

## COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA

### INFLUENCE DE LA PRESSION SUR L'EVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE À L'INTÉRIEUR DU BOIS A DIFERENTES TENEURS EN EAU<sup>1</sup>

Sueo NUMAZAWA<sup>2</sup>

**RESUMÉ:** Le transfert de chaleur dans le bois est nottement influencé par de variables qui jouent sur le phenomène de la pyrolyse. Parmi ces variables la pression et l'humidité du bois sont déjà connues comme des facteurs qui jouent un rôle important sur l'évolution de la pyrolyse du bois. Ce travail a été mené sur deux conditions de l'humidité du bois : Anydre (0%) et Humide (20% sur sec) et deux conditions de pression (atmosphérique et 6 bars). Au cours des reactions endothermiques (ver 200°C) on a constaté que la montée de la température dans le bois anydre pyrolysé à la pression atmosphérique et à 6 bars présente un écart très faible. D'autre part, au cours des réactions exothermiques (ver 300°C) la temperature monte avec un important écart probablement dû au phenomène de transfert de chaleur qui a été influencé par la pression. Ceci on permet de dire que l'eau et la pression jouent sur l'évolution de phenomène de la pyrolyse plutôt au cours des réactions exothermiques.

**TERMES POUR L'INDEXATION:** Humidité, Pression, Transfer de Chaleur, Réactions Exothermiques et Endothermiques.

### EFFECT OF PRESSURE ON THE EVOLUTION OF TEMPERATURE THROUGH WOOD WITH DIFFERENT MOISTURE CONTENT

**ABSTRACT:** The transfer of heat in the wood is remarkably influenced by variables that interfere in the pyrolysis phenomena. Pressure and the wood moisture are known as important factors that affect the evolution of wood pirolysys. This study was developed under two moisture conditions (0% and 20%, on dry basis) and two pressures (1 and 6 atmospheres). Results showed that the slope of temperature increase in pyrolysed wood (dry) in both pressure conditions presented a slight variation during the endothermic reactions (around 200°C). During the exothermic reactions (around 300°C), the increase in the temperature, at both conditions, had important difference due probably to the heat transfer influenced by pressure. This suggested that water content and pressure have an important role in the pyrolysis evolution, especially during the exothermic reactions.

**INDEX TERMS:** Moisture Content, Pressure, Heat transfert, Endothermics and exothermics reactions.

<sup>1</sup> Aprovado para publicação em 06.11.03.

Trabalho realizado pela UFRA e o Centre International de Recherches Agronomiques e Développement – CIRAD/Forêt

<sup>2</sup> Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto da UFRA – e-mail : numazawa@ufra.br. End. Av. Tancredo Neves, 2501 FCAP - Cx.Postal 917 LTPF/DQT. Belém – Pará – Brasil – CEP: 66.077-530.

De façon générale, la pyrolyse des composés carbonés est le siège de phénomènes physiques tels que les transferts thermiques et de matières, et les réactions chimiques plus ou moins complexes. Tous ces phénomènes jouent un rôle plus ou moins important sur la pyrolyse et de nombreux travaux fondamentaux sont encore menés de nos jours en vue d'une meilleure compréhension.

L'objet de ce travail est d'appréhender au travers de quelques expérimentations basiques les différents phénomènes possibles pouvant intervenir dans le réacteur au cours de la pyrolyse sous pression. Pour cela, nous avons réalisé deux séries d'études portant sur l'influence de l'humidité du bois et de la pression (pression atmosphérique et 6 bars) sur les réactions de pyrolyse. Nous avons enregistré l'évolution de la température au cœur de l'échantillon.

### Série - 1 (bois anhydre):

La Figure 1, présente l'évolution de la température du bois anhydre en fonction de la pression de pyrolyse. Dans les deux cas, l'allure générale des courbes met en évidence une première étape de montée en température correspondant à l'échauffement du bois et aux premières réactions endothermiques de pyrolyse, puis une étape caractérisée par une élévation rapide de la température due aux réactions exothermiques, et enfin une diminution de la température jusqu'à un état d'équilibre autour de 400°C. Pour la première et dernière phase du traitement, on constate

une bonne adéquation des courbes de température en fonction de la pression traduisant un transfert thermique équivalent et des réactions de dégradation similaires. Typiquement, ces décompositions débutent à partir de 200°C et correspondent à la décomposition de certains composants d'hemicelluloses. Par exemple, les mannanes sont attaqués vers 190°C (AVAT, 1993). Deglise et Magne (1984) et Connors et Salazar (1988) rapportent que jusqu'à 200°C les mécanismes sont caractérisés par l'apparition d'une faible quantité de CO, CO<sub>2</sub> et d'hydrocarbures. Ces composants sont directement dérivés de la dégradation des hemicelluloses.

Seule la partie correspondant aux réactions exothermiques présente un décalage des deux courbes par rapport au temps. Ainsi, on constate que le bois anhydre pyrolysé à la pression atmosphérique donne un pic d'exothermicité à 1 heure et 12 minutes, alors que le même pic est observé 6 minutes avant pour une pression relative de 6 bars. Cette différence pourrait être causée par la présence des produits gazeux de pyrolyse dans la matrice solide, favorisant le transfert thermique et donc une élévation de température plus importante. Mok et Antal (1983) renforcent cette hypothèse, en affirmant que sous haute pression les réactions chimiques sont accélérées et fortement exothermiques. De la même manière, Beaumont (1981) a observé que la température correspondant au maximum d'exothermicité se déplace vers les hautes températures lorsque la pression augmente.

Il attribuerait l'augmentation de l'exothermicité à des réactions secondaires des vapeurs qui ne peuvent s'échapper de la matrice solide. De leur côté, Hossain (1985) et Engstrom et Lindmain (1981) indiquent que lors de la pyrolyse, le bois

peut subir de réactions chimiques exothermiques par des réactions du type:

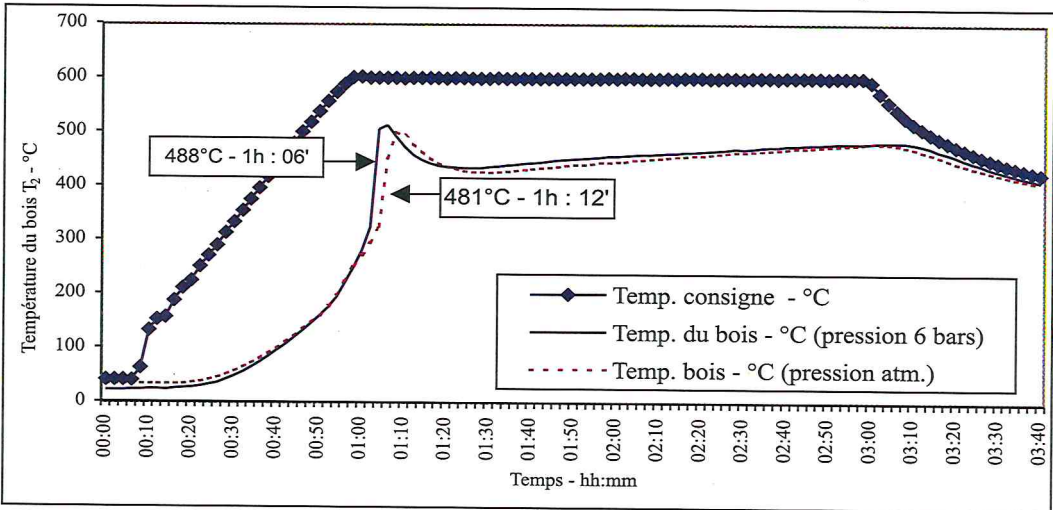
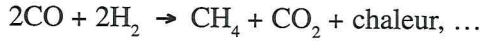
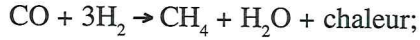
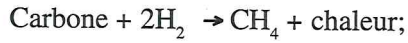


Figure 1 - Evolution de la température du bois soumis à pyrolyse sous pression.

### Série 2 (bois humide):

La Figure 2, présente l'évolution de la température du bois humide au cours de la pyrolyse pour les deux pressions. L'allure générale des courbes est similaire à celle obtenue pour le bois anhydre, avec en plus, la présence d'une phase de séchage. Le palier de séchage apparaît à la température de 100°C pour une pression de travail égale à la pression atmosphérique, et à 170°C pour une pression relative de 6 bars. Comme précédemment, un pic correspondant aux réactions exothermiques est présent. Il apparaît pour un temps de traitement égale à 1 heure 34 minutes à la pression atmosphérique, et 14 minutes avant pour une pyrolyse sous pression relative de 6 bars.

Globalement, les mêmes phénomènes que ces exposés précédemment peuvent expliquer un tel écart. Cependant, contrairement aux courbes précédentes, cet écart apparaît dès la première phase d'échauffement du bois. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les conductivités thermiques du bois évoluent différemment pour les échantillons en fonction de la pression. Pour une température donnée, la présence d'eau dans le bois soumis à une pression élevée, assure une conductivité thermique plus grande que pour le bois en cours de séchage. Pour ce dernier, seuls les éléments anatomiques avec des espaces cellulaires plus importants assurent le transfert thermique. D'autre part, en prenant

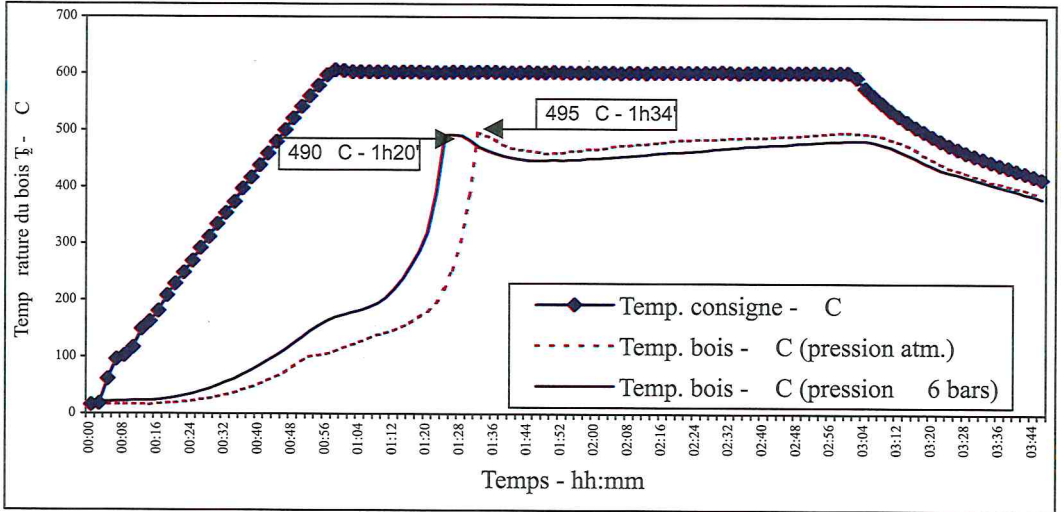


Figure 2 - Influence de la pression sur l'évolution de la température dans le bois.

en compte le fait que l'eau du bois est éliminée plus tardivement et à une température plus élevée dans un procédé sous pression, les réactions de pyrolyse sont plus facilement amorcées et donc plus rapides. Ces résultats sont en accord avec ceux présentés par Kollmann et Côté (1984) et Charuel, Rosselette et Serra-Tosio (1982) qui ont également constaté que la teneur en humidité influençait la conductivité thermique du bois. Antal et al. (1996) ont par ailleurs observé que la pression accélère les réactions de pyrolyse permettent d'avoir un meilleur transfert thermique dans le bois.

Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les conductivités thermiques du bois évoluent différemment pour les échantillons en fonction de la pression. Pour une température donnée, la présence d'eau dans le bois soumis à une pression élevée, assure une conductivité thermique plus grande que

pour le bois en cours de séchage. Pour ce dernier, seuls les éléments anatomiques avec des espaces cellulaires plus importants assurent le transfert thermique. D'autre part, en prenant en compte le fait que l'eau du bois est éliminée plus tardivement et à une température plus élevée dans un procédé sous pression, les réactions de pyrolyse sont plus facilement amorcées et donc plus rapides. Ces résultats sont en accord avec ceux présentés par Kollman et Côté (1984) et Charuel, Rosselette et Serra-Tosio (1982) qui ont également constaté que la teneur en humidité influençait la conductivité thermique du bois.

Donc, ces résultats obtenus sur la pyrolyse sous pression mettent en avant le rôle de l'eau dans les phénomènes de transfert thermique et dans les vitesses des réactions.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANTAL, M.J.; CROISSET, E.; DAI, X.; ALMEIDA, C. de; MOK, W.L.; NORBERG; RICHARD, J.R.; MAJTOUB, M. *High yield biomass charcoal*. Washington, D.C: American Chemical Society. 1996.
- AVAT, F. *Contribution à l'étude des traitements thermiques du bois (20 – 300°C): transformations chimiques et caractérisations physico-chimiques*. 1993. Tese (Doutorado) - Ecole Nationale Supérieure de Mines de Saint-Etienne. Ecole Nationale Supérieure de Paris, 1993.
- BEAUMONT, O. *Pyrolyse extractive du bois*. 1981. 160 p. Tese (Doutorado) - Ecole Nationale Supérieure de Mines, Alby, 1981.
- CHARUEL, R.; ROSSELETTE, J.C.; SERRA-TOSIO, J.M. Contribution à la mesure et à l'étude des propriétés thermiques du bois. In: COLLOQUE SCIENCES ET INDUSTRIES DU BOIS DE GRENOBLE, 1982, Grenoble. Grenoble, 1982.
- CONNORS, M.A.; SALAZAR, C.M. Factors influencing the decomposition processes in wood particles during low temperature pyrolysis. In: BRIDGWATER, A.V.; KUESTER, J.L. (Ed.). *Research in thermochemical biomass conversion*. London : Elsevier, 1988. p. 164-178.
- DEGLISE, X.; MAGNE, P. Les mécanismes fondamentaux de la gazéification. *Biomasse Actualités*, n. 5, p. 4-8, 1984.
- ENGSTROM, S.; LINDMAN, N. *A new synthesis gas process for biomass and peat. Energy from biomass and wastes*. S.I.: Institute of Gas Technology, 1981.
- HOSSAIN, M.M. *Développement d'un nouveau type de gazogène à charbon végétal*. 1985. Tese (Doutorado) - Université Pierre et Marie-Curie, Paris, 1985.
- KOLLMANN, F.F.P. ; CÔTÉ, W.A. *Principles of wood science and technology*. Berlin: Springer, 1984. v. 1
- MOK, W.S.L.; ANTAL, M.J. *Thermochim. Acta*, v. 68, p. 165-186, 1983.