

**OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION
DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES**

Mercredi 1^{er} octobre 2008

Audition publique, ouverte à la presse, sur les biocarburants

M. Claude Birraux, *Président de l'OPESCT* - Je suis heureux de vous accueillir pour cette audition publique consacrée aux biocarburants, dont l'objectif est de faire le point des connaissances sur les différentes filières de biocarburants et d'apprécier leur intérêt. Elle prend place dans le cadre du rapport d'évaluation de la stratégie nationale de recherche en matière énergétique que nous élaborons, Christian Bataille et moi, en parallèle aux réflexions menées dans le cadre du Grenelle de l'environnement. Deux collègues députés ayant également témoigné de leur intérêt pour le sujet, nous leur avons confié la présidence de deux des quatre tables rondes qui se succéderont cet après-midi.

Première table ronde

L'enjeu des biocarburants dans la stratégie énergétique : leur place dans les transports aujourd'hui et demain

Présidence de M. Christian Bataille

M. Christian Bataille – Je suis à mon tour heureux de vous accueillir pour cette audition publique que nous avons organisée dans le cadre de la mission d'évaluation de la stratégie nationale sur la recherche énergétique que nous a confiée l'article 10 de la loi de programmation sur l'énergie du 13 juillet 2005.

L'OPESCT nous a désignés, Claude Birraux et moi-même, le 11 décembre 2007 pour conduire cette mission qui s'inscrit dans la continuité de celle que nous avons déjà menée ensemble en 2005 sur les nouvelles technologies en matière d'énergie. Elle vise moins cette fois à décrire les perspectives techniques de développement des biocarburants et les différentes technologies qu'à analyser les orientations à prendre.

Notre point de départ a été la stratégie nationale publiée en mai 2007 par les ministères respectivement chargés de l'industrie et de la recherche. Nous avons commencé nos auditions en mars. Nous tiendrons bien sûr compte des réflexions intervenues depuis lors, notamment des travaux du comité opérationnel sur la recherche, et envisageons de rendre notre rapport vers la fin de l'année.

Les recherches sur les biocarburants entrent bien entendu dans le champ de notre évaluation. Lors d'une visite en Finlande la semaine dernière, nous avons constaté, avec Claude Birraux, que ce pays a fait des biocarburants un axe majeur de sa stratégie énergétique se fondant sur deux atouts dont notre pays dispose également : une forte compétence dans la chimie, en particulier le raffinage des hydrocarbures, et d'importantes ressources en biomasse forestière. La Finlande développe ainsi de grands projets de biodiesel de deuxième génération.

Lors de la table ronde sur les biocarburants que nous avons organisée en juillet 2004 pour préparer l'examen de la loi d'orientation sur l'énergie, nous avons déjà entendu certaines des personnalités que nous auditionnerons de nouveau aujourd'hui. Leur aide nous avait été précieuse à l'époque. Je ne doute pas qu'elle le sera de nouveau.

Depuis 2004, le contexte a profondément changé. Tout d'abord, la question de la viabilité technique des biocarburants en termes de bilan énergétique, qui était alors au cœur des discussions, a été dépassée par la crainte que leur production n'entame le potentiel agricole de productions alimentaires. Alors que les biocarburants apparaissaient comme un moyen de mettre en valeur des terres en jachère, par exemple dans la région dont je suis l'élu, ils sont aujourd'hui tenus pour responsables de la hausse des prix alimentaires. L'autre changement majeur est la forte hausse du prix du pétrole. Même si le ralentissement de la demande ces dernières semaines a permis une accalmie, il n'en demeure pas moins que le prix du baril a triplé en quatre ans. Cette tension sur le prix de l'énergie fossile démontre, s'il en était besoin, tout l'intérêt de la filière des biocarburants. Dans le même temps, le Gouvernement a annoncé son intention de supprimer progressivement d'ici à 2012 les avantages fiscaux réservés à ceux-ci, estimant que l'augmentation du prix du pétrole les rendait inutiles. Le projet de loi de finances pour 2009 réduit déjà l'exonération partielle de TIPP dont bénéficient le biodiesel et l'éthanol, pour une économie de 400 millions d'euros.

L'OPESCT a publié en juillet dernier une note sur les biocarburants, qui nous a

servi de base pour l'organisation du programme de la présente audition publique.

Nous sommes heureux pour cette première table ronde d'accueillir M. Pierre-René Bauquis, ancien directeur de la stratégie de Total, professeur à l'Ecole nationale supérieure du pétrole et des moteurs, et membre éminent du conseil scientifique qui nous accompagne dans notre mission d'évaluation de la stratégie de recherche énergétique, ainsi que M. André Douaud, directeur technique au centre des constructeurs français d'automobiles.

M. Pierre-André Bauquis, professeur à l'Ecole nationale supérieure du pétrole et des moteurs – Toutes les énergies possibles pour alimenter un véhicule ont déjà été essayées. Le premier moteur à explosion, mis au point en 1805 en Suisse, fonctionnait à l'hydrogène ; le premier moteur diesel, conçu en Allemagne en 1892, au charbon pulvérisé ; la première voiture à dépasser les 100 km/h, la *Jamais contente* de Camille Jenatton à Achères, était électrique. Enfin, le record mondial de vitesse en 1903 était obtenu par une Gobron-Brillié roulant à l'éthanol agricole.

Pourquoi donc les hydrocarbures liquides se sont-ils imposés au point de représenter 98% de l'énergie utilisée pour les transports ? Tout simplement, à cause d'une compacité énergétique, à la fois massique et volumique, inégalée et de leur extrême facilité d'utilisation. Des progrès sont envisageables sur les batteries, dont la densité massique pourrait être triplée, mais, quoi qu'il en soit, elle restera très loin de celle des hydrocarbures. L'idée selon laquelle l'électricité, très en vedette aujourd'hui, pourrait supplanter les hydrocarbures est donc irréaliste.

Pour autant, on ne peut, s'agissant du recours au pétrole, continuer sur la pente actuelle. On se heurte tout d'abord à un problème de disponibilité de la ressource, le fameux *peak oil* à partir duquel la production inéluctablement ne pourra plus augmenter, voire commencera de décroître. Lorsqu'il y a dix ans, j'avais publié une étude avançant l'idée qu'en 2020 la production plafonnerait à 100 millions barils par jour, on me taxait de pessimisme, alors que c'est aujourd'hui l'estimation officielle de l'Institut français du pétrole ou de Total. La moitié du pétrole aujourd'hui produit dans le monde est utilisé pour les transports, contre 35% il y a trente ans. Il est clair que les ressources en hydrocarbures liquides naturels ne seront pas suffisantes pour alimenter tout le parc automobile actuel, *a fortiori* futur. Un autre problème tient, je ne m'y étends pas, aux émissions de CO₂ lors de la combustion de cette énergie fossile.

Quelles solutions réalistes envisager ? Le recours à l'hydrogène comme vecteur énergétique pour les transports terrestres serait absurde sur le plan économique. L'hydrogène est et restera chère à produire, à transporter, et à stocker. Quelle que soit la solution technique retenue pour le stockage - réservoirs hyperbares, hydrures, nanotubes de carbone, ou hydrogène liquéfié -, la difficulté tient à la très faible quantité d'hydrogène stocké par rapport à la masse du réservoir nécessaire -en gros, 95% d'emballage pour 5% d'énergie. Le recours à l'hydrogène ne peut donc être une solution d'avenir pour l'automobile, même si tous les grands pétroliers, y compris Total, disposent de stations pilotes.

Une solution réaliste, vers la fin de ce siècle, dans la répartition des énergies pour les transports consisterait en « quatre quarts » : un quart d'hydrocarbures liquides naturels, un quart d'électricité -véhicule tout électrique ou hybride rechargeable-, le reste en produits de synthèse, dont un quart en synthétiques conventionnels, que l'on sait déjà fabriquer, à savoir ceux produits à partir de biomasse, et ceux produits à partir d'énergies fossiles, filières dites XTL comprenant le GTL (*gas to liquids*), le CTL (*coal to liquids*), et le BTL (*biomass to liquids*), toutes filières présentant l'inconvénient majeur de rejeter beaucoup de CO₂ dans l'atmosphère ; un quart enfin en produits restant à inventer et on peut penser ici à l'hydrogène,

utilisé non comme vecteur énergétique, mais carboné à la source. L'idéal serait bien sûr de le carboner avec de la biomasse - c'est une voie d'avenir de la recherche. Cette filière HTL (*hydrogen to liquids*) consisterait à fabriquer des hydrocarbures à partir d'hydrogène produit soit à partir d'énergies renouvelables, soit plus probablement à partir d'énergie nucléaire. De même, pour les biocarburants, on peut espérer doubler, voire tripler les rendements à l'hectare tout en divisant par deux ou trois les émissions de gaz carbonique en les dopant par de la calorie ou de l'hydrogène d'origine nucléaire.

Alors que le pétrole représente aujourd'hui 98% de l'énergie primaire utilisée pour les transports, il ne devrait plus en représenter que 25% en 2 100. Les pourcentages du nucléaire, de la biomasse, et autres – charbon, hydraulique, éolien...-, aujourd'hui tous inférieurs à 1%, devraient, eux, passer à cet horizon respectivement à 60%, 5-10% et 5-10%, la biomasse servant surtout si elle peut être dopée à l'hydrogène, le nucléaire devenant la source principale indirecte.

M. André Douaud, directeur technique au Centre des constructeurs français d'automobiles – Où en est la réflexion des constructeurs automobiles sur l'utilisation des biocarburants ? On ne peut traiter des énergies alternatives au pétrole sans parler d'abord du pétrole. Tous les constructeurs, français et étrangers, se sentent aujourd'hui de plus en plus concernés par la disponibilité technique et économique des carburants pour les véhicules qu'ils produisent alors qu'il y a dix ou vingt ans, ils s'intéressaient essentiellement à la spécification des carburants - d'où ont été successivement ôtés le plomb, puis le soufre - ou à leur courbe de distillation. La question est en effet devenue vitale pour eux : s'il n'y avait plus demain d'énergies à mettre dans les réservoirs, l'industrie automobile serait tout simplement menacée de mort...

De fortes inquiétudes se font jour aujourd'hui sur le prix et le coût d'usage du pétrole, alors que celui-ci a longtemps été une ressource abondante et très bon marché, ce qui explique d'ailleurs que les Etats aient songé à instaurer une taxe sur les produits pétroliers, qui leur a beaucoup rapporté. Chacun sait ce que représente la TIPP dans les rentrées fiscales de l'Etat français...

En outre, il y a trop d'essence et pas assez de gazole. Malheureusement, le convertisseur le plus efficace - ce sont pas les constructeurs français qui le disent mais cela résulte des lois de la thermodynamique - est le diesel, qui émet beaucoup moins de CO₂ pour la même quantité d'énergie utilisée. Or, nous connaissons déjà de gros problèmes d'approvisionnement en gazole dans l'Union européenne, et le phénomène va s'aggravant.

Il faudrait donc sortir du « tout pétrole », en donnant la priorité aux énergies liquides, qui possèdent une forte densité énergétique, sont faciles à distribuer et extrêmement sûres - preuve en est que lors de l'incendie d'un poids lourd, le plus souvent, seul le réservoir de gazole reste intact. Les biocarburants constituent à cet égard une réponse, partielle certes mais d'application immédiate.

L'un de leurs atouts est que ce sont des carburants sans carbone d'origine fossile, qui n'accroissent donc pas la concentration de l'atmosphère en CO₂ lors de leur combustion. Les constructeurs sont déterminés à faire valoir cet avantage CO₂ auprès des instances européennes qui sont en train d'élaborer un nouveau règlement pour la fin de l'année.

Si les biocarburants, d'aujourd'hui et de demain, ont la même efficacité énergétique que l'essence ou le gazole dans les moteurs à combustion interne actuels ou futurs, l'écart de consommation volumique est très important. Un litre d'éthanol n'a pas la même capacité énergétique qu'un litre d'essence ou de gazole : or, cet aspect n'est pris en compte ni dans la fixation du prix des carburants, ni dans le niveau de leur taxation. Tous

s'achètent et sont taxés au litre. C'est d'ailleurs l'une des raisons de l'échec des véhicules *flex fuel* E85, filière lancée de manière prématurée dans notre pays. On avait en effet « oublié » de signaler aux automobilistes qu'ils consommeraient 30% à 40% de plus aux 100 km. Mais l'éthanol, de même que le méthanol, sont d'excellents carburants pour les moteurs à combustion interne. Partout dans le monde, les chercheurs travaillent à la mise au point de moteurs à l'éthanol qui auraient de meilleurs rendements que les moteurs diesel. Et si l'éthanol n'a pas encore aujourd'hui l'efficacité énergétique des carburants classiques, des perspectives intéressantes existent.

Pour ce qui est des pollutions locales - émissions de monoxyde de carbone CO, d'oxydes d'azote NOx, d'hydrocarbures imbrûlés, de particules -, les biocarburants se situent au même niveau que l'essence ou le gazole. L'atout environnemental des biocarburants ne réside donc pas dans la réduction de ces pollutions-là, contrairement à ce que certains de leurs défenseurs font valoir - ce qui était peut-être vrai il y a vingt ans quand les technologies de moteur diesel n'étaient pas encore très au point ne l'est plus aujourd'hui -, mais bien dans la limitation des rejets de CO₂.

C'est précisément l'un des principaux objectifs posés par le Grenelle de l'environnement. On a ainsi fixé l'objectif extrêmement ambitieux qu'à l'horizon 2020, le parc automobile français n'émette en moyenne pas plus de 130 g de CO₂/km. Les biocarburants à l'avenir devront répondre aux exigences des deux filières, aussi bien essence que diesel.

On constate aujourd'hui une importante disparité entre l'offre et la demande d'essence et de gazole de par le monde. Ainsi l'Europe manque-t-elle de 23 millions de tonnes de diesel quand la Russie a un excédent de 32 millions de tonnes et que les Etats-Unis, dont le parc automobile est très largement essence, sont autosuffisants. En revanche, l'Europe produit 29 millions de tonnes d'essence en excédent quand l'Amérique du Nord manque de 47 millions de tonnes. Il y a donc un flux d'essence de l'Europe vers les Etats-Unis et un autre de gazole et *middle distillate* de l'Est vers l'Europe. Les flux mondiaux de gazole et d'essence s'élèvent respectivement à 42 et 47 millions de tonnes. Si les Etats-Unis se mettaient à consommer moins d'essence, et ils s'engagent dans cette voie, l'Europe ne saurait que faire de ses excédents. A l'avenir, la stabilisation de la demande de *middle distillate* en Europe, conjuguée à une augmentation de la demande de *light* et *middle* dans les pays émergents d'Extrême-Orient, pourrait déplacer vers le Moyen et l'Extrême-Orient les nouvelles unités de raffinage pour répondre à la demande. L'Europe risquerait alors d'importer de plus en plus de gazole, qui se renchérirait donc. Et on l'a vu il y a quelques mois où le gazole est devenu plus cher que l'essence en France, en dépit d'une taxation inférieure.

Les objectifs du plan Biocarburants français sont bien connus. Pour les constructeurs, il est deux voies pour les atteindre. La première, avec des véhicules dédiés, véhicules *flex fuel* qui peuvent utiliser n'importe quel mélange essence-éthanol, jusqu'à 85% d'éthanol, ou véhicules utilisant des gazoles contenant jusqu'à 30% de biodiesel. Les constructeurs préconisent toutefois que ce B30 soit réservé à des flottes captives car on ne peut garantir que les vidanges ne devront pas être plus fréquentes – mais c'est un problème mineur qui devrait être résolu. La seconde, avec le parc actuel utilisant des mélanges banalisés, transparents pour le consommateur, dans lesquels est incorporé un certain pourcentage d'éthanol ou de biodiesel. Aujourd'hui, les biodiesels sont essentiellement des huiles végétales qui ont été transformés en esters méthyliques (EMHV) ou en esters éthyliques (EEHV). En théorie, ces derniers présentent un meilleur bilan carbone, s'ils n'ont pas demandé trop d'énergie pour être produits.

Depuis le 1er janvier 2007, tous les gazoles distribués en France peuvent contenir

jusqu'à 7% en volume d'esters d'huile végétale. Après débat entre l'administration, l'industrie pétrolière et l'industrie automobile, chacun s'est accordé sur le fait qu'il n'était pas nécessaire de le spécifier sur les pompes. Le B7, biodiesel à 7%, est compatible avec tous les véhicules du parc. Un problème ne se pose qu'au-delà, les constructeurs allemands par exemple refusant que le seuil de 7% d'EMHV soit dépassé, certains filtres à particules étant très sensibles à l'encrassement produit par le biodiesel. En France, l'approche n'est pas la même, notamment parce que les filtres à particules utilisés par PSA sont de technologie différente et que cela ne leur pose pas de problème particulier.

Les constructeurs exigent que la spécification des biocarburants soit aussi rigoureuse que celle de l'essence ou du gazole, ce qui n'est pas toujours le cas jusqu'à présent. Ce qui est absolument à proscrire, ce sont les huiles végétales brutes, dont la combustion émet des substances cancérigènes. Les constructeurs se demandent même comment l'utilisation de ces huiles a pu être autorisée dans certaines communes...

Aujourd'hui, tous les carburants peuvent contenir jusqu'à 5% d'éthanol. Cette limitation pose un problème pour atteindre les objectifs du plan Biocarburants français. Les constructeurs discutent actuellement avec les pouvoirs publics, le monde agricole et les distributeurs pour autoriser l'incorporation de 10% d'éthanol au 1er janvier 2009. L'industrie pétrolière nous a fait savoir que le E10 pourrait avoir deux formes, avec tous les intermédiaires imaginables entre : E10 avec 10% d'éthanol ou E 10 sous forme d'ETBE -éthyl tertio-butyl éther-, produit connu depuis longtemps et accepté par les moteurs, sachant toutefois qu'il faut 22% d'ETBE pour correspondre à 10% d'éthanol. Si le E10 est fourni sous forme d'ETBE, 75% du parc automobile français est compatible, alors que s'il s'agit d'éthanol pur, le pourcentage tombe à 50%.

Les raisons de l'échec de la filière *flex fuel* E85 sont multiples : pas assez de pompes de distribution, trop peu d'offres constructeur, mauvaise information des automobilistes sur la surconsommation et, pis, non prise en compte par le nouveau dispositif du bonus-malus de l'avantage présenté par le E85 en matière d'émissions de CO₂. Les constructeurs estiment pourtant que la filière, qui a pâti d'un lancement prématuré, pourrait être intéressante à moyen terme. Le Mondial de l'automobile sera l'occasion de voir s'ils augmentent ou diminuent leur offre de véhicules E85.

Cette filière est extrêmement décourageante pour les utilisateurs, puisqu'on ne distingue pas au niveau des émissions de CO₂/km entre le CO₂ fossile et le CO₂ non fossile. Depuis la mise en place du bonus-malus, les ventes de véhicules *flex fuel*, auxquels est appliqué un malus, ont été divisées par deux, voire par trois. Le gain en émissions de CO₂ est pourtant considérable avec ces véhicules. On en dénombre aujourd'hui dix millions de par le monde, majoritairement au Brésil. Les constructeurs français en produisent des dizaines, voire des centaines de milliers par an, dans ce pays. Un point clé pour développer la filière éthanol serait de mettre au point des moteurs optimisés éthanol, dont le rendement pourrait être considérablement amélioré par rapport à celui des moteurs à essence actuels.

En matière de biocarburants, les constructeurs automobiles français et européens sont en tout cas « moteurs ».

M. Christian Bataille – Je remercie les deux intervenants pour ces exposés fort intéressants et j'ouvre maintenant le débat.

M. Jacques Masurel - Monsieur Douaud, vous avez, à juste titre, vanté les mérites des biocarburants, sans carbone fossile puisqu'issus de la biomasse, mais n'avez pas tenu compte des effets indirects de leur production en matière de rejets de gaz à effet de serre : il faut en effet beaucoup de pétrole pour fabriquer les engrais nécessaires à la culture des

plantes susceptibles d'être transformées en biocarburants.

M. Christian Ngô – Une approche environnementale globale est indispensable car si le diesel émet moins de CO₂ que l'essence, il émet davantage de particules, très nocives pour la santé.

M. André Douaud – Il y a deux ans, j'ai présidé un groupe de travail interministériel chargé d'élaborer des recommandations pour un développement durable des biocarburants en France. Je suis donc bien conscient de la nécessité d'une approche globale mais à chacun ses responsabilités. J'ai bien indiqué que je ne traitais ici que de l'utilisation des biocarburants. La combustion des biocarburants, tout comme celle du bois, n'émet que du CO₂ recyclé, non fossile, si bien qu'elle n'accroît pas la concentration de ce gaz dans l'atmosphère. Cet aspect doit impérativement être pris en compte.

Pour ce qui est du diesel, les moteurs d'hier fumant noir appartiennent au passé. La moitié des véhicules diesel neufs sont équipés de filtres à particules et leurs émissions sont inférieures à celles d'un véhicule à essence. En outre, la nouvelle réglementation Euro 5, qui sera applicable à compter de 2009, ramène les émissions de particules de 25 à 5 mg/km. C'est de fait rendre obligatoires les filtres à particules sur tous les véhicules diesel. A ceux qui objectent que les filtres ne retiennent pas les très petites particules, je réponds que cela est faux. Plusieurs organismes officiels et indépendants, reconnus par l'ADEME, ont démontré que les filtres à particules de première monte filtrent absolument toutes les particules. La dernière étape pour ramener les émissions des moteurs diesel au même niveau que celles des moteurs à essence américains sera l'adoption du nouveau règlement Euro 6 qui permettra de traiter définitivement le problème des émissions d'oxydes d'azote.

Deuxième table ronde

La production des biocarburants de première génération : bilan économique, énergétique, d'émission de gaz à effet de serre et réalité de l'effet d'éviction au détriment des productions alimentaires en France, en Europe et dans le monde

Présidence de M. Jean-Pierre Brard

M. Jean-Pierre Brard – J'ai, pour ma part, été amené à m'intéresser aux biocarburants sous un angle d'attaque très particulier, celui de l'immigration. La ville dont je suis l' élu accueille en effet beaucoup de Maliens, qui viennent dans notre pays poussés par la misère, due, entre autres, à la progression du désert dans le Sahel.

Je suis par ailleurs stupéfait que certains des plus fervents défenseurs des biocarburants par le passés en soient devenus les plus farouches adversaires. Mais sans doute sont-ils mal informés. Pour m'être renseigné sur ces sujets, notamment auprès des autorités maliennes et de représentants vietnamiens et brésiliens, j'ai appris qu'il existait des plantes, comme le jatropha, qui sont sources de biocarburants et qui poussent là où ne le pourrait aucune plante vivrière. Seules ces plantes sont donc à même, au Sahel par exemple, de limiter la désertification et de maintenir l'humidité indispensable pour permettre à l'arrière la culture de plantes vivrières. Cela nous invite à penser les biocarburants de manière globale, l'objectif devant être que chacun puisse y trouver son compte.

Pour le reste, et j'espère que nos tables rondes m'éclaireront, je suis perplexe quant aux définitions données, pas toujours identiques, des biocarburants de première, deuxième ou troisième génération.

M. Hervé Guyomard, directeur scientifique « Société, économie et décision » à l'INRA - Je ne traiterai ici que des agrocarburants de première génération. Tout d'abord, sous l'angle de leur concurrence potentielle avec les productions alimentaires en termes de surfaces cultivées. Aujourd'hui, sur 4,2 milliards d'hectares de terres dans le monde, seul 1,6 milliard est cultivé. Si l'on retire les forêts, les zones naturelles et les emprises humaines, il existe une « réserve » d'environ un milliard d'hectares, d'ailleurs très inégalement répartie. Or, les agrocarburants n'occupaient pas plus de 20 à 25 millions d'hectares en 2006, et ne devraient pas, selon les prévisions de l'INRA et en supposant que tous les objectifs politiques affichés soient atteints partout dans le monde, en occuper plus de 70 à 80 millions en 2020. Il n'y a donc pas de véritable problème de concurrence en termes de surfaces *stricto sensu*.

Pour ce qui est de la répartition des utilisations, en 2005 1,2 milliard de tonnes de céréales étaient destinées à l'alimentation humaine, 750 millions à l'alimentation animale et 68 millions à des usages non alimentaires. A l'horizon 2015, ce devrait être 1,28 milliard de tonnes pour l'alimentation humaine, 850 millions pour l'alimentation animale et de 160 à 200 millions de tonnes pour les usages énergétiques, l'essentiel de la croissance étant dû aux agrocarburants. En termes de stocks, il n'y a donc pas non plus véritablement de concurrence. On pourrait tout au plus en concevoir une pour ce qui est de l'augmentation des utilisations. Et bien sûr, si on raisonne par pays et par culture, par exemple pour le maïs aux Etats-Unis ou le colza en Europe, cette concurrence peut apparaître plus forte.

Les biocarburants sont accusés d'avoir fait augmenter les prix agricoles. Contrairement à ce qui est parfois dit, les instituts de prévision avaient depuis longtemps prévu, sans qu'hélas on ne les croie, une hausse mondiale des prix agricoles - certes moindre

que celle constatée -, du fait de la croissance démographique et du développement de l'urbanisation. La tendance sera donc durable, quelle que soit l'évolution de la croissance mondiale. Cela étant, il est vrai qu'a joué aussi l'augmentation de la demande en biocarburants, surtout aux Etats-Unis avec la production de maïs pour fabriquer de l'éthanol, conjuguée à une diminution des stocks mondiaux, à des accidents climatiques en 2004, 2005 et 2006, à la spéculation, à des réactions totalement désordonnées des Etats, notamment au premier semestre 2008, et à la segmentation des marchés, en particulier entre produits avec et sans OGM. C'est dans ce contexte d'accroissement de la demande et de restriction de l'offre, qui a encouragé la spéculation, que les prix des denrées agricoles se sont envolés.

Quel est, quel sera demain le lien entre les prix agricoles et ceux de l'énergie, particulièrement du pétrole ? Aujourd'hui, partout, y compris au Brésil où la production d'éthanol à partir de la canne à sucre est pourtant la plus compétitive au monde, la demande de biocarburants est soutenue par des aides publiques. Toute la question est de savoir si, vu l'envolée des cours du pétrole, le marché lui-même rendra la production de biocarburants à grande échelle assez rentable, chaque producteur choisissant alors de mettre à disposition sa production à des fins alimentaires ou non alimentaires, si bien que le prix des produits alimentaires se calerait alors sur celui du pétrole. C'est là une grande inconnue. Et n'oublions pas que le prix très élevé du pétrole renchérit les intrants agricoles, en particulier les engrais, ce qui se répercute sur le coût de production des cultures, et donc des agrocarburants.

J'en viens au bilan des politiques publiques de développement des agrocarburants. Sur le plan de la diversification énergétique tout d'abord. Si tous les objectifs politiques affichés dans le monde sont remplis, à l'horizon 2015-2020, 3% à 4% de la consommation de pétrole devraient avoir été remplacés par des agrocarburants.

Sur le plan environnemental en deuxième lieu. En matière d'utilisation de pesticides, d'engrais et d'eau, il n'y a pas de changement par rapport à la culture de produits alimentaires. En revanche, sur un hectare précédemment cultivé en productions à usage alimentaire, le bilan des agrocarburants en matière de réduction des gaz à effet de serre sera positif par rapport à l'utilisation du pétrole. Il peut être plus ou moins positif selon les méthodes employées ; la grande inconnue concerne l'utilisation et le mode de valorisation des coproduits. Mais le principal problème se pose en cas d'utilisation pour les agrocarburants de surfaces qui n'étaient pas cultivées à des fins alimentaires, mais occupées par de l'herbe ou de la forêt : dans ce cas le bilan est négatif quelles que soient les méthodes. Il l'est particulièrement en cas de déforestation.

Quel est ensuite le bilan des politiques publiques sur le plan économique, notamment sur les revenus des agriculteurs ? Sur ce point, mes analyses ne portent que sur l'Union à 15. La croissance de la demande en biocarburants augmente le prix du colza, du blé et de la betterave à sucre, ainsi que, par effet de *speed over*, celui des autres huiles et des autres céréales, ce qui accroît donc le revenu de ces producteurs-là. Elle a en revanche un impact négatif sur celui des plus gros utilisateurs de céréales, à savoir les éleveurs, qui utilisent les céréales pour nourrir leur bétail. Cela étant, le prix des co-produits issus de la transformation des plantes en biocarburants, comme celui des tourteaux de colza, lui, diminue. Toute la question est de savoir si cette diminution contrebalance l'augmentation constatée de l'autre côté. Jusqu'à une incorporation de 5%, le bilan dans l'Union européenne est positif. Au-delà, les éleveurs sont pénalisés, ceux de porcs davantage que ceux de ruminants car ils utilisent plus de céréales.

Que est enfin le bilan sur le plan des politiques publiques générales ? Il faut notamment savoir si le gain environnemental et le revenu supplémentaire procuré aux agriculteurs sont supérieurs au coût supplémentaire supporté par le consommateur final et le

contribuable. Selon nos estimations, le bilan est négatif, le gain pour certains acteurs étant de deux à trois fois inférieur au coût supplémentaire. Dans l'Union à 15, pour un objectif de 5,75% de biocarburants dans les ventes totales de carburants, on peut escompter un bénéfice de 3,2 milliards pour un coût de dix milliards. Il faut donc prendre d'autres critères en considération : la préservation de l'environnement, l'aide à une industrie naissante face à la pénurie possible de pétrole, le soutien à l'emploi. Avec une incorporation à 5,75%, l'INRA estime à 50 000 les créations d'emplois agricoles, l'Union européenne à 120 000. Selon la fourchette retenue, la filière des biocarburants pourrait créer de 40 000 à 150 000 emplois. Il faut souligner que ce bilan est établi dans l'hypothèse d'importations bien régulées. Une autre question est de savoir ce qui se passerait dans le cas d'importations massives, soit d'éthanol en provenance de pays aujourd'hui plus compétitifs, soit de matières premières alimentant la fabrication d'agrocultures en Europe.

M. Bruno Jarry, membre de l'Académie des technologies - L'Académie des technologies travaille plus particulièrement sur les biocarburants depuis un an et demi et a établi un rapport sur le sujet qui devrait être disponible à la fin du mois. L'objectif de ce rapport n'est pas de faire une analyse critique des biocarburants et des politiques publiques afférentes mais d'apprécier l'intérêt des biocarburants de première génération, puis de génération ultérieure, sur le plan de l'indépendance énergétique, de la réduction des émissions de gaz à effet de serre, de soutien à la filière agricole enfin.

Je ne traiterai ici que des biocarburants de première génération. En 2007, quatre milliards de litres d'éthanol ont été produits dans le monde, dont 46% aux Etats-Unis, 41% au Brésil, 4% dans l'Union européenne et 8% dans le reste du monde ; six milliards et demi de litres de biodiesel, dont 75% dans l'Union européenne, 13% aux Etats-Unis, où cette production est en forte croissance, et 12% dans le reste du monde. La production de biocarburants à partir de jatropha commence à frémir en Asie, et se développera peut-être demain en Afrique.

Pour la production d'éthanol à usage énergétique, la France se classe première en Europe, devant l'Allemagne, l'Espagne et marginalement la Pologne. Pour le biodiesel, c'est l'Allemagne qui est première, devant la France et l'Italie.

En 2007, la consommation d'éthanol en Europe s'est élevée à 2,5 milliards de litres, en augmentation de 11% par rapport à 2006, avec 25% d'importations ; celle de biodiesel, en augmentation de 16% par rapport à 2006, à cinq milliards de litres. Les plans européens qui prévoient une incorporation progressive croissante de biocarburants, actuellement en discussion entre la Commission européenne, le Parlement européen et les Etats membres, ont été un succès. Peu de filières industrielles ont connu un tel essor et une telle efficacité en si peu de temps.

La consommation de biodiesel en France, qui était de 1,3 million de tonnes en 2007, devrait doubler en 2008. Celle de bioéthanol, qui était de 426 000 tonnes, devrait, elle, croître de 30% en 2008, ce qui est parfaitement en ligne avec le plan français : notre pays devrait atteindre l'objectif de 5,75% en 2008. La question se pose en revanche à partir de 2009-2010, où le franchissement du seuil de 7% risque de poser des problèmes de réglementation, à la fois européenne et technologique. En outre, les surfaces consacrées à la culture des oléoprotéagineux arrivent à leur limite, à moins de modifier radicalement la répartition des cultures.

Cinquante-trois usines de production de biocarburants ont été agréées en France, qui sont à la pointe de la technologie, tout particulièrement celles dernièrement dédiées au biodiesel, qui font honneur aux ingénieurs français ; pour l'éthanol, production plus ancienne et donc plus mûre technologiquement, des améliorations sont néanmoins intervenues au

niveau du filtrage et de la diminution de la quantité d'énergie nécessaire à la distillation.

En France, on estime à quelques milliers les créations d'emplois, essentiellement en zone rurale, imputables au développement de la filière des biocarburants. Si le plan prévu à l'horizon 2010 est maintenu, cela devrait permettre de réduire de 25% les importations de gazole dans notre pays. De même, les émissions de CO₂ liées aux transports devraient diminuer de 5% d'ici là. Certains coproduits, notamment du biodiesel, étant des produits de substitution au soja, cela devrait aussi permettre de réduire les importations de tourteaux en provenance des Etats-Unis et du Brésil, puisque 2,25 millions de tonnes pourraient être produits dans notre pays en 2010, ce qui représenterait au prix moyen actuel une économie de 500 millions d'euros. Tous ces éléments justifient donc le développement de la filière des biocarburants.

Il y a tout de même quelques points négatifs. Premièrement, l'objectif de 10% fixé par l'Union européenne peut exiger des importations de matières premières en provenance de pays n'ayant pas les mêmes exigences en matière environnementale que l'Europe et les pousser à produire dans des conditions préjudiciables à l'environnement. Deuxièmement, il existe des limites physiques à la production d'oléagineux en France. Troisièmement, on ne peut exclure une forte augmentation des importations d'éthanol en Europe, les coûts de production étant de 50% inférieurs au Brésil.

M. Pierre Cuypers, président de l'Association nationale pour le développement des carburants agricoles (ADECA). Un travail considérable de la Commission européenne a permis l'adoption, en 2003, de la directive favorisant l'incorporation de biocarburants. L'Europe est en effet très vulnérable quant à ses approvisionnements en énergie, d'où l'idée, votée à la quasi-unanimité, d'atteindre un taux d'incorporation en biocarburants de 5,75 % en 2010. Les événements se succédant et le risque grandissant, le Gouvernement français a décidé de porter ce taux à 7% en 2010 pour notre pays. Voilà l'objectif qui nous est fixé. La profession agricole dans son ensemble a pris toutes les dispositions nécessaires pour mettre en place les outils industriels qu'appelle cet objectif. Le prix du baril de pétrole a déjà dépassé ce qu'on croyait possible il y a quelques années, et peut monter demain à des niveaux encore supérieurs. Notre économie dépend de l'ensemble des énergies disponibles.

Affirmer que le monde agricole a la prétention de remplacer le tout-pétrole par des biocarburants est une ineptie. Malheureusement, l'opinion l'a parfois cru, d'où bien des critiques à notre égard. Nous n'avons pas du tout cette prétention, et le « bouquet énergétique », dont Nicole Fontaine, alors ministre déléguée à l'industrie, avait eu l'idée, consiste à additionner les solutions pour demain. Si, par décision politique, la biomasse, et notamment les biocarburants, apportaient 7 % d'indépendance énergétique à notre pays, ce serait fantastique ! Il ne faut pas casser ce mouvement.

A la suite du Grenelle de l'environnement, les critiques se sont accentuées, accusant les biocarburants d'être source de problèmes pour l'ensemble de la société en raison d'une concurrence entre production alimentaire et non alimentaire. Le prix des céréales avait beaucoup grimpé, c'est vrai, mais, aujourd'hui, on n'affirme plus que le coût du blé a une forte incidence sur le prix de la baguette, alors qu'on lui en prêtait beaucoup il y a un an à cause du pétrole : ces analyses ne sont guère équilibrées.

L'Office national interprofessionnel des grandes cultures, après avoir réuni plus d'une centaine d'experts durant plusieurs mois pour analyser cette concurrence entre alimentaire et non alimentaire, a élaboré un document de quatre pages, publié en novembre 2007, selon lequel il n'y a pas concurrence : au contraire, la grande disponibilité de nos sols permet de considérer que nous pouvons, dans le cadre des engagements que le Gouvernement

nous a demandé de respecter, apporter 7 % d'énergie, sans risque pour la consommation humaine.

Quelques chiffres en termes de surface. Notre production représente moins de 2,5% de la surface céréalière, et moins de 12% de la surface betteravière. La filière betteravière nécessite des outils industriels lourds ; or la réforme de l'organisation commune de marché du sucre conduit à réduire nos productions en France, et donc à fermer nos usines implantées en zone rurale. Mais si nous disposons des outils permettant de produire de l'énergie, ces usines pourront être maintenues.

S'agissant des surfaces biodiesel, notre capacité de production d'oléagineux peut aller de 2,100 millions à 2,500 millions d'hectares. Ce sont 500 000 hectares en moyenne – jamais plus – qui sont aujourd'hui nécessaires pour la consommation humaine dans notre pays. Les surfaces sont donc largement suffisantes.

La filière des biocarburants crée des molécules qui sont capables aussi de compenser demain le manque de pétrole pour la fabrication de produits de synthèse. La lipochimie issue des oléagineux peut apporter toute cette chimie verte nécessaire à nos concitoyens.

S'agissant de l'alimentation animale, l'Europe dépend du reste du monde pour plus de 80 % de ses besoins en protéines. Depuis qu'elle produit des biocarburants, La France a réduit ce taux de dépendance à près de 50 %, démontrant la possibilité d'une marge de progrès considérable pour la production de protéines grâce aux biocarburants. Un litre de biocarburants mis sur le marché s'accompagne de 1,5 kg de protéines mis à la disposition du monde de l'élevage. Prétendre que le monde des biocarburants va nuire au monde de l'alimentation animale est donc faux : ils sont au contraire complémentaires, car la production de tourteaux ou de drêches, par exemple, nécessite de réduire la plante pour en extraire la partie liquide utilisée justement pour la production de carburants.

Notre filière est une source nouvelle de créations d'emplois, notamment dans la ruralité confrontée à la désertification. Entre six et dix emplois sont créés pour 1 000 tonnes de biocarburants produits.

Les enjeux économiques sont importants. Quand on consomme une unité d'énergie fossile, on en restitue trois, voire quatre. Les objectifs des filières par le développement des outils industriels seront tels que l'on pourra, pour une unité d'énergie fossile consommée, restituer quatre à cinq unités d'énergie sous forme de biocarburants. Le bilan énergétique est donc positif.

Je conclurai sur deux rendez-vous parlementaires : celui de la loi de finances et celui du Grenelle.

Concernant la loi de finances 2009, des déclarations dans la presse annoncent la suppression progressive d'ici 2012 des avantages fiscaux sur les biocarburants. Or si nous avons pu répondre aux objectifs gouvernementaux, c'est grâce à cet accompagnement fiscal. Nos usines seront entièrement opérationnelles fin 2009, début 2010, et cette aide de l'Etat est essentielle le temps, pour elles, d'amortir leurs investissements. Le montant de la défiscalisation pour une voiture électrique est de 100 %. Les biocarburants, eux aussi, ont besoin d'une marge de manœuvre pour répondre aux objectifs qui nous sont assignés.

Dans le cadre de la « loi Grenelle de l'environnement », vous aurez à débattre des biocarburants – je ne dis pas agrocarburants, mais biocarburants qui, dans la sémantique communautaire, sont issus du mot « biomasse ». Ils ont toute leur place et doivent bénéficier de la sécurité nécessaire aux investissements engagés par l'ensemble des filières dans les deux

secteurs que sont le biodiesel et l'éthanol.

M. Jean-François Loiseau, président du groupe coopératif Agralys, membre du Bureau de Coop de France. Président d'une coopérative, je me présente avant tout comme agriculteur, l'agriculture et le rôle des agriculteurs étant au cœur du débat sur la production de biocarburants. Les coopératives agricoles et les entrepreneurs de France ont répondu au plan d'incorporation de biocarburants : près de 2 milliards d'euros ont été investis dans des outils industriels en France. Certes, on parle beaucoup de la ruralité, mais, que je sache, les usines sont implantées dans les zones rurales et non près des zones citadines.

Sur les 2 milliards d'euros investis depuis cinq ans, un peu plus de 1 milliard l'ont été pour la filière éthanol et un peu moins de 1 milliard pour la filière biodiesel. Ces investissements, répartis sur le territoire – Seine-Maritime, Nord, région marnaise, Alsace, Sud-Ouest et région toulousaine –, ont créé énormément d'emplois : pour la construction d'une usine, 500 à 800 salariés, tous corps de métiers confondus, des hautes technologies aux métiers de base, ont été employés pendant 18 à 24 mois. Il est donc important de souligner que la filière agricole et agro-industrielle a participé au développement et à la création de ces emplois grâce à ces travaux gigantesques.

Ces usines, pour la plupart en fonctionnement, participent aujourd'hui au maintien ou au développement d'à peu près 100 à 150 emplois directs par outil industriel. Les emplois indirects se trouvent dans la maintenance, mais aussi les transports – acheminement des céréales, départ des produits finis (biodiesel et bioéthanol), évacuation des coproduits vers les filières animales. Ces coproduits vont principalement en Bretagne, dans les pays de la Loire, en Angleterre et dans le Benelux. Il n'y a pas d'opposition entre filière céréalière et filière animale. En effet – et sans prendre part au débat très passionné sur les OGM –, grâce au plan biocarburants 2010, toutes filières confondues, ce sont 20 % de soja que l'on n'importe plus d'Argentine ou des Etats-Unis, soit 20 % de drêches et de produits riches en protéines qui sont produits sur des sols français pour nos filières animales.

J'en viens aux pratiques agricoles.

Les filières biocarburants ont des pratiques propres issues d'une démarche de progrès : produire plus et mieux.

En 20 ans, pour un hectare de blé ou de maïs, avec un rendement en augmentation de 35 à 50 %, à peu près 20 % d'engrais en moins ont été consommés, ce taux atteignant 33 à 35 % sur les six dernières années. L'explication tient dans l'utilisation de nouvelles techniques propres, utilisant des intrants au bon moment quand les technologies le permettent. Un exemple. Auparavant, on faisait un apport d'engrais, d'azote, dans un champ de blé au 15 février. Aujourd'hui, grâce au satellite Spot, on utilise des images satellites sur certaines grandes régions céréalières. Dans la coopérative que j'ai l'honneur de représenter, les parcelles des agriculteurs sont repérées sur ces photos et, en fonction d'indices de colorimétrie, on peut leur dire s'ils doivent ou pas rajouter de l'azote sur leurs champs, d'où un fractionnement des apports d'azote. *In fine*, on arrive à démontrer – conformément à la méthodologie de calcul du bilan environnemental et énergétique, validée par toutes les parties, pouvoirs publics et instituts, lors du comité opérationnel biocarburants du 27 mars dernier – que le bilan environnemental de ces filières biocarburants est de l'ordre de 60 % à 65 % de rejets de CO₂ en moins. Et ce grâce à l'utilisation de la photosynthèse et du cycle vertueux de la plante.

Le bilan énergétique a souvent été jugé mauvais. Mais en comparaison avec les outils industriels brésiliens et américains, les schémas sont totalement différents. L'usine brésilienne, en plein milieu d'un champ de canne à sucre de plusieurs centaines d'hectares,

utilise l'enveloppe du sucre, la fameuse bagasse, pour produire de l'énergie : bilan énergétique très positif. Les Etats-Unis ont beaucoup utilisé des centrales à charbon : bilan énergétique mauvais. En France, en utilisant maintenant la cogénération et des techniques de plus en plus propres, nous arrivons à démontrer que le bilan énergétique est de 1 à 3 en faveur des filières biocarburants, principalement du bioéthanol.

En conclusion, la production de carburants agricoles en France a souvent été présentée comme une aide apportée à l'agriculture pour sortir de la libéralisation des marchés, mais elle n'est pas que cela. Biocarburants égalent outils industriels, relocalisation industrielle, emplois, écologie et débouchés supplémentaires pour les filières agricoles. Il n'est pas inutile de rappeler que nous avons besoin de filières bien développées pour améliorer le revenu agricole.

M. Jacques Blondy, responsable du développement agricole au sein de la direction stratégie-développement-recherche de la branche raffinage-marketing de Total. Permettez-moi d'évoquer un sujet plus politique. Vos collègues parlementaires européens examinent actuellement deux propositions de révision de directives. La première est la directive sur la qualité des carburants, qui inclut également des spécifications visant les taux d'incorporation des biocarburants, dont M. Douaud a souligné l'importance pour les constructeurs et le fonctionnement des moteurs. La deuxième est la directive de 2003 sur le développement des énergies renouvelables, évoquée par Pierre Cuypers, dont la révision est en cours d'examen au Parlement européen et sur laquelle pas moins de 1 400 amendements ont été déposés. C'est dire l'intérêt et les débats très animés que suscitent les biocarburants aujourd'hui.

Ces deux directives en cours de révision comportent aujourd'hui des divergences sur les recommandations et les obligations à respecter en termes de taux d'incorporation. Nous serons donc confrontés, dès l'année prochaine, M. Douaud l'a souligné, à l'impossibilité de respecter les objectifs qui nous ont été assignés par le Gouvernement.

Les nouvelles directives vont-elles tout changer ? Non. Une fois de plus, la nouvelle proposition de directive sur la qualité des carburants ne fixe pas les mêmes objectifs et n'utilise pas les mêmes moyens de mesure que la nouvelle proposition de directive sur les énergies renouvelables. Je vois dans cette confusion réglementaire une des entraves au développement régulier des biocarburants. Non seulement des divergences graves sont constatées dans la conception des directives, mais leur traduction fait apparaître, d'un Etat membre à l'autre, des différences très sensibles qui conduisent à une balkanisation du marché européen. Alors que les marchés des carburants étaient les mêmes partout en Europe, ils tendent à devenir segmentés, fragmentés. Comment fait-on pour alimenter un poids lourd qui doit traverser l'Europe avec des réglementations qui deviennent, finalement, régionales ? C'est une difficulté supplémentaire sur laquelle il faudrait attirer l'attention du Parlement européen et de la présidence française de l'Union européenne.

M. Jean-Pierre Brard, vice-président. L'objectif de notre rencontre d'aujourd'hui est de structurer notre réflexion pour aller plus loin. Si c'est le cas, nous aurons eu un débat utile, documenté, non polémique, permettant de préparer les décisions politiques pertinentes. Vous évoquiez les directives européennes, mais nous savons le rôle joué par les débats nationaux dans un domaine où l'objectivité, la rationalité ne sont pas toujours au rendez-vous.

(La séance, suspendue à seize heures, est reprise à seize heures vingt-cinq sous la présidence de M. Jean-Yves Le Déaut.)

Troisième table ronde

Les filières de seconde et troisième générations : apport par rapport à la première génération en termes de bilan économique, énergétique, d'émission de GES, et état d'avancement de chacune des technologies.

Présidence de M Jean-Yves Le Déaut

M. Jean-Yves Le Déaut, président. . Nous devons faire le point sur les biocarburants de deuxième, voire de troisième génération – encore faudrait-il définir ces derniers –, décrire dans leurs principes les technologies en jeu et présenter les projets en cours en France. C'est une problématique récente du domaine des biocarburants qui n'avait guère été évoquée en tant que telle lors de la précédente audition publique organisée par l'OPECST sur le même thème en juillet 2004. A l'époque, l'initiative en revenait à Claude Birraux et à moi-même, puisque nous avons produit en 2001, au nom de l'Office, un rapport sur les perspectives techniques des énergies renouvelables dans le cadre de la préparation de la loi sur les orientations énergétiques.

Monsieur Olivier Appert, vous êtes président de l'Institut français du pétrole, qui travaille à la mise au point de diverses technologies possibles, aussi bien pour obtenir du bioéthanol que du biodiesel. Vous allez nous dresser un panorama des différentes filières de deuxième génération. Peut-être allez-vous nous donner la définition des biocarburants de troisième génération : s'agit-il des filières BTL – *biomass to liquid* – qui correspondent à un saut technologique dans la fabrication des biocarburants ? Merci de nous indiquer les enjeux, la problématique et le rôle de l'IFP dans ce domaine.

M. Olivier Appert, président de l'Institut français du pétrole. Il règne en effet un certain flou dans les définitions : il existe des biocarburants de deuxième génération, de troisième génération et même de génération 1,5. Ces filières couvrent des procédés très différents, dont les niveaux de développement et les échéances de déploiement sont très différents.

S'agissant des biocarburants de deuxième génération, je me restreindrai à cette définition simple : il s'agit de produire des biocarburants à partir de matières premières non alimentaires. Ce sont des matières premières lignocellulosiques, c'est-à-dire du bois, des déchets de bois et des déchets de production agricole.

La deuxième génération comprend deux filières : une voie biochimique et une voie thermochimique, qui correspondent à des modèles économiques et de développement différents. La voie biochimique consiste à transformer les matières premières en sucre, puis en éthanol, selon diverses phases : un prétraitement, une hydrolyse, une fermentation et une distillation. La voie thermochimique donne du diesel, avec des étapes différentes : un prétraitement, une gazéification, un traitement de gaz, une conversion Fischer-Tropsch et, enfin, une finition.

La troisième génération, dont on parle de plus en plus, concernerait plutôt le développement de biocarburants à partir d'autres matières premières, notamment les algues.

Je rappellerai très sommairement les avantages des filières de deuxième génération, puis j'en exposerai les conditions générales de développement.

Les avantages sont connus. D'abord, il n'y a pas de concurrence entre usage alimentaire et usage énergétique. Ensuite, on vise des rendements à l'hectare qui sont

supérieurs. Aujourd'hui, le biodiesel première génération a un rendement de l'ordre d'une « tonne équivalent pétrole » (TEP) à l'hectare, celui de l'éthanol est supérieur selon qu'il s'agit de blé ou de betterave. Avec les biocarburants de deuxième génération, on vise des rendements de l'ordre de 2 à 4 TEP à l'hectare, pour une production de biomasse, c'est-à-dire de matières premières lignocellulosiques, de l'ordre de 10 à 20 tonnes de matières sèches à l'hectare.

Autre avantage : un bilan environnemental favorable, avec une réduction de 70 à 90 % des émissions de CO₂ par rapport aux carburants classiques, essence et diesel.

Un dernier avantage est mis en avant : les faibles entrants agricoles, en particulier dans le cadre des produits forestiers.

Rappelons-nous toutefois que les technologies nouvelles présentent tous les avantages tant qu'on n'a pas étudié attentivement les inconvénients, et que, comme disait Turgot, « moins on sait, moins on doute ».

Que peut-on dire des modèles économiques des deux filières de biocarburants de deuxième génération ? Tout d'abord il faut prendre en compte le coût de la logistique de la matière première qui est *a priori* élevé. Ce sont des millions de tonnes de matières premières lignocellulosiques qu'il va falloir mobiliser. D'où la nécessité de structurer les filières amont pour optimiser les conditions de ramassage de cette matière première.

Le modèle économique de chacune des deux filières est *a priori* différent car leur intensité capitalistique est différente. Pour la voie biochimique, le modèle économique est comparable à celui de la filière éthanol de première génération : on imagine des unités de petite taille, qui seraient accolées à des distillations d'éthanol existantes ou à construire. Pour la voie thermochimique, la gazéification étant un investissement très lourd, l'effet d'échelle est important. Dans certains scénarios de développement en Allemagne, on parle de quelques unités – trois ou quatre – de gazéification qui seraient approvisionnées à partir d'unités de prétraitement, pyrolyse ou torréfaction, de petite taille, réparties sur le territoire, et permettant de limiter le coût de la logistique.

Quelles sont les étapes de développement d'une filière ?

Les deux filières de deuxième génération sont composées d'un certain nombre de briques unitaires, qui sont actuellement soit au stade du laboratoire, soit au stade de l'unité pilote. Mais pour développer une filière, il est nécessaire de passer au stade de l'unité de démonstration, puis à la première exploitation industrielle, avant de pouvoir aborder enfin le déploiement. Or trop souvent, les gens qui présentent leurs expériences réalisées en laboratoire en concluent que la technologie est disponible et qu'elle se déploiera dès demain.

A l'IFP, nous avons pratiquement toutes les briques au niveau des laboratoires et aussi certaines unités qui ont été développées au stade de l'unité pilote, notamment dans la filière biochimique. En effet, nous avons travaillé sur cette filière dès les années 80, avec, en particulier, une unité d'hydrolyse enzymatique installée dans les Landes.

L'enjeu des projets actuellement en cours, dans lesquels l'IFP est très impliqué et souhaite jouer un rôle très actif, est de s'assurer qu'il y a un enchaînement adéquat de l'ensemble des briques, de façon à produire un carburant aux spécifications requises, c'est-à-dire compatible avec les moteurs, à un coût optimisé, tout en réduisant les impacts environnementaux. Cette démarche de recherche et développement est complexe. Il faut tester la variabilité des matières premières, examiner leur disponibilité, réaliser des optimisations pour réduire les coûts, très élevés, notamment les coûts d'investissement et de fonctionnement, et valoriser aux mieux les sous-produits. Il est également nécessaire de

réaliser des études dès maintenant – au lieu d'avoir à le faire dans l'urgence comme cela a été le cas pour les biocarburants de première génération –, à savoir des bilans socioéconomiques sur le caractère durable de l'utilisation des sols et sur la compétitivité par rapport aux alternatives, le bilan en émissions de gaz à effet de serre, l'analyse du cycle de vie. Voilà l'ensemble des étapes à réaliser dans le cadre de ces démarches de R & D.

Le calendrier ? Même si les briques sont disponibles, au stade du laboratoire ou de l'unité pilote, le déploiement de ces deux sous-filières n'est envisageable qu'au milieu de la prochaine décennie. M. Jeanroy précisera l'échéancier que nous envisageons pour le déploiement de la filière biochimique, pour laquelle une décision a été prise et un projet lancé. En ce qui concerne la voie thermochimique, l'échéancier est du même ordre de grandeur.

En Europe, les milieux agricole, industriel et pétrolier travaillent sur ces filières. Je peux dire, vous renvoyant à une fiche en ligne sur le site de l'IFP qui fait le point des divers pilotes en Europe et aux Etats-Unis en matière de biocarburants de deuxième génération, qu'il y a une concurrence forte au sein de l'Europe, et entre l'Europe et l'Amérique du Nord. Que le meilleur gagne ! Nous ne sommes pas en retard, mais nous ne sommes pas en avance non plus. Il est donc urgent de prendre le départ, et résolument.

Quelles sont les perspectives ? Les biocarburants de deuxième génération sont l'objet d'un certain nombre de fantasmes : on imagine qu'ils vont être disponibles sous peu, et que prétendre le contraire signifie qu'on n'y croit pas ou qu'on veut tuer ces filières. La « maturité industrielle » implique pourtant des délais.

L'Agence internationale de l'énergie a développé des scénarios technologiques ambitieux de façon à respecter le facteur 2 au niveau mondial en 2050, et donc le facteur 4 pour les pays industrialisés. Dans des scénarios agressifs, elle estime qu'en 2050 les biocarburants de deuxième génération pourraient représenter 15 à 20 % de la consommation d'énergie dans le monde. Les biocarburants de troisième génération ne représenteraient pratiquement rien, considérant qu'ils sont encore en phase prospective. A échéance 2030, en phase de montée en puissance, la contribution des carburants de deuxième génération à l'approvisionnement énergétique du transport serait de l'ordre de 3 à 5 %. Ce sont des objectifs que nous partageons, et pour les atteindre, il faut développer très rapidement les divers projets en cours de lancement ou de réalisation en France. Quant aux biocarburants de première génération, ces chiffres seraient de l'ordre de 3 % à 5 %.

M. Jean-Yves Le Déaut, président. Monsieur François Moisan, l'ADEME s'est vu confier un fonds dédié à la mise en place de démonstrateurs. Pouvez-vous faire le point sur ce dispositif de soutien et sur les projets de démonstrateurs retenus ? On connaît le projet Futurol consacré à la voie biochimique ou enzymatique. Où en est-il, va-t-il aboutir au milieu de la décennie ? Où en est l'autre projet, celui qui devrait naître à Bure, au sein de la zone d'accompagnement économique prévue autour du laboratoire des déchets radioactifs ? Toutes les parties sont-elles en phase ou subsiste-t-il des incompréhensions qu'il faudrait régler au niveau national ?

M. François Moisan, directeur de la stratégie et de la recherche de l'ADEME. L'appel à manifestation d'intérêt sur les biocarburants du « fonds démonstrateurs de recherche » ayant été clos ce matin, à zéro heure, je ne pourrai pas répondre à toutes vos questions.

Que vise ce « fonds démonstrateurs de recherche » et qu'est-ce qu'un « démonstrateur » ?

C'est une expérimentation qui permet de valider une technologie en rupture, ou une option, à la plus petite échelle possible, compatible avec les conditions réelles de fonctionnement. Compte tenu des montants alloués à ce fonds qui couvre tout un ensemble de thématiques, l'objectif est de pouvoir valider une technologie dans sa dimension de performance technologique, mais aussi organisationnelle, voire sociale, des expérimentations étant possibles dans le tissu urbain sur la thématique transport, par exemple. Si c'est un procédé, l'échelle un dixième suffit en général comme ordre de grandeur pour s'affronter aux conditions réelles de fonctionnement. S'il s'agit d'un produit comme une automobile, c'est l'échelle 1.

Ce fonds « démonstrateurs », voulu à la suite du Grenelle de l'environnement et confié à l'ADEME, vise les nouvelles technologies de l'énergie. Pourquoi est-il limité à ce champ ? La réduction de facteurs 2 et 4 selon les différentes zones du monde est un objectif à échéance 2050. Echéance certainement trop lointaine pour que les signaux économiques soient perçus des acteurs et que les marchés soient assez proches pour permettre aux entreprises de s'engager dans des stratégies industrielles. Néanmoins, les technologies devront être disponibles en 2025-2030 pour pouvoir pénétrer non seulement les marchés mais aussi les parcs, et rendre possible en 2050 cette nécessaire transformation de nos modes de production et de consommation.

Un mot sur la gouvernance du fonds. Il est doté de 400 millions d'euros pour quatre ans, soit 100 millions par an, pour les nouvelles technologies de l'énergie. Celles-ci recouvrent les énergies renouvelables, y compris les biocarburants, les transports, notamment les véhicules à faible émission de gaz à effet de serre, les bâtiments, les réseaux énergétiques du futur, le captage et le stockage du CO₂. Ce fonds est géré par l'ADEME. Le comité de pilotage rassemble les trois ministères chargés de l'écologie, de l'enseignement supérieur et de la recherche, et de l'économie. Le comité consultatif rassemble ces ministères et des personnalités qualifiées.

Le système d'aide utilisé sera l'aide à la recherche et au développement, conforme à l'encadrement communautaire des aides d'Etat aux entreprises. Le comité de pilotage demande à l'ADEME de réaliser une feuille de route dans la filière considérée, laquelle identifie le besoin de mettre en œuvre un ou plusieurs démonstrateurs. Puis, avec l'appui d'experts extérieurs à l'ADEME, nous préparons un appel à manifestation d'intérêt qui est publié. Celui sur les biocarburants a été publié le 25 juillet et clos hier soir.

Qu'est-ce qui est plus spécifiquement visé ?

L'ancienne agence de l'innovation industrielle ayant déjà pris l'engagement d'un démonstrateur de recherche pour la filière biologique, avec Futurol, dont le financement est pris en compte dans le fonds, nous avons ciblé cet appel à manifestation d'intérêt sur la voie thermochimique avec deux volets : soit la réalisation de carburants liquides avec les processus de préparation de la biomasse – gazéification, épuration des gaz et Fischer-Tropsch -, soit la préparation de gaz naturel synthétique à usage de carburants pour véhicules.

Les verrous technologiques visés dans cet appel à manifestation d'intérêt sont la collecte et la préparation de la biomasse, la gazéification et la purification des gaz, et le rendement carbone énergétique global. Car ce qui est visé à travers ces démonstrateurs de recherche, c'est aussi l'amélioration de la performance globale des procédés.

Ce démonstrateur de recherche fait suite au Programme national de recherche sur les bioénergies, financé par l'Agence nationale de la recherche et mis en œuvre par l'ADEME avec 32 projets et 23 millions d'euros d'aides pendant quatre ans.

Nous allons expertiser les projets qui auront été proposés et pensons pouvoir

prendre une décision d'engagement d'ici à la fin 2008. Si l'aide individuelle à une entreprise est supérieure à 7,5 millions d'euros, il est nécessaire d'attendre une réponse positive de Bruxelles, à qui le projet doit être notifié, pour engager les crédits. Si l'aide est inférieure à 7,5 millions, nous pouvons engager le projet sans notification de Bruxelles, une information étant nécessaire à partir de 3,5 millions.

M. Jean-Yves Le Déaut. Je ne sais pas comment vous avez rédigé l'appel à manifestation d'intérêt, mais il y avait à la fois un problème de démonstrateur de plus grande capacité et des problèmes de pilotes industriels de plus petite capacité. M. Tillous-Borde de SOFIPROTEOL m'avait indiqué qu'ils étaient, eux, plutôt candidats à des petits pilotes industriels, l'un pouvant se situer à Compiègne et l'autre dans la région Centre.

M. François Moisan. Dans le mot démonstrateur de recherche, le terme « de recherche » a été demandé à notre conseil d'administration par le ministère de la recherche pour préciser que nous ne sommes pas à une échelle préindustrielle, mais plus en amont, sachant qu'après l'expérimentation, il y aura des retours sur la recherche et le développement.

M. Jean-Yves Le Déaut. Monsieur Ghislain Gosse, vous qui êtes président du centre INRA de Lille, quelle sera la place de l'INRA dans l'effort de recherche sur la biomasse de deuxième génération ?

M. Ghislain Gosse, chargé de mission carbone renouvelable à l'INRA. L'effort de l'INRA sur ces questions porte sur trois grands thèmes : la ressource, les processus de conversion, essentiellement par les voies biologiques, et l'approche systémique en termes de bilans environnemental, économique et social des biocarburants de deuxième génération.

Premièrement, la ressource. Des terres sont certes disponibles, mais elles feront, demain, l'objet d'une pression supérieure, et leur mise en valeur aura un coût accru. S'agissant du développement des biocarburants de deuxième génération, il nous faut donc raisonner en termes de performance par unité de surface. Deux solutions: soit on élargit l'assiette, en mobilisant l'agriculture, la forêt, les déchets urbains, soit on change l'approche au niveau des rendements en travaillant sur la plante entière et non uniquement sur les organes de stockage. Un dénominateur commun à ces deux approches : la lignocellulose. Chimiquement, c'est un tiers de lignine, un tiers de cellulose, un tiers d'hémicellulose.

Quelles sont les questions clé en matière de ressource ?

D'abord, les rendements. En se limitant à des cultures annuelles, les rendements seront de 10, 15 ou 20 tonnes de matières sèches à l'hectare. En passant à des systèmes pérennes, c'est-à-dire se reproduisant d'une année sur l'autre, les rendements peuvent aller jusqu'à 25, voire 30 tonnes à l'hectare. La difficulté sera l'insertion de ces systèmes pérennes, les plus performants en matière de rendements et d'environnement, dans nos systèmes agricoles européens essentiellement basés sur des rotations, sur des cultures annuelles. C'est un des défis en matière de recherche.

Deuxièmement, la qualité de la matière première et son adéquation au process. Pour la deuxième génération, avec les procédés biologiques, il s'agira d'obtenir une matière première avec un minimum de lignine, plus de cellulose et plus d'hémicellulose, et une imbrication moindre entre lignine, cellulose et hémicellulose, c'est-à-dire plutôt des plantes du genre herbe. Avec les voies thermo-chimiques, il s'agira plutôt d'augmenter la lignine, le

bois, afin d'obtenir des PCI supérieurs. Un aiguillage est donc possible en matière de biotechnologies vertes.

Autre point clé pour la mobilisation de la ressource : la logistique. Olivier Appert l'a souligné, la taille de l'outil industriel et le process vont déterminer la taille du bassin d'approvisionnement, alors que nous allons travailler avec une biomasse à faible densité énergétique. La question de la récolte ou de la densification de la matière est un élément important.

Le process se compose de plusieurs étapes : un prétraitement de la matière première qui va consister en un éclatement entre lignine, cellulose et hémicellulose, une hydrolyse enzymatique pour ramener les sucres composés en sucres simples, puis la fermentation. Les deux premières étapes, prétraitement et hydrolyse, concentrent nos efforts en matière de recherche et développement, notamment dans le cadre du programme Futurol, car la qualité du prétraitement va induire la qualité des différentes matières premières, cellulose et hémicellulose – selon qu'on aura, ou non, généré des inhibiteurs de fermentation ou des produits secondaires compliquant la fermentation. Cette dernière en revanche relève d'un process relativement classique.

Considérons l'impact environnemental des biocarburants de deuxième génération. Premier intérêt : en termes de bilan de gaz à effet de serre, l'utilisation des engrais azotés sera moindre. Deuxième intérêt, celui de tout système pérenne comme les prairies permanentes ou les forêts : la séquestration du carbone dans les sols. En introduisant des systèmes pérennes dans nos systèmes agricoles, nous tendrons à avoir quelque chose qui ressemble à des prairies en termes de stockage de carbone, donc des systèmes très performants.

Comment se situent ces carburants de deuxième génération par rapport à la première ? Sur la voie biologique dans laquelle l'INRA est engagée, nous nous insérons directement, en liaison avec ce qui est fait pour la première génération, sur la production d'éthanol. Pour la culture de la canne à sucre aujourd'hui, ce sont à peu près 4 tonnes de CO₂ évités par hectare, contre 5,5 tonnes pour la betterave. Si la canne à sucre est si intéressante aujourd'hui, c'est parce qu'on valorise autre chose que le sucre : la bagasse. En travaillant sur la plante entière, jusqu'à 8 tonnes de CO₂ peuvent être évités par hectare. Notre logique de raisonnement est l'approche systémique autour des sucreries-distilleries ou des amidonneries-distilleries dans lesquelles nous pourrions, dans un premier temps, greffer au mieux ces unités biologiques de carburants de deuxième génération. On peut aller plus loin : l'extraction du sucre de la betterave donne, d'une part, du jus sucré, d'autre part, de la pulpe qui, chimiquement, est de la cellulose pure. Nous n'avons pas de prétraitement à faire : avec ce système pratiquement modèle, nous ferons de l'hydrolyse et de la fermentation. C'est dans cette logique que nous insérons cette réflexion deuxième génération pour greffer directement ces unités biologiques sur des unités de première génération.

M. Jean-Yves Le Déaut, président. Monsieur Alain Jeanroy, la Confédération générale des planteurs de betteraves soutient le projet Futurol. Comment allez-vous concilier première et deuxième générations, vous qui produisez déjà de la première génération ?

M. Alain Jeanroy, directeur général de la Confédération générale des planteurs de betteraves. Je vais faire un exposé sur le projet Futurol en vous présentant plusieurs visuels.

Le projet est porté par trois groupes de partenaires. Ce sont d'abord les acteurs de la R&D : l'INRA, l'IFP, le groupe Lesaffre et ARD qui est un organe financé par des coopératives agricoles. Ensuite les acteurs industriels : Tereos et Champagne Céréales, déjà présents dans la première génération, le groupe Total qui est notre partenaire dans le

développement de la première génération, et l'Office national des forêts comme source de matières premières ultérieures. Viennent enfin les acteurs financiers que sont le Crédit agricole Nord-Est, la CGB et Unigrains qui est un organisme financier des céréaliers.

La méthodologie de développement se fait en quatre étapes : laboratoire, pilote de recherche, prototype et industrie.

Le calendrier : nous avons cinq ans avant le *stop and go*, pour savoir si la construction du pilote s'est bien passée et si nous pouvons passer à l'exploitation industrielle. Celle-ci ne pourra commencer avant 2016, dans huit ans donc. M. Appert l'a souligné, il est important de dire que ce n'est pas pour demain. Cela étant dit, nous ne sommes pas en retard en Europe sur ces technologies.

Le site du projet FURUROL est basé à Pomacle-Bazancourt, près de Reims.

Le budget global, réparti sur huit ans, s'élève à 74 millions d'euros. Une part prépondérante du financement, environ la moitié, revient à OSEO, le reste incombant aux trois groupes de partenaires. C'est un investissement lourd, avec tout ce que compte la France comme spécialistes de cette filière.

Aujourd'hui, tout concourt à prouver l'utilité de la première génération. Selon M. Bauquis, les biocarburants feront partie du bouquet énergétique de demain. M. Appert nous a annoncé que la première génération, à moyen et long termes, représenterait encore à peu près 50 % des débouchés au niveau mondial. M. Guyomard nous dédouane de la crise alimentaire, en démontrant la disponibilité des surfaces. L'ADEME, dans un rapport publié vendredi dernier, « Regard sur le Grenelle », annonce un bilan positif de la première génération. Selon M. Douaud, « les constructeurs automobiles sont moteurs ». Enfin, M. Gosse explique qu'on peut déjà faire passer des plantes de la première à la deuxième génération, citant la betterave dont la pulpe, si elle était transformée en électricité par méthanisation, par exemple, permettrait d'approvisionner 70 % des sucreries – elle est actuellement valorisée en alimentation animale –, sachant que la bagasse représente 150 % de l'énergie de la sucrerie.

En clair, nous aurons besoin de cette première génération et il faut inscrire la deuxième dans le prolongement de la première : nous allons partir des unités existantes et le process industriel sera le même. Nous travaillerons sur des sites industriels existants, et améliorerons la performance de la première génération pendant les huit années, avant d'arriver à cette deuxième génération en diversifiant la matière première, avec du miscanthus par exemple. Mais pour l'instant, le rendement énergétique d'une betterave est supérieur à celui du miscanthus.

S'agissant du bilan environnemental, avec la nouvelle méthodologie définie par l'ADEME lors du Grenelle de l'environnement, ce sont 60 % de CO₂ en moins – à comparer aux 90 % cités par Olivier Appert pour la deuxième génération. De 60 %, nous passerons à 75% si nous faisons de la cogénération dans nos unités actuelles, c'est-à-dire si nous brûlons de la paille, par exemple, au lieu du gaz et autres matières fossiles.

La première génération doit continuer à vivre et à s'améliorer pendant au moins dix ou quinze ans, nous en avons besoin actuellement, et nous ne comprenons pas pourquoi elle fait l'objet de mesures qui lui sont défavorables. L'éco-pastille a été évoquée. Il est inimaginable de taxer un véhicule *flex fuel* autant qu'un véhicule qui consomme de l'énergie fossile ; j'espère que ce signal, très négatif, sera corrigé d'ici à la fin de l'année.

Dernier point : la fiscalité des carburants en 2008. Considérons le tableau des TIC brutes en euros par hectolitre – taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques – pour chaque carburant : 60,23 euros par hectolitre pour le SP 95, 60,23 pour l'éthanol, 42,58

pour le gazole, 5,99 pour le GPL et 0 pour le GNV. En équivalent euros par gigajoule, l'éthanol paie quasiment autant de taxes que le SP 95, plus que le gazole, contrairement aux idées reçues, et plus que le GPL et le GNV qui sont composés d'énergies fossiles.

Un autre tableau sur la taxation par unité énergétique en euros par gigajoule, indique, en vert, ce que rapporte l'éthanol à l'Etat – 15,6 en 2008 –, et en rose ce que rapportent le SP 95, le gazole, le GPL et le GNV, respectivement 18,6, 12,0, 2,4 et 0,0. Vous le voyez, nous contribuons dans une bonne mesure aux finances publiques... Et voilà qu'on nous propose, pour l'éthanol, de passer à 20,3 en 2009, 21,3 en 2010, 23,1 en 2011, voire à 28,3 en 2012 ! A horizon 2012, nous serions taxés 50 % de plus que le SP 95, ce qui n'est pas jouable. Nous l'avons dit : de 15,6, nous pourrions aller jusqu'à un niveau équivalent à celui de l'essence, mais certainement pas au-delà.

M. Jean-Yves Le Déaut. M. Bodo Wolf va maintenant nous présenter le dispositif mis en place par la société Choren, à Freiberg, en Saxe. Il est l'inventeur du procédé de gazéification et le fondateur de la société Choren, aujourd'hui contrôlée par le groupe Shell. M. Nikolaus Weber, ingénieur au cabinet MSW, qui contribue depuis longtemps à la mise en valeur industrielle du procédé du docteur Wolf, va servir d'interprète.

M. Nikolaus Weber. Avant la réunification allemande, le docteur Bodo Wolf avait la responsabilité technique des activités de gazéification des lignites et un poste de directeur technique à l'Institut des carburants en RDA. A peine le mur de Berlin tombé, il crée en 1990 sa société UET, devenue Choren en 2003. Il est donc le père fondateur de la société Choren qui a développé et mis en œuvre un site de démonstration et de production de biocarburants en Allemagne.

Puis il a passé le contrôle de cette société à un groupe industriel dans lequel Shell, Volkswagen et Daimler sont minoritaires, la majorité étant détenue par un groupe d'hommes d'affaires hambourgeois. A présent totalement indépendant de Choren, il a créé récemment une nouvelle entreprise pour aller au-delà de la technologie de Choren.

M. Bodo Wolf. Voilà plus de cinquante ans que je travaille dans le métier du charbon et de l'énergie. Aujourd'hui, la gestion de l'énergie est généralement menée dans un périmètre de bilan qui est la Terre. Mais si l'on veut répondre à l'enjeu qui nous est posé, il est indispensable d'élargir le périmètre du bilan : le périmètre du bilan de la nouvelle gestion énergétique, c'est le soleil et le cosmos, dans lequel la Terre n'est qu'un transformateur d'énergie. Dans le passé, la Terre nous a fourni les énergies primaires – charbon, pétrole, gaz naturel et combustible nucléaire ; elle nous livrera, dans l'avenir, des énergies renouvelables et de la biomasse. Shell prédit que, d'ici à 2060, les ressources en énergies primaires traditionnelles – charbon, pétrole, gaz naturel et combustible nucléaire – ne permettront plus que de couvrir un tiers des besoins énergétiques mondiaux.

Chaque élément de la matière terrestre formant un composé chimique avec d'autres éléments peut être considéré comme une ressource d'énergie. Cela peut concerner tous les éléments de la classification périodique. Mais la transformation chimique par l'entremise du soleil s'effectue de manière privilégiée avec les éléments carbone, hydrogène et oxygène.

Le cycle naturel du carbone est caractérisé par deux étapes principales, la photosynthèse et la décomposition, avec les produits intermédiaires que sont, d'une part, le dioxyde de carbone et l'eau, et, d'autre part, la biomasse.

Quelle biomasse et quelle quantité de biomasse pouvons-nous utiliser pour la production de biocarburants, tout en évitant les conflits avec la filière alimentaire ? Il faut se limiter à valoriser la biomasse qui, autrement, se décomposerait, serait perdue, et éviter de

réduire le fonds de biomasse de la planète, pour des raisons environnementales et climatiques.

Le système thermodynamique carbone-hydrogène-oxygène décrit scientifiquement les relations réciproques entre ces trois éléments en fonction de la température et de la pression. Tout ingénieur correctement formé en génie chimique et en thermodynamique est capable de faire des calculs thermodynamiques pour prédire de manière scientifique ce qui est faisable et ce qui ne l'est pas.

Ce qui est faisable et déjà réalisé aujourd'hui, c'est la transformation de la biomasse, par gazéification, en gaz de synthèse, puis, par synthèse, en ressources énergétiques chimiques, à savoir du biocarburant renouvelable. Des recherches récentes ont prouvé que la biomasse peut également être transformée, par déshydratation, en « charbon vert », c'est-à-dire du charbon renouvelable. Avec de l'hydrogène et du carbone, on peut également introduire les énergies renouvelables dans la métallurgie, notamment en transformant des oxydes métalliques en métaux. Enfin, lorsque l'on ne peut pas se servir de la biomasse, on peut, à partir du dioxyde de carbone et de l'eau, mobiliser les énergies renouvelables pour obtenir des carburants.

Telles sont les raisons pour lesquelles, il y a dix-huit ans, je me suis attaqué, immédiatement après la Réunification, à la production de carburants renouvelables. Les quatre étapes de la technologie BTL de Choren sont : la préparation de la matière première, la génération de gaz de synthèse, la synthèse, et le produit final : un carburant que peut utiliser la voiture de M. Tout le monde.

Je m'arrête sur la technologie.

En amont, il y a la tâche tout à fait exigeante de la logistique et de la préparation de la biomasse. Les industries papetière et sucrière maîtrisent cela parfaitement.

Une étape importante est de conditionner la biomasse de sorte qu'elle puisse être injectée dans une gazéification à flux entraîné. Le premier étage, dit NTV (*Niedertemperatur Vergasung*), produit un gaz intermédiaire, un gaz goudronné, et du coke. Le gaz intermédiaire NTV est transféré au second étage, dit HTV (*Hochtemperatur Vergasung*) : celui-ci transforme le gaz goudronné, ainsi que le coke pulvérisé qui y est réinjecté, en gaz de synthèse. Ensuite le traitement de ce gaz de synthèse, en vue de le purifier, puis de le transformer en carburant à partir d'un procédé Fischer-Tropsch, redevient tout à fait traditionnel.

En 1998, avec mon équipe, j'ai mis en service un site pilote d'une puissance d'un MW. Cette installation nous a permis de produire, en 2003-2005, 25 tonnes de diesel, entièrement utilisées pour des essais sur moteur par Daimler Chrysler et Volkswagen.

Puis, avec un taux de conversion de *scale up* de 1 à 50, nous avons construit le site BTL « Bêta », à Freiberg, en Saxe. Le schéma du site BTL de Choren vous montre ses différentes zones : préparation biomasse, gazéification, synthèse et raffinage. Il y a également une centrale. La photo vous montre l'usine telle qu'est aujourd'hui. Actuellement, les différents modules, les différents sous-systèmes sont testés.

La coopération avec Shell a été très approfondie, et Choren a décidé d'intégrer entièrement l'expérience de Shell dans ce site qui se situe au niveau le plus élevé au monde s'agissant des standards de sécurité pour les raffineries. Cette mise à niveau Shell a coûté du temps et de l'argent, mais notre site industriel va commencer sa production dans quelques mois.

Quelles sont les perspectives d'avenir ? Choren prévoit, sur son second site appelé « Sigma », une production de 200 000 tonnes de diesel par an. La recherche développement

sera surtout concentrée sur le conditionnement de la biomasse. L'entreprise veut également atteindre les niveaux techniques les plus modernes de la gazéification du charbon.

En résumé, il est possible de transformer de l'énergie renouvelable en ressources énergétiques chimiques, grâce à la nature qui nous fournit les matières premières que sont le dioxyde de carbone et l'eau. Sur ces bases, je suis convaincu que l'on pourra faire face aux exigences de la gestion énergétique de l'avenir.

M. Jean-Yves Le Déaut. Monsieur Paul Lucchese, le CEA a pris l'initiative du programme NTE, dont vous êtes responsable. Pouvez-vous nous indiquer en quoi le procédé de gazéification du docteur Wolf se distingue des autres et quelles retombées scientifiques le CEA attend-il du projet pilote que vous avez présenté ?

M. Paul Lucchese, responsable du programme NTE au CEA. Mon propos sera focalisé sur la gazéification. Les technologies de gazéification diffèrent de celles employées pour l'autre voie, celle de la fermentation. Nous travaillons en mode thermochimique, c'est-à-dire à haute température, ce qui nous entraîne dans les domaines de la thermodynamique, de la cinétique et des hauts rendements.

Je ne m'étendrai pas sur les différentes technologies de gazéification. Une idée fait consensus : les technologies à flux entraîné – passage par un réacteur puis synthèse Fischer-Tropsch – permettront vraiment d'atteindre l'objectif de produire à coût minimal et durablement une quantité massive de biocarburants de deuxième génération. Mais ce choix technologique comporte des contraintes : utiliser du gaz de très haute pureté, travailler sous pression et donc développer des unités de très grande taille afin d'obtenir des économies d'échelle.

Plusieurs modèles économiques sont possibles. Le modèle de Choren correspond à un approvisionnement direct à 100 % en biomasse, avec de très grosses usines. Une variante consiste à décentraliser l'approvisionnement de biomasse en prétraitant celle-ci localement avant de l'acheminer vers de très grandes usines. Pour l'instant, aucun modèle ne s'imposant, il faut poursuivre les recherches.

Les technologies de prétraitement ne sont pas encore totalement au point. Des recherches sont encore nécessaires pour minimiser la perte de masse et d'énergie. La purification des gaz pose encore des problèmes car la biomasse est une ressource assez variable ; certains modèles prévoient même une alimentation mixte, faisant appel à la ressource fossile et à la ressource biomasse. Certaines étapes ne sont pas encore résolues compte tenu du degré de pureté requis pour les gaz.

Plus généralement, en biomasse pure, la possibilité de l'intégration de tels systèmes à très grande échelle n'a pas été démontrée à l'échelle industrielle – le *Beta Plant* aujourd'hui en service reste douze fois plus petit que la taille industrielle. C'est pourquoi nous avons encore besoin de développements et de recherches de base.

En Europe, trois technologies pourraient être adaptées : celles de Choren, de Siemens et d'Air liquide Lurgi. Les deux dernières n'ont jusqu'à présent pas travaillé avec des ressources purement biomasse, mais possèdent une expérience industrielle plus poussée en matière de ressources charbon ou autre.

Des centres de recherche assez conséquents existent en Allemagne, en Finlande et aux Pays-Bas ; ils travaillent généralement sur plusieurs applications. En France, le paysage de la recherche est constitué par l'université et le CNRS, mais aussi par l'Institut français du pétrole, qui s'intéresse à la purification des gaz, au traitement de la biomasse et à l'intégration des systèmes. Quant au CEA, il dispose d'une équipe d'une vingtaine de personnes qui

travaille depuis sept ou huit ans sur les points durs de la gazéification.

Pour adapter ces technologies à un débouché industriel, il faut mener des recherches industrielles ; c'est ainsi qu'une première génération de BTL – *biomass to liquid* – pourra émerger en 2015 ou 2020. Mais, parallèlement, pour préparer les évolutions de cette première génération, nous avons besoin d'identifier des voies de rupture, d'amélioration du rendement masse et du rendement énergie ; or ce champ n'est encore couvert par aucun programme de recherche français. M. Wolf a cité la voie *low thermic*, qui consiste à introduire de l'énergie dans le système pour améliorer le rendement masse. Dans l'exemple de Choren, un million de tonnes de bois produit 150 000 à 200 000 tonnes de biocarburants. L'introduction de torches plasma ou d'hydrogène extérieur permet d'espérer un rendement double ou triple. Mais ces procédés ne sont pas encore au point. Le CEA commence à travailler sur cette thématique mais manque de soutien public, si ce n'est un programme ANR – Agence nationale de la recherche – dont les crédits sont ridiculement bas : 2 millions d'euros par an.

Il est indispensable de structurer la recherche de base française sur la gazéification car nous voyons bien que ce sujet débouchera dans les années à venir. La France possède tous les atouts pour se doter d'une structure de recherche pertinente, en synergie avec les dispositifs européens existants.

Des projets industriels, en cours de montage, visent à mettre sur le marché des produits de première génération entre 2015 et 2020. Cependant, la recherche de base doit se poursuivre. Je signale que le CEA travaille aussi sur les voies de troisième génération, c'est-à-dire les biohuiles et le biohydrogène. Il existe donc un continuum de recherche potentiellement intéressant.

M. Claude Birraux. Eu égard au niveau élevé du prix du pétrole, pensez-vous que les biocarburants puissent devenir compétitifs, par-delà le soutien financier public à la recherche et aux démonstrateurs ?

M. Bodo Wolf. La question de la viabilité économique est constamment posée. Sur les bases du montant d'investissement prévisible et du prix de la biomasse connu – 70 euros par tonne de matière sèche –, pour les sites Sigma, qui produisant 200 000 tonnes par an, nous attendons un prix de revient en sortie d'usine de 60 à 70 cents par litre. L'industrie pétrolière ne continuera pas très longtemps à garantir le niveau de prix actuel du carburant provenant des ressources fossiles. Dès lors, je suis convaincu que la production des carburants renouvelables synthétisés deviendra économiquement viable.

M. Olivier Appert. La rentabilité des biocarburants de première et de deuxième générations dépend de plusieurs paramètres : le coût de la matière première, les possibilités de valorisation de sous-produits, la parité euro/dollar, le coût de la transformation et le coût de l'énergie alternative, c'est-à-dire des produits pétroliers. Les biocarburants de deuxième génération étant en phase de développement, il est beaucoup trop tôt pour pouvoir répondre à votre question, si ce n'est que les coûts devront impérativement être réduits, aussi bien pour la voie biochimique que pour la voie thermochimique, pour ce qui concerne la matière première comme les procédés de transformation. L'Agence internationale de l'énergie évalue le coût actuel des biocarburants de deuxième génération dans une fourchette de 0,8 à 1 dollar par litre, soit un niveau non compétitif avec les produits concurrents ; à l'échéance 2050, elle se fixe pour objectif de descendre entre 0,5 et 0,7 dollar par litre, ce qui restera élevé.

M. Ghislain Gosse. Pour la voie biologique, au prix actuel de l'énergie, un objectif du projet Futurol est de parvenir à un coût industriel de l'ordre de 25 euros l'hectolitre, ce qui donnerait un prix à la sortie d'usine d'environ 60 euros l'hectolitre, pour

une matière première sèche à 75 euros la tonne.

M. Pierre-René Bauquis. Il ne faut pas oublier le coût d'émission implicite de CO₂ dans dix ou vingt ans. Avec un coût d'émission de la tonne de CO₂ compris entre 20 et 50 dollars la tonne, l'avantage compétitif de ces filières est très insuffisant. Elles deviendront justifiables à terme, lorsque ce coût d'émission aura décuplé.

Quatrième table ronde

L'enjeu des biocarburants dans la stratégie énergétique : une autre manière de valoriser les ressources de la mer et de l'atome ?

- L'exploitation de la biomasse marine : M. Jean-Paul Cadoret, chef du laboratoire physiologie et biotechnologies des algues de l'IFREMER
- Les biocarburants comme vecteur de stockage de l'énergie électronucléaire : M. Bernard Bigot, haut-commissaire à l'énergie atomique

Présidence de M. Claude Birraux

M. Claude Birraux. Nous terminons cette audition publique par une table ronde qui vise à mieux appréhender la place des biocarburants dans la stratégie énergétique de notre pays. Autant la première table ronde avait une dimension diachronique, essayant de resituer les biocarburants dans la prospective de l'énergie du transport, autant celle-ci s'inscrit dans une perspective synchronique, essayant de mettre en valeur les effets de synergie susceptibles de jouer entre les biocarburants et les autres formes d'énergie.

Les biocarburants ne constituent-ils pas une autre manière de valoriser les ressources de la mer et de l'atome ? Nous avons le plaisir de recevoir deux éminents spécialistes de ces deux ressources énergétiques. M. Jean-Paul Cadoret va tout d'abord nous parler des possibilités d'exploiter la biomasse marine, notamment sous la forme d'algues, pour fabriquer des biocarburants.

M. Jean-Paul Cadoret, chef du laboratoire Physiologie et biotechnologie des algues de l'Ifremer. Les perspectives ouvertes par les microalgues sont extraordinaires, du moins tant que nous restons dans la dimension théorique...

Les microalgues sont des organismes mesurant de 10 à 50 microns, 1 millimètre pour les plus grosses. Il en existe des vertes, des rouges, des filiformes, des rondes, etc. Leur impact est énorme : sur terre, 50 % du recyclage du carbone provient des microalgues, dont 20 % pour les seules diatomées. Malgré leur petite taille, les explosions de microalgues se voient de très haut dans le ciel, notamment au large des côtes ouest de l'Afrique, où les remontées d'eau froide sont très riches en éléments nutritifs, ce qui fait exploser la chaîne alimentaire. Des microalgues vivent dans des flaques d'eau, des déserts, des geysers à 50 degrés ou des icebergs. Certaines d'entre elles poussent avec un PH 1, voire 0,5.

On sait maintenant cultiver les microalgues, notamment pour colorer le saumon, à Hawaï – cette activité génère 250 millions de dollars de chiffre d'affaires –, ou pour produire du bêta-carotène, en Australie. Les systèmes de culture vont de l'extensif à l'intensif et du non contrôlé au contrôlé. Elles peuvent être cultivées dans des tubes, sous des bâches, selon des volumes extrêmement variables, du millilitre au litre.

Les rendements de la biomasse sèche par mètre carré et par jour sont illustratifs. Ainsi, un petit producteur de Vendée travaillant pour l'industrie cosmétique produit 10 à 13 grammes par mètre carré et par jour à partir de diatomées, alors que le rendement du colza ou du tournesol est plutôt d'1 à 3 grammes – mais les chiffres américains sont toujours supérieurs, autour de 50 grammes.

Les microalgues ne sauraient être conçues sans coproduits ; à cet égard, leur application théorique et pratique est extraordinaire. D'abord, parce que, restées en mer, elles

possèdent de pigments qui n'existent pas ailleurs. Ensuite, parce qu'elles recèlent des huiles oméga 3, oméga 6 et autres.

S'agissant des biocarburants, quels avantages les microalgues présentent-elles ? Premièrement, leur rendement photosynthétique est intéressant car elles ne gâchent pas d'énergie dans des racines ou des tiges. Deuxièmement, leur production n'entrerait pas en concurrence avec celle de produits alimentaires. Troisièmement, la production en eau de mer ne génère pas de conflit relatif à l'eau, ce qui, à l'échelle de la planète, n'est pas négligeable.

Les microalgues sont des eucaryotes, c'est-à-dire des plantes assez évoluées, qui se divisent tous les jours. Elles peuvent être récoltées en continu avec un rendement intéressant et, dans une goutte, il y a jusqu'à 50 millions d'individus. Tout mouvement de diminution des nitrates et des phosphates est automatiquement observable dans les jours suivants. Il suffit d'acheminer le CO₂ directement et de gérer son absorption par les microalgues.

En trois ans, une centaine de sociétés ont été créées dans le domaine des microalgues destinées au biodiesel. Le milliard d'euros d'investissement a été atteint il y a un ou deux mois et chaque investissement nouveau se compte désormais en centaines de millions d'euros.

À supposer qu'une biomasse de 10 grammes par mètre carré et par jour puisse être cultivée et qu'une algue donne 50 % d'huile, on arrive à quelque 24 000 litres d'huile par hectare, sachant que les meilleurs palmiers produisent 6 000 litres.

Je ne suis pas le chevalier blanc des microalgues mais je vous donne tous ces chiffres pour expliquer l'engouement actuel.

Le CIRAD, le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, fait tourner des moteurs à l'huile de colza depuis des années. La distinction entre huiles saturées, monoinsaturées et polyinsaturées est un peu lapidaire mais fait apparaître que le colza, qui n'est pourtant pas l'idéal, fonctionne déjà très bien. Une diatomée que nous cultivons en laboratoire se rapproche de l'huile idéale pour la combustion et par conséquent pour la production de biodiesel.

La boucle idéale consisterait à cultiver ces algues à tous les niveaux de contrôle, à proximité d'une station d'épuration qu'on aiderait à dépolluer en utilisant azote, phosphore et autres, et à proximité d'une centrale thermique pour se fournir en CO₂. Les applications seraient complètes : huiles pour biocarburants et coproduits.

Notre travail consiste à optimiser la production d'huiles à partir de ces algues. Aux États-Unis, les huiles destinées à l'alimentation infantile sont vendues entre 300 et 500 euros le litre. Je ne suis donc pas sûr que nos collègues américains soient prêts à brûler ces huiles dans des moteurs.

Nous rencontrons deux problèmes majeurs. Premièrement, les surfaces aquacoles ne sont pas équivalentes aux surfaces agricoles françaises et européennes, loin s'en faut. Cela dit, puisque la production est effectuée en trois dimensions, le rendement de surface est accru. Deuxièmement, en ce qui concerne le coût, nous ne sommes absolument pas compétitifs. Tels sont les deux verrous que la recherche doit faire sauter. Deux programmes ANR financent ces thématiques. L'option des DOM-TOM, notamment de la Guyane, doit aussi être envisagée en vue d'exporter nos technologies.

Les niveaux d'investissement sont faramineux, avec des entreprises comme Chevron, Exxon, Shell ou l'ENI. Au niveau international, le sujet est brûlant.

M. le président Claude Birraux. M. Bernard Bigot, haut-commissaire à l'énergie atomique, va maintenant nous indiquer comment les biocarburants pourraient devenir un vecteur de stockage de l'énergie électronucléaire.

M. Bernard Bigot, Haut Commissaire à l'énergie atomique. Les biocarburants de seconde génération, obtenus à partir de la gazéification de la biomasse, peuvent-ils être utilisés à grande échelle pour stocker de l'électricité d'origine nucléaire, hydraulique, solaire ou éolienne, afin d'offrir des disponibilités à notre pays, une fois ses besoins prioritaires satisfaits ? Je précise que nous avons pour impératif de dimensionner globalement notre parc de production électrique afin d'être en mesure de couvrir la totalité de la demande, y compris en période de pic de demande.

En 2006, le pic maximal de demande d'électricité a été de 86,3 gigawatts – il pourrait être de 105 gigawatts en 2012 – alors que la demande moyenne annuelle a été de 62,7 gigawatts. La capacité totale du parc atteint 117 gigawatts, répartis en 63 gigawatts pour le nucléaire, 26 gigawatts pour l'hydraulique, 25 gigawatts pour le thermique et 3 gigawatts pour l'éolien et les autres énergies renouvelables.

La plupart des économies de la planète doivent se préparer activement à réduire leur dépendance aux produits pétroliers importés, dans un contexte de raréfaction programmée de la ressource, de forte volatilité des prix et d'impératif de limitation drastique des émissions de gaz à effet de serre et autres polluants atmosphériques.

Pour ce qui est des transports, l'évolution inéluctable semble être le développement de la motorisation hybride ou tout électrique, avant éventuellement un passage plus lointain vers une utilisation directe de l'hydrogène. Les deux formes énergétiques de substitution aux produits pétroliers nécessaires pour accompagner cette évolution inéluctable sont l'électricité et les biocarburants.

Symétriquement, les deux grandes sources d'énergies durables, les énergies nucléaires et les énergies renouvelables, doivent dans la majorité des cas être transformées en électricité pour être utilisables à grande échelle. Par une transformation ultérieure ou alternative, elles peuvent aussi produire de l'hydrogène, en particulier par dissociation électrolytique de l'eau.

Les questions majeures à traiter pour envisager cette utilisation couplée de l'électricité et des biocarburants dans les transports sont la disponibilité de la biomasse, le relativement faible rendement matière de sa transformation en biocarburant, la difficulté à stocker l'électricité dans le véhicule et l'adéquation instantanée entre offre et demande au niveau du réseau électrique.

Une piste peut concilier ces différentes contraintes : combiner le développement de l'usage électrique pour la motorisation et le développement des biocarburants de synthèse obtenus par fixation d'hydrogène sur de la biomasse, bref, transformer des carbohydrates, fruits de la photosynthèse à partir de dioxyde de carbone et d'eau, en hydrocarbures, en remplaçant les atomes d'oxygène par des atomes d'hydrogène sans perdre les atomes de carbone initialement immobilisés dans la matière végétale.

Compte tenu du kilométrage des 36 millions de véhicules particuliers et utilitaires du parc français, s'ils roulaient intégralement à la traction électrique, il suffirait de six réacteurs EPR pour couvrir la totalité de l'électricité dont ils auraient besoin. La disponibilité de l'énergie électrique au travers du réseau de distribution, combinée avec l'intelligence électronique pour bien gérer les besoins des batteries, offrirait une flexibilité pour réduire le niveau des pics. Au demeurant, les batteries des 36 millions de véhicules permettraient de constituer des stocks importants.

Cela dit, même si 80 % de leurs trajets journaliers se font dans ce rayon, nos concitoyens s'accommoderaient mal d'un dispositif limitant leurs déplacements à 100 ou 150 kilomètres. La motorisation hybride électricité-biocarburants est donc nécessaire.

La biomasse lignocellulosique, aujourd'hui non mobilisée, renouvelable par le processus de photosynthèse, est collectable et stockable. Elle a généralement une composition du type $C_6H_9O_4$. Après gazéification, sans ajouter d'oxygène, on obtiendra au mieux quatre molécules de monoxyde de carbone et quatre d'hydrogène, loin du ratio optimal pour transformer les carbohydrates en hydrocarbures ; dans ces derniers, en effet, on a des chaînes CH_2 , ou le rapport de l'hydrogène au carbone est donc de 2 à 1. L'idée consiste à introduire dans le dispositif de l'oxygène – pour transformer les six atomes C en six molécules CO - et de l'hydrogène, pour achever la combustion et optimiser le ratio. Le rendement carbone atteindrait alors 100 %.

Cet hydrogène peut être obtenu, par exemple, grâce à la décomposition de l'eau par électrolyse alcaline. La technique existe mais est onéreuse et doit encore être améliorée. Elle utiliserait l'électricité correspondant au différentiel entre le niveau de satisfaction des besoins prioritaires et le niveau offert par le cumul d'un parc nucléaire et d'un parc renouvelable fonctionnant à son potentiel maximum permis par la nature, c'est-à-dire en moyenne un cinquième du temps.

Où en sommes-nous aujourd'hui ? Avec une composition atomique moyenne $C_6H_9O_4$, on peut espérer au mieux 1,8 maillon de CH_2 , soit un rendement carbone de 30 %, et l'on est en réalité plus proche d'1 maillon, soit 17 %. L'introduction d'hydrogène permettrait de passer à un niveau compris entre 5,4 et 6 maillons, ce qui correspondrait à un rendement triple, très sensible au niveau du volume de biomasse à mobiliser.

Nous en sommes encore aux études papier mais nous nous situons dans une stratégie globale. D'après l'INRA, l'ONF et l'ADEME – l'Institut national de la recherche agronomique, l'Office national des forêts et l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie –, en combinant les ressources forestières existantes non mobilisées et des cultures dédiées raisonnables sur des surfaces agricoles non exploitées, la ressource potentielle française en biomasse serait d'environ 40 millions de tonnes équivalent pétrole ou MTEP.

En France, nous consommons 50 MTEP pour les transports ; une motorisation hybride permettrait de réduire cette consommation de moitié. L'objectif est de produire par synthèse 20 MTEP de biocarburant de deuxième génération, soit environ 230 térawatts-heures – pour information, la production électrique française s'élève à 550 térawatts-heures. En entrée, il faudrait alors 22 MTEP, c'est-à-dire à peu près la moitié de la biomasse renouvelable disponible. Pour assurer la continuité des usines de production des biocarburants de synthèse, nous nous autoriserions à utiliser 6 MTEP d'hydrogène produit à partir de gaz naturel. Il faudrait aussi 7,8 MTEP sous forme d'électricité. Le rendement énergétique serait alors de 56 %.

En sortie, une quantité de biocarburants de seconde génération correspondant à 20 MTEP serait récupérée : 60 % de gazole, 25 % de kérosène et 15 % de naphta. Aux conditions économiques actuelles, le coût de ce biocarburant de synthèse a été évalué à 100 euros le mégawatt-heure en l'absence d'hydrogène et à 85 euros le mégawatt-heure en cas d'apport d'hydrogène et d'électricité, ce qui correspond à un seuil de compétitivité avec le pétrole pour un prix de 120 euros le baril de pétrole brut, sans prise en compte d'une quelconque taxe carbone. Ce n'est donc pas irréaliste, même s'il reste des efforts significatifs de recherche et développement à accomplir.

À cet égard, je plaide pour que la France se mobilise davantage. Nous disposons

d'atouts exceptionnels, avec un patrimoine forestier, agricole et nucléaire considérable. Pourquoi laisser les autres pays tirer les marrons du feu ?

Les 90 térawatts-heures supplémentaires d'électricité nécessaires ne seraient pas insupportables. Le rendement du parc actuel peut être amélioré de 5 %, soit 20 térawatts-heures. Les énergies renouvelables, à échéance de dix ou quinze ans, peuvent contribuer à hauteur des 20 térawatts-heures. Il conviendrait donc de développer le parc nucléaire pour produire 50 térawatts-heures par an, soit une puissance installée de 10 gigawatts ou six EPR.

Le schéma que je vous ai décrit conduirait donc la France à se doter de douze EPR pour atteindre quasiment l'autosuffisance. Dans le respect de la logique de solidarité croisée prévue par la loi de 2006 relative aux déchets nucléaires, le CEA a décidé d'investir sur le territoire qui a accepté d'accueillir le laboratoire de stockage des déchets radioactifs à vie longue en couche géologique profonde. Un appel d'offres a été lancé en direction des fournisseurs de technologies. Nous espérons pouvoir prendre une décision fin 2008 afin de débiter la construction courant 2010 et de produire les premières gouttes de carburant de synthèse en 2012.

M. Olivier Appert. Pour apporter un complément d'information sur la filière des algues, je rappellerai que l'IFP a mené, dans les années soixante-dix, une expérience sur un marché de niche très étroit : la spiruline. La filière algue suscite un très gros engouement, mais l'un des problèmes rencontrés est la taille du marché des carburants, sur lequel on raisonne par unités de centaines de milliers de tonnes ; ce sera une des grandes difficultés pour l'accès des algues à ce marché. La production est en outre difficile, car il faut exercer un contrôle très étroit sur la couverture gazeuse et la température, tout en répondant au défi de l'absence de contamination, surtout pour les grandes installations.

Cela étant, les technologies de transformation des algues sont relativement classiques. Comme pour l'huile de poisson ou de colza, il s'agit d'extraction par hexane et de transformation en ester, avec juste un problème complémentaire : le contenu en acides gras, qui peut imposer des traitements complémentaires.

Les coûts annoncés dans la littérature sont élevés – de l'ordre de 1,5 ou 2 dollars par litre – mais nous en sommes aux balbutiements de la technologie.

M. Pierre-René Bauquis. Dans le système des océans, ce qui est exploité presque au maximum, à savoir le potentiel de pêche, n'est autre que le sommet de la chaîne trophique partant des algues unicellulaires. Si les 100 millions de tonnes de poisson prélevés annuellement étaient transformées en carburant, la production ne serait que de 10 millions de tonnes, alors que 4 milliards de tonnes sont nécessaires. Pour des produits à forte valeur ajoutée vendus 100 dollars le litre, comme les oméga 3, cette filière est pertinente ; en revanche, pour des carburants, elle n'a strictement aucun sens.

M. Jean-Paul Cadoret. Comparaison n'est pas raison ; dans nos discussions, il ne faut pas mêler la pêche et l'aquaculture. Il n'a jamais été envisagé de se contenter de récolter les algues.

M. Pierre-René Bauquis. Jusqu'à la fin du XIX^e siècle, l'huile de baleine était le résultat d'une récolte – les baleines ont été sauvées par les pétroliers. La culture des algues supposerait l'apport d'intrants extérieurs aux océans, ce qui limiterait fortement l'intérêt économique et énergétique du procédé.

M. Jean-Paul Cadoret. Je ne suis pas d'accord avec le calcul proposé. Par ailleurs, la spiruline n'est pas une bonne référence dans la mesure où il s'agit d'un carbohydrate, qui ne contient pas d'huile. Il n'en demeure pas moins qu'il convient de faire

primer le qualitatif sur le quantitatif ; de ce point de vue, je vais dans votre sens.

M. Christian Ngô. La France est un pays privilégié en matière de biomasse mais également de surface marine : avec 11 millions de kilomètres carrés en incluant les DOM-TOM, elle arrive en deuxième position, juste derrière les États-Unis et devant l’Australie.

M. Jean-Paul Cadoret. Je mettrai un gros bémol. Contrairement à l’Australie, la France n’est malheureusement pas une nation maritime mais agricole.

M. Bernard Bigot. Ces technologies de transformation de la biomasse pour produire des biocarburants de deuxième génération offrent des perspectives durables et non conflictuelles avec l’alimentaire. Pour qu’elles se déploient, une certaine visibilité des conditions économiques est requise. Il faut en particulier que le Parlement se penche le plus tôt possible sur la question de la fiscalité et fixe un cap. Sans encouragement, sans aide minimale, la frilosité prévaudra et les industriels n’investiront pas. Le jour où la démonstration sera faite que la filière est suffisamment rentable, les différents acteurs pourront se retrouver pour admettre que la nation peut cesser de verser des subsides.

Les ordres de grandeur évoqués sont frappants. Certaines productions peuvent être opérantes à petite échelle ; le développement industriel renouvelable et durable, c’est une autre affaire. Ma culture de chercheur m’invite néanmoins à ne fermer aucune porte, pour peu que les travaux soient conduits avec la plus grande rigueur scientifique.

Conclusion

M. Claude Birraux. Je remercie les participants aux quatre tables rondes pour leur contribution aux débats, ainsi que les personnes qui sont venues assister à cette audition publique et qui l'ont animée par leurs questions.

Le compte rendu de nos échanges sera bientôt disponible en ligne sur le site de l'OPECST, accessible *via* les sites de l'Assemblée nationale et du Sénat. Les documents présentés ici sur écran seront disponibles en téléchargement, pour autant que leurs auteurs n'y voient pas d'inconvénient.

Les débats ont fourni, je l'espère, des éléments permettant de bien situer l'apport des biocarburants dans la stratégie énergétique, que l'on peut résumer ainsi : un apport limité mais indispensable.

Un apport limité car il est certain que les biocarburants ne peuvent apporter à eux seuls une réponse aux besoins énergétiques futurs. Parmi les vecteurs d'énergie de transport, ils occuperont une place certes croissante, mais à côté des autres vecteurs : les hydrocarbures fossiles, encore inscrits dans le paysage énergétique jusqu'à la fin du XXI^e siècle, l'électricité et les autres carburants de synthèse, par exemple le GTL, *gas to liquid*.

Un apport indispensable car ils permettent d'exploiter les ressources de la biomasse, jusqu'ici assez peu mises en valeur, et fournissent un vecteur de stockage pour une utilisation optimisée de l'énergie disponible.

Dans le cadre du pilotage de la recherche en énergie, on perçoit bien, en conséquence, que les biocarburants doivent conserver une place prioritaire.

Réjouissons-nous que nos organismes de recherche se mobilisent fortement pour le perfectionnement des filières de BTL, en exploitant la voie enzymatique pour le bioéthanol et la voie de la gazéification pour le biodiesel. Il faut que les crédits publics soutiennent et même, si possible, permettent d'amplifier cet effort. Il s'agit en effet de mettre en valeur un atout stratégique de la France, qu'elle partage avec la Finlande : une abondance de ressources en biomasse, d'origine forestière, comme dans la région de Bure, ou d'origine agricole, comme dans la Marne, sur le site de Futurol.

Les ressources en biomasse de la mer sont un peu le « petit Poucet » de ce dossier, alors que la France dispose aussi de l'atout stratégique que constitue un vaste domaine public maritime, le deuxième du monde, de l'ordre de 11 millions de kilomètres carrés. Les énergies de la mer ouvrent d'autres perspectives intéressantes parmi les énergies renouvelables, comme l'illustrent la viabilité, depuis quarante ans, de l'usine marémotrice de la Rance, d'une puissance non négligeable de 240 mégawatts, et le projet d'un pilote d'exploitation d'hydroliennes sur le site de Paimpol-Bréhat, bénéficiant localement d'un certain degré d'acceptation sociale. Cela milite probablement pour que nous ménagions un peu plus de place, dans notre stratégie de recherche énergétique, aux énergies de la mer, sous toutes leurs formes, biocarburants ou hydroliennes, et que l'IFREMER bénéficie d'une reconnaissance un peu plus importante de son apport sur les questions de l'énergie.

Ces débats nous ont donné l'occasion de rebattre les cartes, de savoir de quoi il ressort lorsqu'il est question de biocarburants, de savoir où en sont la recherche et le développement. Cela alimentera notre réflexion pour préparer le rapport d'évaluation de la stratégie nationale de recherche qui nous est commandé dans la loi de 2005 sur l'énergie, mais aussi pour introduire de la rationalité dans les débats lancés à la veille des lois dites « Grenelle

de l'environnement ».

La séance est levée à dix-huit heures trente