



EVAQBT2



Effet de la variabilité naturelle du bois sur son comportement lors du traitement thermique en vue d'optimiser l'utilisation de la ressource

Responsable scientifique : Philippe GERARDIN (Laboratoire d'Etudes et de Recherche sur le Matériau Bois LERMAB)

Partenaires Labex : Laboratoire d'Etude des Ressources Forêt Bois – LERFOB

Collaborations : Anélie PETRISSANS, Mathieu PETRISSANS, Frédéric MOTHE, Joel HAMADA

Contexte — Le traitement thermique constitue une alternative d'intérêt pour améliorer la résistance des essences peu durables aux agents de pourriture. Même si il est aujourd'hui bien admis que les propriétés conférées au matériau dépendent du niveau de dégradation thermique du bois résultant de l'intensité du traitement fonction de différents paramètres liés au procédé, aucune étude n'existe à notre connaissance sur l'effet des propriétés initiales du matériau sur son comportement durant le traitement.

Objectifs — Les objectifs de l'étude sont d'étudier l'effet de la variabilité des propriétés initiales du matériau telles que sa densité ou sa composition chimique sur sa stabilité thermique pour des conditions de cuisson similaire et l'effet sur les propriétés finales du matériau. De telles données devraient permettre à terme d'améliorer la conduite des traitements thermiques réalisés au niveau industriel.

Démarche — les travaux de l'année 2015 ont consisté à étudier l'effet de la variabilité naturelle du bois sur sa stabilité thermique et les conséquences des réactions de thermo-dégradation sur les propriétés du matériau. L'effet de la variabilité naturelle a été étudié à deux niveaux:

- à un niveau macroscopique, l'utilisation de planches a permis de caractériser l'effet de la variabilité naturelle sur le procédé, les propriétés et les performances du matériau. Les planches ont été sélectionnées à différents endroits du tronc d'un même arbre ou provenant d'arbres différents résultant de conditions sylvicoles différentes et caractérisées par tomographie à rayons X. L'influence de l'hétérogénéité intra et interspécifique sur la perte de masse a été étudiée.

- à un niveau plus fin, l'étude a été réalisée sur une échelle de l'ordre de quelques mg de sciures prélevés au niveau des cernes annuels d'une même section transversale de tronc pour évaluer l'effet de la variabilité intra-cerne sur les réactions de dégradation thermique. L'échantillonnage a été réalisé pour différentes zones de bois: aubier versus duramen, bois initial versus bois final, différentes positions dans le duramen. Le traitement thermique a été réalisé sur de petits échantillons de sciure à l'aide d'un équipement d'analyse thermogravimétrique pour évaluer le comportement des différentes zones de bois. Les résultats obtenus permettent de formuler des recommandations pour améliorer l'efficacité des procédés de traitement thermique et améliorer la qualité et l'homogénéité du matériau.



L'année 2016 s'est poursuivie dans la logique des travaux développés jusqu'alors en étendant notre étude au cas du sapin pectiné (*Abies alba*), plus représentatif des essences traitées thermiquement dans l'industrie. L'échantillonnage a été réalisé grâce au LERFOB à partir de forêts de l'ONF ayant subies différents mode de sylviculture. Deux modes de gestion forestière ont été retenus pour notre étude: une gestion sans intervention humaine, conduisant à des bois de plus petits diamètres avec des cernes de croissances rapprochés, une gestion dynamique avec intervention d'opérations d'élagage conduisant à des bois de plus gros diamètres avec des cernes de croissances plus larges.

Résultats marquants — Les études au niveau des cernes mettent en évidence pour les deux essences étudiées, le chêne (*Quercus petraea* L.) et le sapin (*Abies alba*), que le bois initial est plus sensible à la dégradation thermique que le bois final suggérant que la largeur de cerne peut être un paramètre important lors des procédés de traitement thermique du bois. Dans les deux cas, la plus grande stabilité du bois final comparativement au bois initial a été attribuée à sa plus forte teneur en cellulose. D'autres facteurs plus spécifiques, comme la présence de substances extractibles, peuvent influencer le comportement des différents compartiments du bois de manière plus ou moins importante en fonction des essences.

Principales conclusions incluant des points-clés de discussion — Différents facteurs intra spécifiques affectent la stabilité thermique du bois. Le mode de sylviculture, qui affecte la croissance radiale du bois et les proportions de bois initial et de bois final conduisant à la formation de cernes d'accroissement plus ou moins large, influence directement la stabilité thermique du bois. La variabilité intra-spécifique du bois comme le rapport bois initial/bois final ou duramen/aubier, la présence d'extractibles dans certaines zones du bois, constituent donc des sources de variabilités expliquant en partie les écarts de comportement observés lors du traitement thermique.

Perspectives — A partir des données obtenues par analyse thermogravimétrique, il est envisagé de modéliser la thermo dégradation globale au niveau de planches dont les rapports bois initial / bois final auront été déterminés par tomographie aux rayons X. La validité du modèle sera validée suite à la confrontation des résultats obtenus expérimentalement.

Valorisation

- Effect of the natural density variability of the European oak on the quality of thermally treated wood material. Joel Hamada, Anélie Pétrissans, Frédéric Mothe, Mériem Fournier, Mathieu Pétrissans, Philippe Gérardin. *Woodchem*. September 26-27, 2013 Nancy, France (communication par affiche)
- Analysis of the effects of the European oak natural variability on the modification of the density distribution and chemical composition during the heat treatment. Joel Hamada, Anélie Pétrissans, Frédéric Mothe, Mathieu Pétrissans, Philippe Gérardin. *COST Actions FP0904 and FP1006 „Characterization of modified wood in relation to wood bonding and coating performance“*, October 16-18, 2013, Rogla, Slovenia (communication par affiche)
- Modeling and numerical simulation of wood torrefaction. Anélie Pétrissans, Joel Hamada, Frédéric Mothe, Mériem Fournier, Mathieu Pétrissans, Philippe Gérardin. *VIth international scientific and Technical Conference Innovations in Forest Industry and Engineering Design. INNO_2013*. November 14-16, 2013, Yundola, Bulgaria (communication orale)
- Modeling and numerical simulation of wood torrefaction. Anélie Pétrissans, Joel Hamada, Mounir Chaouch, Philippe Gérardin, Mathieu Pétrissans. *MeMoWood*, Nancy, France, 1-4 October 2013 (communication orale)
- Effect of the natural variability of the oak wood density on the thermo-degradation reactions during heat treatment by mild pyrolysis. Joël Hamada, Anélie Pétrissans, Frédéric Mothe, Mathieu Pétrissans, Philippe Gérardin. *Journées GDR Bois, Champs sur Marne 19-21/11/2013* (communication par affiche)
- Effects of the intra ring density variability of the European Oak wood on the thermo-degradation kinetic's behavior. Joël Hamada, Anélie Pétrissans, Frédéric Mothe, Mathieu Pétrissans, Philippe Gérardin. *Seventh European Conference on Wood Modification*, Lisbon, Portugal, March 10-12, 2014 (communication orale et proceeding)
- Improvement of an industrial process of wood heat treatment by conduction: X-ray tomography analysis of natural wood variability and the final product quality. Joël Hamada, Anélie Pétrissans, Frédéric Mothe, Mathieu



- Pétrissans and Philippe Gérardin. 21st International Congress of Chemical and Process Engineering CHISA 23-27 August 2014 Prague, Czech Republic (communication par affiche)
- Effects of the intra ring density variability of the European Oak wood on the thermo-degradation kinetic's behavior. Joel Hamada, Anélie Pétrissans, Frédéric Mothe, Mathieu Pétrissans, Philippe Gérardin. European Conference on Wood Modification 10-12 mars 2014, Lisbon, Portugal, 8p (communication orale et proceeding)
 - Effect of natural variability of European Oak wood on heat treatment process and potential implication on wood durability. Joel Hamada, Anélie Pétrissans, Frédéric Mothe, Mathieu Pétrissans, Philippe Gérardin. 46th IRG Annual Meeting, Viña del Mar, Chile, 10-14 May 2015. IRG/WP 15-40693 (communication orale et proceeding)
 - Variations in the natural density of European oak wood affect thermal degradation during thermal modification. Joël Hamada, Anélie Pétrissans, Frédéric Mothe, Julien Ruelle, Mathieu Pétrissans, Philippe Gérardin. *Annals of Forest Science* (2016) 73:277–286 DOI 10.1007/s13595-015-0499-0
 - Intraspecific variation of European oak wood thermal stability according to radial position Joël Hamada, Anélie Pétrissans, Frédéric Mothe, Julien Ruelle, Mathieu Pétrissans, Philippe Gérardin. *Wood Science and Technology*, 2017, 51(4), 785-794
 - Intraspecific variability of thermal stability of *Abies alba* wood according to its radial position and forest management Joël Hamada, Anélie Pétrissans, Julien Ruelle, Frédéric Mothe, Francis Colin, Mathieu Pétrissans, Philippe Gérardin *en cours de rédaction*
 - Effect of forest management on *Abies alba* wood thermal modification
Joël Hamada, Anélie Pétrissans, Frédéric Mothe, Julien Ruelle, Francis Colin, Mathieu Pétrissans, Philippe Gérardin soumise à *Annals of Forest Science*
 - Thèse de L'Université de Lorraine "Effet de la variabilité intra et inter spécifique du bois sur le procédé de traitement thermique", Joël Hamada, soutenance prévue le 16 novembre 2016

Effet levier du projet :

Développement de recherche à l'interface bois forêt en faisant le lien entre l'effet de la sylviculture et procédés de transformation du bois