

Procédés et technologies matures pour la production d'énergies à partir de la biomasse

Atelier de formation BEPITA
- Kamboinsè –
1^{er} décembre 2005
Oumar SANOGO

Plan de l'exposé

- Introduction
- Les transformations thermochimiques
 - La combustion
 - La pyrolyse
 - La gazéification
- La bio méthanisation
- Les biocarburants

Introduction

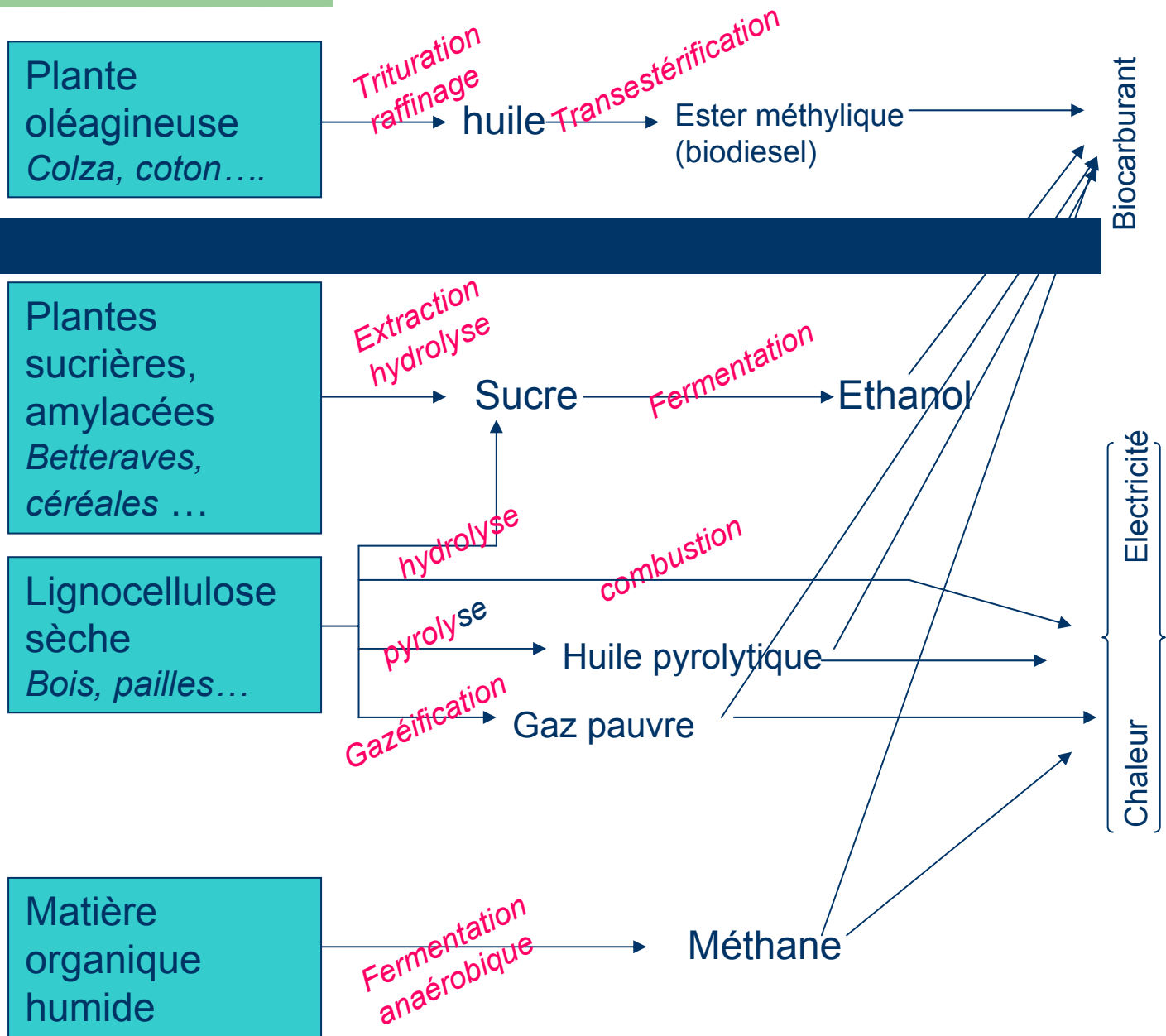
BIOMASSE ?

- **Écologie** : masse totale d'animaux ou de végétaux en équilibre dans un milieu donné
- **Énergéticien** : toute matière organique d'origine biologique susceptible d'une valorisation énergétique
 - Bois, déchets solides résidus agroalimentaires (coques de noix, pargés de café, balle de riz), matières fécales...

Quel type de valorisation énergétique par type biomasse ?

- La biomasse lignocellulosique (bois, paille, fourrage, etc.) sera privilégiée les procédés "par voie sèche" dits thermo-chimiques.
- La biomasse à glucide riche en substances glucidiques, (céréales, betteraves sucrières, cannes à sucre, etc.) se prête mieux à des procédés de fermentation ou de distillation.
- La biomasse oléagineuse riche en lipides, (colza, Pourghère etc.) et dont les huiles ou dérivés d'huile (ester) peuvent être utilisés comme carburants dans les moteurs diesel.

Les voies de transformation de la biomasse



Les filières de valorisations de la biomasse ?

- La filière biologique moins développée vise les sous produits organiques très humides
- La filière chimique offre la possibilité de transformer des huiles végétales en carburant directement substituable au gazole
- La filière thermochimique assure plus de 95% de la valorisation énergétique de la biomasse

Les transformations thermochimiques

- Les principales voies de transformation thermochimiques sont :
 - La combustion :oxydation complète fournissant de la chaleur utilisée dans les process ou convertie en électricité
 - La pyrolyse :décomposition thermique sous l'action de la chaleur et en absence d'agents oxydants: c'est la carbonisation lorsque le but est la production de charbon et la pyrolyse flash lorsque l'objectif est la production de liquides.
 - La gazéification:dégradation incomplète de la biomasse sous l'action de divers agents oxydants tels que l'air, l'eau. Cette réaction est conduite de manière à privilégier la formation de gaz utilisables dans les moteurs ou les turbines.

La combustion

- L'objectif de la combustion de la biomasse est la production de chaleur.
- Les gaz de combustion sont utilisés en chaudière pour la production d'énergie thermique ou d'énergie mécanique par l'intermédiaire de turbine à vapeur, ou de moteur à vapeur

La combustion

- Les niveaux de puissance électrique susceptibles d'être satisfaits par l'intermédiaire de la technologie mettant en jeu la combustion sont fonction du procédé :
- les moteurs à vapeur ont des capacités variant de 100 à 600 kilowatts électriques (KWe)
- les turbines à vapeur ont des capacités variant de quelques centaines de kWe à plusieurs dizaines de MWe

ces options technologiques en font un réel outil pour le développement et l'électrification rurale.

Pyrolyse

- En l'absence de produits oxydants et sous l'action de la chaleur, la biomasse se décompose en 3 phases dont l'importance relative varie suivant les conditions opératoires :
 - une fraction gazeuse non condensable,
 - une fraction liquide séparée en 2 phases, une phase aqueuse, communément appelée pyroligneux et une phase lourde, les goudrons
 - un résidu solide, le charbon

La pyrolyse

- Suivant les conditions opératoires et les conditions de transfert thermique, on distingue deux grands types de pyrolyse :
 - une pyrolyse lente souvent associée également à de basses températures ($<500^{\circ}\text{C}$), et favorisant la fraction solide et liquide,
 - une pyrolyse rapide favorisant la production de liquides à basse température ($<600^{\circ}\text{C}$), ou de gaz à haute température ($>1000^{\circ}\text{C}$).

Pyrolyse

- Les techniques et les matériels développés pour la production de charbon de bois sont anciens du fait des utilisations généralement artisanales du charbon de bois, non compatibles avec des investissements élevés
- On distingue trois modes opératoires de carbonisation :
 - la carbonisation par combustion partielle : l'énergie nécessaire à la carbonisation est fournie par la combustion d'une partie de la charge,
 - la carbonisation par chauffage externe : l'énergie nécessaire est fournie à la charge par un foyer de chauffage externe, par l'intermédiaire d'une surface d'échange,
 - la carbonisation par contact de gaz chauds : l'énergie est fournie par la mise en contact direct de la charge et d'un gaz chaud provenant d'un foyer externe.

La gazéification

- La gazéification du bois est une transformation thermo-chimique qui consiste à décomposer thermiquement en présence d'un gaz réactif (air, O_2 , H_2O , etc.) le matériau solide initial pour obtenir des produits gazeux.
- Elle permet de s'affranchir des contraintes liées aux combustibles solides (grande variabilité, granulométrie, pouvoir calorifique, etc.).
- Applications: alimentation des engins roulants, la production de gaz de synthèse pour la préparation de méthanol, la génération de force (puis électricité) ou de chaleur (séchage).

La gazéification

- Pour de petites puissances (20 à 200 kWe) la technologie est bien opérationnelle et compétitive face aux voies de combustion.
- Des initiatives récentes visent la génération d'énergie électrique à hauteur de quelques MW.

La gazéification

Pour la production d'électricité, il y a deux types d'ensembles :

- gazogène/moteur à combustion interne, dont certains équipements ont atteint un niveau commercial.
- gazogène/turbine à gaz avec ou sans cycle combiné.

La bio méthanisation

- Le processus de digestion anaérobie se déroule dans un réacteur fermé appelé digesteur et aboutit à la formation du biogaz constitué :
 - de méthane (CH_4 : 50 à 80 %) et
 - de dioxyde de carbone (CO_2 : 20 à 50 %).

Le méthane, par son caractère combustible, confère au biogaz sa valeur énergétique. C'est une fermentation naturelle résultant d'une activité microbienne

La bio méthanisation

- La bio méthanisation s'applique aux matières organiques les plus diverses telles que :
 - les déchets agricoles, aussi bien résidus végétaux de récolte que résidus d'élevage.
 - les effluents industriels (principalement de l'agro-alimentaire, mais aussi de papeteries et de tanneries) ;
 - les ordures ménagères ;
 - les eaux résiduelles urbaines et les boues de station d'épuration ;

La bio méthanisation

Le biogaz peut être utilisé pour alimenter

- Une chaudière classique dont on a modifié les caractéristiques du brûleur et qui servira à produire de l'eau chaude à usage domestique ou professionnel .
- Divers appareils équipés de brûleurs adaptés : cuisinière ou réchaud pour la cuisson des aliments, le séchage de produits agricoles, le réfrigérateur à gaz, etc.
- Un moteur à combustion interne actionnant une pompe ou une génératrice pour produire de l'électricité.

La bio méthanisation

- L'adaptation au biogaz d'un moteur à essence peut être réalisé avec quelques modifications sur le système d'alimentation. Ce type de moteur est recommandé pour des petites puissances, jusqu'à quelques dizaines de kW.
- Pour les moteur Diesel, l'option généralement choisie est leur conversion en moteur dual - fuel.

Les biocarburants

- Les biocarburants existent sous forme liquide ou gazeuse. Le bio méthane et les gaz de gazogène sont des biocarburants mais on a l'habitude de réserver le vocable " biocarburant " aux liquides.
- Selon leurs caractéristiques physico-chimiques ils sont des substituts aux essences ou aux gazoles.
- Aujourd'hui on distingue essentiellement : les huiles végétales et leurs dérivés (esters d'huiles végétales) pour les moteurs Diesel, l'éthanol (alcool éthylique provenant de la canne à sucre par exemple) pour les moteurs Essence.

Les biocarburants

- Les applications sont celles couvertes par les moteurs classiques (transport, agriculture, industrie, électrification) et les brûleurs de chaudières ou de séchoirs.
 - Equivalence en volume des huiles végétales : 1.1 litre pour 1 litre de fioul/gazole
 - Equivalence en volume de l'éthanol : 1.6 litre pour 1 litre d'essence.

Les biocarburants

- Les esters (méthyliques ou éthyliques) d'huiles végétales sont utilisables dans tout type de moteurs Diesel.
 - 1 tonne d'Huile + 100 kg de méthanol => 1 tonne de DIESTER + 100 kg de glycérine
- L'éthanol est utilisable en mélange dans l'essence jusqu'à 30% dans les moteurs à essence. Au-delà de 30% les moteurs doivent être adaptés.

Les biocarburants

- La fermentation alcoolique concerne une certaine catégorie de biomasses :
 - les sous produits à forte teneur en glucides, surtout les amidons et les sucres libres,
 - les résidus végétaux tels que les rafles de maïs...

Les biocarburants

- Le principe de la fermentation se décompose en 3 opérations principales dans des installations de type industriel :
 - **hydrolyse** : hydrolyse enzymatique par macération dans une solution contenant une ou plusieurs enzymes. On obtient après neutralisation et filtration un sirop de sucre et des résidus.
 - **fermentation** : le sirop est introduit dans le fermenteur puis transformé à l'aide d'une culture de levures en alcool.
 - **distillation** : c'est l'opération classique de récupération de l'alcool éthylique produit par vaporisation.

La fermentation alcoolique est appropriée pour traiter les résidus végétaux de l'industrie sucrière, notamment les mélasses qui contiennent encore 50% de glucides. Environ 3,5 à 4 tonnes de mélasse peuvent produire une tonne d'alcool éthylique.

Conclusion

- la biomasse est la principale source d'énergie des pays en développement pour la satisfaction des besoins domestiques de cuisson.
- La biomasse offre des alternatives crédibles pour la production d'énergie moderne (électricité, chaleur) à travers une gamme variée de techniques et de technologies.
- La biomasse étant un ressource renouvelable, elle ne participe pas à la dégradation environnementale si elle es utilisée sur une base durable.

Conclusion

Le développement des filières de la biomasse n'est pas que technologique. Toutes les initiatives doivent intégrer les étapes suivantes dans le processus de réflexion pour déterminer le choix d'un investissement énergétique :

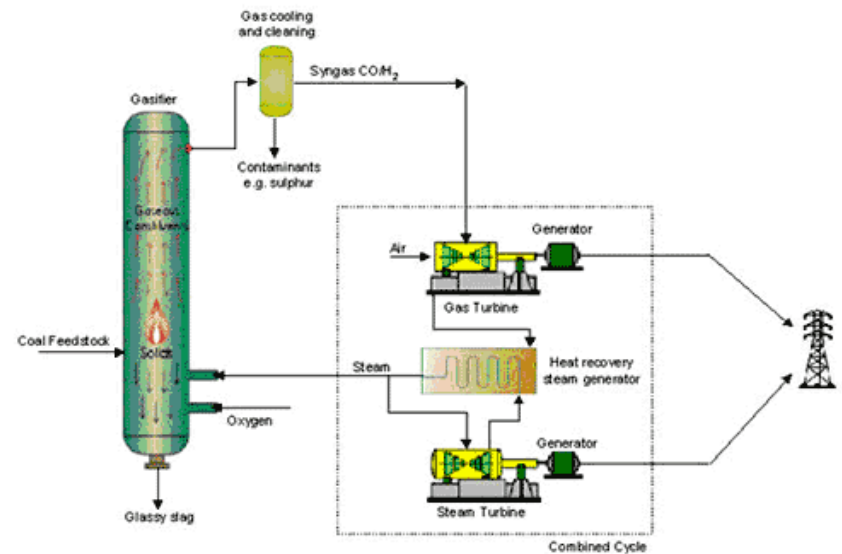
- La disponibilité des ressources et la nature des besoins ;
- l'évaluation des technologies et l'adaptation aux besoins et ressources;
- faisabilité ;
- La dimension financière.

Je vous remercie



Integrated Gasifier Combined Cycle

- IGCC est une combinaison de cycle de turbine à gaz alimentée par la combustion des gaz de synthèse, alors que les gaz d'échappement produisent de la chaleur par système d'échangeur pour produire de la vapeur surchauffée qui alimente une turbine à vapeur



Turbine à vapeur

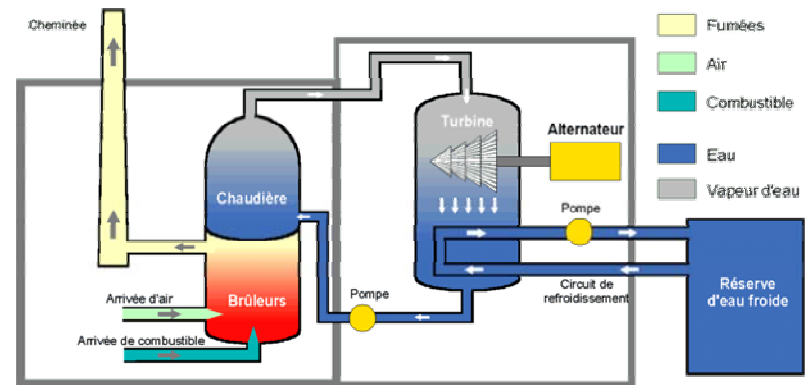
- **Principe**

La combustion sous chaudière d'une énergie primaire (bois, charbon, fuel lourd ou domestique, gaz, déchets) fournit de la vapeur surchauffée moyenne ou haute pression. Celle-ci est détendue dans une turbine qui entraîne un arbre de transmission ou un alternateur. La vapeur détendue est valorisée thermiquement.

- **Les domaines d'applications**

une taille d'installation importante 1.500 kWe et 5.000 kWth.

- Les domaines d'applications : sont le secteur industriel (chimie, papier, carton agro-alimentaire, sidérurgie,...) et les réseaux de chaleur, notamment lors de l'incinération de déchets.



Le moteur à vapeur

- Le principe est simple : on fait chauffer de l'eau dans une chaudière, jusqu'à ébullition. La vapeur produite crée une pression qui agit sur un piston. Les mouvements du piston sont transmis à une manivelle qui fait tourner un volant monté sur l'axe du moteur.

