



CHAIRE INDUSTRIELLE  
DE RECHERCHE SUR LA  
**CONSTRUCTION**  
ÉCORESPONSABLE EN BOIS



UNIVERSITÉ  
**LAVAL**

# Caractérisation et analyse des risques incendie dans les toitures végétalisées

Projet de doctorat en science du bois et des matériaux biosourcés

**Étudiante:** Nataliia Gerzhova

**Directeur:** Pierre Blanchet

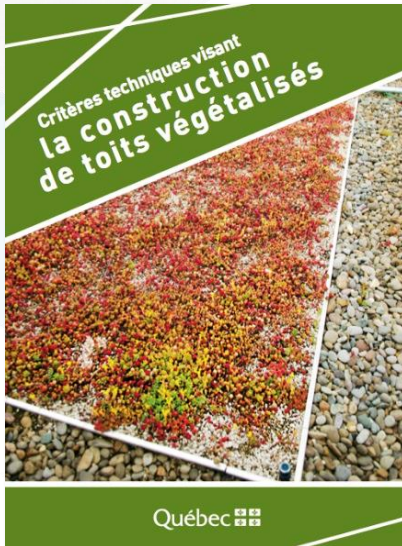
**Retarde la propagation  
du feu (avantage)**

- Protection

## **Toiture végétalisée**

**Charge combustible  
additionnelle**

- Peut contribuer au feu



### **Mesures de protection contre la propagation d'incendie au Québec:**

- Bâtiment de construction incombustible
- Dimensions de séparations spatiales
- Choix des plants
- Épaisseur du substrat

# Objectifs

## Approfondir les connaissances sur la sécurité incendie des toits végétalisés

### 1. Risque pour le bâtiment

- Analyser la propagation du feu à travers des systèmes de toitures végétalisées.
- Déterminer les propriétés d'inflammabilité des composants

### 2. Risque pour les bâtiments adjacents

- Détermination du flux thermique incident produit par la végétation sur les façades



# Analyse de transfert thermique

## Modélisation

Différents assemblages de toitures végétalisées

- Pontage en bois ou en acier, panneau de gypse
- Rayonnement thermique  $q'' = 50, 100, 150, 200 \text{ kW/m}^2$
- Épaisseur de la couche du substrat de croissance de 3 à 10 cm
- Porosité du substrat  $n = 0.5, 0.6, 0.7$

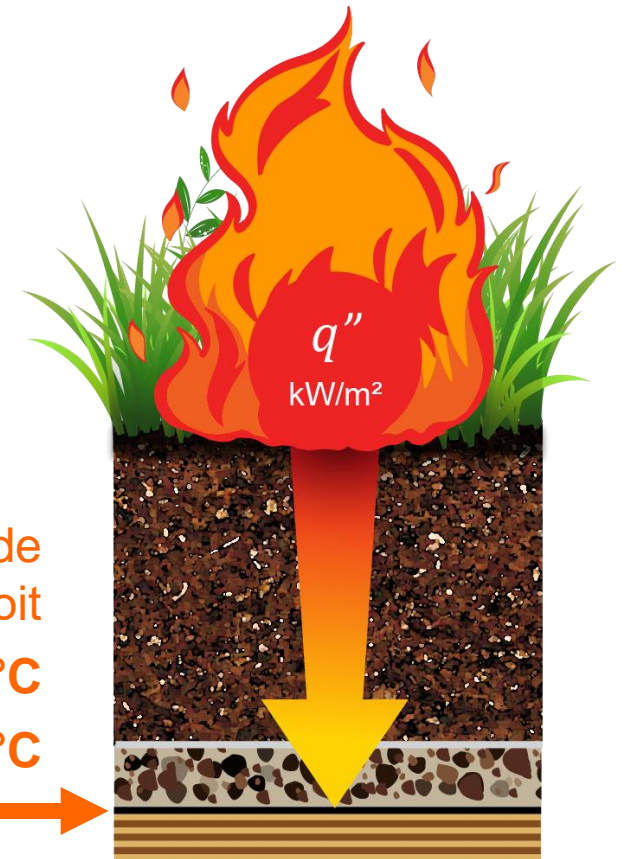
## Résultats:

- Temps de défaillance (h)

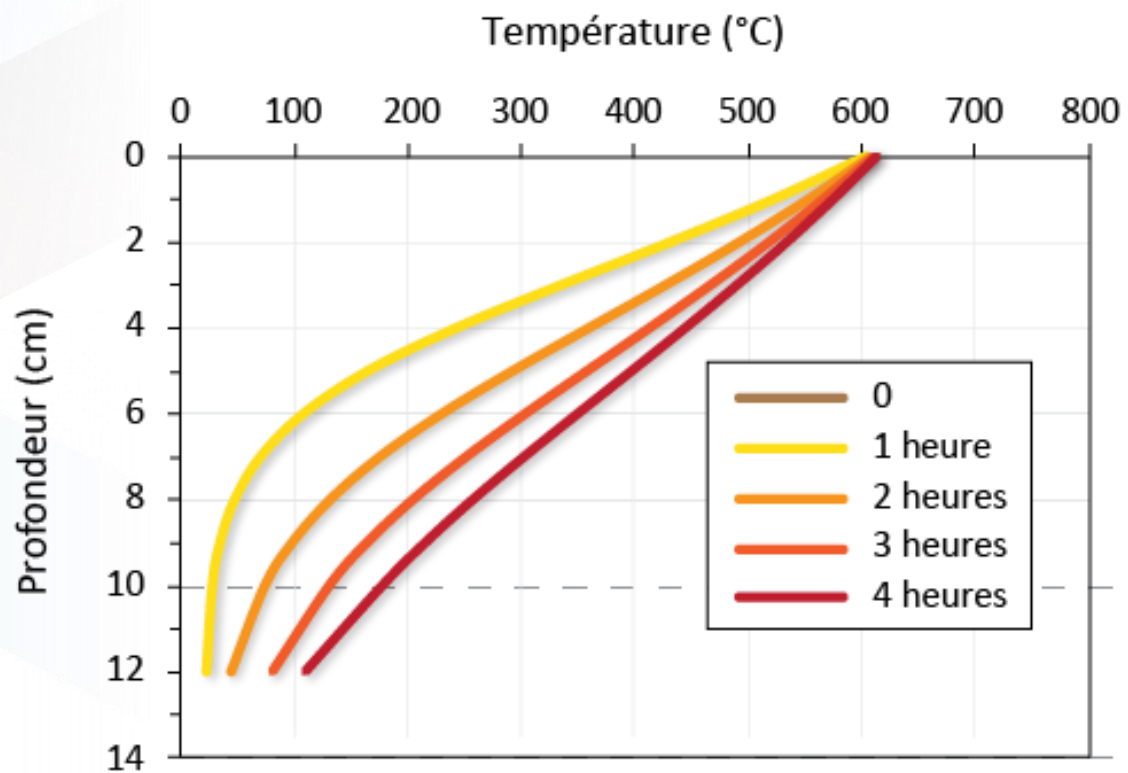
Température critique de la structure d'un toit

**Bois - 300 °C**

**Acier - 538 °C**

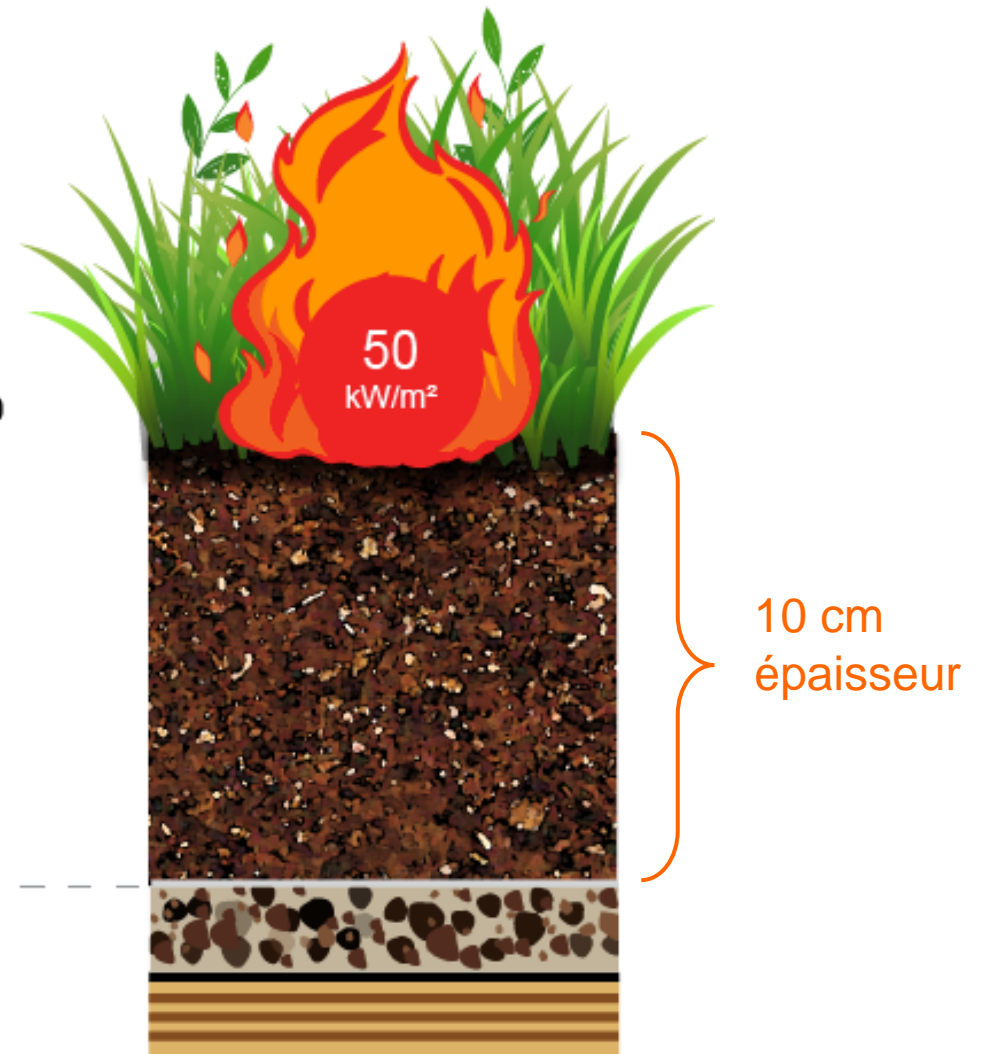
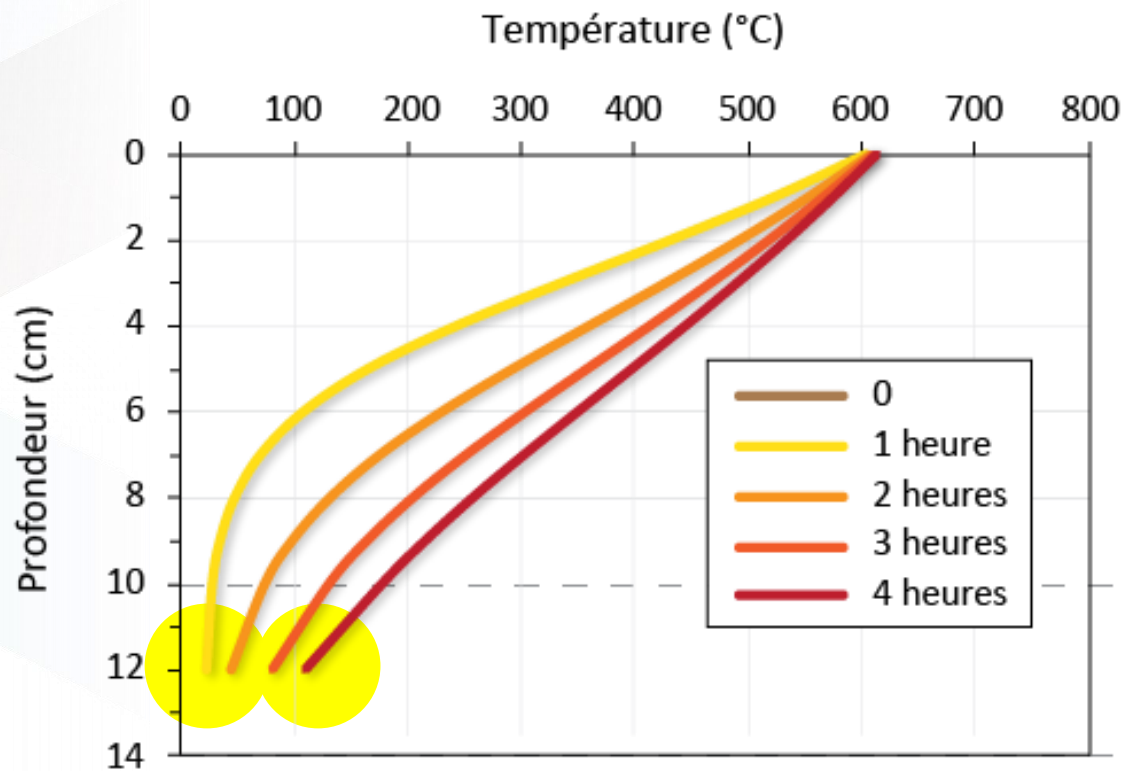


# Température dans l'assemblage

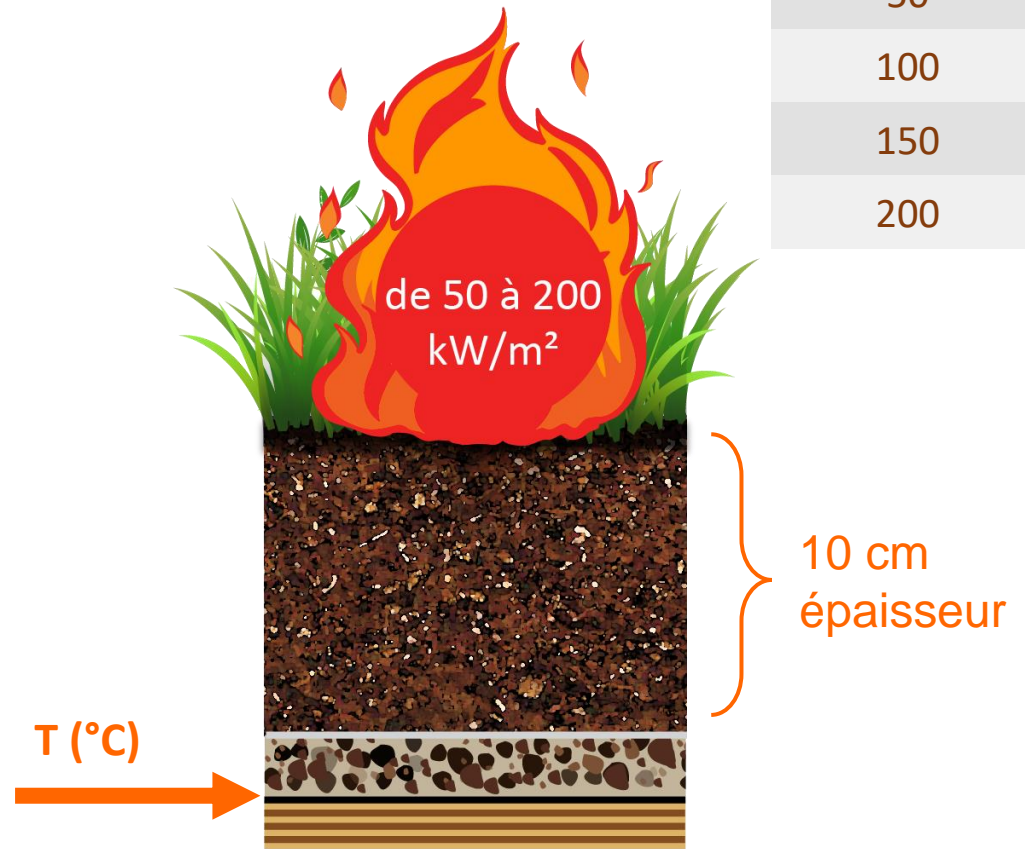
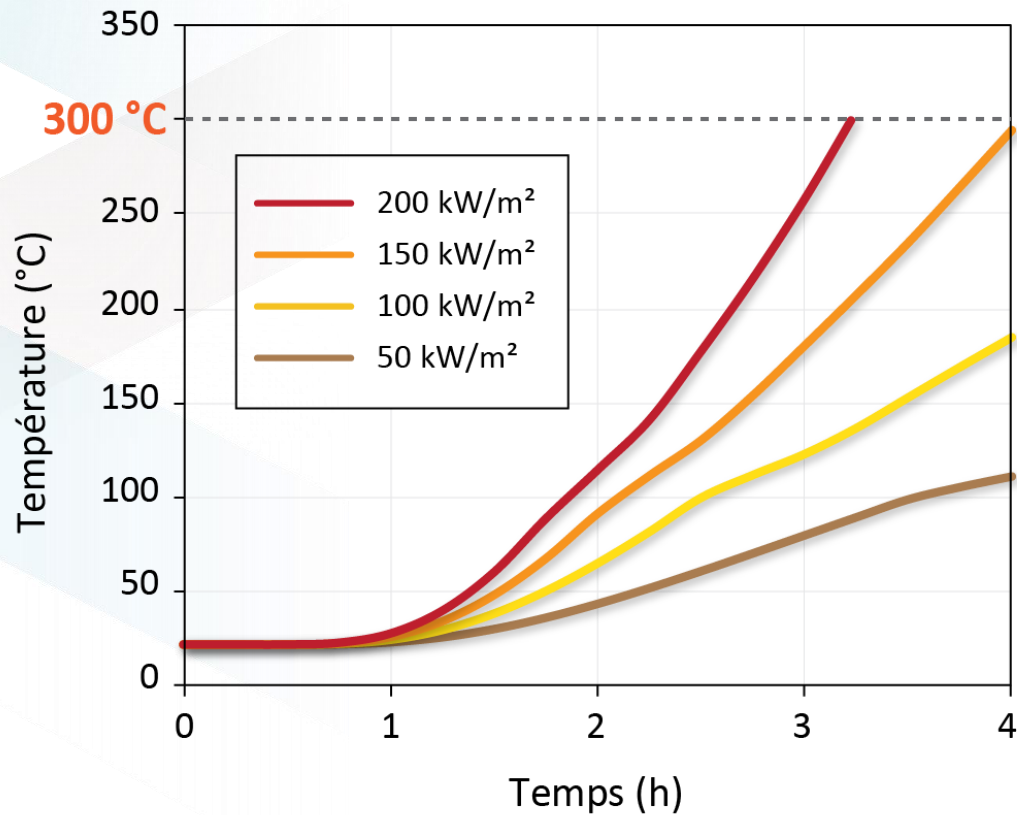


10 cm  
épaisseur

# Température dans l'assemblage

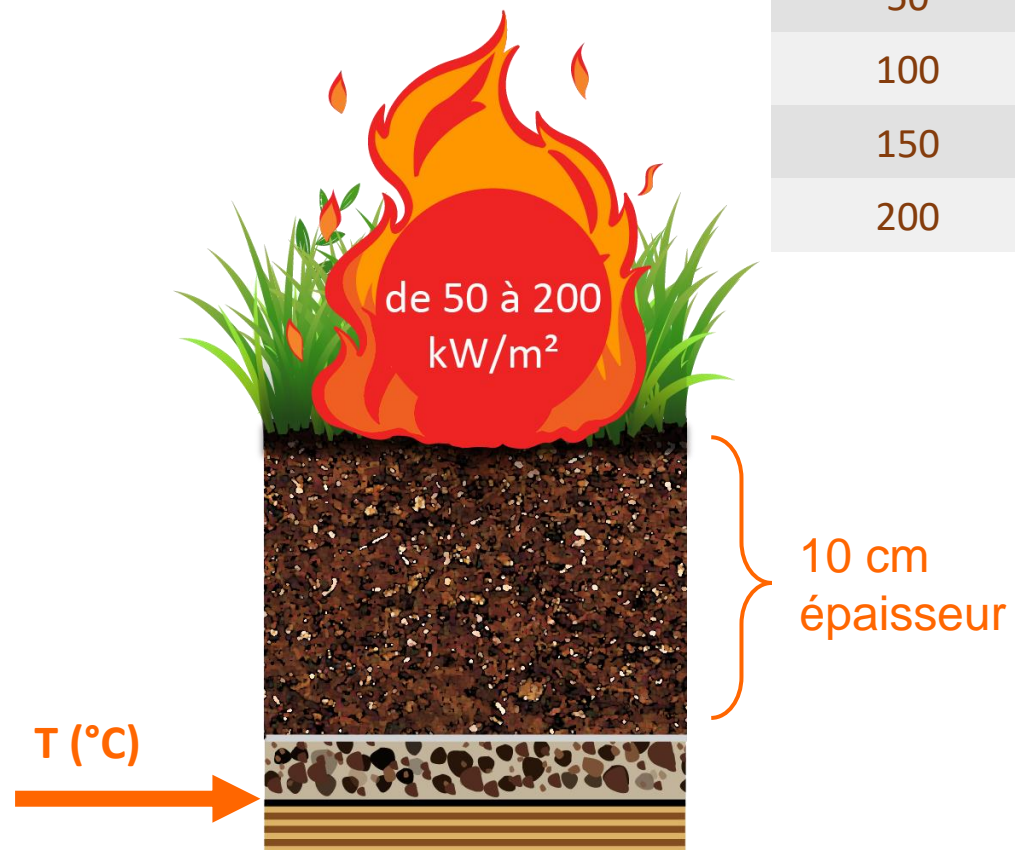
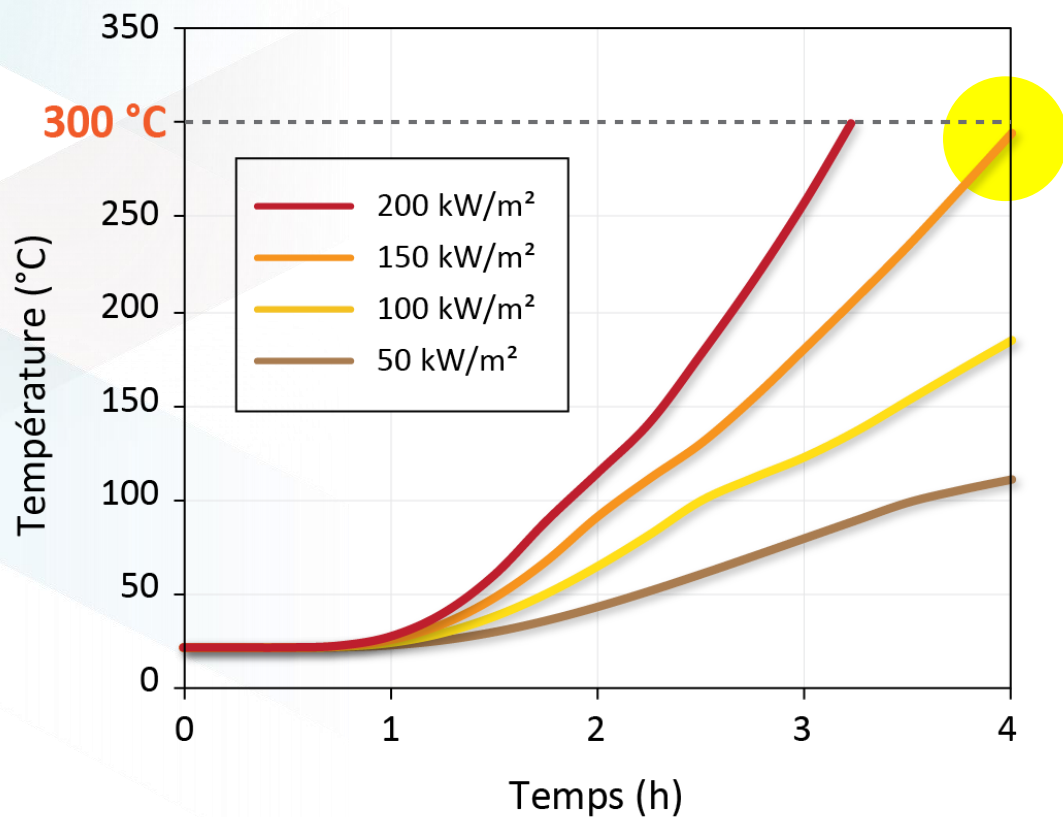


# Effet de la charge thermique



Flux thermique kW/m <sup>2</sup>	T °C
50	623 °C
100	850 °C
150	1000 °C
200	1110 °C

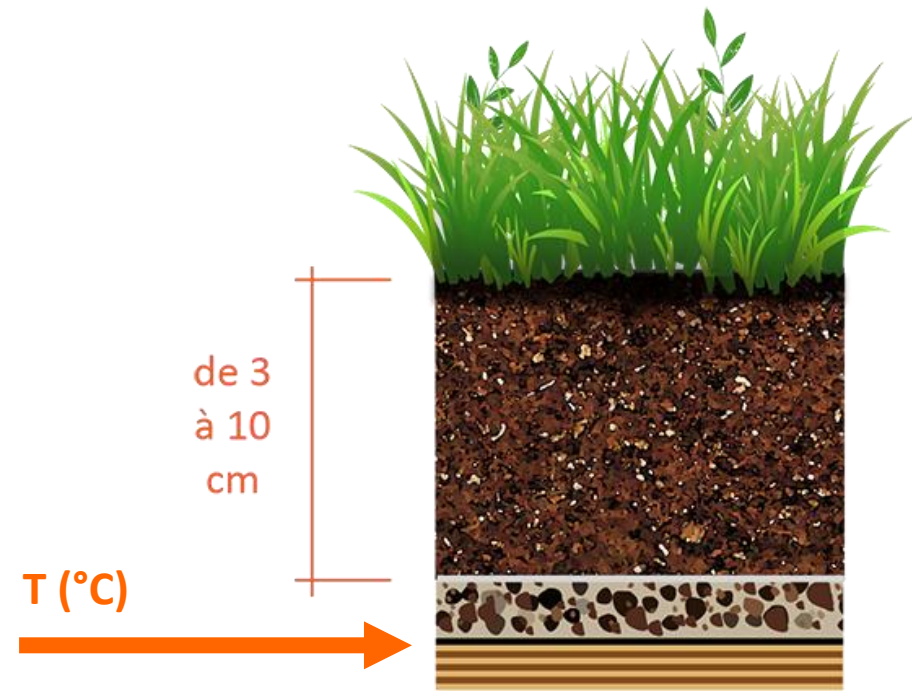
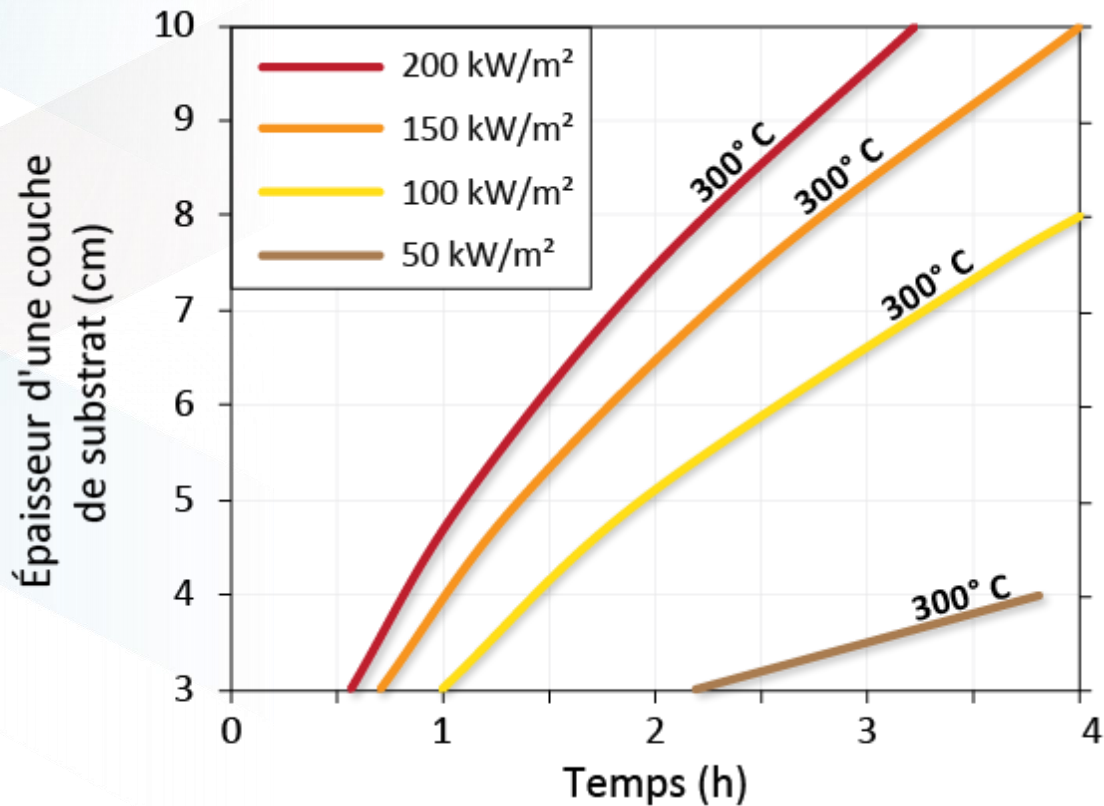
# Effet de la charge thermique



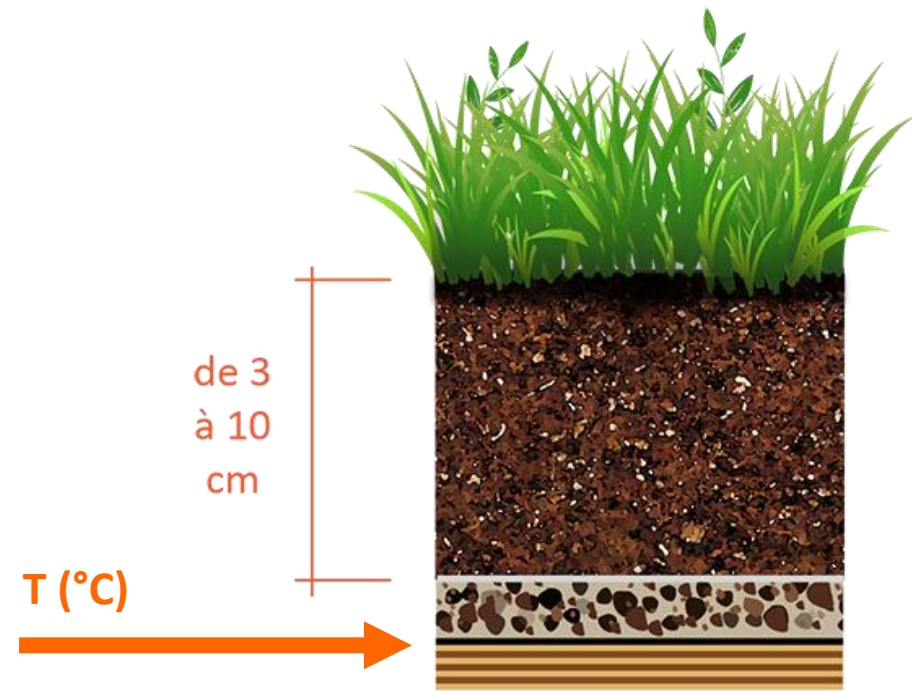
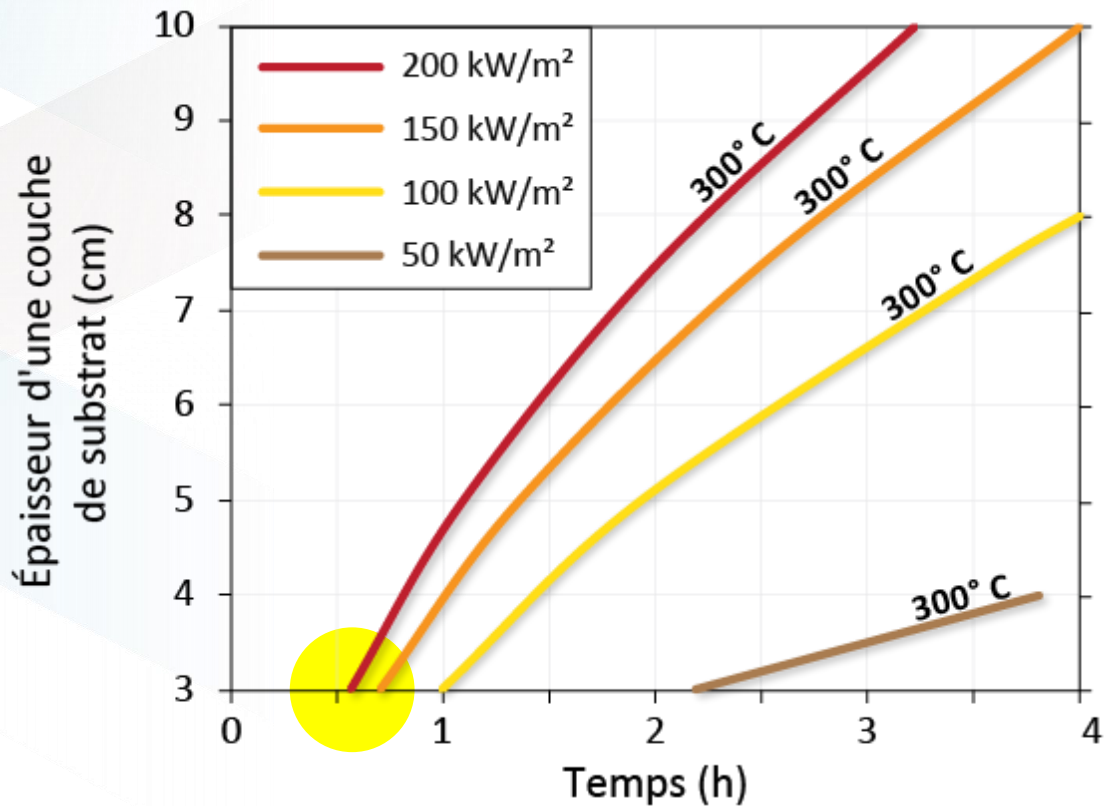
Flux thermique kW/m <sup>2</sup>	T °C
50	623 °C
100	850 °C
150	1000 °C
200	1110 °C



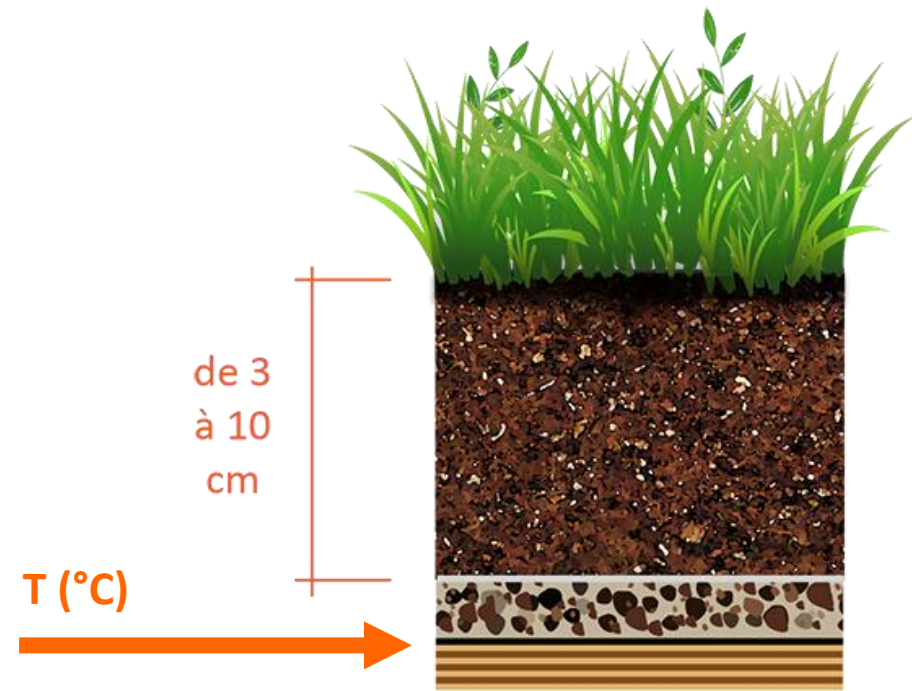
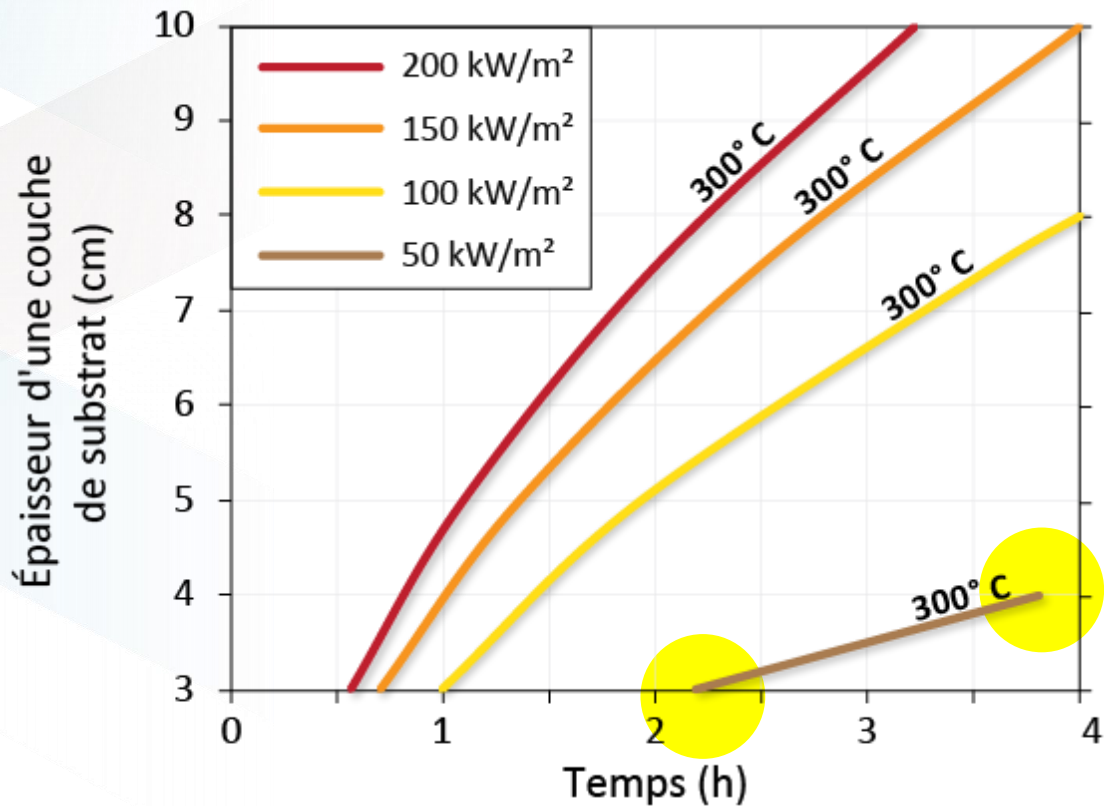
# Effet de la charge thermique et de l'épaisseur de la couche de substrat



# Effet de la charge thermique et de l'épaisseur de la couche de substrat

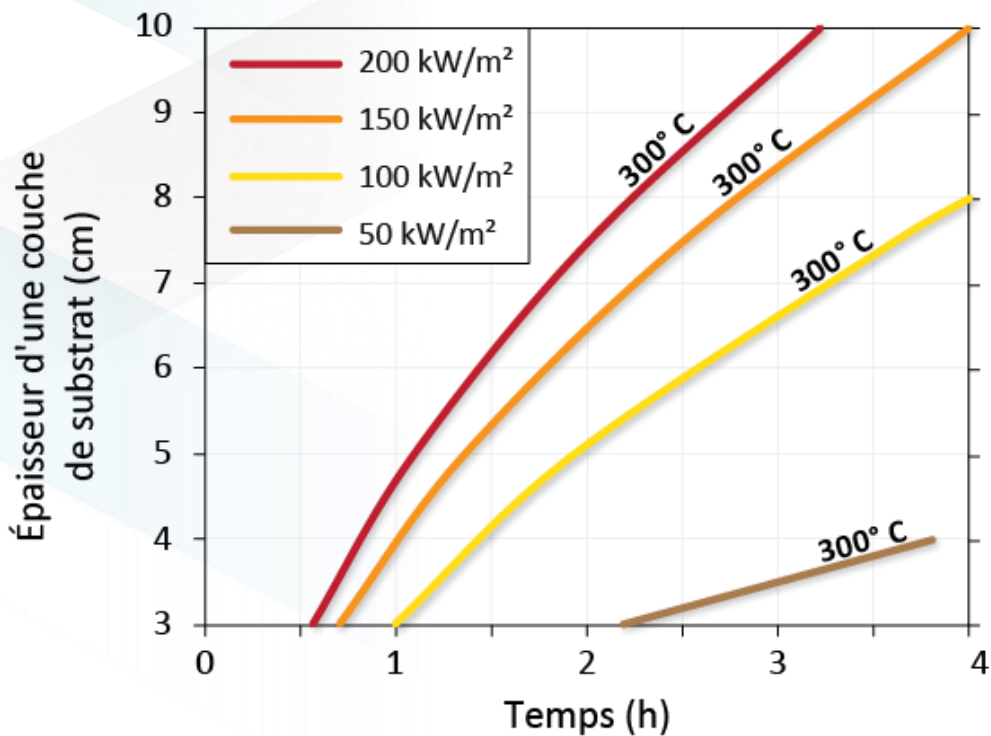


# Effet de la charge thermique et de l'épaisseur de la couche de substrat

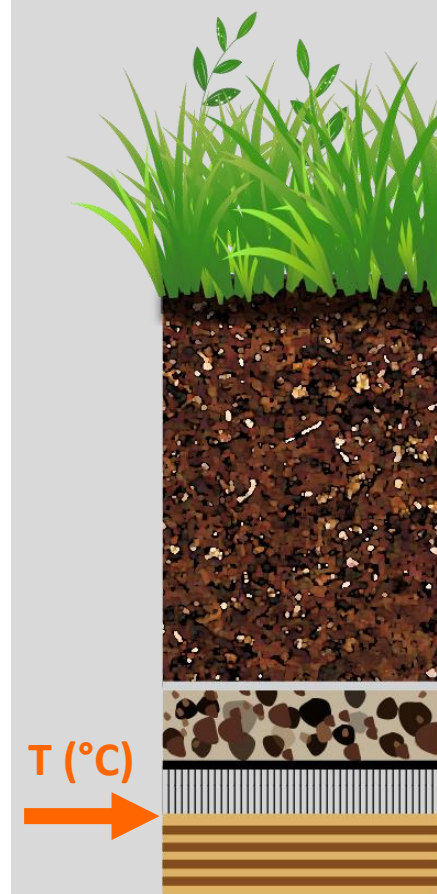
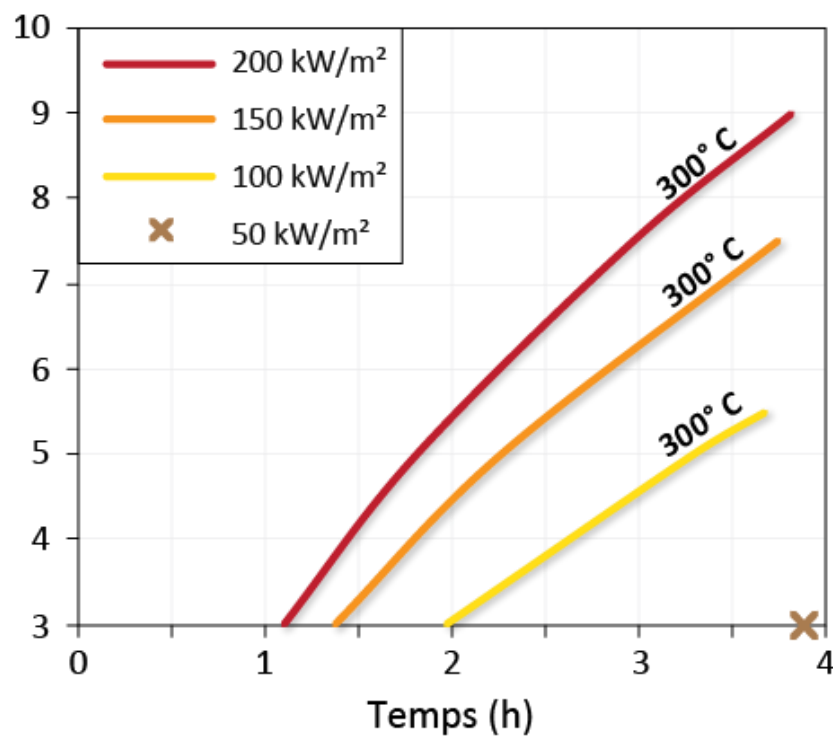


# Panneau de gypse

Bois

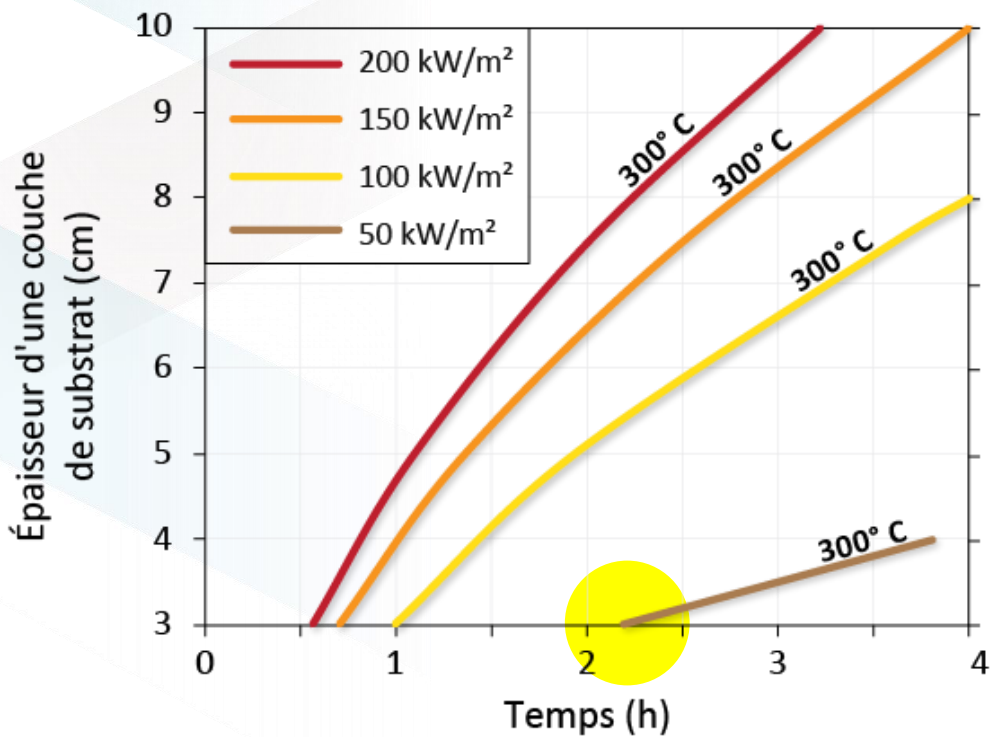


Bois avec panneau de gypse

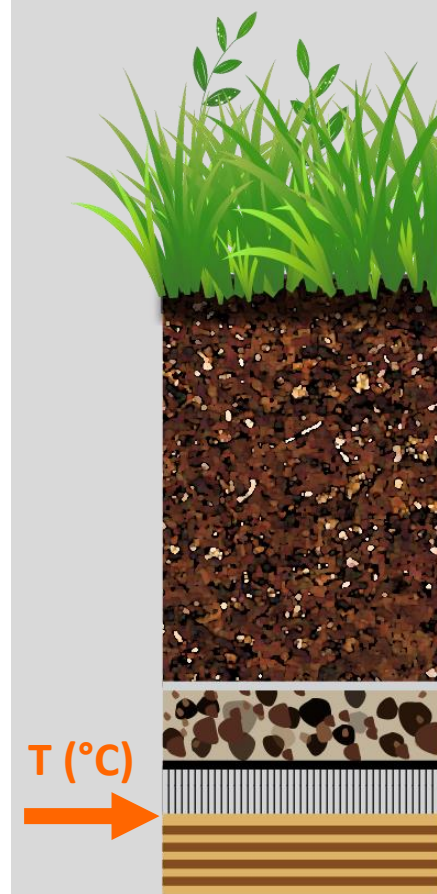
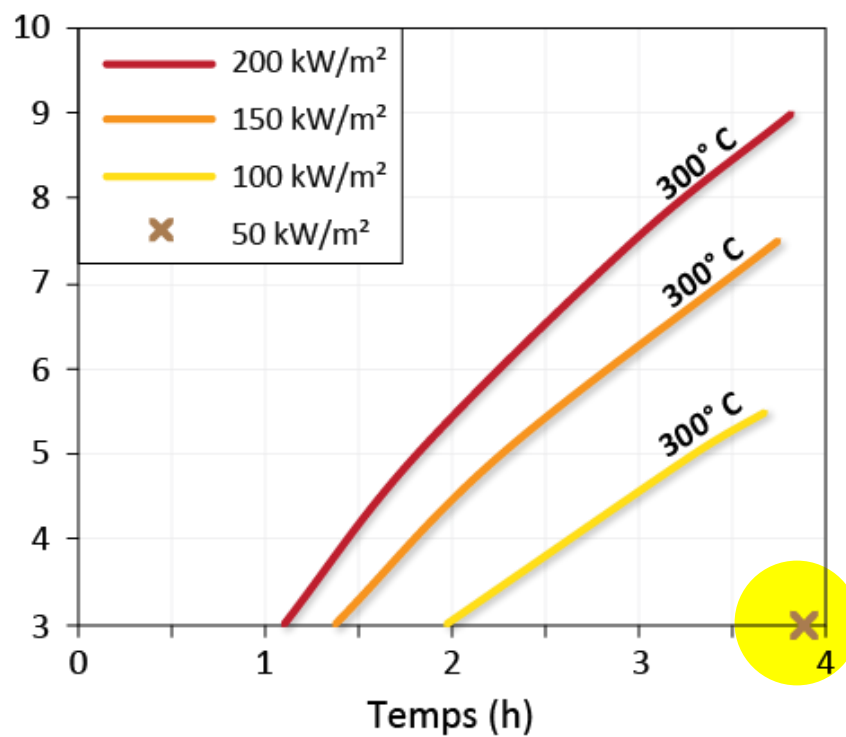


# Panneau de gypse

Bois

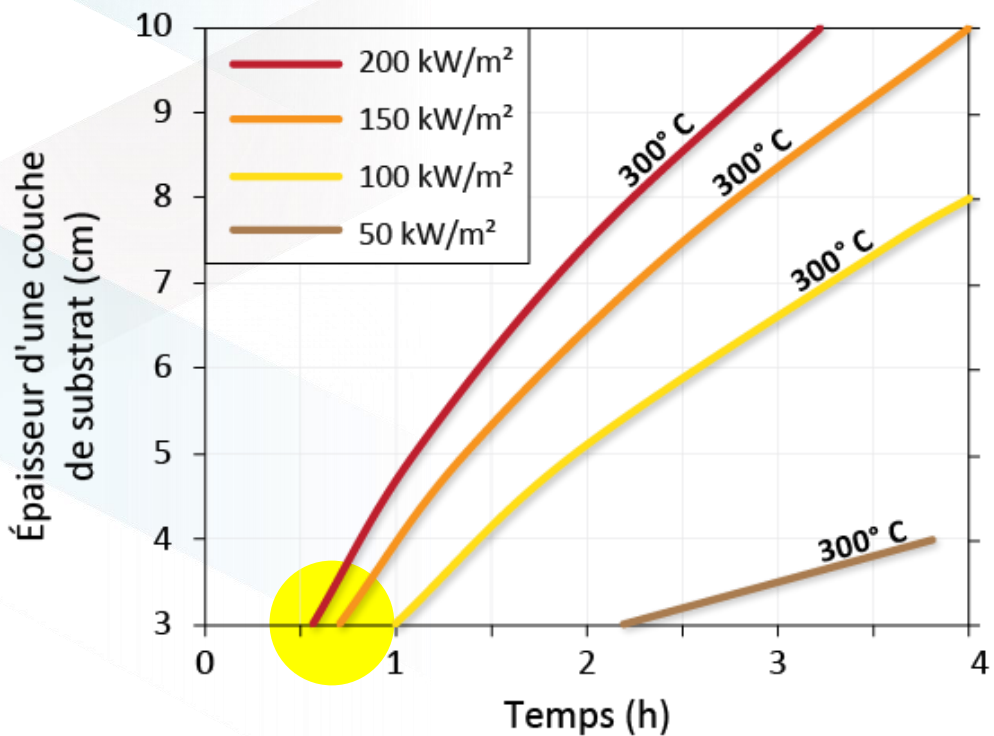


Bois avec panneau de gypse

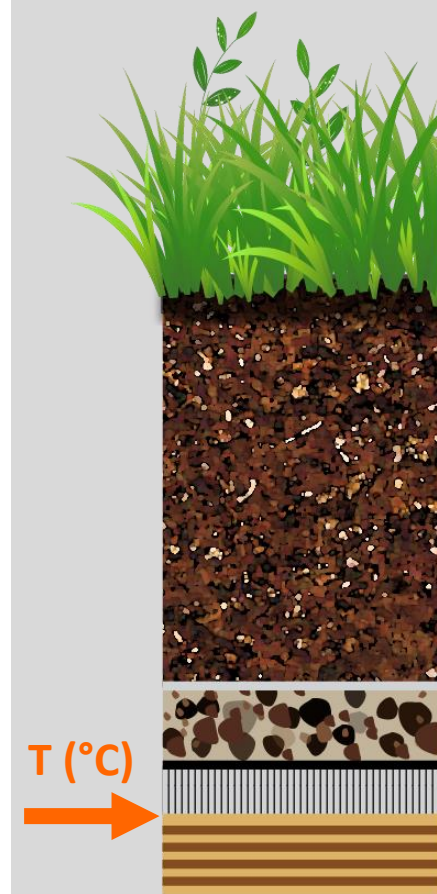
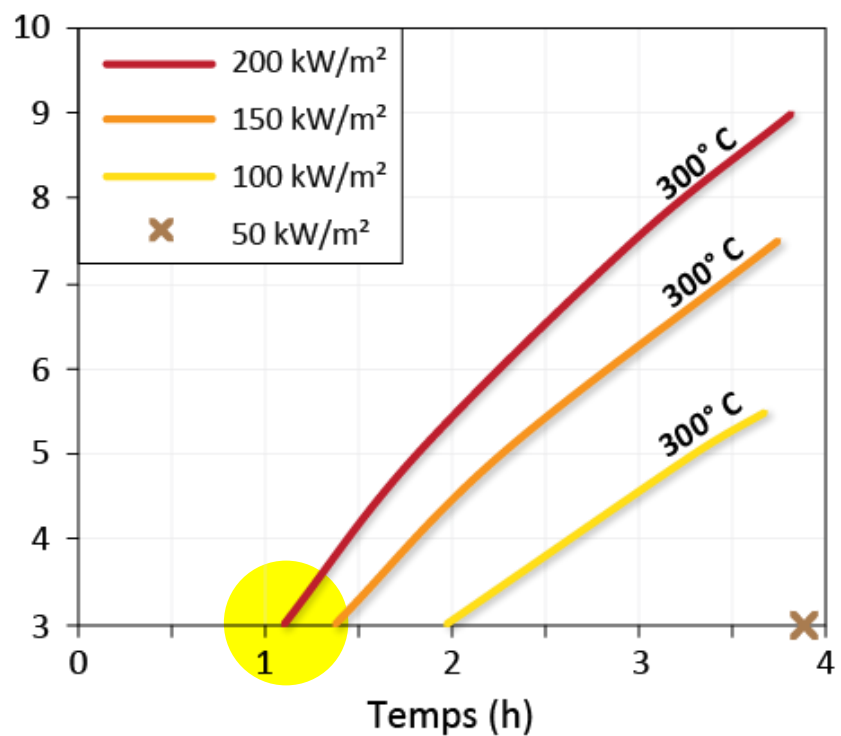


# Panneau de gypse

Bois

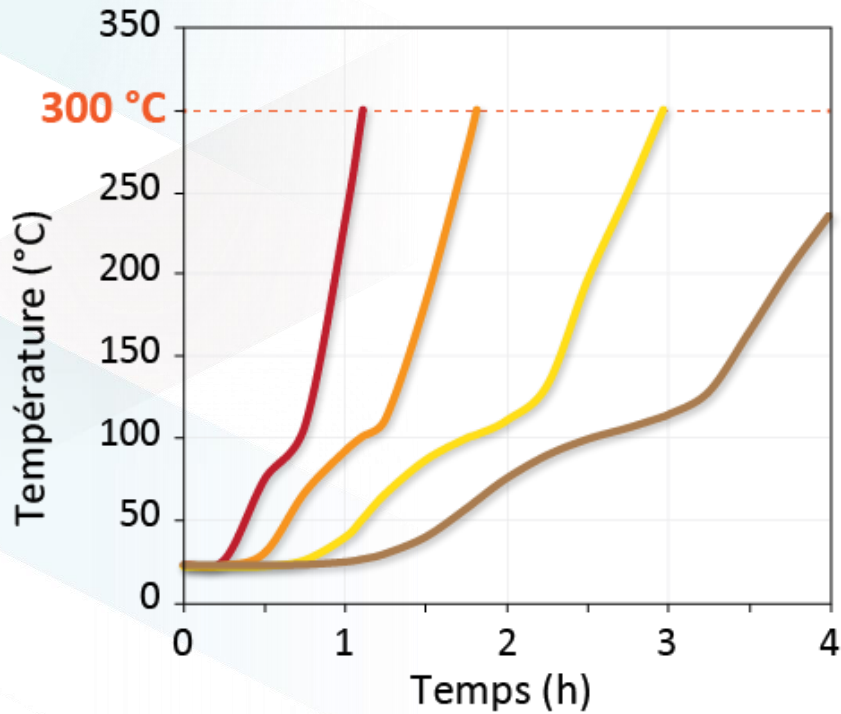


Bois avec panneau de gypse

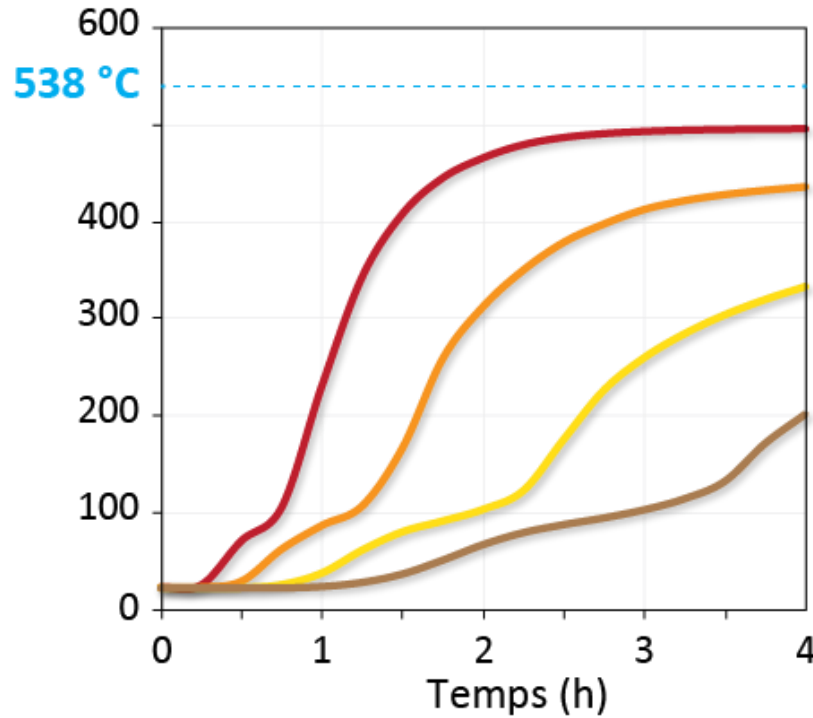


# Pontage en bois, acier

## Bois



## Acier



Épaisseur de la couche de substrat



T (°C)

200 kW/m<sup>2</sup>



## 2. Paramètres d'inflammabilité

### Matériaux :

- Végétation (littérature)
- Substrat de croissance (essais)



• *Matière organique*



*Matière végétale :*

- *Morte*
- *Herbacées vivantes*

### Résultats:

- Débit calorifique (énergie calorifique produite par unité de temps par la combustion) ( $\text{kW/m}^2$ )
- Charge combustible (densité de charge calorifique) ( $\text{MJ/m}^2$ )



# Échantillons

## Substrat 1



30%

15% de la Matière Organique

## Substrat 2



30%

## Membrane

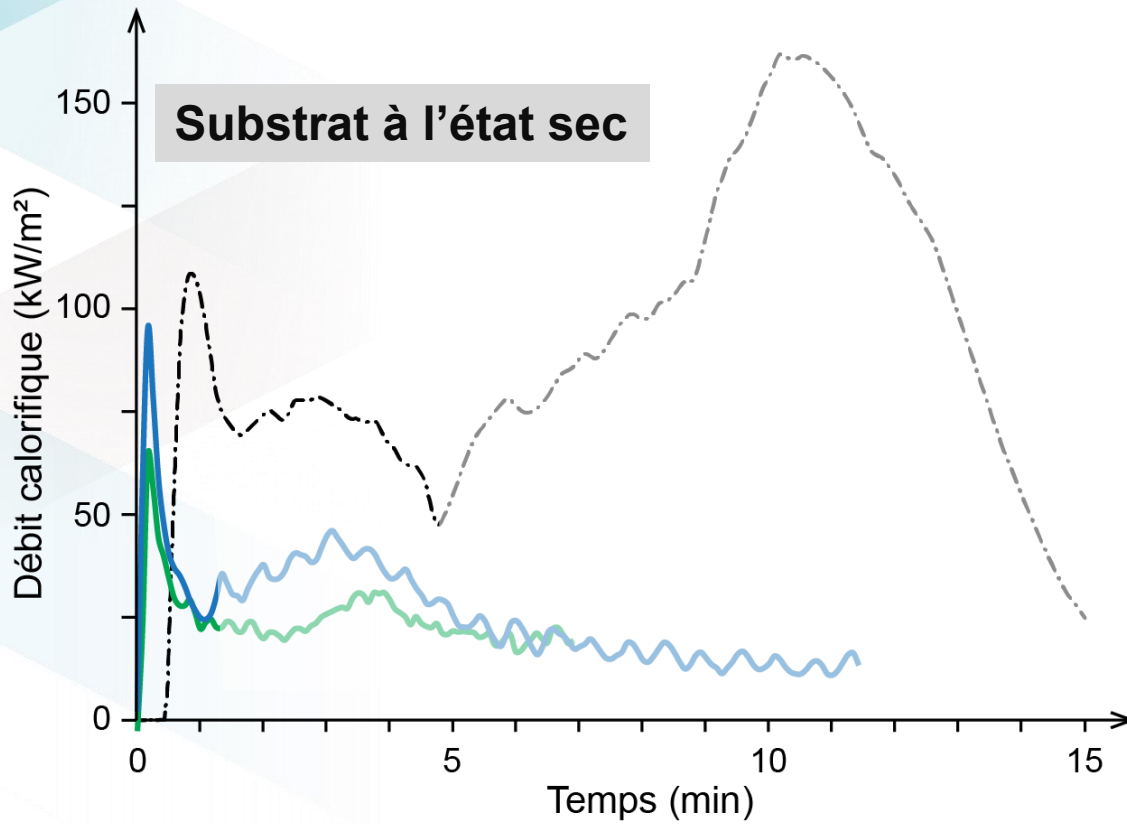
Bitume modifié au SBS  
avec les retardateurs de  
flamme



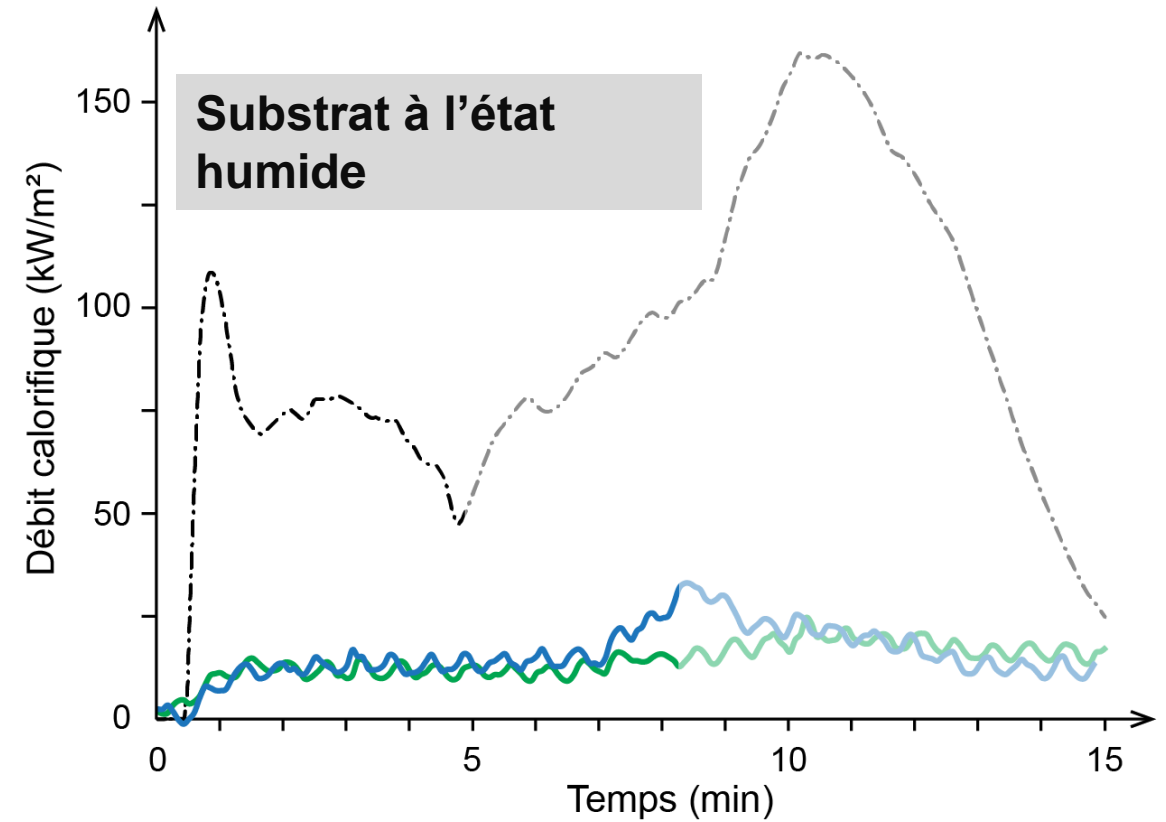
[5] Bourbigot S, Cerin O, Duquesne S, et al. (2013) Flame retardancy of bitumen: A calorimetry study. Journal of fire sciences 31: 112-130.

# Débit calorifique

## Substrat de croissance



— Substrat 1      — Substrat 2

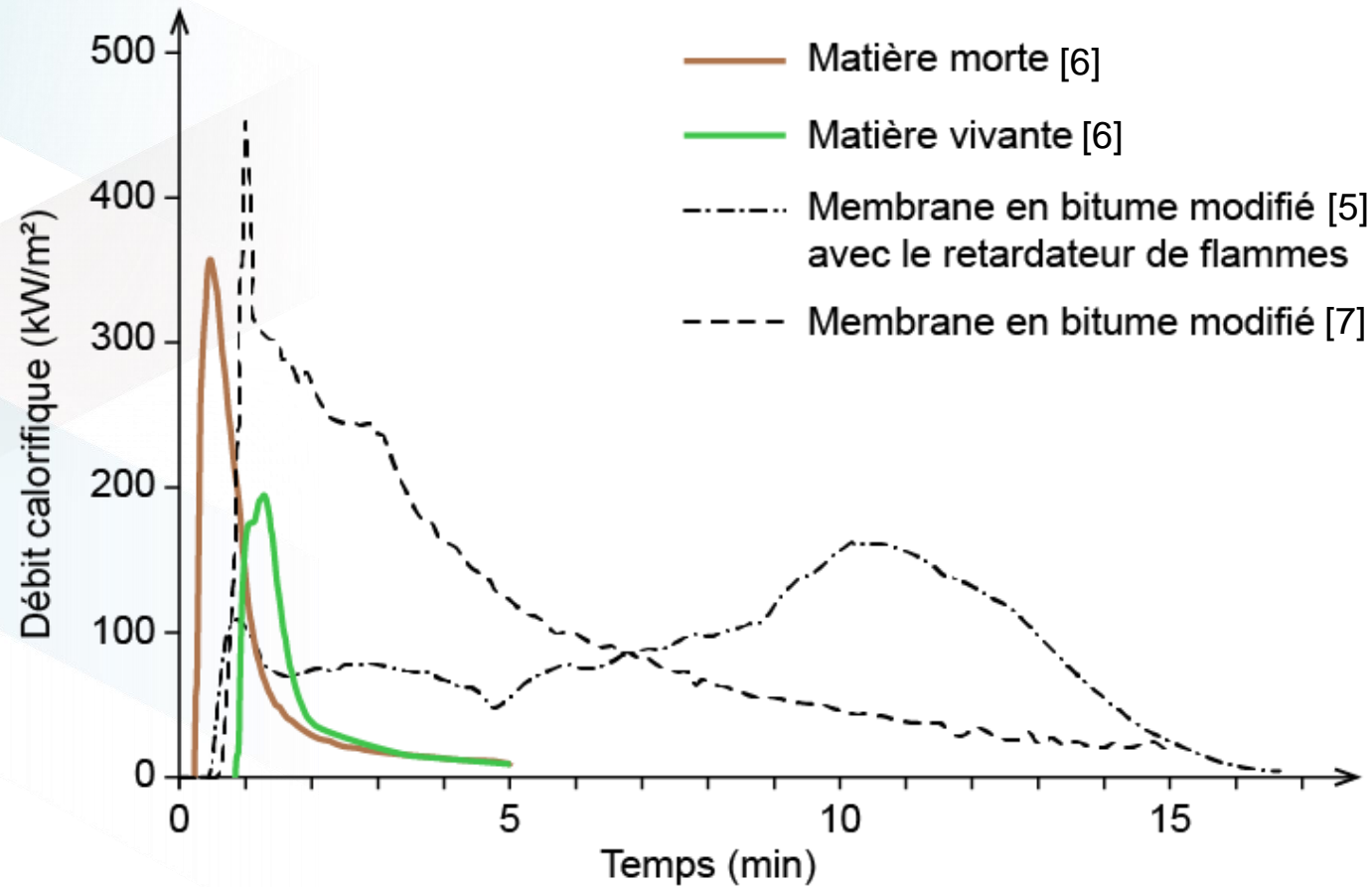


- - - - - Membrane

[5] Bourbigot S, Cerin O, Duquesne S, et al. (2013) Flame retardancy of bitumen: A calorimetry study. Journal of fire sciences 31: 112-130.

# Débit calorifique

## Plantes

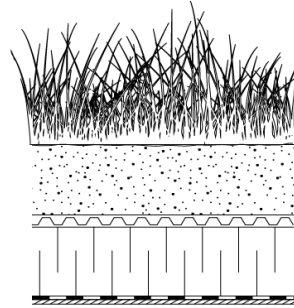


[5] Bourbigot S, Cerin O, Duquesne S, et al. (2013) Flame retardancy of bitumen: A calorimetry study. *Journal of fire sciences* 31: 112-130.

[6] Madrigal J., Marino E., Guijarro M., Hernando C. and Díez C. (2012) Evaluation of the flammability of gorse (*Ulex europaeus* L.) managed by prescribed burning. *Annals of Forest Science* 69: 387-397.

[7] Thureson P. and Nilsson M. (1994) Degradation of fire properties of approved products as a result of ageing..

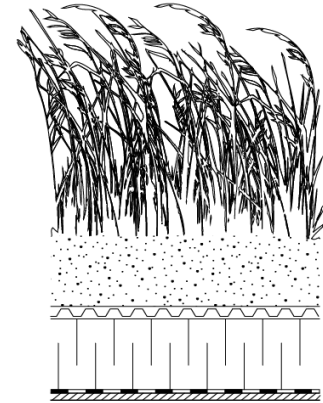
# Densité de la charge combustible (MJ/m<sup>2</sup>)



Membrane, 1 couche



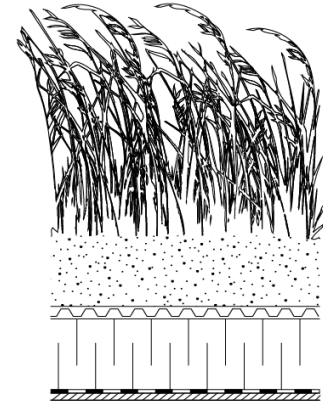
90.4 MJ/m<sup>2</sup>



Extensive 16-22%



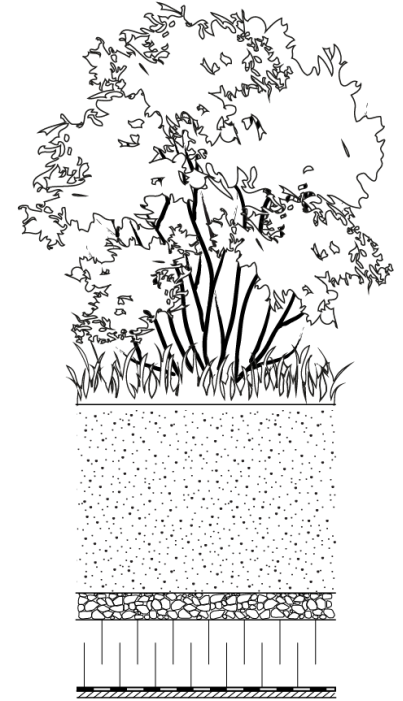
14.2 à 19.7 MJ/m<sup>2</sup>



Semi-Intensive 17-47%



15.5 à 42.1 MJ/m<sup>2</sup>



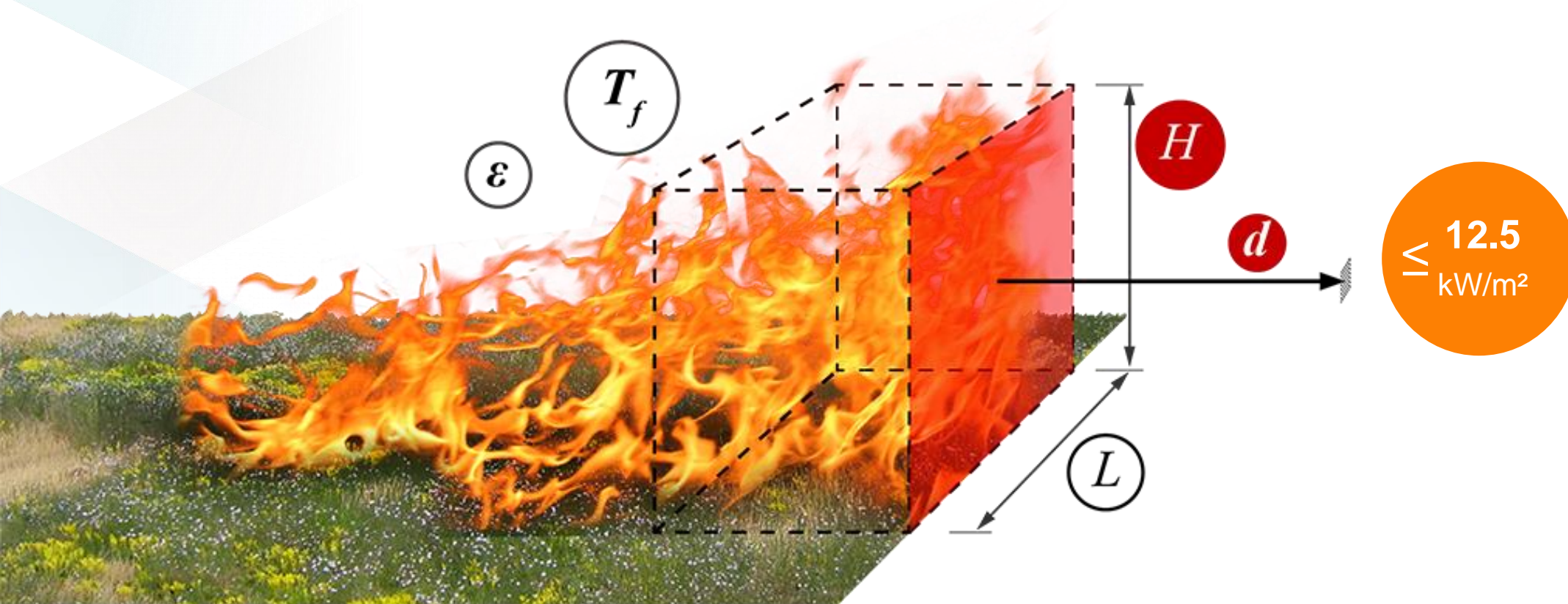
Intensive 57-95%



52.0 à 85.8 MJ/m<sup>2</sup>

### 3. Analyse du risque d'incendie pour les bâtiments adjacents

#### Propagation du feu par rayonnement thermique

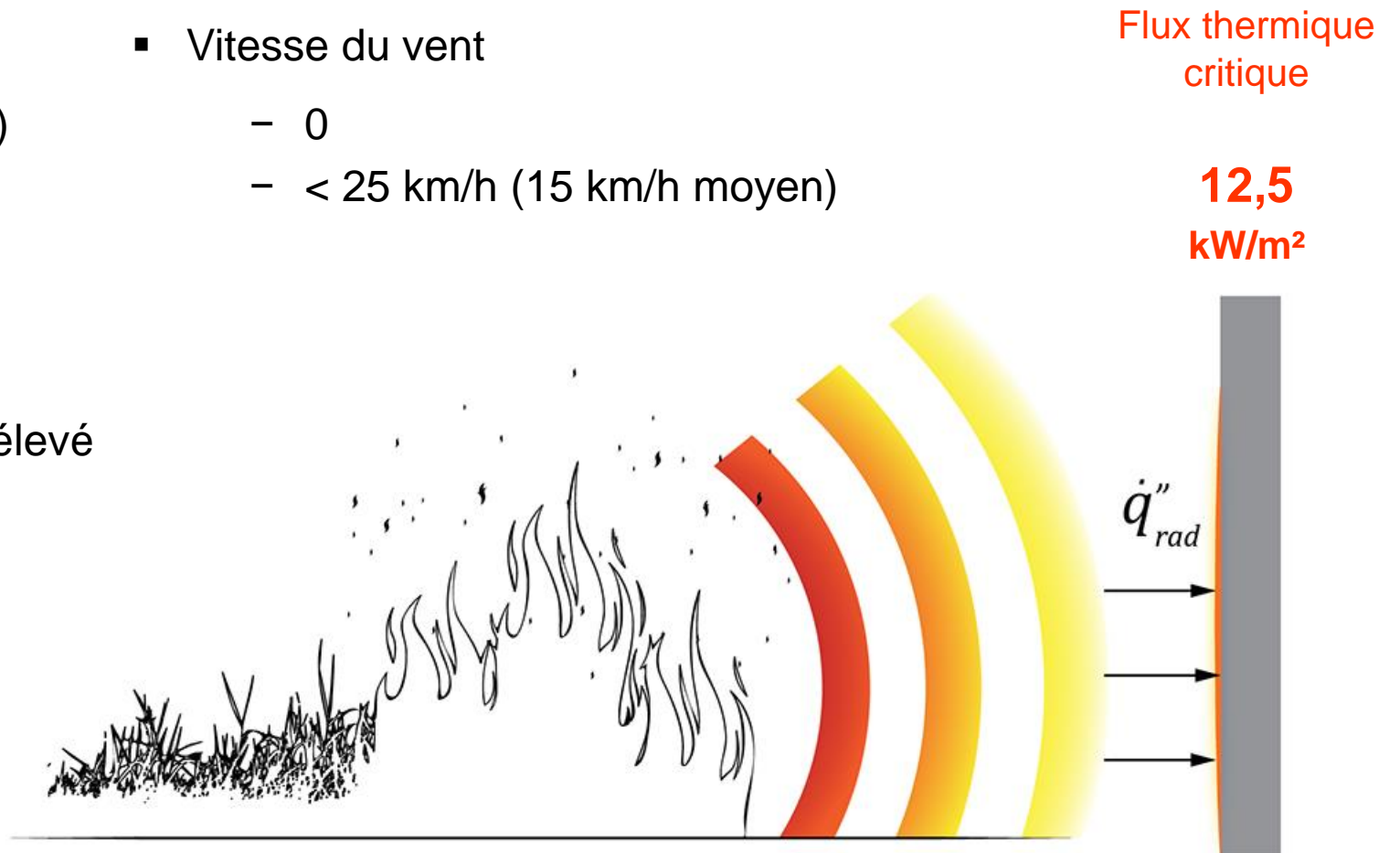


# Flux de chaleur rayonnante aux façades

- Végétation
  - Type (graminées, arbustes)
  - Charge combustible
  - Hauteur
- Taux d'humidité de végétation
  - Très faible, faible, moyen, élevé
- Vitesse du vent
  - 0
  - < 25 km/h (15 km/h moyen)

## Résultats:

- Distance sécuritaire  $d_{12.5}$



# Catégories de végétation

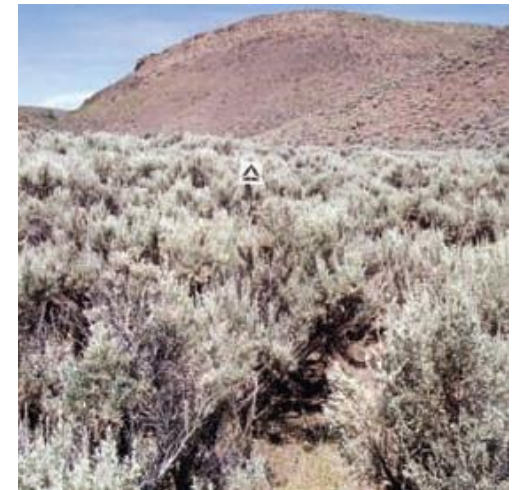
## Graminée



## Graminée-Arbustes



## Arbustes



**Hauteur**

de 0.3 à 0.6 m

de 0.3 à 0.6 m

de 0.3 à 0.9 m

**Charge combustible**

• faible • moyen • élevé

de 0.30 à 0.53 kg/m<sup>2</sup>

de 0.33 à 0.74 kg/m<sup>2</sup>

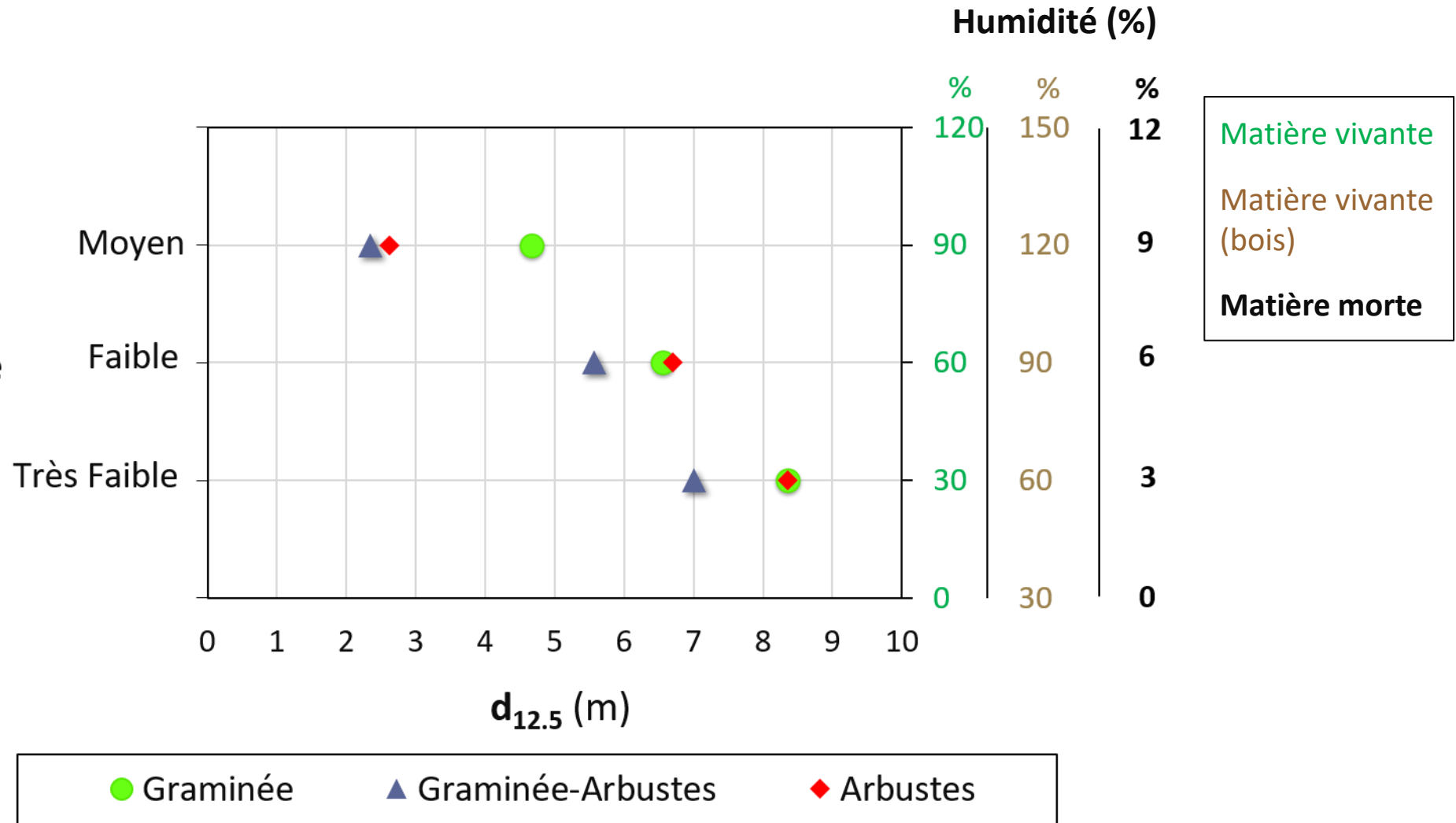
de 0.84 à 1.6 kg/m<sup>2</sup>

# Effet de l'humidité

Charge combustible:  
Moyen

Vent:  
15 km/h

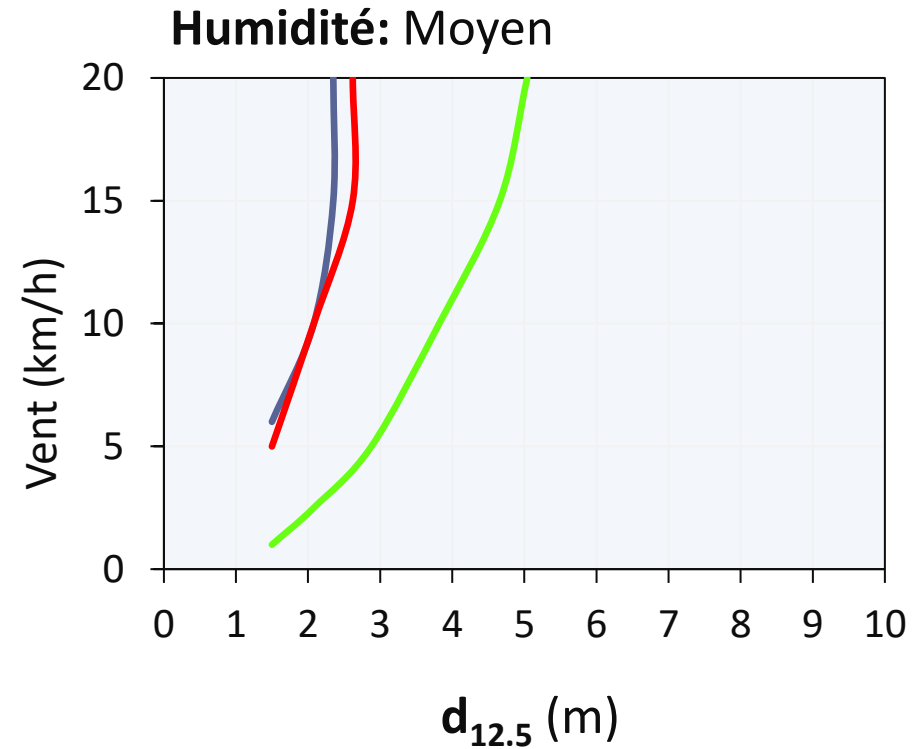
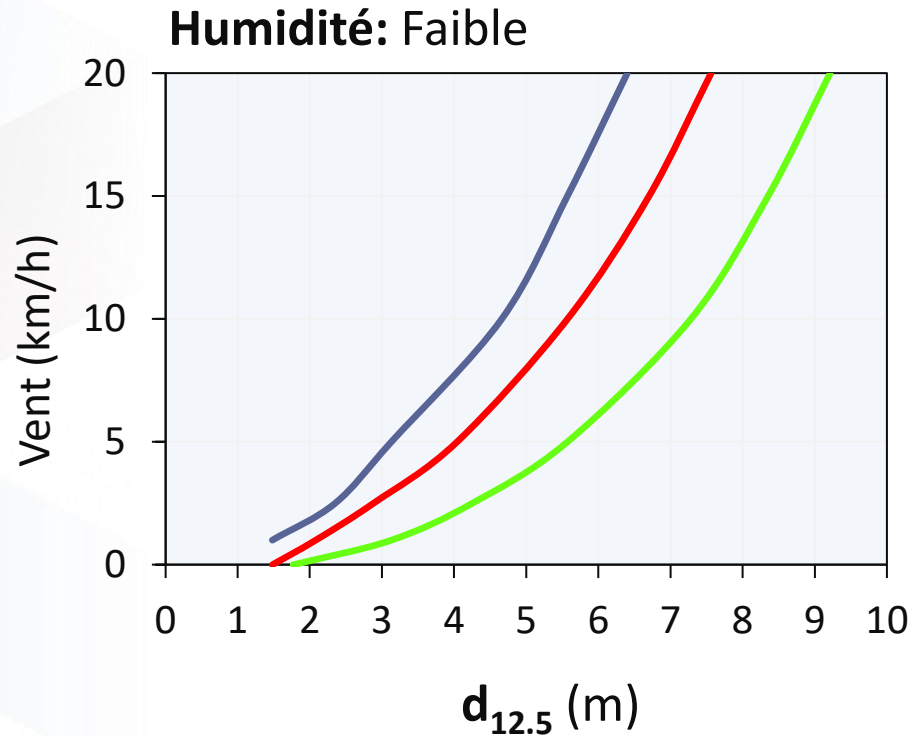
Humidité





# Effet du vent

Charge combustible:  
Moyen



— Gr., Arbuste    — Arbustes    — Graminée

**Merci pour votre attention!**

