

## CONTEXTE ET OBJECTIFS

### Contexte

- > **Général**
  - Transition écologique et modernisation des plans urbains: utilisation croissante du bois dans la construction.
  - Intérêt du bois: faible impact carbone, bonne résistance mécanique, facilité de mise en œuvre.
  - Le bois est un combustible: nécessité de caractériser son comportement au feu afin d'alléger les règles strictes qui limitent son utilisation dans la construction.
- > **Modélisation de la dégradation et de la combustion du bois**
  - Existence de modèles cinétiques qui donnent des résultats satisfaisants à petite échelle.
  - Existence de modèles multiphysiques qui couplent la cinétique de la dégradation et de la combustion avec le transfert de chaleur et de masse mais qui sont incapables à l'heure actuelle de reproduire le comportement au feu du bois à grande échelle.

### Objectifs

Développer un modèle multiphysique détaillé à l'échelle du cône calorimètre et déterminer des lois de comportement de certaines propriétés afin de faciliter leur insertion dans le modèle.

## 2. Détermination des conditions aux bords des essais du cône calorimètre.



Fig.5. Cône calorimètre.

- Essais au cône avec un matériau inerte: silicate de calcium (6 flux).
- Mesure en continu de la température de surface par une caméra IR.
- Mesure des températures au sein de l'échantillon par des thermocouples noyés (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 30, 40 et 50 mm).
- Suivi de la température jusqu'au refroidissement après retrait du flux.

### Développement d'un modèle thermique 3D.

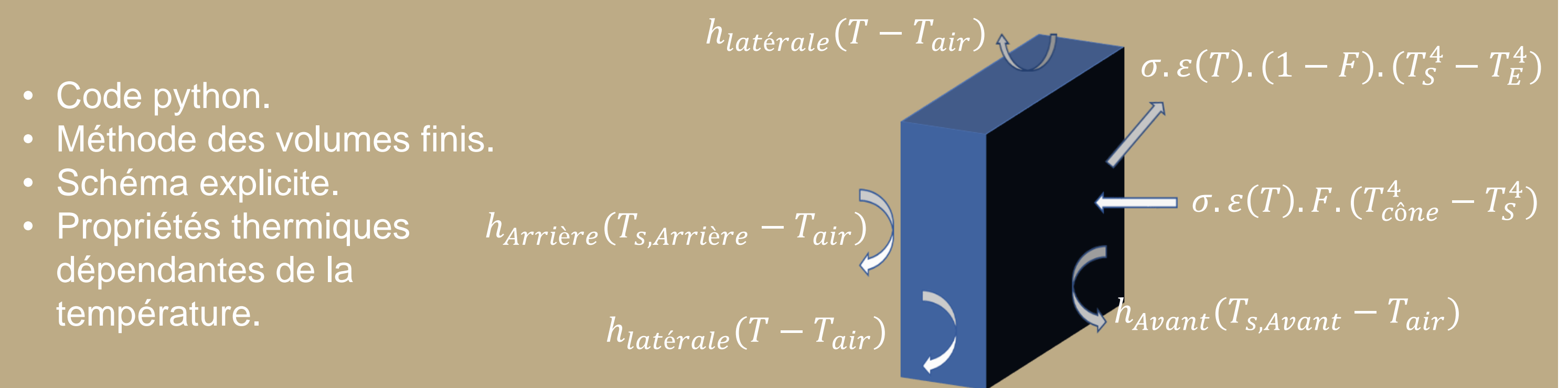


Fig.6. Conditions aux bords.

### Méthode inverse pour estimer les conditions aux bords.

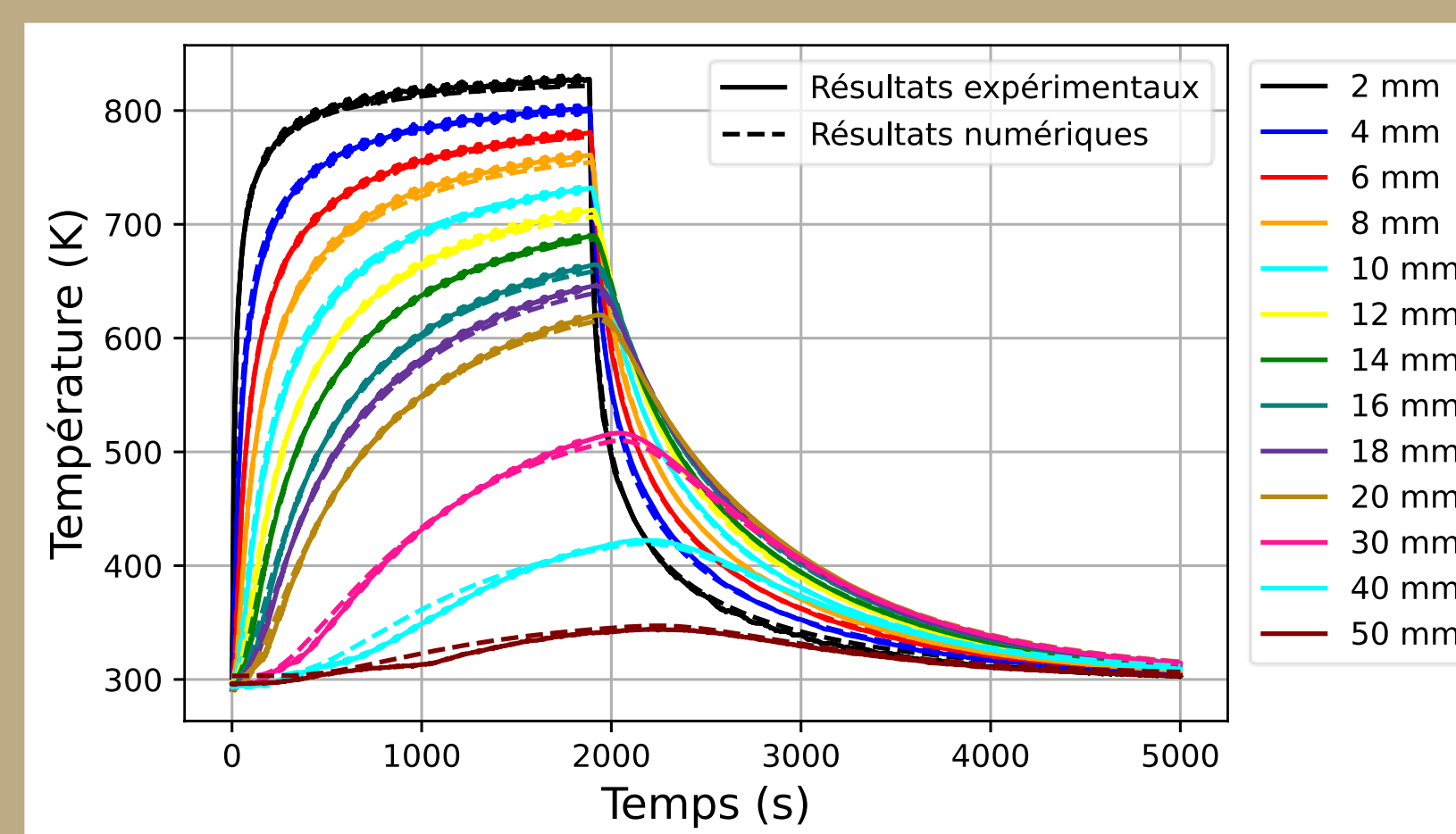


Fig.7. Comparaison des températures numériques et expérimentales.

- Méthode des moindres carrés.
- Algorithme de Levenberg-Marquardt.
- Inversion sur tous les flux en même temps.
- Inconnues = {Conductivité, chaleur spécifique, facteur de forme (F) et les coefficients d'échange convectif}.

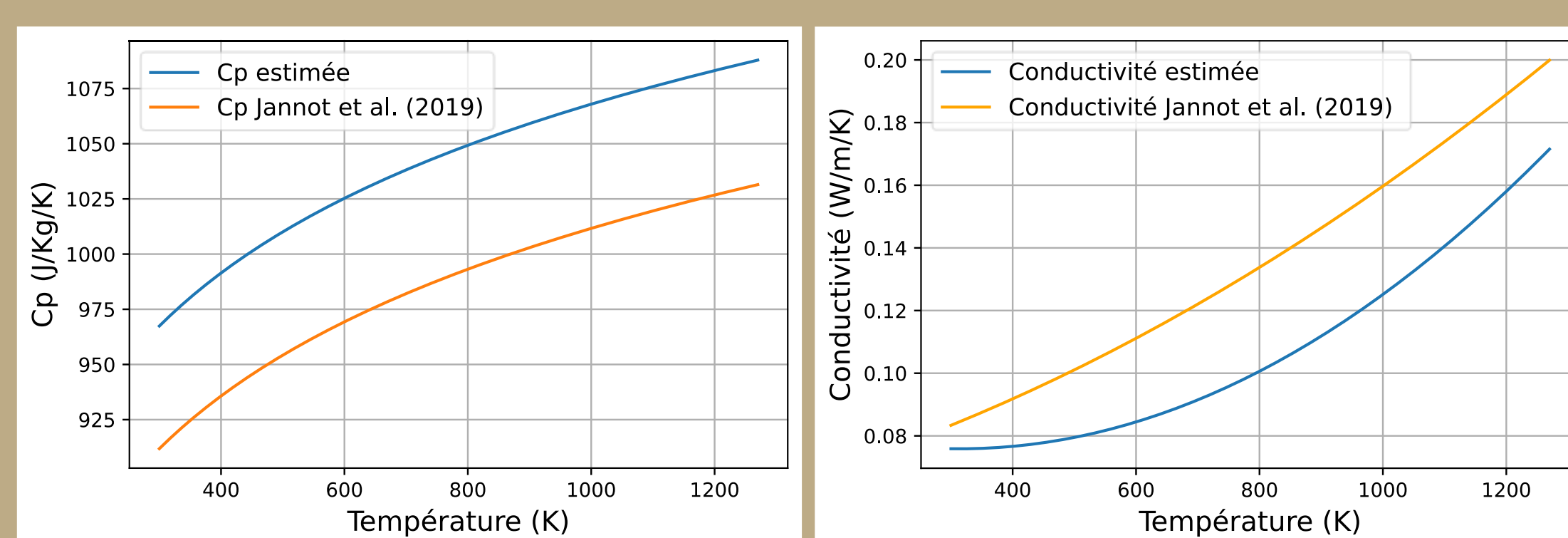
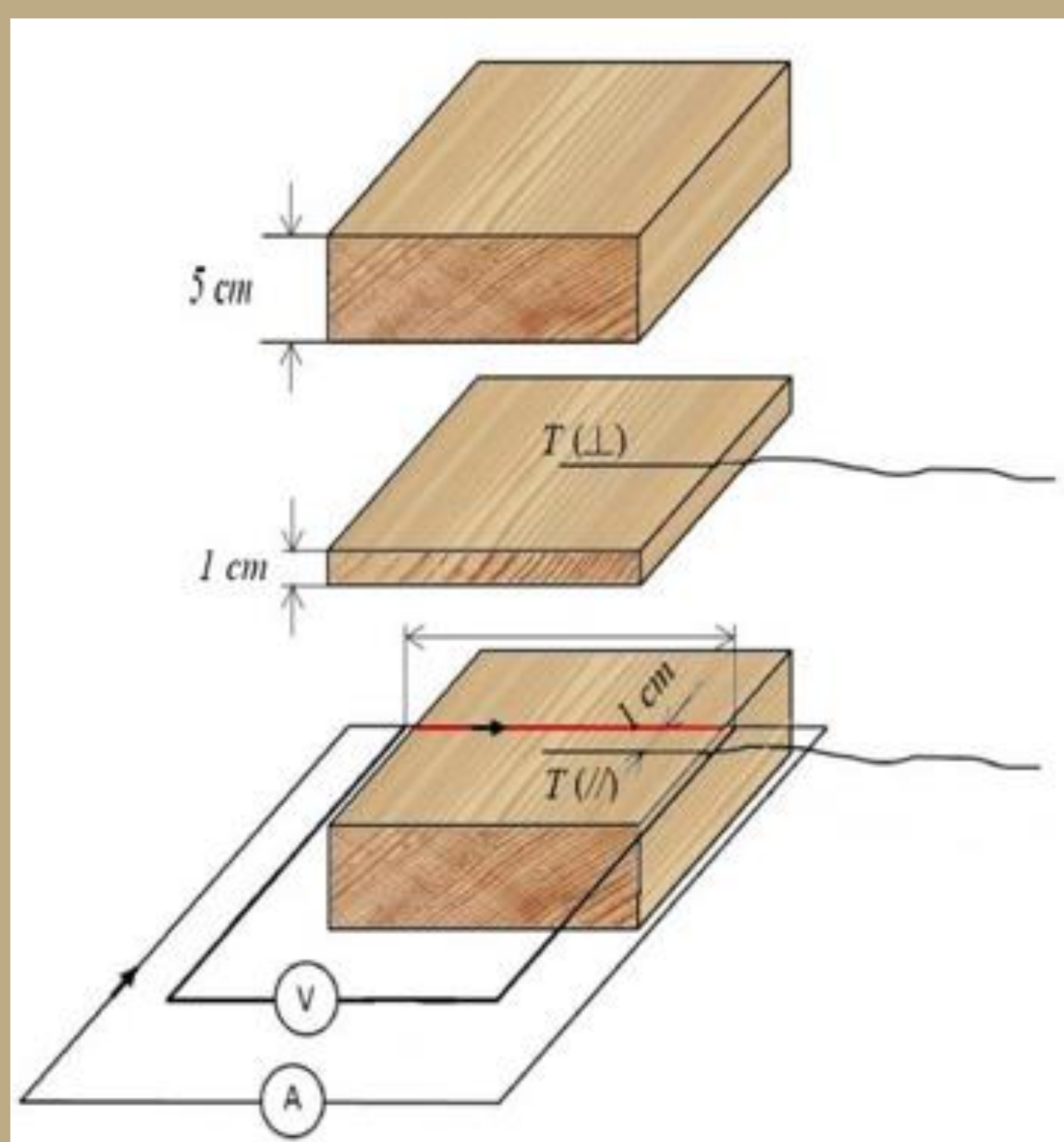


Fig.8. Paramètres estimés et comparaisons avec la littérature.

$F = 0,665$   
 $h_{avant\_c} = 3,82 \text{ W/m}^2/\text{K}$   
 $h_{avant\_R} = 7,4 \text{ W/m}^2/\text{K}$   
 $h_{arrière} = 13,9 \text{ W/m}^2/\text{K}$   
 $h_{latérale} = 7,2 \text{ W/m}^2/\text{K}$

## PRINCIPAUX RÉSULTATS

### 1. Caractérisation des propriétés thermiques du bois.



- Méthode du fil chaud parallèle.
- Estimation Conductivité et Cp du bois en fonction de la température.
- 7 essences de bois.
- Échantillons secs et humides.
- Sens parallèle et perpendiculaire aux fibres.

#### Principe de la méthode:

- Alimenter le fil par un courant constante I.
- Mesurer la tension U aux bornes du fil.
- $\phi = (U \cdot I) / L \text{ W/m}^2/\text{K}$ .
- Inversion en utilisant un modèle quadripôle thermique.

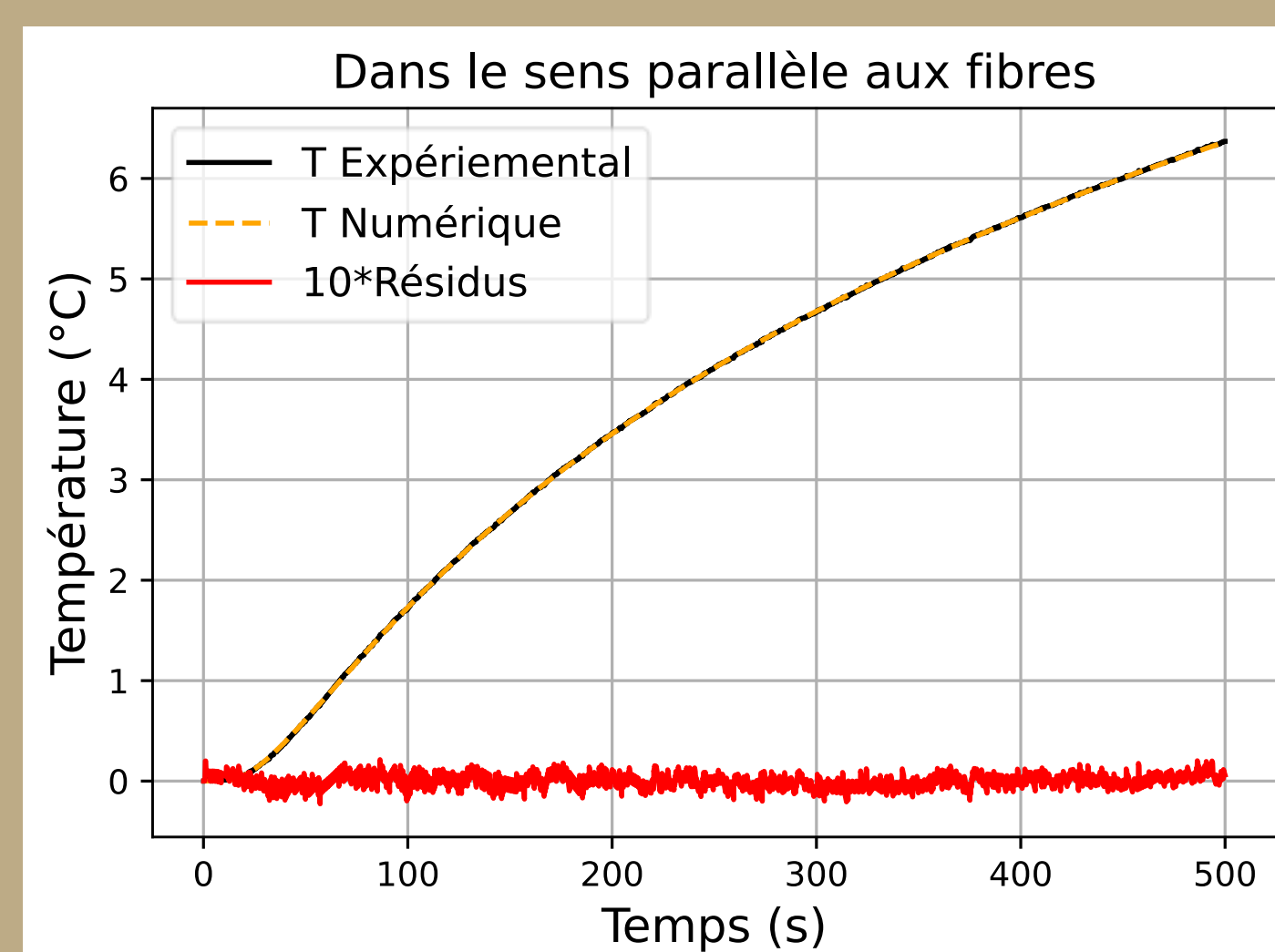
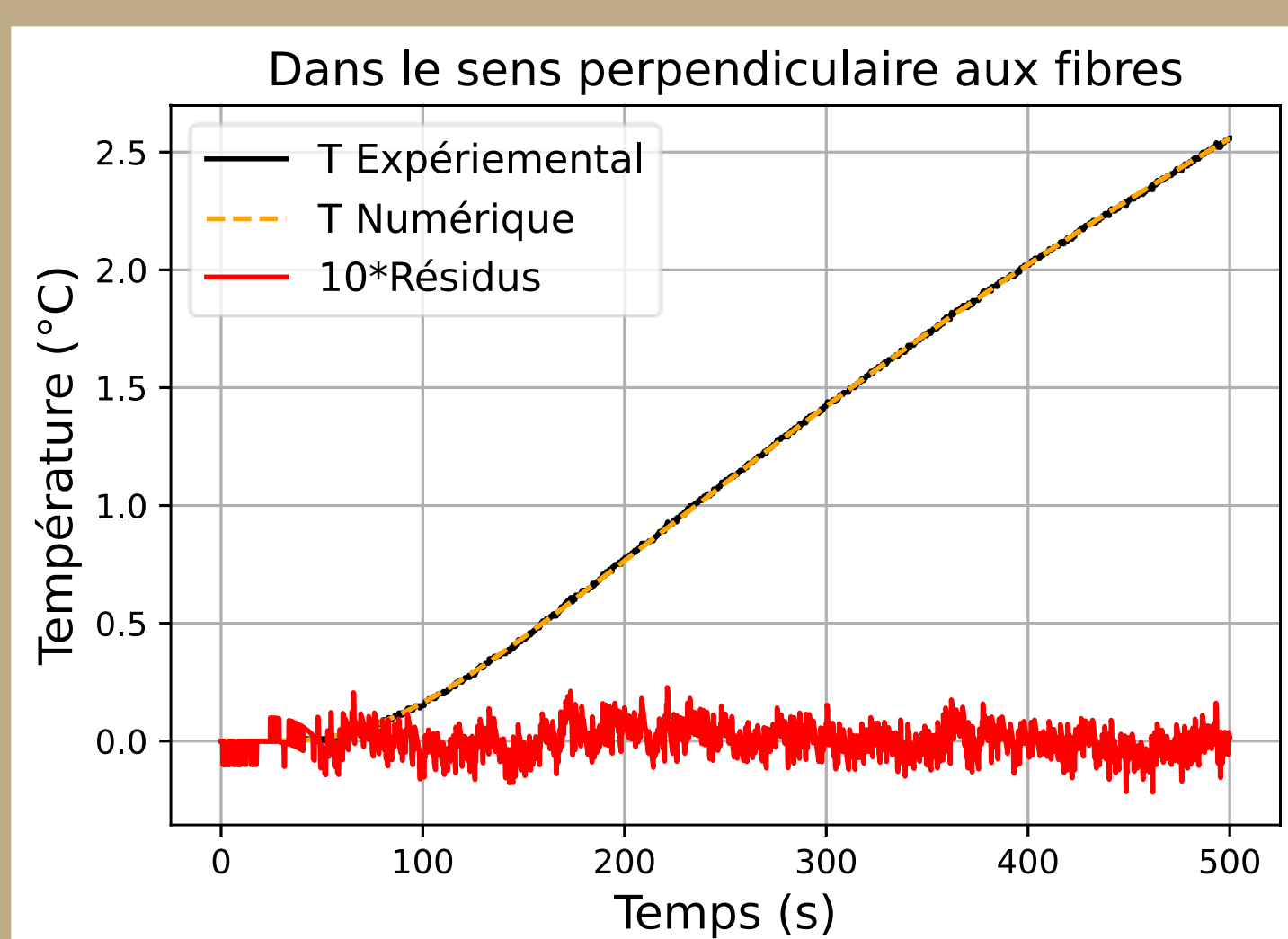


Fig.2. Comparaison des résultats expérimentaux et numériques.

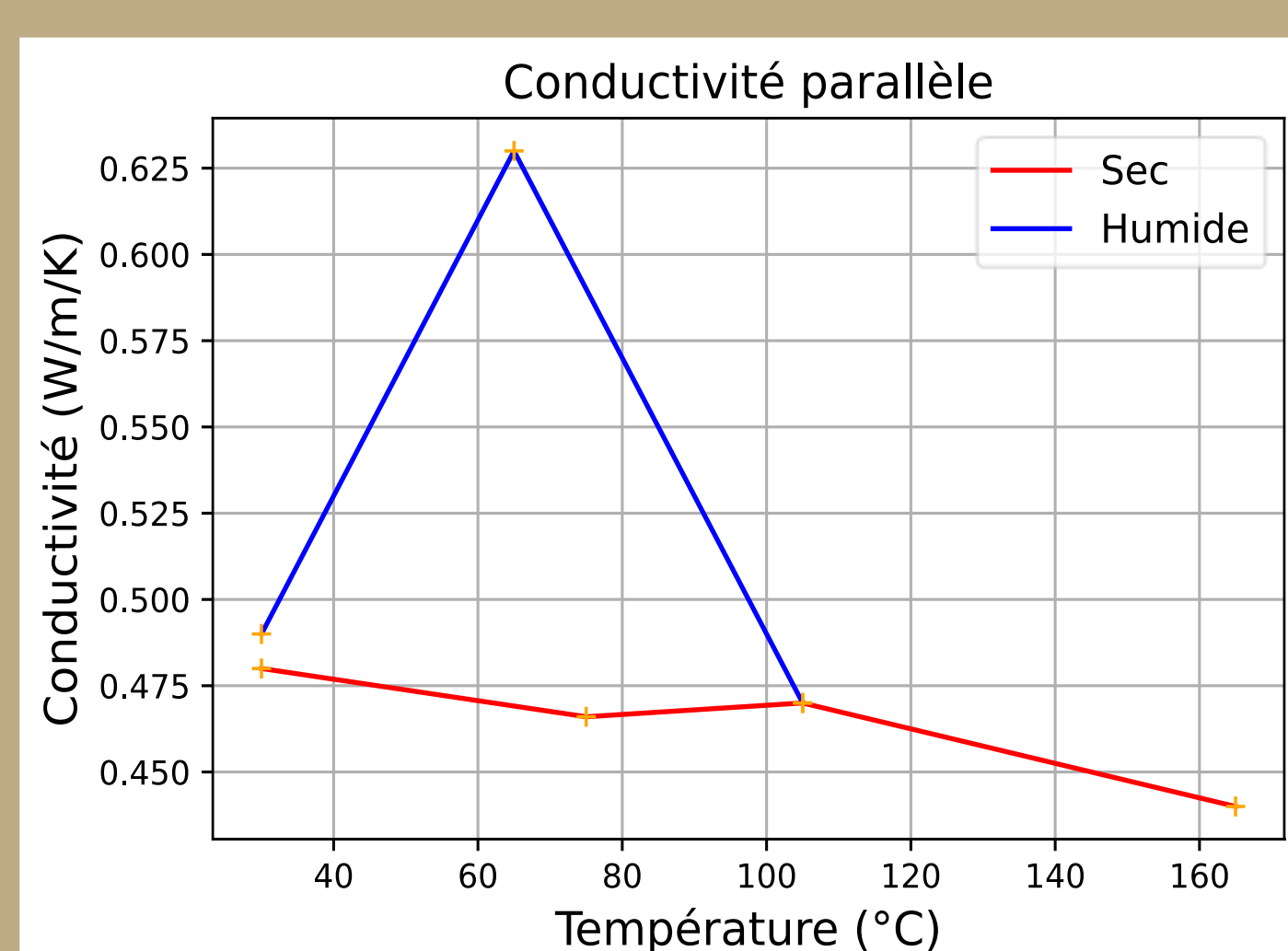
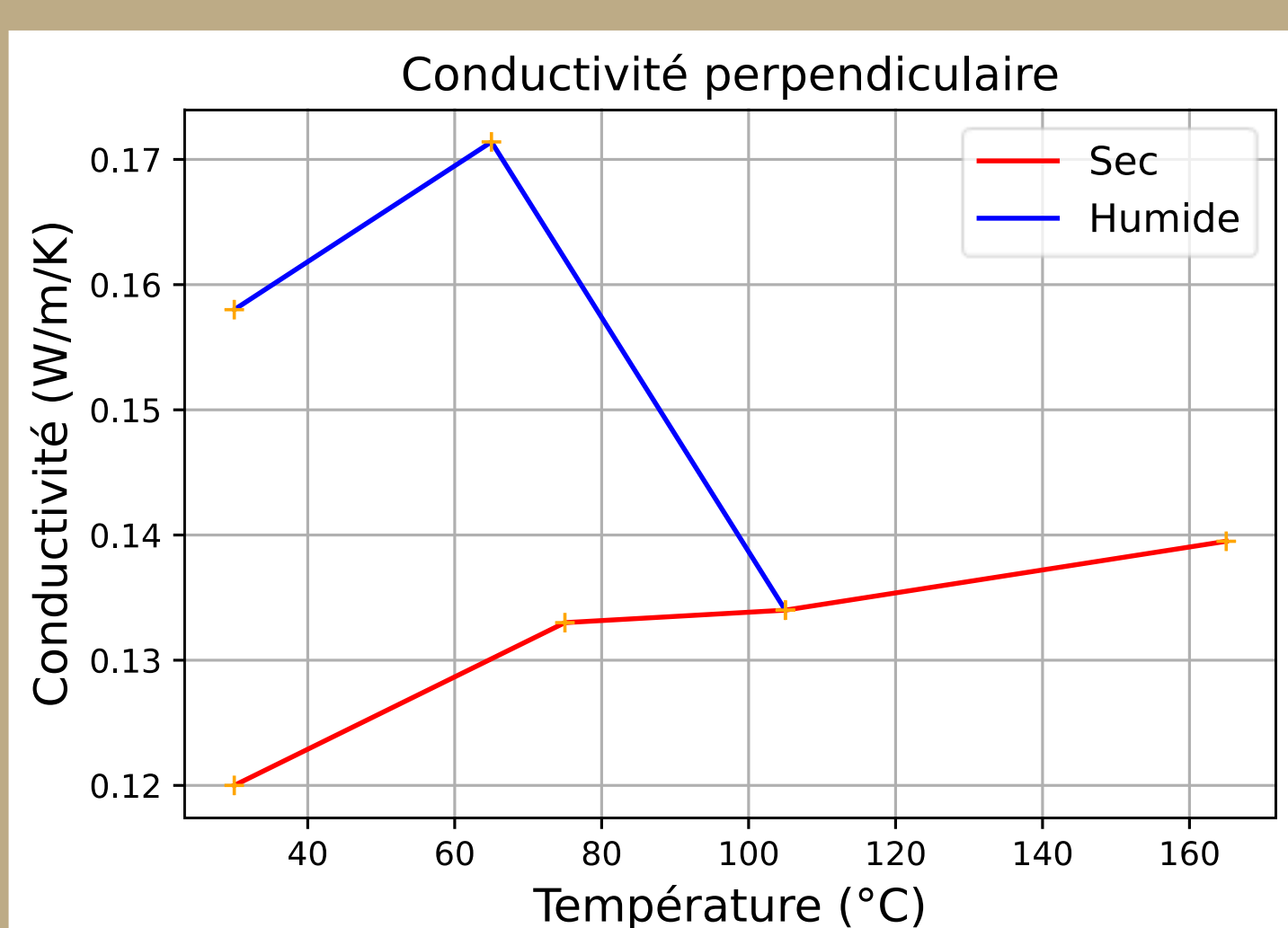


Fig.3. Variation de la conductivité thermique du chêne en fonction de la température.

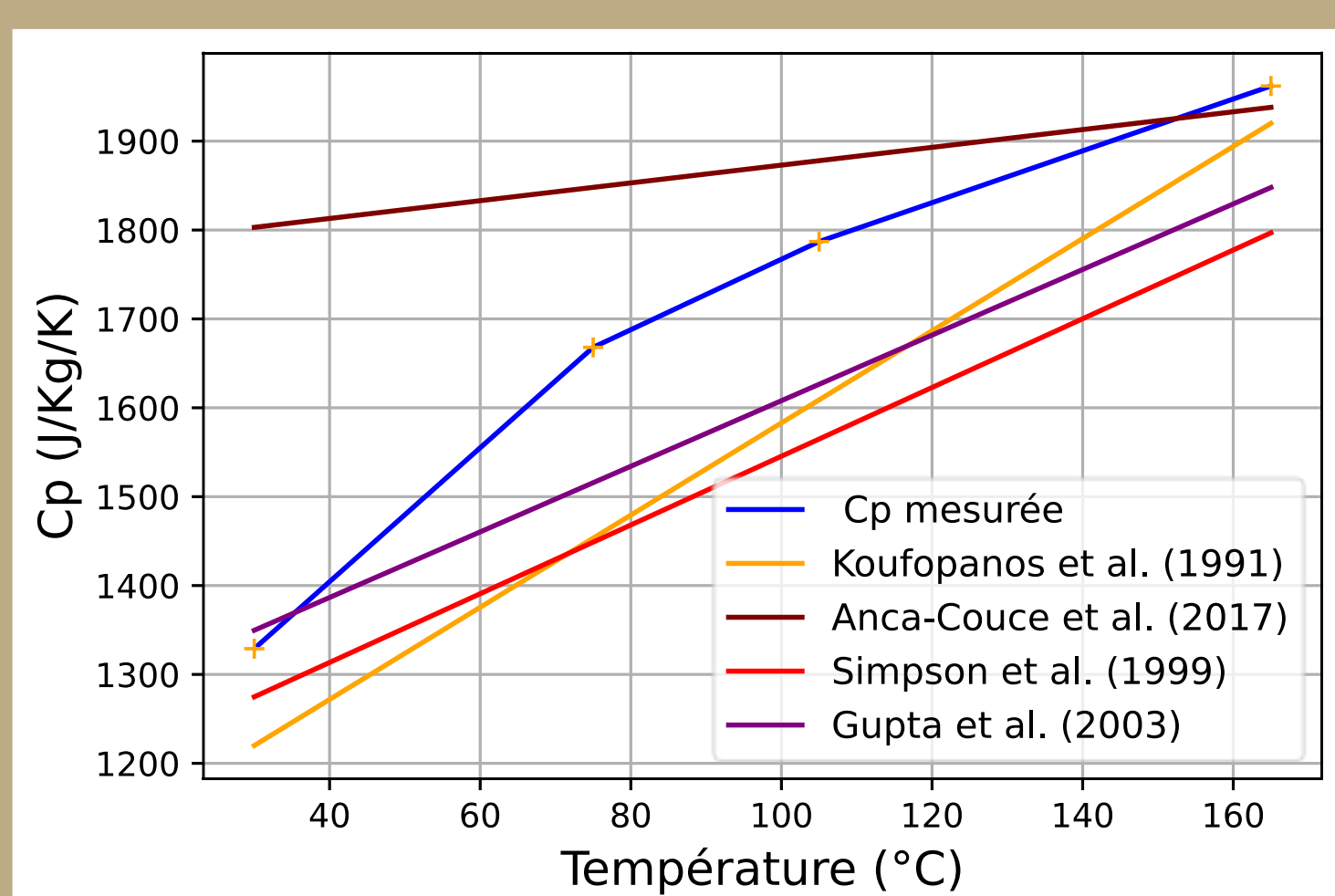


Fig.4. Comparaison de la chaleur spécifique estimée avec la littérature.

## ÉTAT D'AVANCEMENT

### 1. Caractérisation du bois

#### > Essais déjà réalisés:

- Mesure de la conductivité dans le sens parallèle et perpendiculaire aux fibres et de la chaleur spécifique pour 7 essences de bois avec des échantillons humides et secs jusqu'à une température de 160°C.
- Mesure de la porosité et de l'émissivité pour 7 essences.
- Analyse chimique détaillée de 7 essences (élémentaire, décomposition en cellulose, hémicellulose et lignine et analyse des minéraux).
- Essais d'analyse thermogravimétrique pour les 7 essences afin de développer un modèle cinétique pour le pyrolyse et l'oxydation du charbon.
- diffusivité et chaleur spécifique du bois et du charbon.

#### > Essais en cours:

- Essais de tomographie sur du bois et du charbon pour mieux comprendre leurs morphologies.
- Essai au cône avec des échantillons secs pour 7 essences du bois à 6 flux.

### 2. Modélisation.

- > Développement d'un modèle thermique 3-D et estimation des conditions aux bords.
- > Développement d'un modèle cinétique de pyrolyse.
- > Couplage 3D du transfert de chaleur et du modèle cinétique de pyrolyse.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

- > **Caractérisation au cône des différents essences de bois: meilleure appréhension de la dégradation et des propriétés d'influence.**

- > **Séparation des phénomènes physiques et chimiques qui ont lieu lors de la dégradation et de la combustion:**

- Essais au cône avec un faible flux ( $T_{bois} < 200^\circ\text{C}$ ) pour des échantillons de bois sec et humide pour développer un modèle hygrothermique sans pyrolyse jusqu'à 200°C.
- Développement d'un modèle cinétique en se basant sur les essais ATG et couplage de ce modèle avec un modèle de transfert de chaleur et de masse ( $T_{bois} > 200^\circ\text{C}$ ).
- Prise en compte de la combustion gazeuse (flamme) et solide.