

**COMPTE RENDU DE L'AUDITION PUBLIQUE
DU MARDI 18 OCTOBRE 2005**

Organisée par :

**Christian CABAL, député de la Loire, rapporteur
Claude GATIGNOL, député de la Manche, rapporteur**

sur le thème :

**Pollution urbaine – Effet de serre :
Quelle est la part de l'automobile ?
Quelles solutions ?**

SOMMAIRE

Pages

I. THÈME DE LA MATINÉE : QUEL DIAGNOSTIC, QUELLES SOLUTIONS ?	3
A. PREMIÈRE TABLE RONDE : LA POLLUTION URBAINE ET LES ÉMISSIONS	
AUTOMOBILES : QUEL LIEN AUJOURD'HUI ?	4
1. Introduction par M. Christian Cabal, député de la Loire	4
2. M. Philippe LAMELOISE, Directeur d'Airparif	7
3. M. Laurent SELLES, Chef d'unité adjoint, DG Entreprises et industrie, Commission européenne	12
4. Mme Valérie PERNELET, Chef de projet « Air et santé », AFSSE	16
5. M. Jean-Bernard RUIDAVETS, INSERM, Toulouse	19
6. Débat avec la salle	23
B. DEUXIÈME TABLE RONDE : QUELLES SOLUTIONS DANS LES DIX PROCHAINES ANNÉES ?	30
1. M. Daniel LE BRETON, Chef du Département « Transport Energie », Total	30
2. M. Gérard BELOT, Direction de l'environnement automobile et du développement durable, PSA	33
3. M. Dominique HERRIER, Directeur adjoint, IFP	38
4. M. Alain MORCHEOINE, Directeur de l'Air, du bruit et de l'efficacité énergétique, ADEME	42
5. M. Rémy PRUDHOMME, Professeur d'université, Paris XII	46
6. Débat avec la salle	51
II. THÈME DE L'APRÈS-MIDI : COMMENT RÉDUIRE L'IMPACT DE L'AUTOMOBILE SUR L'EFFET DE SERRE ?	57
A. PREMIÈRE TABLE RONDE : QUELLE EST LA CONTRIBUTION DE L'AUTOMOBILE À L'EFFET DE SERRE ?	58
1. Introduction par M. Claude Gatignol, député de la Manche	58
2. M. Jean-Pierre FONTELLE, Directeur du CITEPA	60
3. M. Jean-Claude GAZEAU, Président de la MIES	63
4. M. Pierre BEUZIT, Directeur de l'ingénierie, Renault	67
5. M. André DOUAUD, Directeur technique, CCFA	70
6. Débat avec la salle	76
B. DEUXIÈME TABLE RONDE : QUELLES SOLUTIONS DANS L'AVENIR ?	80
1. Introduction par M. Christian CABAL	80
2. M. Philippe PINCHON, Directeur du centre de résultats Moteurs-Energies, IFP	80
3. M. Patrick OLIVA, Vice-président de Michelin	84
4. M. François BADIN, Directeur de recherches, INRETS	88
5. M. Pierpaolo CAZZOLA, Analyste, Division des politiques de technologie de l'énergie, AIE	92
6. M. Thomas GUERET, Analyste, Division environnement et efficacité énergétique, AIE	95
7. Débat avec la salle	99

I. THÈME DE LA MATINÉE : QUEL DIAGNOSTIC, QUELLES SOLUTIONS ?

Première table ronde :
**LA POLLUTION URBAINE ET LES ÉMISSIONS AUTOMOBILES :
QUEL LIEN AUJOURD'HUI ?**

Interventions de :

- * M. Philippe **LAMELOISE**, Directeur technique, **Airparif**
- * M. Laurent **SELLÈS**, Chef d'unité adjoint, DG Entreprises et industrie, **Commission européenne**
- * Mme Valérie **PERNELET**, Chef de projet « Air et Santé », **AFSSE**
- * Dr. Jean-Bernard **RUIDAVETS**, **INSERM Toulouse**

Deuxième table ronde :
QUELLES SOLUTIONS DANS LES DIX PROCHAINES ANNÉES ?

Interventions de :

- * M. Patrick **OLIVA**, Vice-président, **Michelin**
- * Dr. Gérard **BELOT**, direction de l'environnement automobile et de développement durable, **PSA**
- * M. Daniel **LE BRETON**, chef du département « Transport-Énergie », **Total**
- * M. Dominique **HERRIER**, Directeur-adjoint, **IFP**
- * M. Alain **MORCCHOINE**, Directeur de l'air, du bruit et de l'efficacité énergétique, **ADEME**

*La séance est ouverte à 9 heures 15 sous la présidence de
M. Christian CABAL, député de la Loire, rapporteur.*

***A. PREMIÈRE TABLE RONDE :
LA POLLUTION URBAINE ET LES ÉMISSIONS AUTOMOBILES :
QUEL LIEN AUJOURD'HUI ?***

1. Introduction par M. Christian Cabal, député de la Loire

Avec Claude GATIGNOL, je voudrais tout d'abord remercier les différentes personnes qui ont participé dans les mois écoulés aux auditions sur des questions précises. Cela nous permet aujourd'hui d'organiser cette audition publique, qui est un des moyens, pour l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, d'approfondir un sujet tout en ouvrant le débat avec la société civile.

Cette journée d'audition s'inscrit dans le rapport que Claude GATIGNOL et moi-même préparons à la demande du Président de l'Assemblée nationale et du Président du groupe UMP de cette assemblée sur la question de la voiture propre, de sa définition et de ses implications. Le sujet est d'une actualité que je qualifierais de brûlante, et ce depuis plusieurs mois, ou années. Il revêt maintenant un tour peut-être encore plus aigu compte tenu du contexte lié à l'approvisionnement énergétique et aux problèmes posés par l'évolution du prix du pétrole et de sa disponibilité sur le marché.

Nous sommes donc au nœud d'un certain nombre de problématiques qui sont à un niveau élevé dans l'échelle des urgences :

- problématique sur la filière énergétique, qui pose le problème du prix de l'énergie et de sa disponibilité ;
- problématique sur les questions de santé publique, avec les relations entre la pollution urbaine, la qualité de l'air en général et ses implications et conséquences sur la santé en général ;
- problématique sur les questions de l'environnement de façon globale (émission de gaz carbonique et de différents gaz à effet de serre), avec ses implications vraisemblables sur les modifications climatiques, notamment le réchauffement du climat ;
- implications également sur le plan technologique : quelles sont les technologies du futur, les filières qu'il va falloir choisir et quelles en seront les conséquences économiques, aussi bien en termes d'emploi et de position concurrentielle ? Le secteur automobile est un des secteurs les plus dynamiques de l'économie française et européenne à l'heure actuelle. Avec

pour le territoire national plus de trois cent mille emplois et 90 milliards d'euros de chiffre d'affaires, c'est actuellement l'une des principales industries nationales.

Dans ce cadre général, le rôle de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques consiste à informer le Parlement (Sénat et Assemblée nationale), puisque l'Office parlementaire est une structure commune au Sénat et à l'Assemblée, afin de préparer les décisions publiques et évaluer les différentes filières et technologies sur une base scientifique, mais avec un œil politique, au sens général du terme.

Avec Claude GATIGNOL, nous avons procédé depuis un peu plus d'un an à un nombre important d'auditions d'intervenants du secteur en France mais aussi en Europe et dans un certain nombre d'autres pays étrangers qui disposent d'une industrie automobile importante. A partir de ces auditions, et compte tenu de cette journée qui va se dérouler aujourd'hui avec vous, l'objectif est de définir avec le plus de précision possible les enjeux de la situation présente, les perspectives d'avenir, et comment orienter l'action du Parlement et des décideurs sur les choix qu'il va falloir opérer : quels choix, sur quelle échéance, quel horizon, et dans quelles conditions ?

Voilà, en quelques mots, les raisons qui ont amené le Parlement à se pencher sur cette question. Le Parlement n'est pas seul dans cette analyse, puisque de multiples structures privées ou officielles, différents départements ministériels, des missions interministérielles, se penchent sur cette question d'importance. Le hasard du calendrier fait qu'un certain nombre de conclusions vont être rendues publiques dans une échéance assez ramassée, dans les semaines ou les mois à venir.

Voilà la thématique générale, tout en cadrant sur deux problèmes essentiels dans l'audition d'aujourd'hui :

- quelles sont les conséquences ou les risques liés à un certain nombre de polluants, au sens général du terme, sur la santé ? Cela relève de l'analyse précise des émissions des moteurs à explosion et de leur impact sur l'organisme humain pour l'essentiel (nous nous limiterons aux effets sur la santé humaine) ;
- quels sont les effets liés à l'émission de gaz à effet de serre sur les implications climatiques et climatologiques liées au fonctionnement de ces différents systèmes thermiques ?

D'un côté, les effets toxicologiques, ou supposés, et de l'autre les effets sur les variations climatologiques dans le cadre du protocole de Kyoto, maintenant bien connu. Ces deux thématiques seront le fil rouge de cette journée, et nous aurons à déterminer, à l'issue de celle-ci, quels sont les liens

existants entre pollution et effets sur la santé et le climat, avec un certain nombre de mesures à mettre en œuvre pour pallier ou contrer ces différents effets.

La thématique de la matinée couvre l'essentiel des questions de pollution urbaine et des émissions automobiles. Nous aurons donc les interventions successives de :

- M. Philippe LAMELOISE, Directeur d'Airparif en charge de la mesure de la qualité de l'air en Région parisienne, avec un premier point d'approche sur la qualité de l'air, voire l'évolution de celle-ci sur le passé récent,
- M. Laurent SELLES, expert à la Commission de Bruxelles, interviendra sur la question des normes dites Euro de pollution liée aux véhicules. Nous aurons ainsi des éléments comparatifs sur la situation dans les pays proches de l'Europe et les réglementations correspondantes.
- Nous aurons ensuite deux interventions sur l'impact des émissions automobiles sur la santé présentées par Mme Valérie PERNELET, Chef de projet à l'Agence française de sécurité sanitaire et environnementale (AFSSE), avec un panorama global des travaux de cette agence sur ce sujet, et le Dr. Jean-Bernard RUIDAVETS, de l'INSERM, qui nous présentera les recherches qu'il a conduites avec son équipe sur la relation entre les pics de pollution à l'ozone et l'infarctus du myocarde dans l'agglomération toulousaine.

Dans la seconde partie de la matinée, nous aurons ensuite l'intervention de :

- M. BELOT, du groupe PSA, sur les dernières technologies et les perspectives du futur en matière de traitement des émissions polluantes, avec l'expérience du groupe PSA, qui est à la pointe des technologies dans ce domaine ;
- M. LE BRETON, Chef du Département « Transport Energie » du groupe Total, présentera les évolutions futures des carburants. Il nous entretiendra notamment sur les possibilités ou les perspectives d'épuration de certains carburants, en particulier vis-à-vis du soufre, permettant de réduire la pollution, et sur l'apport des biocarburants.
- M. HERRIER, motoriste de l'IFP, abordera les progrès des moteurs à combustion interne et les possibilités d'éviter le rejet des polluants ou de les brûler directement dans le moteur.

Enfin, deux interventions aborderont des solutions non technologiques :

- M. MORCHEOINE, Directeur de l'air et du bruit à l'ADEME, nous présentera les simulations faites par l'Agence sur le renouvellement du parc automobile et sur son impact potentiellement positif sur la pollution : peut-on miser sur l'accélération de ce renouvellement, et quels effets en attendre ?
- Le Professeur Rémy PRUDHOMME présentera une expérience qui intéresse beaucoup, concernant les résultats des travaux d'évaluation sur la mise en place du péage urbain à Londres. Quel est son impact en matière de gestion de la circulation ? Est-ce un exemple qu'il faut suivre ?

Nous avons un temps relativement limité pour ces présentations, sachant que nous avons ensuite un laps de temps non négligeable pour les débats, les questions et les réponses qui seront apportées aux questions posées aux différents intervenants.

Je laisse la parole à M. LAMELOISE, Directeur d'Airparif, sur la première question.

2. M. Philippe LAMELOISE, Directeur d'Airparif

Quelle est la perception de la qualité de l'air en Ile-de-France ? Sans parler des progrès réalisés, qui ont été nombreux, les Franciliens, et les habitants de l'agglomération parisienne, n'ont pas vraiment besoin de nous pour savoir que le problème demeure, à travers la simple variation des conditions météorologiques, qui agit plus comme un révélateur plus ou moins intense que comme une cause de la pollution atmosphérique. A huit jours d'intervalle, à la même heure, en termes de visibilité de particules en suspension dans l'air, il existe une certaine différence entre un jour avec beaucoup de vent, où l'air nous vient de l'Atlantique, et un jour où les masses d'air vont stagner pendant un certain temps sur l'agglomération parisienne, accumulant et transformant la pollution atmosphérique.

Cela se traduit vis-à-vis de ce que perçoit l'opinion publique sur deux grands types d'indicateurs de la pollution. Le premier est l'indice de la qualité de l'air ATMO, qui caractérise la qualité de l'air d'une journée sur l'agglomération parisienne. Si l'on déploie l'observation sur les sept ou huit dernières années, la qualité de l'air à Paris est bonne, ou relativement bonne 80 % du temps, ce qui signifie que pendant les 20 % des jours restants, la

pollution atmosphérique pose encore des problèmes. Cela se traduit également par la médiatisation relativement forte des épisodes de pollution atmosphérique correspondant aux journées les plus polluées de l'année, avec deux grands types de journées. Le premier, qui disparaît progressivement, se caractérise par de mauvaises conditions dispersives de l'hiver qui conduisent à des dépassements principalement de dioxyde d'azote sur l'agglomération parisienne, aux alentours de cinq jours par an, contre quinze jours par an voici une dizaine d'années. L'autre problème est celui récurrent de l'ozone pendant l'été, qui concerne toute l'Ile-de-France, avec une fréquence qui se maintient aux alentours de quinze jours par an où l'on dépasse ces objectifs de qualité, premier seuil des valeurs d'alerte.

Au point de vue de la pollution atmosphérique, l'Ile-de-France, c'est d'abord une énorme concentration d'émissions. C'est notre difficulté principale : l'intensité des émissions au centre de l'agglomération pour le dioxyde d'azote. Cette ville de presque dix millions d'habitants, qui n'est comparable qu'à Londres, en termes d'importance, au niveau européen, induit une densité d'émissions au centre qui lui pose un certain nombre de problèmes. Par ailleurs, cette agglomération a beaucoup d'avantages : elle est dans une plaine, elle « bénéficie » d'un climat fréquemment pluvieux et venteux (mais « bénéficie » est un terme de spécialiste atmosphérique car ces avantages ne plaisent pas forcément à tout le monde). En ce qui concerne les responsabilités, les transports, et plus particulièrement le trafic routier, sont encore les activités dominantes pour l'agglomération parisienne, en termes d'émissions polluantes. Il convient de garder à l'esprit qu'au cours des prochaines années, cette situation risque de changer car ces activités connaissent une baisse très intense des émissions, par rapport à d'autres activités qui stagnent ou qui augmentent.

Pour ce qui est de l'oxyde d'azote, problème principal dans l'agglomération parisienne, 51 % des émissions sont liées au trafic routier, avec quatre parts pratiquement égales entre les véhicules personnels à essence, les véhicules personnels diesel, les véhicules utilitaires légers et les poids lourds, sur lesquels il faudrait revenir car ils représentent un bon tiers. Paris à lui seul ne représente que 10 % des émissions régionales, qui ne sont elles-mêmes que 10 % des émissions nationales. En termes d'importance des émissions, l'Ile-de-France, par rapport à l'activité économique, est une « petite » émettrice. Le problème concerne la concentration. Il convient également de surveiller le secteur des autres transports (9 %), comprenant le trafic aérien, qui n'est pas vraiment en baisse. Alors que les autres secteurs ont connu d'importants progrès technologiques, pour le trafic aérien on constate une croissance de l'activité des plates-formes aéroportuaires et peu de progrès technologiques permettant de réduire fortement les émissions.

En ce qui concerne les poussières, une grande accusation, partiellement injuste, est portée sur le diesel. Lorsqu'on observe de près les émissions de particules en Ile-de-France, le transport est un gros contributeur,

mais c'est l'industrie qui reste majoritaire. A l'intérieur du transport, les véhicules personnels diesel comptent pour un tiers, les poids lourds et les véhicules utilitaires légers faisant le reste. C'est bien sûr principalement la motorisation diesel qui génère des particules, mais ce n'est pas forcément toujours le diesel qui génère toutes les particules que l'on trouve en Ile-de-France. La situation est très compliquée, puisqu'à la différence des gaz les particules sont remises en suspension par le vent, et elles sont chimiquement fabriquées à partir des gaz. On a donc trois sources. L'action sur les émissions dites primaires, qui sortent des pots d'échappement ou des cheminées, n'est pas forcément aussi efficace qu'on peut l'imaginer sur les niveaux immédiats de poussière.

Un autre élément important consiste à observer les différentes émissions par type de véhicule, avec quelques ordres de grandeur qui sont relativement frappants. Un poids lourd, c'est en termes d'oxyde d'azote l'équivalent de neuf véhicules particuliers. Il convient également de poser la question des deux roues, qui pour le monoxyde de carbone correspondent à l'heure actuelle à trois véhicules particuliers, ainsi que pour les hydrocarbures imbrûlés. Cela tient à des décalages de réglementation. Il existe une réglementation très forte au niveau européen sur les véhicules particuliers. Sur les deux roues, elle commence à se mettre en place, mais le parc moyen est loin d'être exemplaire en termes d'émissions de polluants atmosphériques.

Je n'évoquerai pas le dioxyde de soufre, car cela ne concerne pas vraiment le trafic automobile, mais de grands progrès ont été réalisés en quarante ans. En ce qui concerne le trafic automobile, on peut évoquer le monoxyde de carbone. L'effet de la modernisation du parc automobile permet une réduction très importante des niveaux de monoxyde de carbone à proximité du trafic. Je n'évoque pas les limites européennes, car elles sont très loin de l'échelle du diagramme, et nous n'avons plus de problèmes de ce point de vue. On peut observer que sur un endroit symboliquement congestionné comme Victor Basch, que tout le monde connaît sous le nom de carrefour d'Alésia, congestionné depuis des décennies, et les Champs-Élysées, dont le type de trafic change progressivement, pour aller du relativement fluide vers le congestionné, on a des variations de réductions qui ne sont pas tout à fait les mêmes. L'amélioration du parc s'observe dans les deux cas, mais la congestion favorise les émissions de dioxyde de carbone, et les progrès se font moins vite sur les Champs-Élysées. En ce qui concerne le benzène, on constate également d'importants progrès, avec l'efficacité d'une action sur les carburants. La nouvelle réglementation dans ce domaine en 2000 a entraîné des effets immédiats, alors que lorsqu'on agit sur le parc, les effets sont beaucoup plus longs du fait des délais du renouvellement du parc. En situation de fond, loin des sources de pollution, nous n'avons plus de problèmes avec le benzène. Près des sources de pollution, le problème demeure sur un certain nombre d'axes.

Trois polluants sont critiques à l'heure actuelle parmi les polluants réglementés : le dioxyde d'azote, l'ozone et les particules. On a beaucoup parlé du dioxyde d'azote, avec une évolution favorable, contrairement à ce que l'on pense, mais avec des dépassements récurrents. Cela évolue bien, mais pas assez vite. Lorsqu'on observe les émissions d'oxyde d'azote, on s'aperçoit que l'on gagne sur les sites trafic aux alentours de 27 % et sur les sites de fond aux alentours de 42 % en l'espace d'une petite dizaine d'années. En ce qui concerne le dioxyde d'azote, on gagne beaucoup moins. En dix ans, on ne gagne rien sur les sites de proximité, et l'on gagne péniblement 20 à 22 % sur les sites de fond. Cela tient à des phénomènes de chimie relativement complexes entre l'ozone et les oxydes d'azote, qui font que les efforts réalisés sur les oxydes d'azote totaux n'ont pas une résultante immédiate et aussi intense qu'on le souhaiterait sur le dioxyde d'azote. Or, c'est celui-ci qui est réglementé. Cela donne, non pas en pointe de pollution mais en exposition chronique, au niveau moyen annuel, une zone supérieure aux objectifs de qualité, en fonction des conditions météorologiques. 2003 a été une année très défavorable, non seulement en raison de la canicule, et 2004 a été une année très favorable. Tout le cœur de l'agglomération parisienne est au-delà de ces objectifs, ce qui représente d'une année sur l'autre entre deux et quatre millions d'habitants exposés chaque jour à des niveaux supérieurs aux objectifs de qualité.

Le Plan de protection de l'atmosphère concentre tout l'enjeu de rattraper cette situation, en s'appuyant notamment sur les progrès technologiques qui vont être réalisés par les véhicules. Sur les véhicules particuliers, pour tous les polluants d'ici 2010 des progrès considérables seront faits en termes d'émissions unitaires. On le constate également sur les émissions totales. La zone du trafic se réduit très fortement alors que les autres secteurs progressent nettement moins. A travers la modélisation mise en œuvre, on n'aura pour les années favorables pratiquement plus de problèmes en matière de pollution de fond, sauf autour de l'aéroport de Roissy. Pour les années défavorables, les problèmes seront beaucoup plus atténués que ceux qui peuvent exister à l'heure actuelle. C'est plutôt une bonne nouvelle. En revanche, à la pollution de fond, loin des sources, il faut ajouter la situation près du trafic. Cela va dépendre de l'intensité du trafic et des caractéristiques de l'environnement immédiat (rue encaissée par exemple). Le long des grands axes, 65 % du réseau francilien dépassera l'objectif de qualité actuel, la moitié étant situé dans la Grande couronne, ce qui est assez surprenant. Même loin de Paris, près des axes, on aura des problèmes de pollution en niveau moyen pour le dioxyde d'azote, et la totalité du réseau de Paris et de la Petite couronne dépassera ces objectifs de qualité, le long des trottoirs des grands axes. Si l'on observe la situation en 2010 à proximité du trafic sur les cinq stations de mesure, on s'aperçoit que les réductions liées aux différentes mesures européennes ne suffiront pas à respecter notre valeur limite 2010 de l'Union européenne. On va diminuer de 20 à 30 % les niveaux en bordure des axes, alors que dans certains il faudrait le faire de 50, voire 60 %.

Une autre problématique est l'ozone, polluant en hausse pour des raisons de chimie relativement complexes. La diminution du dioxyde d'azote a tendance à favoriser dans un premier temps la formation de l'ozone. C'est un polluant qui voyage. L'importation du reste du continent européen nous amène pratiquement les deux tiers de l'ozone que nous subissons sur la Région parisienne. C'est un polluant plutôt des zones rurales sous le vent de l'agglomération. Le secteur sud-ouest rural de l'Ile-de-France subit les maximums d'ozone, mais cela ne s'arrête pas à l'Ile-de-France, et l'agglomération parisienne va avoir un effet au-delà, sur la région Centre, voire même sur les Pays de Loire. En ce qui concerne la carte de l'ozone le 8 août 2003, en pleine canicule, on constate que c'est la coulée d'ozone qui part du Nord de l'Europe qui nous arrive sur la Région parisienne. Ainsi, si l'on avait pu arrêter toutes les émissions de l'agglomération parisienne, on n'aurait pas évité les dépassements d'ozone. On observe également que lorsque le « panache » repart de l'agglomération parisienne, il est encore plus « chaud ». Les niveaux maximums ont été atteints dans la région Centre du fait conjugué de l'Europe et de l'agglomération parisienne. Lorsqu'on projette à 2010, c'est un peu plus difficile pour l'ozone. On n'arrivera sans doute pas à respecter les équivalents objectifs de qualité de l'Union européenne en Ile-de-France pour l'ozone.

Enfin, sur les particules en suspension PM10 et PM2-5, on n'identifie pas pour le moment très fortement les problèmes, par rapport à la réglementation européenne, mais ils vont apparaître car celle-ci va en se durcissant. On est de plus en plus sûr que des effets importants des particules agissent sur la santé. Les normes de la qualité de l'air vont se durcir, et l'on voit que nos niveaux ne baissent pas. Ils n'augmentent pas, mais ils restent stables. Si le plafond descend et que les niveaux restent les mêmes, on rencontrera des problèmes. En termes de proximité au trafic, sur environ 4 % du réseau francilien on dépasse l'objectif de qualité, et la situation est plus grave à proximité du trafic. Voilà ce que je voulais signaler sur la situation en matière de pollution urbaine.

- **M. Christian CABAL**

Merci, Monsieur LAMELOISE. Je propose que nous poursuivions les interventions de la matinée. Nous aurons avant la pause la possibilité de poser des questions et d'apporter des réponses. Je donne la parole à M. Laurent SELLES.

3. M. Laurent SELLES, Chef d'unité adjoint, DG Entreprises et industrie, Commission européenne

C'est une gageure de présenter en dix minutes la législation européenne... Commençons par le début. Nous avons le Marché intérieur, et l'article 95 du Traité. La loi européenne s'applique obligatoirement, et il n'y a pas de législation nationale. Les constructeurs automobiles ne peuvent mettre sur le marché que des véhicules conformes à la réglementation européenne. Des exceptions peuvent exister pour des petites séries ou des véhicules homologués à titre individuel, mais à 99,9 %, c'est la législation européenne qui s'applique. On n'est pas dans un cas de subsidiarité comme pour le code de la route, où notamment les vitesses sur l'autoroute sont différentes selon les Etats.

On parle d'homologation par type de véhicule. Avant de faire des lois, on a des principes, dont celui du développement durable, qui concerne trois axes : la croissance économique, le bénéfice social (la sécurité), et la protection de l'environnement. Certains ont pu penser que dans les années quatre-vingt-dix, lorsqu'on évoquait le développement durable, cela faisait uniquement référence à l'environnement. Il faut également considérer le développement économique car on ne peut pas faire de l'environnement lorsqu'on n'a pas d'argent. Il est toujours très important de considérer les trois axes.

On ne fait pas de la réglementation en prescrivant des solutions. On laisse le libre choix aux industriels et le champ libre à la créativité des chercheurs, des développeurs. On ne légifère donc jamais sur les solutions, mais seulement sur les niveaux nécessaires à atteindre, les valeurs limites par exemple.

On connaît les principaux polluants, avec les transports routiers : les hydrocarbures non brûlés, les oxydes d'azote, qui ont été évoqués, les particules, et le monoxyde de carbone. Il faut appliquer le principe de proportionnalité. Les particules PM sont cancérigènes et les oxydes d'azote provoquent l'asthme. Pour esquisser rapidement le passé, avec une échelle relative on constate les progrès des différents niveaux des directives

européennes : Euro 1 à Euro 4, en application depuis le 1^{er} janvier 2005, et nous préparons Euro 5 pour 2009-2010. Pour les voitures essence, on est assez proche du niveau bas. Pour les voitures diesel, avec Euro 4, les particules sont encore à un niveau significatif et les oxydes d'azote restent présents. Il faudra évaluer une action sur ces polluants, toujours à l'aune des trois critères du développement durable (économie, social et environnement). On prépare maintenant Euro 5. Si la proposition de la Commission est adoptée avant la fin de l'année (elle a été envoyée au Conseil et au Parlement), et si la codécision se fait assez rapidement, l'adoption pourra se faire en 2007 pour permettre une mise en application des niveaux pour les voitures particulières en 2008-2009. Pour les poids lourds (on utilise également les termes Euro IV et Euro V, en chiffres romains), on attend en 2008 la mise en application d'Euro V, qui va avoir un effet très important.

Entre Euro 4 et Euro 5, pour la partie diesel, on va réduire de 80 % les émissions de particules, qui sont suspectées d'être cancérigènes. Sur le NOx, la baisse est de seulement 20 %. En effet, la technologie n'est pas encore prête. On ne sait pas faire des systèmes à grande échelle pour supprimer les émissions de NOx des voitures particulières à un prix acceptable. Etant donné le surcoût de 2 000 €, les clients préfèrent acheter des petits véhicules à essence, qui vont consommer plus. Il s'agit donc de prévoir les aspects pervers des lois, qui sont contreproductifs. On accuse l'Union européenne, et notamment la Commission, d'être sur-réglémentée, ce qui pénalise les industriels. Sur les quatre polluants principaux (particules, NOx, monoxyde de carbone et hydrocarbures non brûlés), Euro 4 diesel est en application depuis le 1^{er} janvier 2005. En 2009, on aura Euro 5. Vous avez sur le schéma les niveaux équivalents japonais pour les diesel et essence en 2009, et les niveaux américains et californiens, autour de 2008-2009. A l'horizon 2009, les Européens, les Américains et les Japonais seront à peu près cadrés. Il convient cependant de relativiser, car les cycles d'essais sont différents. Il ne faut donc pas prendre ce schéma de façon rigoureuse, mais il donne une assez bonne image. Lorsque la Commission propose des législations, il convient de regarder ce qui se passe au Japon ou aux Etats-Unis. Sur les grandes régions automobiles du monde, les autorités convergent assez bien et ont de bons recouvrements.

C'est une bonne chose que l'on ait évoqué les poids lourds, car c'est un point important. Les médias se sont focalisés sur la voiture particulière, mais il convient d'appliquer le principe de proportionnalité. Je passe sur les détails car je n'ai pas le temps d'approfondir (vous avez les références sur les sites). On travaille pour Euro 5 sur les camions avec une limite NOx à 2 g par km. La réduction catalytique sélective va imposer d'avoir un réservoir d'urée à bord des camions. Dans les stations-service, on pourra donc vérifier l'urée. C'est peut-être contraignant, mais c'est très efficace. Il ne faut pas que les chauffeurs oublient de remplir leur réservoir régulièrement. Pour cela, il convient de trouver un moyen coercitif. C'est la police qui doit faire appliquer la loi, vérifier que les chauffeurs respectent leur temps de conduite, par

exemple, mais aussi qu'ils ne polluent pas. Il convient également de trouver des moyens pour les inciter. On pense notamment à un système qui réduit le couple : lorsque le réservoir d'urée est à un niveau zéro, le couple moteur diminue tellement, que le chauffeur n'aura de cesse de s'arrêter dans une station-service pour refaire le plein d'urée.

En dehors de la pollution, on observe le changement climatique. Le CO₂ n'est pas un polluant, comme chacun le sait. On a une action sur l'offre, avec l'engagement volontaire des constructeurs du Japon, de la Corée du Sud, et de l'Union européenne, de réduire les émissions à 140 g/km pour les nouvelles voitures mises sur le marché d'ici à 2008-2009. Cela représente 25 % de réduction par rapport à 2000. On fait un monitoring de cette réduction, mais on agit aussi sur la demande, avec des incitations fiscales. Cela relève de la subsidiarité, et donc de la compétence des gouvernements nationaux. C'est tout de même assez efficace pour orienter, avec une fiscalité adaptée, l'usage de voitures qui consomment moins et qui donc produisent moins de CO₂. Plusieurs méthodes sont possibles. En ce qui concerne le suivi de la réduction des émissions de CO₂, nous finissons d'évaluer les chiffres pour l'année 2004, et l'on s'aperçoit que l'on est sur la courbe. On n'est pas sûr que les constructeurs européens pourront tenir leurs engagements pour arriver en 2008 à 140 g. Nous verrons l'année prochaine ce que l'on devra faire pour que cette limite soit atteinte. Faire des voitures et des camions propres, c'est une bonne chose, mais le carburant doit également l'être. On a déjà éliminé le plomb, les sulfures, avec l'exigence à 10 PPM en 2009, qui est une condition sine qua non pour introduire de nouvelles technologies et avoir des voitures propres en 2009.

Il faudra penser, vers 2008-2009, à préparer l'après-pétrole avec des carburants alternatifs. Des actions volontaristes ont été lancées il y a quelques années, mais avec l'augmentation du prix des carburants cette année, l'objectif de 20 % de part de marché des carburants alternatifs devient urgent. Cela fait l'objet de la réflexion dite « CARS 21 » menée par un groupe à haut niveau, comprenant M. BARROT, M. VERHEUGEN et le Ministre LOOS. On fait des analyses « du puits à la roue », on examine les questions de mélanges possibles. C'est assez complexe, car l'éventail des biocarburants est très large, ainsi que la façon de les utiliser. Il faut revenir aux analyses systémiques, « du puits à la roue », et au principe du développement durable, pour ne pas déplacer les problèmes, et les traiter globalement. C'est assez compliqué car cela touche à la politique agricole commune, et cela va nous occuper de nombreuses années.

En ce qui concerne l'hydrogène, dont on a beaucoup parlé, ce n'est pas un combustible. Aujourd'hui, 98 % de l'hydrogène est produit par du craquage d'hydrocarbures ou d'ammoniaque. Il convient de le produire de façon compatible avec Kyoto sans utiliser de carburants fossiles. Il y a des enjeux en matière de stockage, de coût et de complexité des membranes. Il faudrait gagner le Loto quatre fois pour avoir des voitures à hydrogène à

grande échelle. On peut en faire tourner quelques-unes, mais sans aucune considération de prix. On est donc assez prudents sur l'hydrogène. C'est une question à long terme, pour après 2020.

En ce qui concerne notre fonctionnement, nous prenons l'avis des Etats membres, et le Parlement européen, en codécision avec le Conseil, prend les décisions, que nous proposons, et établit les politiques de l'UE. Il existe une confluence des différentes politiques. Chaque politique correspond à un article du Traité et il convient de trouver des solutions qui sont compatibles avec les politiques européennes. C'est ce qui fait souvent la difficulté. On peut avoir une très bonne idée, mais il faut la mesurer et la confronter aux différentes implications. Par ailleurs, en ce qui concerne la production, l'automobile c'est un tiers en Europe, un tiers en Asie et un tiers en Amérique. Sur les marchés, c'est similaire. L'approche sur le sujet ne doit pas être européenne, mais mondiale. Nous avons donc entrepris une migration de la législation européenne vers la législation des Nations unies, qui est plutôt un ensemble de règlements sans modalité de mise en œuvre. La Président du Forum mondial pour la réglementation de la construction automobile est un représentant du Ministère des Transports français.

Enfin, il faut considérer la Chine. Avec le textile, on a oublié qu'on avait dix ans pour s'y préparer. Dans l'automobile, certains s'y sont préparés, comme Volkswagen depuis quinze ans. La Chine, c'est compliqué, mais on ne peut pas l'occulter. Tous les grands pays constructeurs sont présents. Je milite beaucoup pour que la Chine signe plus de règlements des Nations unies à Genève.

- **M. Christian CABAL**

Merci. C'est une perspective et prospective sur ce point. Je vais donner la parole à Mme Valérie PERNELET. Je rappelle que notre mission concerne les voitures particulières. Nous avons décidé au niveau de l'Assemblée de nous consacrer uniquement aux véhicules particuliers. Même si les poids lourds occupent une place importante dans la genèse de la pollution de l'air, les thématiques sont relativement distinctes, bien que les conséquences puissent être les mêmes. On peut espérer qu'un autre rapport soit engagé sur la question des poids lourds. Mais aujourd'hui, dans le cadre précis de ce rapport de l'Office, il s'agit uniquement des voitures particulières.

4. Mme Valérie PERNELET, Chef de projet « Air et santé », AFSSE

Mon intervention vise à apporter quelques éclairages sur les liens entre pollution urbaine et santé. En préambule, je souhaite signaler que l'ensemble des normes sur la qualité de l'air qui existent actuellement en Europe résulte des travaux spécifiques de l'OMS en vue de protéger la santé de la population. La qualité de l'air est donc bien une préoccupation de santé publique.

Je ne reviendrai pas sur les émissions du trafic en tant que contribution substantielle à la pollution urbaine, car M. LAMELOISE en a suffisamment parlé et ses démonstrations ont été concluantes. Je présenterai, sans être exhaustive, quelques effets sanitaires des principaux indicateurs de la qualité de l'air d'origine automobile. En termes d'impact sanitaire de la pollution urbaine, je présenterai les principales références françaises et certains résultats.

Avec l'exemple de l'Ile-de-France, on peut rappeler que le transport routier est un contributeur majeur des émissions de polluants atmosphériques, qui sont des indicateurs de la qualité de l'air. En termes d'effets sanitaires des principaux indicateurs, le dioxyde d'azote est susceptible d'entrer jusque dans les voies aériennes inférieures jusqu'aux bronchioles. Au niveau cellulaire, il est susceptible de provoquer des lésions inflammatoires de l'épithélium. Chez le sujet asthmatique, certains auteurs notent une augmentation de l'hyperactivité bronchique, et certaines études épidémiologiques s'intéressant aux effets à court terme du dioxyde d'azote montrent que l'augmentation des niveaux de NO₂ est corrélée à une augmentation de la mortalité et des hospitalisations pour des pathologies respiratoires.

En ce qui concerne les particules fines, je n'apprendrai rien à l'ensemble des personnes présentes en indiquant que les plus fines sont les plus dangereuses. Elles vont effectivement jusqu'à atteindre les alvéoles pulmonaires et provoquent des inflammations des voies respiratoires. En termes d'impacts à court terme, on observe pour une exposition aux particules fines une augmentation de la mortalité, des admissions hospitalières et des consultations médicales pour des atteintes de l'appareil respiratoire et cardiovasculaire. Sur le long terme, les études épidémiologiques vont dans le sens d'un effet également délétère sur l'appareil cardio-pulmonaire en particulier, avec une augmentation des cas d'asthme lors de l'exposition à des particules fines diesel.

En ce qui concerne le mélange d'émissions diesel (et donc pas seulement des particules fines diesel), avec des gaz, des particules et un composé absorbé sur les particules, on sait que les particules diesel sont dangereuses notamment en raison de substances telles que des métaux ou des

HAP qui seraient absorbés sur ces particules. Le CIRC et l'EPA classent ce mélange en catégorie 2A, c'est-à-dire probablement cancérigène chez l'homme. Ils se fondent pour cela sur des données expérimentales sur l'animal et sur des données observées en milieu professionnel.

Enfin, en ce qui concerne l'ozone, il s'agit d'un polluant secondaire, comme l'a indiqué M. LAMELOISE. C'est un oxydant puissant, qui provoque des réactions inflammatoires et une hyperréactivité bronchique. A court terme, une augmentation des niveaux d'ozone est corrélée à une augmentation de la toux et de la fréquence des crises d'asthme. Cette augmentation des niveaux d'ozone est aussi corrélée à une augmentation des hospitalisations pour des pathologies respiratoires. Les effets à long terme de l'ozone sont encore peu connus. Une étude américaine note cependant l'augmentation de l'incidence de l'asthme chez l'homme.

Qu'en est-il en termes d'impact sanitaire de la pollution urbaine ? Je présenterai à ce sujet trois références françaises, mais elles sont bien plus nombreuses. Je n'évoquerai pas toutes les références européennes et internationales et je me limiterai à évoquer l'étude « Air Pur », qui a été menée par l'ORS Ile-de-France, et qui porte sur une période d'étude de 1987 à 2000, le Programme national de surveillance des effets sur la santé de la pollution de l'air dans neuf villes françaises (PSAS-9), qui a été mené par l'Institut de veille sanitaire, et enfin une étude menée par l'AFSSE en 2004 sur l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine, qui a tenté de mettre en évidence le lien entre une exposition chronique aux particules fines et le cancer du poumon.

L'étude « Air Pur » est une étude épidémiologique de type écologique. On a essayé de voir si des évolutions à court terme des niveaux de pollution étaient corrélées à des indicateurs sanitaires particuliers. Les indicateurs de pollution retenus dans cette étude sont les niveaux journaliers de dioxyde d'azote, d'ozone, de fumée noire, de particules fines et de dioxyde de soufre, tout cela mesuré en situation de fond. Les indicateurs sanitaires retenus ont été le nombre de décès, en particulier pour causes respiratoires et cardio-vasculaires, et le nombre d'hospitalisations pour différentes pathologies, essentiellement respiratoires. Après la prise en compte de nombreux facteurs de confusion, dans les grandes lignes, cette étude a montré que les relations les plus importantes apparaissent avec les particules et les dioxydes d'azote. En effet, on observe des hospitalisations pour maladies respiratoires, en particulier l'asthme. Ces effets sont surtout marqués chez les moins de 15 ans, où l'on observe une augmentation de 8 % des hospitalisations pour asthme en rapport avec le NO₂ (je rappelle que ce sont des effets à court terme), et une augmentation de 5 % des hospitalisations pour maladies respiratoires qui seraient en lien avec les particules fines.

Le Programme de surveillance épidémiologique PSAS-9, de l'INVS est, à gros traits, une application du programme Air Pur à d'autres villes

françaises. Cette étude s'attachait à étudier les risques sanitaires dus à une exposition à court terme à certains indicateurs de la pollution atmosphérique. Elle s'est attachée à caractériser cela dans les villes de Bordeaux, Le Havre, Lille, Lyon, Marseille, Rouen, Strasbourg, Toulouse et Paris, en reprenant partiellement les résultats de l'étude Air Pur. De la même façon que pour cette étude, les indicateurs de pollution ont été les niveaux journaliers de pollution pour le dioxyde d'azote, les particules, ozone et dioxyde de soufre. Les indicateurs sanitaires étaient pratiquement les mêmes que ceux retenus dans l'étude Air Pur, avec le nombre de décès pour des causes respiratoires et cardio-vasculaires et le nombre d'hospitalisations pour différentes pathologies respiratoires. On a essayé de cadrer l'étude par tranches d'âge. Les facteurs de confusion ont également été pris en compte. En conclusion, ce Programme de surveillance a permis de trouver des associations significatives entre l'exposition à la pollution atmosphérique et la mortalité dans les neuf villes, et un impact sur la santé davantage lié à la pollution de tous les jours qu'aux pics observés quelques jours par an.

La dernière étude d'impact sanitaire que je présenterai ici est une étude de l'exposition chronique aux particules fines en lien avec le cancer du poumon. L'objectif de cette étude était d'estimer l'impact de la qualité de l'air sur le risque de décéder des maladies telles que le cancer du poumon, dans la situation actuelle mais aussi en considérant des scénarios d'évolution de la pollution atmosphérique urbaine. L'indicateur de la qualité de l'air retenu est celui des particules fines, considérées comme risque de référence. Cette étude a été menée en écho à de nombreux travaux épidémiologiques menés ces dernières années qui suggèrent tous de manière convergente l'existence d'un risque accru de cancer du poumon après une exposition de longue durée aux particules fines. En ce qui concerne la démarche de l'étude, on s'est d'abord attaché à estimer les expositions, en se rapprochant des niveaux de particules fines en site de fond urbain. On a ensuite utilisé des relations exposition/risque, qui avaient été établies à partir d'études épidémiologiques faites en population générale, pour des niveaux d'exposition comparable et pour plusieurs tranches d'âge. On s'est particulièrement attaché à l'étude de POPE, étude américaine réalisée en 2002, pour laquelle la relation exposition/risque était connue et avait été largement étayée. On détermine enfin le nombre de cas attribuables à la pollution étudiée à partir des expositions déterminées en fonction des niveaux de particules fines mesurées et de cette relation exposition/risque. Pour la mise en œuvre de cette étude, on a tenté de quantifier l'impact estimé pour la situation actuelle et les évolutions possibles de la qualité de l'air. Soixante-seize unités urbaines ont été considérées, soit seize millions de personnes de 30 ans ou plus, qui était la population visée dans cette évaluation. J'insiste sur cet échantillon de population car les résultats que je présente ne sont pas transposables à la population française générale, mais concernent bien la population urbaine. Des limites ont été également largement évoquées et discutées dans ce rapport. Les résultats marquants concernant la situation actuelle et les décès par cancer du

poumon montrent que la classe d'âge la plus touchée est celle allant de 60 à 69 ans, où l'on peut observer jusqu'à 11 % des décès qui peuvent être attribuables à l'exposition aux particules fines. Sur l'ensemble de la population des plus de 30 ans, la fraction attribuable de cette exposition au long cours aux particules fines en termes de cancers du poumon serait de 6 % environ.

En conclusion, les liens entre la pollution urbaine, en particulier les indicateurs dioxyde d'azote et particules, et les atteintes de la santé, que ce soit à court terme en ce qui concerne le développement des maladies respiratoires comme l'asthme par exemple, mais également à long terme, concernant le développement de cancers du poumon et de maladies cardiovasculaires, on constate que ces liens sont de plus en plus clairement établis, et les études sont nombreuses à ce sujet. Les études d'impact sanitaire existantes indiquent également que ce sont les expositions chroniques correspondant à des niveaux de pollution modérés qui sont responsables de l'essentiel de l'impact sanitaire. Cela concerne donc indiscutablement la pollution de tous les jours. Tout cela justifie la poursuite de politiques destinées à maîtriser la pollution atmosphérique urbaine, particulièrement en relation avec les transports routiers.

Je vous remercie de votre attention.

- **M. Christian CABAL**

Merci pour cette présentation. Je vais donner la parole à M. RUIDAVETS, sur un exemple précis dans l'agglomération toulousaine.

5. M. Jean-Bernard RUIDAVETS, INSERM, Toulouse

Je suis médecin, praticien hospitalier au CHU de Toulouse, et j'exerce mon activité médicale et de recherche dans le domaine cardiovasculaire. Le travail que je vais vous présenter a été mené en collaboration avec l'Institut national de veille sanitaire, car si j'ai des compétences dans le domaine des cardiopathies ischémiques, j'en ai peu dans celui de l'environnement. J'ai profité de la présence à Toulouse d'un médecin, le Dr. Sylvie CASSADOU, qui coordonnait le PSAS-9, pour entreprendre ce travail et rechercher de possibles facteurs de risque lié à l'environnement sur les cardiopathies ischémiques. Cela concerne essentiellement l'infarctus du myocarde.

Pour mettre en place cette étude, on avait besoin de trois types de données. Le premier est la météo, car la concentration de l'air atmosphérique

en polluants en est très dépendante, mais surtout parce que certains polluants, et notamment les polluants gazeux, peuvent être plus nocifs par une augmentation de la solubilité due par exemple à un taux d'humidité plus important et donc à une meilleure pénétration des voies aériennes vers la circulation sanguine de certains polluants gazeux. Il est donc important de tenir compte dans l'analyse de ces paramètres pour étudier et contrôler l'effet de la pollution. Le deuxième outil concerne les mesures de la pollution qui est faite dans la région Midi-Pyrénées, et notamment à Toulouse, par l'Observatoire régional de l'air en Midi-Pyrénées (ORAMIP). Enfin, un outil (il en existe trois en France) que l'on appelle un registre des cardiopathies ischémiques, par lequel on enregistre depuis 1985, date à laquelle on a mis en place ce registre sur le département de la Haute-Garonne pour les personnes âgées de 35 à 64 ans, l'ensemble des événements de cardiopathie ischémique (infarctus du myocarde) qui surviennent dans la population résidente de ce département, hommes et femmes. Les mesures sont faites par l'ORAMIP à l'aide de deux types de capteurs. Certains mesurent une pollution spécifique, qui n'est pas celle qui nous intéresse, par exemple la pollution automobile à un carrefour ou l'émission d'ammoniac à AZF, à l'époque. Notre intérêt est porté sur des capteurs qui mesurent la pollution moyenne, c'est-à-dire la pollution à laquelle la population est exposée tous les jours, et non pas seulement à des pollutions très spécifiques, soit en quantité soit en qualité.

Sur l'agglomération toulousaine, un certain nombre de capteurs sont positionnés pour mesurer cette pollution de fond. Plusieurs types de polluants sont mesurés, mais nous avons travaillé sur les trois premiers, les polluants gazeux, ozone, oxyde d'azote et dioxyde de soufre. Nous n'avons pas encore travaillé sur les particules, mais nous avons commencé le travail, car les indicateurs n'étaient pas fiables au moment où nous avons engagé cette étude.

Le registre, depuis 1985, concernait au départ les 35-64 ans, et nous l'avons étendu à une tranche d'âge supplémentaire d'une dizaine d'années. Nous arrivons maintenant à 74 ans. La zone cible étudiée est l'agglomération toulousaine, qui est couverte à la fois par les capteurs et par le registre. La population exposée, d'après le recensement de 1999, était environ de quatre cent mille habitants. Nous avons conduit l'étude de janvier 1997 à juin 1999. Je signale quelques indicateurs, notamment les taux d'incidence de l'infarctus du myocarde sur la communauté urbaine de Toulouse, en prenant en compte également les décès coronaires. En effet, l'infarctus du myocarde est une maladie à mortalité précoce, et souvent, les personnes n'ont pas le temps matériel d'être admises dans une structure hospitalière. Par conséquent, le fait d'enquêter auprès des médecins généralistes sur le dossier médical du sujet permet de qualifier ces décès de coronariens lorsque tous les éléments permettent de l'identifier. Enfin, on a également enregistré les morts subites, car certains infarctus du myocarde peuvent survenir subitement, massivement, entraînant une mort subite. C'est une maladie essentiellement masculine pour cette tranche d'âge, puisqu'elle concerne les hommes à 85-90 %.

La méthode d'analyse utilisée est une méthode à cas témoins croisés : on fait défiler tous les jours de l'année et, à chaque fois que l'on observe un infarctus, on apparie à ce jour-là un jour témoin. Dans ce cas, on a apparié quatre jours témoins. Lorsqu'un infarctus survenait un lundi, on appariait le lundi précédent, et au fur et à mesure, on faisait défiler. Le principe étant que si ce jour-là est survenu un infarctus, on peut penser que l'exposition était plus importante par rapport au jour témoin qui n'a pas eu d'infarctus avec donc une exposition plus faible. On a étudié la relation entre l'exposition au polluant au même jour que la survenue de l'infarctus du myocarde. Nous avons essayé de voir s'il y avait un temps de latence, le temps que les mécanismes physiopathologiques se mettent en jeu pour déclencher la maladie, puis nous avons examiné s'il y avait un effet cumulatif, c'est-à-dire si le fait d'avoir successivement des pollutions importantes entraînait un risque supplémentaire.

Pour l'ozone, on constate que le risque le même jour est de 1,05. Cela signifie que pour chaque augmentation dans l'atmosphère de 5 microgrammes par mètre cube d'ozone, il y a un risque de 5 % de faire un infarctus du myocarde. Ces relations sont très significatives et concernent à la fois le même jour et le jour précédent. En revanche, lorsqu'on remonte sur l'exposition en termes chronologiques, il n'y a plus de relations, puisque le risque relatif diminue à 1 environ. De la même façon, nous avons étudié l'exposition au dioxyde de soufre et au dioxyde d'azote. Aucune relation significative n'a été trouvée sur l'exposition à court terme. Nous avons examiné aussi si des populations particulières dans cet ensemble de population étaient plus à risque que d'autres. Nous avons pensé que probablement, les personnes qui avaient déjà une cardiopathie ischémique étaient plus à risque que ceux qui n'en avaient pas. Mais c'est l'inverse qui a été observé. Les personnes qui n'avaient aucun antécédent de cardiopathie ischémique avaient plus de risque de faire un infarctus du myocarde par rapport à ceux qui avaient déjà des antécédents. Les explications sont nombreuses, et ne restent que des hypothèses. On sait que ces personnes sont traitées par des vasodilatateurs et ce que l'on appelle des IOC, qui ont un rôle protecteur contre la vasoconstriction et la rechute de l'infarctus du myocarde. Probablement, ces traitements ont permis de diminuer le risque chez ces malades. Par ailleurs, on a examiné si le risque était plus important chez les personnes âgées (55-74 ans) par rapport aux plus jeunes (35-54 ans), et l'on s'est aperçu sans surprise que ce sont les plus âgés qui sont les plus à risque.

L'effet marquant est qu'il s'agit d'un risque à court terme. On peut dire que c'est dans les vingt-quatre heures qui précèdent l'infarctus du myocarde que les choses se sont passées. C'est une association spécifique. Jusqu'à présent, on avait travaillé sur des maladies cardio-vasculaires, des hospitalisations, des données hospitalières, de mortalité, mais jamais sur une pathologie spécifique, comme l'infarctus du myocarde. C'est une association robuste car quelles que soient les décisions que l'on prend, on retrouve toujours les mêmes relations. Cela affecte la population jeune (35-64 ans). Les plus âgés sont les plus sensibles, mais cela affecte également les personnes qui

n'avaient aucun précédent vasculaire et les jeunes. Enfin, c'est une relation linéaire, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de seuil. A chaque fois que l'on augmente la concentration de l'ozone, on augmente d'autant plus la survenue de l'infarctus du myocarde.

Sur les mécanismes physiopathologiques qui sont évoqués, on observe que c'est une relation à court terme. On évoque le rôle de l'inflammation, locale mais aussi générale. D'autres travaux ont montré que des marqueurs de l'inflammation produits par le foie sont des marqueurs généraux de l'inflammation, et que les marqueurs locaux produits autour des vaisseaux étaient augmentés lorsqu'on était exposé à de la pollution atmosphérique. Par ailleurs, on a démontré chez l'animal qu'il y avait une stimulation d'un vasoconstricteur (endothéline-1) mais aussi l'inhibition de la sécrétion de vaso-dilatateur. Enfin, on observe un rôle direct sur le système neurovégétatif. On a également montré que l'ozone avait un rôle sur la fréquence cardiaque, en la diminuant, à l'inverse des autres marqueurs (NO_2 et SO_2), qui sont cardio-accélérateurs.

En conclusion, je présente quelques données comparatives. On s'est posé la question de savoir pourquoi on ne trouvait pas d'association avec le NO_2 ou le SO_2 , alors que cela avait été décrit par ailleurs. On constate que, concernant le dioxyde d'azote, si on le compare à Toulouse, toutes les études qui ont montré une relation positive avec des taux très supérieurs à ceux que l'on observe à Toulouse, considèrent le taux moyen ou le taux médian sur la période d'étude. On constate que c'est deux à trois fois plus important. De la même façon, dans toutes les études qui ont montré une association entre le SO_2 et la survenue de cardiopathies ischémiques, Toulouse a un taux très faible. La population étudiée n'est probablement pas suffisante en nombre pour mettre en évidence ces relations. Cependant, lorsqu'on examine l'ozone, on constate l'effet inverse : Toulouse compte des taux très élevés, comparables à Barcelone ou Mexico, et l'on a mis en évidence dans ces villes des relations équivalentes.

Je vous remercie.

- **M. Christian CABAL**

Merci pour cette présentation et pour les différentes présentations de cette première partie de cette matinée, puisque les intervenants ont respecté le cahier des charges du point de vue de la durée, ce qui les a parfois amenés à être un peu rapides. Nous avons une petite marge de temps pour passer à la partie questions ou commentaires sur cette première série d'interventions sur ces quatre thématiques de la matinée.

6. Débat avec la salle

- **M. André DOUAUD, CCFA**

Je voudrais poser une question aux deux derniers intervenants, au sujet de leurs études, très intéressantes. Celles-ci prennent-elles aussi en compte les autres environnements que celui extérieur et la pollution d'origine automobile ? Je pense notamment à la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments, où l'on n'est pas seulement exposé à la pollution de la rue ?

- **Mme Valérie PERNELET**

Les différentes études que j'ai évoquées se basent en termes de qualification et quantification de l'exposition sur les niveaux de fond ambiants, c'est-à-dire que l'on considère que c'est l'exposition minimale. On peut penser que cela minimise le risque. Si l'on devait prendre en considération la pollution intérieure, on pourrait trouver des associations plus fortes. Mais la réponse est pour l'instant négative, les expositions intérieures n'étant pas prises en compte pour le moment. Les liens qui ont été démontrés concernent la pollution de fond et les maladies.

- **M. Jean-Bernard RUIDAVETS**

Je donnerai la même réponse. Nous avons surveillé quatre cent mille personnes, mais nous n'avons pas installé un capteur derrière chaque individu. C'est impossible à réaliser. De la même façon, on ne peut pas mesurer dans chaque appartement ou maison la pollution intérieure. Mais ce que vient d'indiquer Mme PERNELET est tout à fait exact. En prenant une valeur moyenne basse, on minimise les relations. En ce qui concerne la pollution extra-domicile, les relations ne pourraient être que supérieures à ce que l'on observe.

- **M. Christian CABAL**

Merci pour ces réponses.

- **M. Pascal DOUARD, ministère des Transports**

J'ai une question un peu naïve sur l'influence des oxydes d'azote sur la santé. Pour qualifier cette influence, vaut-il mieux raisonner sur l'ensemble des oxydes d'azote ou sur le NO₂ ?

- **Mme Valérie PERNELET**

Au sein de la famille des oxydes d'azote, c'est exclusivement le dioxyde d'azote qui pose problème sur la santé.

- **M. Christian CABAL**

C'est une réponse claire et précise.

- **Pr. Etienne FOURNIER, Académie de médecine**

Lorsqu'on décrit l'ozone et sa dispersion dans la région parisienne, on décrit une bande avec une zone plus marquante au niveau des agglomérations, mais la bande se prolonge très loin. Retrouve-t-on les mêmes phénomènes dans les hôpitaux parisiens, dans les hôpitaux du Sud, du Nord, et y a-t-il des corrélations établies permettant une comparaison peut-être un peu plus étendue ?

- **Mme Valérie PERNELET**

En ce qui concerne l'étude de l'ORS sur la région Ile-de-France, les corrélations qui ont été mises en évidence entre indicateurs de pollution atmosphérique et indicateurs sanitaires ont concerné l'ensemble de l'agglomération. Cela recouvrait Paris et les départements de la Petite couronne, mais l'étude n'a pas été jusqu'à mettre en évidence de distinction entre les différentes zones de cette couverture géographique qui avait été prise en compte.

- **M. Philippe LAMELOISE**

Ce type d'études complémentaires n'existe pas en France, mais de nombreuses études ont été réalisées aux Etats-Unis, où l'on a étudié les

capacités respiratoires d'enfants dans des camps d'été éloignés de 100 à 150 km de Los Angeles, sur les montagnes. On a pu identifier clairement des problématiques plus importantes pour ces enfants, exposés à des niveaux plus forts que ceux existant en ville.

- **M. Claude GATIGNOL**

Nous avons constaté sur les graphiques une baisse des émissions de nos véhicules. Comment peut-on l'intégrer dans la conséquence vis-à-vis de la santé ? Nous avons des mesures, et la photographie concernant les conséquences sur la santé, qui sont enregistrées depuis plusieurs années : peut-on faire une réflexion sur ce sujet ?

- **Mme Valérie PERNELET**

En termes de parts attribuables aux émissions du trafic routier et ce que l'on pourrait mettre en face en termes d'indicateurs sanitaires, on n'arrive pas à le faire pour l'instant. On part d'indicateurs de pollution mesurée dans l'environnement général et qui considèrent l'ensemble des sources contribuant à ce niveau de pollution. On ne peut pas, pour la population générale, montrer de lien particulier entre la pollution spécifiquement liée au trafic et l'état sanitaire d'une population. On peut le faire pour un indicateur de pollution atmosphérique général, mais pas spécifiquement lié aux émissions du trafic.

- **M. Claude GATIGNOL**

Est-il possible de faire des approches différentes entre le moteur diesel qui est produit par un constructeur en 2005 et celui qui roule toujours, qui a été produit en 1990, par exemple ?

- **M. Philippe LAMELOISE**

Il existe en effet des différences en termes d'émissions qui sont très importantes. En particulier, en matière d'émission de particules fines. C'est intégré dans nos calculs et notre inventaire d'émissions, mais c'est quelque chose que je n'ai pas eu le temps de développer. Un véhicule diesel actuel émet, avec presque un ordre de grandeur à facteur 10, de particules en moins qu'un véhicule non équipé d'il y a une dizaine d'années.

- **M. Claude GATIGNOL**

M. SELLES, représentant de la Commission, a signalé le choix de celle-ci de ne pas réglementer à ce jour les oxydes d'azote. Pouvez-vous nous donner quelques précisions supplémentaires sur les raisons qui vous ont amené à nous dire cela ?

- **M. Laurent SELLES**

J'ai été très bref. Les oxydes d'azote, pour les véhicules particuliers, les voitures de tourisme, ont été réduits de plus de 80 % entre Euro 1 et Euro 4, en application depuis le 1^{er} janvier 2005. Euro 5 va entrer en application en 2009, et nous proposons une réduction de 20 % par rapport à Euro 4. Pour les particules, c'était plus facile, car le filtre à particules développé par le groupe PSA a permis de les réduire. En demandant que dans Euro 5, en 2008, les filtres à particules soient obligatoires, on réduit tout de suite de facteur 10 les émissions de particules. Pour les oxydes d'azote, c'est plus compliqué car la technologie est beaucoup plus chère. On risque donc de tuer le marché des petites voitures diesel. Sur les grosses voitures, il n'y a pas tellement de différences. On s'aperçoit que sur une voiture de 1 000 cm³ il y a une différence de prix entre l'essence et le diesel de 1 000 à 2 000 €. Pour les voitures à plus de 30 000 €, il n'y a plus de différence. On fait attention au risque de dérapage.

Le gros problème, c'est l'effet de parc. On établit des normes, mais cela ne concerne que les voitures neuves. Le parc moyen a sept ans d'âge. Cela veut dire que certaines voitures ont vingt ans, sans parler des camions et des motocyclettes. Il faut attendre dix ans pour que les bienfaits d'une réglementation européenne se traduisent dans l'air des villes, et des campagnes.

- **M. Christian CABAL**

Justement, sur ce point de méthodologie de définition des normes Euro 4 et Euro 5, dans quelle instance, au niveau de la Commission, et sous quelle forme, sont élaborées ces normes ? Sur un avis d'experts, en fonction de considérations liées à l'industrie ? Quels sont les paramètres qui jouent pour définir ces normes ?

- **M. Laurent SELLES**

D'abord, nous nous appuyons sur les études menées dans les Etats membres essentiellement, sur ce qui est faisable. On obtient ainsi un nuage de points, et l'on examine quel est le niveau de sévérité, en estimant combien de véhicules on va retirer du marché. Il faut être ambitieux, mais pas trop, au risque d'être contre-productifs. Les niveaux de pollution vont continuer à décroître, mais on ne peut pas aller trop vite.

Des études sont faites dans les Etats membres, on fait l'analyse, comme je l'ai indiqué, selon les trois pôles du développement durable : l'impact économique, l'impact du bénéfice social, sur la sécurité (combien de morts pourront être sauvés), l'impact sur l'environnement, et c'est toujours en fonction de ces trois critères que l'on définit un niveau. Les décisions sont prises par les Etats membres. Nous proposons à la Commission, et le Conseil va se réunir dès le début 2006 pour réfléchir sur la proposition Euro 5. C'est lui qui décidera, dans sa sagesse, avec l'aide du Parlement, si c'est trop sévère, pas assez, ou s'il faut une année de plus ou de moins pour mettre cela en application.

- **M. Christian CABAL**

La pratique, ces dernières années, vous a-t-elle montré que vos propositions étaient suivies, ou y a-t-il des réticences ou des objections ?

- **M. Laurent SELLES**

En général, les propositions sont suivies. Par expérience, le Parlement européen est imprévisible, ce qui n'est pas forcément négatif. Pour ce qui est du Conseil, on arrive à savoir car avant de soumettre notre position, on la teste à Paris, à Londres, pour savoir si elle est viable. Au Parlement européen, c'est plus délicat, car on ne peut pas interroger sept cent trente-deux députés. En général, on fait beaucoup d'analyses d'impact afin d'étayer complètement nos propositions de façon à ce qu'elles ne puissent pas être trop amendées. On réagit sur les amendements en arguant, mais le dernier mot, c'est le Parlement et le Conseil qui l'ont.

- **M. Christian CABAL**

Il n'y a pas eu de situations conflictuelles...

- **M. Laurent SELLES**

Pas sur les émissions. Les industriels sont tout à fait favorables au marché intérieur des véhicules, et en matière de sécurité routière et d'émissions des véhicules, nous n'avons jamais eu de gros problèmes au Parlement, ni au Conseil.

- **Un auditeur**

A propos de la consommation de 140 g de CO₂/km, cela concerne la consommation normalisée, qui est souvent différente de la consommation réelle des véhicules. Au niveau européen, on essaie d'être plus en rapport avec la consommation réelle, en particulier l'influence de l'utilisation de la climatisation sur la consommation. Pouvez-vous nous dire quelque chose à ce sujet ?

- **M. Laurent SELLES**

La question des protocoles d'essai est très compliquée, car la consommation d'un véhicule est une série, qui monte et descend, sur un facteur 100. Il convient donc de lisser cela avec un modèle qui colle le plus possible à la réalité. Comme le marché, la production est mondiale, et le cycle d'essai doit être normalisé au niveau des Nations unies. Nous travaillons avec les groupes de rapporteurs des Nations unies des quarante-quatre pays afin d'obtenir un cycle d'essai normalisé au niveau mondial pour les poids lourds, mais aussi pour les deux roues. La semaine dernière, une proposition a été faite pour les voitures particulières. Mais c'est difficile car chaque culture automobile est différente, aux Etats-Unis, au Japon, en Europe. Il est assez difficile de définir des cycles d'essai. De plus, on note une complication. Les voitures sont maintenant des boîtes auto-adaptatives, semi-automatiques ou des systèmes X-Drive, avec quatre roues motrices et toutes les applications à bord, comme l'air conditionné. C'est donc difficile mais on y travaille. Le problème concerne le consensus car on n'a que des cas particuliers.

- **M. Claude GATIGNOL**

Puisque nous avons la chance d'avoir les représentants d'Airparif et de l'AFSSE, j'aurais voulu savoir comment vous définissez à la fois les objectifs et les seuils d'Airparif, par exemple, pour 2010. Est-ce une réflexion propre à votre structure ? Vous inspirez-vous d'une réglementation internationale, ou européenne, avec les difficultés que l'on vient de nous

signaler ? Comment cela se passe-t-il dans vos définitions de vos objectifs et de vos seuils ?

- **M. Philippe LAMELOISE**

Airparif ne définit ni les objectifs ni les seuils. Dans le cadre de travaux menés jusqu'à maintenant par l'Etat et qui vont l'être aussi par le Conseil régional dans le cadre de la remise en chantier du Plan régional de qualité de l'air (PRQA), avec l'élaboration par l'Etat du Plan de protection de l'atmosphère (PPA), on confie à Airparif, ou à d'autres, un certain nombre de travaux pour évaluer l'efficacité des actions qui vont être mises en œuvre dans ce qu'elles permettent ou non d'atteindre les objectifs de la qualité de l'air définis au niveau européen ou au niveau national. Un certain nombre d'engagements au niveau français sont définis au niveau des directives de l'Union européenne en matière de qualité de l'air, que l'on doit respecter à un certain horizon, celui de 2010 étant important de ce point de vue. A travers des modèles de simulation, Airparif calcule, en fonction des différentes actions et des réductions d'émissions qu'elles génèrent, si elles permettent ou non d'atteindre les objectifs de qualité de l'air que l'on s'est assignés ou que l'on a acceptés pour 2010.

- **M. Claude GATIGNOL**

Ces propositions vont-elles par exemple jusqu'à des analyses des flux de circulation sur certains axes ?

- **M. Philippe LAMELOISE**

On part d'une description du trafic relativement précise. Pour utiliser des termes techniques, on a 256 matrices de trafic qui décrivent tous les grands types de jours, ouvrables, sachant qu'il y a des nuances dans les jours ouvrables, les vendredis ne ressemblant pas aux jeudis, et différentes heures de circulation entre les heures de pointe du matin et du soir, l'heure d'activité de la journée, ou heures creuses de la nuit. Ce sont de grands outils.

- **M. Christian CABAL**

S'il n'y a pas d'autre question sur cette première série d'interventions, je propose que nous marquions une pause avant de prendre la deuxième série d'interventions de la matinée.

***B. DEUXIÈME TABLE RONDE :
QUELLES SOLUTIONS DANS LES DIX PROCHAINES ANNÉES ?***

• **M. Christian CABAL**

Je propose à M. LE BRETON, de Total, de nous faire une présentation sur les carburants et leur formulation.

1. M. Daniel LE BRETON, Chef du Département « Transport Energie », Total

Nous allons examiner rapidement un panorama sur les carburants puis nous ferons un retour en arrière sur l'évolution des carburants, avec comme premier sujet la réduction des émissions polluantes. C'est l'objet des quinze dernières années pour les carburants et des trente dernières années au moins pour les véhicules. Pour commencer, le plomb a disparu avec l'usage des pots catalytiques qui sont arrivés sur les véhicules à essence en 1993. Le plomb des essences n'a pas disparu brutalement à cette époque, puisqu'une grande partie du parc automobile avait encore besoin de l'essence plombée. Il a fini par disparaître en 2000 et à être remplacé pour les quelques véhicules anciens par un substitut permettant de protéger les sièges de soupape. Le soufre est en train de disparaître pour permettre l'efficacité maximale des pots catalytiques. Vous avez eu une illustration du changement de spécification du benzène, qui est passé de 5 à 1 %, et vous avez vu que cela se traduit immédiatement sur les émissions de benzène. Même si le degré n'est pas comparable, les véhicules actuels émettent toujours un peu de benzène par combustion, y compris les véhicules diesel. C'est très faible, mais la combustion est toujours à l'origine d'émissions de benzène et pas seulement de benzène dans les produits. En ce qui concerne les polyaromatiques des gazoles, une famille particulière a été limitée en teneur pour réduire les émissions de particules. Cela a été l'objet de la directive carburants de 1998. Cette directive est d'ailleurs en cours de révision, avec un amendement qui sera proposé par la Commission d'ici la fin de l'année, qui rectifiera ou amendera certaines spécifications actuelles.

Aujourd'hui, on constate que l'on franchit à nouveau des étapes en termes de technologie. J'ai pris deux exemples : les pièges à particules, qui sont déjà en service sur certains véhicules et qui vont probablement être étendus à tous les véhicules diesel neufs européens à partir d'Euro 5. J'évoquerai également la catalyse sélective pour la réduction des oxydes d'azote, qui sont formés également par combustion. Les moyens d'agir sont faibles dans ce domaine. Dans le cadre des poids lourds, la technologie qui va

se développer et qui va se commercialiser à partir de 2005-2006 mais plus notablement 2008-2009, va faire appel à la réduction par l'urée. Nous aurons dans certaines stations-service des distributeurs d'urée. Ce ne sera pas la seule manière de distribuer l'urée, et c'est réservé uniquement aux poids lourds pour l'instant. Pour vous donner une échelle, d'ici quatre ou cinq ans, il y aura près de cinq cents stations en Europe. Deux compagnies pétrolières en ont annoncé : une compagnie autrichienne, WENVE, et nous-mêmes, avec quatre cents stations. Nous verrons si les autres compagnies prévoient d'installer des stations d'ici là.

Par ailleurs, d'ici le 1^{er} janvier 2009, il n'y aura plus que des carburants sans soufre en Europe. Une petite quantité est distribuée en France actuellement. Tout le Super 98 en France est sans soufre, ainsi qu'une partie du gazole. Deux émissions de polluants sont donc encore sujettes à problème, qui ont été évoqués longuement, les oxydes d'azote et les particules. La Commission continuera à déployer des efforts pour réduire ces deux polluants. En ce qui concerne les biocarburants, qui sont dans le panorama depuis un certain temps, leur vertu principale est la réduction des gaz à effet de serre. Ils sont sans plomb ni soufre, même s'ils ont quelques PPM de soufre. Ils sont sans aromatiques par nature, mais chacun a ses « petites misères », et en général les oxygénés sont des précurseurs d'émissions d'aldéhydes.

Pour satisfaire la directive européenne, il existe une limite de teneur en oxygène qui tient au fonctionnement des véhicules. Ces carburants (j'ai pris le cas français), sont utilisés depuis plus de dix ans en mélange dans les carburants conventionnels. Vous ne les voyez pas mais vous les avez à la pompe. On a surtout utilisé en France de l'ETBE, produit dérivé de l'éthanol, et l'ester méthylique d'huile végétale, qui est surtout en France de l'ester méthylique d'huile de colza. On parle beaucoup d'éthanol. Si je me place dans un cadre international, on commence à parler d'éthanol en tant que filière avec des véhicules capables de rouler avec des quantités d'éthanol très importantes. Il y en a un peu aux Etats-Unis, et cela se développe très vite au Brésil actuellement, où deux tiers des nouvelles immatriculations sont des véhicules dits flexibles.

En ce qui concerne le futur, je vous présente un schéma avec la ressource actuelle, avec des alcools ou des huiles, des produits oxygénés, qui posent des problèmes de logistique et de compatibilité. C'est une ressource relativement limitée. On est ensuite passé dans la première génération, avec la transformation de ces produits. Au bout de cette transformation, ils deviennent compatibles et fongibles avec les carburants conventionnels, mais ils sont toujours limités par le pourcentage maximum d'oxygène dû à la combustion dans les moteurs. On parle maintenant de seconde génération des biocarburants. Pour simplifier, ce sont des biohydrocarbures issus de la synthèse par transformation de la biomasse. Chimiquement, ce sont les mêmes familles d'hydrocarbures, mais elles ont la vertu d'être renouvelables. Dans cette perspective, les procédés mis en œuvre sont capables de prendre des

ressources beaucoup plus diversifiées que les ressources actuelles. Le premier exemple en Europe avant 2008 concerne les biohydrocarbures fabriqués par le procédé dit NExBTL, invention de la compagnie finlandaise Neste Oil, qui est le pétrolier finlandais. Celle-ci a une usine pilote en cours de construction, et nous avons signé un accord avec elle pour construire une seconde usine qui ne sera plus aussi pilote, puisqu'elle va faire environ 200 000 tonnes de produits, essentiellement du gazole. J'ai illustré avec quelques exemples assez réducteurs ce que cela pouvait être.

Le premier procédé que l'on va voir apparaître en Europe, c'est le procédé NExBTL. On peut utiliser des huiles ou des graisses animales pour les convertir en hydrocarbures. Cela donne une coupe qui est majoritairement du gazole, avec une petite dose d'essence. Il existe d'autres procédés auxquels on s'intéresse, dont un qui commence à être connu, qui est la conversion de « biomass to liquid » (BTL), qui consiste à gazéifier la biomasse puis à faire une synthèse et à recomposer le gaz de synthèse en hydrocarbure. C'est un procédé assez complexe. Il existe une usine pilote en Allemagne. C'est un sujet d'étude très intéressant. L'usine de synthèse des hydrocarbures est assez compliquée et lourde, et elle a des problèmes d'échelle. En général, les usines de ce type sont assez importantes afin de pouvoir les intégrer dans un site industriel. Dès que l'on parle biomasse, on a un problème de diffusion. On ne peut pas imaginer que l'on va récupérer de la biomasse à mille kilomètres de l'usine. Il faut le faire dans un périmètre assez restreint autour de l'usine. C'est porteur de potentiel, avec une flexibilité grande, que ce soit sur les charges ou les sorties, les productions. On fait essentiellement du gazole de cette façon, mais on pourrait aussi faire de l'essence avec ce type de process. Un procédé qui est presque concurrent, mais qui représente une autre voie, est celui dit de la thermolyse. On convertit la biomasse, on la liquéfie en quelque sorte sous la forme d'un biobrut, dont on peut imaginer qu'on le traite de manière fossile dans une raffinerie qu'il faut adapter. Cela a la vertu de prendre beaucoup de charges différentes et de produire d'autres composés utilisables en dehors des carburants, dérivés de la biomasse directement. Une fois que cela rentrera dans l'usine, on ne saura pas nécessairement retrouver les molécules de biomasse.

Un autre procédé, que j'ai mis en seconde génération, mais qui permet de produire un produit de première génération, l'éthanol, est l'hydrolyse enzymatique, qui a la vertu de convertir de la lignocellulose en éthanol avec un bilan de gaz à effet de serre très intéressant. C'est un procédé qui intéresse beaucoup les marchés nord-américains, qui sont principalement à essence. Il existe une usine pilote au Canada. Cela a à peu près le même statut que la gazéification de la biomasse. La perspective pour ces trois derniers types de procédés se situe entre 2015 et 2020. En effet, avoir des démonstrateurs est une chose, mais passer au stade industriel comme on l'est dans la version NExBTL est une autre chose, et cela demande encore pas mal de travaux.

J'ajoute pour terminer quelques mots sur l'hydrogène, qui a été évoqué rapidement, pour dire qu'on le conçoit comme une éventualité dans le futur. Certaines personnes ici ont pu visiter une station d'hydrogène que nous avons en Allemagne et conduire un véhicule à pile à combustible. Cela roule, mais c'est très cher. On n'envisage pas cela avant une quinzaine ou une vingtaine d'années. Nous nous préoccupons de savoir si distribuer l'hydrogène est quelque chose de complexe et acceptable par la clientèle, et à quel prix cela peut conduire à l'hydrogène, en souhaitant qu'une bonne partie soit renouvelable. Comme cela a été dit, la majorité de l'hydrogène fabriqué actuellement dans le monde est issue de la conversion du gaz naturel.

- **M. Christian CABAL**

Merci. Je vais donner la parole à Monsieur BELOT, qui va nous parler du traitement des émissions.

2. M. Gérard BELOT, Direction de l'environnement automobile et du développement durable, PSA

Messieurs les Députés, Mesdames et Messieurs. J'ai au sein de la Stratégie et du Plan du groupe PSA Peugeot-Citroën la responsabilité de coordonner les positions techniques dans le domaine des carburants et des émissions. C'est donc à ce titre que j'ai eu l'honneur d'être invité pour parler des techniques de dépollution des moteurs, et notamment pour faire un bilan en ce qui concerne leur maturité et leur efficacité.

Il existe deux convertisseurs énergétiques utilisés dans l'automobile : l'essence et le diesel. L'essence est un moteur que l'on qualifie de moteur à allumage commandé, qui fonctionne sur une combustion dite stœchiométrique homogène. Stœchiométrique signifie que l'on s'applique à ce qu'il y ait en permanence dans la chambre de combustion autant de carburant que d'air nécessaire à la combustion complète du carburant. C'est donc un équivalent d'oxydo-réduction, pour parler plus savamment. Homogène signifie que le mélange air/essence est fabriqué avant d'être introduit dans la chambre de combustion pour avoir dans cette chambre de combustion un mélange très intime entre l'air et l'oxygène, qui va permettre la combustion, et le carburant vaporisé.

Le diesel fonctionne sur un mode totalement différent, qui est un mode d'allumage par compression. Cela consiste à comprimer de l'air par le mouvement du piston vers le haut. Dans cet air comprimé, qui est de ce fait chauffé, on injecte une petite quantité de carburant qui va donner l'énergie,

par combustion. Cette combustion est dite en excès d'air, parce que, quelles que soient les conditions de fonctionnement, ou pratiquement, on admet toujours dans le moteur, à chaque temps moteur, la même quantité d'air qui est celle imposée par la volumétrie du cylindre du piston. C'est hétérogène parce qu'on injecte le carburant dans une masse d'air chaude, et que cela donne lieu à une combustion essentiellement hétérogène. Le moteur thermique est un système. Ce n'est pas un dispositif destiné à fabriquer de l'énergie uniquement, mais il doit s'intégrer totalement dans la chaîne que l'on appelle thermomécanique, qui doit prendre en compte les systèmes de dépollution.

Un moteur doit être optimisé car il doit satisfaire un certain nombre de critères et d'obligations, liées notamment au rendement énergétique que l'on souhaite le plus élevé possible, à la consommation de carburant, ce qui n'est pas tout à fait équivalent au rendement, à la puissance et au couple, c'est-à-dire la qualité qu'aura un moteur de donner de l'énergie au moment où l'on a besoin, et de la façon la plus régulière possible. Les émissions gazeuses et particulaires font partie de ce que l'on appelle l'optimisation, et l'acoustique et les vibrations sont également prises en compte. Ce n'est pas une liste limitative, mais elle montre que souvent, cette optimisation est basée sur des antinomies, et que l'on est amené à gérer en permanence des compromis.

Je vais parler du moteur essence et de ce que l'on appelle couramment la catalyse trois voies, en m'appuyant sur un schéma qui peut paraître complexe, mais qui est relativement simple. C'est un catalyseur, et c'est donc la pièce de céramique qui est placée dans la ligne d'échappement (cela représente deux litres de volume). Ce catalyseur est constitué d'un support de céramique, forme nid d'abeille, et donc les gaz peuvent traverser ce support. Sur celui-ci sont déposés des matériaux réfractaires, des oxydes métalliques, alumines, sur lesquels sont dispersés les métaux précieux (platine, palladium, rhodium) à la surface desquels les réactions catalytiques vont avoir lieu. Pour donner une idée, le rôle de ce que l'on appelle le washcoat, c'est-à-dire la phase active sur laquelle sont dispersés les métaux précieux, offre une surface de contact très importante au gaz d'échappement. Pour avoir une référence simple, c'est la taille d'un terrain de football. Autrement dit, le washcoat, du fait de sa très haute porosité, offre au gaz d'échappement une surface d'échange très vaste sur laquelle sont déposés les métaux précieux où s'effectuent les actes catalytiques.

Sur le schéma de fonctionnement de la catalyse trois voies, on voit qu'elle exige que la stœchiométrie soit respectée. Cela signifie qu'en permanence, on va mesurer la quantité d'oxygène présente dans le gaz d'échappement, pour que celle-ci soit le plus près possible de ce que l'on appelle la stœchiométrie, c'est-à-dire la richesse 1. Si l'on s'écarte de cette richesse, si l'on va du côté pauvre ou du côté riche, le catalyseur ne va plus remplir sa fonction trois voies, de convertir simultanément le monoxyde de carbone et les hydrocarbures, qui sont des réducteurs, et l'oxyde d'azote, qui est un oxydant, plus les restes d'oxygène qui sont présents dans les gaz

d'échappement. Moyennant un maintien aussi strict que possible au voisinage de la richesse 1, le dispositif va offrir un taux de conversion optimal pour les trois polluants (CO, HC, NOx) et de ce fait, exercer sur les gaz d'échappement une conversion qui va ramener les niveaux de ces trois polluants à des valeurs très basses. Cette catalyse trois voies est en action depuis très longtemps. Elle remonte aux années 70, où elle a été introduite aux Etats-Unis. Aujourd'hui, on peut dire qu'elle a fait ses preuves, sachant que pour la mettre en œuvre, il faut également respecter des conditions de température, de vitesse d'écoulement, qui permettent d'obtenir son optimum d'efficacité.

En ce qui concerne le diesel, je vais parler des nouveaux moteurs, qui font appel à une technologie d'injection dite « common rail haute pression », qui chez PSA Peugeot-Citroën a pris l'appellation HDI. Cette technologie, lancée en 1998, a la propriété de découpler complètement l'injection de la mécanique. Cela signifie que le système d'injection est devenu autonome. Il peut être commandé de façon électronique, séparément, sur chaque injecteur, de façon à gérer la combustion, cylindre après cylindre, dans tout le cycle moteur. C'est un avantage considérable, car cela permet d'une part de très hautes pressions d'injection et une vaporisation ou dispersion du carburant de très haute qualité, qui donne une combustion que je ne qualifierai pas d'homogène mais qui tend à s'en rapprocher. De ce fait, cela diminue d'une part les NOx et d'autre part les particules. C'est le carré magique, que l'on a pour habitude d'utiliser pour qualifier ces nouveaux moteurs diesel, avec un gain de 15 à 20 % au niveau de la consommation par rapport au moteur remplacé. Cela place le diesel à 25 % de l'essence, avec un agrément de conduite, grâce au couple, le silence de fonctionnement, en raison d'une injection pilotée très finement, ce qui évite les bruits liés à la combustion brutale, et les émissions qui sont réduites de facto par ce nouveau système d'injection.

Grâce à ce système d'injection très performant, qui permet une gestion très précise du mode d'injection, il a été possible de développer le filtre à particules, qui les éradique totalement. Lorsqu'on mesure le nombre de particules, la diminution est de quatre ordres de grandeur. On divise par dix mille le nombre de particules grâce à ce dispositif. Celui-ci repose sur trois contributeurs importants :

- le filtre proprement dit, en carbure de silicium, qui a des propriétés thermomécaniques exceptionnelles, permettant de stocker et de régénérer régulièrement et sans dommages, tout en conservant l'efficacité ;
- le système d'injection « common rail », qui permet de gérer l'injection de façon précise. On peut observer que dans le même cycle moteur, on est capable de générer trois injections distinctes, la première étant appelée pilote, qui va préparer la combustion et diminuer le bruit, la seconde, qui va donner

l'énergie, et la troisième, que l'on active uniquement lorsque c'est nécessaire, qui permet la régénération du filtre à particules, tout simplement parce qu'en injectant du carburant dans la phase de détente du cycle moteur, on fabrique des calories, on réchauffe les gaz d'échappement, on fabrique dans le même temps des hydrocarbures excédentaires qui vont brûler sur le catalyseur d'oxydation en amont du filtre à particules, et qui vont de ce fait contribuer à réchauffer les gaz pour assurer la combustion ;

- le troisième élément indispensable est l'additif. Les véhicules équipés du système filtre à particules disposent d'un petit réservoir renfermant un additif à base d'oxyde de cérium, qui est ajouté au carburant chaque fois qu'on fait le plein. Ainsi, chaque plein est détecté par l'électronique, dont on mesure le volume, et l'on injecte la quantité adéquate de cet additif qui a des propriétés très importantes pour le bon fonctionnement. D'une part, on abaisse la température de combustion des particules d'environ cent degrés, puisque l'on retrouve cet additif dans les particules. D'autre part, la régénération va avoir lieu très rapidement car cet additif joue le rôle de médiateur de l'oxydation, et la combustion des particules va être rapide et complexe (trois à quatre minutes pour nettoyer complètement le filtre).

Voici donc un dispositif qui aujourd'hui confère au diesel une qualité en termes d'émissions particulaires que j'ose qualifier de parfaite. Nous revendiquons cette technologie diesel et nous avons des raisons de le faire, puisque nous avons produit un million et demi de moteurs en 2004. Le filtre à particules (il y en a environ un million quatre cent mille), sans failles et sans difficultés, c'est également la possibilité pour PSA Peugeot-Citroën d'implanter du diesel sur d'autres continents, la Chine et l'Amérique du Sud notamment grâce à ses qualités d'économie et de propreté maintenant.

Le point dur du diesel, ce sont les oxydes d'azote. Pour les particules, comme on vient de l'indiquer, le traitement est assuré et il fonctionne. La gestion des émissions d'oxyde d'azote pour le diesel relève de technologies de post-traitement. Nous en avons identifié deux sur lesquelles nous travaillons depuis longtemps, et pour lesquelles nous souhaitons vous faire part de l'état des lieux. La première, c'est la technologie dite piège à NOx. Sur le schéma descriptif du mécanisme de fonctionnement du piège à NOx, on a changé complètement d'échelle et l'on est pratiquement à l'échelle moléculaire. On voit sur le support catalytique les actes catalytiques qui permettent de traiter les oxydes d'azote de façon différée par piégeage. Les oxydes d'azote, NO et NO₂, sont transformés grâce à l'oxygène résiduel des gaz d'échappement, sur du platine en NO₂, qui va être piégé par un matériau qui a l'aptitude de réagir avec les oxydes d'azote pour former les nitrates. Pour simplifier, on va dire

que c'est du baryum. Le catalyseur comprend des sites renfermant des petites quantités de baryum, qui vont capturer le dioxyde d'azote, pour en faire du nitrate de baryum. Celui-ci est stable tant et aussi longtemps qu'on ne le perturbe pas du point de vue thermochimique. Dans un moteur diesel, qui est essentiellement pauvre à l'échappement (excès d'oxygène), on va fonctionner pendant typiquement soixante secondes dans les conditions pauvres, pendant lesquelles on va piéger les oxydes d'azote. Périodiquement, on va obliger le diesel à fonctionner dans des conditions riches ou stœchiométriques, et dans ces conditions, on déstabilise le nitrate de baryum. Autrement dit, celui-ci va se décomposer pour redonner des oxydes d'azote qui vont être convertis comme sur un catalyseur trois voies sur le rhodium, dans l'atmosphère riche en azote, dioxyde de carbone et eau. On a réussi, par cet artifice, à stocker les oxydes d'azote, puis à les déstocker en les traitant, de façon à les éliminer à l'échappement. Le problème, c'est que les oxydes d'azote et le soufre ont le même comportement vis-à-vis des matériaux chargés de leur piégeage, et que l'on va lentement, mais sûrement, sulfater ces sites de capture des oxydes d'azote, et que périodiquement, il va falloir les désulfater. Cela signifie que l'on monte à des températures supérieures à 600 ou 650 degrés pour que cette désulfatation libère en quelque sorte les sites actifs et les rende disponibles de façon permanente pour traiter les oxydes d'azote. Lorsqu'on combine ces deux opérations, c'est complexe et cela consomme de l'énergie.

Nous étudions les systèmes filtre à particules. Ils fonctionnent, mais leur durabilité n'est pas garantie. A partir de quarante à cinquante mille kilomètres, le dispositif perd de l'efficacité, qui initialement était aux environs de 60-70 % pour tomber à 20-25 %, ce qui est insuffisant pour assurer la dépollution de façon pérenne pour le diesel. La catalyse SCR est une alternative à la catalyse des NOx par piège, basée sur un concept qui existe depuis très longtemps utilisé dans les stations fixes, et qui fonctionne bien. Cela consiste à injecter du gaz d'ammoniac, NH₃, sur un catalyseur spécifique à base d'oxyde de vanadium, et dans ces conditions les oxydes d'azote sont traités de façon sélective, même en présence d'oxygène, pour donner de l'azote, du dioxyde de carbone et de l'eau.

L'application aux véhicules, aux sources mobiles, est possible. Sur les poids lourds, elle est déjà envisagée et elle entre en action. Elle est possible moyennant un réservoir supplémentaire et un dispositif que je ne vais pas commenter intégralement, mais qui consiste, dans les phases détectées comme particulièrement émettrices d'oxyde d'azote, à injecter de l'urée, sous forme solution aqueuse, qui à température convenable va se décomposer pour donner de l'ammoniac. C'est cet ammoniac, réducteur sélectif, qui va détruire les oxydes d'azote sur un catalyseur qui est tout aussi spécifique. Si cela marche bien dans les stations fixes, c'est parce que la température y est fixe, ainsi que les vitesses spatiales. Sur un moteur, on change en permanence de régime. Cela signifie que l'on va devoir gérer un dispositif de traitement qui prend en compte ce que l'on appelle les transitoires. Sur un poids lourd, c'est faisable, parce qu'il fonctionne sur des rythmes constants. Un véhicule automobile

fonctionne essentiellement sur des rythmes variables. Il existe une perspective claire d'amélioration de la situation, mais elle doit être gérée en évitant d'envoyer de l'ammoniac dans l'atmosphère, en construisant un dispositif de contrôle très précis, dont je rappelle qu'il doit être couplé avec le filtre à particules comme doit être également couplé le piège à NOx. Cela veut dire que c'est la gestion simultanée de deux systèmes séquentiels, et cela nécessite une mise au point.

La technologie SCR à l'urée convertit très bien les NOx. Le réducteur est disponible et M. LE BRETON en a fait état. Dans les stations-service la situation ne fera que s'améliorer. Il reste quelques obstacles à gérer, comme le gel de la solution, ce qui paraît banal. Sur un poids lourd, cela peut être géré, mais pas sur un véhicule particulier. Le volume du réservoir, ce sont vingt litres à implanter ; l'infrastructure de distribution n'est pas encore disponible mais elle se définit. Surtout, le fonctionnement est totalement défaillant à moins de deux cents degrés.

Concernant le post-traitement des émissions gazeuses et particulières des véhicules particuliers, nous avons fait un bilan technologique. La catalyse trois voies, c'est éprouvé robuste ; l'amélioration du rendement de la conversion est liée essentiellement à une charge en métaux précieux, ce qui signifie une dépendance vis-à-vis de la fourniture des métaux précieux (il est important de le souligner car on l'oublie souvent) ; le filtre à particules additivé PSA Peugeot-Citroën fonctionne, la technologie est éprouvée et robuste, avec un million quatre cents véhicules en circulation, et le déploiement se poursuit ; on observe une surconsommation modérée (moins de 1 %) ; le piège à NOx est un principe validé, avec un rendement de conversion voisin de 50 %, et une durabilité insuffisante ; la charge en métaux précieux est sûrement très importante, et l'on observe surtout une surconsommation de 5 %. La réduction catalytique sélective est un dispositif qui a besoin d'être amélioré et validé pour trouver un fonctionnement satisfaisant dans les situations transitoires.

Je vous remercie de votre aimable attention.

- **M. Christian CABAL**

Merci, cette présentation était très importante. M. HERRIER va nous présenter les nouvelles techniques de combustion.

3. M. Dominique HERRIER, Directeur adjoint, IFP

Messieurs les Députés, Mesdames, Messieurs, l'objectif de mon propos est assez complémentaire par rapport aux deux précédents, car il va

porter sur la dépollution à la source, la production même des dépolluants au sein de la chambre de combustion. Cet exposé va être plus spécialement focalisé vers les nouveaux concepts de combustion, ce qui ne veut pas dire qu'avec les concepts actuels il n'y ait pas d'amélioration permanente de la production et la maîtrise des polluants à la source. Mais comme vous allez le voir au cours de cet exposé, les nouveaux concepts de combustion permettent de franchir une étape conséquente et d'obtenir des niveaux d'émissions de polluants appréciables par rapport à ce qui a été présenté au sujet des systèmes de dépollution.

Pour faire le lien avec les deux présentations précédentes, l'objectif de cet exposé est focalisé sur la combustion. A partir du moment où l'on souhaite traiter les polluants, une façon assez logique de procéder est de les traiter à la source, au niveau de la production dans la chambre de combustion. Cela nous permettra d'obtenir une réduction substantielle de tous les systèmes de post-traitement qui pourront être utilisés ultérieurement. C'est une réduction en termes de complexité et de coûts, avec la possibilité d'effets induits sur la consommation globale du véhicule. A partir du moment où l'on met en place des systèmes de post-traitement, cette consommation est sensiblement affectée. Tout ceci va dans le sens d'une meilleure maîtrise de l'ensemble du système de dépollution.

En ce qui concerne le nouveau concept de combustion, les principes généraux reposent sur une combustion homogène à allumage par compression. Ce mode de combustion se distingue par rapport à la combustion traditionnelle par le fait que l'on essaie de préparer un mélange air/carburant le plus homogène possible au sein de la chambre de combustion. Ce mélange est réalisé avec une très forte dilution, soit obtenue avec de l'air en excès ou avec une grosse circulation de gaz brûlés, dans la mesure où l'on peut utiliser des gaz brûlés présents à l'échappement que l'on réinjecte dans le cylindre, ou des gaz brûlés que l'on conserve dans la chambre de combustion d'un cycle à l'autre. Le deuxième point important concernant ce concept de combustion se rapporte au contrôle de la combustion qui se fait par l'auto inflammation. C'est le paramètre clé qui va nous permettre de contrôler cette combustion, par opposition aux combustions traditionnelles qui reposent soit sur la propagation d'une flamme dans le cas d'un allumage commandé, soit sur la diffusion du carburant dans le cas du moteur diesel conventionnel. Cela nous permet d'avoir une action importante sur les sur-richesses locales, à savoir que l'on minimise au maximum les zones de sur-richesses locales en carburant, et l'on obtient du fait de cette forte dilution, soit avec l'air soit avec les gaz brûlés, une température de combustion très basse. Ces deux éléments nous permettent de réduire les mécanismes de formation des suies d'une part et des mécanismes de formation d'oxyde d'azote d'autre part. Pour ces modes de combustion particuliers, deux acronymes apparaissent très fréquemment : le HCCI pour ce qui concerne la combustion diesel, et le CAI pour l'essence.

Quel est l'effet de ces combustions particulières sur la consommation de carburant ? Vous avez une planche qui représente dans des valeurs normées les consommations des systèmes conventionnels d'une part, avec l'essence conventionnelle fonctionnant à la stéochiométrie, comme l'a rappelé M. BELOT, et la consommation du diesel conventionnel équipé des systèmes d'injection moderne, common rail en particulier. Enfin, les combustions de type HCCI ou CAI permettent d'obtenir des réductions réellement conséquentes de la consommation. Le CAI permet d'obtenir une réduction de l'ordre de 15 % par rapport à la combustion conventionnelle essence, et avec le diesel HCCI on peut atteindre environ 28 %. On conserve la consommation très favorable du moteur diesel. Ces modes de combustion apportent donc un gain substantiel sur ce plan.

Si l'on observe les gains en termes d'émission d'oxydes d'azote, puisque c'est l'un des problèmes clés de dépollution du moteur diesel, on obtient là encore une amélioration plus que conséquente liée à l'utilisation de ces nouveaux modes de combustion. Comme référence, on a choisi le diesel conventionnel avec une base 100, et pour l'essence conventionnelle richesse 1 qui paraît très élevée, on parle d'émissions brutes, à la sortie du moteur, avant tout post-traitement catalytique. Pour revenir sur les modes de combustion, on constate que les réductions sont drastiques puisqu'on atteint des diminutions de l'ordre de 50 à 100 % en termes d'émission de NOx pour l'ensemble de ces modes de combustion.

Si l'on étudie plus en détail ces modes de combustion HCCI et CAI, on peut voir ce qui se passe à l'intérieur de la chambre de combustion, dans la combustion traditionnelle et dans la combustion homogène. On a une visualisation directe de la combustion réalisée avec un endoscope installé sur un moteur capable de fonctionner suivant ces deux modes de combustion. On constate une partie très lumineuse de la combustion traditionnelle, qui traduit essentiellement la production de suie très intense, sachant que cette luminosité vive correspond à la combustion et à la réaction provenant de la combustion des suies. On distingue ensuite dans la combustion homogène les jets de carburant blanchâtre, mais aucune combustion apparente, car elle se produit dans des conditions très homogènes et elle est très peu lumineuse. Il n'y a quasiment pas de suie produite dans ce mode de combustion. On voit apparaître sur les dernières images quelques traces de combustion un peu plus vives, correspondant à une trace de suie provenant de la désorption du carburant qui est venu impacter sur les parois. Lorsqu'on observe directement la combustion homogène HCCI, on constate l'effet bénéfique en termes d'émission de suie.

Un autre résultat a été obtenu avec un procédé HCCI diesel, le procédé NADI, qui a été développé par l'IFP il y a quelques années. Ce procédé utilise un concept de « narrow angle direct injection », d'où sa dénomination. On observe un bénéfice par rapport au mode conventionnel du diesel, avec la diminution drastique des NOx que l'on a déjà évoqué, et la

diminution des particules dans un facteur 5 à 10 par rapport à une combustion traditionnelle. Ce mode de combustion HCCI, qu'il s'agisse de NADI ou d'un autre mode de combustion (plusieurs sont à disposition et en cours de développement), est un procédé très positif dans ce domaine.

De façon similaire, on peut examiner la combustion CAI essence. Des visualisations directes sont réalisées dans un moteur que l'on peut qualifier de transparent, qui est équipé de très larges accès optiques. Là encore, on voit apparaître les différentes étapes de la combustion CAI, avec sur une des premières photos, l'auto-inflammation, l'initiation de la combustion qui se produit par spots, ensuite une expansion très rapide de cette combustion, une combustion en masse, et une fin de combustion dite en paquet. C'est encore une fois une combustion très bleutée, qui traduit une fois de plus la non-existence de phénomène de production de suie, ce à quoi on pouvait s'attendre dans un mode de combustion essence, et qui repose essentiellement sur la nature homogène du mélange qui a été préparé, ainsi que sur la forte dilution comme précisé précédemment. Une des caractéristiques de cette combustion, ce qui peut apparaître comme un point faible, est qu'elle se produit très rapidement. L'échelle de temps correspond ici à quelques degrés de rotation de vilebrequin moteur, alors que dans une chambre de combustion essence traditionnelle, la durée de combustion serait de l'ordre de plusieurs dizaines de degrés. Cela signifie que cette combustion va se traduire par des gradients de pression supérieurs à ceux d'une combustion traditionnelle, ce qui va générer du bruit qu'il faudra traiter par des moyens technologiques appropriés.

Pour conclure sur cette présentation, il est clair que les combustions HCCI ou CAI présentent un potentiel qui est clairement démontré en termes d'émission d'oxyde azote et de particules, ainsi qu'en termes de gain de consommation qui permettent d'obtenir une situation nettement améliorée par rapport au moteur à essence traditionnel, et qui permet, au moins pour le HCCI, de conserver les performances d'un moteur diesel conventionnel.

Il reste des problèmes à résoudre. En matière de maîtrise de la combustion, il est essentiel d'améliorer cette maîtrise de combustion, et d'assurer le contrôle des fonctionnements transitoires. Comme l'a rappelé M. BELOT, un véhicule automobile subit fréquemment des variations des modes de fonctionnement, de sollicitation, et l'on doit donc gérer ces transitoires, de façon à être le plus efficace possible et que l'utilisateur ne perçoive pas le moindre incident. Un autre point important concerne les émissions de bruit, que j'ai mentionnées et qui sont caractéristiques de ces modes de combustion homogène, avec en outre la nécessité de réduire quelques émissions d'imbrûlés qui subsistent notamment pour le HCCI. On peut être raisonnablement optimistes concernant ces développements, puisque l'on dispose de développements technologiques qui ne cessent de proposer des solutions qui vont permettre probablement à moyen long terme de résoudre les problèmes signalés. En particulier, on dispose dès maintenant de stratégies avancées de contrôle moteur qui permettront de contrôler ces processus de

combustion de façon bouclée, garantissant une maîtrise totale de la combustion dans tous les cas de figure. On dispose dès à présent de systèmes d'injection de haute performance, qui seront beaucoup plus flexibles que ceux qui existent mais qui sont déjà très performants, et qui permettront de mieux maîtriser l'ensemble de ces paramètres.

Je vous remercie de votre attention.

- **M. Christian CABAL**

Merci. Je propose tout de suite à M. MORCHEOINE de nous présenter la problématique du renouvellement du parc et ses effets sur la pollution de l'air, liée au stock existant et la rapidité de remplacement.

4. M. Alain MORCHEOINE, Directeur de l'Air, du bruit et de l'efficacité énergétique, ADEME

On peut faire un premier état des lieux. Lorsqu'on parle de pollution des transports en ville, de quoi parle-t-on et en particulier qui fait quoi ? La part du transport des personnes et celle du transport des marchandises varient en fonction des polluants. Le transport des marchandises concerne également les achats des ménages. L'évolution des normes sur les véhicules a été évoquée, ainsi que sur les poids lourds, où les progrès sont importants. Sur les deux roues, on a le problème d'une croissance forte de l'utilisation des deux roues en ville en raison d'un certain nombre de problèmes de congestion de trafic urbain. Je me suis permis de comparer les émissions automobiles en 1981, date où l'on a commencé à se préoccuper de limiter les émissions des deux roues, et aujourd'hui en Euro 4. On constate que nous avons encore des progrès à faire sur la dépollution des deux roues, ce qui est normal car on s'y est intéressés avec beaucoup de retard par rapport aux véhicules particuliers.

Un des gros travaux de l'ADEME consiste à évaluer ce que réellement apportent les technologies ou les carburants en termes de dépollution en utilisation réelle et non plus selon les standards. D'abord, essayons de nous intéresser à quelque chose qui défraie régulièrement les chroniques, le gaz de pétrole liquéfié. Par rapport à Euro 3, soit la génération précédente des normes valables jusqu'à la fin de l'année dernière, le bilan est assez contrasté, lorsqu'on compare le GPL avec la motorisation diesel et le GPL avec la motorisation d'essence. Il y avait des points d'excellence, mais aussi des points de faiblesse, qui se sont encore accentués avec l'apparition des normes Euro 5. Le GPL, qui était considéré comme une motorisation propre, fait partie du passé.

On a beaucoup parlé des filtres à particules, et j'y reviendrai. Les professionnels de la santé nous ont posé plusieurs questions, à savoir si nos dispositifs arrêtaient les petites particules comme les grosses – car ce sont les petites qui inquiètent les professions de santé. Une autre question était que les particules sont une petite « éponge » qui absorbent de nombreuses choses, et il s'agit de savoir si ces composés sont bien éliminés. Une troisième question subsidiaire s'attache à étudier, dans le cas où l'on est obligé de mettre un additif, s'il ne disparaît pas dans la nature à l'échappement. Comme l'a indiqué Gérard BELOT, en termes de nombre de particules, on descend d'un facteur 10^4 . Ce qui est beaucoup plus intéressant, c'est que nous avons une diminution à peu près égale sur l'ensemble des classes granulométriques de particules. Cela veut dire que le dispositif de traitement, qui est un catalyseur d'oxydation suivi d'un filtre, élimine de manière à peu près équivalente toutes les tailles de particules, à travers des combinaisons de phénomènes sur lesquelles je ne m'étendrai pas, mais cela répond à la première question : le filtre à particules arrête aussi bien les petites que les grosses particules. La deuxième question était celle des espèces. Nous avons, à la sortie des filtres, la disparition de toutes les espèces à problème, cancérigènes, avérées ou probables. Sur la troisième question, on retrouve à l'intérieur du filtre l'ensemble de la masse de l'additif que l'on avait mis dans le carburant. Autrement dit, il ne sort pas.

Enfin, nous sommes toujours en cours d'évaluation sur la longévité des filtres. Nous sommes maintenant autour de 180 000 km. Nous constatons sur les voitures particulières que cela marche plutôt mieux au bout d'un certain temps qu'au début. Ne me demandez pas pourquoi, car c'est une question que nous n'avons pas réussi à élucider, mais les mesures nous le font constater. Il faut aussi faire très attention à la façon dont le véhicule est utilisé. En particulier, si cela marche bien sur des autobus, c'est moins le cas sur les bennes à ordures, qui fonctionnent comme un autobus qui s'arrête à toutes les portes.

En ce qui concerne les cyclomoteurs, nous observons avec l'apparition des deux temps catalysés et les quatre temps un progrès important pour ce qui est de la performance. Se pose le problème du renouvellement du parc, que j'évoquerai ensuite. Pour les autobus, mais aussi pour les voitures, lorsqu'on est confrontés à un trafic qui est moins « chahuté », on ira plus vite, et on polluera moins. Notamment, sur le polluant qui nous inquiète tous encore, qui est celui des oxydes d'azote. En effet, sur un couloir de bus, lorsqu'on gagne une vitesse commerciale de 5 km/h, on aura de l'ordre de 10 % de moins de consommation, mais aussi 15 % de moins d'oxyde d'azote. Cela est dû au fait que l'on diminue les phases d'accélération et décélération. Cela est vrai pour les autobus mais aussi pour les voitures.

Pour en revenir à la problématique principale, il faut faire attention à la lenteur de la vitesse à laquelle le parc se renouvelle. Les sept ans d'âge moyen du parc qui ont été évoqués sont probablement en dessous de la réalité.

Surtout, ce renouvellement se fait de moins en moins vite pour une raison simple. Les constructeurs (on ne leur en voudra pas pour cela) font des voitures de plus en plus solides. Ensuite, le développement de la multimotorisation retient la sortie du parc de véhicules âgés. La combinaison de ces deux effets fait que l'on a un parc qui est assez vieux. Lorsque vous avez une nouvelle technologie, en dehors de toute incitation sur le marché, à l'instant zéro, autrement dit sur la première voiture neuve équipée de cette technologie, on constate que cela percole à peu près sur l'ensemble des productions des constructeurs entre dix et quinze ans. On est à 95 % en quinze ans, en dehors de toute incitation. On n'achète pas une voiture neuve tous les ans, et le temps que cette technologie pénètre dans le parc il va se passer entre vingt-cinq et trente ans. Il existe donc une très forte inertie. Certains constructeurs anticipent, et la norme est appliquée dans un délai de cinq ans après qu'un constructeur a commencé à mettre une technologie sur le marché. Tout ce que l'on fait, c'est accélérer la pénétration de l'ordre de deux et demi à trois ans. On a donc une très forte inertie. C'est un véritable problème dans le domaine qui nous occupe aujourd'hui. Sur les poids lourds, c'est probablement un peu plus rapide, et pour ce qui concerne les deux roues, nous n'avons pas ce type d'étude.

En matière de technologie, je vais passer rapidement sur le sujet car beaucoup de choses ont été dites. On constate une courbe de chute vertigineuse concernant les émissions des particules en fonction des normes. La prochaine étape atteint environ une réduction d'un facteur 2. De quoi dispose-t-on pour faire cela rapidement ? Nous avons les post-traitements, mais ils sont coûteux, aussi bien en argent qu'en surconsommation. Cela signifie que la dépollution se paie en effet de serre et qu'il faut faire attention au fait que l'acharnement thérapeutique va se traduire par un fort surcoût en termes d'effet de serre, en dehors des problèmes d'acceptabilité financière. En ce qui concerne la combustion homogène, je ne pense pas qu'on l'ait avant 2010. La combustion à basse température a un très grand avantage, qui est qu'elle élimine une partie du coût de post-traitement, notamment sur les oxydes d'azote. En effet, il faut garder à l'esprit que l'augmentation d'un rendement moteur, c'est-à-dire ce qui va permettre de lutter contre l'effet de serre, se traduit, avec de la combustion classique, par une augmentation des oxydes d'azote. On constate un antagonisme, et il va falloir faire des compromis.

En matière d'évolution des consommations conventionnelles, on a beaucoup parlé de l'injection directe essence et de l'auto-inflammation contrôlée. Sur le downsizing, c'est-à-dire le remplacement d'un moteur par un petit moteur très suralimenté, il existe des enjeux importants en termes de CO₂, qui sont déjà en grande partie engrangés. Sur les moteurs diesel, on a encore franchi un pas de plus dans la montée des pressions d'injection. La combustion homogène a été suffisamment évoquée, quant au post-traitement avancé quatre voies, Gérard BELOT nous a dit ce qu'il fallait en penser en termes de tenue dans le temps.

En ce qui concerne les alternatives, le moteur hybride est une espèce de glissement continu. Cela part de ce que l'on appelle l'hybridation douce, le stop/start de Citroën, Xsara Dynalto, cela passe par la Prius, et cela peut aller sur des hybrides encore plus avancés. L'intérêt des hybrides, c'est que dans la circulation urbaine, on profite des caractéristiques intéressantes de coupes du moteur électrique, c'est-à-dire que l'on va diminuer les consommations et les émissions de polluants en circulation urbaine. Cela intéresse donc la problématique qui nous occupe aujourd'hui. L'inconvénient est que l'on ajoute des kilos de moteurs électriques, des kilos des batteries, et que cela ne coûte pas le même prix, et l'on débouche sur des problèmes d'acceptabilité financière.

Je ne m'étendrai pas sur la pile à combustible, car c'est au plus tôt pour 2015 si ce n'est 2020, et le problème est de savoir comment on va fabriquer, distribuer et stocker l'hydrogène à bord des véhicules. Comme nous sommes en urbain, il faut s'intéresser à ce qui se passe sur la performance des batteries. Les véhicules électriques purs ont des caractéristiques de couple qui sont intéressantes du point de vue des profils d'émissions urbains, où l'on passe son temps à accélérer et décélérer. Par ailleurs, ils ne font pas de bruit, qui est la première nuisance urbaine citée. Le grand inconvénient est la peur de la panne électrique en raison de l'autonomie des batteries. De nouveaux couples apparaissent sur le marché, dont on pense qu'on pourra avoir des autonomies de 250 à 300 km sur un véhicule particulier, mais tout cela reste à vérifier sur le terrain. Je rappelle qu'il est exceptionnel qu'un individu fasse plus de 40 km par jour en urbain, mais il y a la peur de la panne électrique. On éloigne donc cette peur, et cela ouvre des marchés. Je passe rapidement sur le fait que les véhicules urbains de livraison de marchandises peuvent aussi voir leur spectre de solution s'élargir en faveur de l'hybride, du GNV électrique, pour venir plus à ce qui nous occupe.

Voilà comment se situent les responsabilités de l'émission des habitants en fonction de la densité de leur commune de résidence, en prenant l'exemple de l'Ile-de-France. Lorsqu'on est en périurbain, on est à l'origine de l'ordre de 2 à 4 fois plus d'émissions par jour pour les trajets que lorsqu'on est en centre-ville. Mais à partir du moment où cette contrainte d'autonomie du véhicule électrique se desserre, on peut envisager que même les périurbains aient accès dans la vie de tous les jours à des véhicules à motorisation électrique. Au fur et à mesure que l'on densifie, le spectre des véhicules électriques s'élargit.

Je voudrais insister sur le fait que s'il y a percée du véhicule électrique, elle se fera d'abord avec des flottes propres, d'entreprise, autrement dit grâce à ceux qui savent ce qu'est un compte d'exploitation de véhicule et qui savent faire un calcul, en payant plus cher un véhicule au départ, mais dont le coût d'utilisation sera beaucoup plus faible. Le moins que l'on puisse dire, c'est que nos compatriotes ne maîtrisent pas ce type de

raisonnement, car dans le cas contraire, ils achèteraient beaucoup moins de voitures, mais c'est un autre débat.

En conclusion, la technologie va pouvoir apporter son écho au problème de diminution de la pollution urbaine ; il pourra être significatif sous certaines conditions, mais cela ne suffira probablement pas. Nous aurons à nous pencher sur la réorganisation du système de déplacement, notamment l'utilisation des modes de transport là où est leur génie ou leur excellence. En effet, prendre sa voiture en ville pour faire 500 m, ce n'est pas raisonnable, surtout s'il faut trouver une place. On peut aller à pied. Si l'on va un peu plus loin, on peut avoir un vélo, voire un vélo électrique. Dans certaines circonstances, lorsque l'offre de transport public est attractive, c'est aussi une solution. Ensuite, lorsqu'on n'a plus autre chose, il reste la voiture. On a peut-être à faire bouger les limites entre ces différents types de solutions, de façon à obtenir un bilan global plus favorable. D'autres modes d'action à plus long terme sont possibles. Un mode d'action à très long terme est celui de l'urbanisme, qui consiste à faire que les gens puissent accéder aux fonctionnalités de la ville avec des distances moindres à parcourir, mais on parle en termes de générations. Par ailleurs, il existe les outils réglementaires, fiscaux et politiques. Cela permet de faire la transition avec M. Rémy PRUDHOMME.

- **M. Christian CABAL**

Merci de cette présentation, que l'on peut qualifier de très complète, car elle a envisagé l'ensemble des problèmes. Je propose au professeur PRUDHOMME de nous faire part de l'expérience londonienne avant d'ouvrir la discussion sur cette deuxième partie de la matinée.

5. M. Rémy PRUDHOMME, Professeur d'université, Paris XII

Merci, Monsieur le Président. J'ai l'impression d'être un peu à contretemps car le thème du péage fiscal de Londres, sur lequel on m'a demandé d'intervenir, est assez distinct du thème sur lequel vous travaillez. Il existe cependant une intersection entre les deux, et c'est sans doute la raison pour laquelle on m'a demandé de venir.

Je voudrais présenter une recherche que j'ai conduite avec un étudiant, pour le compte du PREDIT, qui a donné lieu à des publications sur le cas de Londres. Comme vous le savez, Londres a depuis deux ans un péage dans une petite partie de la ville. Le système est relativement bien connu. La

zone concernée est petite, elle comporte peu d'habitants (400 000), et beaucoup d'emplois. Depuis janvier 2003, pour avoir le droit de circuler dans cette zone, entre 7 heures et 18 heures 30, il faut payer une taxe qui était de 5 £ (7 €), et qui vient d'être augmentée. Les taxis, les deux roues, les bus en sont exemptés. Les résidents ne paient que le dixième de la somme demandée. J'insiste sur les limites de l'expérience, car encore beaucoup de gens font comme si on avait introduit un péage dans tout Londres. Si on la rapporte à la municipalité de Londres (7 millions d'habitants), la zone considérée concerne un peu plus de 1 %, 5 % de la population. En termes de circulation, cela fait moins de 2 %. Si on la rapporte à l'ensemble de l'agglomération londonienne, qui est comparable à celle parisienne, les chiffres sont encore plus réduits. En ce qui concerne la circulation, cela représente environ 1 %. Il existe donc un problème de langage, lorsqu'on dit qu'il y a maintenant un péage à Londres. C'est à la fois vrai, mais aussi faux, car cela ne concerne qu'une toute petite partie très spécifique de la ville.

On peut dire de cette expérience, qui est très intéressante, est un succès technique et politique. Le système fonctionne convenablement. Quelques petits problèmes au départ ont été surmontés. Les objectifs de mobilité qui étaient prévus et recherchés ont été atteints. Ainsi, la circulation dans la zone considérée a diminué d'environ 15 %, la vitesse des véhicules a augmenté d'environ 20 %, ainsi que celle des autobus, de 7 % (elle a augmenté beaucoup moins car, comme ailleurs, les autobus ont la fâcheuse habitude de s'arrêter tous les deux cents mètres). Par ailleurs, on constate une augmentation des déplacements en transports en commun. D'un point de vue politique, le péage a été un grand succès. Il a été bien accueilli, comme le montrent tous les sondages. Toutes les oppositions politiques qui avaient été formulées ont pratiquement été abandonnées, et le maire, qui avait mis toute son autorité dans cette affaire, a été réélu, peut-être pas uniquement à cause du péage, mais en partie. La question est de savoir si l'on a bien un succès économique. Beaucoup de gens s'arrêtent au constat de la diminution des véhicules. Mais ce n'est pas le point de vue d'un économiste, qui cherche à savoir quel est le prix payé pour obtenir ce résultat.

Je ne vais pas prendre le temps de vous infliger le détour théorique que j'avais prévu, mais je vous signalerai quelques-unes des conclusions auxquelles cette analyse théorique conduit, qui sont très connues. Une taxe ou un péage permet, pour une route ou pour une zone, de conduire à un optimum, c'est-à-dire qu'il y a une quantité optimale d'utilisation de la route, avec un niveau optimal de congestion, qui n'est pas la congestion zéro qui serait obtenue si personne ne circulait. On peut définir et calculer le coût économique de la congestion qui est ce que nous perdons à ne pas être à l'optimum, ou le gain qu'il existe à réduire la congestion à son niveau optimal. Si elle est correctement calculée, une taxe est le moyen d'arriver à cet optimum. La théorie, mais aussi la pratique, montre que le produit du péage est beaucoup plus important que le gain économique du péage, trois ou quatre fois plus important. Mais le produit du péage n'est pas un gain économique.

Certains pensent que l'un des avantages du péage est qu'il rapporte beaucoup d'argent. Mais ce n'est pas une façon convenable de raisonner, car c'est un impôt et il est payé par les usagers. On peut faire des choses utiles avec cet argent, mais il existe un coût, qui est le fait que les gens l'ont payé, comme n'importe quel impôt.

On peut définir trois bénéfices et deux coûts. Le premier est le coût de la réduction de la congestion, ou le fait que les voitures roulent un peu plus vite dans le cas de Londres. Ce coût de réduction de la congestion n'est pas très élevé. Je vous épargne les moyens techniques de le calculer, mais il est relativement faible. On est d'après les calculs du côté de 70 M€ par an, ce qui n'est pas grand-chose par rapport à l'ensemble des coûts de déplacement dans l'agglomération londonienne. Un deuxième bénéfice est dû à l'augmentation de la vitesse des autobus, qui est elle-même due au fait que l'on a mis sur le marché plusieurs centaines d'autobus. Cela se fait à un coût sur lequel on pourra revenir. Le fait que les autobus circulent un peu plus vite fait que chaque passager gagne en moyenne une minute trente, gain évalué à 31 M€ par an, ce qui n'est pas négligeable. C'est presque la moitié du gain lié à la réduction de la congestion pour les seuls véhicules. Un troisième gain nous ramène peut-être davantage au thème de cette matinée. Il concerne la réduction de la pollution engendrée par l'évolution constatée à Londres du fait de la diminution de véhicules/kilomètre. Si les véhicules polluaient autant qu'en l'absence du péage, cela représenterait déjà une diminution de 15 % des rejets polluants, mais il y a plus que cela.

Comme le montrait un schéma intéressant de M. MORCHEOINE, une augmentation de la vitesse entraîne une diminution forte de la pollution. J'ai eu beaucoup de mal à trouver des chiffres à ce sujet. J'ai vainement cherché sur le site de l'ADEME ou le site de l'IFP. Tout ce que j'ai trouvé, ce sont des données un peu anciennes de l'UTAC, qui est l'organisme d'homologation des rejets polluants, que je vous présente. D'après les mesures de l'UTAC, le passage d'une vitesse urbaine de 19 km à une vitesse de 11,5 km engendrerait une augmentation de la pollution de 400 % pour le CO, de 200 % pour les HC, de 100 % pour les oxydes de carbone et de 120 % pour les particules. Cela fait des élasticités qui varient de -2 à -9. Lorsque vous augmentez la vitesse de 10 %, vous réduisez les rejets polluants de 20, 30 ou 40 %. J'ai appliqué ces chiffres pour estimer ce qu'était le gain en termes de pollution, aussi bien en ce qui concerne le CO₂ que les autres polluants. Je me suis appuyé sur les chiffres du rapport BOITEUX pour avoir une idée de ce qu'étaient les coûts, car ce rapport, qui a à la fois un caractère officiel et raisonnable, nous dit ce que sont les coûts en euros, engendrés en termes de pollution de l'air et en termes de CO₂ par un véhicule/kilomètre. J'ai donc pris ces chiffres en appliquant les pourcentages de réduction de la pollution que l'on peut estimer sur le cas de Londres. Sur le CO₂, les chiffres du rapport BOITEUX sont sans doute très généreux, car ils auraient été calculés avec une valeur de 100 € la tonne, et l'on sait maintenant, puisqu'il y a un marché du CO₂, que l'on est à des chiffres considérablement inférieurs, à près de 25 €. J'ai été surpris du fait

que dans le cas de Londres, on obtient des bénéfices qui sont très faibles, de l'ordre de 5 M€ par an, c'est-à-dire que l'on est à moins de 5 % des bénéfices engendrés par le temps gagné. Les enjeux, en termes de coûts économiques, si tant est que l'on puisse comparer les coûts de la pollution calculés par M. BOITEUX avec les coûts liés aux gains de temps, ne sont finalement pas très élevés.

A côté de ces bénéfices, on observe deux coûts. Le premier est celui de la mise en œuvre du système à Londres. On a eu une surprise générale, car ce système coûte terriblement cher, aux environs de 70 M€ par an. Ce coût provient à la fois des investissements qui ont été faits, que l'on a amortis, et du paiement annuel à une société privée qui gère le péage. Un autre petit coût économique est lié au fait que les autobus sont très largement subventionnés, et que les subventions ont un coût économique, qui revient à peu près au quart de la subvention, mais qui n'est pas négligeable.

Ainsi, lorsque l'on compare l'ensemble des bénéfices du péage de Londres avec les coûts, on trouve que ces derniers sont plus importants que les bénéfices. L'économiste qui compare le 177 de coûts avec le 104 de gains, conclut que ce n'est pas une bonne affaire, et que Londres se trouve plus pauvre du fait du péage. Ceci provient de la valeur du temps qui est utilisée pour apprécier les gains de temps. La valeur du temps à Londres est beaucoup plus élevée que celle qui est utilisée à Paris. Certains pensent que dans le cas de Londres, il faudrait prendre des valeurs encore plus élevées, car il s'agit du temps des financiers de haut vol de la cité, dont le temps est extrêmement précieux, et que les 15 € par heure ne sont pas suffisants, ce qui est peut-être le cas, mais ce qui limiterait considérablement l'intérêt du péage. En effet, s'il ne vaut que dans les zones où ne circulent que des gens qui gagnent 200 000 € par an, cela limite beaucoup l'intérêt du système. On peut dire quelques mots des effets redistributifs, qui sont plutôt mauvais. Ce sont plutôt les riches qui gagnent au péage de Londres, mais ce n'est pas quelque chose de nouveau car les économistes le savent depuis longtemps.

Pour conclure, je note trois points. Un premier point concerne le fait qu'un péage peut réduire la circulation à un niveau optimal. On peut montrer que le péage n'a pas été trop mal choisi, et qu'il a effectivement réduit la circulation à un niveau qui n'est pas très loin de l'optimum. La théorie se trouve donc tout à fait confirmée, et les économistes sont partisans du péage urbain. Cette première conclusion n'est donc pas du tout une surprise. La deuxième conclusion l'est, en revanche, car le gain économique de cette réduction est faible, contrairement à l'opinion commune. Ainsi, les coûts de la congestion, même dans le cas de Londres, qui passe pour l'un des endroits les plus congestionnés du globe, ne sont pas très élevés. De la même façon, les gains environnementaux apparaissent comme relativement faibles. On ne savait pas vraiment cela avant de faire le travail. La troisième conclusion, beaucoup plus surprenante encore, est que le coût de la mise en œuvre est particulièrement élevé dans le cas de Londres. Personne ne peut être sûr que

Londres n'a pas « essuyé les plâtres », et il est possible que d'autres systèmes technologiques puissent fonctionner à des coûts moindres. Cela a été le cas longtemps à Singapour, où l'on se contentait d'afficher un ticket lorsqu'on avait payé son péage pour entrer dans le centre. Si vous étiez pris à circuler dans Singapour sans avoir votre péage sur votre vitre, la police s'en occupait, et tout cela se faisait à un coût très faible. On peut dire que tout le monde n'a pas une police singapourienne sous la main, ce qui n'est peut-être pas plus mal, mais le fait est que la technologie qui a été utilisée à Londres, qui n'est sans doute pas le dernier cri, encore que Londres n'est pas très sous-développé en matière de technologie, coûte très cher.

Voilà en quelques mots ce que je voulais dire à cette assemblée, dans le temps qui m'a été laissé. Merci.

- **M. Christian CABAL**

Merci, Monsieur PRUD'HOMME. Vous avez pu donner des informations très intéressantes. Nous avons un peu de temps pour la discussion sur cette deuxième partie de la matinée. Quelqu'un souhaite-t-il poser des questions complémentaires à nos intervenants ?

6. Débat avec la salle

- **M. Joël PEDESSAC, Directeur général, Comité français du butane et du propane**

J'ai entendu ce matin un discours sur les problèmes de pollution et les principaux polluants. Je ne veux pas avoir de discours partisan, et j'essaie de comprendre. Les principaux polluants les plus toxiques sont le CO₂, les oxydes d'azote et les particules. J'ai entendu des démonstrations très intéressantes sur le plan scientifique sur la manière de traiter les oxydes d'azote et les particules. Des solutions sont plus ou moins faciles à mettre en œuvre. M. MORCHEOINE a présenté l'analyse de l'ADEME sur ces moyens. Je regrette que le seul moment où il a été question du gaz GPL, c'est en montrant un tableau de microgrammes par kilomètre, alors qu'on parlait de PPM, et l'on est soudain passé en binaire, avec de petits bonhommes verts ou rouges qui montrent que le GPL n'est pas une si bonne chose. Si l'on examine l'étude en détail, avec l'IFP, le TUV et un certain nombre de laboratoires européens qui l'ont conduite, on indique que sur les oxydes d'azote, avec un réseau de distribution (on a investi 200 M€ en France pour construire des stations-service), les oxydes d'azote, avec le GPL cela fait 96 % de réduction par rapport au diesel, et 40 % par rapport à l'essence. Au niveau des particules, c'est sans particules, sans filtre, grâce à un produit qui existe sur le marché. Quelle est la place du GPL ou des carburants gazeux, dont on n'a pas beaucoup parlé, quelle est la place des carburants alternatifs, qui sont mis en avant au niveau européen dans les différents programmes des solutions alternatives, même s'il n'y a pas de solutions, mais des objectifs fixés ? Enfin, quelle peut être la conclusion du législateur, lorsqu'on entend la position de l'ADEME suivant laquelle le GPL n'est pas une si bonne chose ?

- **M. Christian CABAL**

Pour ce rapport, nous procédons aujourd'hui à une audition publique qui fait la synthèse des travaux qui ont été engagés. Mais vos représentants de l'utilisation de moyens énergétiques tels que le GPL ont été longuement et largement entendus. On ne peut pas, à travers une présentation limitée à dix minutes par intervenant, avec l'ensemble des thématiques à aborder, reprendre en détail chacun des carburants potentiels. Notre rapport ne va pas être uniquement fondé sur les interventions de ce matin. Il va prendre en compte l'ensemble des investigations que nous avons engagées ces derniers mois.

- **M. Alain MORCHEOINE**

Dans cet exercice un peu « compacté », les présentations sont un peu simplificatrices. Néanmoins, nous constatons qu'on a, en particulier à partir d'Euro 4, des sauts qualitatifs en termes de dépollution des motorisations classiques, essence et diesel, qui sont importants. Concomitamment, on a l'impression que les constructeurs automobiles ne sont pas pressés de mettre des véhicules GPL Euro 5 sur le marché. Par conséquent, lorsqu'on n'a pas beaucoup d'offre et que l'on sait par ailleurs que le GPL est un produit des champs pétroliers d'une part et des champs gaziers d'autre part, mais que ses ressources ne sont pas très importantes, et que, de plus, elles risquent de diminuer, car les pétroliers les utiliseraient dans leur process de raffinage, je ne suis pas très optimiste sur l'avenir d'une filière dans laquelle l'offre est faible et dans laquelle les ressources sont probablement un peu limitées. Je ne dirais pas la même chose sur le gaz naturel, pour lequel les ressources sont plus importantes, mais sur lequel on est encore sur une offre que l'on peut qualifier de confidentielle. Si l'on se projette, le gaz naturel a sa place dans une configuration un peu intermédiaire, ou en faisant du GTL. Je ne peux pas dire la même chose du GPL.

- **M. Joël PEDESSAC**

Je voudrais apporter un complément sur les ressources, car c'est un point important. 60 % de nos ressources mondiales proviennent du gaz naturel et sont en croissance chaque année. Le pétrolier, dans sa ressource, fait toujours l'optimisation économique par rapport à ce qu'il doit utiliser comme matière première dans sa raffinerie pour en abaisser le coût de production. Le GPL est une alternative au Nafta et, en fonction du cours, il va utiliser l'un ou l'autre. Ce que vous avez dit est exact, mais on vient beaucoup plus du gaz naturel que du pétrole, et cela va en s'améliorant chaque année, puisque l'on gagne quelques pour-cent par an sur les ressources provenant du gaz naturel du pétrole.

- **M. André DOUAUD**

En ce qui concerne la courbe montrée par M. MORCHEOINE sur l'effet de la réduction de vitesse qui entraîne une augmentation des émissions, je me pose une question. Lorsqu'on constate des pics de pollution, à Paris ou ailleurs, il existe un règlement qui demande de baisser la vitesse de 20 ou 30 km/h. On a l'impression que cela va exactement dans la mauvaise direction. Ne serait-il pas souhaitable, justement en cas de pic de pollution, de recommander d'accélérer ou de fluidifier la circulation ? Je ne comprends pas cette mesure.

- **M. Alain MORCHEOINE**

Je pense que mon ami André DOUAUD a mal lu la courbe. Lorsqu'on a une augmentation de la vitesse commerciale des autobus, cela veut tout simplement dire que la partie de voirie dans laquelle ils se trouvent est plus fluide qu'avant. Cela signifie que l'on a diminué les phases d'accélération/décélération autour de la vitesse moyenne. C'est cela qui produit les gains en carburant, en CO₂ et en oxydes d'azote. Il faut faire très attention lorsqu'on dit que la vitesse diminue, car on fait l'hypothèse qu'elle diminue parce que la congestion augmente et que le trafic devient de plus en plus chahuté. Ne mêlons pas tout.

- **M. Rémy PRUDHOMME**

Une autre réponse est possible. La courbe qui décrit les rejets polluants en fonction de la vitesse descend d'abord, puis elle est stable et remonte ensuite. Autant on diminue la pollution lorsqu'on passe de 100 km/h à 80 km/h, autant on l'augmente lorsqu'on passe de 20 km/h à 10 km/h. Les deux propositions ne sont pas contradictoires, et il suffit de visualiser une courbe en V pour comprendre qu'il n'y a pas de contradiction entre le fait de limiter la vitesse sur les autoroutes de la Région parisienne et de réduire la pollution.

- **M. Christian CABAL**

Cela passe par un optimum.

- **M. Alain MARCHEOINE**

Ce sont des travaux que nous avons largement subventionnés et que nous suivons beaucoup. Pour ces courbes, on considère la vitesse moyenne. Plus elle est basse, plus les points qui servent à calculer la consommation et les émissions de polluants sont des points de trafic congestionné. Autrement dit, actuellement, en ville, nous n'avons pas les outils (nous les aurons très bientôt) qui permettent d'affirmer, lorsqu'on passe sur une zone de circulation en zone 30, si l'on gagne ou non en pollution. On passe à un trafic normal, avec une onde verte à vitesse modérante de l'ordre de 30 km/h, alors que le trafic est à 40 km/h, et l'on ne sait pas calculer cela. Nous le saurons dans un ou deux ans.

- **M. Claude GATIGNOL**

Nous avons entendu plusieurs intervenants nous parler d'améliorations fondées sur l'innovation de différents systèmes, qu'ils soient avant le moteur, dans le moteur ou après le moteur. Une étude économique a-t-elle été portée sur ces améliorations techniques, qui soit compatible avec le coût du véhicule, devenu un produit commercial ?

- **M. Gérard BELOT**

Je vais tenter d'apporter un éclairage sur votre question. Je prends la précaution de dire que je n'ai pas à ma portée les données convaincantes sur les coûts, mais seulement une partie. Il est certain que le constructeur automobile que nous sommes, et nos concurrents ont sans doute la même vision, travaille énormément à la source. Les émissions des moteurs sont considérées comme pouvant être maîtrisées de deux manières. D'une part, à la source, ce que nous faisons de manière continue et efficace. Un système de post-traitement demeure nécessaire, pour des raisons physico-chimiques. Il est clair qu'aujourd'hui, et c'est peut-être une réflexion que nous devons avoir sur ces questions, le coût de la dépollution s'envole. En effet, il fait appel à des technologies innovantes qui sont de plus en plus complexes, qui nécessitent des métaux précieux en quantité croissante. C'est un sujet sur lequel on n'a pas suffisamment insisté. Les métaux précieux sont un facteur de dépendance sur des pays politiquement instables. Je pense qu'il faut avoir vis-à-vis de cette situation un regard affûté.

Ceci étant, le coût de la dépollution croît. Le coût qu'il faut investir en recherche, comme en est témoin M. HERRIER, pour s'orienter vers de nouveaux modes de combustion, est également un investissement lourd que nous supportons, et sur lequel nous faisons des paris. La combustion homogène diesel est une perspective sur laquelle on établit des espoirs forts. En effet, pour contrebalancer la complexité de satisfaire le post-traitement à des coûts raisonnables, le diesel étant grevé de ces coûts potentiellement, et compte tenu de sa qualité en termes de consommation, il faut avoir à cœur de le considérer comme une voie potentielle. Je n'ai pas répondu à la question, j'en suis bien conscient, mais le message est qu'il y a un équilibre à trouver et l'avenir n'est pas à la dépollution uniquement, car cela ne sera pas soutenable.

- **M. Patrick OLIVA**

Nous avons eu dans plusieurs exposés des précisions sur les évolutions techniques des différents systèmes. A l'horizon Euro 5, quel est le différentiel de consommation entre moteur essence et moteur diesel, lorsqu'on

intègre a priori l'ensemble des systèmes de dépollution ? Peut-on miser sur ce qui est encore dit aujourd'hui, soit une vingtaine de pour-cent, ou voyez-vous ce différentiel réduit vers Euro 5 ? Vers 2015, prévoyez-vous une évolution contrastée entre diesel et essence ?

- **M. Gérard BELOT**

Je ne souhaite pas parler d'Euro 5, car je ne sais pas ce que c'est, et personne autour de cette table ne le sait. En revanche, on a une perspective qui contraint de plus en plus clairement le diesel. En tant que constructeur automobile on a également le souci de faire en sorte que le moteur à essence progresse, et je crois que c'est le cas. Je prends pour exemple la collaboration que nous avons avec BMW. Nous avons mis en place un nouveau moteur cœur de gamme, qui en termes de consommation affiche 15 % de mieux que le moteur remplacé. Les deux, essence comme diesel, progressent. A terme (c'est ma conviction, et je m'exprime non pas au nom de PSA mais en tant que motoriste), l'essence aura des gains, le diesel continuera à avoir des gains également (on les estime aujourd'hui à 15 % environ), et l'écart va peu à peu s'amortir. C'est la vision à moyen terme d'un rééquilibrage entre l'essence et le diesel en termes de consommation.

- **M. PierPaolo CAZZOLA**

Je voudrais poser une question au Pr. PRUDHOMME. Dans le calcul des bénéfices de la réduction de la pollution à Londres, y a-t-il un moyen d'inclure les coûts sanitaires ?

- **M. Rémy PRUDHOMME**

Ils sont déjà compris. Les bénéfices que je mesure sont une réduction des coûts, qui sont principalement des coûts sanitaires. Je prends le chiffre de l'estimation des coûts dans le rapport BOITEUX, mais au-delà de ce chiffre, il y a une estimation des coûts sanitaires. Celle-ci peut vous plaire ou non, on peut la discuter, mais on a fait de son mieux, c'est ce qui existe de plus sérieux et de plus crédible, ou de moins douteux. J'ajoute que, curieusement, les Anglais, et en particulier Transport for London, l'organisme qui est responsable de la mise en œuvre, qui dépend de la mairie, n'a pas compté du tout dans ses estimations des gains et des pertes du péage, ces gains liés à une réduction liée à la pollution. Cela s'explique par le fait que ces gains sont très faibles en valeur relative. En effet, la réduction de la circulation concerne 1 ou 2 % du total de la circulation. On a donc des variations infimes, et qui ne sont pas mesurables. Les mesures qui sont faites de la qualité de l'air à Londres ne

font pas apparaître de gains. C'est simplement le raisonnement logique qui nous dit qu'il doit y en avoir, si l'on croit les courbes de l'ADEME, ou plutôt de l'UTAC, dont j'ai donné quelques chiffres.

- **Conclusion de M. Christian CABAL**

Merci. Je ne vois pas d'autres questions à ce stade des interventions. La matinée a permis d'aboutir à un consensus sur l'évaluation des éléments de la pollution urbaine liée aux émissions des véhicules moteur à combustion. Les différents participants ont présenté des évaluations précises et des perspectives sanitaires, dont on vient de parler. Dans la deuxième partie de cette matinée, nous avons pu prendre connaissance des différentes technologies utilisées et mises au point pour pallier ces paramètres de pollution atmosphérique. Là aussi, un certain nombre de points ont pu être avancés et discutés, même si comme je l'ai indiqué, nous ne faisons qu'un aperçu rapide dans cette audition publique aujourd'hui par rapport aux auditions beaucoup plus complètes et détaillées qui ont été réalisées. En terminant sur l'exemple du péage urbain, on est au cœur de la problématique pour voir quelles solutions le législateur ou le chargé de la réglementation publique peut apporter par le biais, soit de la fiscalité, soit du péage, pour être incitateur ou non dans telle ou telle autre direction. Nous retombons là sur le rôle des élus ou de ceux qui sont chargés de faire des propositions pour la réglementation publique. Nous aurons l'occasion d'en reparler dans la deuxième partie de cette présentation.

La séance est suspendue à 13h00.

II. THÈME DE L'APRÈS-MIDI : COMMENT RÉDUIRE L'IMPACT DE L'AUTOMOBILE SUR L'EFFET DE SERRE ?

Première table ronde :
QUELLE EST LA CONTRIBUTION DE L'AUTOMOBILE À L'EFFET DE SERRE ?

Interventions de :

- * M. Jean-Pierre FONTELLE, Directeur du CITEPA
- * M. Jean-Claude GAZEAU, Président de la MIES
- * M. Pierre BEUZIT, Directeur de l'ingénierie, Renault
- * M. André DOUAUD, Directeur technique, CCFA

Deuxième table ronde :
QUELLES SOLUTIONS POUR L'AVENIR ?

Interventions de :

- * M. Philippe PINCHON, Directeur du centre de résultats Moteurs-Énergie, IFP
- * M. François BADIN, Directeur de recherche, INRETS
- * M. PierPaolo CAZZOLA, Analyste, Division des politiques de technologie de l'énergie, AIE
- * M. Thomas GUERET, Analyste, Division environnement et efficacité énergétique, AIE

A. PREMIÈRE TABLE RONDE :

QUELLE EST LA CONTRIBUTION DE L'AUTOMOBILE À L'EFFET DE SERRE ?

1. Introduction par M. Claude Gatignol, député de la Manche

Mesdames et Messieurs, nous allons pouvoir reprendre nos travaux, sur le second thème de la journée, qui sera plus précisément orienté vers l'impact de l'automobile sur l'effet de serre. Nous savons que cette question est devenue fondamentale pour le secteur automobile, même si, comme on l'a vu ce matin, ce secteur a fait des progrès spectaculaires en matière de rejet d'émissions. En ce qui concerne l'émission de gaz à effet de serre, et plus particulièrement le gaz carbonique, les choses semblent plus difficiles à maîtriser, puisque la courbe d'émission est totalement parallèle à la courbe de consommation du carburant. Pour aborder cette question, nous nous souviendrons que les recherches scientifiques, et tout particulièrement à travers les conclusions du groupe international d'étude sur le climat et d'autres commissions s'intéressant aux variations climatiques, ont montré qu'il y avait bien un lien direct entre l'activité humaine et cette variation de concentration dans l'atmosphère de gaz à effet de serre, ayant pour conséquence la hausse de la température. Nous avons également à l'esprit les obligations du Traité de Kyoto, ainsi que les déclarations faites par les autorités politiques de la France, qui vis-à-vis de l'année 2050 évoquent le facteur 4 de division des émissions de gaz à effet de serre. Je voudrais dire d'emblée que je ne suis pas prêt à l'autoflagellation. Au contraire, je voudrais insister pour dire que la France est sans doute sinon le plus vertueux, parmi les plus vertueux, en matière de rejet de gaz à effet de serre, ceci étant essentiellement dû à la production d'électricité du nucléaire et de l'hydraulique, avec une électricité à près de 95 % sans émissions de CO₂, mais également, il faut le souligner, à une politique constante en termes d'économie d'énergie. Nous avons bien vu que vis-à-vis de cette économie d'énergie, les constructeurs automobiles et les acheteurs d'automobiles en France participent à cette vision des choses.

Ceci étant, il faut au moins stabiliser nos émissions, en évitant de les augmenter. Dans ce domaine, l'automobile a un rôle à jouer, et nous pouvons mesurer la performance en litres de carburants nécessaires pour faire 100 km, ou plus particulièrement en mesurant les grammes de gaz carbonique rejetés par kilomètre parcouru. Ces deux paramètres peuvent revenir dans nos évaluations.

Nous écouterons cet après-midi des intervenants en deux parties : d'une part, une approche d'un diagnostic de la contribution de l'automobile à l'augmentation de l'effet de serre, puis la recherche des solutions disponibles à

moyen terme. Nous nous inscrivons donc bien dans la préoccupation de Christian CABAL et de moi-même dans le sujet qui nous a été confié pour l'écriture de ce rapport sur la voiture de demain. Ainsi, une première intervention sera faite par **M. Jean-Pierre FONTELLE**, Directeur du **Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique**, qui nous fera le bilan de ces gaz à effet de serre. Ensuite, **M. Jean-Claude GAZEAU**, Président de la **mission interministérielle sur l'effet de serre**, interviendra sur la dynamique des émissions du secteur automobile et nous entretiendra des challenges qu'il faudrait un jour réussir. **M. Pierre BEUZIT** est Directeur de l'ingénierie de **Renault**. Nous en profitons pour saluer que dans un autre domaine qui n'est pas spécialement celui des économies d'énergie, mais celui de l'efficacité énergétique, Renault a été champion du monde dans un secteur particulier. M. BEUZIT interviendra sur la difficile question de l'équilibre entre la réduction de la consommation et l'émission de gaz à effet de serre. Enfin, **M. André DOUAUD**, Directeur technique du **Comité des constructeurs français**, s'interrogera sur la dynamique du marché et la demande des consommateurs, avec toutes les déclinaisons de ces attentes des consommateurs et de la perception de la nécessité d'être éco compatibles.

Dans la seconde partie, après la pause, nous verrons plus précisément ce qui est du domaine technologique, avec **M. Philippe PINCHON**, de l'**Institut français du pétrole**, que j'ai l'habitude d'appeler par une nouvelle dénomination, très personnelle : l'Institut français de la propulsion... Nous vous écouterons au sujet du moteur hybride ou de l'hydrogène, une molécule qui m'est chère. Puis, **M. Patrick OLIVA**, responsable notamment d'un autre challenge important, le challenge Bibendum chez **Michelin**, a cette position d'observateur et nous parlera de différents thèmes, dont celui de la propulsion électrique, sachant que vous pourrez nous dire un mot de cette pièce importante entre le sol et le véhicule, et de l'enjeu de consommation, que représente ce que l'on a coutume d'appeler un pneumatique. **M. François BADIN**, chercheur à l'**INRETS**, spécialisé dans l'hybridation, nous donnera son regard d'expert indépendant sur la voiture hybride, et les véhicules qui font l'objet de toutes les attentions des laboratoires dans tous les domaines. Ensuite, nous aurons deux interventions qui nous replacent dans un domaine particulier, celui de l'**Agence internationale de l'énergie**. **M. Pier Paolo CAZZOLA** nous fera l'amabilité de s'exprimer en français. Vous nous avez montré ce matin que vous maîtrisez bien notre langue, et nous vous écouterons sur les conclusions de l'AIE en matière de carburant. En particulier, comment peut-on aborder ce domaine d'alternative et quelle peut être sa place ? Enfin, **M. Thomas GUERET**, expert analyste à l'AIE, nous parlera de tout ce qui peut être source de meilleure gestion de l'usage du pétrole. Maîtrise, économie de ce produit assez extraordinaire qu'est le pétrole, dont on parle ici sous l'usage de la propulsion de la motorisation, mais qui a beaucoup d'autres possibilités, en particulier dans le domaine de la chimie et du médical, qui nous est proche. On sait combien il est important de

disposer aussi de ces molécules. Tout ceci passe par des solutions techniques, par des analyses, mais aussi par des propositions à faire aux consommateurs pour aller vers son comportement lorsqu'il est au volant d'une voiture. Faut-il envisager des mesures plus percutantes, plus limitatives à l'usage de ce véhicule ? Nous n'en sommes pas encore là, et nous vous écouterons tous avec beaucoup d'intérêt, Christian CABAL et moi-même. Je donne la parole à M. Jean-Pierre FONTELLE, en nous rappelant que nous avons l'obligation d'être le plus concis possible, tout en ayant aussi l'obligation de dire tout ce que nous avons à entendre.

Merci pour cet après-midi. Monsieur FONTELLE, vous avez la parole.

2. M. Jean-Pierre FONTELLE, Directeur du CITEPA

Merci. Messieurs les Députés, Mesdames et Messieurs. Je voudrais tout d'abord remercier les organisateurs pour nous donner l'occasion de présenter ces quelques informations qui je l'espère seront utiles au débat. En préambule, je voudrais préciser que les données qui vont être présentées sont essentiellement issues de ce que l'on appelle le Système national d'inventaires des émissions polluantes, qui a été développé par le CITEPA, en tant que centre national de référence dans ce domaine, à la demande du Ministère de l'Ecologie et du développement durable, qui assure l'essentiel du financement de ce système. Pour mémoire, je précise que ce système est l'élément générateur des données qui sont utilisées par la France et remises aux Nations unies et à la Commission européenne en application des conventions, protocoles et directives que la France a souscrits. Si vous souhaitez avoir plus d'informations sur la multitude de résultats qui existent à ce sujet, vous pouvez consulter le site du CITEPA (www.citepa.org) et télécharger tous ces rapports qui sont dans le domaine public. Egalement à titre de préambule, pour ceux qui seraient plutôt néophytes avec ce genre d'informations, je tiens à préciser que les données d'émissions que je vais vous présenter se réfèrent à des émissions directes. En ce qui concerne les véhicules, il s'agit des émissions liées à l'usage des véhicules et en aucun cas à sa construction ou à la construction des infrastructures, ou encore à l'élaboration des carburants qui sont nécessaires au fonctionnement dudit véhicule. Ces autres sources d'émission sont comptabilisées mais inscrites dans les secteurs industriels, manufacturiers ou de transformation d'énergie.

Pour commencer, je vous donnerai un aperçu global par grands secteurs, et je focaliserai progressivement sur des éléments de plus en plus détaillés concernant les transports automobiles. Sur ce premier graphique, les barres orange indiquent la contribution des différents secteurs principaux

mentionnés ici dans l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre en France métropolitaine, sachant que le périmètre est celui des six gaz couverts par le protocole de Kyoto. Le transport, tous modes confondus, représente 27 % des émissions en France ; l'industrie manufacturière un peu moins de 20 % ; le résidentiel, tertiaire, institutionnel et commercial environ 17 % ; l'agriculture et la sylviculture environ 19 % ; l'industrie de l'énergie aux alentours de 12 % ; le traitement des déchets près de 2 %.

On peut voir les évolutions depuis 1990, cette année servant de référence aux engagements de stabilisation, de réduction ou d'augmentation, selon les pays couverts par la convention climat et le protocole de Kyoto, voire par les engagements européens. Ceci signifie que le transport routier et le résidentiel tertiaire apparaissent clairement en France comme les deux secteurs qui ont augmenté leurs émissions depuis l'année 1990, respectivement de 22 et de 14 %, alors que les autres secteurs, comme l'industrie manufacturière, l'agriculture ou l'industrie d'énergie et les traitements des déchets, ont réduit leurs rejets depuis 1990 dans des proportions qui vont d'environ 9 à 23 %. L'UTCF concerne l'utilisation des terres, leur changement et la forêt, ou en d'autres termes plus conventionnels, les puits de carbone, essentiellement liés à la photosynthèse dans la forêt. On a 73 % d'évolution du puits, ce qui est favorable dans ce cas précis.

Si l'on examine maintenant ces contributions en distinguant la contribution des six gaz couverts par Kyoto, on s'aperçoit que pour la plupart des secteurs, excepté l'agriculture et le traitement des déchets, le CO₂ est très prépondérant, particulièrement dans le cas des transports, où l'on voit un peu de N₂O apparaître et un peu de HFC, notamment liés à la climatisation accrue des véhicules.

On peut maintenant examiner plus précisément le transport routier, avec un historique depuis pratiquement un demi-siècle. On voit la croissance au fil des années. Le transport routier représentait 5 % des émissions de CO₂ en 1960, pour augmenter progressivement à 14 % en 1980, à 22 % en 1990, et atteindre 25 % aujourd'hui. Les petites différences d'écart que l'on peut constater avec les chiffres précédents tiennent au fait que l'on parle ici en CO₂ et non pas en gaz à effet de serre globaux, auxquels il faut ajouter d'autres gaz.

Si l'on regarde d'un peu plus près ce qui se passe, plusieurs indicateurs sont assez intéressants si l'on veut pousser les analyses plus loin. On a l'évolution du parc roulant en France, avec des milliards de véhicules/kilomètre parcouru. On s'aperçoit que sur le même intervalle de temps, on fait à peu près sept fois plus de véhicules/kilomètre qu'il y a trente ans. Vous avez la décomposition par catégorie de véhicules. On constate clairement la diminution des voitures particulières à essence et la montée des véhicules particuliers diesel, ainsi que la montée des véhicules utilitaires et des poids lourds dans une certaine mesure. On a également l'évolution des

émissions de CO₂, toujours du transport routier et la France métropolitaine pour à peu près les mêmes catégories de véhicules. On voit là encore la part relativement importante comparée notamment à la part occupée dans le nombre de véhicules/kilomètre, notamment des poids lourds.

Pourquoi ai-je fait apparaître les particules, puis sur la figure suivante d'autres polluants dont on a parlé ce matin (SO₂, NO_x, CO, COV) ? On peut constater que sur ces autres polluants, les contributions du transport routier diminuent fortement pour la plupart, alors que dans le cas du CO₂, c'est encore le challenge qui est demandé aux transports automobiles d'arriver à infléchir ces courbes pour diminuer les émissions. Si l'on observe d'un peu plus près ce qui se passe, on a des indicateurs qui vont illustrer les émissions de CO₂ par PIB, par exemple. On s'aperçoit que ramenées à ce paramètre, les émissions de CO₂ sont de mieux en mieux situées. A l'inverse, si l'on examine le CO₂ du transport routier par rapport au nombre d'habitants, on s'aperçoit qu'il y a eu une dégradation au fil du temps, avec une stabilisation depuis un certain nombre d'années, pratiquement depuis le début de l'an 2000. Ceci traduit l'évolution de la nature du parc, des véhicules plus importants, des usages plus développés du transport automobile au cours des décennies écoulées.

On retrouve une courbe qui par l'effet de l'échelle semblait horizontale, mais qui ne l'est pas, et qui montre que globalement sur la période, plutôt depuis 1970, il y a un progrès d'à peu près 15 % sur les émissions que l'on qualifiera d'unitaires, tous véhicules confondus. On peut approfondir l'analyse, en dissociant les poids lourds et les véhicules légers. On constate que pour ces derniers les progrès ont été beaucoup plus importants et ils continuent de progresser, puisque les constructeurs automobiles se sont engagés sur des efforts de limitation de la consommation unitaire. On a ici l'image du passé, et donc toute l'inertie du parc qui pèse dans les résultats. Pour les poids lourds, on s'aperçoit qu'il y a eu jusque dans les années 1990 une montée assez forte des émissions unitaires, pour être suivie maintenant d'une stabilisation voire d'une diminution rapportée aux émissions de CO₂ par véhicule/kilomètre. Sur la contribution des différents combustibles, cela ne surprendra personne de voir le diesel s'octroyer une part de plus en plus importante dans les émissions de CO₂, au détriment du carburant essence. On notera également que les biocarburants et le GPL restent marginaux, puisqu'ils ne représentent environ que 1 % des émissions totales.

Pour terminer, puisqu'il fallait essayer d'avoir un œil européen, voire mondial, je vous présente un tableau qui contient beaucoup de chiffres, ce dont je m'excuse. On a le total national de tonnes d'émissions de CO₂, avec pour la France 408 M de tonnes, comparé à l'Allemagne, avec 865 M. En valeur absolue, on note que la France, comparée à des pays analogues, voire d'autres assez différents, est un émetteur relativement petit. En ce qui concerne les évolutions, pour le CO₂, on a 3 % en France entre 1990 et 2003, et c'est négatif lorsqu'on considère l'ensemble des gaz à effet de serre, comme on l'a vu. On s'aperçoit que ce résultat est mitigé. Certains pays étant très positifs et

d'autres très négatifs. Mais il s'agit des émissions totales. De la même façon, je confirme le caractère vertueux de la France au niveau du CO₂ par habitant, avec 6,6, soit le meilleur score affiché par rapport à l'ensemble des autres pays, parfois de très loin. On peut multiplier les indicateurs, et regarder par exemple par rapport à la superficie d'un pays, ou d'autres paramètres. Pour le transport routier, la part de ce dernier en France est la plus forte de tous les pays présentés. Cela tient à la structure nationale, puisque l'on a de l'énergie nucléaire et ceci s'explique logiquement, mais cela permet peut-être de comprendre pourquoi on attend beaucoup du transport routier, puisqu'il représente un gisement plus important que pour d'autres.

Par ailleurs, en ce qui concerne l'évolution des émissions du trafic routier en France, on se trouve dans une situation médiane, moins bons que certains pays comme l'Allemagne ou le Royaume Uni, mais mieux placés que certains pays comme l'Espagne, et pas plus mal que l'Union européenne à quinze, voire le Japon. Comparer des résultats au niveau européen, cela peut se justifier, mais au niveau mondial, c'est un exercice périlleux. En effet, peut-on réellement comparer en termes de gaz à effet de serre des émissions de pays qui ont des conditions climatiques, économiques très différentes ? Il est évident que si l'on habite en Sibérie, on aura plus de besoins en énergie que si l'on est proche de l'équateur ou si le pays est très étendu, où les besoins en transport peuvent être accrus, ou de nature complètement différente.

Je vous remercie pour votre attention.

- **M. Claude GATIGNOL**

Merci, Monsieur FONTELLE. Le dernier graphe que vous nous avez montré faisait un état comparatif tout à fait intéressant pour la réflexion ultérieure et dans l'approche que l'on peut faire de la place relative du transport dans les émissions de gaz à effet de serre. Je donne la parole à M. GAZEAU, qui va nous parler de ses conclusions à travers la mission interministérielle sur l'effet de serre.

3. M. Jean-Claude GAZEAU, Président de la MIES

Merci, Monsieur le Président. Sur l'intitulé de cette journée, on a parlé ce matin des polluants locaux, et nous parlons maintenant de l'effet de serre. Je souhaiterais mettre en perspective deux choses. S'agissant des polluants locaux, on est en face d'une problématique, même si l'on parle des mêmes émetteurs, avec des effets sanitaires avérés. S'agissant des gaz à effet de serre, on se trouve devant une autre problématique, avec d'autres horizons,

avec un risque du changement climatique, qui est avéré, et une problématique mondiale. Cela veut dire qu'en termes de sensibilisation, de comportement et autres, même si l'on traite les mêmes objets, les réponses ne sont pas forcément similaires.

Jean-Pierre FONTELLE a évoqué une particularité du secteur des transports, à savoir premièrement que c'est le premier émetteur de gaz à effet de serre, tant par l'intensité (27 % du total national, sans compter l'aérien international), que par la croissance de ses émissions. Il faut garder à l'esprit le chiffre de 27 % du total national jusqu'en 2003, puisque la tendance s'est infléchie ou atténuée, avec 2 % de croissance par an au niveau des transports, mais +23 % entre 1990 et 2003. Je mettrai en regard, puisque l'on parle d'un horizon plus lointain, 2050, avec un facteur 4, c'est-à-dire +2 %, même si ces dernières années c'est plutôt +1 %. Le fait de diviser par quatre nos émissions, cela signifie en moyenne -3 % par an.

A partir de là, quel constat peut-on faire, sans diaboliser ? Ce secteur est de nature à fragiliser d'une part l'objectif de stabilisation fixée à la France dans le cadre du protocole de Kyoto des émissions, et d'autre part à moyen terme, en ce qui concerne les concentrations des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, avec l'objectif de division par quatre. On peut faire plusieurs remarques sur ce sujet. Nous allons parler beaucoup de technologie cet après-midi. Nous exprimons des sentiments, et il apparaît que la technologie ne devrait pas permettre à elle seule de contenir l'irréversible croissance des émissions de transport. Cela veut dire qu'il ne serait peut-être pas pertinent de laisser penser aux donateurs d'ordre privés et publics que les chercheurs et ingénieurs pourront dans les délais, une fois encore (même si de grands efforts ont été faits) résoudre le problème à leur place, sauf percée technologique majeure. Je ne doute pas qu'on va nous en présenter cet après-midi, à travers des véhicules propres et économes. Malgré les progrès techniques indéniables, depuis 1990 et avant, et malgré les efforts importants qui ont été consentis en matière de recherche, cela ne devrait pas permettre une maîtrise des émissions du secteur des transports. Un état des lieux a été élaboré avec le Plan climat en 2004. Cette même année, une remarque forte qui reste toujours d'actualité est que les émissions des gaz à effet de serre des transports ne pourront être maîtrisées et réduites massivement (vous savez l'effort qui reste à consentir) que par une baisse significative de la demande de transport. Dans la demande, on se concentre aujourd'hui sur les véhicules individuels, mais il s'agit aussi bien des déplacements routiers individuels que du transport de marchandises, qui n'est pas traité aujourd'hui, et d'autres composantes comme l'aérien.

On remarque d'abord qu'il faut donc agir sur la demande, mais tout reste sujet à débat. On peut imaginer que la baisse de la demande ne se fera pas de manière spontanée. Une autre remarque est que pour modifier cette perception, tout ne peut pas reposer uniquement sur les actions de sensibilisation. Voilà quelques éléments qui sont de nature à interroger sur la façon de faire en sorte d'agir sur ce désir de mobilité fort qui est ancré

profondément au sein de la société, aussi bien pour préserver le niveau économique que par le désir de mobilité.

Avons-nous dressé un constat négatif des mesures qui ont été prises et mises en œuvre depuis le Plan climat et ceux antérieurs, en matière de lutte contre le changement climatique ? Nous ferons d'abord un constat rassurant, mais en temporisant, et en signalant qu'il y a la politique contre le changement climatique, mais aussi d'autres politiques qui ont joué un rôle positif en matière des baisses des émissions de transport. Je pense notamment aux efforts réalisés en matière de sécurité routière. La généralisation des dispositifs de contrôle de vitesse fixes ou mobiles, l'intégration au nouveau permis de conduire des questions relatives à la conduite souple, la formation des conducteurs de poids lourds ou d'autobus aux économies de carburant, déjà en cours dans plusieurs entreprises, tout cela concourt à la fois à la réduction de la facture pétrolière et, comme vous le disiez, Monsieur le Président, c'est lié aux émissions de gaz à effet de serre.

Ainsi, ces émissions en matière de transport ont marqué un palier en 2003. En 2004, la tendance semble se confirmer, et l'on peut considérer que c'est la conjugaison de plusieurs politiques mises en œuvre qui sont cohérentes et qui vont toutes dans le même sens.

A défaut de s'attaquer au désir de mobilité, peut-on considérer que les progrès technologiques, dont j'ai signalé qu'ils ne résoudraient pas tout, et les autres politiques, en matière de sécurité routière, suffisent pour réduire les émissions ? Je temporiserai la réponse en disant qu'au-delà de ce qui peut être porté par la réglementation, il y a un autre désir qu'il faut mettre en avant, qui est le souci de confort dans la mobilité. Je prendrai deux exemples. D'abord, le développement spectaculaire de la climatisation dans les véhicules. N'oublions pas que la climatisation peut, dans certaines conditions, augmenter de 30 % les émissions de gaz à effet de serre, ce qui peut être de nature à anéantir tous les efforts qui ont été faits par les ingénieurs présents dans cette salle. Ainsi que l'engouement pour les véhicules assez lourds, même s'il semble que la tendance s'infléchisse, M. MORCHEOINE a largement développé ce sujet ce matin. Les chiffres sont inquiétants. L'augmentation en quelques décennies de près de 40 kg de la charge embarquée laisse à réfléchir quant aux consommations nécessaires pour déplacer une ou plusieurs personnes dans un véhicule particulier.

Au final, pour agir sur les comportements, quelles sont les pistes qui ont été mises en avant par le Plan climat ? Nous allons faire un bilan prochainement, mais on peut signaler quelques pistes. D'abord, pour agir sur les comportements, on peut dire : « Fais toi-même ce que tu veux demander aux autres ». L'Etat s'engage personnellement. Désormais, les véhicules particuliers neufs acquis par l'Etat ne devront pas émettre, sauf dérogation pour des utilisations spécifiques, plus de 140 g/km. On peut saluer le caractère pragmatique de cette approche, dont on pourra assurer facilement le suivi.

D'autre part, on peut signaler l'information étiquetage aux acheteurs potentiels de véhicules neufs sur la consommation des carburants et les émissions de CO₂. C'est une obligation qui découle d'une directive européenne de 1999, déjà appliquée en France, et qui sera grandement améliorée par l'étiquette CO₂ à sept classes de couleur, semblable à celle, déjà obligatoire en Europe pour certains appareils, et même pour certains véhicules. Cela fait aujourd'hui trois mois que la Commission européenne a été saisie de la demande de validation de l'étiquette qui est entrevue par la France. C'est le délai qui est normalement alloué pour avoir une réponse de Bruxelles. Espérons donc que début 2006, nous pourrions dans les différentes concessions voire fleurir ces étiquettes de A à G.

En complément des accords de l'Union européenne constructeurs, de l'information sur l'étiquetage, la fiscalité des véhicules à l'achat, la taxe d'immatriculation à l'usage, la taxe annuelle de circulation constitue le troisième et nécessaire pilier de la politique européenne de réduction des émissions de CO₂. En matière de fiscalité, au niveau des outils, le crédit d'impôt à l'achat de véhicules propres, au sens de la loi sur l'air du 30 décembre 1996, vient d'être récemment renforcé, fin août, passant de 1 525 à 2 000 €. N'oublions pas que cette mesure est essentiellement dictée par une recherche de diversification énergétique, qui ne devrait pas avoir un impact énorme, mais il y a l'exemplarité et toute la pédagogie qui va autour. En termes de réduction des émissions, cela ne devrait pas avoir un impact énorme. On peut par ailleurs rappeler, puisque l'on parle du Plan climat, qu'il y a eu un signal au niveau du CO₂ qui est significatif chez l'acheteur, prévu avec le projet d'instauration d'un système de malus/bonus CO₂ fiscalement neutre, à l'achat de véhicules propres neufs. Cette mesure équitable, élaborée avec la participation des constructeurs automobiles français, a été ajournée du fait de l'accueil réservé dont elle a fait l'objet. Ceci a une conséquence. Après la suppression en 2001 de la vignette pour les particuliers, dont le montant était calculé en partie sur les émissions de CO₂, la France, grande productrice d'automobiles, devient un des rares, sinon le seul pays de l'Union européenne à ne disposer ni d'une taxe à l'immatriculation ni d'une taxe à la circulation. Le prix de certificat d'immatriculation, la carte grise, étant suffisamment faible pour ne pas être considéré par Bruxelles comme une taxe.

Je terminerai par les autres pistes qui figurent dans le Plan climat, et qui vont être développées ensuite, au-delà du comportement de la technologie. Il s'agit d'agir sur le combustible, sur les carburants utilisés. Vous avez tous noté le fait qu'a été avancé l'objectif d'incorporation à 5,75 % de biocarburant dans les carburants, ce qui était initialement prévu pour 2008. Cette action due au carburant va faire prochainement l'objet d'une communication dont nous parlera André DOUAUD. Enfin, il me paraissait important, dans l'état des lieux, d'évoquer les pistes qui existent, laissant à la deuxième table ronde le soin de voir les pistes du futur. Je termine en signalant que nous avons les 14 et 15 novembre prochains ce que nous avons appelé le Rendez-vous climat, où nous opérerons un bilan, à un an du Plan climat, avec l'objectif non pas de se

faire plaisir et de montrer tout ce qui a été fait de bien, mais de porter un regard lucide sur l'état d'avancement des différentes mesures de ce plan, avec la volonté de préparer ce qui figure dans la loi de programmation et d'orientation sur les politiques énergétiques et une actualisation du Plan climat en 2006. Nous espérons que ce rendez-vous sera l'occasion de mettre en avant des idées force qui pourront être utilisées dans l'élaboration de ce plan 2006.

Je vous remercie.

- **M. Claude GATIGNOL**

Merci, Monsieur GAZEAU, de nous avoir fait part de vos conclusions sur les moyens et l'approche, à la fois des comportements qui pouvaient être sollicités ou plus fortement dirigés par la réponse à la mobilité par l'usage de la voiture individuelle, en rappelant que le Plan climat avait aussi un certain nombre de facettes.

Monsieur BEUZIT, votre domaine est l'ingénierie des voitures. La conception des voitures nouvelles est-elle compatible avec cette réduction des émissions de gaz à effet de serre, alors que l'on demande à une voiture, comme l'a rappelé M. GAZEAU, d'être toujours plus confortable à travers certains systèmes dont on les équipe, mais également de proposer plus de sécurité, avec quelquefois certains matériaux ou certaines formes ou éléments qui constituent l'ensemble de la voiture d'aujourd'hui, en pensant à celle de demain ?

4. M. Pierre BEUZIT, Directeur de l'ingénierie, Renault

Merci, Monsieur le Président. Mes chiffres ne sont pas exactement ceux qui ont été présentés tout à l'heure, mais nous sommes tout à fait conscients que particulièrement en France, le transport routier représente une partie significative des émissions de gaz à effet de serre, essentiellement du CO₂.

On peut faire un constat sur ce qui s'est fait et va se faire. J'ai étudié les statistiques moyennes des constructeurs européens. J'ai indiqué les chiffres concernant Renault, puisque j'appartiens à cette noble entreprise, pour dire qu'il est aujourd'hui un leader mondial en matière d'émissions. Si l'on prend l'ensemble de la production Renault, on est à 148 g à la fin de l'année. On voit donc que des efforts importants ont été faits.

Je voudrais faire remarquer deux choses. D'une part, il y a eu un effet réglementation (nous avons pris 2003, avant l'application de la norme Euro 4), et il y a un effet marché. Je détaillerai ensuite sur deux exemples. Les deux effets ne vont pas dans le même sens, et le gain a été d'autant plus important qu'il a fallu absorber ces dérives. Je note que la prochaine vague, qui inclut Euro 4 en particulier, dans laquelle nous sommes actuellement, génère des dérives en matière de gaz à effet de serre. Toutes choses égales par ailleurs, le fait d'éditer des normes nous pénalise. Je prends deux exemples d'évolution dans notre gamme, l'évolution Mégane 1, Mégane 2, et Clio 2 et 3, dont une des caractéristiques est l'augmentation de la masse. J'ai « dispatché » l'effet de la masse en kilos, sachant que 10 kg, c'est en moyenne 0,9 g de CO₂/km. La sécurité coûte cher, à la fois en performance, car il faut absorber les kilos, et en émissions. Par ailleurs, le client est fort demandeur d'augmentation de performance. On constate des effets liés au marché, qui sont dimensionnels, le confort, acoustique notamment, et les prestations au client. Tout cela ne va pas dans le bon sens.

J'ai listé les effets liés à la réglementation, ce que je considère être comme une quasi-réglementation (c'est le cas d'EuroNcap en matière de sécurité). Cela a un impact, ce qui est normal, beaucoup par le poids, mais pas seulement. Ainsi, le filtre à particules est un impact simplement d'incitation. Lorsqu'on appliquera complètement les filtres à particules, l'effet sera beaucoup plus élevé, à peu près à 2,5 g sur l'ensemble de la gamme, seulement pour faire face d'ici 2008 aux incitations fiscales. C'est une contre-pression derrière le moteur, et donc une dégradation du rendement du système de moteur. Avec Euro 5 et une réglementation sur les NOx, tout cela viendra... Nous avons bien conscience de tout cela, et le problème pour nous, c'est de comprendre comment on va faire face à l'avenir, car on a bien compris le facteur 4 et, contrairement à ce que certains disent, nous nous engageons.

Sur le passé, qu'avons-nous fait ? En schématisant, on peut dire que nous avons réalisé des améliorations de rendement. La plus forte augmentation de rendement est le diesel à injection directe. Cela s'est traduit par deux choses. D'abord l'introduction du moteur diesel à injection directe, mais surtout le mix diesel, qui a fortement évolué. Aujourd'hui, on est à un mix diesel très élevé, à 60 %. L'année dernière c'était 70 % me semble-t-il sur la production nationale. On arrive aux limites de l'épuration, et la France ne produit pas assez de gazole pour satisfaire ses besoins, puisqu'elle est obligée d'en importer. En ce qui concerne la réduction des frottements, on a constaté là aussi une très forte amélioration. Cela ne se dit pas, mais c'est réel. Il était question ce matin avec Michelin de réduction de l'énergie perdue au roulement du pneu sur la chaussée et des gains considérables ont été faits dans ce domaine. On a divisé quasiment par deux les pertes, ce qui est énorme.

Une démarche qui est en cours, et qui va se poursuivre, concerne la réduction de cylindrée avec des turbos. Cela a été fortement favorisé dans le cadre du diesel. Aujourd'hui, avec les progrès dans le domaine du turbo, on

peut mettre des cylindrées plus faibles, et l'on peut dire qu'en première approximation, très grossièrement, la consommation est plus ou moins proportionnelle à la cylindrée. Le mix diesel et l'aérodynamique comptent également parmi les facteurs d'amélioration.

Tout cela comporte des limites. Sur quoi travaille-t-on aujourd'hui pour tenir nos objectifs dans les dix, quinze ans, voire plus ? D'abord, sur la masse. Entre 1995 et 2004, la masse des voitures a fortement augmenté, en moyenne de 16 kg par an en Europe. On fait des économies de masse par ailleurs, mais elles ne compensent malheureusement pas les augmentations. On peut estimer que l'on va vers une stabilisation avant d'arriver à une rupture technologique avec les nanostructures, pour cette fois réduire la masse. On est toujours dans des conditions économiques viables, et l'on ne parle pas de voitures de laboratoire. L'aérodynamique active est assez prometteuse et l'on peut en attendre des gains significatifs. Les biocarburants sont une solution facile à mettre en œuvre, rapidement, limitée dans son effet, en raison de nombreux problèmes de ressources et de coûts notamment, mais cela peut nous permettre de faire quelque chose dans un délai à 2005-2010. On attend beaucoup des carburants issus de la biomasse, avec des rendements plus forts, des coûts nettement plus bas qui sont susceptibles d'être un réel substitut aux produits pétroliers. Enfin, les carburants de synthèse associés à une combustion homogène en particulier ou une autre combustion adaptée. On attend des gains très importants, mais le délai n'est pas avant l'année 2015 car beaucoup de recherche reste à faire, à la fois dans le carburant et dans le moteur. Mais c'est une solution à développer tout de suite. En ce qui concerne l'hybride essence, on demande pourquoi les constructeurs français n'y sont pas. Economiquement, ce n'est pas viable. Il faut être extrêmement riche pour s'autoriser à le faire, et sur le marché européen, vis-à-vis du diesel, ce n'est pas vraiment compétitif. On y travaille, comme tous les constructeurs, mais sur un hybride économique. Dans ce domaine, des progrès technologiques restent à faire, à commencer par les batteries, mais pas seulement, avec toute la machinerie électronique qu'il faut intégrer. L'hybride diesel est quelque chose qui paraît intéressant sur le papier, car le diesel a tout de même de 20 à 25 % de rendement, toutes choses égales par ailleurs, supérieur à celui de l'essence, mais il est un peu plus difficile d'hybrider un moteur diesel qu'un moteur essence. Il est donc plus décalé dans le temps. C'est un sujet sur lequel nous travaillons. Nous avons revendiqué dans le cadre de l'Agence pour l'innovation industrielle (AVI) un programme national sur le sujet, qui nous paraît justifié, et qui pourrait être associé aux carburants de synthèse, avec une combustion homogène, pour ne pas polluer et consommer nettement moins.

On a également la pile à combustible, avec deux voies : avec reformeur et à hydrogène, la première étant plus facile à mettre en œuvre, puisqu'elle ne nécessite pas d'avoir un approvisionnement en hydrogène. C'est la voie sur laquelle notre entreprise travaille ardemment, et nous voyons cela à l'horizon 2012-2015. On rentre à la fois dans des domaines de coût et de durabilité qui soient acceptables par le marché. On peut commencer à

envisager de rentrer dans le marché avec des « flottes » par exemple. En ce qui concerne la pile à combustible à hydrogène, il faut tout un système de production et de distribution d'hydrogène, et c'est donc un peu plus à long terme.

Voilà ce que je voulais dire très rapidement sur le sujet. Je vous remercie.

- **M. Claude GATIGNOL**

Merci, Monsieur BEUZIT, de cet exposé qui nous a fait passer en revue tous les éléments qui pouvaient concourir à donner une nouvelle approche de la voiture, dans sa sécurité, dans son confort, dans ses nouvelles motorisations, avec la question de la compatibilité avec la réduction des émissions.

Nous allons aborder, avec M. DOUAUD, Directeur technique du Comité des constructeurs français d'automobile, le sujet de la dynamique du marché. On peut concevoir d'excellentes voitures, plus petites, ou plus grosses, mais quelle que soit leur présentation, elles doivent avoir un acheteur et répondre au marché.

5. M. André DOUAUD, Directeur technique, CCFA

Messieurs les Parlementaires, Mesdames, Messieurs. Je voudrais vous parler sur le thème de la contribution de l'automobile à l'effet de serre, et plus particulièrement des questions relatives au marché. En préalable, en m'excusant pour les redites, je vous rappelle que le diesel occupe presque les trois quarts (plus de 30 millions de tonnes de gazole) du CO₂ du transport routier, contre 11-12 millions de tonnes pour l'essence.

Par rapport à la présentation de M. FONTELLE, nous regardons au CCFA de très près le temps réel. Que s'est-il passé ces dernières années en matière de CO₂ ? Entre 2003 et 2004, on constate une stabilisation de la consommation d'énergie qui est pratiquement identique au CO₂, puisque la part des biocarburants est très modeste en France aujourd'hui. On a donc une stabilisation avec une croissance inférieure à 1 %. Mais si l'on regarde d'un peu plus près, les voitures particulières sont en réduction de 1 % d'émissions de CO₂, c'est-à-dire de consommation, alors que le domaine des petits utilitaires et des poids lourds, qui correspondent à un volume important de CO₂, est en croissance. Ce sont donc des chiffres qu'il faut avoir à l'esprit.

Il a été cité les chiffres de croissance à partir de 1990, puisque c'est la référence en particulier pour Kyoto, avec une croissance de 22 % des émissions de CO₂ du transport de la route en France. Si l'on intègre l'année 2004 et ce que l'on sait de l'année 2005, on constate deux rythmes. Entre 1990 et 2000, une croissance très forte et quasiment linéaire de tous les indicateurs de la route, c'est-à-dire les milliards de kilomètres par an, le nombre de véhicules et le CO₂. On constate à partir de 2000 une certaine stabilisation avec des oscillations. On ne peut pas se prononcer sur les consommations entre aujourd'hui et la fin de l'année, mais compte tenu de facteurs décorrélés entre eux, des questions de sécurité routière, de radar, la diminution de vitesse, les coûts très élevés des carburants depuis le second semestre 2005, nous pouvons prévoir les émissions de CO₂ liées à la consommation de carburant. Avoir une stabilisation, voire une régression, des émissions de CO₂ entre 2000 et 2005, sur six ans, constitue un facteur significatif de changement de rythme, qui s'explique par les différents facteurs que j'ai évoqués. Je n'en dirai pas plus sur le CO₂, puisque les présentations précédentes en ont abondamment parlé.

Il est bon d'avoir présent à l'esprit ce qu'est le parc routier français. Tous les chiffres peuvent être consultés dans le Rapport statistique de l'automobile française, que le CCFA édite une fois par an, et qui se trouve sur le site du CCFA. Le parc automobile des voitures particulières en France est de 30 millions de véhicules ; l'âge moyen, de 7,6, est en croissance. Un autre chiffre dont on parle moins, mais qui est aussi significatif, grâce à la robustesse des véhicules, est le kilométrage moyen au compteur, qui est de 99 530 km. Il est intéressant d'étudier cela par puissance administrative, ou par gamme. On constate que le parc automobile français se caractérise d'abord par beaucoup de petits véhicules, soit 44 % du total. Les hauts de gamme sont tout à fait marginaux, avec 6 et 1 %.

En ce qui concerne les carburants, l'essence et le gazole se partagent pour moitié le marché. Il ne faut pas confondre le marché du diesel, qui représente entre 65 et 70 %, avec le parc et la consommation de carburant pour les voitures particulières. En ce qui concerne le parc utilitaire, je ne ferai pas de commentaires car ce n'est pas à l'ordre du jour de cette réflexion. Si l'on examine le marché, il est relativement stable depuis un certain nombre d'années, avec 2 millions de véhicules. Ce n'est pas la production des constructeurs automobiles français qui est plus du double, avec plus que 5,6 millions de véhicules, mais c'est le marché des voitures particulières neuves en France. Le marché des voitures d'occasion est plus que deux fois plus important que celui des voitures neuves. Les immatriculations des véhicules utilitaires se chiffrent en centaines de milliers, voire en milliers pour les cars et bus, et donc beaucoup plus faibles que les voitures particulières. Il est important d'avoir à l'esprit ces chiffres, car l'automobile, soit par le nombre de véhicules, soit par la consommation d'énergie, c'est quelque chose de massif. Dès lors que l'on parle de CO₂, de la réduction des émissions de CO₂,

des effets massifs sont nécessaires en termes de mesures prises pour réduire les émissions de CO₂.

On observe la lenteur avec laquelle le parc automobile français se renouvelle, mais cela est vrai de tous les parcs automobiles européens. Pour le pré-Euro, vers les années 1990, on constate l'arrivée des pots catalytiques sur le marché européen. Il reste encore plus de 20 % de véhicules aujourd'hui encore en pré-Euro, sans pot catalytique, avec des niveaux d'émissions presque dix fois supérieurs à ce que sont les niveaux d'émission Euro 4. Toute progression liée à la technologie est limitée par la vitesse du renouvellement du parc. Les constructeurs automobiles indiquent qu'accélérer le renouvellement du parc est un paramètre très important, par exemple devant les progrès incrémentaux de certaines technologies courantes. Ce n'est pas seulement pour les véhicules neufs, car on a vu que pour un véhicule neuf vendu, il y a deux véhicules d'occasion et le véhicule neuf tire aussi le marché d'occasion vers des véhicules plus récents, donc moins polluants et plus économes en énergie.

On m'avait demandé d'essayer d'évaluer l'équation « plus gros, plus polluant ». La dynamique du marché est-elle écocompatibilité, ou éco-CO₂-compatible ? Quatre voies d'actions complémentaires sont liées au marché :

- la baisse de la consommation des véhicules,
- les carburants alternatifs, bas CO₂ fossile ou sans CO₂ fossile pour les biocarburants, gaz naturels,
- la gestion basse consommation du trafic,
- les bonnes pratiques pour l'utilisateur.

Je répète, après M. BEUZIT, que les constructeurs français sont champions en basse consommation et basses émissions de CO₂, avec une moyenne de 148 g, alors que la moyenne pour les ventes françaises est de 153 à l'heure actuelle, avec un décalage entre les ventes des constructeurs français et la totalité du marché français. La moyenne européenne est aux environs de 162. Les pays nordiques, qui se prétendent plus écologiques que le reste du monde ont des émissions de CO₂ très élevées, autour de 170-180 g car ils achètent de très grosses voitures. L'objectif des 140 g en 2008 n'est significatif que grâce à la contribution des diesel. On note une différence considérable de 20 à 30 % de CO₂, entre une motorisation diesel et une motorisation à allumage commandé classique, sans penser au moteur à injection directe d'essence qui, comme le disait Gérard BELOT ce matin, va apporter un progrès significatif.

Périodiquement, lorsque l'ADEME fait son bilan CO₂ du marché français, les médias se répandent sur la question des 4X4. Lorsqu'on a son bureau près des Champs-Élysées, ce que l'on voit le plus ce sont les 4X4. Le

marché de l'automobile français est-il vertueux ou vicieux ? Ce diagramme montre que les choses vont beaucoup mieux que l'image des 4X4 que les Parisiens peuvent avoir. J'ai présenté ici les ventes de véhicules par classes de CO₂ sur les cinq dernières années, entre 2000 et 2004. On voit que dans la frange 100 à 120 g, le marché a été en très forte croissance, puisque le nombre de véhicules vendus a crû de 270 000. En 2000, il n'y avait pratiquement pas d'offre de véhicules dans la classe de 100 à 120 g. Dans la classe des 120 à 140 g, le marché a crû de 168 000 sur la période, et dans la tranche des véhicules au-dessus de 140 g, puisque la limite fixée par les constructeurs européens est à ce niveau pour 2008, on constate que le marché français est plutôt en diminution : -272 000 entre 140 et 160 g. Dans la tranche des véhicules au-dessus de 200 g où doivent se trouver les 4X4, le marché est en diminution. Ceci montre que globalement, ce rythme a un effet significatif sur les millions de tonnes de CO₂ émises par le transport. Le marché français est dans ce sens vertueux, à l'inverse de ce que l'on peut imaginer lorsqu'on voit les 4X4 parisiens.

Je ne peux pas m'empêcher de mentionner la part des constructeurs français dans ce marché français. On constate que du côté des véhicules bas CO₂, inférieurs à 120 g, ou compris entre 120 et 140 g, c'est dans ces tranches que les constructeurs ont les plus grosses parts de marché, alors que sur les véhicules gros émetteurs de CO₂, la part des constructeurs français est beaucoup plus faible. Ce sont les constructeurs français qui historiquement ont été les « champions » des véhicules à haut rendement, basse consommation. Cette tradition, qui tombe à point nommé sur les questions de CO₂, se perpétue.

Je voudrais insister sur la question de la masse pour avoir un effet sur le CO₂. En France, certains se lamentent de la trop grande quantité de diesel. Il faut reconnaître qu'aujourd'hui, le diesel est la meilleure réponse à la régulation des émissions de CO₂. Je l'ai montré sur le CO₂ spécifique, en grammes par kilomètre, mais on le retrouve ici. Vous pouvez comme moi faire un petit calcul : la dieselisation des voitures particulières en Europe fait gagner environ 50 millions de tonnes d'émissions de CO₂, si l'on prend comme référence un parc américain, qui a 0 % de voitures particulières diesel. Un autre calcul peut être fait : si l'on fait l'hypothèse que 30 % du parc des voitures particulières américaines était en diesel, le gain d'émissions de CO₂ serait de 125 millions de tonnes, soit approximativement l'émission de CO₂ des transports routiers de la France. Ce n'est pas négligeable. L'efficacité CO₂ à l'évidence requiert une application massive d'une technologie à la fois moteur et carburant, et la dieselisation répond à ce critère d'efficacité spécifique et de massif. Si c'est massif, c'est parce que l'offre économique de véhicules diesel en Europe est tout à fait compétitive. Si elle ne l'était pas, il n'y aurait pas un marché aux environs de 70 % de diesel.

Je vous présente des éléments de gains de CO₂ par type d'énergie. On a le nombre de véhicules vendus en France en 2004, le CO₂ moyen pour la

catégorie considérée, et un calcul en prenant le nombre de véhicules vendus en calculant le gain de CO₂ par rapport à la valeur moyenne de CO₂ des véhicules neufs en Europe, qui est de 163 g par kilomètre, et l'on suppose 15 000 km/an, ou 7 500 km pour un véhicule électrique. Il s'est vendu 2 millions de véhicules en France en 2004. 300 000 tonnes de CO₂ ont été évitées. Pour les gains de CO₂ de l'essence, leur moyenne en France est de 162, contre 163 pour la moyenne européenne. Le diesel est en moyenne à 149 g, avec 1,4 million de véhicules, le gain étant chiffré en centaines de milliers de tonnes. Les véhicules à moins de 120 g se sont vendus à un peu plus de 287 000 en 2004. Là encore, le gain pour un CO₂ moyen de l'ordre de 114 g, ce qui fait 211 000 tonnes. Pour le GPL, il se vend de l'ordre de 5 000 véhicules GPL. Le CO₂ moyen des véhicules immatriculés est de 181 g. La très grande majorité de ces véhicules sont des Lada Niva, dont le CO₂ moyen est inavouable, ce qui « plombe » le CO₂ moyen entre les très bons véhicules français en matière de GPL, qui ont de très bas niveaux d'émission, mais avec un très grand nombre de véhicules russes qui sont catastrophiques du point de vue du CO₂.

On parle beaucoup en France de l'hybride essence. Il s'est vendu en France 669 véhicules hybrides en 2004, avec un CO₂ moyen de 105 g. On voit que sans effet de masse, on n'a pas des centaines de milliers de tonnes, mais 582 tonnes. Pour les véhicules électriques, c'est similaire. Il s'est vendu en France 460 véhicules électriques, avec des gains tout à fait négligeables. Le marché de véhicules bas CO₂ n'a d'impact sur le CO₂ que si ce marché est massif. S'il ne l'est pas ou n'a aucune chance de le devenir, pour des raisons économiques en particulier, ce n'est pas une bonne solution pour maîtriser les émissions de CO₂. Sur les biocarburants, ce n'est pas tout à fait le client qui choisit, sauf avec la folie de ceux qui mettent de l'huile de salade dans leur réservoir à l'heure actuelle. Le plan biocarburants français, qui utilise les voies classiques éthanol ou esters huile végétale, permettra d'éviter de l'ordre de 8,2 millions de CO₂, ce qui est relativement modeste. La Commission interministérielle véhicules propres et économes sortira à la fin de ce mois un rapport sur cette question.

On peut dire que les biocarburants actuels sont presque des biocarburants de transition. Comme le signalait Pierre BEUZIT, si l'on veut avoir un effet massif, il faut se poser la question de savoir si 20 % de carburant alternatif au pétrole en 2020 et 30 % en 2030 sont un enjeu raisonnable ou utopique. Si l'on réussit à faire des inventaires des ressources de biomasse à finalité énergétique, ce n'est pas de la biomasse alimentaire mais de la biomasse à finalité énergétique. Si l'on sait faire cet inventaire, et si l'on sait utiliser toute l'énergie de cette biomasse dédiée énergétique pour produire des carburants de synthèse, il a semblé au groupe de travail que j'ai eu l'honneur de présider, qu'il était possible et qu'il n'était pas utopique d'envisager des taux de substitution de 20 à 30 % à l'échelon de quelques dizaines d'années.

Sur les questions de congestion, j'ai pris un exemple sur les poids lourds. On prend un poids lourd que l'on utilise sur dix kilomètres (40 tonnes) et l'on prend une circulation fluide, sans arrêts, à 75 km/h constants. La consommation sur 10 km va être de 3,4 litres. Supposons une congestion moyenne, avec un arrêt tous les quatre cents mètres, et quinze remises en vitesse de 0 à 30 km/h, dix remises de 0 à 90 km/h et vingt-cinq minutes de ralenti. La consommation passe à 16 litres. Si l'on est dans une congestion forte, avec un arrêt tous les cent mètres, la consommation passe à 36 litres. C'est donc l'effet de masse du véhicule sur les arrêts et les remises en roulage. C'est caricatural car il s'agit de poids lourds, et ce n'est pas l'objet de ce qui nous intéresse aujourd'hui, mais il me semble que toute la gestion de la circulation a été prioritairement faite sur des questions de sécurité routière, et je crois qu'il serait temps de se pencher sur les questions de gestion de circulation, pour minimiser la consommation et les émissions de CO₂.

Enfin, j'aborderai en dernier point le comportement des usagers. Il faudrait les convaincre autrement que par des radars et des amendes qu'il y a de bonnes façons d'utiliser une voiture, dans l'intérêt de leur porte-monnaie (moins d'émission de CO₂, c'est moins de consommation et moins de coût d'usage). Au cours de cet hiver, avec l'ADEME, les professions automobiles, l'industrie pétrolière, les services automobiles, nous avons fait une plaquette avec dix conseils pour chasser le gaspi. Je regrette vivement qu'il n'y ait pas plus de diffusion de ce type de messages par voie de télévision. Je sais que cela coûte très cher. On retrouve cela dans les stations-service d'autoroute, mais pas au-delà. Tous ces conseils sont très bons. Le gonflage des pneus, qui est gratuit, est tout à fait significatif (on gagne de 1 à 2 % de consommation). Tous ces conseils permettraient de contribuer à la baisse des émissions de CO₂.

Voilà tout ce que je voulais dire du point de vue de l'utilisateur.

- **M. Claude GATIGNOL**

Merci, Monsieur DOUAUD. Nous ouvrons maintenant le débat. Y a-t-il des questions particulières sur les intervenants qui se sont investis cet après-midi ?

6. Débat avec la salle

- **M. Daniel LE BRETON**

A défaut de question, je ferai un commentaire sur le diesel. Si l'on peut se féliciter d'être les moins émetteurs de CO2 en Europe, il ne faut pas oublier que l'essence, qui n'est pas consommée en Europe est consommée aux Etats-Unis, et l'on n'a fait que déplacer le problème. Les Russes, non plus, ne consomment pas de gazole mais nous l'envoient et ils roulent à l'essence. Aux bornes de la planète, il n'est pas si évident que le diesel soit la panacée. Par ailleurs, il faut reconnaître que les Américains sont trop calés sur l'essence, les Européens le sont peut-être trop sur le diesel. Si vous me permettez cette image, « il y en a un qui a la tête dans le frigo et l'autre la tête dans le four » et je ne sais pas si la température moyenne est bonne...

- **M. André DOUAUD**

Je voudrais répondre à cela. Je ne suis pas en contradiction avec ce que dit M. LE BRETON. L'intérêt du diesel, ce n'est pas que l'un s'appelle gazole et l'autre essence, c'est que cette filière a un rendement énergétique du point de vue du véhicule qui est bien meilleur. Si l'on savait faire un véhicule à essence avec le même rendement que le diesel, le bénéfice de l'essence serait évident.

- **M. Daniel LE BRETON**

Je voudrais faire une dernière remarque, si vous le permettez. Dans le pétrole, la nature ne nous a pas donné tout ce que l'on souhaite. Il y a de l'essence et il faut arriver à l'utiliser. La lime à épaissir n'existe pas, du côté des molécules, ou alors elle coûte cher, et il existe une limite. Si l'on pouvait ne faire que du diesel, ce serait raisonnable de n'utiliser que des moteurs diesel, mais malheureusement on ne peut pas faire uniquement cela. Du côté des biocarburants, la plupart des biocarburants de synthèse sont plutôt des distillats, et donc plutôt pour le pool diesel. Mais il y a un grand concurrent de l'essence, qui est l'éthanol, et qui concerne les véhicules à essence, et non diesel.

- **M. Patrick OLIVA**

Je voudrais poser une question en rapport avec les propos de M. LE BRETON. Y a-t-il un optimum dans le processus de raffinage, dans la proportion respective de l'essence et du diesel ? J'ai entendu des choses très diverses sur ce sujet, et j'ai du mal à me faire une opinion personnelle.

- **M. Daniel LE BRETON**

Pour vous donner une image, il se vend aujourd'hui presque trois tonnes de gazole pour une tonne d'essence. Pour une raffinerie la plus convertissante, c'est-à-dire une raffinerie qui est dédiée gazole, ce ratio est de 2,5. Pour passer à 3, il faut détruire de l'essence, et c'est ce que l'on a commencé à faire. En France, nous avons dépassé le stade de la meilleure raffinerie orientée diesel. Cela vous montre qu'il y a une limite quelque part. Est-ce que le bon ratio, c'est 50 % de véhicules particuliers diesel et 50 % essence ? Je ne sais pas. Mais ce n'est sûrement pas 75 % diesel et 25 % essence.

- **M. André DOUAUD**

Je crois que mon ami LE BRETON « a les pieds dans le four » de la France. Les chiffres qu'il donne concernent la France, mais il faut savoir qu'au niveau mondial, le carburant qui est le plus demandé en particulier à cause des Etats-Unis, c'est l'essence.

- **M. Joël PEDESSAC**

Au sujet des propos de M. LE BRETON, on parle du bilan du « puits à la roue » sur les différents carburants. Vous avez présenté les émissions du système énergétique. Les dernières tonnes de gazole que l'on va aller chercher dans la conversion de l'essence éventuellement, ne sont-elles pas plus émissives de gaz à effet de serre ? Finalement, est-ce que l'on ne dégrade pas le bilan du « puits à la roue » ?

- **M. Daniel LE BRETON**

Je vais rebondir sur les propos de M. DOUAUD. Il est sûr que le marché mondial est à l'essence car il est piloté par les Américains, qui consomment environ 500 millions de mètres cubes. On peut dire qu'ils ont fait la « bêtise » de faire trop d'essence. Ils ne sont pas non plus à l'optimum du raffinage. Leurs systèmes de raffinage sont complexes et s'ils commencent à dieseliser, ils vont rencontrer des problèmes de raffinage aussi. Sur le problème du « puits à la roue », si l'on fait une tonne d'essence en plus, cela baisse les émissions de CO₂ d'une raffinerie. Cela veut dire que l'on touche les limites. Le marché est en gazole et la dernière tonne de gazole qui peut se vendre va coûter plus cher en CO₂. Le bilan du « puits à la roue » de la dernière voiture diesel n'est pas aussi bon que celui de la première.

- **M. Patrick OLIVA**

J'aurais encore une question pour M. LE BRETON. Vous avez parlé ce matin de cette expérience très intéressante de l'usine NExBTL. Quel est globalement le bilan CO₂ que vous faites sur l'ensemble de la chaîne ?

- **M. Daniel LE BRETON**

C'est assez comparable à la filière ester. Ensuite, il y a des raffinements, car c'est un produit du biogaz. Si l'on imagine que l'on utilise le biogaz pour générer l'hydrogène, on peut imaginer qu'on a des crédits. Mais globalement, c'est le même ordre de grandeur que la filière ester.

- **M. Claude GATIGNOL**

Y a-t-il d'autres questions ?

- **Un auditeur**

Je voudrais juste rebondir sur le dernier commentaire et la dernière information de M. LE BRETON. Lorsqu'il dit que les bilans Well to Wheel de la filière NExBTL sont à peu près du même niveau que ceux pouvant être obtenus par les filières bio-diesel conventionnelles actuellement, c'est sans doute vrai, mais je voudrais donner une valeur chiffrée. Ce bilan reste très favorable, puisque les bilans Well to Wheel des bio-diesel conventionnels permettent une division pratiquement par deux des émissions de CO₂ globales

sur la chaîne Well to Wheel par rapport à un gazole issu d'une filière pétrole fossile. Cette filière NExBTL, même si elle n'est pas aussi performante vis-à-vis des émissions globales de CO₂ que les filières BTL, reste très intéressante car elle permet de diviser au moins par deux, au lieu de diviser par dix.

- **M. Claude GATIGNOL**

C'est une précision intéressante dans le cadre des carburants de transition dont parlait M. BEUZIT.

***B. DEUXIÈME TABLE RONDE :
QUELLES SOLUTIONS DANS L'AVENIR ?***

1. Introduction par M. Christian CABAL

Monsieur PINCHON, je vous propose de commencer sur les progrès envisageables quant à la production d'un moteur à combustion interne satisfaisant, lequel à l'heure actuelle, s'avère encore le meilleur moyen de faire fonctionner les automobiles.

**2. M. Philippe PINCHON, Directeur du centre de résultats
Moteurs-Energies, IFP**

Je vous remercie de me donner l'opportunité de présenter notre vision de l'évolution technologique du moteur à combustion interne. La plupart des experts prévoient que, encore dans plusieurs décennies, c'est ce type de moteurs qui sera en vigueur.

Cela s'explique par les sources d'énergies nécessaires pour alimenter nos véhicules. Il existe différentes sources primaires : le pétrole, les gaz naturels, ainsi que des sources d'énergies renouvelables, telles que la biomasse ou les énergies hydraulique, éolienne, solaire ou géothermique. A partir de ces sources primaires, des vecteurs énergétiques sont utilisés pour la propulsion. Le diagramme que je vous présente montre comment nous allons vers une diversification importante des sources d'énergies. Il faut en tenir compte. 98 % de la filière utilisent le pétrole, l'essence, le gazole ou le GPL. Les autres sources d'énergies se développeront.

Il est intéressant de constater que l'ensemble des vecteurs (carburants de synthèse, biocarburants, gaz naturels et carburants issus de gaz naturels, voire hydrogène) pourra être utilisé dans un moteur à combustion interne, excepté l'électricité qui ne peut être utilisée que dans un moteur électrique. La combustion interne apparaît donc comme le convertisseur qui peut s'accommoder de la plupart des énergies du futur. La figure que je vous présente met en scène l'évolution des normes antipollution, appliquées à l'industrie des véhicules automobiles en Europe, avec un focus sur 2000 et 2005. J'insiste sur le fait que le respect des normes antipollution retenues n'est pas sans conséquences sur l'effet de serre : pour réduire la pollution des

véhicules il faut une consommation supérieure entraînant une émission plus importante de CO₂.

Il est donc primordial de poser la question de l'évolution des normes antipollution. Je vais donc m'arrêter sur le texte proposé sur ce sujet par la Commission européenne. Il élabore un plan effectif à horizon 2010. Après discussion, ce texte sera adopté, sauf objection majeure du Parlement ou de l'opinion publique.

Pour le moteur diesel il est prévu une division par cinq des émissions de particules. Cela peut entraîner une certaine surconsommation, même si M. BELOT est optimiste quant aux performances de la technologie de PSA.

Il y a également un écart entre les moteurs à essence et diesel du point de vue de l'émission de NOx. Il y a un rapport de un à trois, entre l'émission maximale autorisée pour le diesel et l'essence. Le texte affirme que cette situation ne pourra pas durer, cependant, à l'heure actuelle, il est admis que les technologies du type DeNOx ne seront pas encore au point techniquement en 2010. En ce qui concerne le moteur diesel, en complément de l'exposé précédent de M. André DOUAUD, nous pouvons constater un bon comportement en matière d'émissions de CO₂, mais en revanche, il reste un effort à faire sur le plan des émissions de polluants.

Si nous revenons à la figure qu'a également présentée André DOUAUD, sur la réduction des émissions de CO₂ en Europe, nous constatons une forte réduction en moyenne de ces émissions provenant des véhicules vendus en Europe depuis les années 1990, qu'il s'agisse de véhicules à essence ou diesel. Ces résultats ont été obtenus par une diésélisation des véhicules les plus lourds et une affectation des moteurs à essence aux véhicules les plus légers. Cela se traduit par une baisse moyenne des émissions de CO₂, à peu près en phase avec les objectifs de la CEA. Le problème est que l'écart entre les moteurs à essence et diesel augmente, et que cela n'est pas acceptable pour le futur. La tendance lourde des prochaines années est donc la convergence des deux types de moteurs sur le plan des émissions de CO₂ et de polluants atmosphériques.

Pour parvenir à relever ce défi, il faudra réduire les émissions de polluants des moteurs diesel et les émissions de CO₂ des moteurs à essence. Dès lors, comment peut-on combiner les technologies pour parvenir à la réalisation de ces deux objectifs contradictoires en apparence ?

En ce qui concerne le moteur diesel, les améliorations proviendront des progrès technologiques, sur le système d'injection notamment. Une augmentation des pressions d'injection est escomptée ; actuellement nous atteignons des pressions de 1600 bars, des systèmes permettant une pression de 1 800 bars sont en phase de réalisation et des pressions de 2 000 bars sont déjà envisagées.

Un contrôle précis du taux d'introduction est également envisagé, c'est le rate-shaping, c'est-à-dire que la quantité injectée va suivre une loi optimale pour contrôler la combustion pendant l'injection. Gérard BELOT parlait de trois injections pour piloter le FAP, le chiffre de cinq, voire sept injections, est d'ores et déjà avancé. La diminution de l'écart de temps entre chaque injection en raison de l'augmentation du nombre d'injections, passera probablement par l'utilisation des systèmes piezo-électriques, qui sont plus précis sur le plan de la commande, et par l'optimisation de la taille des orifices d'injection qui ont un rôle énorme en termes de pollution. Il s'agit de « systèmes à orifices variables » : en fonction de la charge, des diamètres différents sont obtenus.

Il faut en outre travailler sur les systèmes d'alimentation en air. Ici, le dispositif présenté est un turbo à géométrie variable, allant de pair avec un système de recirculation des gaz brûlés ou EGR. Tout cela donne lieu à une augmentation de la pression de suralimentation, on parle alors de suralimentation à double étage. En Allemagne, un véhicule a déjà été équipé d'un tel système. Ces pressions de suralimentation peuvent atteindre 3,5 bars, soit un niveau très élevé. Afin d'accompagner le downsizing du moteur, déjà engagé et qui va se poursuivre, la recirculation des gaz brûlés va augmenter. Il est notamment prévu de travailler sur les émissions d'oxyde d'azote, ce qui peut supposer des niveaux posant problème en termes d'encrassement des systèmes. La problématique que nous étudions est donc complexe.

Une autre évolution envisagée est l'augmentation de la pression des cylindres, pour atteindre 180 bars de pression à l'intérieur des cylindres. Aujourd'hui, nous en sommes à 150 bars. Cela s'accompagnerait d'une diminution du taux de compression du moteur et enfin, de la production de soupapes à calage et levée variables ; la soupape sera commandée par un système électronique.

L'électronique est une autre technologie fondamentale dans l'évolution des moteurs à combustion interne. Concernant le moteur diesel, une réflexion est engagée sur la possibilité de modèles physiques embarqués à bord du calculateur, dans le but d'optimiser en temps réel le fonctionnement du moteur. La possibilité d'effectuer un contrôle bouclé de la combustion est également étudiée : un capteur permet d'estimer la qualité de la combustion, il est alors possible d'agir en boucle fermée sur la qualité de l'injection et sur le système d'alimentation en air, de manière à optimiser en permanence la combustion. Cela peut même aller jusqu'à une optimisation cycle à cycle. Ces technologies permettraient une meilleure maîtrise, que ce soit de la combustion conventionnelle – qui peut faire de gros progrès notamment par augmentation du taux d'EGR – ou de la combustion homogène, dont Dominique Herrier vous a parlé ce matin.

Cela ne serait pas suffisant sans un bon système de post-traitement, comme un filtre à particules, considéré comme efficace à 99 % mais entraînant

une légère surconsommation. Pour le post-traitement des NO_x, les technologies du piège à NO_x ou le SCR sont citées. Toutefois, le potentiel de ces technologies n'est pas encore tout à fait certain parce qu'elles impliquent l'utilisation d'un carburant sans soufre et que les systèmes envisagés sont très complexes et coûteux, entraînant une surconsommation de 3 à 5 % de carburant, sans considérer les risques de dégradation possible des réglages, ou l'encrassement imprévu des systèmes de post-traitement.

S'agissant du moteur à essence, ses handicaps proviennent de son niveau élevé d'émissions de CO₂ et de sa forte consommation de carburants : l'écart constaté avec le moteur diesel est de 20 à 25 %. Que faire pour le réduire ? Sont envisagés : la distribution variable, le pilotage des soupapes d'admission de manière totalement flexible, la combustion fondée sur l'injection directe et la combustion stratifiée, la combustion CAI et le downsizing. Le potentiel de réduction de la consommation grâce au downsizing du moteur à essence, entraînant une sorte d'alignement sur le moteur diesel, est de l'ordre de 20 %. C'est-à-dire qu'avec un moteur à essence downsizé et turbo suralimenté avec une réduction de cylindrée de l'ordre de 50 %, il serait possible d'atteindre les niveaux d'émissions de CO₂ d'un diesel. Cette technologie est en route.

La technologie suivante est l'hybride, qui tente de répondre à la question « comment combiner la réduction des émissions de polluants et celle des émissions de CO₂ ? ». En ce qui concerne le moteur diesel, il serait possible de réduire la cylindrée des moteurs, mais une augmentation de la charge en utilisation courante en découlerait, donc une augmentation de l'émission de polluants. Ce compromis est alors insatisfaisant. Afin de contrebalancer ces effets néfastes, un système de post-traitement, le filtre à particules, est utilisé. Par un compromis adéquat, il est possible de réduire les émissions de NO_x en même temps que les émissions de particules. Une partie importante du chemin serait réalisée grâce à cette technologie. Ensuite, il faudrait obtenir des systèmes de post-traitement plus performants :

- le NO_x trap qui accuse des difficultés de durabilité et de sensibilité au soufre ;
- le HCCI associé au filtre à particules, théoriquement plus intéressant car reposant sur une réduction à la source des émissions de NO_x, et impliquant moins de problèmes de tenue du système de post-traitement ;
- le filtre à particules avec SCR.

Tous obtiennent à peu près les mêmes résultats en termes d'émissions de CO₂ et de polluants, comme il apparaît sur le graphique. L'hybride est coûteux et complexe, l'opinion publique l'acceptera peut-être difficilement, mais sur le strict plan de l'efficacité, cette technologie est prometteuse.

Le moteur à essence peut emprunter deux voies :

- la Stéchiométrie (Gérard BELOT l'a expliquée ce matin), qui permet, en utilisant un système de distribution variable, de réduire en même temps les émissions de CO₂ et de polluants. Cela suppose le DISI turbo, qui est en fait l'injection directe associée à la suralimentation, qui permet un downsizing poussé du moteur (le rendant proche d'un moteur diesel dépollué) ;

- la combustion de mélanges pauvres, qui suppose une émission plus importante de polluants, puis la mise en œuvre de systèmes de post-traitement du type NOx trap, plus coûteux et plus sensible, et donc, plutôt à éviter a priori.

Le gain du passage du moteur à essence downsizé vers le véhicule hybride est plus intéressant que dans le cas d'un moteur diesel, ce qui explique que, in fine, nous nous retrouvons avec un moteur à essence ou diesel dans un véhicule hybride avec à peu près les mêmes émissions de CO₂ (une différence subsistant en matière d'émissions de polluants). L'explication est que la dépollution du moteur diesel est très coûteuse et contrebalance le gain en consommation attendu.

Nous considérons quant à nous, que cette solution intermédiaire – à savoir la combustion HCCI et le filtre à particules pour le moteur diesel, et le downsizing du moteur à essence associé à l'injection directe plus la suralimentation – devrait être la plus attractive, car elle semble à la fois efficace en termes de coûts et d'efficacité.

- **M. Claude GATIGNOL**

Merci Monsieur PINCHON. Après ce survol des prochains procédés, M. OLIVA va maintenant aborder la propulsion électrique.

3. M. Patrick OLIVA, Vice-président de Michelin

Je le ferai avec plaisir. La motorisation électrique est mentionnée dans les différents projets de véhicule hybride, mais ma présentation sera plus générale, en abordant la notion de véhicule complètement électrique, avec batterie ou pile à combustible.

Pour commencer, il faut analyser les problèmes de nuisances urbaines en tenant compte de cinq éléments :

- le problème des émissions locales ;
- les émissions de CO₂ ;
- les intérêts économiques ;
- la sécurisation des approvisionnements énergétiques, qui devient fondamentale, en raison du risque de terrorisme notamment ;
- la sécurité du transport.

Il faut ajouter à cela d'autres aspects, tels que l'attrait du consommateur, l'analyse du cycle de vie complet, etc.

Je présenterai ma vision des véhicules à motorisation électrique, en ce qui concerne la période 2002-2030, après avoir organisé un certain nombre d'événements en Europe, aux Etats-Unis, au Japon et en Chine, qui sont autant d'observatoires mondiaux des solutions disponibles, c'est-à-dire, d'ores et déjà capables de circuler sur une centaine de kilomètres.

L'essentiel de la demande de pétrole sera le fait du transport, dans l'OCDE comme en dehors. Son coût ne devrait pas baisser et les émissions de CO₂ connaîtront une forte hausse en raison de l'augmentation du trafic escomptée, qui sera vraisemblablement supérieure aux réductions d'émissions de CO₂ que nous venons d'évoquer.

Pour rappel, si nous parlons de consommation d'énergie d'un véhicule, c'est dans l'optique de vaincre quatre types de résistance, afin qu'un véhicule fonctionne, soit :

- les forces d'aérodynamisme, dépendant de la forme du véhicule, en moyenne, à cent kilomètres, elles représentent 50 % des forces à vaincre ;
- les pneus, pour 20 %, soit tout ce qui tient de la résistance aux roulements – représentant 40 % du total dans le cas d'un poids lourd ;
- les forces d'inertie, la masse surtout ;
- les forces et flexions internes.

En ville, les forces aérodynamiques offrent une résistance faible, ce qui prime ce sont l'inertie et les éléments de résistance aux roulements ; la masse est terriblement importante.

L'énergie consommée par un véhicule est trois fois supérieure au besoin nécessaire pour vaincre ces quatre forces, puisque l'on considère que le rendement moyen des moteurs thermiques est inférieur à 30 %. Il y a un potentiel de gains d'efficacité très important, alors, relever le défi énergétique, c'est diminuer ces forces de résistance, améliorer le rendement énergétique de

la motorisation, diversifier les sources primaires d'énergie et construire des véhicules adaptés aux affectations et aux lieux d'usage.

A propos des véhicules à motorisation électrique, il faut retenir quatre messages :

- le rendement de la voiture électrique est supérieur à 90 % (bien plus que pour les véhicules à moteurs thermiques), c'est avéré aujourd'hui, et la motorisation, les chaînes de production comme l'électronique de commande, sont maîtrisés ;

- le lithium change complètement le paysage auquel nous avons été habitués. Ainsi, les limitations d'autonomie que nous avons connues au temps du nickel-cadmium (autonomie de 60 à 80 km), ne sont plus les mêmes ; l'autonomie actuelle serait supérieure à 200 km ;

- la Chine a annoncé qu'elle ferait le choix de l'électrique et souhaiterait que la moitié des nouveaux véhicules sur son territoire en 2020 soit à motorisation électrique (en sera-t-elle capable ?) – qu'il s'agisse d'hybride, d'électrique reposant sur une batterie d'énergie ou une pile à combustible. L'Inde pourrait également suivre ce choix, d'autres aussi, peut-être. Nous avons été habitués à trois entités productrices de véhicules : les Etats-Unis, l'Europe et le Japon ; il faudra désormais ajouter la Chine, qui ne cache pas ses prétentions de devenir un de ces grands constructeurs ;

- pour contribuer à la « mobilité durable », le développement des véhicules électriques doit s'accompagner d'une conception adaptée à l'usage et aux services de maintenance, d'une comparaison bilan du puits au pneu, car il existe des usines fortement émettrices de CO₂, comme en Chine où des mesures de 900 grammes de CO₂ par KW/h peuvent être relevées. Enfin, il faudra envisager un minimum de réflexion sur des évolutions d'infrastructures si nous voulons que le véhicule à motorisation électrique se développe.

Je vais maintenant revenir sur la maturité de certaines technologies. Lorsque nous évoquons une alimentation d'électricité à bord du véhicule, elle peut être effectuée par une batterie d'énergie et de puissance (au lithium), des super-condensateurs dans l'hypothèse d'appoints de puissance, et dans le cas des hybrides, par un générateur alimenté grâce à un moteur technique en fonctionnement optimisé ; plus tard seulement, il sera possible d'envisager les piles à combustible.

En ce qui concerne la charge des batteries sur le réseau, le réseau domestique est capable d'avoir une charge normale complète sur réseau standard de trois à sept heures, pour une prise de 16 à 32 ampères (comme pour des réfrigérateurs). Sur des installations spécifiques, il est possible de fonctionner avec des charges partielles pendant trente minutes.

L'utilisation du lithium se développe, pour les portables, les deux roues et demain, les véhicules légers et les bus. L'énergie massique en est multipliée par 2,5 à 3, et l'on peut, dans le cas d'un véhicule léger, obtenir une énergie de 30 à 50 kW/h grâce à des batteries qui feraient de 200 à 300 kg, avec une autonomie un peu supérieure à 200 kilomètres. Cela existe déjà, mais le problème est économique : cela coûte plus de 4 000 euros, soit l'objectif que les professionnels souhaitent atteindre. Nous pouvons alors l'envisager pour une fabrication en très grande série. C'est coûteux mais il faut rapporter ce coût au prix d'une charge qui est de 4 euros, soit 2 euros aux 100 kilomètres.

Pourquoi cela intéresse la Chine ? Pour le comprendre, il faut en revenir aux trois raisons que j'ai évoquées. Le « projet 863 » chinois de développement des voitures électriques est l'un des douze projets nationaux, et témoigne d'une triple volonté de réduire la dépendance énergétique, de lutter contre la pollution (la Chine considère que moderniser ses raffineries représenterait un coût prohibitif), et enfin, de devenir une grande nation de l'automobile, en développant de nouvelles technologies. Il s'agit d'une déclaration d'objectifs effectuée par le pouvoir chinois, que je ne cautionne pas. Quoi qu'il en soit, les véhicules testés sont remarquables, notamment par leurs capacités d'autonomie supérieures à 200 kilomètres, qui ont été constatées au dernier challenge Bibendum.

Dans des conditions optimales, il faut une électricité propre pour mener à bien de tels projets, c'est le cas en France, au Canada, en Suède..., par exemple. Il faut également procéder à une adaptation du véhicule en fonction des lieux et des missions et construire de nouveaux services et infrastructures. Puis, il faudra sans doute développer des technologies par câbles, pour passer du mécanique à l'électromécanique, tel est le contenu du « projet 863 ».

En bref, les véhicules à motorisation électrique vont se développer. Ils n'ont pas été tellement présents dans les perspectives exposées aujourd'hui, sauf dans leurs versions hybrides et celles comportant une pile à combustible. La décision de la Chine de développer ce type de véhicules doit nous faire réfléchir, et signifie qu'il faut prendre en compte des éléments nouveaux. En effet, ces véhicules représentent l'une des voies permettant de sortir de la dépendance au pétrole, de réduire les nuisances urbaines, et dans certains pays, de baisser les émissions de CO₂.

Sur ce plan, la France a des atouts à faire valoir :

- un savoir technologique acquis sur une première génération de plus de 10 000 véhicules, avec PSA en acteur majeur ;
- un secteur recherche et développement performant : la plupart des brevets sur le lithium sont français ;

- un approvisionnement en électricité faiblement émetteur de CO₂ (en raison du choix de l'hydroélectricité et du nucléaire) ;
- de nombreux partenaires industriels de premier plan (pour les batteries, les pneus, les commandes électriques ou électroniques) ;
- des expériences déjà réalisées avec des villes pionnières et des réglementations déjà adaptées.

Je rappelle que nous organisons le prochain challenge Bibendum du 9 au 12 juin 2006 à Paris, qui se veut un observatoire des technologies disponibles dans le monde, et crédibles en termes de performances et de bilan écologique. Merci de votre attention.

- **M. Claude GATIGNOL**

Je donne la parole à François BADIN qui va nous parler de l'hybridation.

4. M. François BADIN, Directeur de recherches, INRETS

Merci Monsieur le Président. Je vais faire un tour d'horizon des véhicules hybrides et présenter les problèmes et les perspectives du secteur. Tout d'abord, je préciserai que les différents types de véhicules hybrides sont variés.

La solution la plus simple est l'alternateur-démarrateur, il s'agit d'une petite machine électrique qui n'est pas intégrée au moteur, mais seulement reliée à lui par une courroie. La batterie est alors peu modifiée et les perspectives de gains de consommation en milieu urbain restent modestes car la technologie utilisée est somme toute assez simple. Toyota produit depuis 2001 des véhicules de ce type en faible quantité. En France, depuis le début de l'année, Valeo et PSA en fabriquent également. Aux Etats-Unis, des projets fleurissent avec une machine non intégrée et une prise 110 V pour alimenter des auxiliaires.

En augmentant la complexité de la machine, il lui sera demandé d'effectuer du « boost ». C'est-à-dire, qu'une machine plus puissante (10 à 15 kW) est requise, afin de conférer de la souplesse et de l'accélération au véhicule et de réaliser une récupération d'énergie au freinage. Des gains importants sont réalisables sur des véhicules de 1200 à 1600 kg. La batterie a alors une taille plus importante et le fonctionnement du moteur thermique est

optimisé. Honda est le plus en avance en ce qui concerne cette technologie. Un moteur thermique est utilisé, ainsi qu'une machine électrique ayant la forme d'un disque très plat. L'implantation dans le moteur est donc discrète. Honda commercialise trois types de véhicules. Le moteur électrique est lié au moteur thermique, et il n'y a pas de mode tout électrique, quant à la récupération au freinage, elle est plus compliquée en raison des pertes du moteur thermique, liées aux frottements notamment (même s'il est possible de les limiter par la gestion des soupapes). Cette transmission ne permet donc pas de réaliser toutes les potentialités de l'hybride.

En continuant sur l'échelle de complexité, il est possible d'ajouter un mode électrique, c'est-à-dire la possibilité de déconnecter le moteur thermique et le moteur électrique, et donc de faire rouler le véhicule avec le moteur thermique arrêté. La décision est prise par le calculateur, selon les informations reçues concernant les désirs du conducteur à propos de l'état de charge de la batterie.

Il s'agit de machines électriques de plus grande taille sous des tensions plus élevées et des niveaux d'énergie encore modestes : 1 à 2 KW/h. Or, comme sont rajoutées des fonctions à l'hybride, des possibilités de réduction de la consommation d'énergie en mode urbain de l'ordre de 30 à 40 % sont obtenues. Le véhicule de ce type le plus connu est la Prius. Sa transmission est complexe, car elle associe des branchements en série et en parallèle, mais elle peut effectuer du stop start, du boost et de l'alternodémarrreur. Plus de 300 000 véhicules ont été vendus depuis décembre 1997. La chaîne de traction est aussi complexe, mais tient entre les fourches avant du compartiment moteur, et la batterie prend place dans le coffre arrière. Sur le cycle normalisé européen, tel qu'il est représenté sur le graphique, le diesel est mieux placé en termes d'émissions de CO₂. Il existe quelques modèles capables de produire de faibles émissions, autour de 90 g pour la Smart et la Lupo, mais ce sont des véhicules spécifiques – la Smart est une deux places – à usage urbain uniquement.

Les autres véhicules de ce type obtiennent des résultats de 110 g au minimum, voire 130 à 150 g pour des motorisations de 80 KW environ. Si nous considérons les véhicules hybrides mesurés en cycle normalisé, la Prius, qui a connu trois versions, est de mieux en mieux motorisée et consomme de moins en moins, l'optimisation technologique est donc réussie et permet la mise en place d'un cercle vertueux.

Il existe deux modèles Honda à essence, dont l'Insight, un peu particulier puisqu'il s'agit d'un deux places de 800 kg, avec une caisse en aluminium. Ce véhicule obtient des résultats en dessous de 90 g de CO₂ par kilomètre. Nous nous trouvons entre 20 et 30 % d'écart sur ce type de cycle, suivant que nous effectuons une comparaison avec une motorisation essence ou diesel.

Le moteur diesel produit en outre des émissions d'oxyde d'azote et de particules, ce qui n'est pas le cas du moteur à essence. Si nous regardons ce qui est réalisé en Europe, Renault, Peugeot et Volkswagen ont des projets d'hybrides reposant sur des moteurs diesel, avec une motorisation de 80 KW. Alors des niveaux de pollution inférieurs à la barre des 90 g de CO₂ sont atteints, soit mieux qu'une Prius, puisque l'on ajoute aux gains de l'hybridation, ceux réalisés par le passage d'un moteur essence au moteur diesel. Le problème est le prix. Des prototypes existent mais ils sont chers.

Considérons maintenant l'usage du véhicule, au travers des résultats d'une étude de l'ADEME synthétisés dans un diagramme représentant quatre cycles : le MVEG (ou cycle normalisé européen), le cycle typique urbain, le cycle routier et le cycle autoroutier, tous classés par vitesse moyenne croissante. Nous constatons que plus le cycle est dense – avec des perturbations dans la circulation, comme en milieu urbain – plus le potentiel de gains liés à l'hybride est important : 30 à 40 % pour le cycle typique urbain, 20 à 25 % pour le cycle normalisé, puis 15 %, et enfin, sur autoroute, les gains réalisables sont plus liés à l'aérodynamisme et au moteur thermique lui-même, voire aux roulements des pneumatiques. Donc, l'extrapolation des performances des hybrides doit tenir compte des usages des véhicules. Si l'utilisation du véhicule à moteur hybride comprend une forte proportion d'usage urbain, son potentiel n'est alors pas pleinement exploité.

Ensuite, il existe un certain nombre d'hybrides assez peu répandus, utilisant des fonctions supplémentaires. Aujourd'hui la Prius permet des économies de carburant et est équipée d'une boîte de vitesses automatique, rien d'autre n'indique qu'il s'agit d'un véhicule hybride.

En revanche, les hybrides fonctionnels exploitent d'autres fonctions au bénéfice du conducteur ou de la collectivité :

- le mode tout électrique avec autonomie : le conducteur contrôle le mode électrique (ce qui n'est pas possible dans le cas de la Prius), et peut le programmer sur une distance donnée, par exemple par le biais d'un GPS placé sur le bord de la route ;

- la possibilité de recharger sa batterie sur le réseau : les véhicules hybrides vendus à l'heure actuelle sont équipés d'une batterie qui se recharge elle-même, par le moteur thermique utilisé en mode flottant. Il est alors possible d'imaginer un hybride se déchargeant progressivement, un peu comme un véhicule électrique qu'il serait possible de recharger fréquemment sur le réseau ;

- de manière plus anecdotique, la motorisation répartie ou comment obtenir un véhicule 4x4 en l'équipant de différentes machines ;

- l'alimentation électrique de bord par une prise électrique de 220 V, permettant d'alimenter des auxiliaires.

L'autonomie électrique suppose l'utilisation d'une batterie assez grosse, afin de pouvoir la recharger sur le réseau et des machines électriques de 30 à 50 KW pour des batteries atteignant des niveaux d'énergie allant de 5 à 10 KW/h pour 20 à 40 km, sans émissions locales de polluants atmosphériques. Un véhicule hybride en série est fabriqué par Gruau en France, dans lequel la batterie se recharge pendant la journée. Il existe également un projet de SVE (Dassault et Heuliez) et un projet allemand et américain de véhicule urbain de livraison, avec une batterie qu'il est possible de recharger sur le réseau.

En ce qui concerne les 4x4, les gains en émissions par l'hybridation sont très importants, en raison des faibles performances de départ de ces véhicules en la matière, mais je ne pense pas que l'hybridation de ces véhicules soit une piste tellement intéressante.

En ce qui concerne les prix, j'observerai le rapport entre le surcoût de fabrication du véhicule et les gains en émissions de CO₂ espérés, en fondant mon analyse sur un article allemand publié par FEV. Les gains en émission sont très rapides au départ (on atteint vite moins 15 à 20 %), puis les nouvelles fonctions ajoutées renchérissent le prix des véhicules pour des gains mineurs en termes d'émissions de CO₂. Ainsi une hybridation reposant sur une batterie de 2 KW/h, une machine électrique d'une puissance de 50 KW et un calculateur entraînent un surcoût de 2 500 à 3 000 euros, qu'il faudra être en mesure de vendre au consommateur.

Pour conclure sur le dispositif des véhicules hybrides : ils permettent d'atteindre de faibles niveaux de consommation ; de faibles émissions de CO₂ en sont également attendues, ainsi que de faibles émissions de polluants (selon les critères d'émissions euro 4). Par ailleurs, ils conservent de bonnes performances en matière de dynamique et d'autonomie. Les problèmes sont que ces technologies sont complexes, que le gain dépend de l'usage du véhicule, et surtout, que le prix des véhicules (à cause de la batterie et de l'électronique de puissance essentiellement) n'est pas encore un élément maîtrisé. Enfin, il ne faut pas oublier la concurrence des véhicules classiques qui font eux aussi des progrès, tout comme les carburants. Ainsi le véhicule hybride se doit de progresser sans cesse pour garder une longueur d'avance.

- **M. Claude GATIGNOL**

Merci, Monsieur BADIN, pour votre excellent exposé sur la place que peut prendre le véhicule hybride dans le panorama des véhicules mis à disposition des consommateurs.

Monsieur CAZZOLA, nous allons maintenant vous écouter sur le thème des biocarburants, de la transition d'une agriculture tournée vers l'alimentation à une agriculture tournée vers les industries. Vous êtes analyste à l'Agence Internationale de l'énergie (AIE).

5. M. PierPaolo CAZZOLA, Analyste, Division des politiques de technologie de l'énergie, AIE

Je vous présenterai la vision de l'AIE concernant les biocarburants, à partir d'estimations mises à jour d'après le document intitulé Biofuels for transport et publié en 2004.

Tout d'abord, je vous présenterai l'AIE, créée en 1974 dans le cadre de l'OCDE. En 1993, la France y adhère. Depuis le début, les missions historiques de l'AIE regroupent les tentatives de faire partager par les Etats-membres de meilleures pratiques de politique énergétique, c'est-à-dire, intégrant des impératifs de sécurité d'approvisionnement, d'efficacité énergétique et de protection de l'environnement. L'un des dossiers majeurs actuellement est celui de la question des stocks stratégiques, mis en relief par l'ouragan Katrina il y a peu, ainsi que les actions en faveur de la promotion de la diversification énergétique. Nous menons d'autres activités, telles que l'analyse du marché pétrolier, avec la publication mensuelle du Oil market report, l'élaboration de plusieurs statistiques et indicateurs, l'analyse des perspectives avec la publication du World energy act outlook, cité par Monsieur OLIVA. Par ailleurs, une division de l'agence se charge de la veille technologique et permet une coordination entre les recherches nationales. Le Secrétariat effectue des expertises spécifiques, comme celle sur les biocombustibles. Nous menons aussi des études sur les effets des politiques énergétiques, par exemple sur l'éclairage. Enfin, nous éditons des revues périodiques sur les différentes politiques nationales en coopération continue avec les pays membres.

Je vais maintenant vous présenter la situation des biocombustibles dans le monde, en termes de coûts, bénéfices et filières de fabrication des biocarburants. J'aborderai également le potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre selon les différentes filières, la compétitivité selon les véhicules et quelques estimations des coûts de production. Je poursuivrai par des estimations des coûts des réductions d'émissions de gaz à effet de serre, et examinerai la demande de terres en fonction de la technologie de production utilisée, et les potentiels disponibles (la disponibilité à long terme est très débattue). Je citerai aussi des politiques courantes, tout en vous donnant la vision de l'agence pour le moyen terme.

Les biocarburants contribuent à hauteur de 1 % environ à la consommation mondiale. Il existe principalement deux types de biocarburants : l'éthanol (produit au Brésil, aux Etats-Unis et un peu en Europe) et le biodiesel (produit en Europe).

Les biocombustibles deviennent intéressants en raison de la hausse des prix du pétrole et des changements climatiques. Il faut d'ailleurs souligner que les coûts sont plus facilement quantifiables que les bénéfices, qu'ils soient liés à la sécurité énergétique, à la réduction des niveaux de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques, à la contribution au développement rural, ou aux effets sur la balance commerciale. Ceci étant, certains coûts sont également difficiles à évaluer, notamment les coûts liés à l'augmentation des NOx, aux effets sur les prix des produits concurrents et aux impacts environnementaux.

La transformation des huiles végétales en gazole et la transformation des cultures de betteraves, de cannes à sucre et de céréales en éthanol pouvant être mélangés avec de l'essence constituent les procédés des filières traditionnelles. Les nouvelles filières utilisent deux grandes méthodes : la thermochimique, plus développée en Europe, illustrée par exemple, par les systèmes de Total présentés ce matin, et enfin, le système biochimique en première position au Canada et aux Etats-Unis.

L'utilisation d'engrais et la production de gaz à effet de serre liés à l'azote soulèvent des incertitudes. Les estimations les plus positives concernent à ce sujet l'éthanol produit à base de canne à sucre. L'éthanol conçu à partir du maïs obtient des résultats moins satisfaisants, en revanche, l'éthanol constitué à partir de cellulose s'avère très intéressant.

Si l'on compare les coûts de production des biocarburants avec les prix de l'essence et du diesel, vous voyez que l'éthanol à base de canne à sucre devient compétitif quand le pétrole s'échange entre 30 et 60 dollars le baril, celui à base de maïs lorsque le pétrole coûte 60 dollars. Concernant les autres technologies et les nouvelles filières, une réduction sensible des coûts est attendue avec la fin de la phase démonstrative. Le taux de change actuel est de 1,2 dollar pour un euro et l'énergie est évaluée en dollars, donc l'Europe est défavorisée. Par ailleurs, il ne faut pas oublier tous les problèmes liés aux subventions agricoles.

Le principal message concernant la compétitivité des différents véhicules est que l'éthanol et le biodiesel peuvent être mélangés dès lors que l'éthanol est en teneur de 5 à 10 %. Il n'y a pas les mêmes restrictions pour le biodiesel.

Les biocombustibles ont des effets positifs en matière d'émissions de polluants, sauf en ce qui concerne les NOx. En ce qui concerne l'évaluation des coûts de la réduction des émissions de gaz à effets de serre, l'éthanol à

base de canne à sucre semble le meilleur choix, car il a un grand potentiel de réduction des niveaux de CO₂ et un coût bas. Dans le long terme, celui produit à partir de cellulose, que ce soit par la méthode biochimique ou thermochimique, serait aussi intéressant.

Un autre aspect qu'il faut aborder lorsque l'on se penche sur la production de biocombustibles est le problème de la demande de terres. Le besoin est de deux à trois fois supérieur pour produire du biodiesel que pour produire de l'éthanol. En ce qui concerne les nouvelles filières, il existe plusieurs estimations, mais quelles qu'elles soient, leur potentiel est intéressant car il est possible d'utiliser des déchets de la biomasse et les OGM aussi peuvent avoir un rôle, concernant notamment la culture de peupliers et de switchgrass, ou autres matériaux (les études ont surtout été menées aux Etats-Unis et au Canada) avec une forte croissance potentielle. Des études prenant en compte l'horizon 2050-2100 laissent place à de grandes incertitudes et une grande variabilité entre les différentes estimations. Beaucoup de facteurs rentrent en compte : le taux de croissance de la productivité agricole, la croissance de la population, etc. Une étude optimiste de Jonhson estime que la quantité d'éthanol qui peut être produite de façon économiquement viable, à partir de la canne à sucre, est de 6 hexajoules pour 2 kg. Cela satisferait les objectifs des différents programmes gouvernementaux mis en place. La loi américaine impose d'ores et déjà une production de 8 milliards de gallons d'éthanol pour 2012 et 1 milliard additionnel pour 2016 d'éthanol produit à partir de dérivés de la cellulose. L'objectif du Japon, devra quant à lui être atteint avec des biocarburants importés en raison de la pénurie de terres que connaît le Japon.

Nous pouvons déjà constater une émergence des biocarburants. Pour atteindre les objectifs fixés, il faudrait une croissance au moins égale à celle des dernières années et des investissements importants. L'objectif de faire progresser les biocarburants semble possible. Les coûts sont inférieurs en dehors de l'OCDE, notamment en Afrique, en Amérique latine et en Asie, où des pays ont un fort potentiel. Le meilleur biocarburant semble être l'éthanol à base de canne à sucre du Brésil. Enfin, il faut souligner la forte nécessité de développement d'un marché international des biocombustibles, afin de faire coïncider les intérêts des importateurs et des exportateurs. A moyen terme, le développement des nouvelles technologies est également intéressant, notamment l'éthanol à partir de cellulose et la biomasse.

- **M. Claude GATIGNOL**

Merci, Monsieur CAZZOLA, de nous avoir brossé ce paysage mondial de la production de biocarburants et indiqué la place qu'ils pourraient occuper, soit jusqu'à 10 % de remplacement des carburants fossiles.

Monsieur Thomas GUERET, vous êtes aussi de l'AIE et vous allez aborder le thème de l'usage des hydrocarbures avec une question : incitation ou obligation ?

6. M. Thomas GUERET, Analyste, Division environnement et efficacité énergétique, AIE

Merci Monsieur le Président, ma présentation s'organisera autour de la problématique de la demande de pétrole dans les transports, en s'inspirant du document Saving oil in a hurry dont je vous dirai deux mots, et qui ne couvre que partiellement ma problématique.

Il faut réduire la consommation des véhicules routiers par des actions de court, ou plus long terme, dans un contexte économique plus stable, avec une gestion plus claire de la demande de pétrole. La gestion à plus long terme est potentiellement très profitable (10 à 20 % en 10 ans, 30 à 40 % d'ici 2030 selon nos calculs), et repose sur trois axes :

- la réduction des distances parcourues ;
- les changements de modes, soit ce que nous appelons la maîtrise de la demande en mobilité, Alain MORCHEOINE l'a évoquée tout à l'heure ;
- l'amélioration de l'efficacité des véhicules dont nous avons beaucoup parlé aujourd'hui, ce ne sera pas l'objet principal de ma présentation même si ces questions sont suivies de près par l'AIE, mais je détaillerai un point spécifique : l'amélioration des composants.

Commençons par la gestion dans l'urgence, le livre Saving oil in a hurry a été fortement couvert par les médias au début de l'année, mais son titre mal traduit (ce livre n'existe toujours pas en français), par exemple dans Le Monde : « il est urgent d'économiser le pétrole ». Cette économie est urgente, certes, mais « économiser le pétrole dans l'urgence » eût été préférable, car ce livre fait en réalité le tour d'horizon des techniques disponibles pour agir dans ce sens.

Certaines mesures d'économie de pétrole se retrouvent dans la gestion à court et à long terme. Dans quels cas pouvons-nous être amenés à agir dans l'urgence ? Il peut, par exemple, se produire une rupture de l'approvisionnement en raison de facteurs géostratégiques, ou bien, les coûts peuvent menacer l'économie du pays, comme c'est le cas pour certains pays d'Asie du Sud-Est, presque au bord de la faillite. Il faut alors prendre des mesures drastiques, parfois pénibles, mais nécessaires compte tenu des enjeux. Le livre présente pour ce faire une panoplie de mesures ainsi que les coûts liés,

mais traite uniquement du transport routier, le secteur qui consomme le plus de pétrole, tirant la demande mondiale à la hausse. Une autre publication traite de l'électricité, je pourrais vous la montrer après la réunion si cela vous intéresse. Etre efficace dans l'urgence, c'est prendre des mesures réduisant la demande sans délais. Ces mesures requièrent une importante préparation en amont, pour une plus grande efficacité. Il faut également des moyens d'information du public. Ce sont des mesures plus prégnantes que celles évoquées jusqu'à présent, par exemple, des restrictions de circulation dans le cadre d'une action dans l'urgence. Les mesures sont ici classées selon leurs coûts de mise en œuvre et selon le pétrole qu'elles permettent d'économiser. Commençons par des mesures dont la mise en œuvre coûte moins de 1 dollar par baril : par exemple, le covoiturage, (il en existe différents niveaux de mise en œuvre, de la mise en place d'incitations à des pistes réservées exclusivement au covoiturage sur les autoroutes), le développement du télétravail, ou d'autres modifications concernant l'organisation de la vie sociale. Suivent des mesures à la mise en œuvre plus coûteuse : les limitations de vitesse (15 dollars par baril), les mesures liées aux transports en commun (réserver des pistes pour la circulation des autobus), la gratuité des transports publics, qui est une mesure très coûteuse, comme l'augmentation de la fréquence du service, ou par exemple payer un ordinateur à des personnes afin qu'elles exercent une activité en télétravail.

Pour conclure, sur cette question de l'urgence, il existe des mesures permettant d'obtenir des résultats quasi immédiats, d'autant plus qu'elles seront préparées en amont afin de pouvoir alerter les différents secteurs publics concernés. Si plusieurs pays de l'AIE prennent des mesures importantes en même temps, il est possible d'obtenir une baisse de 1 million de barils par jour ou plus. A titre de comparaison, les mesures prises par l'AIE dans le cadre de la gestion de crise de l'ouragan Katrina ont occasionné des économies de l'ordre de 2 millions de barils par jour, provoquant une détente sur le marché mondial saluée par les différents acteurs.

L'angle d'attaque de l'action en urgence permet de considérer les différentes mesures existantes, y compris les mesures impopulaires ou n'étant pas économiques stricto sensu. Abordons maintenant la gestion à plus long terme. Une possibilité est de réduire les distances parcourues. Sur mon graphique, figurent à droite les villes des pays développés et à gauche celles des pays en voie de développement. En mauve vous voyez la distance moyenne parcourue pour chaque déplacement et en bleu le nombre de trajets quotidiens par personne. C'est sur ces facteurs qu'il faudra jouer pour réduire les distances parcourues. Ce n'est plus une gestion de crise mais une question d'organisation de la vie sociale quotidienne. Dès lors, comment opérer cette réduction de déplacements sans tomber dans la répression, en organisant différemment l'action publique ? L'urbanisme et les formes urbaines ont un rôle à jouer pour réduire ces distances car elles ont un impact majeur sur la demande. Les effets s'en font sentir sur plusieurs décennies, d'où la complexité de ce type de mesures. Plusieurs facteurs rentrent en effet en ligne

de compte, par exemple : l'on peut chercher à éviter l'étalement urbain anarchique et favoriser plutôt l'étalement au long de voies de transports en commun, favoriser la densité urbaine, etc. Il faut aussi jouer sur les questions d'organisation relatives au télétravail, à la logistique, les plans de déplacements d'entreprises, les décisions des collectivités locales afin de réduire et rationaliser les distances parcourues. Par ailleurs, l'importance des comportements, des facteurs économiques (la différence entre les Etats-Unis et l'Europe en termes de mobilité est aussi liée aux différents niveaux de taxation du carburant et pas seulement à la densité des villes, je ne fais d'ailleurs pas de jugement de valeur à ce sujet) ne doit pas être négligée.

Il sera possible aussi d'agir sur les changements de mode, entre le non motorisé, les transports publics et les déplacements en véhicules particuliers. Il existe une grande variété de situations. Il faut alors favoriser les transports publics. Les systèmes de bus rapides rencontrent, par exemple, un franc succès à l'AIE. Ces systèmes sont expérimentés par de grandes villes d'Amérique du Sud, le débit de passager sur quatre voies réservées aux autobus équivaut à trois fois celui des six voies affectées aux voitures qui l'entourent. L'efficacité du trafic est importante. Les retombées de ce type d'infrastructures bénéficient aussi aux automobilistes. Le potentiel de cette mesure est important, mais les coûts paraissent élevés en première analyse. Pourtant s'ils sont rapportés à la logique de fonctionnement urbain ou comparés à d'autres services rendus par ailleurs (sociaux, environnementaux,...), cette mesure vaut alors la peine d'être appliquée.

A propos des modes non motorisés, en fonction de l'urbanisme et des équipements, il est possible de favoriser l'usage de la bicyclette et la marche à pied, par le partage de la voirie par exemple, et l'on fera absorber par des modes utilisant moins les surfaces publiques, ce qui est pris à la voiture. Le tableau présenté détaille les mesures douces et dures, à court et à long terme, (l'échelle est arbitraire) et permet de comprendre que certaines mesures peuvent être mises en œuvre rapidement, une fois un cadre légal établi ; en témoigne l'exemple de la mise en place d'une circulation alternée selon le numéro de plaque minéralogique en cas de pics de pollution atmosphérique. D'autres sont plus longues à mettre en place : les réalisations en termes de transports publics ou d'infrastructures souterraines ; certaines sont plus simples, car moins coûteuses ou moins compliquées politiquement, par exemple, le développement du télétravail ou du covoiturage.

Concernant l'efficacité énergétique des nouveaux véhicules, je dirai deux mots même si cela a été largement abordé : je rappelle que l'efficacité énergétique repose sur un ensemble de facteurs, ainsi, il est possible de réduire les émissions de CO₂ du véhicule sans réduire l'émission globale : si l'on prend l'exemple des biocarburants, certains nécessitent du pétrole en quantité – que ce soit pour les engrais utilisés, le transport ou l'utilisation du sol – avec un rendement final négatif ; d'autres biocarburants sont plus efficaces, nous

l'avons vu dans la présentation de PierPaolo, c'est également vrai de l'hydrogène, il faudra donc s'assurer des techniques développées.

J'effectue par ailleurs une distinction entre la meilleure efficacité testée (c'est-à-dire prise en compte par des tests de consommation normalisée) et l'amélioration de l'efficacité sur la route, soit l'utilisation réelle. En tests normalisés, des technologies sont déjà disponibles. Selon nos estimations, 25 % seraient possibles d'ici 2020 pour les voitures neuves, avec des coûts maîtrisés. Quant à l'amélioration de l'efficacité sur route il faut faire intervenir une « approche composants ». Il est possible d'améliorer des composants qui ne sont pas pris en compte par les tests normalisés. Nous pouvons évoquer aussi la conduite, qui n'est pas mesurée par ces tests. Des appareils aident le conducteur à optimiser sa conduite. Les potentiels sont très élevés, soit 5 % d'amélioration des consommations globales des véhicules en ce qui concerne les pneus (jusqu'à 10 % dans les pays en voie de développement) idem pour la climatisation, 2 % pour l'éclairage (en passant aux diodes électroluminescentes, au xénon, etc.). Citons également la possibilité d'huiles moins visqueuses, les procédés start and stop, etc., dont le potentiel n'est pas entièrement pris en compte par les tests normalisés. Dans ce domaine, à l'AIE, nous organisons les 15 et 16 novembre, un premier séminaire sur cette approche composants. Nous parlerons essentiellement de pneus et nous balayerons d'autres techniques, un intervenant de l'Ecole des mines effectuera un exposé sur l'air conditionné. C'est un exemple typique de nos actions : faire se rencontrer industriels, chercheurs, experts du monde entier et « régulateurs », c'est-à-dire des délégués des pays membres qui viennent enrichir leurs connaissances sur un sujet, en faisant un tour d'horizon des techniques et politiques disponibles pour favoriser ensuite une émulation.

Quel est le véhicule propre, le véhicule de l'avenir ? Si le véhicule est pris dans un embouteillage, il ne sera pas efficace, c'est pour cela qu'il faut une conception globale de la propreté du véhicule incluant le fonctionnement de l'ensemble des transports urbains.

7. Débat avec la salle

- **M. Claude GATIGNOL**

Merci, Monsieur GUERET, de cet exposé nous rappelant les conclusions de l'AIE dans une situation d'urgence où l'efficacité et l'application sont nécessaires. Nous arrivons à la fin des interventions, y a-t-il des questions pour nos intervenants ?

- **M. Pierre BEUZIT**

Plutôt une remarque : l'efficacité de la Toyota Prius n'est due qu'à moitié à la motorisation hybride, le reste vient d'autres éléments comme son poids, ses pneus, son aérodynamique, etc. Mais ce chemin peut être – et est déjà – suivi sur n'importe quel autre véhicule.

- **M. Claude GATIGNOL**

Vous nous dites que l'hybridation a conduit à apporter d'autres innovations permettant des économies sur le fonctionnement du véhicule ?

- **M. Pierre BEUZIT**

Pas du tout. Je dis que Toyota caricaturait son message en voulant forcer le trait, afin de vendre son véhicule. La voiture est en fait optimisée pour le cycle MVEG, non pas pour une utilisation normale. Des utilisateurs se sont d'ailleurs plaints car en utilisation normale, la voiture consomme sensiblement plus que ce que la communication de Toyota laissait penser.

- **M. Claude GATIGNOL**

Monsieur PINCHON ?

- **M. Philippe PINCHON**

Je voudrais faire un commentaire à propos de la dernière planche présentée par François BADIN opposant le véhicule hybride et les biocarburants, le gaz naturel comprimé, le GPL, etc. A mon sens, ces différents avantages procurés par la motorisation et les carburants sont parfaitement compatibles.

- **M. François BADIN**

Certes, mais du point de vue du coût et du volume – si l'on veut adapter du gaz naturel – il n'est pas possible de tout mettre sur un même véhicule. Les avancées réalisées sur le moteur thermique peuvent bénéficier aux véhicules hybrides, en revanche, adapter le gaz naturel sur un hybride est en projet, mais il faudrait pour ce faire, loger une batterie et un système de stockage sur le véhicule, ce qui ne simplifie pas le problème.

- **M. Philippe PINCHON**

Selon les dernières études, c'est pourtant la solution dans des délais assez courts afin d'obtenir de meilleurs résultats en termes d'émissions de CO₂.

- **Un intervenant de la salle**

S'agissant des petites piles à combustible de 3 à 10 KW, leurs potentialités ne s'appliquent pas seulement aux transports. Ces piles seront de toute façon produites, sans que cela soit lié aux transports. En Chine, au Japon et aux Etats-Unis, le procédé CHP, pour Combined heat and power, est destiné à l'alimentation industrielle sans interruptions, par exemple.

- **M. Claude GATIGNOL**

Merci de cette précision sur la pile à combustible.

- **M. Joël PEDESSAC**

Je voudrais rebondir sur ce qu'a dit M. PINCHON. Ils ont en effet participé à un programme que nous avons financé. Sur la Prius, l'association du GPL avec la technologie hybride a permis d'abaisser les niveaux de 104 g d'émissions du kilomètre à 92, grâce à un investissement de 20 000 euros. Nous avons remplacé de l'essence par du GPL, et ce véhicule fait en ce moment même le tour d'Europe pour être présenté aux médias. Il lui faut à peine un plein pour effectuer la distance de Paris à Lyon. Il n'y a en tout état de cause pas de solution unique.

- **M. Jean-Claude GAZEAU**

Les exposés nous ont expliqué les technologies permettant de réduire les émissions de CO₂. Il sera possible de diminuer de 30 à 40 % les rejets d'ici vingt ans, or, le transport automobile représente 30 % environ du total. Cela fait donc une diminution de 10 à 15 % des émissions de gaz à effet de serre, alors que certains gouvernements se sont engagés sur une division par quatre, soit 75 %. Par ailleurs, il en découlera des impacts sur d'autres secteurs, pour produire de l'électricité et de la biomasse, qui ne seront pas neutres en termes d'émissions. Il n'y a pas que l'automobile qui doit faire des efforts. Quelles sont les pistes en dehors du secteur automobile ?

- **M. Claude GATIGNOL**

Il faut quelquefois se méfier des effets d'annonce.

- **M. Thomas GUERET**

Le World energy outlook anticipe dans son scénario de référence, une augmentation de 150 % du volume des déplacements par voiture particulière, d'ici 2030. Il y a une telle marge de progression pour atteindre ce chiffre, tellement d'infrastructures et d'investissements à réaliser, que si nous nous posons dès maintenant toutes les questions pour organiser les activités, la vie urbaine, les modes de déplacement non motorisé et les transports en commun, il existe des possibilités de gains très importantes, pas suffisantes pour diminuer le chiffre par quatre, mais cela reste un potentiel important. Par ailleurs, les améliorations technologiques apporteront des réponses.

- **M. Pierre BEUZIT**

Pour vous répondre, le facteur quatre que vous mentionnez est pour 2050. En 2050, la voiture fonctionnera avec une pile à combustible dont l'hydrogène sera produit par thermochimie - l'énergie thermique venant du solaire et du nucléaire - le tout pour une émission zéro de CO₂.

- **M. Claude GATIGNOL**

Monsieur GAZEAU ?

- **M. Jean-Claude GAZEAU**

L'objectif de division par quatre inclut les véhicules particuliers plus le transport de marchandises et le transport aérien.

- **M. Claude GATIGNOL**

Il est vrai que nous n'avons pas évoqué ces modes de transport, en particulier l'aérien. Or, certaines équivalences entre la production de kilomètres en voiture par passager, et de kilomètres aériens, ne seront pas rappelées ici, tant la comparaison serait désagréable !

- **Un auditeur**

Je voudrais effectuer une clarification quant à la capacité de substitution des biocarburants. La présentation de l'AIE, évoquait une valeur, que vous avez relevée également, de 10 %, elle a été évaluée en considérant uniquement les biocarburants actuels, dits de première génération. Pour aller au-delà de ces 10 %, il faut passer à d'autres procédés technologiques et à l'utilisation d'une ressource biomasse différente. 10 % n'est pas un potentiel maximal.

- **M. Claude GATIGNOL**

Nous avons bien noté qu'il s'agissait de ce que nous avons coutume d'appeler des biocarburants, soit les alcools, et les huiles végétales. Vous avez raison de souligner que ce que l'on appelle le BTL représente pour l'avenir une grande possibilité d'alternatives aux produits fossiles.

- **M. PierPaolo CAZZOLA**

Il s'agit de 10 % dans le cadre des objectifs actuels pour 2010, en ce qui concerne l'éthanol à base de cellulose. Nous pouvons arriver à d'autres objectifs.

- **Conclusion de M. Claude GATIGNOL**

Je voudrais en quelques mots dire que cette journée studieuse et suivie représente un des moyens pour le Parlement de recueillir auprès de personnes compétentes – professionnels, chercheurs, chargés de missions – tous les éléments sur un sujet particulier, aujourd'hui la voiture de demain, sujet économique et technique, qui cadre bien avec les missions de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques. Sur d'autres sujets, comme l'énergie, j'ai lu certaines déclarations jugeant inexistante l'information des parlementaires. Les parlementaires sont capables de s'informer de diverses façons, comme aujourd'hui. Au nom de Christian CABAL et moi-même, je vous remercie, vous qui avez partagé vos connaissances avec clarté et enthousiasme, sans refuser le débat. 150 % d'usage de la voiture en plus sont attendus, c'est qu'elle représente une réponse extraordinaire à la question de la mobilité individuelle. Un rapport récent du CNRS nous avait confortés dans l'idée que quelles que soient les propositions de changement effectuées, l'usage actuel ne varierait qu'à la marge.

La voiture a une place importante dans la totalité des émissions de gaz à effet de serre. La régulation de l'espace urbain pose un certain problème, en raison de la vitesse de circulation propice aux ralentissements. Il faut donc favoriser la fluidité en milieu urbain pour réduire la pollution. Une approche diversifiée sur le plan technologique est nécessaire dans le but d'obtenir des évolutions. Les changements souhaités par le consommateur ne sont pas toujours compatibles avec les écobilans. Il faut donc trouver un équilibre. La Commission européenne nous a rappelé que les normes européennes s'étaient imposées aux constructeurs, même si nous n'en sommes qu'à l'étape euro 4. Il y en a sûrement d'autres à franchir, mais avec sagesse, le représentant de la Commission européenne nous a déclaré qu'il ne faut pas aller à l'opposé de ce que peut nous fournir la technologie.

Les émissions dangereuses pour la santé ou le climat appellent une recherche d'efficacité énergétique. C'est une préoccupation présente à l'esprit de tous, il faut baisser la consommation globale. Par ailleurs, l'usage de dispositifs antipollution avant, pendant et après la combustion reste intéressant, tout comme l'usage de carburants plus élaborés – essence ou gazole -. Nous avons bien vu que parfois, il y a un hiatus entre ce que prévoient ces dispositifs et la consommation réelle.

Il faut tenir compte de la grande inertie entravant le renouvellement du parc automobile. Deux millions de voitures neuves par an sont vendues en France, cela n'est pas assez rapide. J'ai apprécié le terme de M./ DOUAUD d'« éco CO₂ compatibilité » en raison de l'usage du mot CO₂ dans l'expression. Les chiffres des émissions sont éloquentes, il faut les avoir à l'esprit. Les incitations à l'usage de dispositifs propres sont naturelles pour l'utilisateur français. Quant au choix de la motorisation, en France et en Europe, le diesel a une longueur d'avance. D'autres évolutions et possibilités d'évolution existent, dans tous les domaines. Il faut donc rester curieux des développements futurs. Les voitures hybrides peuvent être abordées de différentes façons et les voitures électriques sont toujours plus développées : j'ai eu la chance de conduire un véhicule de 800 CV, huit moteurs, huit roues, qui atteint les 320 km/h, et accomplit l'accélération de 0 à 100 km/h en 4,2 secondes. C'est intéressant, s'agissant d'un véhicule électrique, mais ce n'est qu'un prototype et non pas un modèle commercial !

M. BEUZIT a décrit dans sa synthèse le rêve de tout conducteur d'avoir un jour une voiture à émission zéro. L'hydrogène permettrait de relever ce défi, mais en attendant, il faudra aller vers le respect de certaines normes. Aujourd'hui, 140 g par kilomètre parcouru paraît une bonne norme.

Il existe une forte attente pour des apports multiples venant de la recherche en termes de matériaux, de systèmes divers, d'électronique, de progrès mécaniques et chimiques. J'ajouterai que « la chasse au gaspi » doit nous préoccuper constamment. J'espère que les pouvoirs publics apporteront par leurs décisions raisonnables, un accompagnement juste à la place de la voiture dans la société de demain, et je vous remercie encore pour votre participation.

La séance est levée à 19h00.