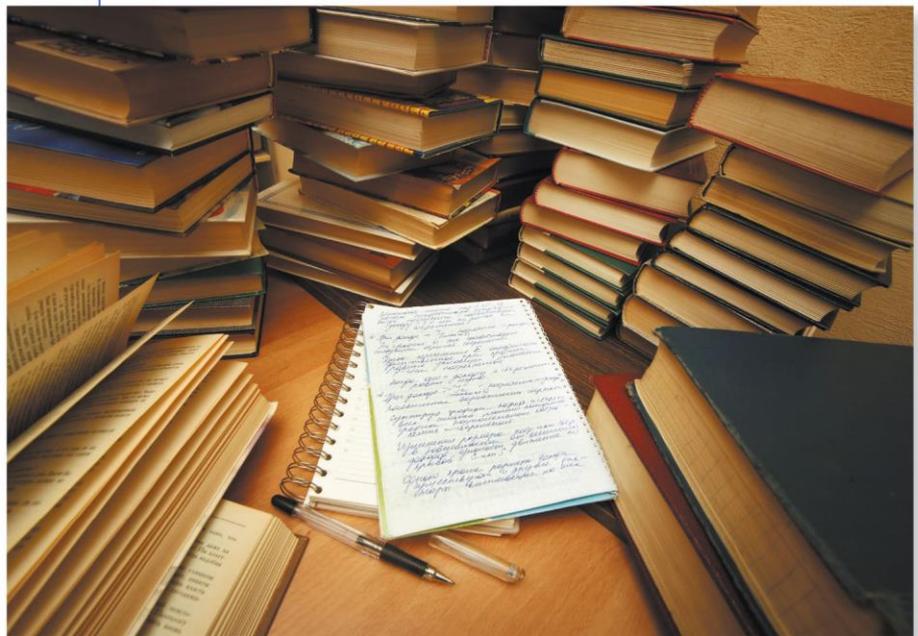


**IESF**

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ET  
SCIENTIFIQUES DE FRANCE

**LES  
CAHIERS**

**Août 2016**



## **BOIS ENERGIE**

**L'OUBLI DE LA TRANSITION ENERGETIQUE ET DES ENERGIES RENOUVELABLES ?**

**[www.iesf.fr](http://www.iesf.fr)**



Ce cahier a été établi par le comité énergie d'Ingénieurs et Scientifiques de France, sous l'animation de Bruno Wiltz, président, et Edouard Freund, vice-président.

#### **INGENIEURS ET SCIENTIFIQUES DE FRANCE (IESF)**

La France compte aujourd'hui plus d'un million d'ingénieurs et quelques deux cent mille chercheurs en sciences. Par les associations d'ingénieurs et de diplômés scientifiques qu'il fédère, IESF est l'organe représentatif, reconnu d'utilité publique depuis 1860, de ce corps professionnel qui constitue 4% de la population active de notre pays.

Parmi les missions d'Ingénieurs et Scientifiques de France figurent notamment la promotion des études scientifiques et techniques, le souci de leur qualité et de leur adéquation au marché de l'emploi ainsi que la valorisation des métiers et des activités qui en sont issues.

A travers ses comités sectoriels, IESF s'attache ainsi à défendre le progrès, à mettre en relief l'innovation et à proposer des solutions pour l'industrie et pour l'entreprise. Notre profession s'inscrit pleinement dans le paysage économique et prend toute sa part dans le redressement national.



# SOMMAIRE

<b>SYNTHESE</b> .....	<b>4</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>5</b>
<b>I. LES FORETS</b> .....	<b>6</b>
<b>II. BOIS-ENERGIE</b> .....	<b>7</b>
II.1. VALEUR CALORIFIQUE, RENDEMENTS .....	7
II.2. COGENERATION ET PRODUCTION ELECTRIQUE : DES TECHNOLOGIES VARIEES .....	8
<b>III. ECONOMIE</b> .....	<b>9</b>
<b>IV. FREINS</b> .....	<b>10</b>
<b>V. CHIMIE DU BOIS (ET MATIERES CELLULOSIQUES) ET BIOCARBURANTS</b> .....	<b>12</b>
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>13</b>



## SYNTHESE

**45%**, c'est la part du bois dans les énergies renouvelables en France. Ce pourcentage est assez commun en Europe. Cependant l'Allemagne, moins riche en forêts, produit davantage d'énergie renouvelable issue du bois que la France où, selon les professionnels et les organisations responsables, on pourrait doubler cette production dans les 35 ans à venir.

Cette conversion du bois en énergie peut s'effectuer par combustion, conduisant à la chaleur ou à l'électricité, ou encore par transformations conduisant à des carburants liquides ou gazeux : de nombreux développements sont en cours, utilisant soit la fermentation, soit la gazéification par la chaleur.

Les avantages sont multiples : le bois pourrait participer de manière plus importante à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, en diminuant les émissions naturelles des forêts mal entretenues, ou en remplaçant les énergies fossiles. Il fournit une énergie renouvelable qui n'est pas intermittente, mais pilotée et donc aussi modulable. Par ailleurs, le bois énergie n'est constitué que de rebuts qui n'auraient pas d'autres usages.

Or l'étude menée relève différents obstacles au développement du bois énergie. En particulier :

- L'un des freins à la valorisation des déchets ligneux dans de grandes installations est l'éloignement entre les ressources et les utilisateurs.
- La combustion utilise des technologies classiques, matures, avec de bons rendements, quels que soient le conditionnement ou la taille, mais la gazéification, dite de deuxième génération, a encore besoin d'expérimentation avant une industrialisation conséquente.
- Il y a un grand nombre de propriétaires particuliers de petites parcelles, souvent moins soucieux que l'exploitant public du bon entretien ou d'une bonne exploitation de leur domaine.
- Les conditions de reprise de l'électricité produite par les centrales à cogénération restent insuffisamment incitatives.

En conclusion, il est recommandé d'améliorer les dispositifs d'incitation, notamment pour la production de petite puissance de l'électricité par la biomasse, avec l'ambition d'aboutir à des installations décentralisées, au plus près des gisements locaux de biomasse non valorisée autrement et des utilisateurs potentiels, donc évitant un coût de transport pénalisant.



## INTRODUCTION

Le bois a été la première et la seule des sources d'énergies employées par l'humanité dans la majorité de son existence comme source primaire ou pour le transformer en « charbon » nécessaire pour des usages industriels comme le fer ; il le reste encore pour quelques populations isolées, mais son usage est loin d'avoir disparu dans l'ensemble des pays du monde : sa part dans le mix énergétique primaire mondial est de l'ordre de 10%, devant l'hydraulique et le nucléaire ; il en va de même pour l'Europe ; en France sa part dans les énergies renouvelables est de 45%, contre 4% pour l'éolien et 1% pour le photovoltaïque aujourd'hui. Son potentiel de développement est important, et il n'a pas les inconvénients des énergies intermittentes. Une prise de conscience semble se dessiner. Il lui arrive encore d'être oublié dans certaines statistiques ou interventions ; c'était très fréquent il n'y a pas bien longtemps. C'est pourquoi, il est utile de rappeler quelques éléments de base concernant cette énergie.

Ces éléments sont tirés des nombreuses études faites à ce propos : le CIBE en particulier- Comité Interprofessionnel du Bois Energie, l'ADEME pour ses publications récentes et les performances des appareils, la Cour des Comptes, notamment dans son rapport de Novembre 2014 sur l'ensemble de la forêt, l'INRA sur la forêt en général, les très nombreuses publications sur le WEB, la consultation d'experts spécialisés, la participation très active des membres du Comité Energie des IESF.

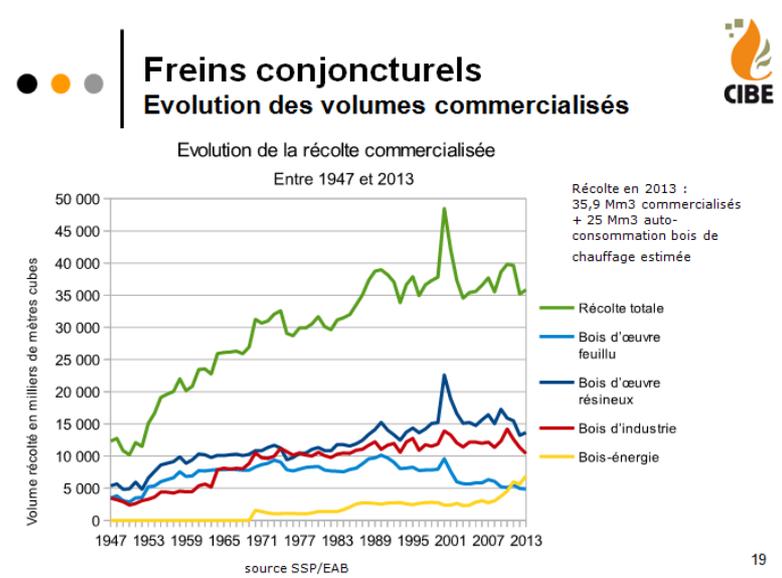
Mais le bois est aussi une biomasse susceptible d'être transformée chimiquement pour conduire non seulement à des produits chimiques, mais aussi aux carburants, et donc à un usage énergétique final différent de la production de chaleur et d'électricité.



## I. LES FORETS

En France métropolitaine, les forêts couvrent environ 150.000km<sup>2</sup> (Cour des Comptes- 165.000 pour l'IGN), soit un peu plus du quart-28%- de la surface totale, taux voisin de la moyenne mondiale, 31%. Dans les Dom Tom, c'est 95% du territoire Guyanais, soit un tiers du couvert forestier de la métropole, 45% en Martinique, 40% en Guadeloupe, 50% dans la Réunion, 20% en Nouvelle Calédonie. Dans l'Union Européenne, la France se situe en 3eme position derrière la Suède et la Finlande, avec un taux d'occupation plus faible ; l'Allemagne est moins bien dotée mais en tire profit bien davantage que la France dont la filière bois est déficitaire. Très réduite en 1850 à 75000km<sup>2</sup>, le transfert vers les énergies fossiles, à commencer par le charbon, a permis une progression continue de la forêt française jusqu'à nos jours, volontaire ou naturelle, progression qui ralentit depuis quelques années et qui s'arrêtera aux environs de 2030.

En France métropolitaine, 25% de la forêt est publique et 75% privée, détenue par 3,5 millions de propriétaires. Les feuillus interviennent pour les 2/3-chênes (pédonculé, rouvre, pubescent) pour 25%, hêtres pour 11%- et les résineux pour 1/3. La production totale du bois en 2013 s'élève à environ 61à 62 millions de m<sup>3</sup>, dont la moitié pour le bois énergie – dont 25 estimés pour l'autoconsommation et 6 à 7 commercialisés et en augmentation sensible depuis quelques années. Le bois d'œuvre résineux intervient pour 15 millions, le bois d'industrie pour 10 et le bois d'œuvre feuillus pour 5.



La filière bois est en déficit structurel ; pourtant, la production pour les besoins hors énergie stagne ou décroît, mais seul le bois énergie commercialisé-ligne jaune- est en fort développement depuis quelques années.



## II. BOIS-ENERGIE

« Le bois énergie est un des éléments de la biomasse capable de contribuer durablement à la production de l'énergie primaire » - Cour des Comptes. De même, selon l'ADEME, le développement du bois énergie est l'action la plus rentable par rapport à toutes les autres ENR-Energies Renouvelables. Le potentiel est important, ne serait-ce que parce que la forêt dans son ensemble est sous exploitée ou entretenue : la disponibilité supplémentaire serait de 80 millions de m<sup>3</sup>, soit plus qu'un doublement du volume actuel ; de même une partie des ressources en déchets-21%- est éliminée par enfouissement, alors que 57% trouvent un nouvel usage et que 22% sont consacrés à l'énergie. Certaines études imaginent que le taux de prélèvement de la production biologique pourrait passer de 46% en 2010 à 58% en 2030 et 70% en 2050, limite dans le cadre d'une gestion durable. Le bois énergie passerait alors de 22 millions de m<sup>3</sup> en 2010 à 33 en 2030 et 41 en 2050-chiffres légèrement différents de ceux du tableau ci-dessus. L'ADEME a souligné récemment que ces ressources sont limitées ; certes, mais on est loin des limites. Le bois énergie ne doit venir que de l'entretien des forêts, des déchets de bois d'œuvre, des fins d'usage, auxquels peuvent s'ajouter des produits ligneux résultant des récoltes alimentaires ou spécifiques qui n'auraient pas d'autres usages, comme la paille dans les étables servant ensuite d'engrais. Dans les campagnes pratiquant l'affouage, les coupes de bois sont contrôlées par l'office national des forêts, dans ce but. Aujourd'hui, le bois énergie assure 20% de l'énergie thermique de l'habitat. Notons enfin que la France importe du bois énergie, malgré ses ressources potentielles importantes.

### II.1. Valeur calorifique, rendements

Le pouvoir calorifique du bois- sec, à humidité résiduelle de 15% ; les bûches fendues atteignent 20% après deux ans de stockage- est très inférieur à celui des combustibles fossiles : de l'ordre de 3 fois pour le gaz, 2,5 pour le fuel, moins de 2 pour le charbon. Cette valeur est presque la même selon les espèces : de 4kWh/kg pour les feuillus à 4,4 pour les résineux ; mais la densité n'est pas la même : de 0,4 à 0,5 pour les feuillus, contre 0,25 à 0,35 pour les résineux. Le conditionnement a plus d'influence : cette valeur est de 4,7 pour les granulés et les briquettes, 3,9 pour les bûches fendues et 3 pour les plaquettes forestières ; ce sont ceux-ci qui sont utilisés pour la production de chaleur. Les bûches représentent la grande majorité, de l'ordre de 20 millions de m<sup>3</sup>/an, les plaquettes- morceaux qui ne peuvent resservir- 5 à 6 millions, les « broyats » d'emballage notamment des palettes, 600.000T/an, les granulés 900.000T, en hausse rapide. Les bûches concernent exclusivement l'usage domestique pour 7,7 Mtep. Les autres, pour 2,3Mtep, sont utilisées pour 26% par le tertiaire collectif et pour 74% par l'industrie. Dans ce dernier domaine, la production de chaleur intervient pour 80%, et la production électrique pour 20%.

Le rendement des foyers domestiques ouverts est très faible, de l'ordre de 10% ; c'est pourquoi ces foyers ne sont pas considérés comme appareils de chauffage ; ils créent seulement une ambiance « chaleureuse ». Néanmoins, on peut améliorer de trois à quatre fois leur rendement par une technologie très simple, brevetée DCMO : Double Combustion en milieu ouvert : de l'air est préchauffé par le feu lui-même et renvoyé au-dessus du foyer pour brûler les gaz de la combustion primaire. Les foyers fermés-environ 7 millions- ont des rendements supérieurs, y compris les poêles anciens -40%- mais surtout les inserts modernes – jusqu'à 80%-. Les émissions de monoxydes de carbone sont très élevées pour les foyers ouverts : 250kg/MWh ; elles sont divisées par 15 ou 20 pour les foyers fermés ; il en est de même pour les émissions de particules.



Les installations plus importantes, industrie et collectif tertiaire, utilisent des technologies éprouvées très analogues à celles utilisées pour les fossiles, avec des systèmes d'alimentation continue adaptée à la forme utilisée et aussi l'adoption de la condensation. Elles sont plus chères en investissement, à cause du pouvoir calorifique plus faible, et leur alimentation plus compliquée. En France les centrales à chaleur seule sont très majoritaires par rapport aux centrales à cogénération (chaleur et électricité, parfois associées à une réfrigération par pompe à chaleur). Le bois peut être une source importante d'électricité totalement renouvelable, avec l'avantage de ne pas être intermittente. Le CIBE n'est pas favorable à la production électrique seule, à cause de conditions de prix peu encourageantes. C'est dans le développement des réseaux de chaleur avec cogénération que le bois énergie peut prendre une grande place, aujourd'hui faible. Le rendement des installations peut être très élevé, de l'ordre de 90%. Les cendres ne représentent que 1,4% du tonnage traité ; sous réserves de respect des normes de teneur en métaux, lourds notamment, ils peuvent être valorisés par épandage ou incorporation dans les engrais. Les centrales cherchent également à diminuer les émissions de particules-5% des cendres solides- par l'utilisation de filtres à manches, de systèmes cycloniques, ou de dépoussiéreurs électrostatiques.

## II.2. Cogénération et production électrique : des technologies variées

Plusieurs systèmes, nécessitant des prétraitements différents, sont mis en œuvre en fonction principalement de la taille des installations, mais aussi de la demande énergétique, rapport électricité-chaleur.

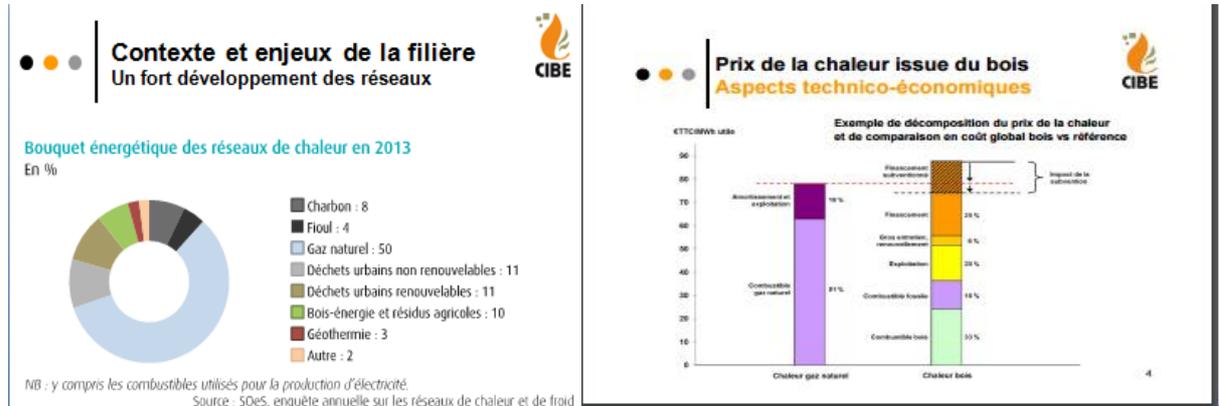
Pour les installations de faible puissance- moins de quelques dizaines de kW- on utilise des moteurs à combustion externe, type moteur Stirling, avec un prétraitement du combustible limité à une mise en forme permettant une alimentation continue automatique de la chaudière-générateur. Le rendement est satisfaisant, mais le rapport électricité/chaleur est faible, de l'ordre de 25%. Coûteuses, et donc rares, elles pourraient représenter néanmoins un appoint électrique intéressant durant la période froide.

Pour les installations de quelques MW, la technologie de gazéification à l'air est la plus répandue ; elle conduit à un gaz « pauvre », mélange de CO et d'H<sub>2</sub> au milieu de l'azote de l'air, du CO<sub>2</sub> et de la vapeur d'eau. La production électrique est assurée par des moteurs à mélange pauvre, dont le rendement est bon, de l'ordre de 30%. Une élimination poussée des suies et goudrons par recirculation des fumées dans la partie chaude du gazéifieur est essentielle pour un fonctionnement pérenne du moteur.

Pour les installations de grande puissance, au-delà de 100 à 200MW, il est nécessaire de développer des techniques spécifiques pour le conditionnement de l'alimentation bois et autres matières cellulosiques et pour l'élimination des cendres pouvant être corrosives. Le rendement, de l'ordre de 30%, est très inférieur à celui des centrales gaz ou charbon. La logistique d'approvisionnement en bois est un handicap économique, nécessitant des surfaces forestières très importantes.



### III. ECONOMIE



Le graphique ci-dessus montre que la filière bois-énergie a besoin comme les autres énergies renouvelables, d'aides de toute nature pour contribuer au développement de ces énergies. Pour les prochaines années, cette filière dispose du meilleur potentiel, en particulier si la production de bois d'œuvre, dont elle dépend en partie est davantage encouragée. Le bois énergie produit neuf fois plus d'énergie renouvelable que les énergies intermittentes.

La comparaison des prix de reprise entre l'électricité produite par les centrales à cogénération et celle des autres électricités renouvelable est difficile, car des primes variables selon la capacité ne permettent pas une vérité absolue; la CRE- Commission de Régulation de l'Energie-(cf. rapport d'évaluation de la CSPE pour 2015) estime que le prix de reprise de l'électricité cogénération biomasse est de 50% supérieur à celui de l'éolien terrestre et trois fois inférieur à celui du photovoltaïque; il reste insuffisant pour encourager la cogénération bois en raison de facteurs pénalisants comme la durée des contrats de 15 ans, au lieu de 20 ans; mais surtout, cette électricité n'est pas intermittente, elle est modulable, pilotable et maximale en période froide, toutes externalités positives et significatives, justifiant des aides publiques incitatives.

Cette faible production, alliée à un prix de reprise modéré, explique que l'électricité issue du bois n'a reçu, au titre de la CSPE (Contribution du Service Public pour l'Electricité), que 20% des aides attribuées à l'éolien, et de 6% des aides attribuées au photovoltaïque, pour 2013- chiffres issus du rapport de la Cour des Comptes-. Le nouveau système d'aides : ventes sur le marché de gros avec compensation par des primes- ne sera sans doute pas plus incitatif, car les opérateurs auront des aléas supplémentaires, notamment d'ordre commercial : les opérateurs devront trouver un marché pour cette électricité devenue non prioritaire. D'autres dispositifs de soutien pour le bois énergie existent : le fonds chaleur géré par l'ADEME, la TVA réduite à 5% pour la chaleur.

Pour les particuliers, un crédit d'impôt transition énergétique, l'attribution de certificat d'économie d'énergie et l'écoprêt à taux zéro complètent le dispositif. Ces soutiens en amont n'ont pas permis de faire évoluer la situation. Le bois énergie reçoit 20% des soutiens accordés à l'ensemble de la filière bois.

Le taux de marche des installations a une importance capitale pour la rentabilité des installations. Dans son étude : Electricité 100% renouvelable 2050, l'Ademe attribue à la production électrique issue de la biomasse un taux de marche trois fois supérieur à celui de l'éolien, et donc la considère comme une production de base, sans les inconvénients majeurs de l'intermittence. Ceci n'exclut pas une exploitation continue sur la seule période de froid, où les besoins chaleur et électriques sont dominants.



## IV. FREINS

Le frein économique essentiel réside actuellement dans la compétitivité des énergies fossiles. Pour favoriser le développement du bois-énergie, le levier principal est la hausse de la contribution énergie-climat, favorable à toutes les énergies renouvelables ainsi qu'à l'amélioration de l'efficacité énergétique. Cette contribution doit passer de 22€ en 2016 à 56€/t CO<sub>2</sub> en 2020 selon la loi sur la transition énergétique. Le monde économique dans son ensemble souhaite que les incertitudes actuelles soient levées et que des engagements clairs et précis soient pris rapidement sur la trajectoire de cette hausse.

L'avantage actuel des énergies fossiles n'est pas le seul frein au développement du bois énergie. Parmi les freins structurels aux investissements forestiers, on peut citer la mobilisation plus lente de la ressource depuis plusieurs années et l'évolution rapide du prix du bois énergie déconnectée de celle du bois matériaux. L'évolution des prix des fossiles, en espérant qu'elle ne devienne pas structurelle si l'effondrement de ces prix perdure ou ne revient pas à un niveau proche des prix antérieurs, est un frein conjoncturel, ainsi que l'acceptabilité, souvent locale. La localisation des bassins forestiers à l'écart des métropoles n'est pas souvent en adéquation avec leurs besoins de chaleur. Le très grand nombre de propriétaires privés est un handicap supplémentaire : la gestion forestière y est insuffisamment développée ; un objectif ambitieux, de long terme et irréversible est nécessaire pour réduire le déficit de la filière. En ce qui concerne l'électricité, « le bilan des appels d'offres pour la production électrique à base de biomasse fait ressortir un taux de réalisation faible. Une des causes est que la demande est supérieure aux capacités des bassins ; la dispersion des forêts induit des coûts logistiques élevés. Il faudrait privilégier, dans les appels à projet, les unités de production de chaleur ou de cogénération d'une taille adaptée à la capacité d'approvisionnement des bassins ». (Cour des Comptes). La probabilité d'atteindre l'objectif de 2300 MW pour 2020 est estimée quasiment nulle, partant de 300MW en 2015. La production électrique par cogénération n'est pas encouragée en France. Mais c'est une solution peu compétitive actuellement notamment avec le nouveau dispositif d'aide à compter de 2016 : complément de rémunération au lieu d'obligation d'achat, et aussi à cause du prix actuel du marché de gros de l'électricité, très bas, et qui risque de le rester longtemps, compte-tenu de l'excès grandissant des capacités de production en Europe. La profession demande plus de flexibilité dans les montages financiers avec allongement des durées d'amortissement, plus de flexibilité sur les règles d'approvisionnement- le bois provenant de l'étranger devenant rapidement compétitif lorsque la distance des bassins forestiers augmente-, et la valorisation du bois en fin de vie-BFV- 17% des ressources.

### Bois énergie en Allemagne

(Source Wikipédia allemand, traduction française)

La biomasse solide, bois en très grande majorité, a représenté 38% des ENR en 2012- le biogaz 12%. L'énergie biomasse solide a produit 41,4 Twh, soit environ 8% de la consommation électrique, à égalité avec l'éolien, et simultanément 132Twh en chaleur. Si les énergéticiens français font peu de cogénération (70%de chaleur et 30% d'électricité), c'est le contraire en Allemagne : la grande majorité des centrales a de la cogénération ; il existe13.000 installations de production électrique à partir de biomasse solide pour environ 6000MW. Par ailleurs 5,6 millions de logements sont chauffés au bois, dont 1,8 en Bavière- ils seraient plus de 11 millions en France-. Mais l'Allemagne serait arrivée au plafonnement de cette bio ressource et devrait en importer pour la développer ; elle ne prévoit qu'une expansion mineure dans le futur (étude Fraunhofer 2050 100% ENR).



Ces freins n'ont cependant pas empêché la conversion d'une des centrales à charbon de Gardanne en centrale au bois, produisant exclusivement de l'électricité pour une puissance installée de 150Mw, sans cogénération. Au départ, mi 2016, la région ne fournira que 45% des ressources dont la moitié viendra de l'élagage, de l'entretien et de fins de vie, tous collectés en déchetterie ; l'autre moitié sera issue de l'exploitation des forêts locales. Les 55% restant viendront de l'importation. Mais l'objectif est d'atteindre en 10 ans une autonomie locale, le prélèvement actuel n'atteignant que 25% de l'accroissement naturel des forêts de la région. La perspective d'une amélioration de l'emploi, tant pour le personnel de la centrale que pour l'exploitation de la forêt locale améliore l'acceptabilité très locale, mais pas encore celle de l'environnement plus lointain, notamment relative au parc naturel du Lubéron. Ce sera la plus grande centrale à biomasse en France. Coût de l'opération : 256 millions d'€ ; revenus : 70 millions d'€/an pendant 20 ans.



## V. CHIMIE DU BOIS (ET MATIÈRES CELLULOSIQUES) ET BIOCARBURANTS

Le bois énergie peut être la source de substituts de l'ensemble des combustibles et carburants d'origine fossile, au prix de transformations physicochimiques et chimiques plus ou moins complexes fonction de l'application envisagée. Le bois est un composé ligno-cellulosique, constitué dans l'ordre décroissant d'hémicellulose et de lignine, avec des teneurs de composés minéraux de l'ordre de 1 à 3%, sans oublier l'eau, au moins 10% pour des bois très secs- plus de 4 ans de stockage-La lignine est très difficile à séparer et surtout à « purifier » ; cette séparation intervient pour la fabrication du papier et pour l'éthanol 2eme génération, où la lignine sert de combustible. Une formule globale du bois serait :  $C_6H_9O_4$ . Le bois doit subir une transformation poussée avant d'être incorporable dans les carburants, liquides, ou s'y substituer. Si le charbon peut être liquéfié dans des conditions sévères en présence d'hydrogène et pouvant conduire à un raffinage de type pétrolier, ce n'est pas le cas du bois.

Il existe deux voies de transformation du bois en carburant, en cours de développement, proches du commercial :

- la première démarre par une étape de gazéification à l'oxygène, conduisant à un mélange CO, H<sub>2</sub> à quasi égalité- c'est le gaz de synthèse-, CO<sub>2</sub> et diverses impuretés. Après élimination des impuretés et extraction du CO<sub>2</sub>, le gaz de synthèse peut conduire 1) : à l'hydrogène- carburant du futur ?, gazeux- selon la réaction :  $CO + H_2O = CO_2 + H_2$  ; l'hydrogène peut aussi être recombéné avec du CO par méthanation, en produisant du méthane, substitut du gaz naturel ; 2) : à la production de cires paraffiniques-  $CO + 2H_2 = 1/n(CH_2)_n + H_2O$ , réaction de Fischer Tropsch; ces cires sont ensuite hydrocraquées et hydroisomérisées en carburants : essence légère, kérosène, gazole et huiles lubrifiantes. Le rendement final- contenu énergétique du carburant par rapport à celui du bois- est de 40% ; c'est au maximum 2000 litre/ha de forêt exploitée ;
- la seconde voie utilise la fermentation en éthanol des sucres en C<sub>6</sub> et C<sub>5</sub> obtenus par hydrolyse de la cellulose et de l'hémicellulose constituante du bois. C'est la voie éthanol 2eme génération. Son rendement est comparable à la voie précédente, compte tenu de leur convertibilité partielle, de la non convertibilité de la lignine, et de la perte du CO<sub>2</sub> lors de la fermentation.

La pyrolyse est voisine de la gazéification, mais se fait à des températures moins élevées ; c'est la voie de fabrication du charbon de bois. Elle produit aussi des gaz et des liquides, notamment aromatiques, pouvant par exemple conduire aux aromatiques, type benzène puis cumène- adjonction du propylène par catalyse, puis phénol/acétone par oxydation-, toluène, xylènes ; mais la production de ces substances chimiques est bien plus économique à partir des ressources fossiles et à une échelle bien plus grande.



## CONCLUSION

La forêt est une source insuffisamment exploitée en France, tant pour ses usages matériaux que pour l'énergie. L'aspect environnemental fait partie des freins et des devoirs. L'ADEME a exprimé des craintes concernant l'impact négatif sur les émissions de CO<sub>2</sub> si l'on prélève des quantités supérieures à l'accroissement de la biomasse. Mais les potentiels retenus sont basés sur un prélèvement maximum de 70% atteint seulement en 2050. La capture du CO<sub>2</sub> par la forêt- il faut 1m<sup>3</sup> de bois pour capter 1T de CO<sub>2</sub>- n'est réelle que lorsque la forêt se développe, et lorsqu'elle ne progresse plus en surface, seul l'« entretien », qui consiste à « éliminer » tout ce qui peut empêcher le développement des arbres permet à la forêt de jouer son rôle. Une forêt non entretenue est une forêt à l'équilibre et n'absorbe pas plus de CO<sub>2</sub> qu'elle n'émet de GES. Bonne nouvelle : l'augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère a un effet bénéfique sur la croissance et la vie des arbres, à condition de disposer d'une humidité suffisante ; c'est ce qu'une étude de l'INRA a montré sur la période 1950 jusqu'à nos jours ; mais les arbres migrent avec les variations climatiques ; la forêt s'exploite sur le long terme ; c'est donc un facteur à prendre en compte. La sacralisation de la forêt passe par son exploitation exemplaire, avec des objectifs d'une même temporalité. Le bois énergie doit être davantage reconnu pour passer de l'adolescence à la maturité.

Le développement du bois énergie est possible et souhaitable en France métropolitaine et dans la majorité des territoires d'outre-mer, tant pour la chaleur dont il est déjà un acteur majeur des énergies renouvelables que pour l'électricité, domaine dans lequel il est peu sollicité, au contraire de l'Allemagne et d'autres pays : en Autriche, le bois représente 80% de la biomasse et de l'ordre de 9,3% (2012) de la production électrique ; en Belgique, la biomasse représente plus de 40% de la production électrique renouvelable; de plus la plus grosse centrale mondiale bois-biomasse est en construction à Gand, avec une puissance électrique de 215MW et de 100MW pour la chaleur et sera particulièrement utile en hiver ! Mais pas pour les variations journalières. Ces développements en France ne seront possibles qu'avec des actions fortes pour réduire ou éliminer les freins structurels et conjoncturels qui pèsent sur la filière.

Le « Défi Stratégie », publié sur le site du Comité Stratégique de la Filière Bois, ne comporte quasiment RIEN sur le Bois Energie, en tant que tel, traité trop modestement dans la filière énergie. La filière bois-énergie n'a pas été totalement oubliée : de nombreux organismes d'Etat au moins depuis le Grenelle de l'Environnement en ont souhaité un développement significatif. De même, la mission du CGAER- Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux- de mai 2014 en Allemagne, avait recommandé une hausse très importante du prix d'achat de l'électricité de cogénération biomasse solide- Il de l'ordre de 200€/Mwh en Allemagne, contre 45 en France, mais elle n'a pas été suivie.