



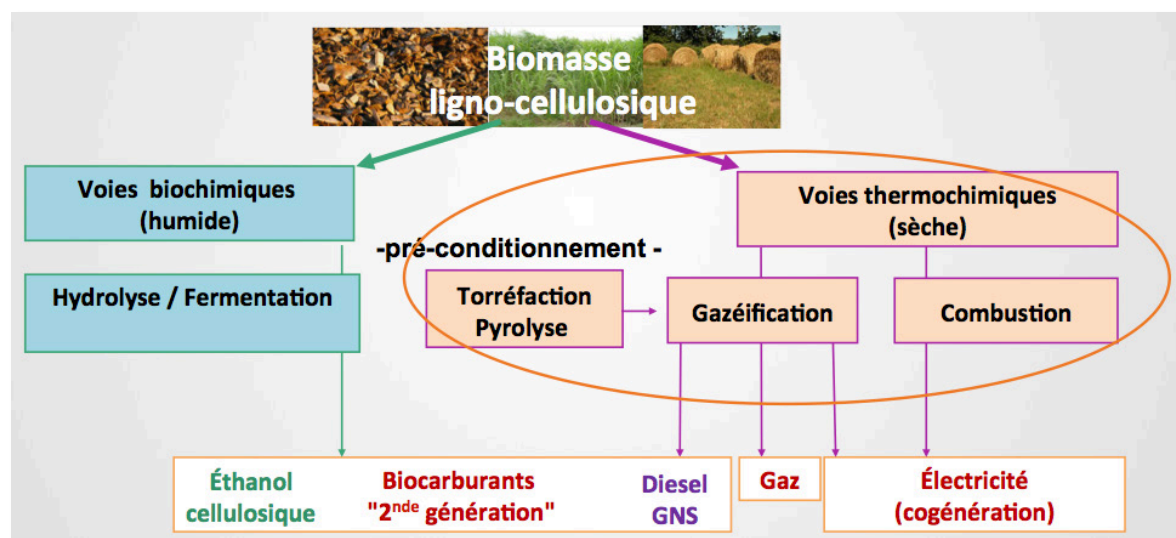
Ce document contient la transcription textuelle d'une vidéo du MOOC UVED « Énergies renouvelables ». Ce n'est donc pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots, l'articulation des idées et l'absence de chapitrage sont propres aux interventions orales des auteurs.

Mécanismes fondamentaux en thermochimie de la biomasse

Gilles VAITILINGOM

Directeur de recherche – CIRAD

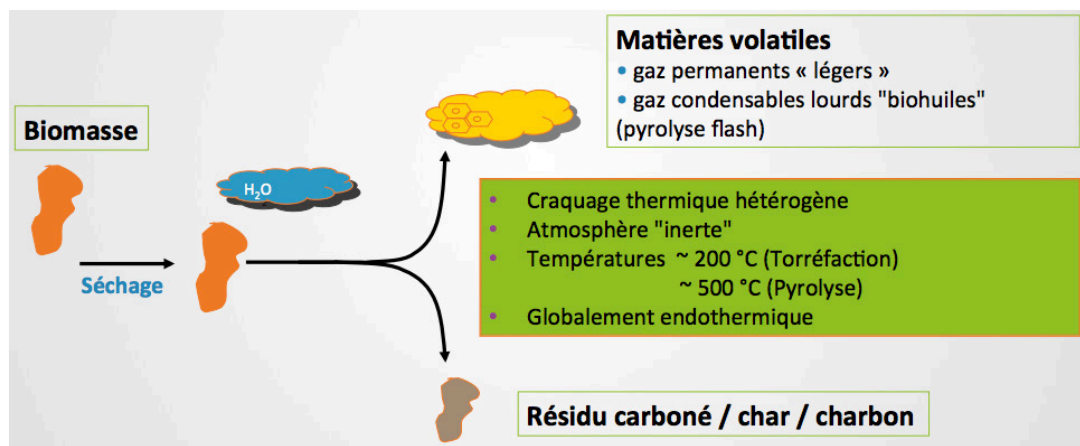
Donc parmi les voies de valorisation énergétique de la biomasse, nous allons examiner la voie thermochimique. Nous laisserons de côté la voie biologique, voie humide dit-on, pour se consacrer plutôt aux voies thermochimiques.



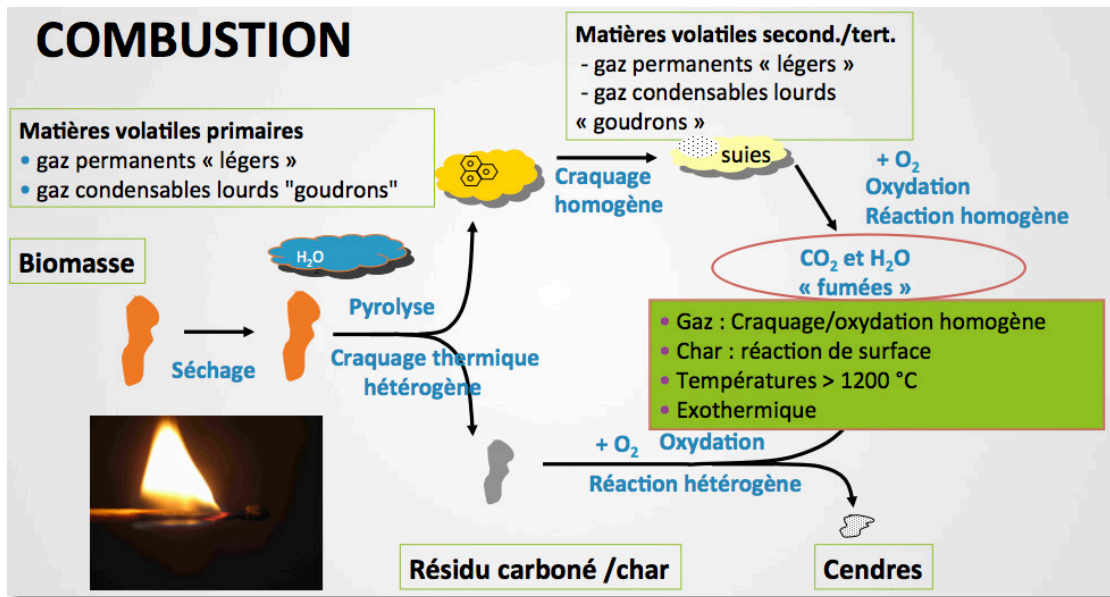
⇒ Thermochimiques ça veut dire que ce sont des voies où la température, les hautes températures vont avoir toute leur importance.

Nous examinerons donc les différents procédés : torréfaction, pyrolyse, combustion et gazéification.

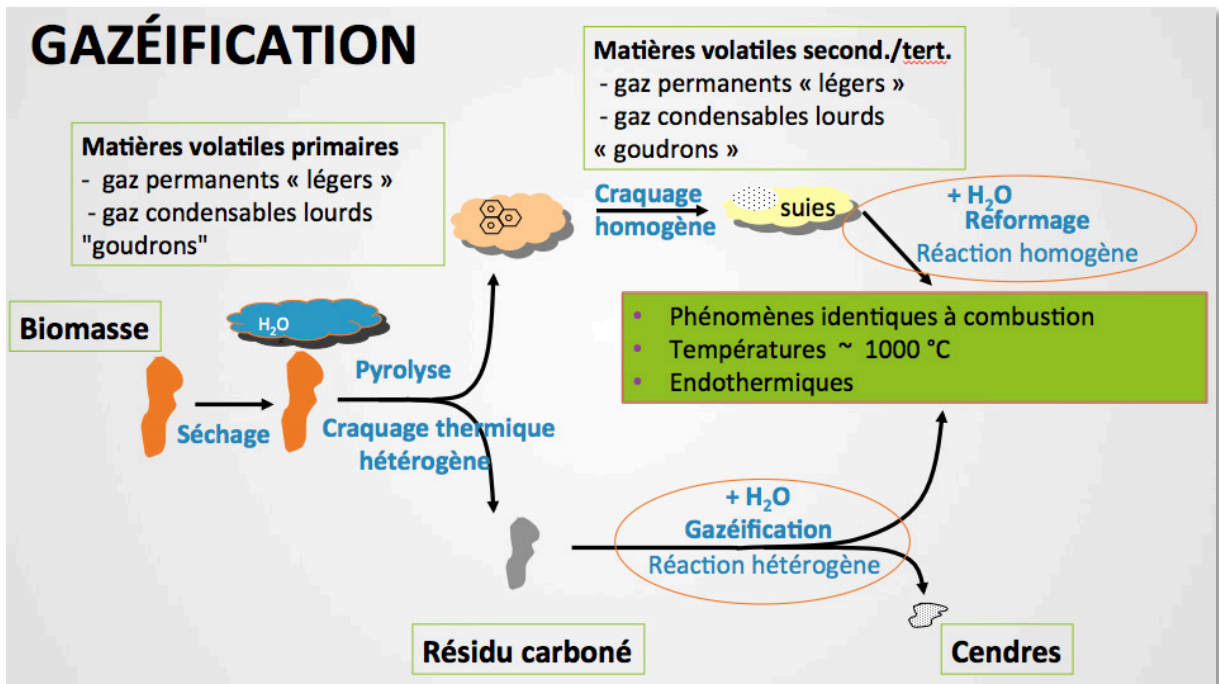
- Au départ, donc il s'agit de prendre par exemple un morceau de bois, une matière lignocellulosique, et de le soumettre à des températures.
- Ce qui va se passer, c'est que cette biomasse va d'abord commencer par perdre son humidité, donc à sécher tout simplement, et si je la soumetts encore à cette température, je vais chercher en fait à séparer les matières volatiles de ces constituants.
- D'un côté j'aurai donc ces matières volatiles et d'un autre côté, j'aurai le charbon, donc dans le cas du bois j'aurai le charbon de bois.
- Dans le cas de la pyrolyse et de la torréfaction, c'est ce que l'on obtient dans la mesure où je travaille en atmosphère inerte, c'est-à-dire en absence d'oxygène - on verra pourquoi - et, quand je suis à des niveaux de température de 200°C, j'effectue ce que l'on appelle une torréfaction.



- ⇒ Si je monte ce niveau de température à 500°C, donc toujours sous atmosphère inerte, j'effectue ce que l'on appelle une pyrolyse.
- Ces deux réactions sont globalement endothermiques, donc elles ont besoin d'énergie pour pouvoir se réaliser.
- Quand on regarde la combustion, en fait, au départ, il y a le même mécanisme.
 - Je vais prendre de la biomasse ;
 - Je vais la soumettre à de la température, élevée ;
 - J'aurai une première phase de séchage ;
 - Je vais effectivement réaliser une pyrolyse, donc avec séparation d'une part des matières volatiles et d'autre part du charbon.



- Comme je vais permettre à de l'oxygène, de l'air généralement, d'être en présence d'une part des matières volatiles et d'autre part du charbon, ce qu'il va se passer par exemple pour les matières volatiles, c'est que je vais réaliser un craquage homogène de ces gaz, ces matières volatiles, qui elles-mêmes d'ailleurs en se dissociant vont produire des suies, des matières volatiles secondaires, qui sont des gaz condensables lourds pour certains et d'autres gaz plutôt légers et qui vont s'oxyder donc en présence d'oxygène, dans une réaction assez homogène.
- De l'autre côté, le charbon, lui aussi en présence d'oxygène et sous haute température, va également s'oxyder, va brûler en fait tout simplement, selon une réaction plutôt hétérogène et il laissera comme résidu de son côté des cendres.
- ⇒ Donc on est sur un mécanisme en fait, combustion, qui est d'une part des gaz donc matières volatiles qui vont craquer et qui vont s'oxyder, d'autre part un charbon qui lui aura des réactions plutôt en surface, effectivement, et on obtient des températures qui atteignent 1200 °C, voir un peu plus.
- ⇒ Ce phénomène-là est plutôt exothermique, c'est-à-dire qu'il produit de la température.
- C'est ce que l'on peut observer par exemple quand on craque une allumette, en fait, une fois que c'est allumé, il y a bien ces décompositions d'une part des gaz volatiles et d'autre part du charbon.
- ⇒ Les gaz volatils vont entretenir la flamme, le charbon également va contribuer à la production d'énergie, et ce que l'on voit, la flamme en fait, ce sont les carbones, les suies par exemple, qui brûlent et qui donnent une flamme visible.
- Regardons la gazéification. La gazéification, c'est quelque chose d'assez similaire à priori à la combustion avec quand même une différence significative.



- Donc on part aussi de biomasse, qu'on soumet aussi à un champ de température, donc on va d'abord avoir un séchage, ensuite effectivement une pyrolyse donc qui va, par craquage thermique hétérogène, d'une part séparer les matières volatiles et le charbon, le résidu carboné, ensuite, effectivement, on aura un craquage homogène qui va nous produire des gaz légers et des gaz plutôt lourds, d'un côté, et de l'autre côté, le carbone aussi, lui, soumis aussi à un champ de haute température.
- Donc, la différence avec la combustion, c'est que je ne vais pas introduire d'oxygène pour oxyder d'une part les gaz et d'autre part le charbon, au contraire, je vais laisser sous une atmosphère pauvre en oxygène, voire sans oxygène dans la mesure du possible, et ce sont des réactions de reformage - dans le cas des gaz par exemple -, qui, par réaction avec les molécules d'eau, va générer essentiellement du monoxyde de carbone et de l'hydrogène.
- Du côté charbon, c'est la réaction du carbone de ce charbon avec également des molécules d'eau, qui va générer aussi du monoxyde de carbone et de l'hydrogène.
- ⇒ Ces phénomènes sont donc assez identiques à la combustion, sauf que, par absence d'oxygène, on l'a compris, et bien, plutôt que de générer du dioxyde de carbone, résidu de combustion et des molécules d'eau, et bien il a préféablement généré du monoxyde de carbone et de l'hydrogène.
- ⇒ Ce sont des réactions qui sont plutôt endothermiques, donc il faut les entretenir avec des réactions exothermiques qui amènent l'énergie pour que ces réactions se produisent.
- L'intérêt, évidemment, dans ce cas-là, c'est que nous cherchons à générer du monoxyde de carbone et de l'hydrogène. Et l'énergie donc exothermique, si vous voulez, la part qui va permettre à ces réactions de se produire, donc ces réactions de gazéification à la fois

sur les gaz et à la fois sur le charbon, et bien provient (vous l'aurez peut-être compris), provient de la condition d'une petite part à la fois des gaz et du charbon, elles en combustion complète donc réaction exothermique qui va amener l'énergie permettant aux réactions endothermiques de formation de CO et d'H₂ de se produire.

- ⇒ Pour être plus concrets, finalement, ce que l'on cherche à obtenir, c'est qu'à peu près 10 à 15 % du bois par exemple que vous introduisez pour faire de la gazéification, trouve l'oxygène nécessaire à sa combustion complète de façon à générer les champs de température nécessaires à la gazéification de 85 % du reste du bois.
- ⇒ En fait, c'est le principe un peu comme dans un poêle à bois, dans lequel vous auriez volontairement réduit l'apport en oxygène de façon à générer des gaz.
- ⇒ Ces deux gaz : monoxyde de carbone et hydrogène, sont des gaz combustibles de très haute valeur.