



HAL
open science

Étude expérimentale et numérique de la réaction entre le bois torréfié et l'oxygène à faible température

Brieuc Evangelista, Patricia Arlabosse, Alexandre Govin, Sylvain Salvador, Olivier Bonnefoy, Jean-Louis Dirion

► **To cite this version:**

Brieuc Evangelista, Patricia Arlabosse, Alexandre Govin, Sylvain Salvador, Olivier Bonnefoy, et al.. Étude expérimentale et numérique de la réaction entre le bois torréfié et l'oxygène à faible température. SFGP 2017 - 16ème Congrès de la Société Française de Génie des Procédés, SFGP (Société Française de Génie des Procédés); EFCE (European Federation of Chemical Engineering); LRGP (Laboratoire Réactions et Génie des Procédés); CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique); Université de Lorraine, Jul 2017, Nancy, France. hal-01643777

HAL Id: hal-01643777

<https://hal.science/hal-01643777v1>

Submitted on 21 Nov 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE ET NUMÉRIQUE DE LA RÉACTION ENTRE LE BOIS TORRÉFIÉ ET L'OXYGÈNE À FAIBLE TEMPÉRATURE

Brieuc EVANGELISTA^{1,2}, Patricia ARLABOSSE¹, Alexandre GOVIN², Sylvain SALVADOR¹, Olivier BONNEFOY², Jean-Louis-DIRION¹

1- École des mines d'Albi-Carmaux, centre RAPSODEE UMR CNRS 5302, Albi, France

2- École des mines de Saint-Étienne, centre SPIN UMR CNRS 5307 LGF, Saint-Étienne, France

* Adresse courriel pour correspondance : brieuc.evangelista@emse.fr

Mots clés : conversion thermochimique, biomasse, auto-échauffement, oxydation basse température

Contexte

Parmi les solutions envisagées pour réaliser la transition énergétique, à l'échelle industrielle, la valorisation énergétique de la biomasse par voie thermochimique apparaît comme une solution d'avenir. Cependant, ces procédés se heurtent aux mauvaises propriétés de cette dernière comme vecteur énergétique, ce qui freine le développement de ces filières. Dans ce contexte, la torréfaction apparaît comme un prétraitement prometteur [1] qui améliore les caractéristiques de ces matériaux, notamment sa densité énergétique, sa broyabilité, son hydrophobicité et sa résistance à la biodégradation [2].

Ainsi, l'essor de la production et des flux de biomasse torréfiée à travers le monde est annoncé pour la décennie à venir [3]. Néanmoins, il soulève la problématique de l'auto-échauffement. En effet, plus le système que l'on considère est volumineux, plus il est sujet à ce phénomène [4]. L'auto-échauffement engendre une augmentation de la température et, dans le cas du bois torréfié en présence d'oxygène, il peut conduire à l'auto-combustion [5]. L'objectif de ce travail est de modéliser la réaction exothermique qui a lieu pour mieux comprendre ces phénomènes et améliorer la sécurité du procédé.

Méthodes expérimentale et numérique

Afin de caractériser expérimentalement la cinétique de la séquence réactionnelle entre le bois torréfié et l'oxygène, la torréfaction de hêtre a été effectuée dans une balance thermogravimétrique, à 250 et à 300°C. Le matériau a ensuite été refroidi, sous atmosphère inerte, à une température comprise entre 90 et 225°C. De l'air a ensuite été introduit de manière isotherme, pendant 3 heures.

Pour décrire la réaction qui a lieu, le modèle cinétique présenté sur la figure 1 a été élaboré. Il s'inspire de ceux développés pour représenter l'oxydation du charbon à basse température. Classiquement, deux réactions en parallèles sont proposées : chimisorption-décomposition et décomposition directe. Dans ce travail, la séquence réactionnelle a été simplifiée pour ne garder que les réactions en séries. Autrement dit, la dégradation thermique nécessite la formation préalable, par chimisorption, d'un complexe oxygéné.

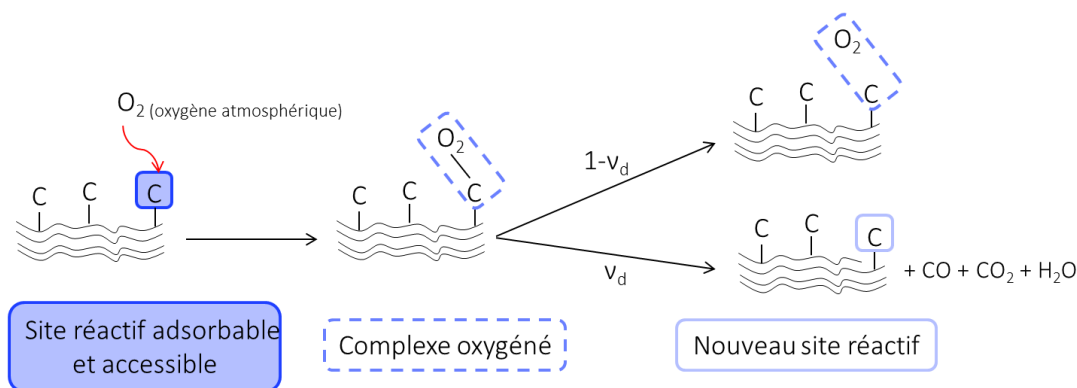


Figure 1. Schéma réactionnel proposé pour l'oxydation à basse température du bois torréfié.

Résultats et discussion

Comme le montre la figure 2, l'allure des courbes expérimentales présente des différences significatives selon la sévérité du traitement thermique appliqué. D'une part, la prise de masse observée au début du palier oxydant suggère que la quantité d'oxygène adsorbée est favorisée par un degré de torréfaction élevé. En effet, l'augmentation de la proportion d'atome de carbone du matériau, corrélée à son degré de torréfaction, se traduit par une hausse du nombre de sites potentiellement accessible pour l'adsorption d'oxygène. D'autre part, la fraction de bois décomposé à la fin du palier oxydant est plus faible pour le bois torréfié à 300°C. La stabilité des complexes formés ou la compétition entre les deux réactions s'avèrent donc être différentes selon le degré de torréfaction.

La figure 2 montre qu'avant de se décomposer, le bois torréfié prend de la masse. Ce résultat est en accord avec la séquence réactionnelle proposée. De plus, quand la température à laquelle l'air est introduit augmente, la décomposition est plus élevée, indiquant que la stabilité des complexes oxygénés formés diminue. Enfin, la séquence réactionnelle proposée permet de décrire convenablement les courbes expérimentales obtenues à l'aide de lois d'Arrhenius. Les énergies d'activations des différentes réactions valent entre 60 et 90 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Ces valeurs sont cohérentes vis-à-vis de celles trouvées dans la littérature, pour la réaction à basse température, entre de la matière carbonée et de l'oxygène.

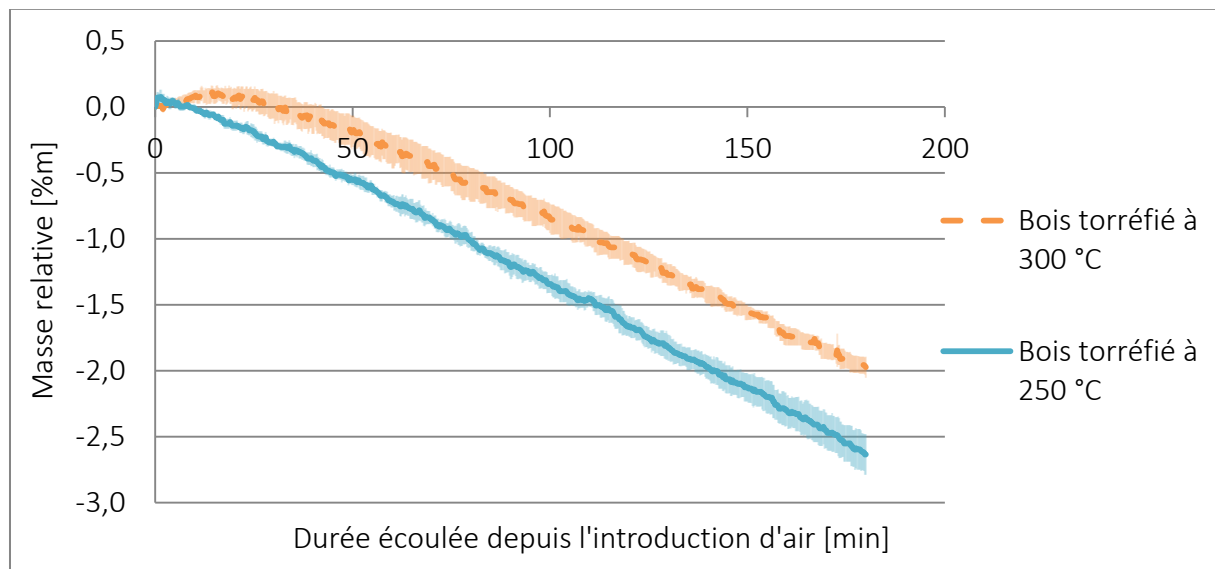


Figure 2. Évolution de la masse relative suite à l'introduction d'air dans le réacteur à 200 °C. Trois réplicats ont été réalisés par type de bois torréfié.

Références :

- [1]. Koppejan J, Sokhansanj S, Melin S, Madrali S. Status overview of torrefaction technologies. *IEA Bioenergy Task 32*, p. 54, 2012.
- [2]. J. Shankar Tumuluru J, Sokhansanj S, Hess JR, Wright CT, Boardman RD. A review on biomass torrefaction process and product properties for energy applications. *Ind. Biotechnol.*, vol. 7, no. 5, pp. 384–401, 2011.
- [3]. Thrän D, Witt J, Schaubach K, Kiel J, Carbo M, Maier J, Ndibe C, Koppejan J, Alakangas E, Majer S, Schipfer F. Moving torrefaction towards market introduction – Technical improvements and economic-environmental assessment along the overall torrefaction supply chain through the SECTOR project. *Biomass and Bioenergy*, 2016.
- [4]. D. Franck-Kamenetskii. Diffusion and heat transfer in chemical kinetics (2nd edition). *Plenum Press*, 1969.
- [5]. Verhoeff F, Kiel J, Zwart R. ECNs moving bed torrefaction technology in light of desired product qualities. *ECNs moving bed torrefaction technology in light of desired product qualities*. no. March, pp. 18–21, 2012.