



Mémoire de fin d'études

PRESENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION

DU DIPLOME LICENCE

Filière : Physique

Option : Physique Energétique

THEME

La biomasse

Présenté par :

- *HAMZA Lamya*
- *BOUGUERRA Ilham*
- *BOUSBAA Ghaniya*

Devant le jury :

- **Rapporteur : SAHNOUNE Yacine** Université de BBA
- **Président : DAOUDI Salim** Université de BBA
- **Examineur : IMAKHLAF Anis** Université de BBA

Année Universitaire 2014-2015

Remerciements

*Au nom d'Allah le plus grand merci lui revient de nous avoir guidés vers le droit chemin, de nous avoir aidées tout au long de nos années d'étude. Surtout un grand merci à notre encadreur Monsieur **Sahnoune Yacine** pour son encadrement, sa compréhension et sa gentillesse durant tout le long de notre mémoire. Vifs remerciement vont également aux membres du jury : **Mr Daoudi. Salim** et **Mr Imakhlaf. Anis**, nous adressons nos remerciements les plus chaleureux à toutes les personnes qui ont aidé de près ou de loin par le fruit de leurs connaissances pendant Toute la durée de notre parcours éducatif. Nos remerciements sont également à nos parents de tous les sacrifices qu'ils ont consentis pour nous Permettre de suivre mes études dans les meilleures conditions possibles et n'avoir jamais cessez de m'encourager tout au long de mes années d'étude. Pou finir nous remercie toute **ma belle famille**, et aussi nos frères, nos tous nous disons merci.*

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail tout spécialement aux être les plus chers à mon cœur, aux deux personnes qui n'ont bien éduqués et mon toujours entouré d'amour et de soutien, mon très cher père **Khaled** et ma mère adorable **Garmia**, sans oublier la plus plus cher dans ma vie ma grand-mère Khayra et Fatma et Grande père Ramadane.*

***A mes très chers sœur** : Sabrina, Samia, Loubna, Hanane et ses enfants Taki, Kosay, Abd el wahd, Zaki, Akram, Yasser, Tassnim*

***A mes très chers frères** : Abd el wahab, Bouelam*

A la lune la plus belle dans ma vie, à qui donne à moi l'aide morale et physique, à qui est avec moi dans tout les moments, à ma vie, à ma cher, mon marié

Houcine

***A mes tante** : Maliya, Souad, Nadia, Sabira, Saida, Nasira, Rahwiya, Mbarqa*

***A mes chers** : Aicha, Menal, Lilya, Amina, Lamya, Latifa, A aux bons moments que nous avons passés ensemble, a toutes ses familles.*

A toute la famille bouguerra et maouassi.

A tous mes collègues de spécialité physique énergétique

A tous mes enseignants.

ILHAM BOUGUERRA

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail tout spécialement aux être les plus chers à mon cœur, aux deux personnes qui n'ont bien éduqués et mon toujours entouré d'amour et de soutien, mon très cher père (**Amar**) et ma mère adorable (**Djamila**), sans oublier la plus plus cher dans ma vie ma grand-mère **chamssa***

*A qui donne à moi l'aide morale et physique, à qui est avec moi dans tout les moments, à ma vie, à ma cher, mon marié **Abd El nour**.*

***A mes très chers sœur** : Sara, Amina*

***A mes très chers frères** : Ilyes, Billel*

***A mes tante** : Razika, Lkhamsa, Rbiha, Zohra, Fatima, Hassina, Malika, Naima*

***A mes oncles** : Momamed, Saad, Lakhdar, Chaaban.*

***A mes chers** : Warda , Dahbia, Souhila , Asma, Hadjer, Nadia, Mariam, Aya, Anfal,*

Amele, Salma, Monira, Afaf, Faiza, Saida, Karima, Lina, Rima, Ilham, Ahlam,

Rawia, Siham, Rossa Linda.

A toute la famille Hamza et Hatout.

A tous mes collègues de spécialité physique énergétique

A tous mes enseignants

Hamza Lamya



Dédicace

*Louage à Allah, seigneur de l'univers, prière et paix sur le sceau des
Prophètes et messages*

Avec les sentiments de gratitude les plus sincères.

Je dédie ce modeste travail :

*À mon cher père «Salah» pour son amour, sa patience, ses sacrifices,
ses encouragements permanents pendant mes études.*

*À ma chère maman «Rebeh» qui m'est la plus chère dans ce monde, qui
a toujours éclairé mon chemin, depuis le jour où j'ai vu la lumière par
ses prières, son amour, ses sacrifices, ses encouragements, par
l'éducation qu'elle m'a inculquée et toutes les peines qu'elle s'est
donnée pour moi pour ma réussite.*

À mes frères : Younes, Yakoub, Adam.

À mes belle-sœur : Hayat, Aicha, Noura, Nawal, Hadjer.

*Une dédicace spéciale aux plus chères, tous les enfants de la
famille : Lokman , Yaser , Rafah , Amal , Line , Ranim.*

*À toute la famille « Bousbaa » : mes tantes, mes oncles, mes cousines et
mes cousins.*

*À toutes mes fidèles amies, à tous ceux et celles qui m'aiment et qui
sont proches*

*de mon coeur : houda, Mouna, Assia, Hanane, Amira , Khawla,
Soumia, Imane.*

À mon binôme : ilham. Lamia.

*À tous ceux qui en aident, de près ou de loin serait-ce
que par un mot d'encouragement, et de gentillesse.*



Ghaniya

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Table des matières

Liste des figures

Introduction générale 1

Chapitre I : la biomasse sèche

I -1 Introduction..... 2

I-2 Définition..... 3

I-3 L'origine de la biomasse..... 4

I- 4 Les types de la biomasse 5

I-4-1 La biomasse thermochimique « Sèche »..... 6

I-4-1-1 Le bois..... 7

I- 4-1-2 Caractéristiques physico chimique du bois..... 7

I-4-1- 3 Composition chimique..... 7

I-4-1-4 bois-énergie..... 8

I-4-1-5 Utilisation du bois..... 8

I-4-1-6 Les ressources de la biomasse utilisables en chaufferie..... 9

I-4-1-7 Principaux composants d'une chaufferie bois..... 16

I-5 Pouvoir calorifique.....10

I-6 La gazéification.....11

I-7 L'acombustion12

I - 8 La pyrolyse13

I-8-1 Type de pyrolyse.....	14
I-8-1-1 La pyrolyse classique ou lente.....	14
I-8-1-2 La pyrolyse rapide.....	15
I- 9 Potentiel de la bioénergie.....	16
I- 9-1 La cogénération.....	16
I-10 Charbon.....	17
I-10-1 Gazéification du charbon.....	18
I-10-2 Charbon actif	18

Chapitre II : la biomasse humide (biocarburants)

II – Introduction.....	19
II-1 La fermentation.....	19
II-2 La densification.....	20
II-3 Alcools et leurs éthers.....	20
II-3-1 Classification des alcools	20
II -3-2 Méthode d’obtention des alcools.....	21
II-3- 3 éthyle-tertio butyl-éther ETBE	21
II-3-4 méthyle-tertio butyl-éther MTBE.....	22
II -4 Huiles végétales.....	22
II-5 La transestérification.....	23
II-6 Le Biogaz.....	24
II-5-1 Valeur énergétique du biogaze.....	25

Chapitre III : utilisation des biocarburants

III- Introduction.....	26
III-1 Utilisation du biogaz.....	26
III-1-1 le biométhane.....	27
III-2 utilisations des huiles végétales.....	28
III-2-1 la centrale de cogénération à l'huile végétale.....	28
III-2-2 Esters d'huile végétale.....	29
III-3 Utilisation des alcools.....	30
III-4 Les avantages de la biomasse.....	31
III-5 Les inconvénients de la biomasse.....	32
Conclusion.....	33
Références	
Résumé	

Liste des figures :

Figure (I.1): Cycle du carbone incluant une phase de combustion de biomasse.....	2
Figure (I.2) : Sources de la biomasse	4
Figure (I.3) : Processus de biomasse.....	4
Figure (I.4) : Utilisation énergétique de la biomasse.....	6
Figure (I.5) : Plaquettes de bois utilisées dans les chaufferies automatiques.....	9
Figure (I.6) : Installation avec chaudière de moyenne à forte puissance.....	10
Figure (I.7) : Fonctionnement de gazification.....	12
Figure (I.8) : Produits issus de la pyrolyse de la biomasse et leurs utilisations.....	13
Figure (I.9) : Principe de fonctionnement d'une centrale de cogénération d'électricité et de vapeur à partir de la biomasse.....	17
Figure (II.1): Fonctionnement de fermentation.....	22
Figure (II.2) : Fonctionnement des huiles végétales.....	26
Figure (II.3) : Grand champ de tournesol.....	27
Figure (III.1): Utilisation des huiles végétales.....	31

Liste du tableau :

Tableau (I.1) : l'origine de la biomasse.....	5
Tableau (I.2) : Tableau récapitulatif des conditions opératoires des différentes transformations thermochimiques.....	16



Chapitre I
La biomasse sèche

I.1.Introduction :

La biomasse est reconnue comme une source d'énergie propre et renouvelable possédant un potentiel important pour remplacer, sur le marché de l'énergie, les combustibles fossiles conventionnels. A la différence des autres énergies renouvelables, la biomasse libère lors de son utilisation (par combustion) du dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Cependant, cette combustion ne rejette dans l'atmosphère que ce que la plante y avait puisé lors de la croissance par photosynthèse. Un équilibre est obtenu et le bilan théorique sur le dioxyde de carbone produit est donc neutre : l'utilisation de la biomasse comme source d'énergie rentre dans le cycle naturel du carbone ce qui fait de la biomasse une source d'énergie renouvelable. Figure (I.1) [1]

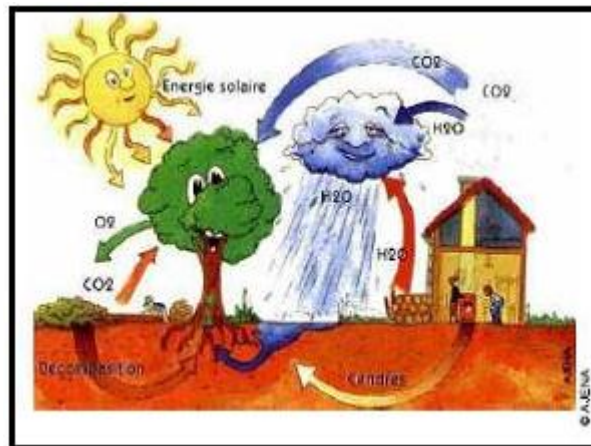


Figure (I.1): Cycle du carbone incluant une phase de combustion de biomasse [1]

La biomasse est en abondance et se place comme troisième source d'énergie après le pétrole et le charbon, Le gisement mondial de biomasse est suffisamment importante pour permettre sans problème une utilisation énergétique à grande échelle, en substitution de combustibles fossiles. [1]

I-2 Définition :

La biomasse est la source énergie la plus ancienne utilisée par l'humanité. Il s'agit de toute matière organique, végétale ou issue des êtres vivants. Le terme de biomasse recouvre un champ très large de matières : bois, déchets des industries de transformation du bois, déchets agricoles (pailles, lisiers, etc.) et tous autres sortes de déchets organiques. La biomasse est la 2^{ème} énergie renouvelable dans le monde. Elle permet de produire de l'électricité, de la chaleur via la combustion de déchets et de résidus de matières organiques végétales ou animales. Elle est très utilisée, notamment 10% de l'énergie primaire mondiale et souvent dans les circuits non commerciaux. Pour environ 2.6 milliards d'habitants, elle représente quasiment la seule source d'énergie. [2]

Dans le domaine de l'énergie, le terme de biomasse regroupe l'ensemble des énergies provenant de la dégradation de la matière organique.

En écologie, la biomasse est la masse totale (quantité de matière) de toutes les espèces vivantes présentes en un milieu naturel donné.

Par biomasse on entend les produits non alimentaires destinés à diverses utilisations. La biomasse est joué un rôle important en tant que source de matières premières pour la production d'énergie renouvelable, La biomasse inclut une large gamme de produits, de sous-produits et de flux de déchets de la sylviculture et de l'agriculture ainsi que des flux de déchets municipaux et industriels. Elle inclut donc les arbres, les cultures arables, les algues et autres plantes, les résidus agricoles et forestiers, les effluents, les boues d'épuration, le fumier, les sous-produits industriels et la partie organique des déchets solides municipaux. Après un processus de transformation, la biomasse peut être utilisée pour fournir de la chaleur, de l'électricité ou du carburant pour les transports, en fonction de la technologie de transformation retenue et du type de biomasse primaire.

Figure (I.2) [3]



Figure (I.2) : sources de la biomasse. [3]

I-3 L'origine de la biomasse :

La biomasse est issue directement ou indirectement de la photosynthèse chlorophyllienne dont la réaction de base s'écrit de manière simplifiée et si l'on ramène à l'atome de Carbone : figure (I.3)

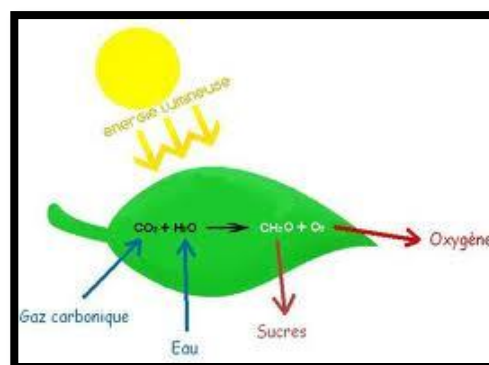
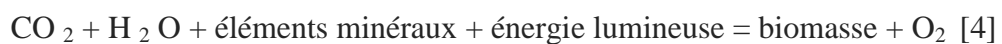


Figure (I.3) : Processus de la biomasse [4]

Deux sources principales Peuvent être utilisées : Cette réaction nécessite un apport énergétique d'environ 500kj/mol. Dans la nature, cette énergie est fournie par le rayonnement solaire.

- les déchets organiques provenant de la consommation domestique, de l'industrie ou de l'agriculture.
- les plantes énergétiques dédiées (agricoles ou forestières) pour produire de l'énergie.

Tableau(I.1) [4]

Agricole		Forestiere	Urbaine	Industriel
végétale	animale			
Culture	Fumier-lisier	Bois	Résidus verts	Résidus industries agroalimentaires
Pailles, rafles maïs,...	Résidus abattoirs,...	Sciure, écarts de sciage,...	Boues station épuration	
Haie		Copeaux, résidus menuiseries,...	Fraction fermentescible, déchets ménagers	Résidus industrie papetière
taillis				

Tableau (I.1) : Tableau de l'origine de la biomasse. [4]

I-4 Les types de la biomasse :

La biomasse est un combustible difficilement exploitable dans son état brut. Sa transformation permet d'obtenir des combustibles plus intéressants sous forme :

- solide comme les pellets, les plaquettes, les semi-cokes, cokes, charbon de bois, etc ...
- liquide comme l'éthanol, le biodiesel, les huiles pyrolytiques .
- gazeuse comme les gaz de décharge, le biogaz, le gaz de bois ou d'autres résidus utilisables dans des moteurs, chaudières ou turbines.

Cette transformation peut se faire par voie thermochimique (sèche), biochimique ou mécanique (humide). Le choix dépendra du type et de la quantité de biomasse disponible, du type d'énergie finale souhaitée, des conditions économiques, environnementales et d'autres facteurs. La plupart des filières de conversion peuvent se classer en deux groupes :

- ❖ filière de conversion thermochimique ou voie sèche (combustion, gazéification, pyrolyse) ;
 - ❖ filière de conversion biochimique ou voie humide (digestion, fermentation).figure (I.4)
- [5]

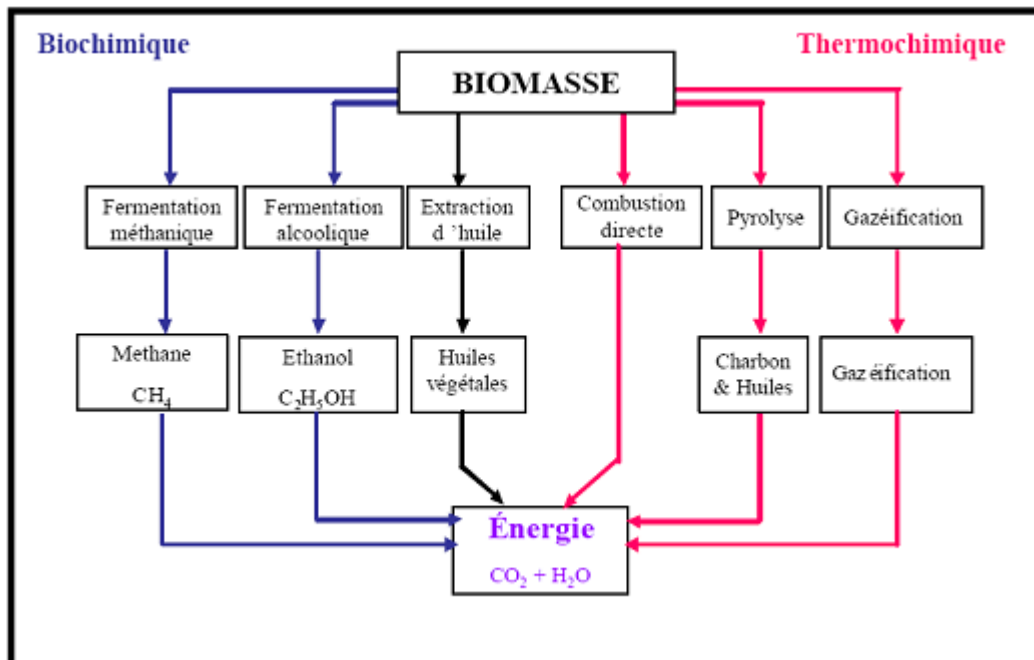


Figure (I.4) : les principes vois de la biomasse.[5]

I-4-1 La biomasse thermochimique « Sèche » :

Les procédés, dits de « conversion thermochimique », sont encore en cours de développement. Ils combinent une conversion thermique (sous l'effet de la chaleur) et une conversion chimique (réaction entre deux corps ou plus mis en présence). La voie thermochimique (ou sèche) regroupe ainsi les technologies de la combustion, de la gazéification et de la pyrolyse. [5]

I-4-1-1 Le bois :

Lorsqu'elle n'est pas trop humide, la biomasse peut être brûlée en combustion directe. La combustion permet de libérer rapidement et facilement une quantité importante de chaleur. Cette chaleur est utilisée pour assurer des besoins de chauffage (industriels ou domestiques) ou pour être partiellement ou totalement convertie en électricité. Le bois est couramment utilisé sous différentes formes :

- bûches.
- plaquettes de bois broyées.
- sciure et/ou copeaux de bois.
- granulés de sciure agglomérée.

On parle alors de bois énergie. La production d'énergie à partir de bois est fort développée au niveau domestique (feux ouverts, poêles, inserts) et au niveau industriel (chaufferies au bois, cogénérations industrielles au bois).

D'autres biomasses sèches conviennent également pour la combustion : les balles de riz, la paille de céréales, les rafles de maïs, etc.

A côté de la combustion directe, d'autres procédés existent pour produire de l'énergie à partir de biomasses sèches comme la gazéification ou la pyrolyse. [6]

I-4-1-2 Caractéristiques physico chimique du bois :

Le bois présente des caractéristiques physico-chimiques qu'il est utile de connaître pour optimiser ses performances sur le plan énergétique et réduire l'impact de sa combustion sur le plan environnemental. Dans ce paragraphe, nous examinons les caractéristiques suivantes : la composition chimique. [7]

I-4-1-3 Composition chimique :

Le bois est constitué de matières organiques, principalement sous forme de cellulose (environ 50%), de lignine (20 à 30%) et de hémicellulose (15 à 25%) ainsi que d'éléments minéraux en très faible quantité (<1%)

Quatre éléments chimiques contribuent principalement à la composition chimique du bois : Le carbone, l'oxygène, l'hydrogène, et l'azote, dans des proportions beaucoup plus faibles. La proportion de chaque élément varie légèrement selon l'essence du bois. [7]

I-4-1-4 bois-énergie:

bois-énergie à longterm été considéré comme la source unique de chaleur pour le chauffage et la cuisson des aliments pour l'homme. Avec l'avènement du charbon puis du pétrole, il a été par la suite principalement dédié à des usages d'agrément et d'appoint dans les sociétés industrialisées.

Cependant, depuis au moins une décennie, le bois-énergie fait l'objet d'un regain d'intérêts pour plusieurs raisons.

La première raison est d'ordre économique : le bois-énergie reste bon marché par rapport aux énergies d'origine fossile (charbon, gaz) et son prix n'est pas soumis aux fluctuations des monnaies ni à celles du prix du pétrole. Il présente également un intérêt écologique car, en tant que biomasse, c'est une source d'énergie renouvelable, utilisable aussi bien pour la production de chaleur que de l'électricité, ou les deux à la fois, dans le cas de la cogénération. Il a par ailleurs un intérêt social. Comme ressource locale, il favorise le développement d'activités créatrices d'emplois en zone rurale. [7]

I-4-1-5 Utilisation du bois:

Le bois utilisé comme source d'énergie de chauffage présente deux atouts incontestables par rapport aux combustibles fossiles :

D'une part, en se substituant aux combustibles fossiles, il participe à la réduction des émissions nationales de gaz à effet de serre. Sa principale faiblesse réside dans le fait que de nombreux paramètres influencent le rendement de sa combustion. La combustion incomplète du bois se caractérise par la formation importante non seulement de gaz polluant l'atmosphère mais également et surtout par celle de fines et ultrafines particulièrement nocives pour la santé humaine. [7]

L'utilisation du bois, sans contrôle ni précaution, dans des appareils de chauffage domestique présentant des rendements de combustion insuffisamment élevés, est responsable de la mauvaise image environnementale du bois-énergie.

Des actions sont actuellement entreprises pour modifier cette image en préconisant sur le marché des appareils à usage domestique de meilleure qualité. Son emploi dans des

installations de chauffage collectif ou industriel est certainement préférable car ces installations offrent de meilleures performances énergétiques et environnementales. [7]

I-4-1-6 Les ressources de la biomasse utilisables en chaufferie :

La grande majorité du bois énergie est encore consommée sous forme de bûches, mais le bois bûches nécessite une manutention importante et il est particulièrement exposé au risque de combustion incomplète génératrice de polluant.

Au-delà du bois bûches à usage domestique, le bois-énergie se présente sous des formes très diverses qui ont en commun leur difficulté à trouver des débouchés : résidus bocagers et forestiers, sciures, écorces, bois « en fin de vie », appelé également « bois de rebut » (palettes, caisses et cagettes usagées, vieux meubles...).

Ces déchets ligneux peuvent être valorisés en les brûlant dans des chaufferies automatiques au lieu de les éliminer dans des conditions préjudiciables à l'environnement (abandon en forêt, brûlage à l'air libre, mise en décharge). Les cendres du bois brûlé dans les chaudières peuvent être valorisées en agriculture figure (I.5) [8]



Figure (I.5) : Plaquettes de bois utilisées dans les chaufferies automatiques. [8]

I-4-1-7 Principaux composants d'une chaufferie bois :

Sont principalement concernés les bois forestiers bon marché et de qualité inférieure, les déchets ligneux de l'industrie de transformation du bois, les déchets de bois urbains non traités disponibles dans les déchèteries les déchets de bois ménagers ou municipaux (élagages....), etc. figure (I.6) [8]

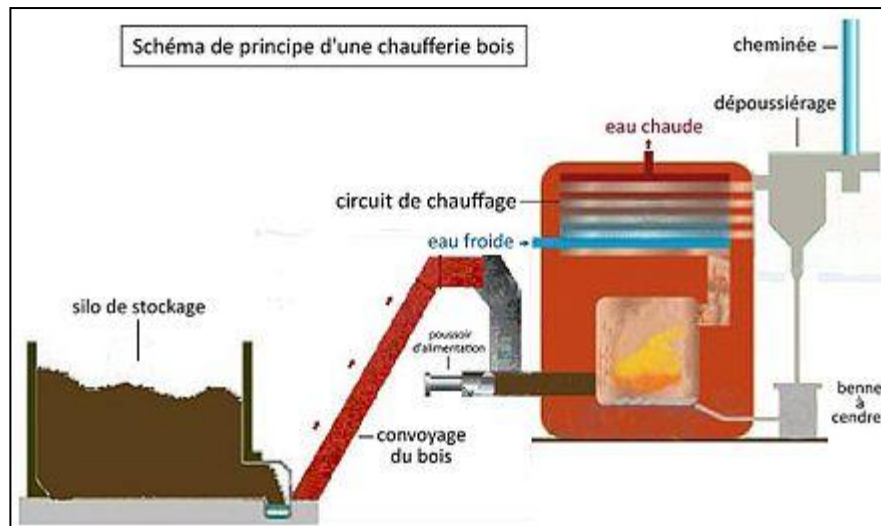
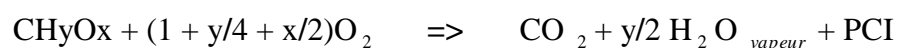


Figure (I.6) : Installation avec chaudière de moyenne à forte puissance. [8]

I-5 Pouvoir calorifique :

Le pouvoir calorifique d'un combustible représente la quantité d'énergie contenue dans une unité de masse du combustible. Cette énergie est dégagée sous forme de chaleur lors de la combustion. Dans les applications, il est en général utile de se référer à une unité de masse pour les combustibles solide et à une unité de volume pour les gaz.

Le pouvoir calorifique du bois de chauffage dépend avant tout de son humidité, de l'essence de l'arbre dont il est issu étant moins importante sur ce plan. « Ce sont les bois les plus denses, qui produisent le plus de chaleur à poids égal ».



Elle fait apparaître la formule générale de la biomasse et apport d'oxygène. L'oxygène utilisé provient plus souvent de l'air ambiant. [8]

I-6 La gazéification :

Le bois est depuis longtemps valorisé par combustion dans des chaudières. Les technologies sont éprouvées et offrent de bons rendements mais sont limitées à une simple production de chaleur. La gazéification transforme le bois, par oxydation partielle à 800-900°C en un gaz combustible, riche en hydrogène et en monoxyde de carbone (typiquement entre 15 et 30% de CO et H₂ pour la gazéification à l'air), avec un pouvoir calorifique inférieur de 4 à 6 MJ/Nm³ (le gaz naturel a un PCI de 36 MJ/Nm³). [9]

Les principales étapes de réaction dans la gazéification de la biomasse sont :

- pyrolyse de la biomasse, et conversion de celle-ci en gaz, résidu solide et goudron primaire.
- craquage du goudron primaire vers des gaz et des goudrons secondaires + tertiaires .
- réactions de gazéification hétérogène du résidu carboné, et réactions homogènes de la phase gazeuse.
- combustion du résidu solide, formé pendant la pyrolyse, et oxydation des gaz combustibles.

Le gaz combustible formé lors de la gazéification peut être valorisé dans différents types d'applications. L'utilisation la plus courante est le couplage avec un moteur à gaz pour la cogénération d'électricité et de chaleur. D'autres technologies (moteurs ou turbines à vapeur) existent pour produire de l'électricité à partir du bois, mais pour des installations de puissance moyenne (<10 MW) les rendements électriques sont bien inférieurs à ceux des moteurs à gaz (13% pour un moteur à vapeur, 20-25% pour un moteur à gaz couplé à une installation de gazéification).

En réalité, la gazéification présente des possibilités beaucoup plus larges que la combustion dans une chaudière, puisqu'elle permet la transformation du bois en un vecteur énergétique.

le gaz de synthèse ce dernier présente de multiples possibilités de valorisation intéressantes comme le moteur ou la turbine à gaz, Le choix du type de procédé et la conduite de la réaction de gazéification sont orientés différemment selon les exigences de l'installation de valorisation en aval (composition, traitement, température du gaz de synthèse,...)

Figure(I.7) [9]

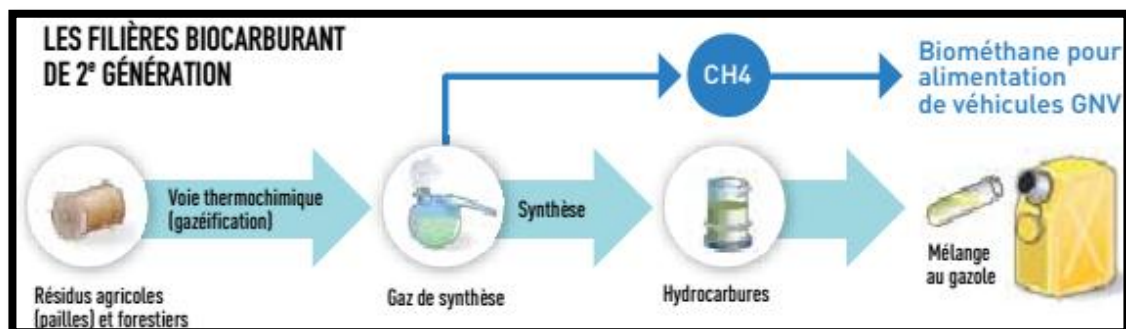
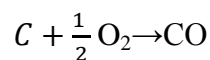


Figure (I.7) : fonctionnement de gazification.[9]

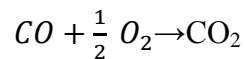
I-7 La combustion :

L'étape primaire de la combustion du bois est la pyrolyse qui produit, à partir de 300°C, les gaz inflammables en parallèle avec le charbon de bois et les goudrons composés principalement de produits aromatiques plus ou moins condensés. Les réactions de combustion ont lieu soit en phase gazeuse, avec production d'une flamme, soit en surface du charbon de bois et sont responsables de l'incandescence. Le bois chauffé commence à se pyrolyser à partir de sa surface en donnant des gaz combustibles et un résidu solide combustible. La zone de pyrolyse avance dans le bois. [10]

Les produits de la pyrolyse migrent alors vers la surface au travers du charbon de bois. C'est lorsque des oxydants ou des réducteurs sont mis en présence des produits de la pyrolyse que s'amorce la combustion ou la transformation chimique du gaz et du charbon. La combustion se fait à des températures comprises entre 500 et 2000°C. Les principales réactions se faisant à haute température, le produit primaire est probablement du CO selon :



qui s'oxyde ensuite au cours du refroidissement des gaz conformément à la réaction :



Il est ainsi important de laisser le temps aux réactions d'oxydation de CO d'agir, sinon il peut facilement être entraîné dans les fumées et devenir ainsi un polluant rejeté dans l'atmosphère. Dans les cas de mauvais réglage de la combustion soit par défaut d'air, soit à cause d'un temps de séjour des gaz dans le brûleur trop faible, une partie du carbone des gaz se retrouve dans les fumées. Ainsi une combustion mal réglée se traduit par la formation d'une quantité de suies importantes (il est à noter que le CO₂ pas un polluant qui joue sur la qualité de l'air. Par contre, il est responsable du réchauffement climatique). Dans la flamme, la température élevée peut conduire à la formation de NO_x par oxydation de l'azote atmosphérique. Le résidu de la combustion comporte des cendres, constituées majoritairement de SiO₂ et d'oxyde d'alcalins ou d'alcalino-terreux (K₂O, CaO, MgO) et des oxydes métalliques de fer, etc. [10]

I - 8 la pyrolyse :

La pyrolyse de biomasse est un produit issu de charbon de synthèse. Pris dans son sens étymologique de pyro (feu) et lyse (coupure), la pyrolyse constitue la première étape de toute transformation thermo-chimique, elle comprend notamment le processus primaire de décomposition thermique de la biomasse. Cette réaction produit des gaz permanents (CO , CO_2 , CH_4 ,...), des vapeurs condensables et un solide en proportions variables selon les conditions opératoires. Ces produits peuvent être valorisés à différents niveaux. Par extension, elle recouvre les procédés de valorisation thermique de la biomasse en l'absence (ou en quantité limitée) d'oxygène. Selon les conditions de réaction. Figure (I.8) [11]

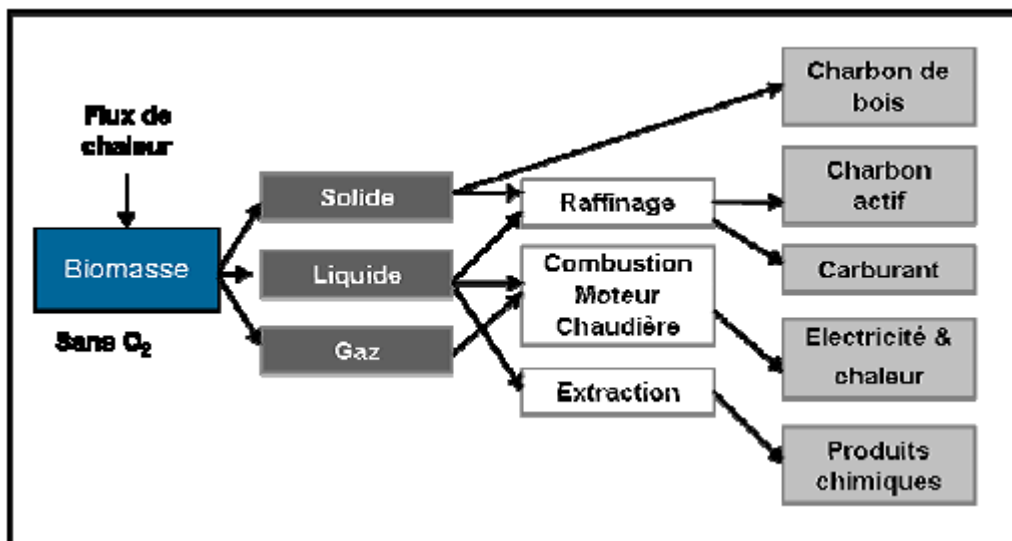


Figure (I.8) : Produits issus de la pyrolyse de la biomasse et leurs utilisations.[11]

I-8-1 Type de pyrolyse :

Il existe deux types de pyrolyse : la pyrolyse lente et la pyrolyse rapide

I-8-1-1 La pyrolyse classique ou lente :

C'est une technique très ancienne qui est utilisée pour la production de charbon de bois (environ 35 %), de condensables à hauteur de 35% et de 30% de gaz incondensables (surtout du CO_2 et un peu de CO , H_2 et hydrocarbures). Ces fractions peuvent évoluer sous certaines conditions de température et de pression, ainsi ont réussi à atteindre un

rendement de 50% de charbon. L'objectif ultime de la pyrolyse lente est la production de charbon, d'où son appellation de procédé de carbonisation.

Les techniques et les matériels développés pour la production de charbon de bois sont connus depuis de très nombreuses années. 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. [12]

I-8-1-2 la pyrolyse rapide :

De développement récent. La pyrolyse dite rapide ou flash a pour objectif la production d'un produit liquide énergiquement ou chimiquement valorisable. D'un développement récent la pyrolyse rapide donne des produits différents de la pyrolyse lente. Les particules sont soumises à un fort gradient de température dans un temps extrêmement court et les vapeurs formées sont refroidies très rapidement pour éviter les recombinaisons et les craquages. Le chauffage rapide produit peu de charbon, essentiellement des composés liquides et ou gazeux selon le temps de séjour dans le réacteur.

Le concept de pyrolyse rapide est apparu dans les années 1970 après le premier choc pétrolier, l'objectif étant alors la production de gaz. Les gaz obtenus par pyrolyse présentent un pouvoir calorifique plus important que celui obtenu dans certains procédés classiques de gazéification. [13]

La composition typique des différents produits obtenus dans le cas de la pyrolyse rapide (sur la base de la matière sèche) est la suivante :

- 40-65% de vapeur condensable (hors eau).
- 10-20% de charbon.
- 5-25% de gaz.

- 10-20% d'eau.

Ces valeurs moyennes varient selon le type de réacteur, il est possible d'obtenir seulement 3 à 5% de charbon et une grande majorité de gaz ou de vapeurs condensables.

Les conditions opératoires suivantes vont provoquer une augmentation de la production de charbon :

- augmenter la taille des particules.
- diminuer la température finale du réacteur.
- diminuer la vitesse de chauffage du réacteur.
- augmenter la pression de travail.

De fait, en ce qui concerne l'obtention des huiles de pyrolyse, les conditions suivantes sont nécessaires pour obtenir les huiles de pyrolyse :

- diminuer la taille des particules pour les procédés en lits fluidisés ou transportés.
- augmenter la vitesse de chauffage jusqu'à des températures entre 450 et 550°C.
- diminuer le temps de séjour des vapeurs dans le réacteur.

Ces conditions sont dans l'ensemble inverses de celles nécessaires pour le charbon. Il faut noter que les huiles contiennent une proportion d'eau importante qui peut représenter 20% de la production globale de la pyrolyse, sans considérer l'eau de l'humidité initiale de la biomasse.

Il est admis que les gaz proviennent de réactions secondaires des vapeurs. Pour obtenir du gaz, il faudrait donc augmenter le temps de séjour des vapeurs à une température supérieure à 500C. Tableau(I.2) [13]

Transformations thermochimique	Températures	Atmosphère	Produits
---------------------------------------	---------------------	-------------------	-----------------

Pyrolyse	< 700°C	Inerte (absence d'O ₂)	Solide carboné (charbon) + liquide (goudron) + gaz
Gazéification	> 800°C	Gaz réactif air, O ₂ , CO ₂ , H ₂ O, etc..	Essentiellement mélange gazeux H ₂ , CO, CO ₂ et CH ₄
Combustion	> 900°C	O ₂ (air)	CO ₂ + H ₂ O

Tableau (I.2) : Tableau récapitulatif des conditions opératoires des différentes transformations thermochimiques.[13]

II- 9 Potentiel de la bioénergie :

Une étude réalisée sur le potentiel des énergies renouvelables au niveau mondial, estime que les sources d'énergies renouvelables pourraient à l'horizon 2050 en produire 10 fois plus. Concernant la biomasse-énergie, elle pourrait couvrir une part importante des besoins énergétiques mondiaux, et ce même si on soustrait l'utilisation du sol et la biomasse nécessaire à la production alimentaire. Le potentiel énergétique des résidus de la biomasse serait d'environ 2.1 Gtep (Giga tonne équivalent pétrole), celui des cultures énergétiques de 6.2 Gtep. Notre pays, dont l'économie repose essentiellement sur les énergies fossiles, se doit d'assurer sa transition progressive vers les énergies renouvelables. A l'instar de nombreux autres pays, l'Algérie doit diversifier son mix énergétique et la bioénergie offre, à côté des autres sources d'énergies renouvelables, de nombreux avantages pour répondre aux besoins spécifiques en énergie des différentes régions du pays . Dans ce contexte, il nous paraît opportun d'examiner les possibilités de filières bois énergie à même de valoriser sur le plan énergétique les immenses richesses que recèle notre patrimoine forestier, et cela en considérant le procédé de transformation le plus rentable: la cogénération. [14]

II- 9-1 la cogénération :

La cogénération est une des technologies prometteuses pour satisfaire les critères de meilleure efficacité énergétique et de moindres émissions de gaz à effet de serre, c'est la production combinée d'électricité et de chaleur (eau chaude ou vapeur) en faisant appel à la biomasse. Dans la plupart des applications, l'énergie mécanique produite est immédiatement convertie en énergie électrique pour être autoconsommée ou vendue à d'autres utilisateurs. L'énergie thermique peut servir au chauffage de bâtiments, à la production d'eau chaude ou à des procédés industriels.

Ce système est caractérisé par un rendement supérieur (70 à 90 %) à celui obtenu avec une production séparée de chaleur et d'électricité, de plus, il permet de réduire de façon importante la facture énergétique et de limiter les émissions de polluants. La cogénération à partir de biomasse peut faire appel à différentes technologies: turbine à vapeur, moteur à vapeur, cycle organique de Rankine, moteur Stirling .La figure 1 montre le principe de la cogénération. Figure (I.10) [14]

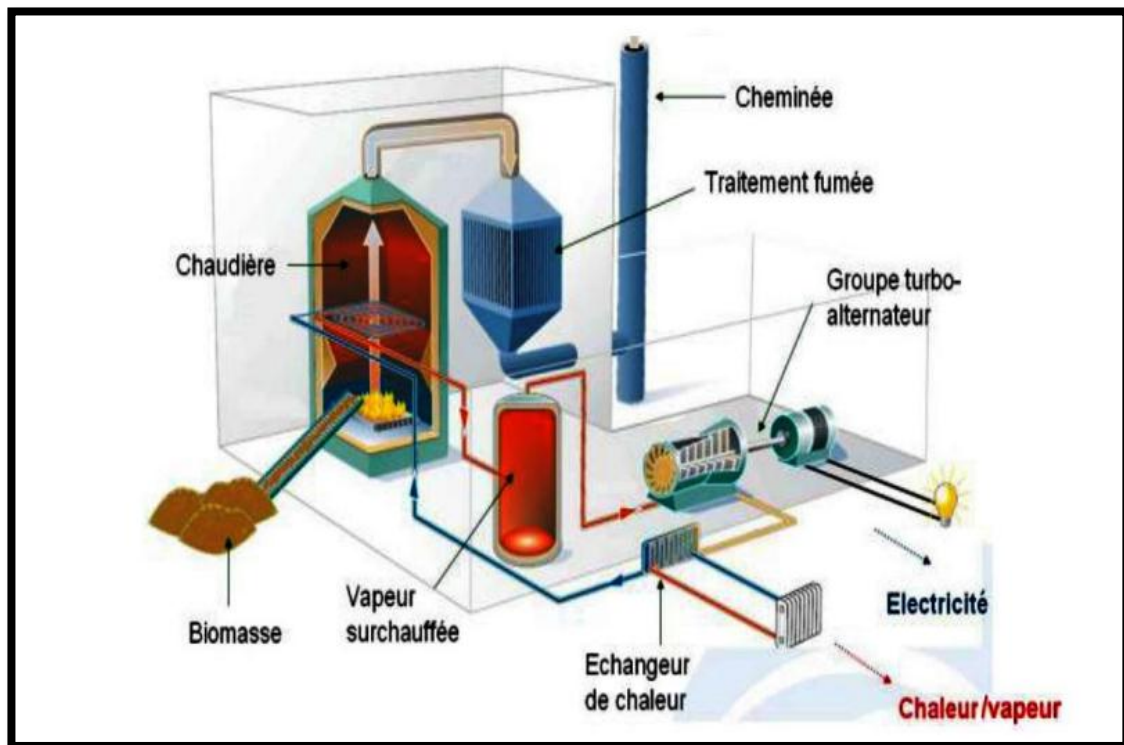


Figure (I.9) : Principe de fonctionnement d'une centrale de cogénération d'électricité et de vapeur à partir de la biomasse. [14]

I-10 Charbon :

Charbon est un terme générique qui désigne un ensemble de combustibles solides décomposés et de pouvoirs calorifiques très variés. Ces combustibles ont en commun une origine végétale et quatre composants en proportion variable : une matière carbonée, de l'eau, des gaz et une phase pierreuse.

Le charbon a été le combustible quasi unique de la révolution industrielle du 19^{ème} siècle avec le développement du moteur à vapeur et l'accroissement des besoins de l'industrie si dévorante. Depuis, le pétrole puis le nucléaire et le gaz sont venus compléter l'arsenal énergétique disponible et, aujourd'hui le charbon ne représente plus que

25 % de l'approvisionnement en énergie primaire de la planète. La production de charbon mondiale est de 3,5 milliards de tonnes auxquelles s'ajoutent 900 millions de tonnes de lignite. 50% du charbon produit sert à la production d'électricité, 16 % à la sidérurgie, 5 % aux cimenteries. Le solde, 29 %, au chauffage et aux autres industries, dont la carbochimie. [15]

I-10-1 Gazéification du charbon :

Cette technique fut la source principale de production d'hydrogène avant le reformage, mais elle n'est aujourd'hui plus qu'utilisée en l'Afrique du Sud et en la Chine. Elle n'est en effet intéressante que lorsque les prix du pétrole et du gaz sont trop élevés.

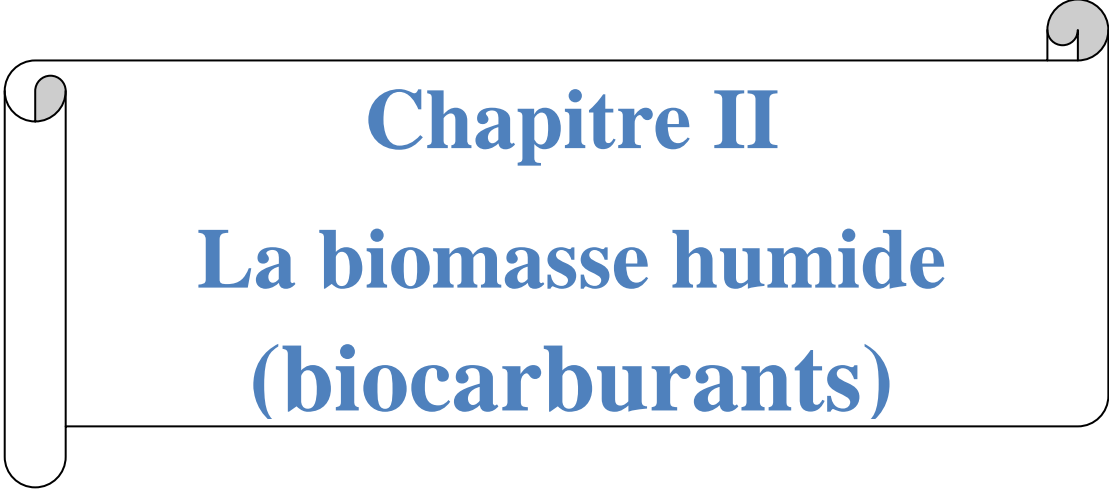
Cependant, progressivement ce processus de production révèle de l'importance : il y a coproduction d'électricité, d'hydrogène et de carburants liquides. Concernant le principe, il y a mélange du charbon avec de l'eau et de l'air à 1000°C et sous haute pression, ce qui permet d'obtenir un gaz contenant en majorité du CO et de l'hydrogène. L'élimination du monoxyde de carbone se fait grâce à la réaction de Gaz, le CO₂ formé étant ensuite dissous :

Réduction du charbon de bois : $\text{CO}_2 + \text{C} \Leftrightarrow 2 \text{CO}$

Reaction: $\text{H}_2\text{O} + \text{C} \Leftrightarrow \text{CO} + \text{H}_2$ [15]

I-10-2 Charbon actif :

Le stockage de l'hydrogène dans du charbon actif est connue depuis longtemps. Le remplissage se fait par absorption. A température et pression ambiante, on atteint des densités énergétiques de 0,5% (masse), mais à très basse température (-186°C) et haute pression (60bars), on peut atteindre des densités de 8% massique. Plus récemment, on a découvert des méthodes de stockage dans les nanofibres et les nanotubes en carbone qui semblent beaucoup plus efficaces. [15]



Chapitre II
La biomasse humide
(biocarburants)

II – Introduction :

La conversion humide ou biochimique de la biomasse est un processus de décomposition par action des bactéries. Elle peut être contrôlée de façon à obtenir un combustible facilement exploitable. Trois filières de conversion biochimique de la biomasse sont particulièrement intéressantes. Deux grandes filières sont destinées à la production de biocarburants de première génération (le bioéthanol pour les véhicules à essence et les huiles végétales ou biodiesel pour les véhicules diesel), et une voie pour le biogaz.[16]

A l'horizon 2015-2020, des biocarburants dits « de seconde génération » pourront être produits à partir des matières cellulosiques que sont, par exemple, la paille et le bois. Les biocarburants dits de « 3^{ème} génération » (produits à partir d'algues) sont également amenés à se développer au cours des prochaines années.

Les installations de biomasse humide sont des usines constituées de silos ou de grandes cuves. Ces installations sont étanches à l'air et permettent le processus de fermentation de la biomasse. Elles servent à la production de biogaz et des biocarburants. Couvrent l'ensemble des carburants liquides, solides ou gazeux produits à partir de la biomasse et destinés à une valorisation énergétique dans les transports. Les biocarburants sont utilisés sous forme d'additifs ou de complément aux carburants fossiles suivants : gazole (incorporation en tant que biodiesel), essence (incorporation sous forme d'éthanol ou d'ETBE lui-même produit à partir d'éthanol), au kérosène et aux carburants gazeux. On distingue trois générations de biocarburants selon l'origine de la biomasse utilisée et les procédés de transformation associés. Aujourd'hui, seule la première génération a atteint le stade industriel. [16]

II-1 La fermentation :

L'éthanol produit par la biomasse est un carburant de grande qualité. Il peut également être transformé, par vapo-reformage, en hydrogène pour une utilisation en pile à combustible.

Le procédé de production du bioéthanol dépend de la nature de la biomasse : les sucres (provenant de la canne à sucre ou des betteraves) sont fermentés. Pour l'amidon et la cellulose, il faut d'abord casser les longues chaînes des molécules de polysaccharides par une hydrolyse acide ou enzymatique avant que les sucres résiduels puissent fermenter et

donner de l'éthanol. La fermentation alcoolique se définit, comme la transformation du glucose en éthanol. Cette voie métabolique suit l'enchaînement des réactions de la glycolyse, le pyruvate étant ensuite transformé en éthanol via l'acétaldéhyde. Le bioéthanol peut être employé directement, pur ou en mélange dans les essences, ou après transformation en ETBE (éthyl tertio butyl éther). figure (II.1) [1]

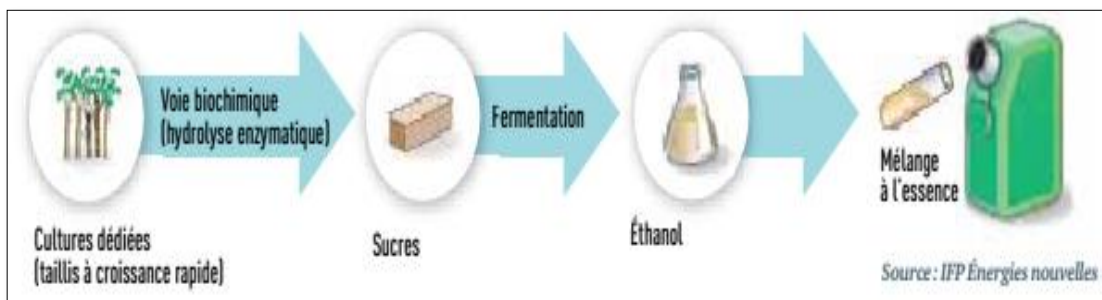


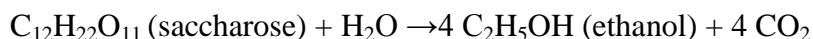
Figure (II.1): fonctionnement de fermentation.[1]

II-2 La densification :

La densification agglomère des biomasses de très petites dimensions (comme de la sciure de bois) en un combustible solide cohérent. En fonction de la forme de la machine, la biomasse est densifiée sous forme de briquettes, de bûchettes ou de granulés. Ces combustibles, plus denses que le matériau d'origine, se transportent plus facilement car ils occupent moins de volume pour un contenu énergétique égal. [17]

II-3 Alcools et leurs éthers :

Tous les sucres en C_6 fermentescibles, principalement le glucose et les saccharoses, peuvent être convertis en éthanol et en dioxyde de carbone après fermentation. Celle-ci est anaérobie et catalysée par Les équations des réactions de fermentation sont les suivantes :

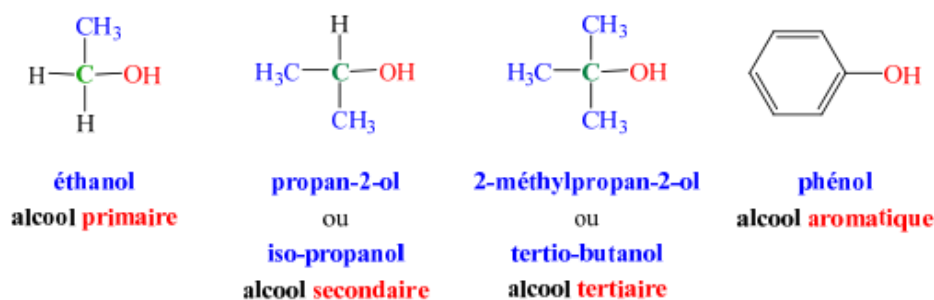


L'éthanol est obtenu à partir de ressources sucrières (betterave, canne à sucre) et amylicées (blé, maïs). Il a vocation à être utilisé dans les motorisations de type essence. [17]

II-3-1 Classification des alcools :

- Un alcool est dit primaire si le carbone fonctionnel portant la fonction $-OH$ est lié à un seul carbone.

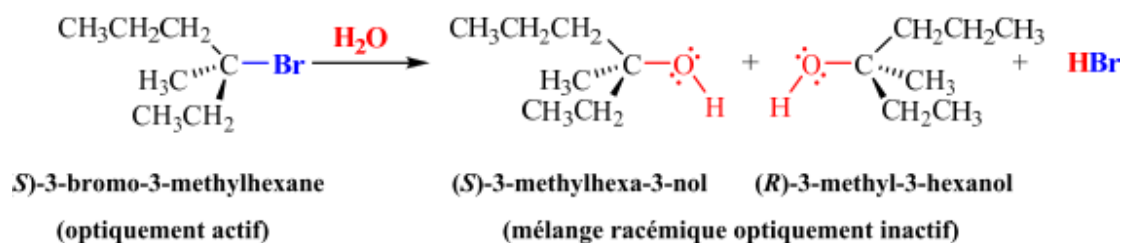
- Un alcool est dit secondaire si le carbone fonctionnel portant la fonction –OH est lié à deux carbones.
- Un alcool est dit tertiaire si le carbone fonctionnel portant la fonction –OH est lié à trois carbones.
- Dans le phénol la fonction alcool est liée à un groupement phényle (aromatique). [18]



II -3-2 Méthode d'obtention des alcools :

Selon la classe de l'halogénure (primaire, secondaire ou tertiaire) on peut avoir un mécanisme S_N1 ou S_N2 .

avec un bromure tertiaire, l'hydrolyse suit un mécanisme S_N1 [18]

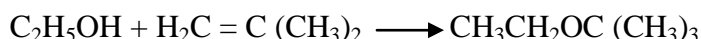


II-3- 3 ETBE (éthyle-tertio butyl-éther) :

L'éthyle-tertio-butyle-éther (ETBE) est un dérivé de l'éthanol. Il est obtenu par réaction entre l'éthanol et l'isobutène (obtenu lors du raffinage du pétrole) et est utilisé comme additif à hauteur de 15 % à l'essence. L'ETBE aurait l'avantage d'être mieux adapté aux moteurs. En effet, l'incorporation directe de l'éthanol à l'essence pose certaines difficultés techniques : le mélange essence/éthanol a une pression de vapeur plus élevée et tolère mal la présence de traces d'eau. Néanmoins, l'ETBE est moins vertueux pour l'environnement.

L'ETBE peut être produit industriellement à partir de différentes

matières premières et de différents procédés à partir d'éthanol et d'isobutène selon la réaction suivante :



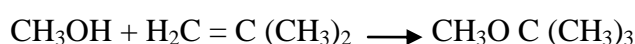
L'ETBE est un éther, produit de la réaction de l'isobutène sur l'éthanol. Une tonne d'ETBE est obtenue à partir de 430 kg d'éthanol et de 570 kg d'isobutène. Le rapport Lévy-Couveinhes s'est appuyé sur les comptes d'exploitation d'un atelier intégré de l'usine de Feyzin de la société Elf et sur ceux des unités de production des joint-ventures Nord-ETBE et de Ouest-ETBE entre Total et des coopératives agricoles. Ces unités sont localisées dans des raffineries du groupe Total et exploitées par Total Raffinage Distribution.

La fabrication d'ETBE dans les joint-ventures fait l'objet de facturations multiples entre ces sociétés et les raffineries de Total dans les quelles elles sont implantées.

Les coûts correspondants reflètent davantage les relations entre Total et ces sociétés que les prix de revient de la fabrication d'ETBE.[19]

II-3-4 MTBE (méthyle-tertiobutyl-éther) :

Le MTBE peut être produit industriellement à partir de différentes matières premières et de différents procédés à partir de méthanol et d'isobutène selon la réaction suivante :



L'isobutène est obtenu en raffinerie de pétrole de la même façon que pour produire l'ETBE. Le méthanol est obtenu dans 90 % des cas à partir de gaz naturel. Le produit fini obtenu selon le procédé de l'IFP n'est pas pur. Sa composition moyenne est de 99,2 % de MTBE et 0,8 % de méthanol. [19]

II -4 Huiles végétales :

Les huiles végétales s'obtiennent classiquement par simple pressage de graines oléagineuses, suivi d'une extraction par solvant de l'huile résiduelle contenue dans le tourteau. Elles ont cependant une très forte viscosité et une aptitude à l'autoinflammation (indice de cétane) faible, qui les rendent plus difficiles à utiliser en l'état dans certaines conditions, à faible température, du fait de la longueur de leurs chaînes carbonées. Elles peuvent alors être transformées chimiquement en raccourcissant ces chaînes, ce qui modifie leurs caractéristiques. Figure (II.2) [20]

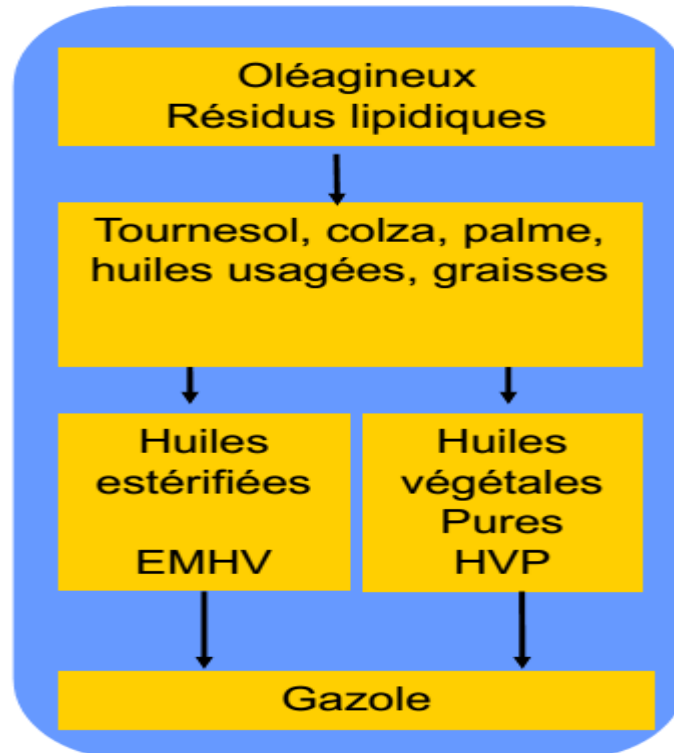


Figure (II.2) : fonctionnement des huiles végétales.[20]

Les huiles végétales sont, comme les hydrocarbures d'origine pétrolière, constituées de chaînes moléculaires regroupant atomes de carbone et d'hydrogène. Mais, caractéristique essentielle, ces chaînes possèdent aussi des atomes d'oxygène, qui permettent aux huiles d'être moins polluantes, dans les gaz d'échappement, que le gazole. Elles ne contiennent pas le soufre qui participe aux pluies acides (raffineries, gazole, charbon) L'huile ne se compose que de carbone (C), d'hydrogène (H) et d'un peu d'oxygène (O), dans les proportions variables (exemple le triglycéride d'acide oléique mono-insaturé $C_{57}H_{104}O_6$) C, H, O et ni N (azote), ni S(soufre), ni métaux lourds. [20]

II-5 La transestérification :

Le biodiesel est obtenu par extraction des huiles de plantes oléagineuses riches en lipides comme le colza ou le tournesol. Des esters de glycérol et de méthyle sont obtenus à l'aide d'un procédé connu sous le nom de transestérification. En général, le procédé en question suppose l'incorporation d'hydroxyde de sodium et de méthanol à l'huile de source afin d'extraire l'ester méthylique d'huile végétale (EMHV). Le biodiesel est utilisé en mélange dans le gazole pour les moteurs diesel.[21]

Les EMHV sont destinés aux motorisations de type diesel. Ils sont obtenus par la transestérification d'huiles végétales (colza, tournesol, soja, palme) avec un alcool, le méthanol. De nouveaux types de traitements des huiles végétales sont envisagés : à commencer par l'évolution des procédés de transestérification consistant à utiliser du bioéthanol plutôt que du méthanol, ce dernier étant obtenu à partir de gaz naturel. Les esters éthyliques d'huiles végétales (EEHV) ainsi obtenus pourraient offrir le moyen d'incorporer du bioéthanol dans les filières biodiesel.

Par ailleurs, la production d'esters méthyliques et éthyliques à partir d'huiles et de graisses animales est également à l'étude dans certains contextes spécifiques et plus limités. Des technologies développées par l'industrie pétrolière pourraient également être utilisées dans le traitement des huiles végétales. [21]

II-6 Le Biogaz :

Le Biogaz est un gaz composé à 50-70% de CH₄ ou méthane (gaz naturel), de CO₂ ou gaz carbonique et d'éléments traces.

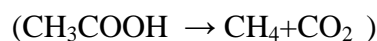
Le biogaz est produit par la digestion sans oxygène de matière biodégradable comme les ordures ménagères, les déchets agricoles typha, déchets abattoirs... Le gaz peut être utilisé pour la cuisson, la production d'eau chaude, pour faire fonctionner un moteur, groupe électrogène ect...Le résidu est utilisable en alimentation pour les poissons, volaille ou en engrais.[19]

Le biogaz est composé des 5 éléments de base C, H, O, N et S, provenant directement de la transformation de la matière organique dont il est issu. Ces éléments se retrouvent principalement sous la forme d'un mélange de méthane (CH₄) et de dioxyde de carbone (CO₂), dont le rapport varie avec le substrat. À ce mélange saturé en eau viennent s'ajouter des éléments à l'état de traces et en quantités variables selon les substrats. Il s'agit de l'azote, de l'hydrogène, de l'hydrogène sulfuré (H₂S), des mercaptans (R-SH), des composés organiques volatiles (alkanes, hydrocarbures aromatiques, composés organo-halogénés...). Ces derniers sont principalement présents dans le gaz de décharge.[19]

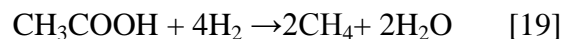
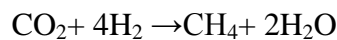
La méthanisation est une technologie de conversion énergétique de la biomasse et une technologie de dépollution. Ce procédé est utilisé pour le traitement des boues urbaines par les stations d'épuration, des effluents industriels, des déchets ménagers organiques et des déjections d'élevage. Il peut s'appliquer à la transformation de la

plupart des végétaux si la teneur en lignocellulose est faible. La biomasse est traitée en réacteur, encore appelé digesteur, dont le volume est fonction des quantités à traiter : de quelques centaines à plusieurs milliers de mètres cubes. La fermentation anaérobie des matières organiques dure de 1 à 3 semaines et produit le biogaz contenant de 55% à 80% de méthane, soit environ 500 m³ de méthane par tonne de matière organique dégradée. Il contient également 20 à 45% de dioxyde de carbone, quelques dizaines à quelques milliers de ppm (parties pour million) d'hydrogène sulfuré et il est saturé en eau. Il peut également contenir des traces d'autres éléments selon la nature du substrat d'origine. Il est donc nécessaire de l'épurer pour l'utiliser comme combustible ou carburant. Les réactions mises en œuvre permettent de distinguer trois étapes de dégradation de la biomasse :

- ✚ l'hydrolyse du substrat en composés simples solubles ;
- ✚ l'acidogénèse et l'acétogénèse : formation d'acides volatils, d'ammoniac, de dioxyde de carbone, d'hydrogène et d'acide acétique ;
- ✚ la méthanogénèse soit par dégradation de l'acideacétique



soit par oxydation de l'hydrogène :



II-6-1 Valeur énergétique du biogaze :

le Pouvoir Calorique représente le contenu énergétique d'un combustible. Tout combustible contient une part d'eau. Afin de ne pas biaiser l'évaluation du contenu énergétique du combustible, l'énergie nécessaire à l'évaporation de l'eau est retirée. On obtient ainsi le PCI (pouvoir calorifique inférieur) du combustible. Il s'agit de l'énergie directement utilisable. [22]



Chapitre III

Utilisation des biocarburants

III- Introduction :

Le secteur des transports de personnes et de marchandises représente un défi majeur dans la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre. Bien que le prix des carburants soit à la hausse, la consommation énergétique de ce secteur ne cesse de croître.

Les biocarburants couvrent l'ensemble des carburants liquides, solides ou gazeux produits à partir de la biomasse et destinés à une valorisation énergétique dans les transports. Les biocarburants sont utilisés sous forme d'additifs ou de complément aux carburants fossiles suivants : gazole (incorporation en tant que biodiesel), essence (incorporation sous forme d'éthanol ou d'ETBE lui-même produit à partir d'éthanol), aux carburants gazeux.

la filière éthanol qui comprend l'éthanol et l'ETBE (éthyl tertio butyléther) est adaptée aux véhicules essence et la filière des huiles végétales avec l'EMHV (esters méthyliques d'huiles végétales) est adaptée aux véhicules diesel. [23]

III-1 Utilisation du biogaz :

Après épuration aux normes du gaz naturel, le biogaz est identique au GNV (gaz Naturel pour Véhicule) et il est utilisable comme carburant pour moteurs. L'épuration du biogaz est indispensable pour assurer la compression et l'utilisation du gaz dans les moteurs. La technologie du lavage à l'eau, qui consiste à dissoudre le CO_2 et l' H_2S dans l'eau est sans doute la plus utilisée.

Le mélange gazeux produit, appelé biogaz, est utilisé pour générer de l'électricité, de la chaleur, ou peut même servir de carburant dans les véhicules. [24]

Exemples

✚ La station d'épuration de Bruxelles-Nord, le long du canal de Willebroek, traite les eaux usées pour un équivalent de 1.100.000 habitants, soit 325.000 m³ d'eaux usées par jour en moyenne. Les boues résultant du processus d'épuration sont traitées par bio méthanisation et génèrent du biogaz. Ce dernier est valorisé dans une unité de cogénération produisant de l'électricité, de la vapeur et de l'eau chaude. La vapeur est employée dans le processus d'épuration de l'eau (hydrolyse thermique) tandis que l'eau chaude est utilisée pour le chauffage des locaux. L'électricité produite est utilisée pour alimenter la station d'épuration, le surplus est vendu au réseau, Les bus urbains de Lille et de Stockholm roulent en grande

partie avec du biogaz issu de la bio méthanisation des boues de station d'épuration et/ou de la fraction organique des déchets ménagers. Figure (III.1) [24]



Figure (III.1) : Bus de la ville de Lille fonctionnant au biogaz. [24]

III-1-1 Le biométhane :

L'injection du biométhane sur les réseaux de gaz naturel, permettra de pallier le caractère décentralisé de la production du biogaz, en rapprochant ce combustible renouvelable des utilisateurs potentiels. Il permettra en outre d'éviter au producteur de biogaz de devoir développer des compétences de gestion et de production d'énergie. Mais ce développement ne pourra s'envisager à court terme que sur des zones à forte densité de population où le réseau de distribution de gaz existe et présente un débit suffisant en été. L'injection du bio méthane va donc offrir de nouveaux débouchés à la valorisation énergétique de la filière, et devrait participer à l'atteinte des objectifs fixés dans le cadre du Grenelle de l'environnement en matière de développement des énergies renouvelables et de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Le choix entre la valorisation locale du biogaz et celle du biométhane injecté va dépendre du contexte technico-économique local : proximité de clients intéressés par l'achat de chaleur, proximité du réseau de gaz naturel, utilisation des véhicules à proximité, zones de consommation électrique sensibles.[24]

III-2 utilisations des huiles végétales :

À l'origine, l'inventeur du moteur diesel (Rudolph Diesel) a mis au point son moteur avec de l'huile d'arachide et de nombreux exemples d'utilisation étendue à plus ou moins grande échelle, au niveau mondial, ont déjà été réalisées avec de l'huile de colza, tournesol, palme, coton, etc sont les matières premières de base pour abraquer du biodiesel . En France seules les huiles de colza et de tournesol ont été testées récemment en conditions réelles, pures ou en mélange avec du gazole. Les huiles pures filtrées et dégommees sont admissibles dans les moteurs à préchambre, capables d'accepter indifféremment de l'huile pure, un ester, du gazole ou leur mélange filtrées et dégommees, c'est-à-dire après retrait d'une grande partie des phospholipides. [17]

III-2-1 La Centrale de Cogénération à l'huile végétale :

Une Centrale de cogénération modulaire à l'huile végétale est une unité de production d'énergie électrique et de chaleur installée directement chez le consommateur et utilisant l'huile végétale comme combustible. Son utilisation combinée de production de chaleur et d'électricité offre un rendement plus élevé que tout autre système.

La chaleur est produite pour le système de chauffage et pour l'approvisionnement en eau chaude. Le courant électrique est injecté dans le réseau publique, offrant ainsi une solution rémunératrice. Grâce à l'utilisation d'huiles végétales renouvelables, la production d'énergie a faible émissions de CO₂ ne sont pas grevées nos réserves d'énergie primaire, et grâce à la loi sur les énergies renouvelables, la cogénération à l'huile végétale est récompensée par un rachat maximal. Figure (III.2) [17]

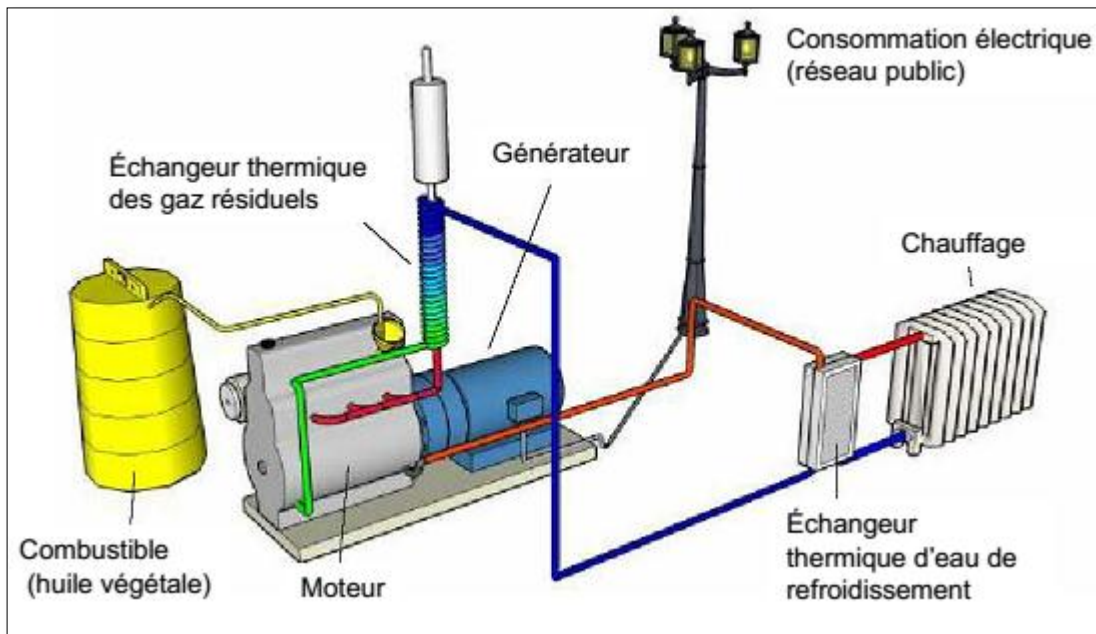


Figure (III .2) : les différentes possibilités de valorisation du biogaz.[17]

III-2-2 Esters d'huile végétale :

Pour les raisons indiquées précédemment, les esters sont mieux adaptés que les huiles végétales pour un usage banalisé. En effet leurs caractéristiques sont très voisines de celles du gazole et conviennent aussi aux moteurs à injection directe. La viscosité a une influence directe sur la qualité de l'injection du carburant et donc sur la taille et la répartition des gouttelettes dans la chambre de combustion. Pour cette raison, l'huile est utilisable avec des moteurs équipés de chambre de turbulence, l'ester n'a pas cette contrainte.

Il existe deux possibilités d'utilisation d'EMHV :

- ✚ Une incorporation faible dans le gazole classique pour une utilisation banalisée relatif aux caractéristiques du gazole et du gazole grand froid.
- ✚ Une incorporation bien plus élevée pour une utilisation dans des flottes captives. la présence d'EMHV n'entraîne pas de modification notable des propriétés du mélange, ce qui permet de ne pas modifier les véhicules utilisateurs. figure (III.3) [17]

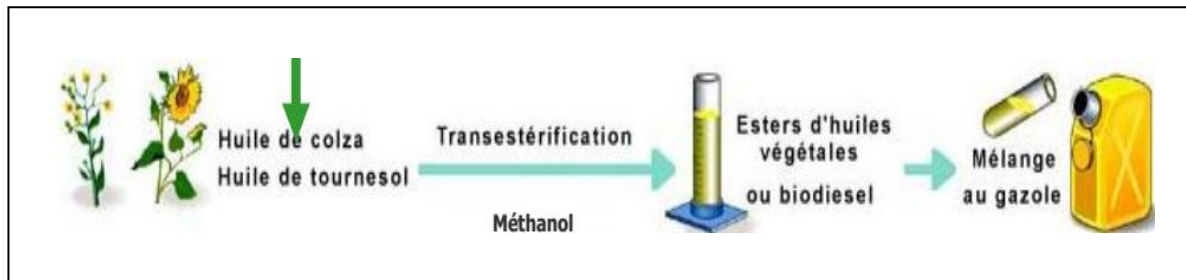


Figure (III.3): utilisation des huiles végétales.[17]

Les cultures oléagineuses (colza, tournesol, etc.) sont utilisées pour produire de l'huile végétale ou du biodiesel. Ces biocarburants s'utilisent purs ou en mélanges dans les moteurs diesel. D'autres corps gras peuvent être employés pour produire du biodiesel, comme les huiles de friture usagées ou même les graisses animales (déchets d'abattoirs). [17]

III-3 Utilisation des alcools :

Les alcools, tels l'éthanol ou le méthanol, ont été ou sont encore utilisés dans le monde, purs ou en forte proportion dans l'essence, avec des moteurs adaptés, mais seul l'éthanol est obtenu couramment à partir de la biomasse. L'utilisation la plus importante et en forte proportion concerne l'éthanol au Brésil avec des moteurs à Essence modifiés ou des flottes captives, comme par exemple certains bus de Stockholm (Moteurs Diesel légèrement modifiés). L'éthanol et ses dérivés oxygénés peuvent avoir une utilisation généralisée en faible proportion, comme Co-carburant ou comme additif dans l'essence. Les usages, les avantages et les contraintes n'étant pas les mêmes à forte et à faible concentration de composés oxygénés, l'utilisation d'éthanol et de son éther, l'ETBE, dans différentes conditions. Figure (III.4) [1]

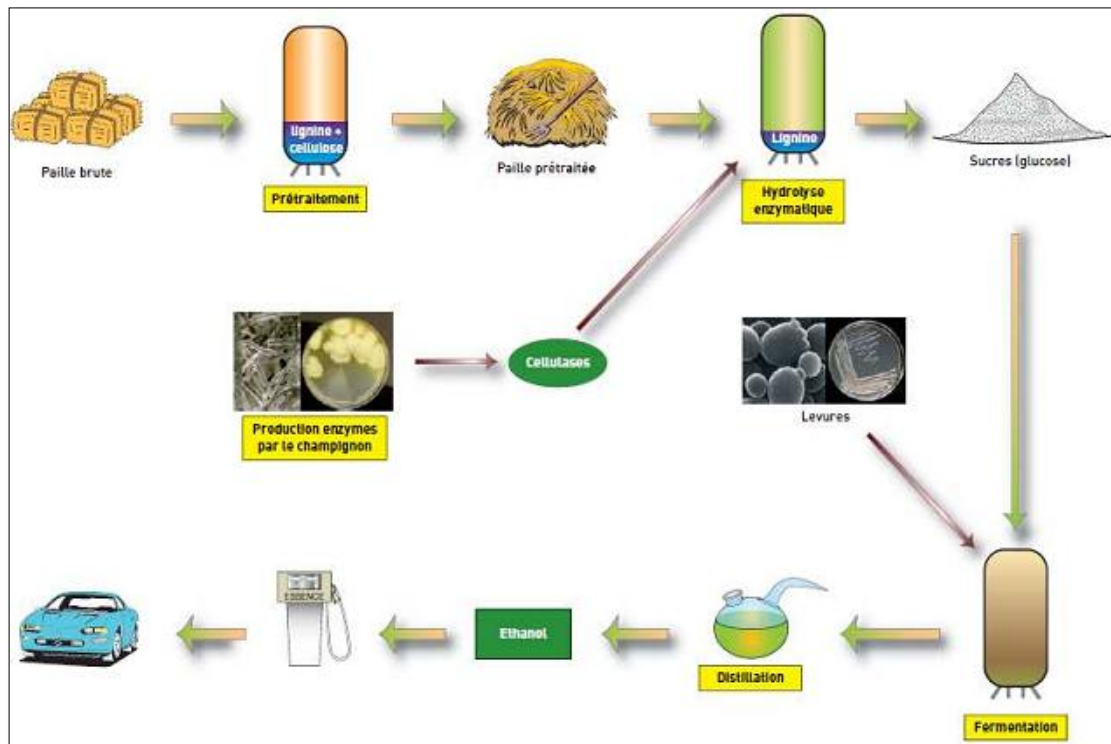


Figure (III.4) : Procédé de production et d'utilisation d'éthanol. [1]

Enfin, la plupart des biocarburants de génération avancée sont au stade de recherche et développement, les verrous technico-économiques sont forts. Les productions industrielles significatives ne sont pas attendues avant 2020. La biomasse est la filière pleine d'avenir de toutes les énergies vertes et celle qui possède le potentiel de croissance le plus important.

III- 4 Les Avantages de la biomasse :

- ☺ La bioénergie, exploitée de manière durable et renouvelable, ne participe pas au réchauffement climatique grâce à son cycle neutre du carbone.
- ☺ La biomasse est biodégradable, les risques de pollution sont très réduits.
- ☺ La production de la biomasse est locale (contrairement aux combustibles fossiles) et évite les transports sur de longues distances, le gaspillage d'énergie et l'augmentation des coûts.

☺ L'utilisation de la biomasse produite localement réduit notre dépendance vis-à-vis de pays extérieurs pour l'approvisionnement en énergie et améliore notre sécurité d'approvisionnement.

☺ Les activités de production, de collecte, de conditionnement, de transport et de vente de la biomasse maintiennent et créent de nombreuses activités et emplois directs et indirects dans notre pays, principalement en zones rurales. [25]

III-5 Les Inconvénients de la biomasse :

☹ Tout comme le mazout ou le gaz, le bois de chauffe doit être transporté de sa zone de production à son lieu d'utilisation. Si cette distance est trop importante, les coûts de transport et de mobilisation seront trop élevés.

☹ Il est important de n'utiliser que du bois sec et propre (c'est-à-dire pas de bois traité de récupération) dans les installations de chauffage au bois. L'utilisation de bois humide et de bois traité, à l'encontre des recommandations du constructeur, peut mener à des émissions de substances nocives.

☹ Toute installation de combustion peut émettre du CO et des particules fines nocives pour la santé. Si plusieurs précautions sont prises (filtre à particule, qualité du combustible, bons réglages) les équipements à la biomasse peuvent dégager une quantité égale ou moindre aux équipements de combustion classique (gaz, mazout) [25]

Conclusion générale

Conclusion générale :

Le monde moderne s'est construit grâce à un accès facile à une énergie abondante. Or aujourd'hui cette énergie, du moins dans ses formes les plus exploitées, donne les premiers signes d'épuisement parallèlement à d'inquiétantes manifestations de pollution causées par son utilisation intensive. Cependant, La biomasse comme source d'énergie reste un domaine en pleine évolution et dont il faut se préoccuper en plus de ses bienfaits, des données économiques (cout de production, transport), environnementales (rejets dues au processus) à long terme.

La biomasse est divisées en deux catégories: humide et sèche. Cette classification nous permet de nous orienter vers le mode de conversion qui convient. Il y a plusieurs modes de conversion de biomasse: thermochimique ou biochimique c'est pour cela que nous étudions les différentes propriétés de biomasse.

La biomasse humide est par contre adaptée aux processus biochimique, passant par une fermentation, ou une extraction afin d'obtenir des combustibles facilement exploitables liquides et même gazeux.

La biomasse sèche recouvre l'ensemble des déchets produit par l'exploitation forestière, et par les scieries (plaquettes, sciures), par les industries de transformation du bois, ainsi que les emballages tels que les palettes.

Notre travail est réparti en trois chapitre :

Dans le premier chapitre on a donné quelques définitions de base de la biomasse et ses différents types thermochimiques

Dans le deuxième chapitre on a défini les déférentes techniques de génération des différents biocarburants, la fermentation, transestirification, et la densification.

Le troisième chapitre est réservé pour les utilisations des différentes utilisations des biocarburants, dans le transport, production de l'électricité...

Cette étude regroupe une synthèse bibliographique sur la biomasse et ses différents types, elle porte aussi sur les méthodes de conversion potentielles, et les domaines d'utilisation de la biomasse, qui est une forme reconnue d'énergie renouvelable et en remplaçant l'utilisation

Conclusion générale

des combustibles fossiles, elle est considérée comme un moyen efficace de lutte contre quelques problèmes environnementaux, essentiellement, le réchauffement climatique.

Référence

- [1] : KHELFA , A . 2006.**Thèse de Doctorat** : Etude Des Etapes Primaires De La Dégradation Thermique De La Biomasse Lignocellulosique : *Université Paul Verlaine Metz (France)*.
- [2] : M . RINOUDO , j.p . Joseleau . 2008 . *La Biomasse Végétale Peut-Elle Concurrencer Le Pétrole* .
- [3] : Les Cahiers Du Clip N° 10 – Biomasse Et Electricité La Biomasse D’origine Agricole – 1999.
- [4] : Faradji Née Kherbouche Djamilla.Contribution à La Valorisation énergétique De La Biomasse.
- [5] : Research In Thermochemical Biomass Conversion -- An International Conference, Phoenix, Arizona, U.S.A. *Journal Of Analytical And Applied Pyrolysis*, 1988, P.155-155
- [6]: Energie Pour Les Sources D Energies Renouvelable - Livre – Blanc-Etablissant Une Stratégie Et Un Plan D’action Communautaires – Com.1997
- [7] : B.M. Jenkins, L.L. Baxter, T.R. Miles Jr., T.R. Miles, *Combustion Properties Of Biomass, Fuel Processing Technology P 54 (1998)*
- [8]: R.C. Saxena, D. Seal, S. Kumar, H.B. Goyal, Thermo-Chemical Routes For Hydrogen Rich Gas From Biomass: A Review, *Renewable And Sustainable Energy Reviews 12 (2008)*
- [9]: S.R.A. Kersten, W. Prins, B. Van Der Drift, W.P.M. Van Swaaij.(2003)P25-31. *Principles Of A Novel Multistage Circulating Fluidized Bed Reactor For A Biomass Gasification*.
- [10]: A. Demirbas, Combustion Characteristics Of Different Biomass Fuels.(2004)P219-230 *Progress In Energy And Combustion Science 30* .
- [11]: E. Antonakou, A. Lappas, MH. Nilsen, A. Bouzga, M. Stöcker, Evaluation Of Various Types Of Al-MCM-41 Materials As Catalysts In Biomass Pyrolysis For The Production Of Biofuels And Chemicals, *Fuel 85 (2006)P 2206-2212*

- [12]: D. Ballerini, Le Plein De Biocarburants? Enjeux Et Réalités, IFP Publication, Edition Technip Paris 2007
- [13]: O. Onay, S. H. Beis, O.M. Koçkar, Fast Pyrolysis Of Rape Seed In Well-Swept Fixed Bed Reactor, Journal Of Analytical And Applied Pyrolysis, 58–59 (2001) 995–1007.
- [14]:Rapport Sur Les Progress Vers La Realization Des Objectifs En Matière De Production D'électricité A Partir Des Energie Renouvelables –Com 2006.
- [15] : G.M. Barton, Definition Of Biomass Samples Involving Wood, Bark And Foliages, Fundamentals Of Biomass Thermochemical Conversion (1985)1137-1344
- [16]:Les Biocarburant ,Fabien Volle-Double Module Development Durable 2012.
- [17] : Kamal Hadj Ali. Etude Cinétique De L'oxydation Et De L'auto-Inflammation En Milieu Gazeux Homogène Pauvre Et Ultra Pauvre De Carburants De Substitution Issus De La Biomasse. Chemical Sciences. Université Des Sciences Et Technologie De Lille - Lille I, 2007.France.
- [18] :Hatem Ben Romdhane , Faculté Des Sciences De Tunis.
- [19] : Thodja Farouk Boumediène Etude Sur La Valorisation Energétique Par Conversion Biomasse De Boues Résiduelles Urbaines-Cas De La Station D'épuration Ona-Tlemcen,23/06/2014.
- [20] :**Thèse De Doctorat** :Huiles Végétales – Biocombustible Diesel « Influence De La Nature Des Huiles Et En Particulier De Leur Composition En Acides Gras La Qualité Carburant »,Université D'Orléans ,Janvier 1992.
- [21]: G. Grassi, G. Gosse, G. Dos-Santos, Biomass For Energy And Industry, London : Elsevier Applied Science, 1990
- [22] : Bucksch (S).The Swedish Biofuels Program. Kfb, Proceedings From The 1997 International Conference On Use Of Biofuels For Transportation, (Déc. 1997).
- [23] : GRDF , A .Etude De Marché De La Méthanisation Et Des Valorisation Du Biogaz ,Septembre 2010.
- [24] : E. Poitrat, Technique De L'ingénieur Be 8550 (Biocarburants)
- [25] : La Biomasse Et Bioénergie Wwv.Trendsetter-Europe.Orq

[29] : La Biomasse Et La Bioénergie (Er 12) Du Poêle Abois Ouse Centrales Industrielles.

Février 2009.

Résumé :

Face à la croissance de la demande énergétique mondiale et la récente prise de conscience des problèmes d'augmentation de l'effet de serre et d'épuisement des ressources fossiles, les énergies renouvelables suscitent aujourd'hui un intérêt sans égal la biomasse qui présente un potentiel important, et des technologies de valorisation efficaces. L'avantage de cette conversion énergétique par rapport aux autres sources énergétiques renouvelables, réside en premier dans une production supérieure d'énergies, aussi à une participation active au traitement des déchets organiques contribuant ainsi à la réduction de l'impact de l'activité humaine sur l'environnement.

Mots clés : Biomasse, Fermentation, Pyrolyse, Biogaz, Cogénération, Biocarburants.

ملخص:

مواجهة للطلب العالمي على الطاقة مؤخرا والوعي بمشاكل زيادة أثر ظاهرة الاحتباس الحراري ، واستنفاد الموارد الأحفورية، فالطاقة المتجددة اليوم دون ان تكافئ الكتلة الحيوية لديها تكنولوجيات تقييم فعالة. استعمال الكتلة الحيوية والبقايا العضوية كمصدر بديل للطاقة , خاصة أن مستقبل المجتمعات مرهون بها , يساهم في إنتاج أكبر كم من الطاقة وأيضاً معالجة البقايا العضوية تساعد على التقليل من الأثر السلبي لنشاط الإنسان على الطبيعة.

الكلمات المفتاحية : الكتلة الحيوية , تخمر , انحلال حراري , الغاز الحيوي , إعادة إنتاج , الوقود الحيوية