

## Torréfaction du Bois: prédictions de la cinétique de dégradation thermo-chimique sous l'influence d'un champ acoustique par un modèle mathématique

SILVEIRA A. Edgar<sup>1,2</sup>, PÉTRISSANS Anélie<sup>1</sup>, CALDEIRA-PIRES Armando<sup>2</sup> ROUSSET Patrick<sup>3</sup>, GIRÃO V. Marcus<sup>4</sup>, PÉTRISSANS Mathieu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LERMAB, IUT Epinal – Hubert Curien, 7 Rue des Fusilliés 88000 Epinal, France

<sup>2</sup> LEA, Faculty of Science and Technology, University of Brasília, Brazil.

<sup>3</sup> French Agriculture Research Centre for International Development (CIRAD), Montpellier, France.

<sup>4</sup> System Dynamics Group of Mechanical Engineering Department, University of Brasília, Brasília, Brazil.

[edgar.silveira@univ-lorraine.fr](mailto:edgar.silveira@univ-lorraine.fr)

**Mots clefs :** Acoustique, Bois, Dégradation Thermique, Modèle numérique, Torrification.

### Introduction

La torréfaction est un processus de prétraitement thermo-chimique qui améliore les caractéristiques d'utilisation de la biomasse tels que la valeur calorifique gravimétrique, la broyabilité et l'hygroscopicité (Van der Stelt *et al.* 2011). Au cours de la torréfaction, la biomasse est traitée à des températures comprises entre 200 et 300 °C sous une atmosphère inerte. Les paramètres pertinents de la torréfaction sont la température, le temps de réaction, la vitesse de chauffage, la qualité de la matière première (essences, teneurs en humidité, etc) et la taille des particules. Typiquement, le produit torréfié conserve 80 à 95% de l'énergie et de 70 à 90% de la masse de la biomasse brute initiale. Les 10-30% restants sont libérés sous forme d'espèces gazeuses. Une approche nouvelle présentée dans ce travail concerne l'ajout technique d'ondes acoustique dans l'enceinte de traitement, afin de réduire la couche limite gazeuse et ainsi de réduire la résistance au transfert thermique. Cette approche expérimentale est couplée à une modélisation des phénomènes.

Les modèles existant pour décrire en détail l'évolution des produits volatils ou la composition du solide ainsi que le bilan énergétique durant une thermodégradation du bois ou de la biomasse restent assez éloignés des productions industrielles. Prins (2005) a proposé et validé le modèle de cinétique qui décrit la perte de masse solide du Saule pendant la torréfaction. Sur la base d'expériences de torréfaction sur l'eucalyptus, Almeida *et al.* (2010) ont montré que la perte de masse solide peut être utilisée comme un indicateur quantitatif de l'ampleur de la torréfaction. Plusieurs régressions linéaires ont été développées liant la perte de masse aux caractéristiques des produits solides tels que le rendement énergétique, la valeur de chauffage, et la composition chimique. Ces régressions empiriques ne décrivent pas la composition des produits de torréfaction volatils ou solides. Pétrissans *et al.* (2012) ont étudié la cinétique de perte de masse pour la torréfaction des échantillons de bois en utilisant un équipement spécialement conçu pour mesurer les pertes de masse au cours du traitement thermique. Bates et Ghoniem (2012) a modélisé la cinétique de la composition du produit volatil et solide pendant la torréfaction couplée à un mécanisme deux étages de la cinétique de perte de masse. Dans notre travail une méthode de prédiction directe couplée à un modèle de réactions consécutives est développée pour estimer le rendement en charbon et la composition élémentaire dans un processus de torréfaction de biomasse sous un champ acoustique. Afin de prédire le taux de décomposition de la particule de biomasse et de caractériser la dynamique thermo-fluide sous l'influence d'un

champ acoustique, un modèle de réacteur thermo-fluide sera structuré dans un logiciel de méthodes d'éléments finis. Dans ce modèle, la cinétique de dégradation des particules construite et validée par les méthodes utilisées pour Bates et Ghoniem (2012), Pétrissans (2011) et Bach *et al.* (2016) sera couplée au module acoustique. Les données expérimentales du transfert de chaleur et de masse dans le processus de torréfaction de la biomasse, soumis à un champ acoustique permettront de valider le modèle.

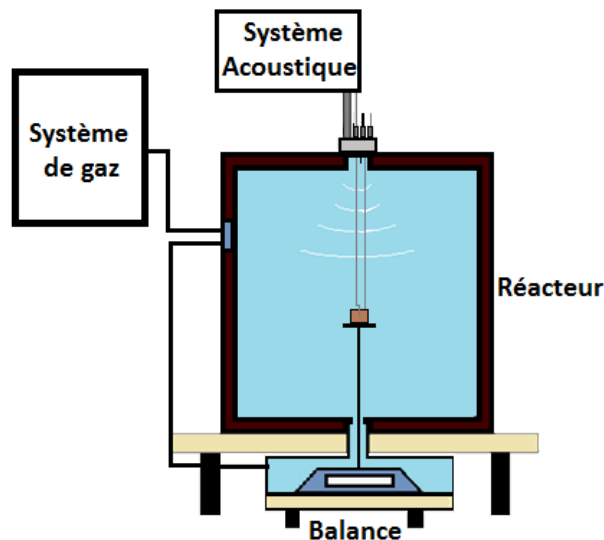


Fig. 1 : Système de torréfaction avec acoustique

## Références

- Almeida G., Brito J.O., Perre P. (2010) Alterations in energy properties of eucalyptus wood and bark subjected to torrefaction: The potential of mass loss as a synthetic indicator. *Bioresource Technology* 101, 9778–9784.
- Bach, Q. V. et al. (2016) Predictions of biochar yield and elemental composition during torrefaction of forest residues. *Bioresource Technology*, v. 215, p. 239–246.
- Bates R.B., Ghoniem A.F. (2012) Biomass torrefaction: Modeling of volatile and solid product evolution kinetics. *Bioresource Technology*, v. 124, p. 460–469, 2012. Elsevier Ltd.
- Di Blasi C., Lanzetta M. (1997) Intrinsic kinetics of isothermal xylan degradation in inert atmosphere. *J. Anal. Appl. Pyrol.* 40–41, 287–303.
- Neves D., Thunman H., Matos A., Tarelho L., Gomez-Barea A. (2011) Characterization and prediction of biomass pyrolysis products. *Progress in Energy and Combustion Science* 37, 611–630.
- Pétrissans A., Younsi R., Chaouch M., Gérardin P., Pétrissans M. (2012) Experimental and numerical analysis of wood thermodegradation. *J. of Thermal Analysis and Calorimetry*, v. 109, n. 2, p. 907–914.
- Prins M.J. (2005) Thermodynamic analysis of biomass gasification and torrefaction, Ph.D. Thesis. Eindhoven University of Technology.
- Ranzi, E., Cuoci, A., Faravelli T., Frassoldati A., Migliavacca G., Pierucci S., Sommariva S. (2008). Chemical kinetics of biomass pyrolysis. *Energy Fuels* 22, 4292–4300.
- Van Der Stelt, M. J. C. et al. (2011) Biomass upgrading by torrefaction for the production of biofuels: A review. *Biomass and Bioenergy*, v. 35, n. 9, p. 3748–3762.