



LABORATOIRE
SCIENCES POUR
L'ENVIRONNEMENT
UMR 6134 SPE



Présentation de la plateforme EXPLORII pour l'étude de la vulnérabilité des bâtiments aux interfaces forêt/habitat

V. Tihay-Felicelli, T. Barboni, F. Morandini, P.A. Santoni, A. Pieri, C. Luciani, B. Martinent, A. Graziani, Y. Perez-Ramirez, N. Chiaramonti

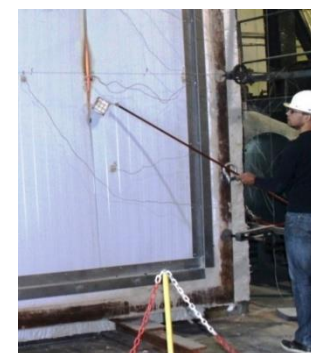
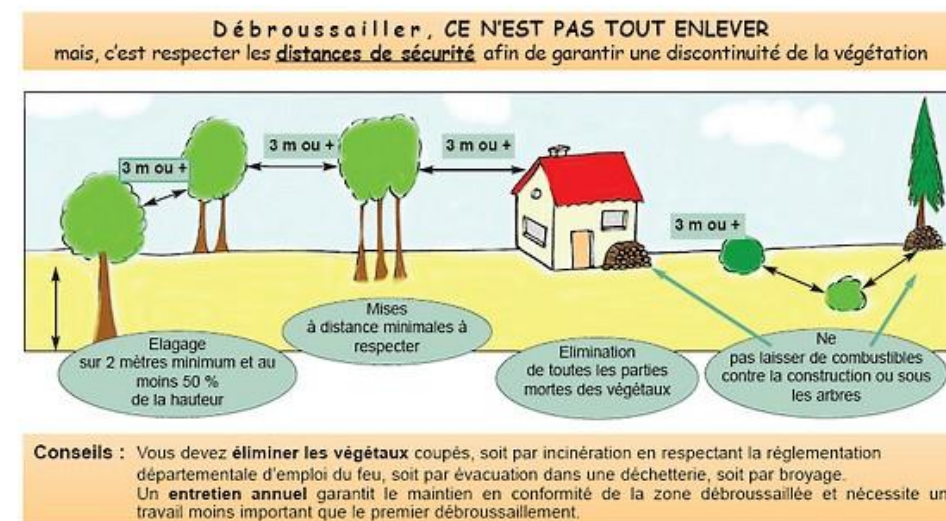
UMR CNRS 6134 SPE, Université de Corse, France

6 et 7 juillet 2023

La prévention du risque incendie aux interfaces forêt / habitat

1 sur 16

- Très variable suivant les pays
- Recommandations ou lois sur le positionnement des végétaux autour des constructions ou sur les mesures constructives
- Pour la France :
 - Obligations légales de débroussaillage (OLD) pour créer une discontinuité de la végétation
 - Sur une distance de 50 m autour des constructions (pouvant aller jusqu'à 100 m sur arrêté du maire)
 - Possibilité de conserver de la végétation autour des habitations : règles générales données par les arrêtés de débroussaillage (définies à dire d'expert)
 - Plans de Prévention des Risques d'Incendies de Forêt (PPRif) avec mesures constructives
 - Exemples : Dispositifs d'occultation des baies vitrées et murs avec durée coupe feu de 30 min, Revêtements de façades M0
 - Détermination de la réaction au feu non représentative des sollicitations thermiques des feux de végétation



La prévention du risque incendie aux interfaces forêt / habitat

2 sur 16

- Pas de consensus mondial

Italie (Piano AIB) :

Bande pare – feu entre 5 et 50 m
Espace défensif (Toscane)

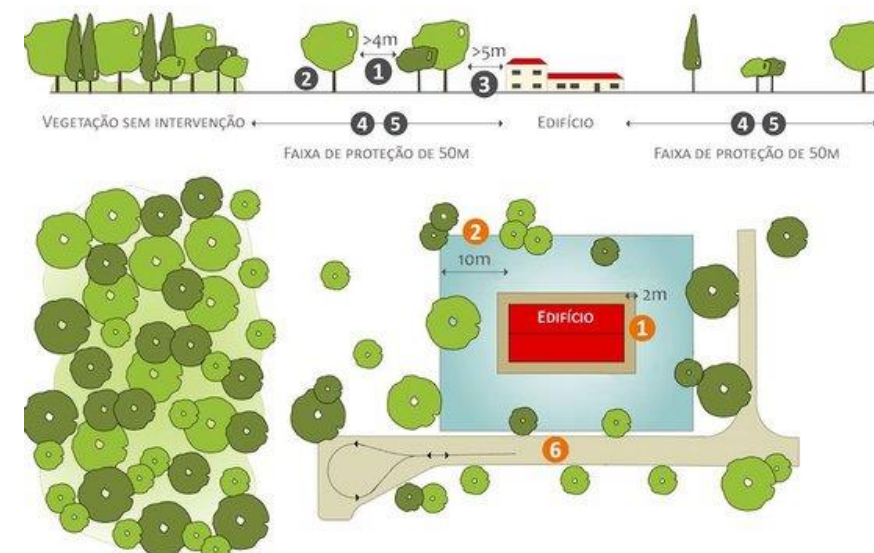
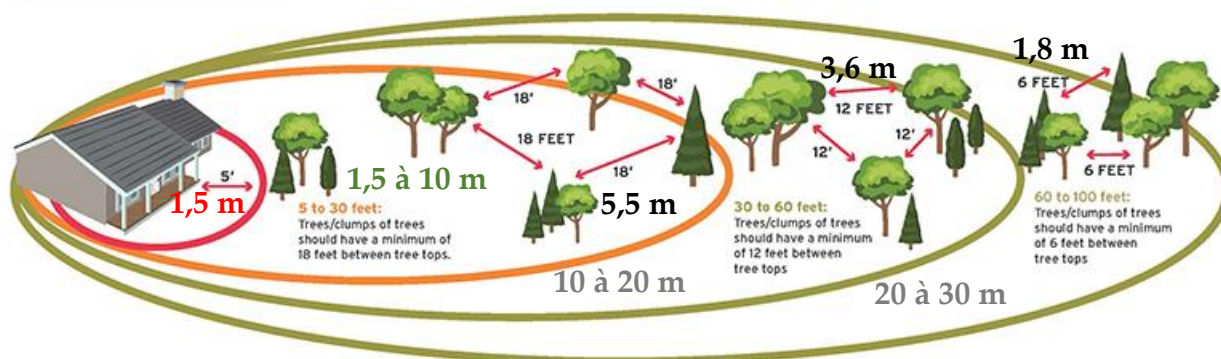
Etats Unis (NFPA) :

- 1,5 m sans combustible
- Distance débroussaillée : 30 m
- Distance entre végétaux entre 1,8 et 5,5 m

Portugal :

- 1 à 2 m sans combustible
- Distance débroussaillée : 50 m
- Distance entre végétaux : 4 m (10 m pour les pins)
- 5 m entre arbres/habitation

TREE SPACING



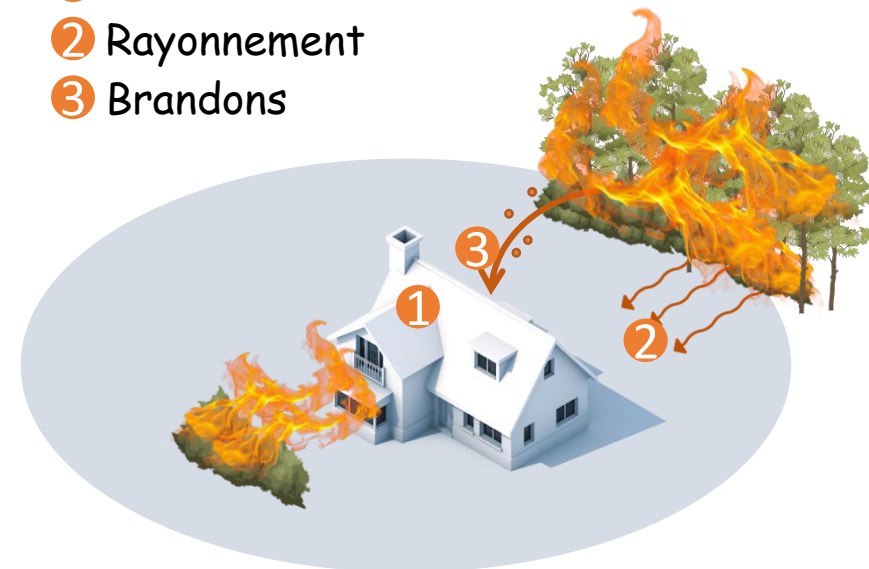
La prévention du risque incendie aux interfaces forêt / habitat

3 sur 16

- Effet dévastateur des grands incendies
- Faiblesses des moyens de prévention mis en place (lois, recommandations, codes du bâtiment...)
- Besoin de données fiables dans des conditions proches de feux réels pour :
 - Rendre les structures plus résistantes au feu, en tenant compte des sollicitations thermiques typiques d'un incendie de végétation
 - Mieux définir les aménagements paysagers autour des bâtiments
 - Limiter la pénétration de la fumée dans les bâtiments



- ① Contact direct des flammes
- ② Rayonnement
- ③ Brandons



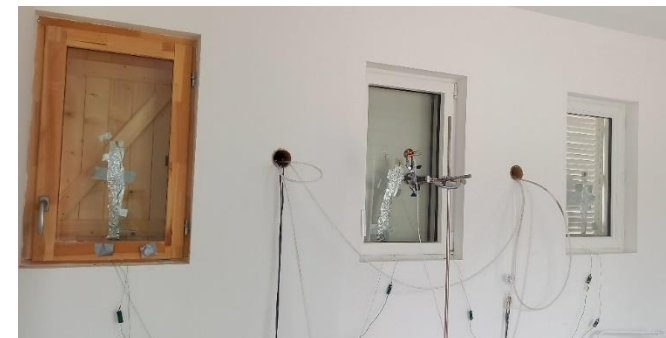
➔ Création de la plateforme d'EXpérimentations, de sensibiLisation et de fOrmation aux Risques Incendie dans les Interfaces (EXPLORII)

1. Présentation de la plateforme EXPLORII
2. Tests de mis en service
3. Bilan et Perspectives

Description de la plateforme

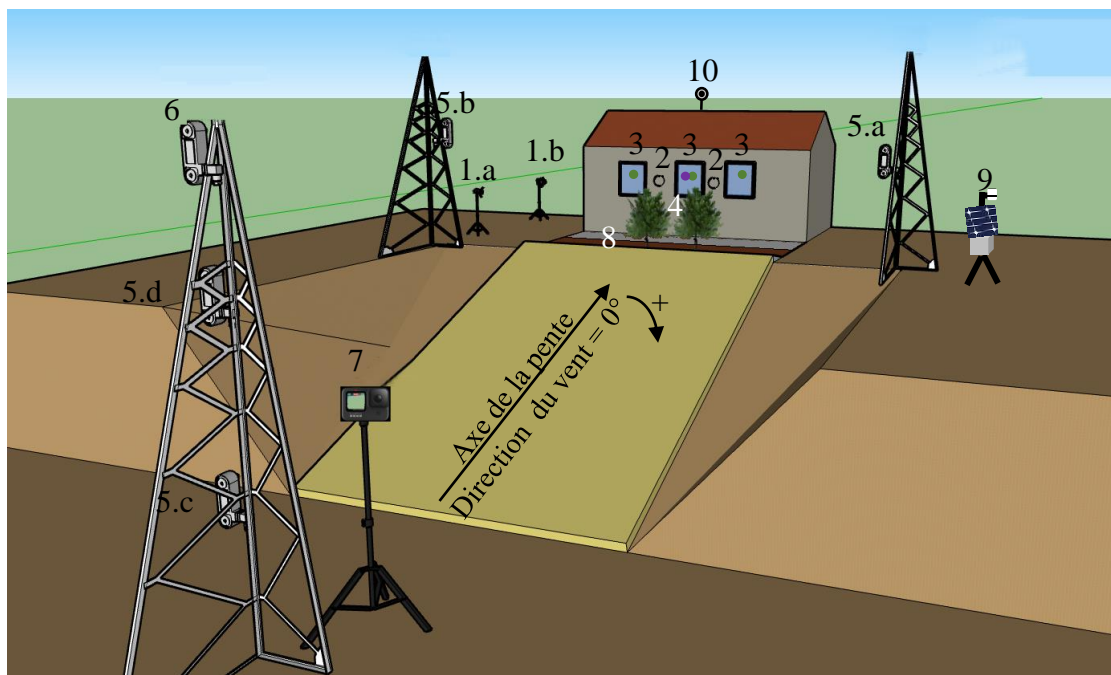
5 sur 16

- Plateforme EXPLORII construite à Corte en collaboration avec le SIS 2B et mise en service en mai 2022
- Objectifs : Etudier l'impact d'un incendie de végétation ornementale, de clôtures ou de structures secondaires sur un bâtiment et ses éléments constitutifs → Installation modulable
 - Obtenir des données expérimentales pour évaluer la vulnérabilité au feu des éléments constructifs d'un bâtiment placé en situation d'agression thermique et pour calibrer les modèles détaillés
 - Etudier la composition des fumées à l'intérieur et à l'extérieur d'une habitation face à un incendie,
 - Sensibiliser les acteurs de la prévention des incendies et la population
- Dimension de la plateforme : 20 m × 25 m
- Maison instrumentée en parpaing de 7 m de long sur 3,8 m de large avec 3 ouvertures de 0,6 m × 0,95 m sur la façade exposée
- Dans la construction : une zone de contrôle de 4,7 m², une zone de stockage de 4,1 m² et une zone d'instrumentation de 15,9 m²
- Terrasse en béton de 3 m de large

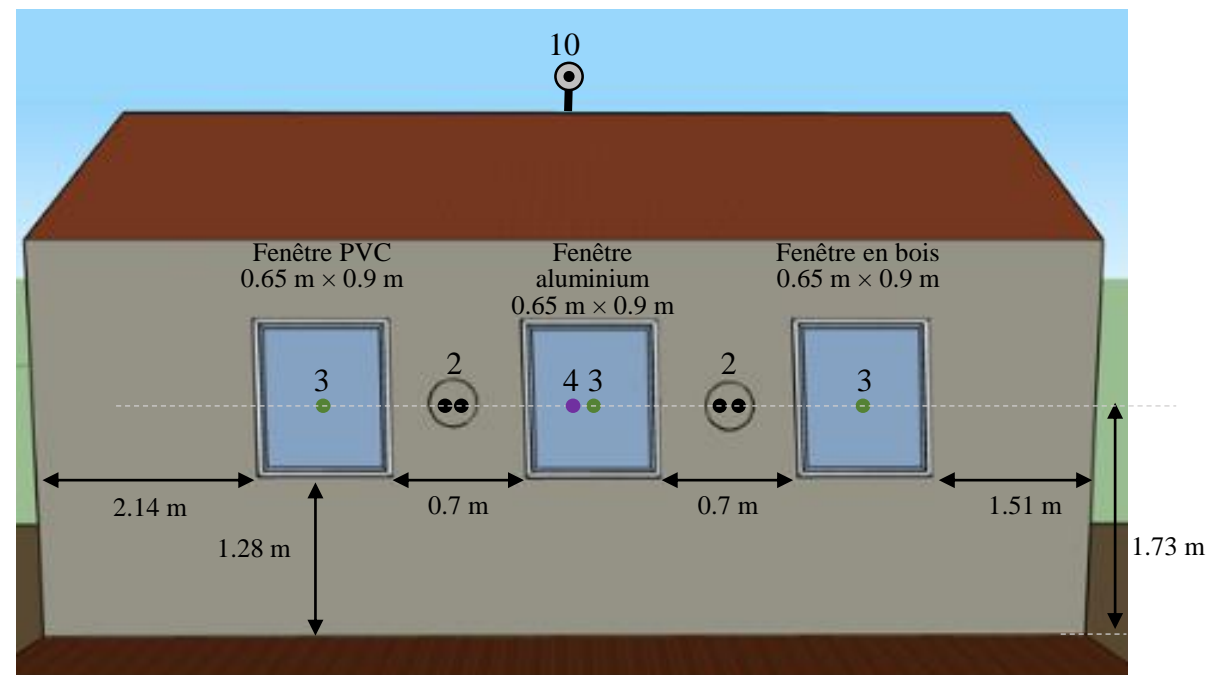


Description de la plateforme

6 sur 16



- Pente de 10 m de long sur 6 m de large avec une inclinaison de 20°
- Capteurs pour mesurer :
 - les conditions atmosphériques,
 - le comportement du feu,
 - l'impact du feu sur la construction,
 - la fumée émise lors des expérimentations.



1 : Caméras. 2 : Fluxmètre total et radiatif. 3 : Thermocouple de surface de type K 4 : Fluxmètre radiatif. 5 : Anémomètre sonique 2D. 6 : Anémomètre 3D. 7 : Caméra Pro. 8 : Cellule de pesée. 9 : Station météo. 10 : Canne de prélèvement pour les analyseurs de fumée extérieurs

Protocole expérimental

7 sur 16

- 2 expériences pour tester la performance de la plateforme et définir les besoins d'amélioration
- Combustible choisi : Sapin pour leur temps de combustion plus long que les arbustes
- 2 configurations de sapin : 4 sapins ($m_0=17,4$ kg) et 8 sapins ($m_0=68.9$ kg) pour tester 2 gammes appartenant à la plage de mesure de la cellule de pesée (jusqu'à 150 kg)
- Arbres disposés à 3 m de la maison pour être en accord avec les OLD
- Sapins avec une teneur en eau faible pour maximiser la puissance émise
- Frisure de bois sur 5 m de long avec une charge de 1 kg/m² pour représenter un allumage par une strate herbacée.
- 2 configurations d'ouverture pour vérifier la résistance des thermocouples et leur non décollement
 - Avec volet en aluminium sur les 3 ouvertures
 - Sans volet avec 1 fenêtre PVC, 1 fenêtre aluminium et 1 fenêtre bois

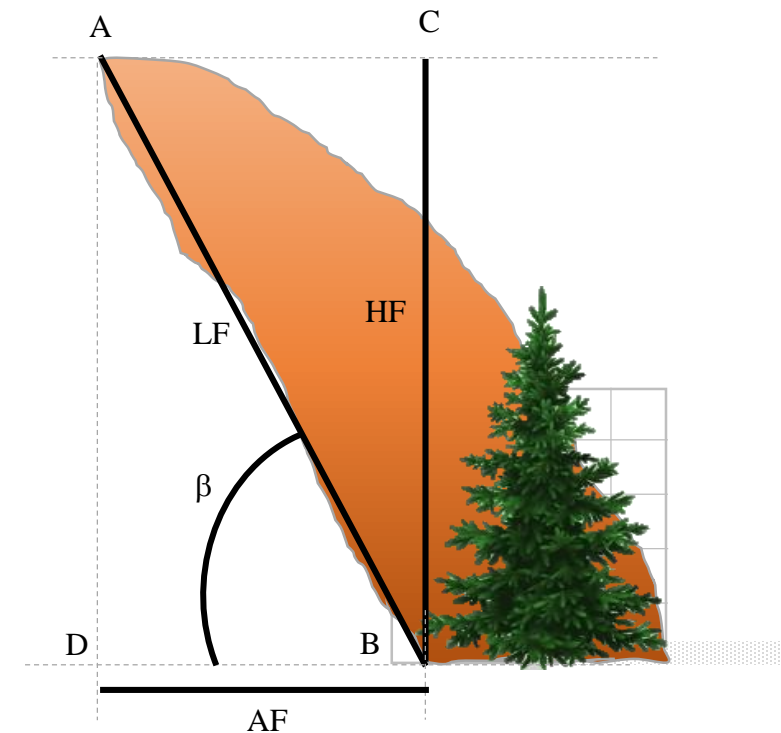


Protocole expérimental

8 sur 16

Test n°	Nombre d'arbres	Masse initiale (kg)	Humidité relative ambiante (%)	Température ambiante (°C)	Teneur en eau des arbres (%)	Teneur en eau de la frisure (%)	Vitesse moyenne de vent (m/s)	Direction moyenne du vent (°)	Configuration des ouvertures
1	4	17,4	44,9	15,8	13,8	6,1	2,6 ($\pm 1,0$)	-4,8 ($\pm 38,4$)	Volets aluminum
2	8	68,9	48,9	22,0	12,0	5,2	1,6 ($\pm 0,6$)	-5,6 ($\pm 23,1$)	Sans volet

- Détermination de la géométrie du front de flamme à l'aide de l'appareil photo situé sur le côté par traitement d'images :
 - Longueur de flamme (LF) : Distance AB
 - Hauteur de flamme (HF) : Distance BC
 - Avancée du front de flamme (AF) : Distance BD
 - Angle de la flamme (β) : Angle entre la direction de la longueur de la flamme et le sol.
- $t=0$ s : allumage des arbres



Comportement du feu

9 sur 16

Test 1



HF_{\max} (m)	LF_{\max} (m)	AF_{\max} (m)	β_{mean} (°)
3.2	4.2	3.1	50.9

Test 2

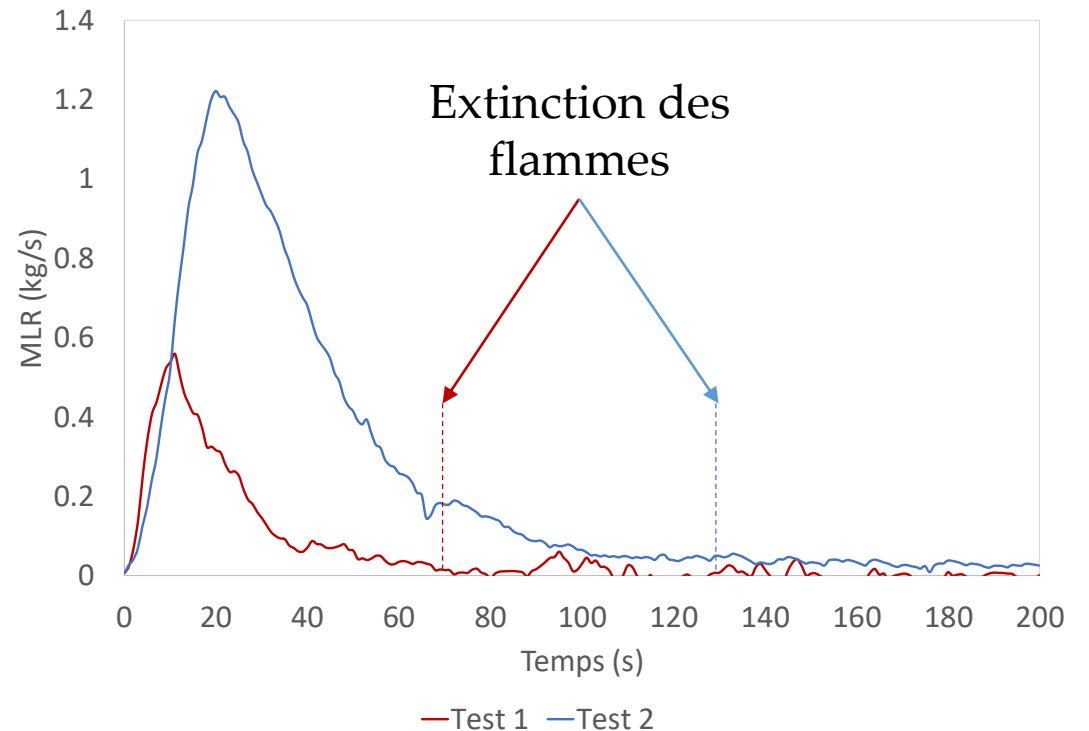
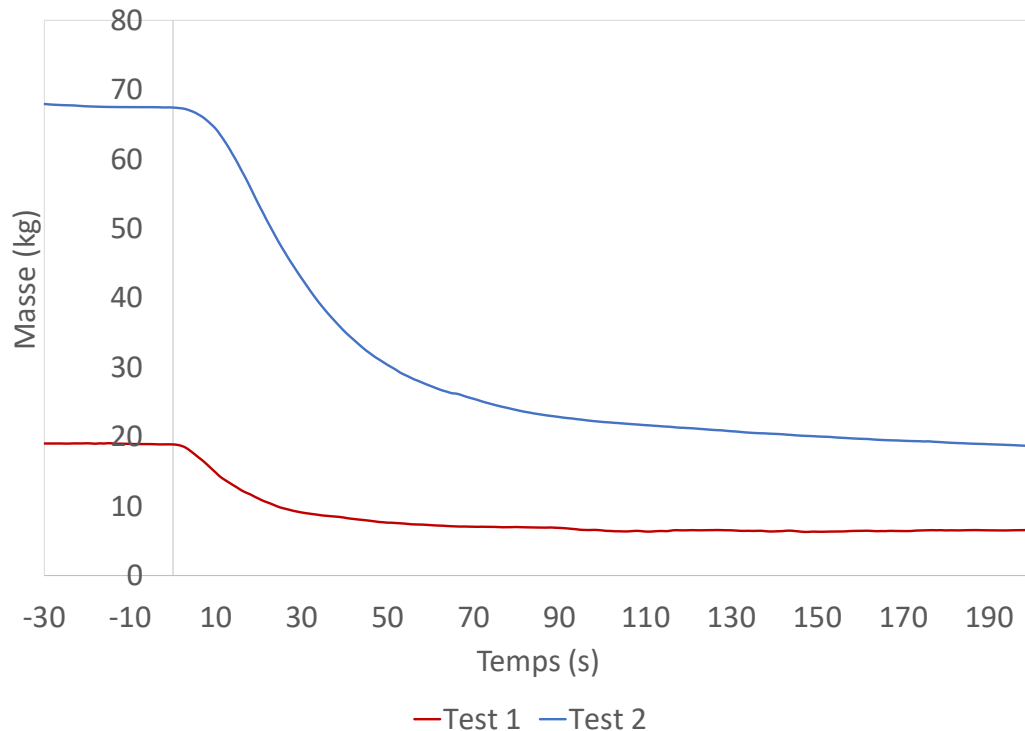


HF_{\max} (m)	LF_{\max} (m)	AF_{\max} (m)	β_{mean} (°)
4.5	4.9	2.4	77.2

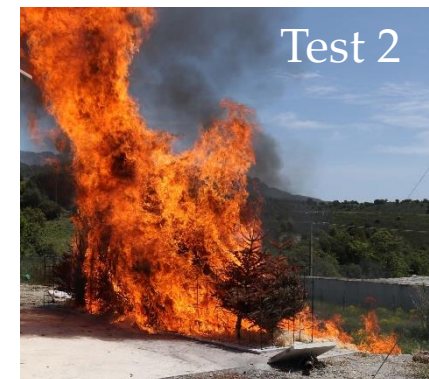
- Bonne visualisation du front près de la maison → Nécessité d'ajuster la position des caméras en cas de forte charge
- Front de flamme en forme de V dans la pente
- Allumage des sapins par contact direct du front de flamme se propageant dans la frisure
- Propagation rapide du feu dans les sapins avec temps de résidence de flamme de 67 s (test 1) et 131 s (test 2)
- Flamme au niveau du toit pour le test 1
- Possibilité d'amélioration : Appareil photo au niveau de la façade

Comportement du feu

10 sur 16



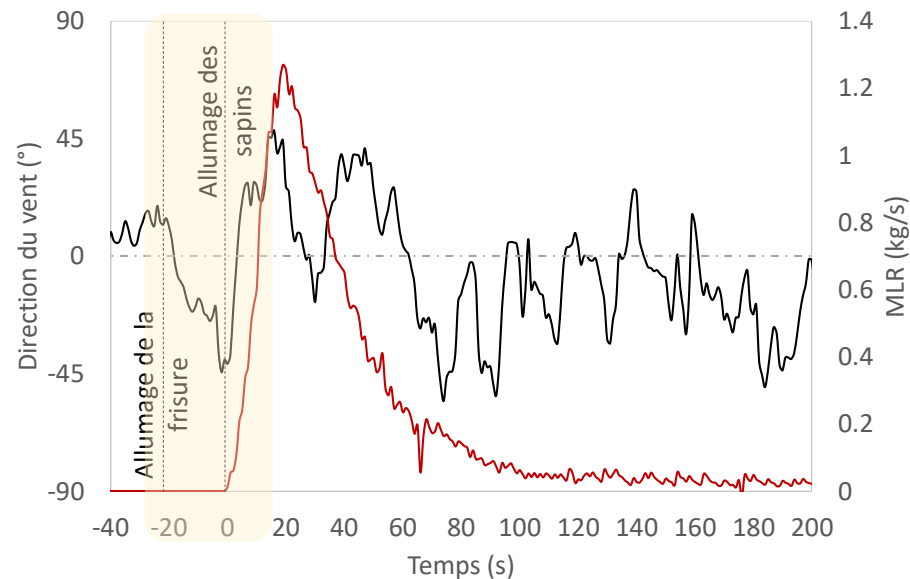
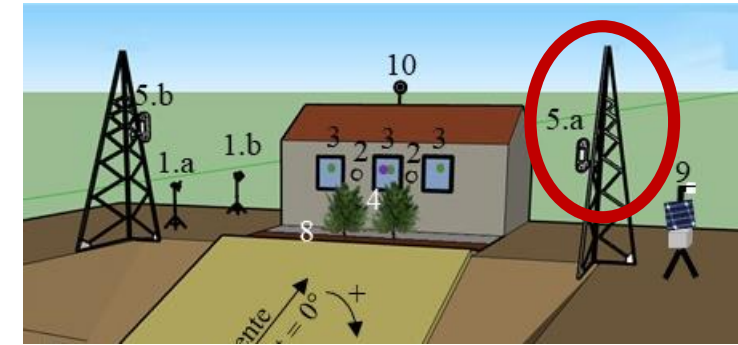
- Validation de la cellule de pesée (charge maximale 150 kg et précision 20 g)
- Pic de MLR :
 - Test 1 : 0,59 kg/s ($0,034 \text{ s}^{-1}$) : Combustion simultanée de tous les sapins
 - Test 2 : 1,21 kg/s ($0,018 \text{ s}^{-1}$) : Propagation du front dans les sapins
- Pic de puissance ($\Delta H_{eff}=12,5 \text{ MJ/kg}$)
 - Test 1 : 7,4 MW
 - Test 2 : 15,2 MW



Influence du feu sur l'aérodynamique

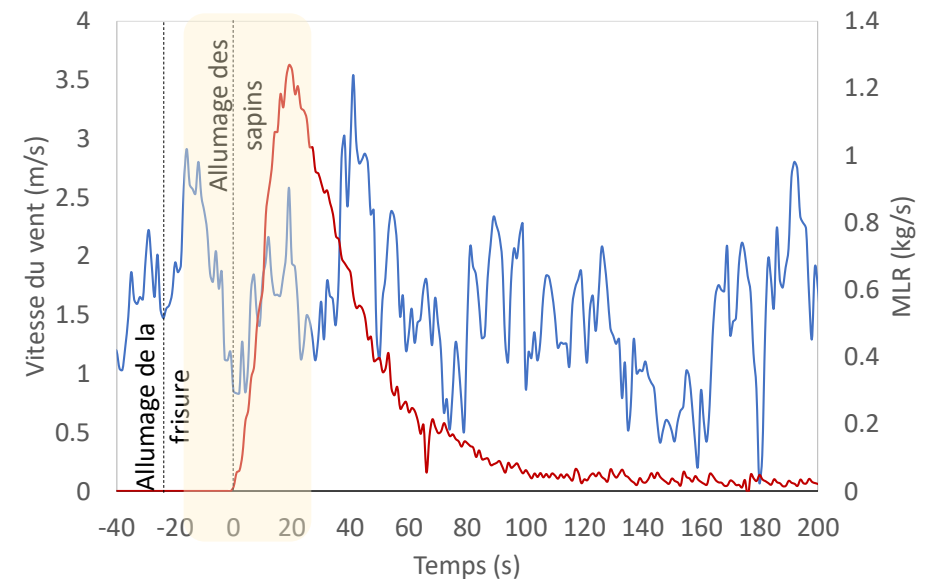
11 sur 16

- Changement de direction du vent après l'allumage de la frisure : jusqu'à -44°
→ Aspiration de l'air des côtés de la pente
- Après allumage des sapins :
 - Direction du vent positive → Vent créé par le front de flamme
 - Changement de direction coïncide un minimum sur la courbe de vitesse du vent
- Possibilité d'amélioration : Anémomètre 3D sur le toit



—Direction du vent —MLR

Test 2



—Vitesse du vent —MLR

Impact du feu sur la maison

12 sur 16

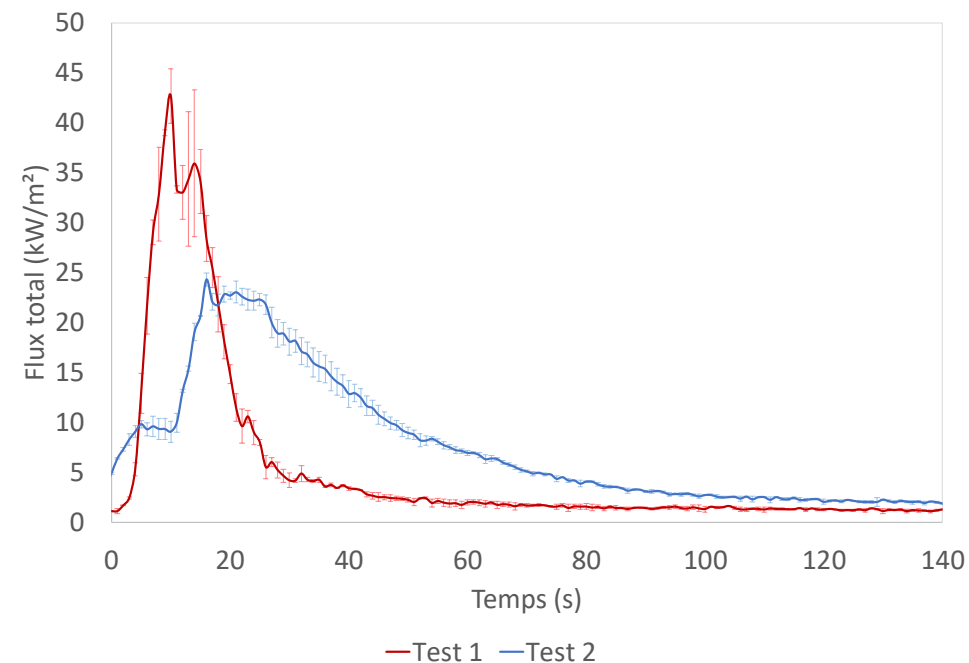
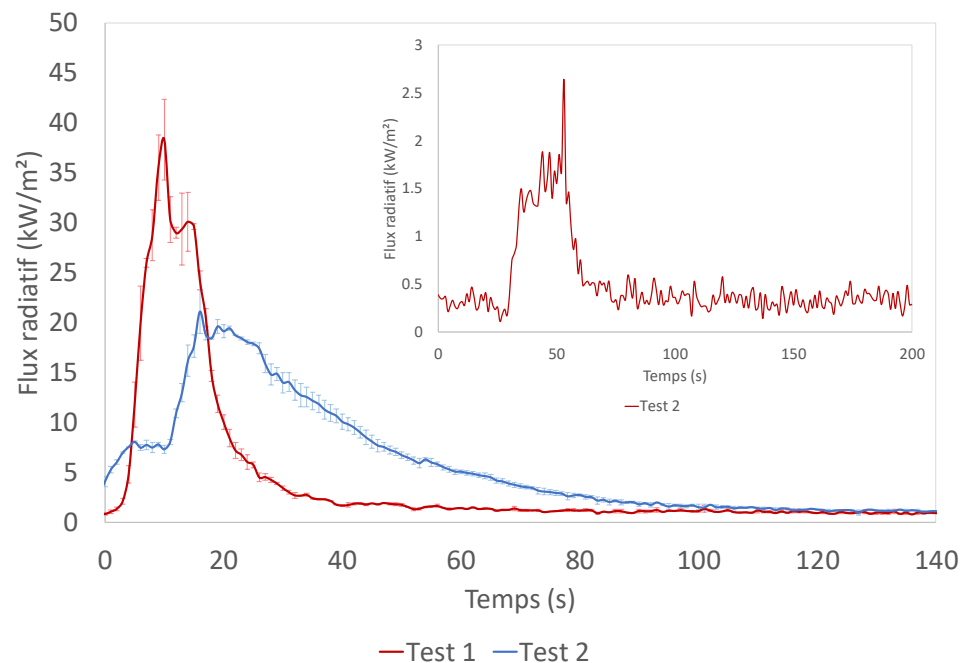
- Flux impactant la maison plus faible dans le cas 2
→ Flamme moins inclinée vers la construction
- Intérieur : $2,6 \text{ kW/m}^2$ → Double vitrage = écran au rayonnement
- Possibilité d'amélioration : Fluxmètres sur le toit

Test n°	Flux radiatif maximum (kW/m^2)	Flux total maximum (kW/m^2)
1	38,3 ($\pm 4,0$)	44,4 ($\pm 1,1$)
2	21,2 ($\pm 4,0$)	24,6 ($\pm 1,1$)

Test 1



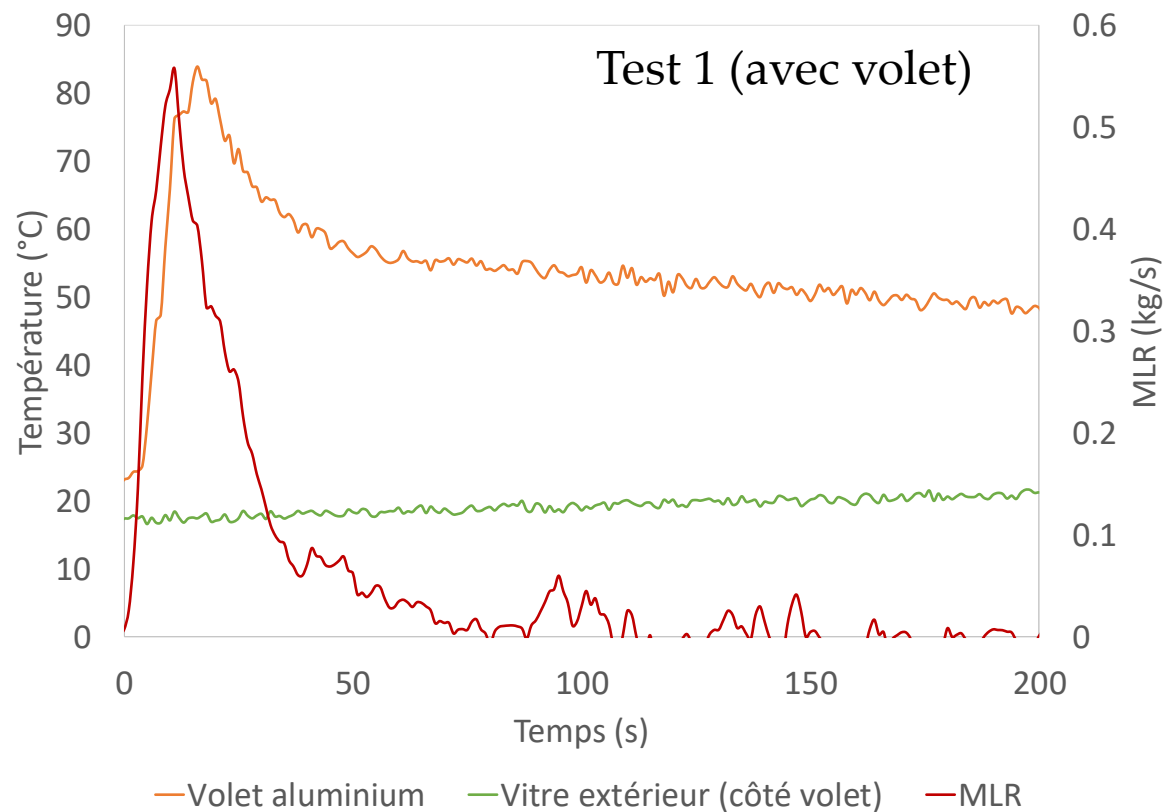
Test 2



Impact du feu sur la maison

13 sur 16

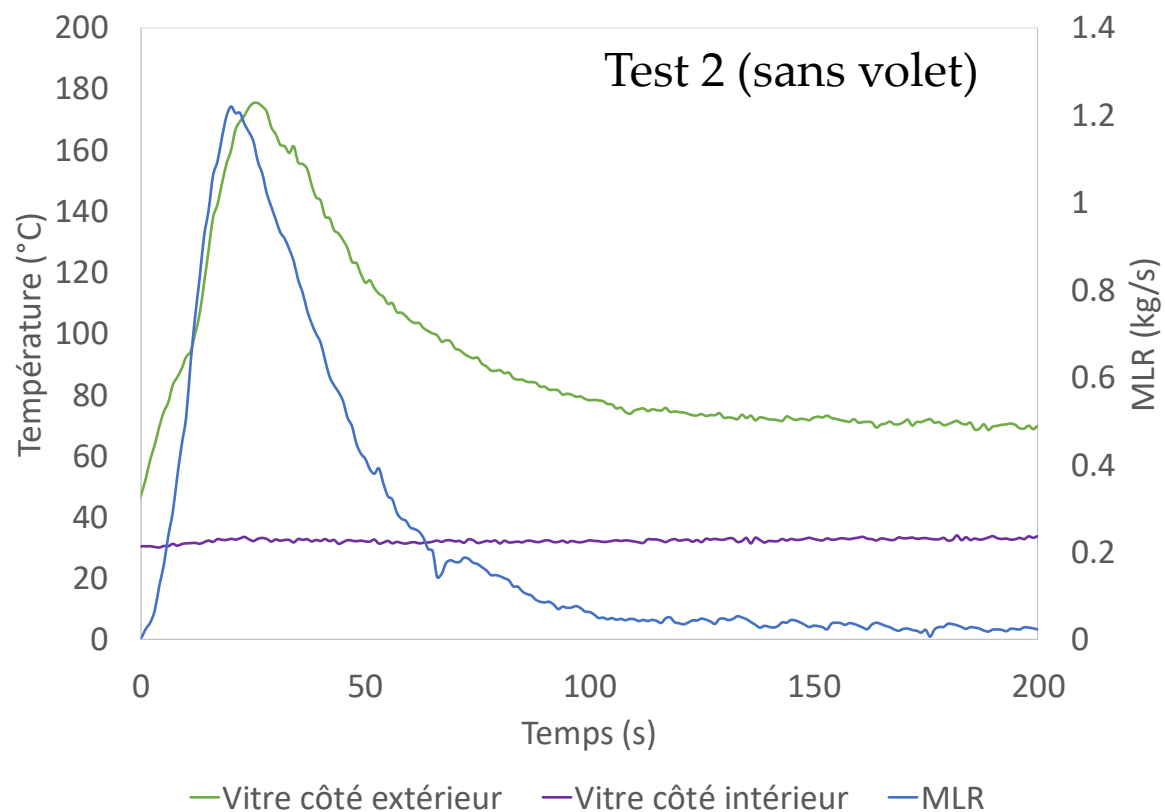
- Test 1 :
 - Température maximum sur les volets en aluminium : 84°C
 - Décalage des courbes de température par rapport aux MLR : propriétés thermiques du volet
 - Augmentation de 8°C de la température sur la vitre côté volet → Bonne protection
 - Pas de dommage sur les volets en aluminium



Impact du feu sur la maison

14 sur 16

- Test 2 :
 - Augmentation de la température des fenêtres à l'arrivée du front de flamme
 - Température maximum sur la vitre côté exposée : 142°C
 - Augmentation de 6°C de la température sur la vitre côté intérieur
 - Pas de dommage sur les fenêtres



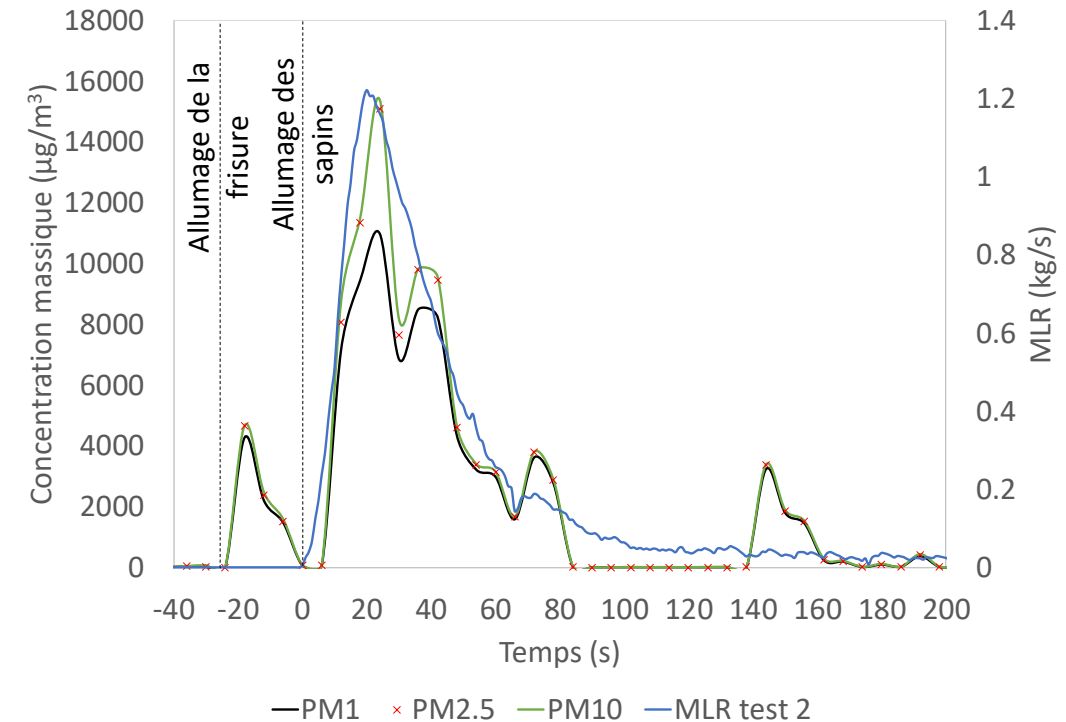
Production de fumée

15 sur 16

- Analyseurs : suivre l'émission des particules (aérosols) et des principaux gaz (CO_2 , CO , CH_4 , NO_2 , NH_3)

	CO_2	CO	CH_4	CH_2O	NO	NO_2	NH_3	PM
Facteur d'émission (g.kg^{-1})	1580	120	5.2	3.1	2.4	3.2	4.7	11

- Evolution des PM_1 , $\text{PM}_{2.5}$ et PM_{10} :
 - PM_1 et $\text{PM}_{2.5}$: goudrons et suies
 - PM_{10} : cendres et poussières en suspension
 - Concentration proche avec PM_1 légèrement inférieure
 - Premier pic d'émission correspondant à l'émission des fumées durant la combustion de la frisure
 - Second pic correspondant à la combustion des sapins : 3 fois supérieur



Bilan de la mise en service et conclusions

16 sur 16

- Expériences de mise en service
 - Validation des systèmes de mesure (perte de masse, aérologie, visualisation du front de flamme, flux, température, analyse des fumées)
 - Données représentatives d'un feu réel dans une interface forêt / habitat → Important pour la définition des moyens de prévention
 - Mise en évidence des améliorations possibles : Fluxmètres et anémomètre sur le toit, caméra sur la façade
 - Mise en évidence des limitations de la plateforme :
 - Tributaire des conditions climatiques et surtout la direction du vent
 - Mesure de la masse uniquement à 3 m de la façade
 - 1 seule pente pour l'arrivée du front de feu → Plateau motorisé ?
- Perspectives :
 - Définition de seuils d'endommagement pour les menuiseries
 - Influence de la végétation sur l'impact du feu



Merci de votre attention

