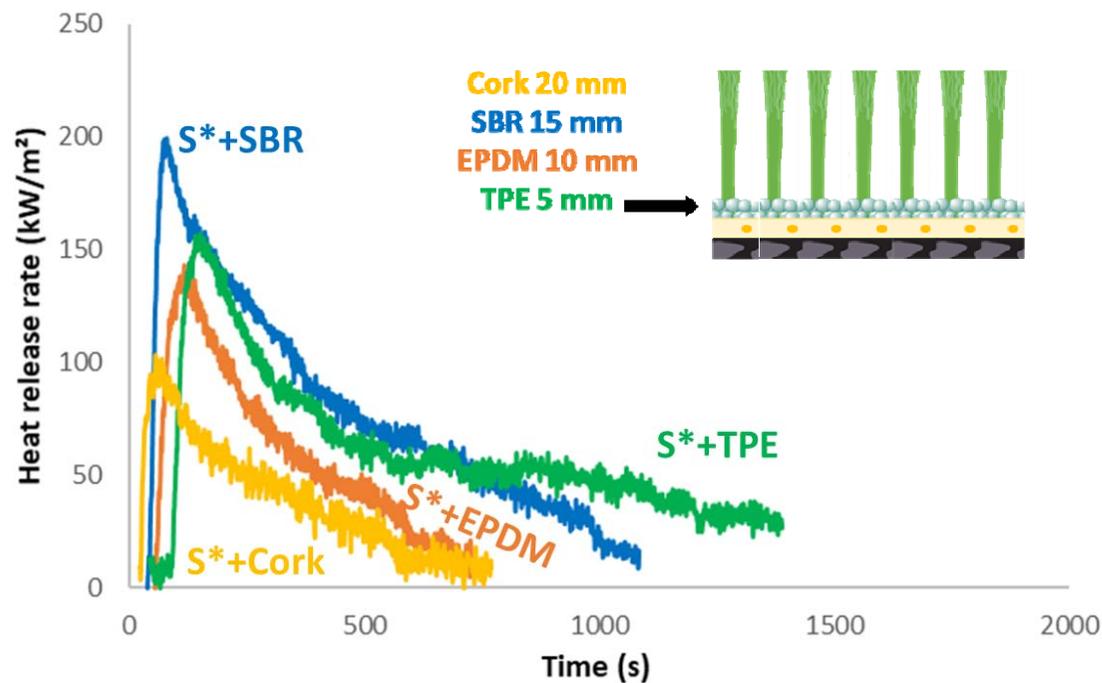
→ Worst fire behavior according to the THR : S*+TPE

→ Worst fire behavior according to the pHRR : S*+SBR



Fire behavior of sports structures

Comparison of the fire behavior of infill alone and integrated into the structure (S*)



TPE



Cork

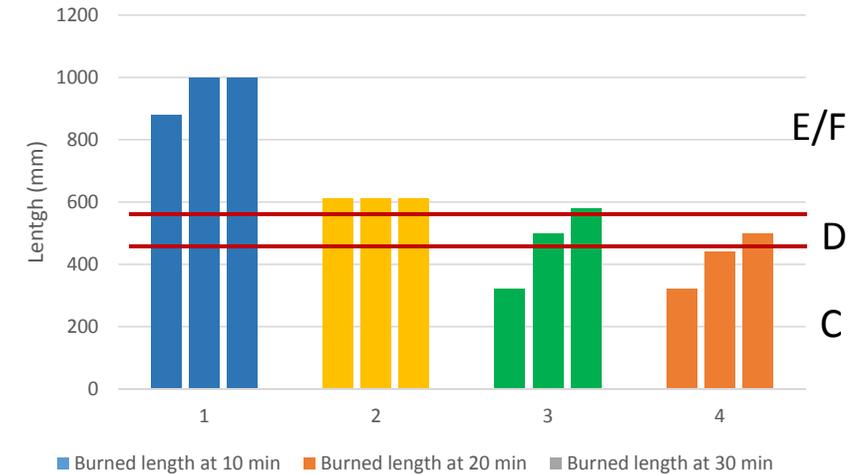
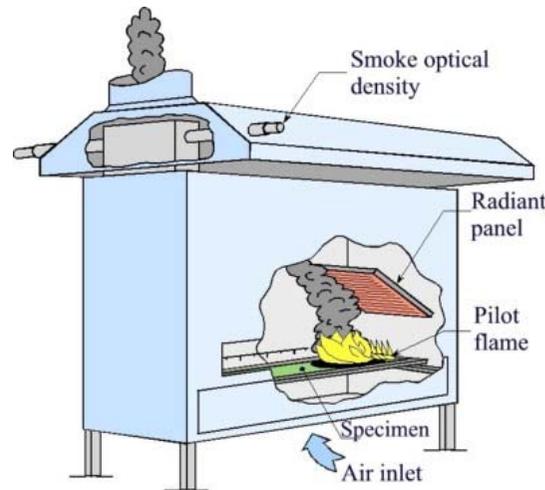
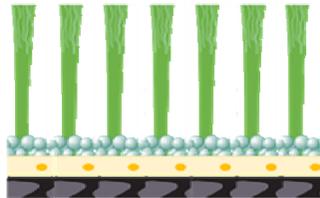


- In terms of pHRR and THR, TPE and SBR have the worst behavior while cork has the best one.
- Major contribution of infill in the fire behavior.

Test EN ISO 9239-1



Cork 20 mm
SBR 15 mm
EPDM 10 mm
TPE 5 mm



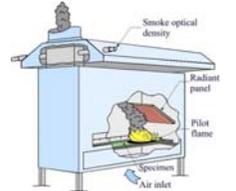
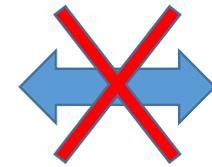
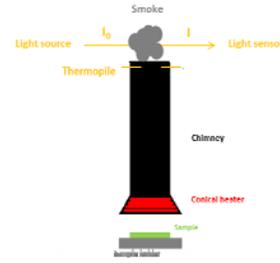
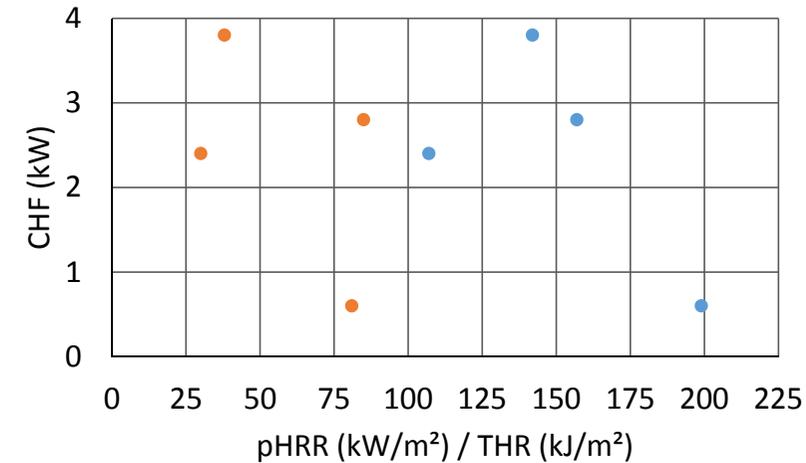
<i>Echantillon</i>	<i>S-SBR</i>	<i>S-Liège</i>	<i>S-TPE</i>	<i>S-EPDM</i>
Longueur brûlée après 10 min (mm)	880	610	320	320
Longueur brûlée après 20 min (mm)	1000	/	500	440
Longueur brûlée après 30 min (mm)	/	/	580	500
Longueur brûlée à l'extinction (mm)	1000	610	580	500
Temps brûlée	25min 42s	13min 42s	30min 0s	30min 0s
CHF (kW/m ²)	0.6	2.4	2.8	3.8
Fumée total à la fin de l'essai (%.min)	1098	133	153	93



Test EN ISO 9239-1 vs MLC

➤ Paramètres mesurés au MLC et au test normé EN ISO 9239-1 pour les structures complètes :

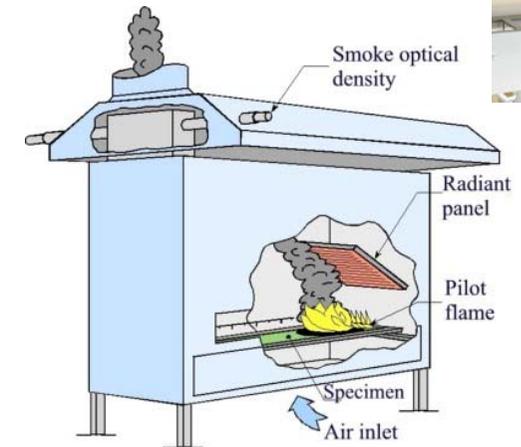
	Paramètres	E1	E3	E4	E5
MLC	TTI (s)	72	22	97	71
	pHRR (kW/m ²)	199	103	157	142
	THR (kW/m ²)	81	30	85	38
	Temps de combustion (min)	15,7	9,05	27,6	9
	Fumées totales (%.min)	381	11,4	45,1	36,5
EN ISO 9239-1	TTI (s)	129	123	234	147
	Longueur totale brûlée (mm)	1000	610	580	500
	CHF (kW/m ²)	0,6	2,4	2,8	3,8
	Fumées totales (%.min)	1098	133	153	93
			Fs2	Es1	Ds1



Lab-scale test



Montage / Développement du test EN ISO 9239-1 à échelle réduite



Echelle réduite :

→ Cartographie de flux à reproduire

→ Objectif : distances réduites mais flux de chaleur identiques

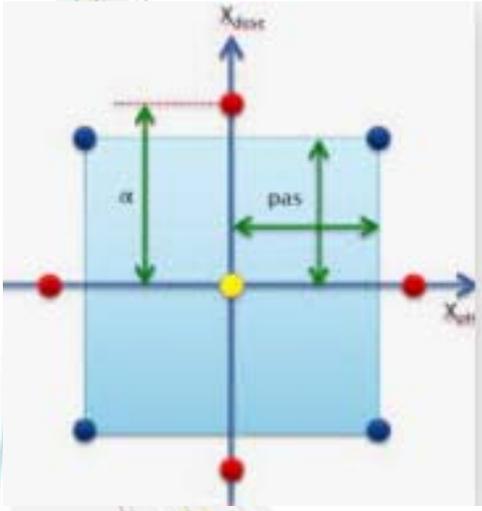
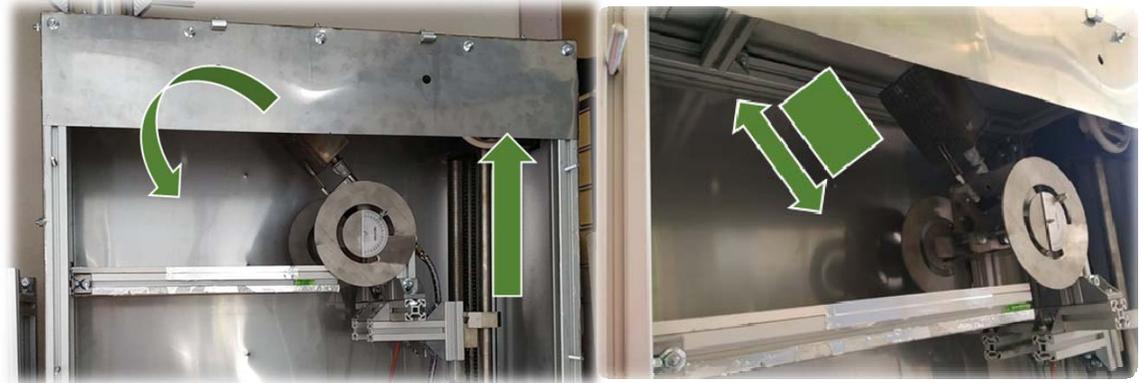
Lab-scale test



Montage / Développement du test EN ISO 9239-1 à échelle réduite

Plan d'expériences : 4 paramètres

- Inclinaison du panneau radiant : de 10 à 50 °
- Hauteur du panneau radiant : de 0 à 10 cm
- Pourcentage d'occultation : de 0 à 60 %
- Flux de propane : de 200 à 500 L/h



<u>Coded variables</u>	<u>Parameters</u>	<u>Levels</u>				
		-2	-1	0	+1	+2
X ₁	U ₁ : Radiant panel inclination (°)	10	20	30	40	50
X ₂	U ₂ : Radiant panel <u>concealment</u> (%)	0	15	30	45	60
X ₃	U ₃ : Radiant panel height (cm)	0	2.5	5	7.5	10
X ₄	U ₄ : Propane flux (L/h)	200	275	350	425	500

Lab-scale test



Experiments	Run Order	X1	X2	X3	X4	U1 (°)	U2 (%)	U3 (cm)	U4 (L/h)	Y1 (kW/m ²)	Y2 (kW/m ²)	Y3 (kW/m ²)	Y4 (kW/m ²)	Y5 (kW/m ²)	Y6 (kW/m ²)	Y7 (kW/m ²)	Y8 (kW/m ²)	Y9 (kW/m ²)
1	8	-1	-1	-1	-1	20	15	2.5	275	13.6	11.2	8.4	6.7	4.8	3.9	3.4	2.7	2.4
2	9	1	-1	-1	-1	40	15	2.5	275	7.4	6.6	5.4	4.7	4.1	3.7	3.4	3	2.8
3	17	-1	1	-1	-1	20	45	2.5	275	12.7	9.6	6.9	5.5	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2
4	18	1	1	-1	-1	40	45	2.5	275	7.6	6.6	5.4	4.7	4	3.6	3.1	2.9	2.6
5	10	-1	-1	1	-1	20	15	7.5	275	9.8	8.8	7.2	6.2	5	4.1	3.7	3.2	2.9
6	15	1	-1	1	-1	40	15	7.5	275	7	6.5	5.6	5.2	4.6	4.2	3.8	3.5	3.3
7	19	-1	1	1	-1	20	45	7.5	275	9.2	7.8	6.4	5.4	4.5	3.8	3.3	2.9	2.6
8	24	1	1	1	-1	40	45	7.5	275	6.6	6.1	5.2	4.8	4.2	3.8	3.5	3.2	2.9
9	11	-1	-1	-1	1	20	15	2.5	425	19.2	15.7	11.3	9.3	7.1	5.7	4.8	4.2	3.8
10	12	1	-1	-1	1	40	15	2.5	425	11	9.8	7.9	7.2	6.2	5.5	5	4.6	4.3
11	20	-1	1	-1	1	20	45	2.5	425	16	12.9	9	7.6	5.7	4.7	3.9	3.4	3.1
12	21	1	1	-1	1	40	45	2.5	425	9.7	8.3	6.9	6.1	5.4	4.7	4.3	3.9	3.6
13	13	-1	-1	1	1	20	15	7.5	425	13.8	11.8	9.7	8.3	7.1	6	5.4	4.7	4.3
14	14	1	-1	1	1	40	15	7.5	425	9.6	8.8	7.7	7.3	6.5	6.1	5.6	5.2	4.8
15	22	-1	1	1	1	20	45	7.5	425	11.9	10.5	8.4	7.5	6.2	5.2	4.7	4.2	3.8
16	23	1	1	1	1	40	45	7.5	425	8.6	7.7	6.9	6.4	6.1	5.3	4.9	4.5	4.2
17	2	-2	0	0	0	10	30	5	350	17.1	13.7	9.0	7.4	5.4	4.1	3.3	2.7	2.4
18	3	2	0	0	0	50	30	5	350	6.3	5.8	4.8	4.6	4.2	4.0	3.8	3.6	3.4
19	26	0	-2	0	0	30	0	5	350	9.2	8.4	7.0	6.4	5.5	4.9	4.4	4.0	3.6
20	25	0	2	0	0	30	60	5	350	7.7	6.7	5.6	4.9	4.2	3.7	3.3	3.0	2.8
21	4	0	0	-2	0	30	30	0	350	12.5	10.0	7.5	6.3	5.0	4.1	3.6	3.3	2.9
22	5	0	0	2	0	30	30	10	350	8.2	8.2	6.9	6.5	5.6	5.1	4.7	4.5	4.1
23	6	0	0	0	-2	30	30	5	200	7.0	6.2	4.8	4.1	3.5	3.1	2.7	2.4	2.2
24	7	0	0	0	2	30	30	5	500	13.4	12.0	9.3	8.7	7.6	6.6	5.9	5.3	5.0
25	1	0	0	0	0	30	30	5	350	10.2	8.9	7.1	5.7	5.0	4.4	4.1	3.5	3.7
26	16	0	0	0	0	30	30	5	350	10.0	9.0	7.0	6.4	5.4	4.6	4.2	3.8	3.4
27	27	0	0	0	0	30	30	5	350	10.0	8.9	7.4	6.6	5.6	4.9	4.4	4.0	3.7

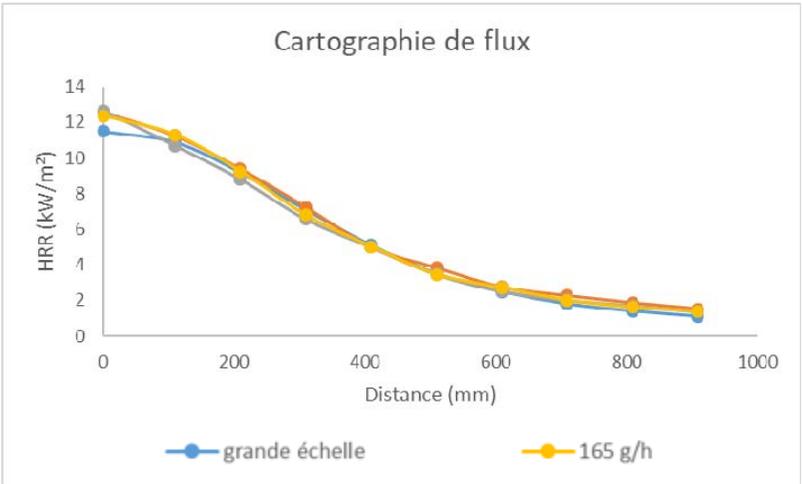
Lab-scale test



Montage / Développement du test EN ISO 9239-1 à échelle réduite

Paramètres optimaux : 3.5 cm, 10° and 165 g/h

Distance du point 0 (mm)		Cartographie échelle réelle (kW/m ²)	Cartographie échelle réduite (kW/m ²)
Echelle réelle	Echelle réduite		
110	36.7	10.9 ± 0.4	11.81 ± 0.2
210	70	9.2 ± 0.4	9.55 ± 0.25
310	103.3	7.1 ± 0.4	6.60 ± 0.31
410	136.7	5.1 ± 0.2	4.95 ± 0.16
510	170	3.5 ± 0.2	3.47 ± 0.08
610	203.3	2.5 ± 0.2	2.48 ± 0.05
710	236.7	1.8 ± 0.2	1.90 ± 0.02
810	270	1.4 ± 0.2	1.54 ± 0.02
910	303.3	1.1 ± 0.2	1.32 ± 0.01



Résultats satisfaisants:
Essais sur gazons artificiels

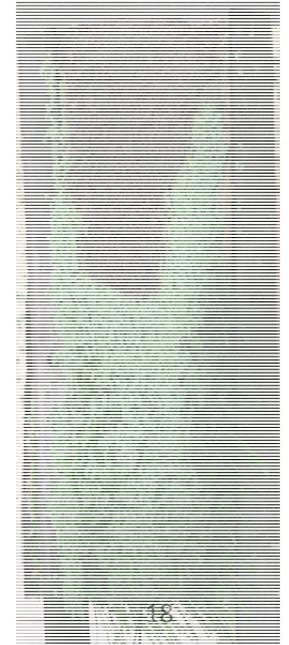
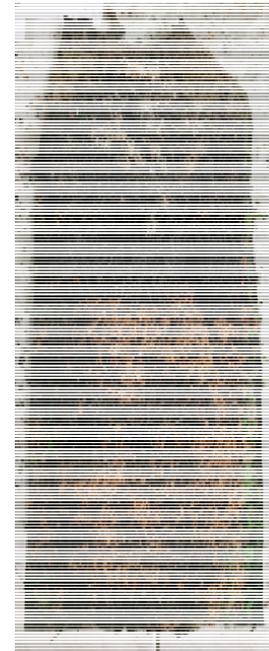


Tests feu au panneau radiant

Parmi, les 3, l'échantillon retenu est celui qui possède l'intensité de la radiation finale la plus faible (situation la plus critique).

Pour les lots 3 et 4 : ne brûle que en surface.

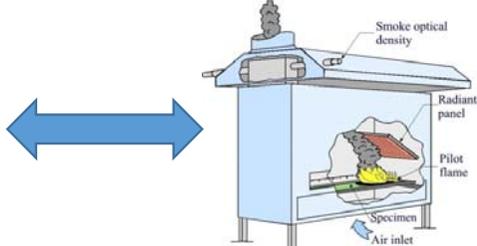
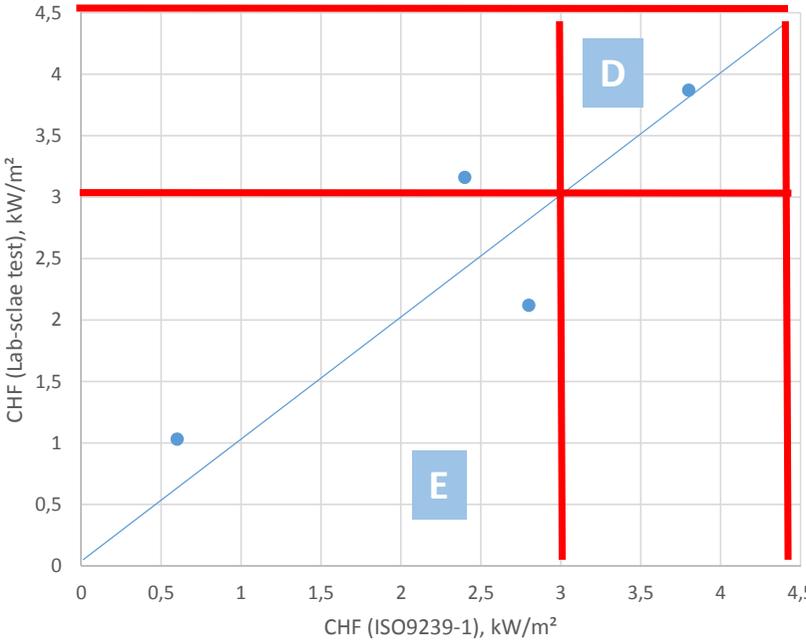
Paramètres mesurés	Lot 1 (SBR)	Lot 3 (liège)	Lot 4 (TPE)	Lot 5 (EPDM)
Classement	F	E	E	D
Fumées	S2	S1	S1	s1



Lab-scale test



	Paramètres	E1	E3	E4	E5
MLC	TTI (s)	72	22	97	71
	pHRR (kW/m ²)	131	58	96	84
	THR (kW/m ²)	32	10	45	18
	Temps de combustion (min)	15,7	9,05	27,6	9
	Fumées totales (%.min)	381	11,4	45,1	36,5
EN ISO 9239-1	TTI (s)	129	123	234	147
	Longueur totale brûlée (mm)	1000	610	580	500
	CHF (kW/m ²)	0,6	2,4	2,8	3,2
	Fumées totales (%.min)	1098	133	153	93
		Fs2	Es1	Es1	Ds1
Small scale test	Longueur brûlée à l'extinction (mm)	350	190	230	160
	CHF, Flux à l'extinction (kW/m ²)	1,03	3,16	2,12	3,87
	Fumées totales (%.min)	896	52	180	11
		Fs2	Es1	Es1	Ds1



Conclusions générales et perspectives



Axe 1

Comportement au feu

- Mise en évidence de l'importance du remplissage sur le comportement au feu de la structure
- THR et pHRR plus faibles pour le liège

Axe 2

Développement du test ISO 9239

- Détermination des **paramètres optimaux pour la transposition de la cartographie de flux** à l'échelle 1/3.

Validation du test ISO 9239

- **Validation du dispositif** en corrélant les résultats obtenus à petite et grande échelle.

Conclusions générales et perspectives



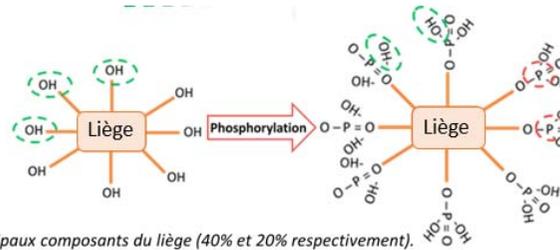
Axe 1

Comportement au feu

- Mise en évidence de l'importance du remplissage sur le comportement au feu de la structure
- THR et pHRR plus faibles pour le liège

Stratégies d'ignifugation

- Modification des granulés de liège par **phosphorylation**



Résultats attendus

- Amélioration de la stabilité thermique
- **Diminution** significative des **quantités de chaleur** dégagées pour le liège seul et dans la structure (MLC)
 - Valider l'intérêt du liège phosphorylé pour une application feu.
- Respect de la **classe C** au test ISO 9239.

Axe 2

Développement du test ISO 9239

- Détermination des **paramètres optimaux pour la transposition de la cartographie de flux** à l'échelle 1/3.

Validation du test ISO 9239

- **Validation du dispositif** en corrélant les résultats obtenus à petite et grande échelle.