

Bois traité thermiquement, matériau  
résistant aux attaques fongiques sans  
traitement chimique



Pr. Mathieu Pétrissans ; [Mathieu.Petrissans@univ-lorraine.fr](mailto:Mathieu.Petrissans@univ-lorraine.fr)

# Le traitement thermique depuis la nuit des temps



Chauffage pieux de bois (préhistoire)

Passage à la flamme Douelle, tonneaux de chêne



# Le bois traité thermiquement



bois modifié thermiquement

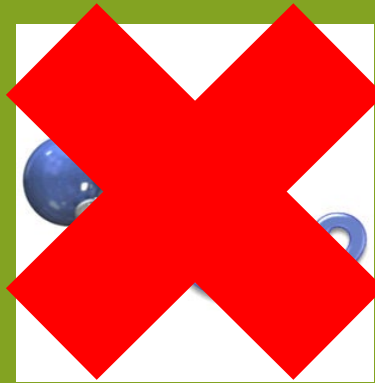
bois rétifé

bois torréfié



# Concept du traitement

essences bois diverses



180-220°C



Dégradation des biopolymères du bois



# technologies: convective/conductive

Four convectif, fumées et/ou vapeur



Four conductif sous vide



Les usines de Lunawood à Iisalmi et Kaskinen utilisent le procédé breveté ThermoWood®. Sur la photo, le four Thermowood est déchargé après le processus.



# Avantages et inconvénients

## ► Avantages :

Meilleures stabilité dimensionnelle

Meilleure résistance aux attaques fongiques

(Utilisation extérieure possible, sans traitement)

Couleur bois exotique

Hydrophobe

## ► Inconvénient :

Affaiblissement des propriétés mécaniques





# Extérieurs



L'amélioration de la stabilité dimensionnelle et de la durabilité du bois thermoformé est bénéfique pour l'architecture (Loft Green Apartments, Roumanie)

# Intérieurs



# Applications

	<b>AMEUBLEMENT</b> Tables, Chaises Armoires Plans de travail lamellés-collés Panneaux décoratifs Meubles d'appoint Etagères, ...		<b>AMÉNAGEMENTS EXTÉRIEURS - ÉQUIPEMENTS DE JARDIN</b> Lames de terrasse Lames de caillebotis Pergolas Cabanons Abris de jardin Jardinières, Bacs à fleurs Bordures et dallages de piscine Piquets et poteaux de clôture, ...
	<b>MENUISERIES INTÉRIEURES - AGENCEMENT</b> Planchers Parquets Lambris Plinthes Profilés d'intérieur, ...		<b>MENUISERIES EXTÉRIEURES</b> Cadres Composants de fenêtre Volets Persiennes Clôtures Portes, ...
	<b>BARDAGE</b> Clins Claire-voie, ...		<b>AMÉNAGEMENTS INTÉRIEURS EN MILIEU HUMIDE</b> Lambrissage de saunas Agencements de pièces humides
	<b>AMÉNAGEMENT EXTÉRIEURS EN MILIEU HUMIDE</b> Appontements Aménagements de pontons et de berges Passerelles		

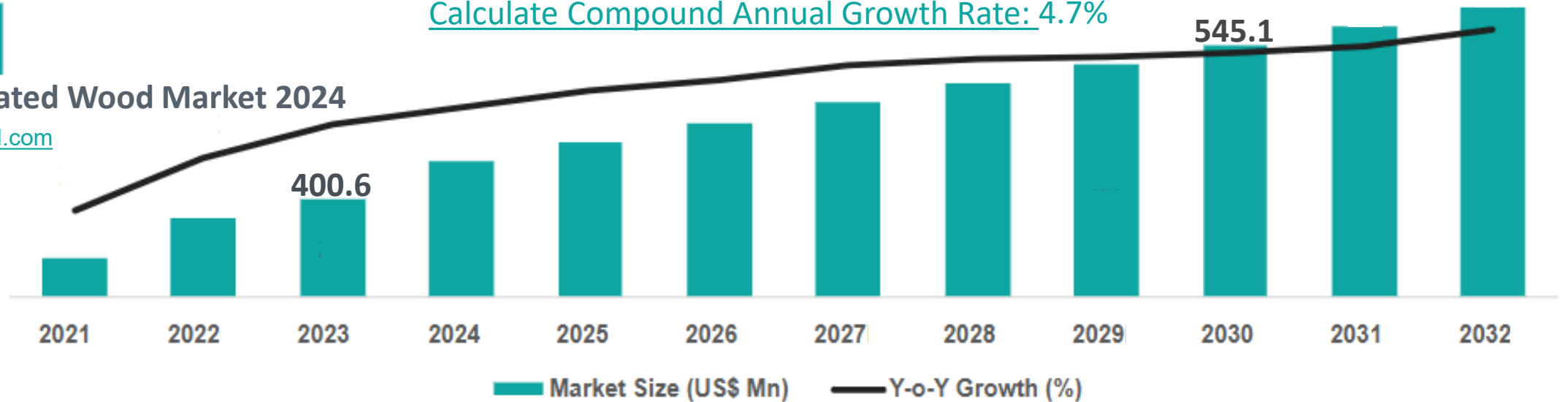
# Marché Mondial 2024

2021-2032

Calculate Compound Annual Growth Rate: 4.7%

Global Heat-treated Wood Market 2024

[Researchreportsworld.com](https://www.researchreportsworld.com)



2024, Entreprises majeures : Oy Lunawood, Thermoarena, Thermory, Stora Enso, Oy SWM-Wood, Bois traité thermiquement Westwood, Novawood, Groupe Ducerf, HeatWood, Tantimber, LDCwood, Thermalwood Canada...



# Freins au développement



- ▶ Homogénéité du traitement (chaleur dans le four, taux de minéraux)
- ▶ Maitrise du temps de traitement pour obtenir les propriétés attendues
- ▶ Maitrise de la qualité du produit

Si le bois est mal traité, les retours clients sont nombreux...



# Défis scientifiques relevés par l'équipe de recherche

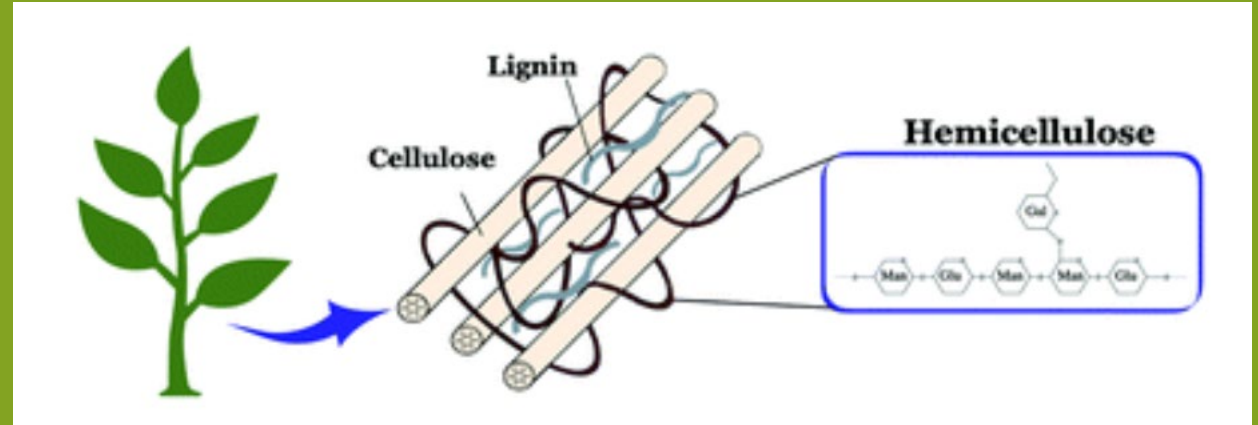
1. identifier un paramètre de suivi de la transformation
2. prédire les temps de traitement
  - 2.1. modéliser la cinétique de dégradation des biopolymères
  - 2.2. identifier le rôle des produits minéraux naturels dans les cinétiques
  - 2.3. comprendre le rôle complexe des minéraux naturels
3. valider la durée dans le temps des propriétés modifiées telles que la mouillabilité
4. trouver de nouvelles utilisations pour le bois modifié thermiquement





1. identifier un paramètre de contrôle de la qualité

# C'est la dégradation partielle des biopolymères qui transforme le bois



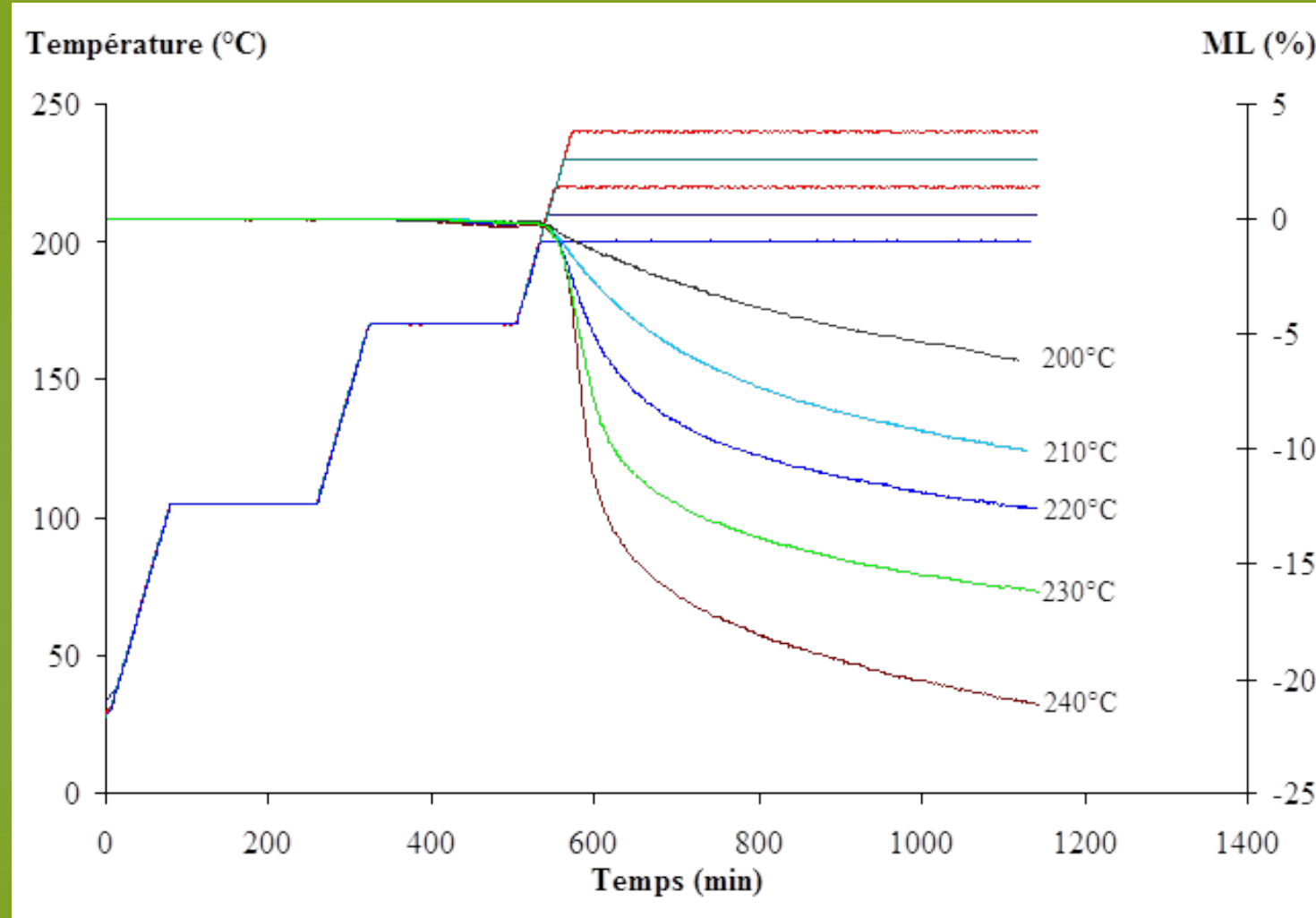
→ Dégradation quasi-totale des hémicelluloses  
Forte dégradation de la cellulose amorphe  
Transformation du réseau polymère de la lignine (par condensation de produits de décomposition)

↓  
Perte de masse durant le procédé



# Le couple temps + température génère les cinétiques de perte de masse

Thesis M. Hakkou 2006



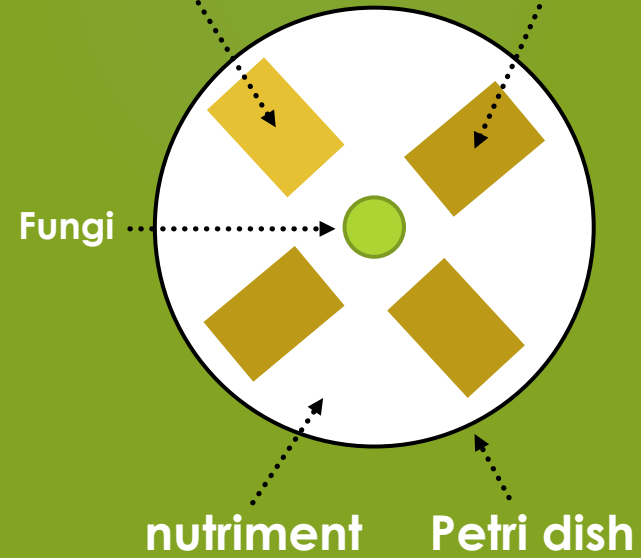
Mass evolution for different treatment temperatures – Poplar (Chaouch 2011)

# Correlation entre la perte de masse du bois traité (ML) et de l'attaque fongique (WL)

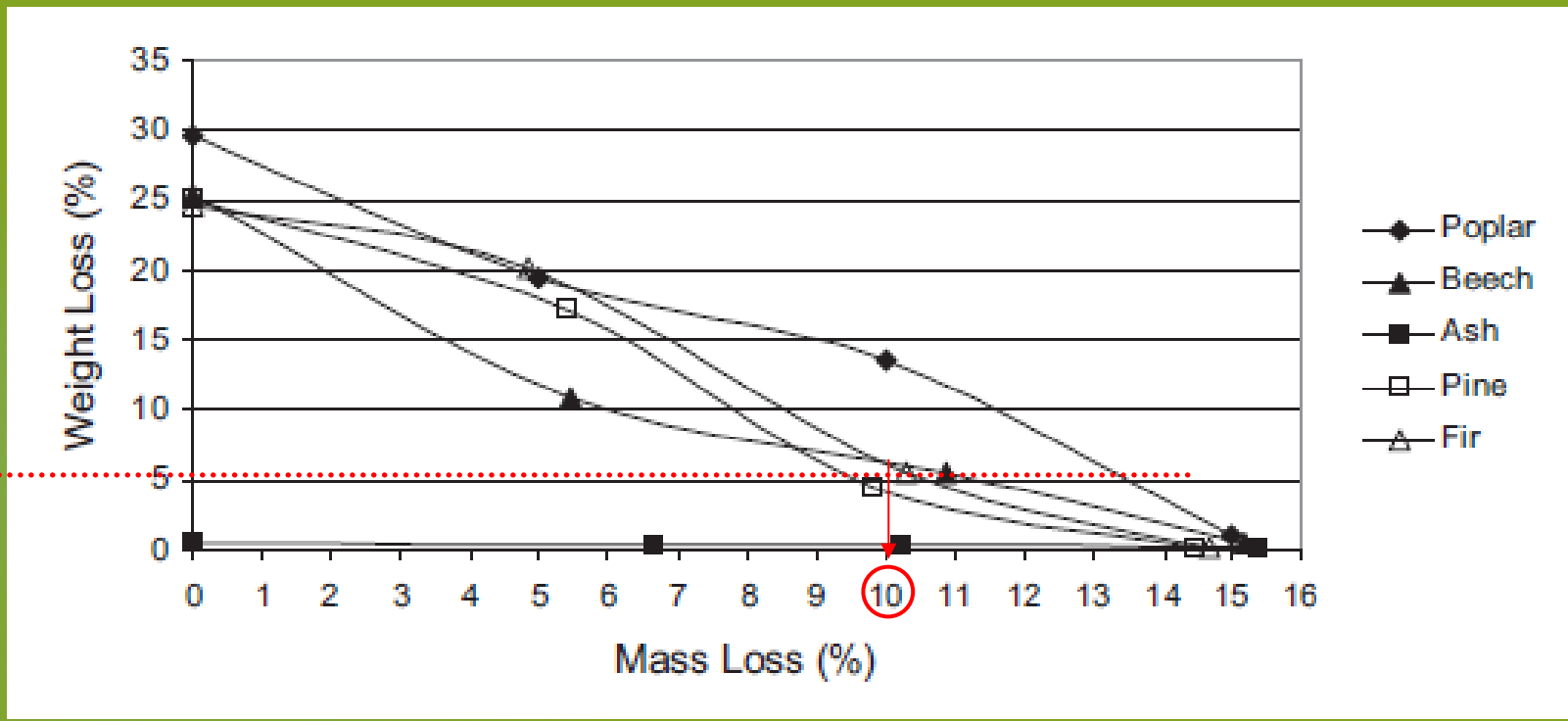
Thesis M. Chaouch 2011



1 Wood sample (Block) control  
3 Wood samples (Block) Heat treated



20°C, 70%RH, 16 weeks  
Determination of the Weight Loss WL





La perte de masse peut donc être un paramètre déterminant pour garantir la protection contre les attaques fongiques, les changements de couleur, la stabilité dimensionnelle...

temps + température = perte de masse =  
paramètre de contrôle = nouvelles propriétés !

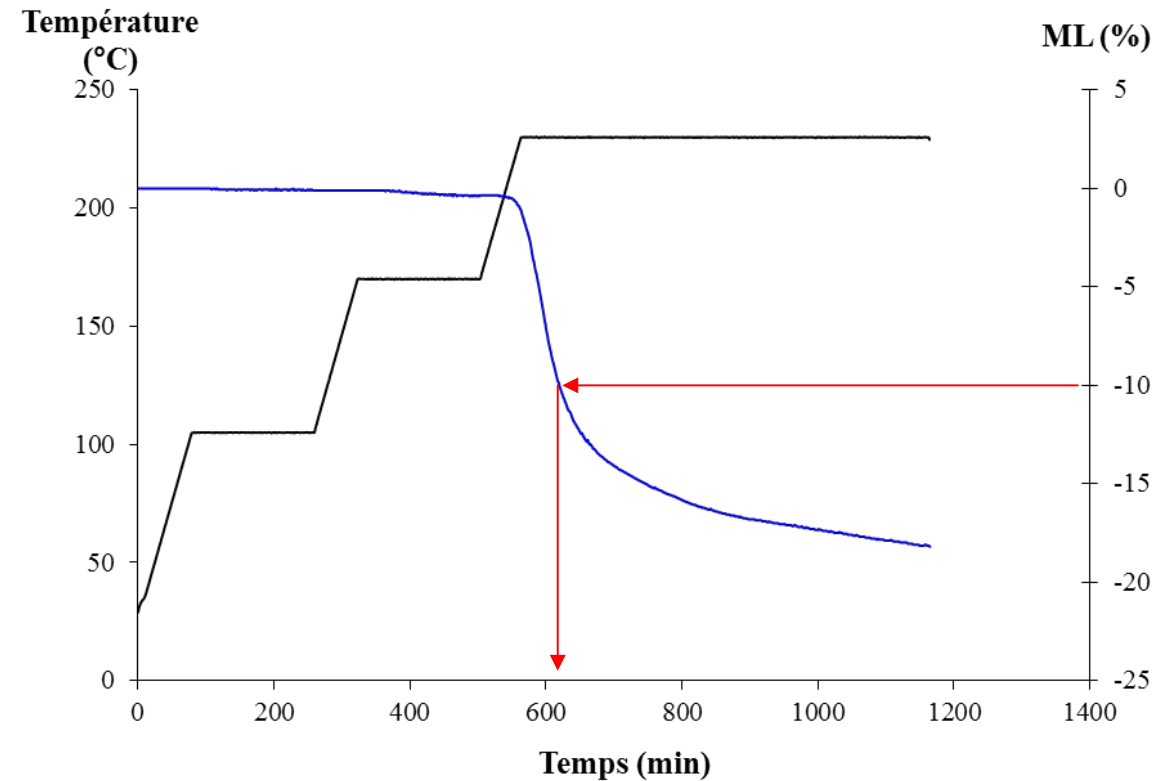
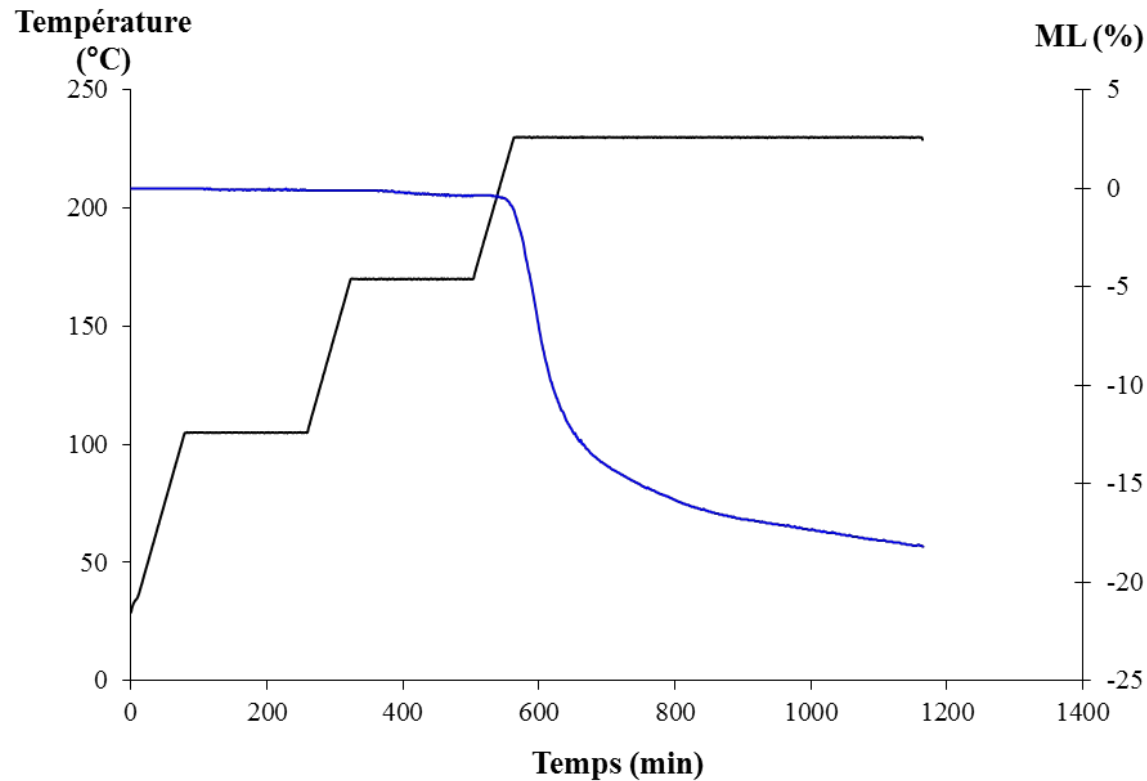
Maintenant, il faut pouvoir prédire un temps pour une certaine température...



## 2. Prédire les temps de traitement

### 2.1. modélisation des cinétiques de dégradation

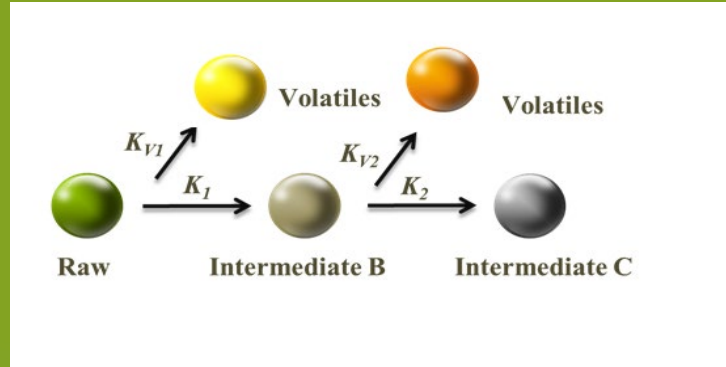
l'avantage de modéliser la cinétique est de pouvoir contrôler le procédé en prédisant le temps de traitement. Par exemple pour une cible de 10% de perte de masse, le temps de traitement peut être déterminé = 600 minutes





# Approche modèle

Using an existing model: Di Blasi



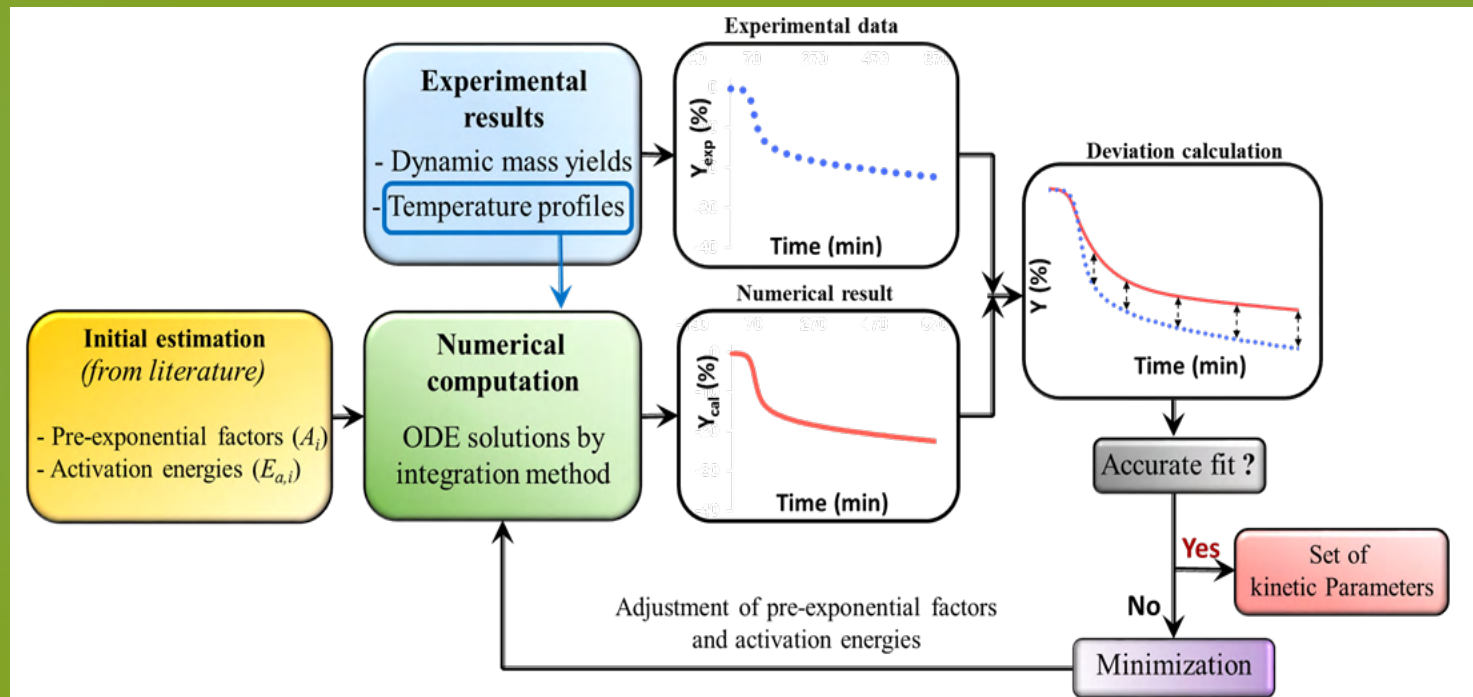
$$\frac{dm_A}{dt} = -(k_1 + k_{V1}) \cdot m_A$$

$$\frac{dm_B}{dt} = (k_1) \cdot m_A - (k_2 + k_{V2}) \cdot m_B$$

$$\frac{dm_C}{dt} = (k_2) \cdot m_B \quad \frac{dm_{V1}}{dt} = (k_{V1}) \cdot m_A$$

$$\frac{dm_{V2}}{dt} = (k_{V2}) \cdot m_B$$

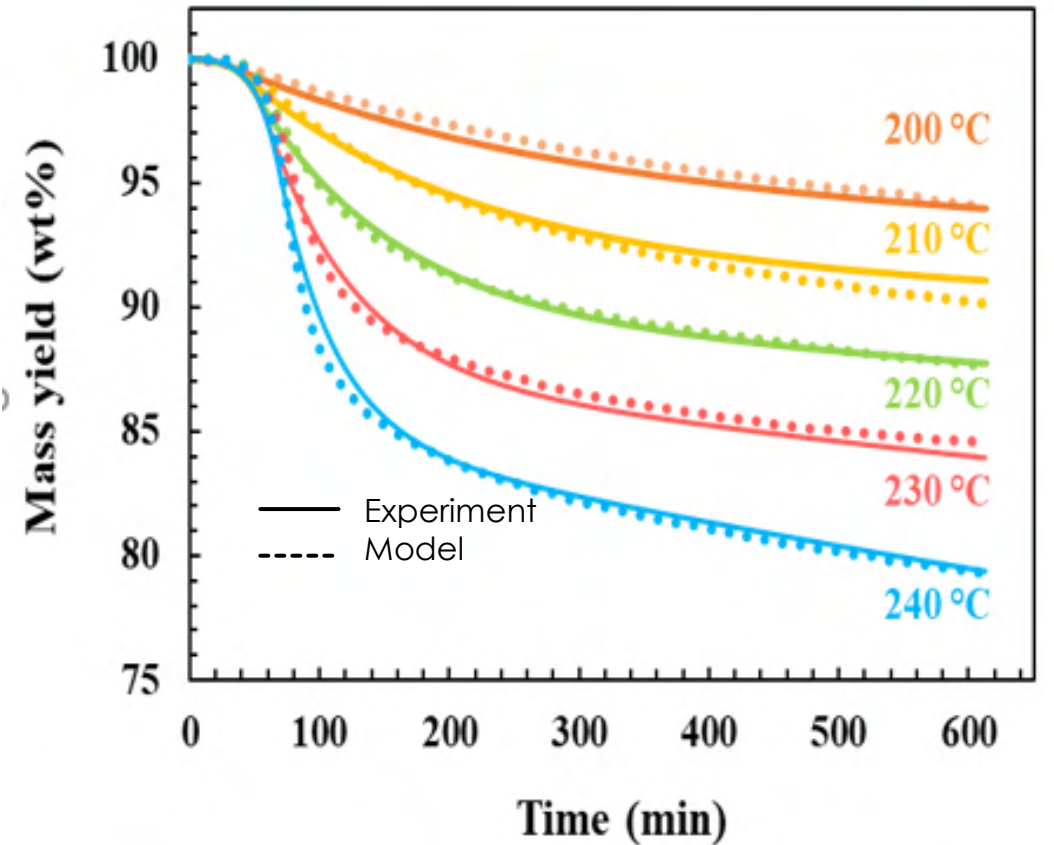
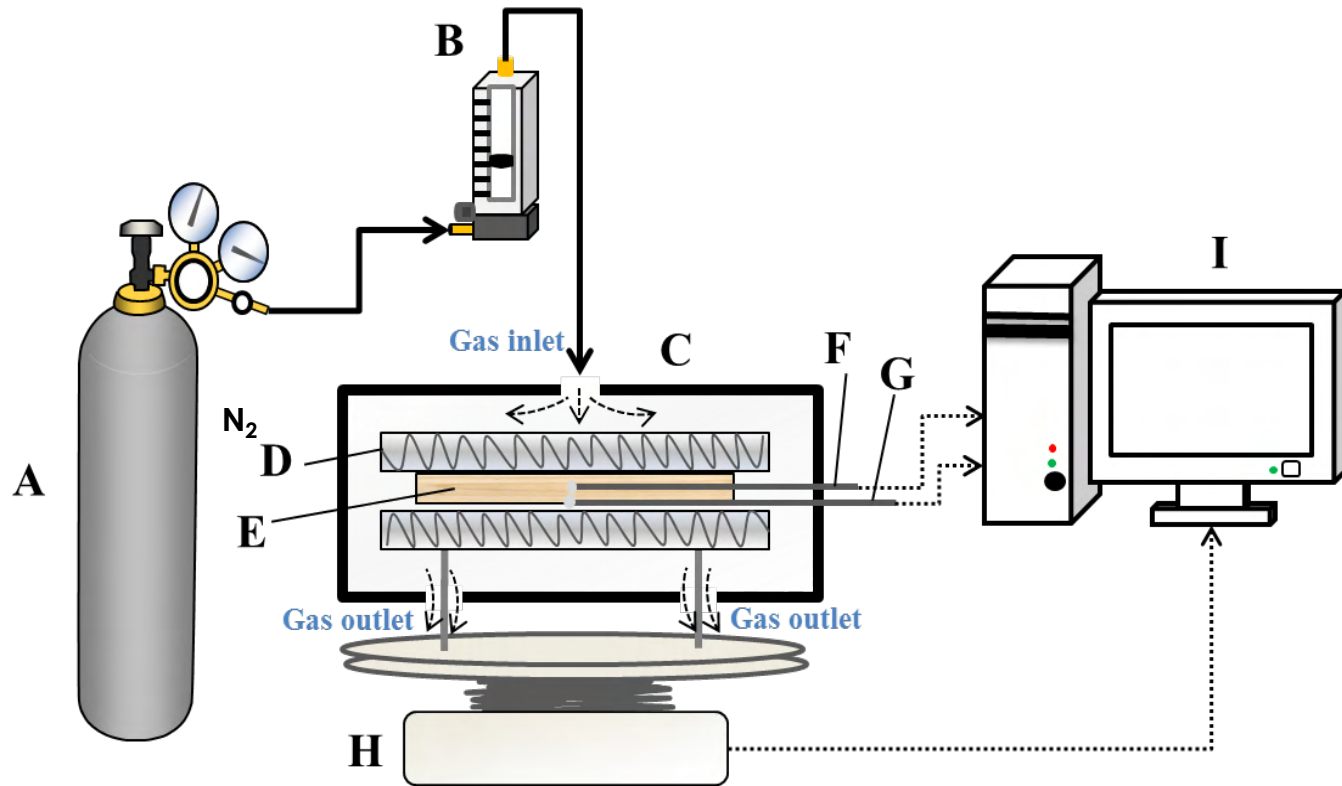
Setting up a parametric optimization



# test 1 Echelle laboratoire, petit pilote industriel

1 single species (poplar),  
1 small size pilot,  $m_0 = 400\text{g}$

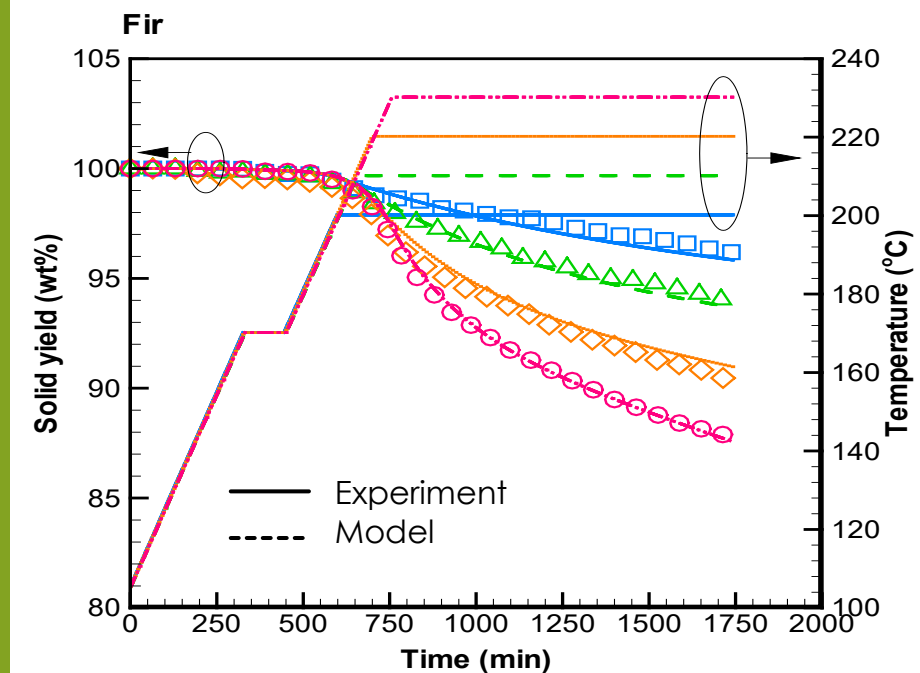
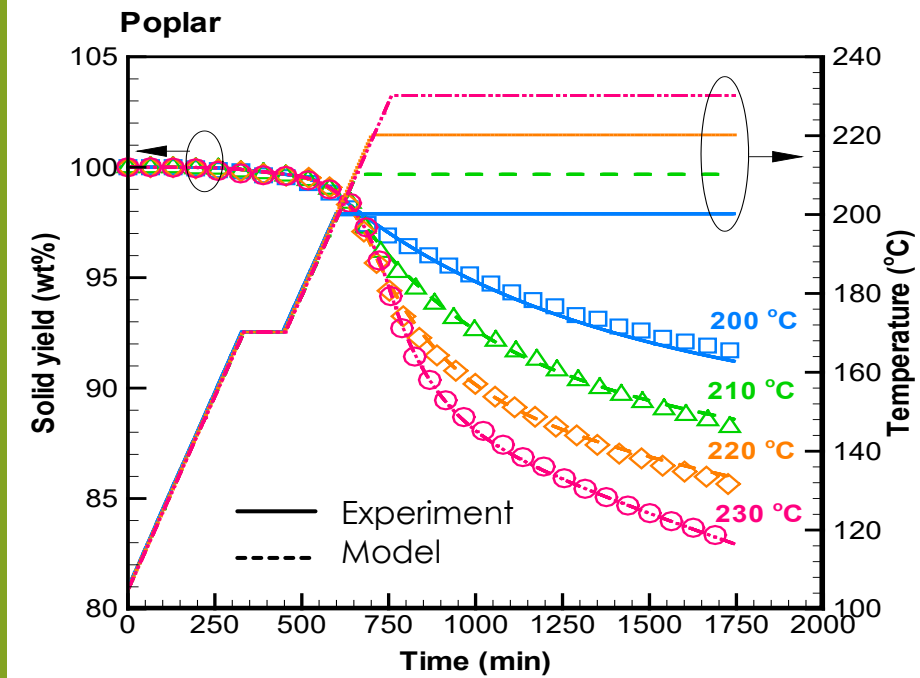
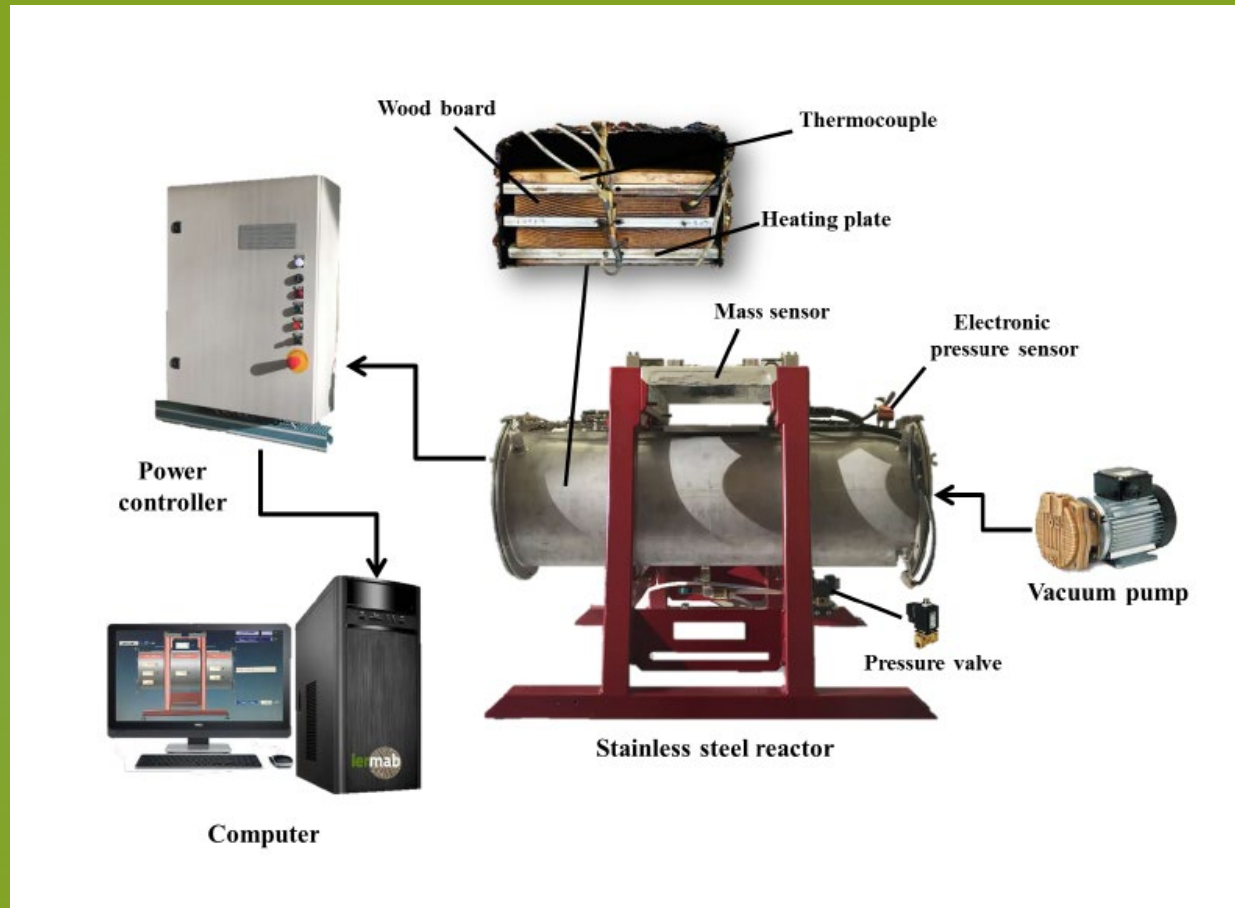
Thesis M. Chaouch 2011



# test 2 Modélisation, echelle demi-grand

2 species (poplar, fir),  
1 industrial pilot,  $m_0 = 1.5 \text{ kg}$

Thesis B-J LIN 2019, E Silveira 2018



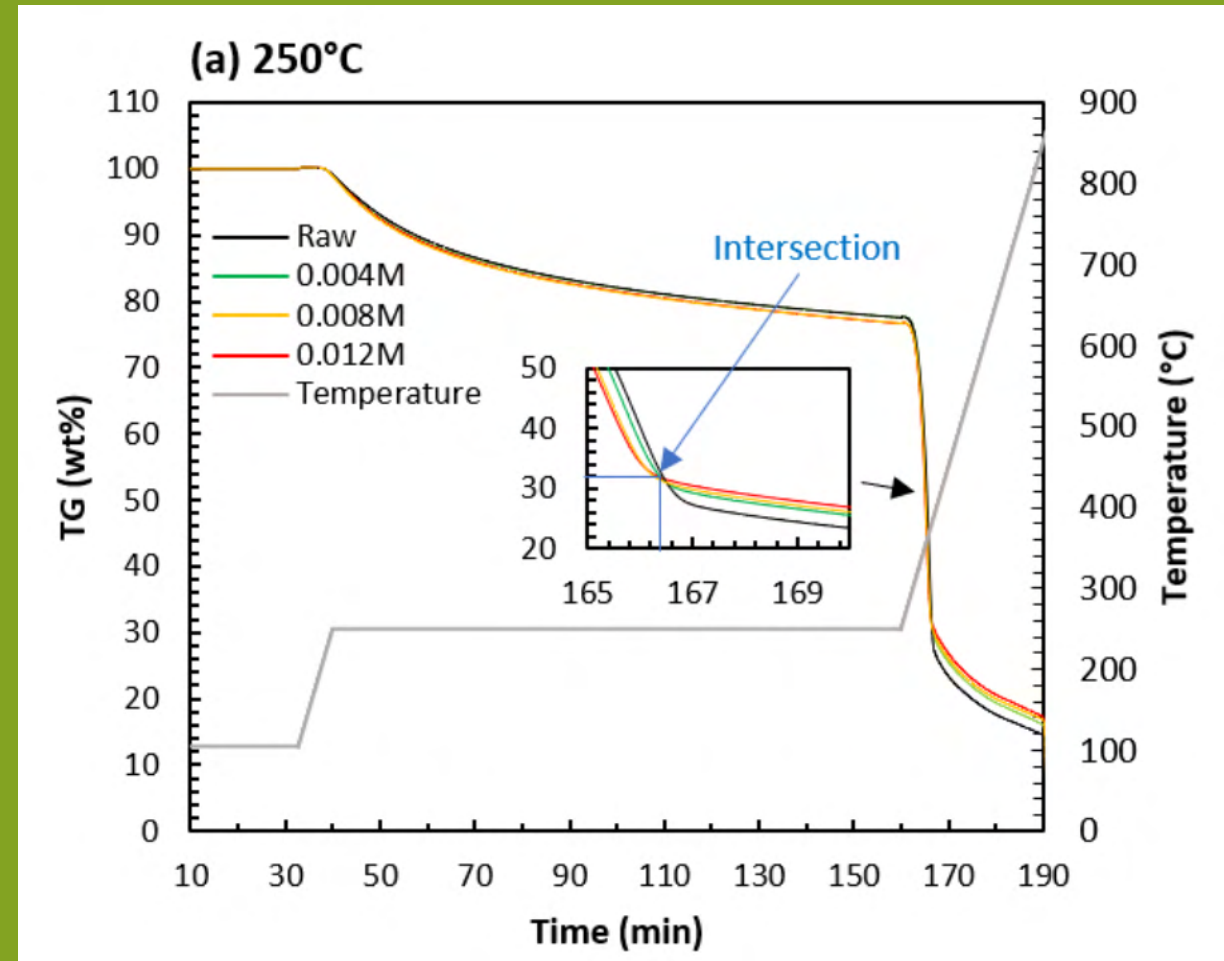
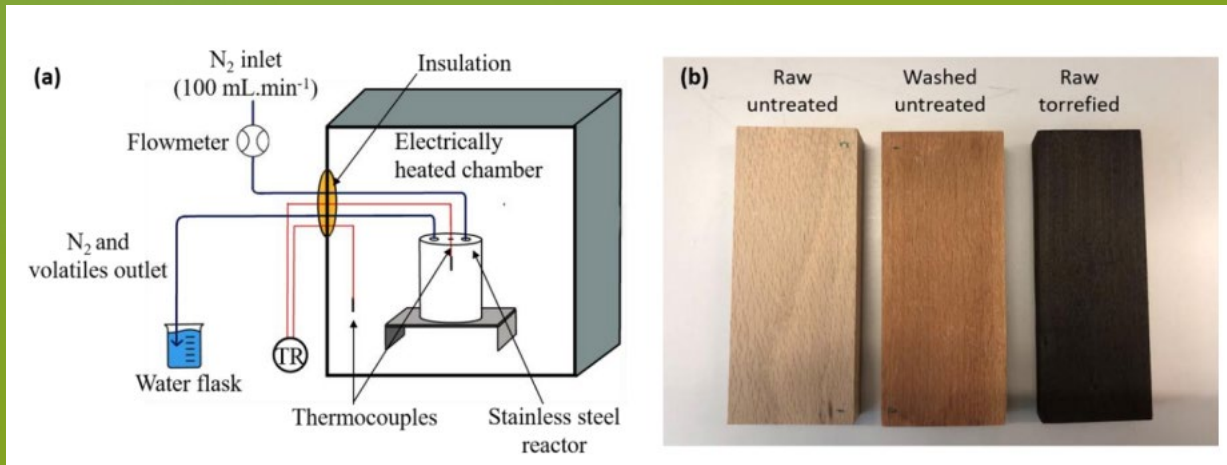
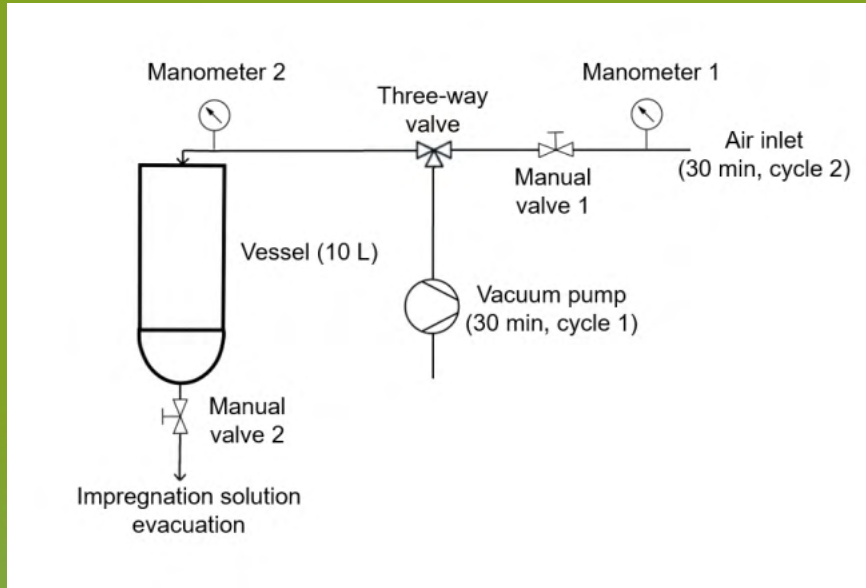




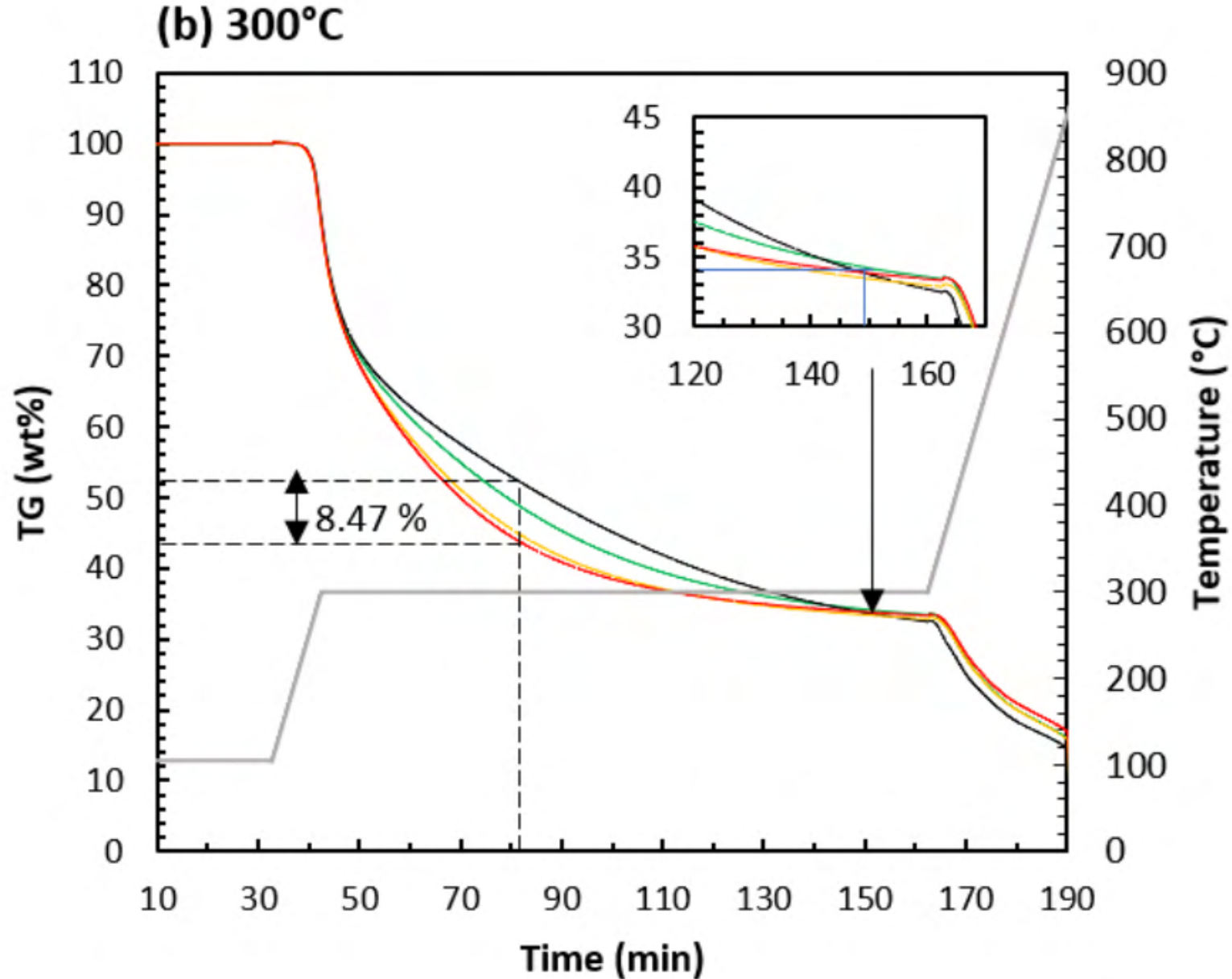
2.2. identifier le rôle des produits minéraux naturels dans les cinétiques

# La potassium « accélérateur » du processus à basse température

Thesis M. L. Richa 2023



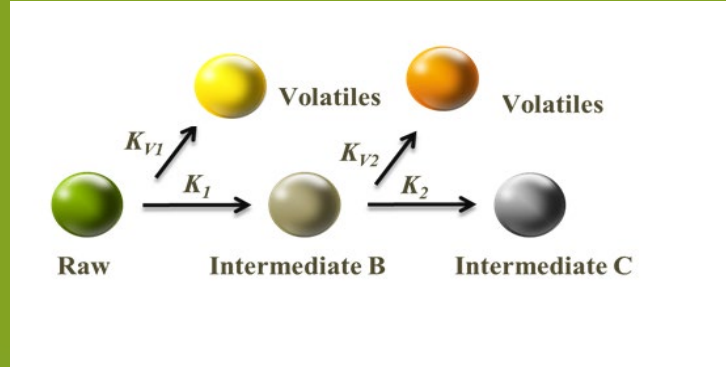
A plus haute température le potassium « accélère » puis « ralentit » le processus !





# Nouvelle approche modèle?

Using an existing model: Di Blasi



$$\frac{dm_A}{dt} = -(k_1 + k_{V1}) \cdot m_A$$

$$\frac{dm_B}{dt} = (k_1) \cdot m_A - (k_2 + k_{V2}) \cdot m_B$$

$$\frac{dm_C}{dt} = (k_2) \cdot m_B \quad \frac{dm_{V1}}{dt} = (k_{V1}) \cdot m_A$$

$$\frac{dm_{V2}}{dt} = (k_{V2}) \cdot m_B$$

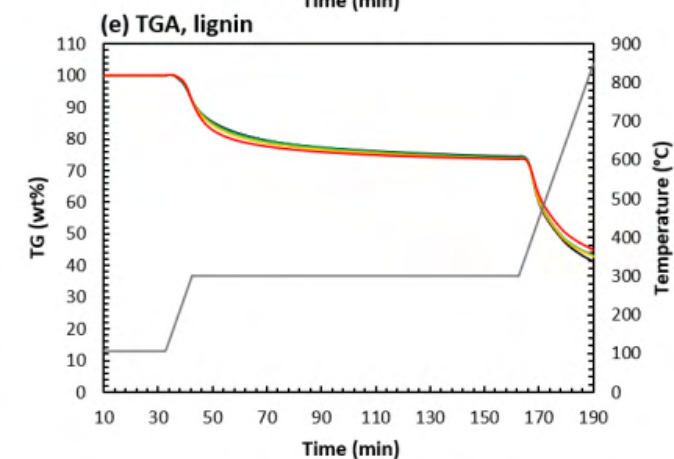
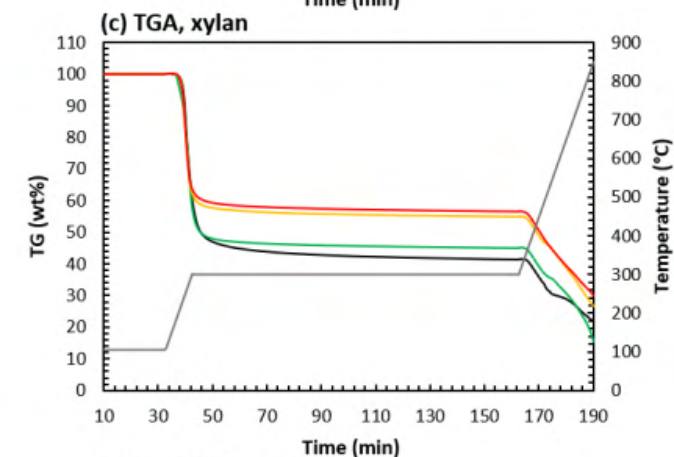
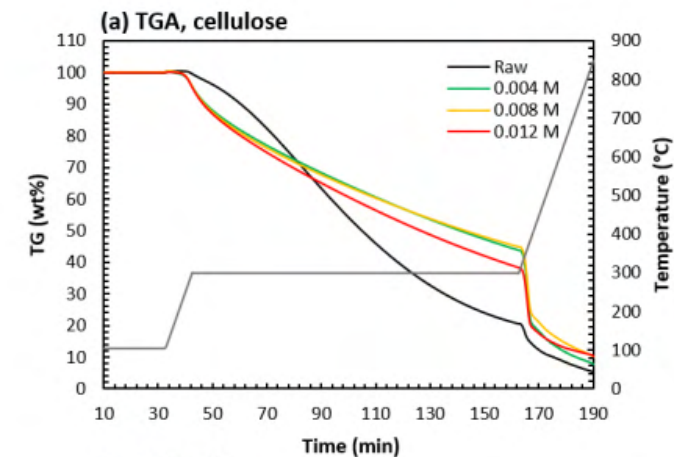
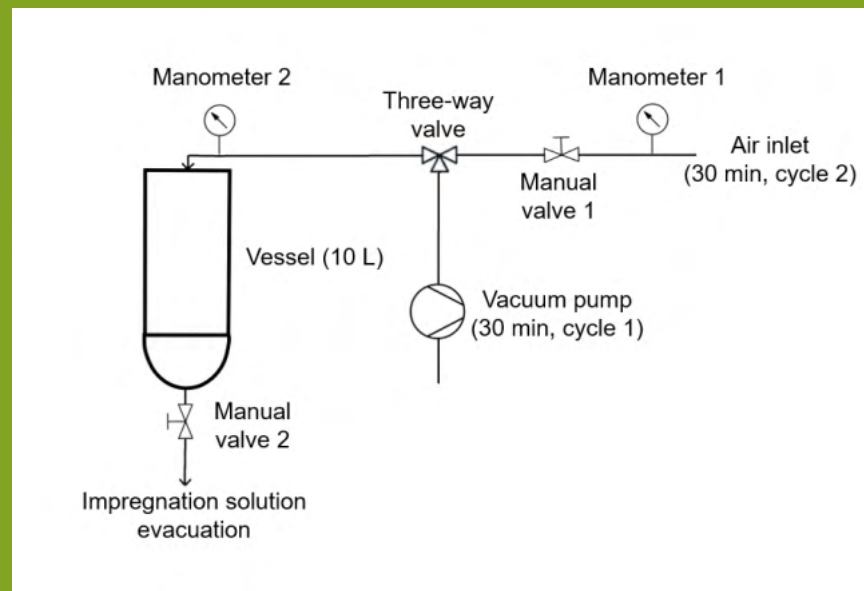
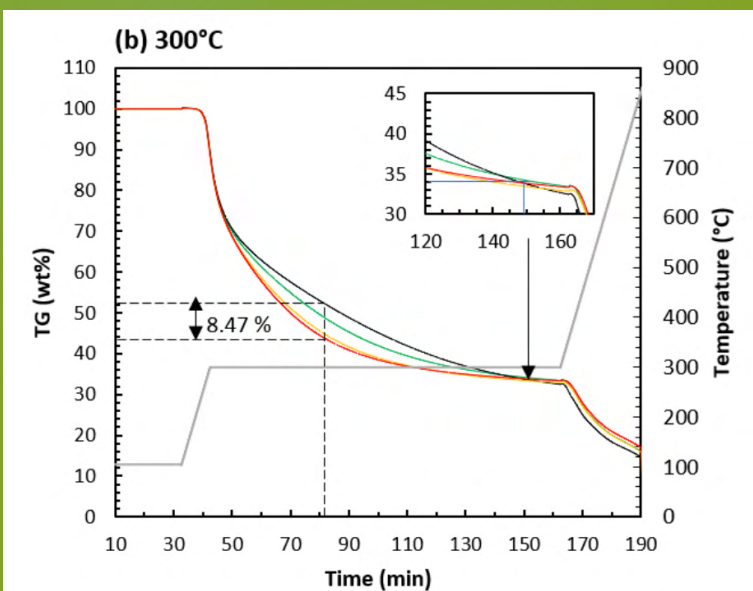
Il devient nécessaire de modifier le modèle utilisé pour intégrer l'effet du potassium

## 2.3. comprendre le rôle complexe des minéraux naturels

Comme nous venons de le voir, la présence de potassium modifie la cinétique (catalyse, inhibition).

Nous avons poursuivi nos travaux en identifiant les biopolymères concernés.

Ce travail est actuellement en cours de développement avec le démarrage d'une thèse en septembre 2024.





3. valider la durée dans le temps des propriétés modifiées telles que la mouillabilité

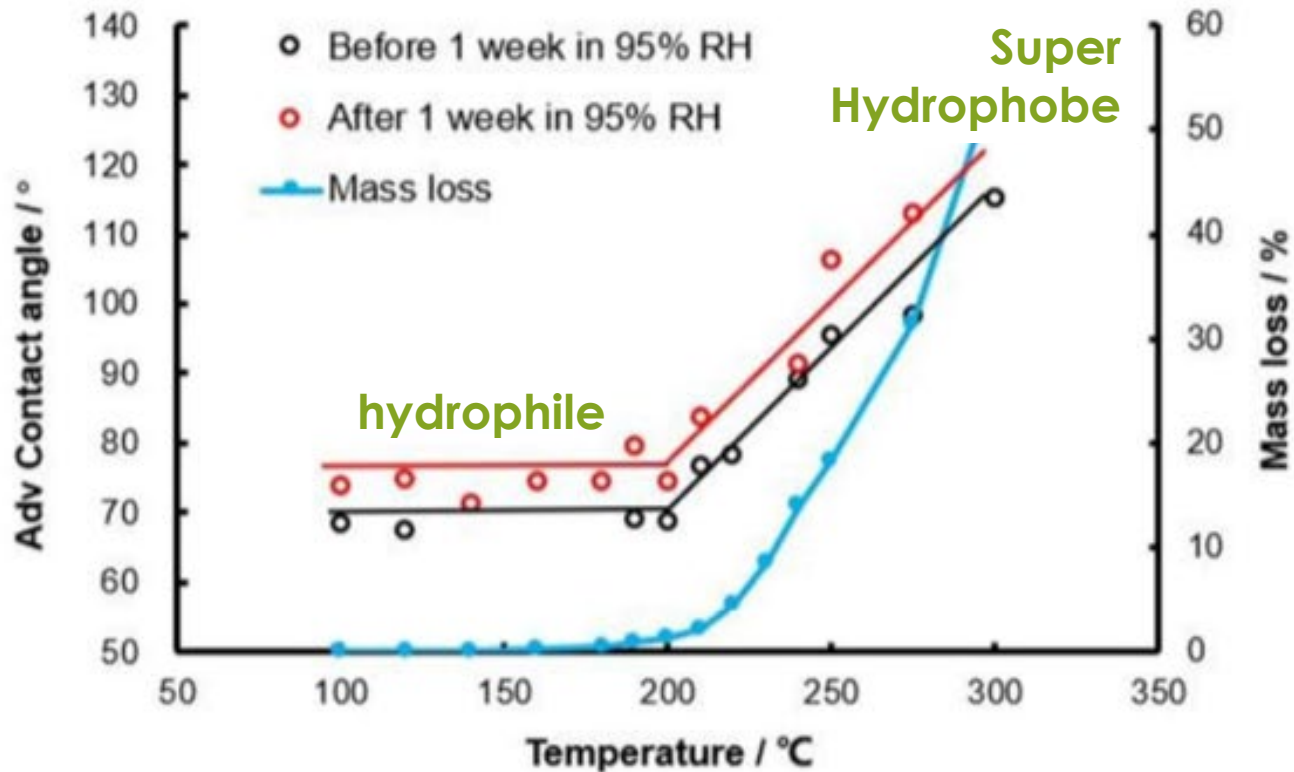


# Conservation des propriétés hydrophobes, après vieillissement (1 semaine sous 95% d'humidité)

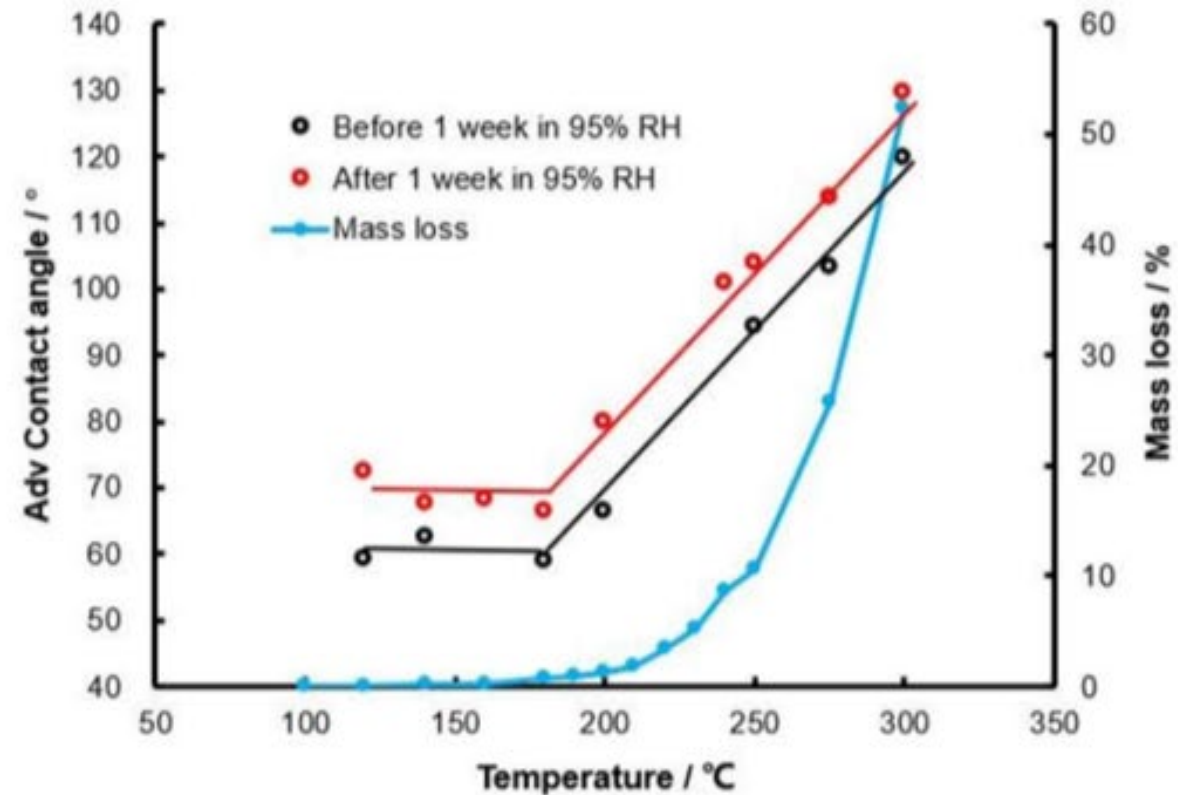
Thesis B. ZHANG 2023



### Beech-Adv Contact angle



### Fir-Adv Contact angle



4. trouver de nouvelles utilisations pour le bois modifié thermiquement

Matériau composite 100% biosourcé



# Mousses de polyuréthane utilisant un polyol obtenu par réaction d'huile de noyau de macaúba époxydée, renforcé par des fibres de bois traité thermiquement

Thesis R. Andrade Breves





Merci pour votre attention

Pr. M. Pétrissans ; [Mathieu.Petrissans@univ-lorraine.fr](mailto:Mathieu.Petrissans@univ-lorraine.fr)

