



Fiches extraites du dossier du participant remis à l'occasion du Débat national sur les énergies lors de la rencontre de Rennes, le 5 mai 2003.

Le thème de cette rencontre était " Énergies renouvelables, alternative ou complément ?"

Quelle place pour les énergies renouvelables dans la production de chaleur ?

Le développement des énergies renouvelables thermiques représente un enjeu important de politique énergétique et environnemental.

La consommation finale d'énergie pour des usages thermiques en France peut-être estimée à 85 Mtep (plus de la moitié de la consommation finale). Les énergies renouvelables thermiques peuvent contribuer fortement à l'atteinte de nos objectifs de sécurité d'approvisionnement et de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Le seul secteur du résidentiel-tertiaire consomme 45 Mtep pour le chauffage du résidentiel tertiaire, soit 64 % de sa consommation totale d'énergie. Ce secteur était par ailleurs le deuxième émetteur de CO₂ derrière les transports routiers, avec 115 Mt CO₂ par an, contre 55 Mt CO₂ pour les industries de l'énergie. Ce secteur consomme déjà 80 % de la production d'énergie renouvelable thermique.

Bilan de consommation des énergies renouvelables en 2001

	Consommation primaire
Total énergies	269 Mtep
Ensemble énergies renouvelables	19 Mtep
Energies renouvelables thermiques	12,2 Mtep

4,5 % de l'énergie consommée en France est d'origine renouvelable thermique.

Ces énergies renouvelables thermiques représentent 8 % de la consommation nationale d'énergies primaires thermiques.

Les contributions relatives des différentes filières de production d'énergie primaire d'origine renouvelable thermique s'établissent ainsi qu'il suit:

- **78 % - bois et déchets de bois** : chauffage domestique ou collectif, cogénérations industrielles
- **15 % - déchets urbains solides (UIOM)**.
- **10 % - géothermie** : la géothermie basse température est utilisée en Ile de France (130 000 équivalents logements).
- **5 % - biogaz** (63 ktep) : captation du méthane dans les décharges, méthanisations des déchets.
- **2 % - solaire thermique** : chauffe-eau solaires, systèmes solaires combinés.

La filière bois-énergie représente la contribution la plus importante au bilan des énergies renouvelables thermiques. La France est le leader européen de cette filière.



Objectifs

En l'absence de directive européenne sur les énergies renouvelables thermiques ou la consommation primaire d'énergies renouvelables (électriques et thermiques), il n'y a pas d'objectifs quantitatifs aussi clairs pour les énergies renouvelables que les énergies renouvelables électriques.

Des objectifs nationaux sont fixés dans le **contrat de Plan État-ADEME** avec 2006 pour horizon :

- **Solaire thermique en métropole** (plan Soleil) : + 550 000 m² de capteurs en métropole (soit 27 ktep par an), coûts – 30 %. Fin 2002, + 62 926 m² installés, 2300 adhérents à la charte de qualité Qualisol
- **Solaire thermique DOM-TOM et Corse** : + 80 000 m² installés (soit 5 ktep par an). Fin 2002, 64 660 m² avaient déjà été installés.
- **Bois-énergie** (plan Bois-énergie) : + 300 ktep par an substituées. Aides à l'investissement dans les secteurs collectif / tertiaire / industriel. Fin 2002, + 143 ktep par an substituées.
- **Biogaz** : + 150 ktep par an. Un plan biogaz est en préparation.
- **Géothermie** : maintien de la contribution actuelle. Fin 2002, +8,5 ktep par an

Ces objectifs tiennent compte des degrés respectifs de maturité des filières et des potentiels techniques et économiques.

Les modes de soutien des énergies renouvelables thermiques

Ils sont variés :

- Aides à l'investissement par l'intermédiaire de l'ADEME. Ces aides peuvent être complétées par des aides allouées par les conseils régionaux et l'Union européenne (FEDER). Elles sont limitées par l'encadrement communautaire des aides d'État.
- Aides au fonctionnement, avec le tarif de l'obligation d'achat et les appels d'offres qui peuvent s'appliquer à des installations de cogénération à partir de biomasse.
- Incitations fiscales.
- Fonds d'investissement (FIDEME).
- Aides à la R&D.
- Aides à la décision, communication et sensibilisation.

Le coût pour la collectivité dépend fortement de la filière de production d'énergies renouvelables thermiques. Ainsi pour une filière mature comme le bois-énergie, les subventions se montent à environ 280 €/ tep / an substitué (ou bien 28 €/tep si on considère que l'investissement réalisé génère des économies pendant 10 ans) soit encore 110 €/ tCO₂ / an (11€/tCO₂ sous les hypothèses précédentes). Pour une filière en devenir comme le solaire thermique en métropole, le coût est multiplié par 15 (mais devrait baisser au fil de la maturation de la filière).



Le développement des énergies renouvelables est particulièrement pertinent dans les DOM où il se substitue à une énergie plus chère. C'est tout particulièrement vrai pour les usages qui viennent en substitution de l'électricité, notamment les chauffe-eau solaire.

Au niveau européen

C'est la biomasse qui représente aujourd'hui la majeure partie des renouvelables thermiques au niveau européen. On doit également noter le grand dynamisme de la filière solaire thermique : fin 2000, la surface totale des capteurs thermiques de l'Union Européenne se montait à plus de 9,6 millions de m². Plus de 900 000 m² supplémentaires ont été installés en Allemagne en 2001. La croissance annuelle du marché est de l'ordre de 40 %.

Quelle place pour les biocarburants ?

La place actuelle des biocarburants en France

Deux types de biocarburants ont été développés jusqu'à présent en France :

- les esters méthyliques d'huiles végétales (EMHV) produits à partir des oléagineux (colza et tournesol) qui sont incorporés dans le gazole ;
- l'éthyltertiobutylether (ETBE) produit à partir de l'éthanol de blé et de betterave incorporé dans l'essence.

L'incorporation est limitée à un taux de 5 % d'EMHV pour le gazole et 15 % d'ETBE (5 % d'éthanol pur) pour l'essence, le mélange devant respecter les normes européennes du carburant correspondant. La distribution de ces carburants est banalisée car elle ne nécessite pas d'adaptation ni des moteurs ni des véhicules.

En 2002, la production d'EMHV a été de 308 000 tonnes, celle d'ETBE de 192 000 tonnes (dont 90 000 tonnes d'éthanol). Les surfaces cultivées pour la production de biocarburants ont représenté 284 000 ha pour le colza, 13 885 ha pour le blé et 13 540 ha pour la betterave.

Avec une production en 2002 de 500 000 tonnes, la France est le premier producteur de biocarburants en Europe ; cette production représente environ 1 % de la consommation de carburants pétroliers sur le territoire national.

1) Un dispositif national de soutien

Les biocarburants ont pu se développer en France grâce à un dispositif de soutien. En effet, le coût des biocarburants, supérieur à celui des carburants d'origine fossile, a nécessité la mise en place d'un dispositif fiscal pour favoriser leur développement. Les dispositions fiscales en faveur des biocarburants en vigueur jusqu'à fin 2002 prévoyaient une réduction des taux d'accises :

- à hauteur de 35,06 €/hl (hectolitres) pour les esters
- à hauteur de 50,23 €/hl pour l'éthanol.

Le budget global alloué aux biocarburants s'est élevé à 180 M€ en 2002, montant de la part de TIPP non perçue sur ces carburants de substitution.

Pour tenir compte de l'évolution des cours des matières premières, dont les produits pétroliers, afin que lesdites réductions ne conduisent pas, en cas de hausse des marchés, à une surcompensation des coûts additionnels liés à la production de biocarburants, les réductions d'accises ont été modulées pour 2003. Les montants pour 2003 sont ainsi inférieurs à ceux pour 2002 (35 €/hl pour les EMHV et 38 €/hl pour la part éthanol de l'ETBE pour 2003). Ces réductions d'accises sont à comparer aux montants actuels de TIPP sur les carburants correspondants (respectivement 38 et 57 €/hl).

2) Avantages et inconvénients en matière d'environnement et d'effet de serre

L'impact des biocarburants sur l'environnement, fait l'objet de nombreux débats car les effets sont multiples, complexes, souvent de sens opposés, et il n'existe pas d'unité commune permettant de les comparer. C'est ainsi qu'à des gains en matière d'effet de serre ainsi que d'émissions de monoxyde de carbone et de particules, se juxtaposent des effets qui peuvent être négatifs en matière d'émissions d'oxydes d'azote et de composés organiques comme les aldéhydes. De plus, l'évolution de la qualité des carburants traditionnels et des systèmes de post traitements des véhicules neufs annulent les avantages relevés en utilisation dans les véhicules plus anciens. Quant à l'impact écologique des cultures dévolues aux biocarburants, il dépend essentiellement des techniques agricoles mises en œuvre. A cet égard de grands potentiels de progrès existent.

En ce qui concerne le bilan énergétique et l'effet de serre, une étude réalisée par ECOBILAN en 2002 pour l'ADEME et la DIREM sur les bases de l'expérience française montre que :

- les bilans énergétiques de la production des biocarburants (énergie disponible / énergie non renouvelable mobilisée) par rapport aux carburants d'origine fossile sont favorables aux biocarburants, en particulier pour les EMHV ;
- les bilans gaz à effet de serre (équivalent CO₂ par unité d'énergie, avec hypothèse de combustion totale des produits effectuée sur la base de leur teneur en carbone) sont également favorables aux biocarburants, en particulier pour les EMHV ;
- la filière éthanol pur présente un potentiel d'amélioration certain, même si ce produit peut poser des problèmes techniques de compatibilité avec les carburants d'origine pétrolière. Ces problèmes devraient pouvoir être résolus comme ils l'ont été dans d'autres pays où l'éthanol est utilisé directement en mélange dans l'essence.

Toutefois, le prix de revient moyen de la tonne de CO₂ évitée par l'utilisation des biocarburants en substitution des carburants pétroliers (de l'ordre de 180 €) est très supérieur au coût généralement admis (20 à 25 €)

3) Le contexte européen

La politique française en matière de biocarburants devra tenir compte de deux nouvelles directives européennes qui doivent être adoptées en 2003 :

- la première concerne la possibilité d'appliquer un taux d'accises réduit à certaines huiles minérales qui contiennent des biocarburants ou aux biocarburants,
- la seconde concerne la promotion de l'usage des biocarburants dans les transports. Elle vise un taux global d'utilisation des biocarburants dans les transports pour l'année 2005 de 2 % et progressivement une évolution de ce taux jusqu'à 5,75 % en 2010, ces objectifs très ambitieux étant indicatifs.

L'objectif de 5,75 % pour 2010 peut être obtenu en développant de multiples solutions qui sont laissées au choix de chaque État membre. La France, premier producteur européen, a l'avantage d'avoir développé la production de biocarburants destinés aux deux types de carburants, mais il convient de rappeler que le marché français est structurellement déficitaire en gazole (les importations représentent 26,5 % de la consommation) mais excédentaire en essence (les exportations représentent 15,3 % de la consommation) ; cette tendance de fond ne paraît pas vouloir s'infléchir à court ni même à moyen terme.

4) Recherches et perspectives

La poursuite du développement des biocarburants suppose que l'on passe d'un outil de soutien agricole à une filière de remplacement partiel des carburants fossiles. Cela ne peut se concevoir qu'à la condition d'une réduction significative des coûts de production des biocarburants, afin de les rendre compétitifs à terme avec les carburants traditionnels.

Dans un proche avenir, seules les filières existantes peuvent être améliorées. À l'horizon 2010, le potentiel de développement des biocarburants passe par l'apparition d'unités de grande taille, seules susceptibles de conduire à la rationalisation de la filière et à des gains de productivité substantiels.

Pour un avenir plus lointain, on distingue deux grandes filières pour la production de biocarburants : la filière « biologique » et la filière « thermochimique ». La première produit des carburants (hydrogène, biogaz) directement ou après fermentation et distillation (éthanol). La seconde, après une gazéification à haute température, donne des carburants de synthèse ou de l'hydrogène.

La filière « biologique » est aujourd'hui une filière dérivée de l'agriculture alimentaire. Elle permet de produire (moins de 1 %) des carburants à des prix raisonnables. Sa marge de développement est réelle. Cependant, dans le cas où l'on envisagerait une filière autonome, la nécessité de recourir à de la biomasse de haute qualité (céréales) conduirait à des coûts de production élevés. On ne peut toutefois exclure une avancée significative des procédés de production d'éthanol.

La filière thermochimique permet en principe d'utiliser toute sorte de biomasse. Elle convertit cette biomasse en gaz de synthèse, qui peut servir à de multiples applications énergétiques. Le gaz de synthèse aujourd'hui produit à partir de ressources fossiles est utilisé industriellement pour la production d'hydrogène, de méthanol ou de carburants de synthèse.

La transformation thermochimique de la biomasse n'est pas encore développée en raison des investissements élevés qu'elle demande. Elle semble toutefois constituer une voie possible. On peut en attendre la production de carburants de bonne qualité pour un prix (hors taxes) d'environ 0,5 euros/litre équivalent essence, proche des coûts actuels et de la rentabilité économique dans l'hypothèse d'une raréfaction des sources fossiles pour lesquelles on devrait inclure le coût de leur impact sur l'environnement.

Le rendement énergétique de la transformation thermochimique serait d'environ 50 %, ce qui permettrait, dans l'hypothèse où tout le potentiel disponible de la biomasse serait utilisé,



d'envisager la production de 20 % des carburants consommés aujourd'hui en France. Ce pourcentage situe l'importance des efforts de recherche à consentir.

Quelle place pour les énergies renouvelables dans la production d'électricité ?

Les énergies renouvelables électriques contribuent à la sécurité d'approvisionnement et, par substitution, à la réduction des impacts environnementaux du parc de production.

La contribution des énergies renouvelables à la consommation d'électricité fait l'objet de la directive du Parlement européen et du Conseil du 27 septembre 2001. Elle donne à la France un objectif indicatif de consommation d'électricité d'origine renouvelable à hauteur de 21 % en 2010, contre 15 % en 1997.

Cet objectif est très ambitieux et nécessite l'exploitation rationnelle de toutes nos ressources. Si aujourd'hui la France est le premier producteur d'électricité d'origine renouvelable au sein de l'Union Européenne grâce à l'hydroélectricité, elle n'en doit pas moins intensifier l'exploitation de ce potentiel hydraulique et développer de nouvelles sources, notamment l'éolien et la biomasse, pour atteindre ses objectifs.

La production d'électricité d'origine renouvelable était de 78 TWh en 2001 répartis de façon très inégale entre les différentes filières :

- **hydraulique = 73,9 TWh** (hors pompage)
- **éolien = 0,12 TWh**
- **solaire photovoltaïque = 0,002 TWh**
- **déchets urbains solides (UIOM) = 2 TWh**
- **bois et déchets de bois = 1,5 TWh**
- **biogaz de décharge et de méthanisation = 0,34TWh**

Il faut noter que certaines contributions peuvent être obtenues par cogénération d'électricité et de chaleur (UIOM, biomasse).

La part de la consommation d'électricité d'origine renouvelable était de 16,9 % en 2001 (un chiffre à relativiser par rapport à 1997 puisque 2001 a été une année de forte pluviométrie).

Hors grande hydraulique cette part de consommation d'origine renouvelable est seulement de 1%.

En 2002, le parc éolien français est passé de 92 MW à 145 MW.

La situation en Europe

En Europe la consommation d'électricité était en 2001 à 17 % d'origine renouvelable :

- La France et la Suède sont les plus importants producteurs d'électricité d'origine renouvelable du fait de leurs forts potentiels hydrauliques.
- La production allemande atteint 50 TWh (8,7 % de la consommation) avec une forte contribution de l'éolien.

Les filières de production ont des croissances très différenciées. Les filières à forte croissance sont l'éolien (30 %), le solaire photovoltaïque (9 %) et la biomasse (4 %). Le parc hydraulique stagne, voire décroît du fait de l'effacement de certains barrages pour des raisons écologiques.

En 2002, le parc éolien européen a augmenté de près de 6 000 MW pour atteindre 23 000 MW, avec une forte croissance en Allemagne et en Espagne.

Ces progressions impressionnantes en puissance doivent être pondérées en énergie, puisque du fait de l'intermittence de son fonctionnement (environ 2200 heures par an), un MW éolien produit environ trois fois moins d'électricité qu'un MWe d'une centrale à biomasse (environ 6500 h/an). De ce point de vue, la filière biomasse apparaît comme particulièrement intéressante. Son développement se heurtera cependant aux limites de l'approvisionnement en ressources énergétiques.

A partir d'une très forte puissance installée, l'intermittence peut également compliquer la gestion du réseau, l'écoulement de l'électricité produite et l'équilibrage entre l'offre et la demande sur le réseau. Cela explique que le contenu en CO₂ de l'électricité substituée par l'éolien - même s'il est significatif - ne soit pas chiffrable de façon univoque puisque des moyens spécifiques d'ajustement, d'origine fossile, et des importations devraient être dédiés au traitement des intermittences.

De ce point de vue, les perspectives de l'éolien en mer sont intéressantes puisque les vents y sont plus réguliers et plus prévisibles. Les premiers parcs construits au Danemark montrent des durées de fonctionnement significativement supérieures à celles qui sont observées à terre et une plus grande régularité.

L'objectif de la France à l'horizon 2010 peut être atteint par des mesures d'augmentation de la production complétées de mesures de réduction de la demande d'électricité.

Avec une politique ambitieuse de maîtrise de la demande, la consommation totale d'électricité pourrait être de 511 TWh en 2010. **La nécessaire augmentation de la consommation d'électricité d'origine renouvelable d'ici 2010 serait au moins de l'ordre de 33 TWh.**

Un arrêté sur la Programmation Pluriannuelle des Investissements de production d'électricité du 7 mars 2003 définit des objectifs de puissance installée au 1^{er} janvier 2007 qui doivent permettre d'atteindre les objectifs ambitieux de 2010 :

- **Éolien : 2000-6000 MW dont 500-1500 MW en mer.**
- **Hydraulique : 200-1000 MW.**
- **Solaire photovoltaïque : 1-50 MW.**
- **Biomasse : 300-600 MW.**
- **Biogaz : 50-100 MW.**

Les dispositifs français de soutien aux énergies renouvelables électriques

Mesures économiques

- **Des mesures d'obligation d'achat** de l'électricité produite, prévues au titre l'article 10 de la loi n°2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au



développement du service public de l'électricité, ont été mises en place. Tous les décrets d'application et les arrêtés tarifaires ont été pris. Ces mesures s'appliquent aux installations de puissance inférieure à 12 MW.

- La même loi prévoit que **des appels d'offres** peuvent être lancés par les Pouvoirs Publics après la parution d'un arrêté sur la Programmation Pluriannuelle des Investissements de production d'électricité (PPI). Des appels d'offres sur la biomasse (200 MW), le biogaz (50 MW) et l'éolien en mer sont en cours de préparation et seront lancés à l'été 2003. Ces appels d'offre s'appliquent pour des installations de puissance supérieure à 12 MW.
- **Diverses dispositions au titre des lois de finances** pour 2000, 2001, 2002 et 2003 (crédit d'impôt, amortissement exceptionnel) sont destinées à soutenir la production et la consommation d'électricité d'origine renouvelable.

La performance des différentes filières de production d'électricité d'origine renouvelable peut s'apprécier entre autres par le coût de l'incitation à la tep évitée. Pour les installations bénéficiant de l'obligation d'achat et par référence au coût de l'électricité sur le marché, on obtient un surcoût moyen de l'ordre de 400 € / tep (540 € / tep pour l'éolien, 300 € / tep pour la biomasse, sur la base 1 MWh = 0,086 tep). Ce coût peut être traduit en € / tCO₂ évitée moyennant des hypothèses sur l'évolution du parc de production, la dynamique des ajustements et le solde exportateur.

Mesures réglementaires

- Deux groupes de travail interministériels sur la simplification des procédures administratives d'une part, et sur l'éolien offshore d'autre part, ont traité des aspects liés à l'implantation des installations de production à partir de sources d'énergie renouvelable. **La loi n°2003-8 du 3 janvier 2003 relative aux marchés du gaz et de l'électricité et au service public de l'énergie a repris certaines des recommandations émises, en soumettant notamment la plupart des installations éoliennes à permis de construire, étude d'impact et enquête publique.**
- **Une circulaire sur l'éolien terrestre sera adressée aux Préfets dans les prochains jours. Elle contribuera à la transparence des procédures et à une meilleure acceptation locale de l'implantation de parcs éoliens.**

Des travaux sont par ailleurs en cours sur la seule disposition de la directive européenne qui n'est pas encore transposée, **la garantie d'origine de l'électricité produite.**

Perspectives

Pour que la production d'électricité d'origine renouvelable soit significative à long terme, **des ruptures technologiques sont nécessaires.**

La maîtrise des nouvelles technologies de l'énergie est également un enjeu stratégique pour la compétitivité de notre industrie sur des marchés en émergence. D'ores et déjà, le contenu en emplois des filières de production d'énergie renouvelable est tangible : l'éolien notamment génère près de 40 000 emplois directs au niveau mondial et plusieurs milliers d'emplois parmi les équipementiers français pour la fourniture de composants (évalué entre 2000 et 3000). Les chiffres d'affaires annuels générés sont en forte croissance : 7 Md€ pour la filière éolienne en 2002.

Des pistes de recherche et développement prometteuses existent et sont poursuivies en France (CEA, CNRS, IFP). On peut citer entre autres :



- **Les matériaux pour les cellules photovoltaïques** avec des perspectives d'augmentation des rendements et de réduction des coûts.
- **La géothermie en profondeur** avec le pilote scientifique de Soultz-sous-Forêt destiné à exploiter la chaleur naturelle des roches à des profondeurs de plusieurs kilomètres.
- **L'exploitation de l'énergie des vagues et des marées.**

Les programmes de recherche de l'Union Européenne sont des instruments essentiels qui bénéficient aux laboratoires et aux industriels français. Le 6ème Programme Cadre de Recherche et Développement qui débute est ainsi doté de 810 M€ pour l'énergie sur 4 ans.