

Les technologies plasma et la valorisation énergétique de la biomasse

Jean-Marie Cormier, Olivier Aubry, Ahmed Khacef

GREMI, CNRS-Université d'Orléans, 14 Rue d'Issoudun, 45067 Orléans, France

mél: jean-marie.cormier@univ-orleans

L'épuisement des gisements fossiles traditionnels et l'exploitation de nouvelles ressources ont conduit les chercheurs à explorer de nouveaux domaines d'application des plasmas, notamment la valorisation énergétique de la biomasse.

Les procédés utilisant les plasmas comme moyen de transformation de la biomasse nécessitent l'apport d'énergie électrique pour générer le milieu ionisé : ce sont des procédés allothermiques. Dans ce cas, l'apport d'énergie électrique, qui n'est pas nécessaire pour les procédés traditionnels, doit être compensé par un gain sensible sur la qualité des produits formés ou par une meilleure efficacité de valorisation de la biomasse. L'utilisation d'énergie électrique, produite sans émission de dioxyde de carbone peut alors justifier une stratégie de traitement de la biomasse par un procédé allothermique électrique.

La thématique de recherche revêt un intérêt primordial dans le contexte politico économique actuel d'un point de vue génie des procédés. En effet la plupart des dispositifs de gazéification ou de pyrolyse sont des procédés autothermiques [1-6], c'est-à-dire que la totalité de l'apport énergétique est réalisé par la biomasse dont on réalise la combustion dans un réacteur. La mise en œuvre d'un procédé à plasma non thermique constitue une nouveauté scientifique et technologique.

L'intérêt principal de cette voie est directement lié au fait que la biomasse, ne peut pas totalement être substituée aux autres ressources compte tenu de l'ampleur des besoins énergétiques au niveau mondial. On peut considérer la biomasse comme un gisement de composés hydrocarbonés qui peut être utilisé dans des installations fixes ou des applications embarquées. Selon cette approche il apparaît alors très clairement que son exploitation doit être développée en optimisant ses conditions de valorisation, c'est-à-dire en utilisant le maximum d'atomes de carbone et d'hydrogène la constituant pour la production de carburants. Dans le cas où d'autres sources d'énergie sont disponibles, il paraîtrait judicieux de ne pas utiliser la biomasse comme source d'énergie unique afin de la transformer mais plutôt de la valoriser par la production de carburants liquides ou gazeux à fort pouvoir calorifique.

L'objectif des travaux effectués au GREMI est de produire, à partir de différentes substances hydrogénées liquides ou gazeuses, des mélanges gazeux riches en hydrogène.

Deux types de travaux ont été principalement effectués : le premier concerne le traitement direct des substances hydrogénées par plasma, le deuxième est une étude réalisée à partir du couplage d'un réacteur de pyrolyse avec un réacteur plasma (figure 1). Cette dernière étude a été effectuée dans le cadre d'un programme ANR[7] nommé « Pyroplasm » dont les principaux résultats[8] sont résumés dans la présente communication.

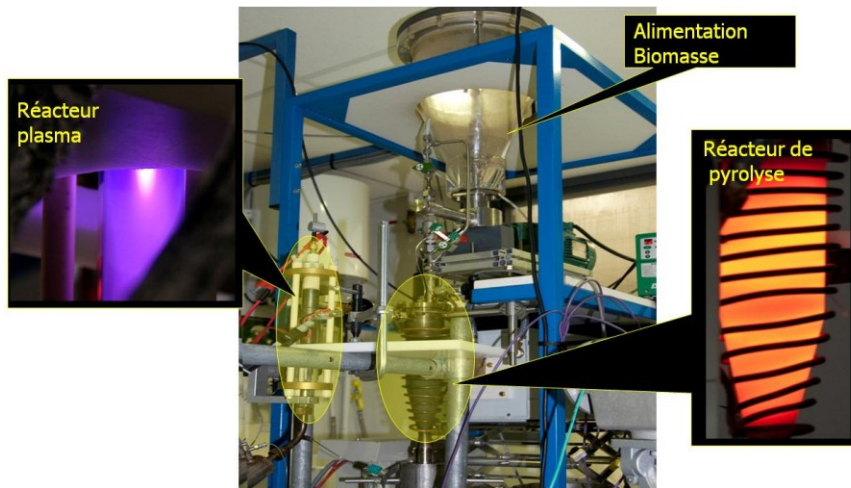


Figure 1 : Photographie de l'installation couplée pyrolyse-plasma.

Dans le cas du traitement plasma d'un hydrocarbure ou de produits issus de biomasse, le mélange gazeux obtenu est essentiellement constitué de dihydrogène, de monoxyde de carbone, de dioxyde de carbone, de méthane et d'autres composés dont certains comme les goudrons doivent être impérativement éliminés ou convertis avant utilisation. Le gaz ainsi produit peut être utilisé directement dans un moteur thermique pour produire de l'énergie mécanique. C'est une des premières utilisations que l'on peut envisager. Le mélange gazeux doit alors être débarrassé de ses substances indésirables : c'est l'épuration. Cependant les molécules lourdes condensables peuvent être craquées par le plasma et conduire à un enrichissement du mélange en hydrogène et monoxyde de carbone : cette conversion supplémentaire qui n'intervient pas dans les procédés traditionnels, contribue à la valorisation des produits issus du traitement de l'hydrocarbure ou de la biomasse.

L'utilisation d'un gaz issus de la conversion de la biomasse pour l'alimentation des piles à combustibles impose des contraintes supplémentaires car le monoxyde de carbone est un poison sévère des catalyseurs. Les quantités de monoxyde de carbone admissibles doivent être très inférieures à celles issues d'un reformage, ce qui implique une épuration poussée qui ne peut être envisagée actuellement qu'en associant des procédés complémentaires aux procédés plasma.

De nombreuses autres applications voisines utilisant des procédés plasmas peuvent aussi être envisagées, nous n'en citerons que deux :

- L'enrichissement en hydrogène d'un mélange combustible afin de permettre la combustion en mélange pauvre.
- L'insertion d'un procédé plasma dans une synthèse Fischer Tropsch afin de produire des hydrocarbures liquides.

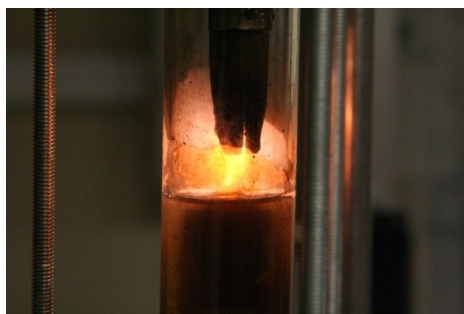


Figure 2 : Photographie du dispositif de traitement direct du bois

Les études effectuées au GREMI couvrent un large domaine d'applications qui pourraient être utilisées pour structurer cet article, cependant, nous choisissons de présenter les résultats et discussions en fonction de la nature et de la complexité des composés traités par le plasma. Les différentes molécules ou composés considérés [9-14] sont les suivants : le méthane, le méthanol, l'éthanol, le phénol, les huiles de pyrolyse et le bois (figure2). Sur la base des résultats présentés, une conclusion générale concernant les technologies plasma et la valorisation énergétique de la biomasse est effectuée.

References

- [1] J.Lédé, *Industrial Engineering Chemistry Research* **39** (4) 893 (2000)
- [2] F.Broust, M.Ferrer and J.Lédé J, *12th European biomass conference for energy, industry and climate protection* (Amsterdam The Netherlands) p 545,(2002)
- [3] F.Broust *PhD Thesis INPL-LSG, Nancy University* (2003)
- [4] F.T Ndiaye *PhD Thesis INPL-LSGC, Nancy University* (2008)
- [5] J.Lédé, F. Broust, F.T.Ndiaye and M.Ferrer, *Fuel* **86** 1800(2007)
- [6] J.Han and H.Kim *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **12** 397 (2008)
- [7] French Pyroplasm program *Pyrolyse de la biomasse à haute température assistée par plasma non thermique* ANR PNRB (2006-2010)
- [8] Q.Falcoz, J.P.Leininger, J.Lédé, MG.artin, J.Luche, A.Khacef, O.Aubry and J.M.Cormier *17th conference and exhibition from research to industry and market* (2009)
- [9] O.Aubry, C.Met, A.Khacef and J.M.Cormier *Chemical Engineering Journal* **106** p 241 (2005)
- [10] G.Petitpas, J.D.Rollier, A.Darmon, J. Gonzalez-Aguilar, R.Metkemeijer and L.Fulcheri *Int. J. of Hydrogen Energy* **32** 2848 (2007)
- [11] E. El Ahmar, C. Met, O. Aubry, A.Khacef, J.M. Cormier, *Chemical Engineering Journal*, 116 (2006) 13
- [12] J. Luche, O. Aubry, A. Khacef, J.M. Cormier, *Chemical Engineering Journal* 149 35(2009)
- [13] I.Rusu and J.M.Cormier, *Chemical Engineering Journal* **91** 23 (2003)
- [14] A. Khacef, K. Arabi, O. Aubry, J.M. Cormier. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 39 (11), 2914-1915 (2011).