

Qualité de vie et mobilité

Daniel Bursaux est Directeur général des infrastructures des transports et de la mer au ministère de l'Écologie, du développement durable et de l'énergie.

La chimie est au cœur des enjeux techniques et économiques des transports

– **enjeux d'innovation et de compétitivité** pour les matériaux, les équipements, les moteurs... ;

– **enjeux environnementaux**, en ce qui concerne la réduction des effets non souhaités des transports, en termes par exemple d'émissions de gaz à effet de serre, de bruit ou de pollution atmosphérique... ;

– **enjeux de développement durable**, avec la recherche de sources d'énergies nouvelles pour une consommation énergétique plus sobre et mieux maîtrisée, et de techniques innovantes de construction d'infrastructures de transport qui soient toujours plus économes des ressources naturelles.

Mon propos sera tourné vers la prise en compte de ces aspects dans les politiques publiques de transport que le gouvernement souhaite mettre en œuvre. Plus particulièrement :

– comment les améliorations du génie chimique contribuent-elles à nous faire retrouver une qualité de vie parfois détériorée

par les nuisances liées au transport ?

– comment les progrès de la science chimique rendent-ils nos systèmes de transport plus performants ?

– et enfin, quelle place occupe la chimie dans nos grands programmes publics de recherche et d'innovation consacrés aux transports et à la mobilité ?

1 La politique générale des transports

Mais avant d'aborder ces trois points plus en détail, je voudrais poser quelques perspectives qui mettent en relief notre **politique générale des transports**. En effet, « *la mobilité des biens et des personnes a vu de profonds changements et notre siècle pourrait connaître un accroissement considérable des déplacements, pour toutes les catégories de population* ».

Le besoin de se déplacer et de transporter des produits est indissociable du fonctionnement des économies, et plus généralement de la

société humaine. Il est devenu au fil du temps incontournable. Le secteur des transports représente lui-même un poids économique considérable dans l'activité économique française : la seule branche « transport » représente plus de 1,2 millions d'emplois directs ; la dépense totale de transport représente quant à elle quelque 350 milliards d'euros, soit 18 % du PIB.

Or, offre et demande de transport s'influencent mutuellement : la mobilité interagit avec l'aménagement du territoire et l'occupation des sols, les activités économiques et les modes de vie. Les choix en matière de transport sont donc indissociables des politiques économiques et industrielles ainsi que d'aménagement du territoire et d'urbanisme.

Les économistes disent que le transport est un « bien in-

termédiaire », c'est-à-dire en principe non recherché pour lui-même. C'est néanmoins un service essentiel qui permet de répondre aux besoins fondamentaux de nos entreprises et de nos concitoyens (acheminement de matières premières ou de produits finis agricoles et industriels, trajets domicile-travail, accès aux services publics...). Les transports permettent aussi de contribuer au développement de la vie personnelle et sociale (culture, tourisme, ouverture sur les autres...). Les services de transport sont donc créateurs de valeurs (**Figure 1**).

Ainsi le bon fonctionnement des systèmes de transport est-il un facteur essentiel, non seulement à la compétitivité de l'économie, mais aussi à la solidarité entre les personnes et entre les territoires. Le principal enjeu pour l'État dans ce domaine est donc de conduire une politique permettant de concilier ces enjeux et les attentes sociales des Français, qu'ils soient clients quotidiens ou occasionnels, riverains, mais aussi employés des entreprises de ce secteur.

Mais les transports génèrent aussi des nuisances, comme le bruit, la pollution, la consommation des espaces et des ressources non renouvelables. En 2011, notre appétit pour la mobilité se traduisait par 27 % de nos émissions nationales de gaz à effet de serre, 36 % de nos émissions de CO₂ et 32 % de notre consommation énergétique finale¹.

Figure 1

Le transport est indissociable du fonctionnement de la société humaine, et contribue au développement de la vie personnelle et sociale.



1. Corrigée du climat, hors consommation du secteur de l'énergie.



Selon un sondage de l'INSEE effectué en 2010, parmi les « problèmes » qui concernent le plus nos concitoyens dans leur vie quotidienne, sont cités en priorité : le manque de transports en commun (20 %), l'excès de bruit (19 %) et la mauvaise qualité de l'air (13 %), bien devant la dégradation générale de l'environnement et les risques naturels ou industriels (7 % à 3 %). J'y reviendrai.

La **croissance continue des déplacements** : effectivement la croissance économique mondiale depuis la Seconde Guerre mondiale a été dynamisée par le développement des échanges de marchandises (**Figure 2**), de l'ordre de 6 % par an en moyenne depuis 1950. Ces échanges ont été eux-mêmes rendus possibles par le faible coût unitaire relatif du fret : à l'international celui-ci est en effet passé, en pourcentage de la valeur de la marchandise, de 12 % en 1950 à 5 % aujourd'hui. Et les prévisionnistes anticipent une poursuite de la croissance des échanges, même si ce sera certainement à un rythme plus modeste.

S'agissant des transports de personnes, leur évolution illustre bien l'effet « système »

qui pèse sur les politiques de transport et d'urbanisme. C'est ainsi que la distance moyenne des déplacements domicile-travail s'est allongée de 20 % en quinze ans, entre 1994 et 2008, en relation avec l'étalement urbain. En revanche le temps de trajet évolue peu : mais si les Franciliens consacrent en moyenne 1 heure 20 par jour à leurs déplacements, la structure de ce territoire est telle qu'ils mettent en moyenne plus d'une demi-heure pour aller travailler, contre 17 minutes en province (données 2010).

Et pourtant², les évolutions constatées au cours de la dernière décennie dans les comportements de mobilité des personnes marquent une rupture avec les tendances passées. Nous constatons un ralentissement de la croissance de la mobilité individuelle depuis 2004-2005. Et, grâce à une politique volontariste de tous les acteurs, le recul de la voiture est aujourd'hui effectif dans

Figure 2

Le besoin de transporter des produits (matières premières, marchandises) a considérablement augmenté depuis un demi-siècle.

2. *Le point sur la mobilité urbaine en France*, Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, 2012.



Figure 3

La fréquentation des transports collectifs a explosé devant les transports individuels.

certaines grandes agglomérations, où sa part modale est passée sous la barre symbolique des 50 %³, alors qu'elle est de 66 % dans les villes « moyennes ». La fréquentation des transports collectifs a, quant à elle, littéralement explosé, puisqu'elle a crû de 30 % entre 2000 et 2010 dans les agglomérations de plus de 250 000 habitants (**Figure 3**).

Mais, à l'avenir, un facteur clé sera indubitablement le coût et la disponibilité de l'énergie. Nous voyons déjà progresser la « dépendance énergétique » par rapport aux nécessités fondamentales que sont le chauffage et le transport. Cela est vrai notamment chez les familles habitant des espaces peu denses (en périurbain, ou en rural) et cela se vérifie à chaque poussée du prix du pétrole ou du gaz.

C'est un enjeu tellement essentiel que le Livre blanc sur les transports de la Commission européenne de

mars 2011⁴ pose le défi de « rompre la dépendance du système de transport à l'égard du pétrole, sans sacrifier son efficacité ni compromettre la mobilité ». À l'horizon 2050, il affiche l'objectif d'une réduction de 60 % des émissions de gaz à effet de serre pour le secteur des transports, par rapport à leur niveau de 1990. En France, la feuille de route pour la transition écologique, issue de la Conférence environnementale de septembre 2012, rappelle l'urgence de l'efficacité énergétique.

Avant de parler plus précisément de chimie, je souhaite vous donner un rapide éclairage sur les **grandes orientations** du ministère.

Après une période de lancement de grands travaux (quatre LGV⁵ en construction), le gouvernement entend maintenant donner la priorité aux transports du quotidien, à la réduction de la fracture territoriale, à la rénovation des réseaux existants et au soutien à la compétitivité économique du pays. C'est dans cet esprit que le ministre a installé en octobre 2012 une commission nommée « Mobilité 21 », composée de parlementaires et d'experts reconnus, afin d'établir un diagnostic global sur la pertinence et la faisabilité des nombreux projets prévus au Schéma national des infrastructures de transport. Cette commission a pour tâche de

4. Feuille de route pour un espace européen unique des transports – Vers un système de transport compétitif et économe en ressources, Commission européenne, mars 2011.

5. Ligne à Grande Vitesse.

3. Lyon, Grenoble, Strasbourg.

dégager des recommandations portant sur les principes d'un Schéma national de mobilité durable, reposant à la fois sur les infrastructures et les services nationaux de transport de voyageurs et de marchandises. Ses recommandations sont attendues pour le mois de juin de 2013.

En Ile-de-France, le Premier ministre a donné, le 6 mars 2013, un nouvel élan à la modernisation du réseau de transports. Avec le « Nouveau Grand Paris », plan qui regroupe le Grand Paris Express (montant de 26 Mds€ à l'horizon 2038) et le plan de mobilisation pour les transports de la Région (7 Mds€ à l'horizon 2017), le Gouvernement a décidé de s'engager avec le Conseil régional pour mettre fin à la saturation du réseau et le moderniser, désenclaver les territoires et stimuler l'économie régionale.

Hors Ile-de-France, l'État participe également au développement des réseaux de transport collectif. Le gouvernement va prochainement annoncer le lancement d'un nouvel appel à projets : 450 M€ seront ainsi destinés à promouvoir de nouveaux réseaux de BHNS, tramways, métro ou navette fluviales. Entre 2008 et 2016, ce sont ainsi entre 1 000 et 1 200 km de tramway et de Bus à haut niveau de service qui auront été créés grâce au soutien de l'État. Autant d'infrastructures favorisant le report modal. Et l'État va engager, dès cette année 2013, le renouvellement du matériel « Intercités » à bout de souffle.

Après avoir parlé des transports en général, j'en viens

maintenant plus directement à notre sujet, le rôle de la chimie dans ceux-ci.

2 Le rôle de la chimie dans les transports

Comment le génie chimique (ou plus largement la physico-chimie) permet de réduire certains effets non souhaités des transports sur notre environnement et notre cadre de vie ?

En commençant par le **bruit** : les 2/3 des Français se disent gênés par le bruit à leur domicile⁶ et, pour un peu plus de la moitié (54 %) de la population, ce sont les transports qui représentent la principale source de nuisances sonores.

La chimie est appelée pour réduire autant que possible les émissions sonores à la source :

- en agissant au niveau du **contact entre le véhicule et le sol**, singulièrement le contact pneumatique - chaussée (voir les **Chapitres de D. Aimon** et de **H. Van Damme**). Il s'agit de travailler à la fois sur l'élastomère et sur l'enrobé bitumineux. C'est un compromis qui doit être trouvé entre la sécurité routière - qui exige une bonne adhérence à la route, avec une capacité de freinage sur courte distance - et la réduction du bruit - qui nécessite de réduire les frottements ;

- en agissant sur le **véhicule** lui-même, certes au niveau de sa forme et de son moteur, mais aussi au niveau des systèmes de freinage, en particulier pour les matériels

6. Sondage TNS SOFRES, mai 2010.

ferroviaires (voir le **Chapitre de D. Cadet**). La chimie a permis de développer des semelles de freins en composite qui réduisent les émissions sonores tout en étant aussi efficaces. Le coût n'est toutefois pas le même, mais l'obligation législative a été faite aux entreprises ferroviaires de contribuer « à la réduction du bruit dans l'environnement en adaptant notamment les dispositifs... de freinage de leurs matériels roulants »⁷.

La **qualité de l'air** est une préoccupation majeure. On estime que plusieurs millions de Français vivent dans des zones où les valeurs limites annuelles relatives aux particules fines (les « PM¹⁰ ») ne sont pas respectées. Mais quelle est la part des transports ? Un peu moins de 20 % des particules fines lui sont imputables, cette proportion étant plus élevée dans les grandes agglomérations et, naturellement, dans le proche voisinage des grandes infrastructures routières ; le transport émet près de 60 % des oxydes d'azote, dont la formation dépend beaucoup des conditions de combustion dans les moteurs. Le transport est également responsable d'une partie des oxydes de soufre, formés à partir du soufre contenu dans les carburants, et notamment dans les hydrocarbures lourds brûlés par les navires de mer.

Les émissions de particules des transports sont dues à la fois à l'échappement des

véhicules et à l'usure des routes, des caténaires, des pneus et des freins. Les émissions liées à l'abrasion représentent entre la moitié et le tiers des PM. Un problème spécifique se pose dans les enceintes confinées, comme les stations et couloirs du métro ou du RER, caractérisées par des concentrations importantes en particules fines et en éléments métalliques issus du frottement des éléments mobiles en contact.

La chimie est ainsi mobilisée à plusieurs titres. Non seulement pour réduire les émissions de particules et de métaux dues à l'**abrasion**, mais aussi pour **améliorer la combustion** dans les moteurs et permettre aux constructeurs automobiles de mettre sur le marché des véhicules qui respectent les différentes normes d'émission fixées au niveau européen, appelées « normes Euro » (**Chapitre de S. Candel**). Une législation européenne récente (directive « Eurovignette » révisée) demande aux États membres de mettre en place une modulation des redevances routières pour favoriser les véhicules respectant les normes Euro les plus élevées ; à cet égard, pour l'écotaxe sur les poids lourds, qui sera effective en octobre 2013, il est prévu une modulation d'amplitude significative de plusieurs dizaines de pourcents entre les classes Euro extrêmes.

La chimie est également mobilisée pour opérer le « **rétrofit** » des véhicules existants, c'est-à-dire notamment les équiper de pots catalytiques ou d'autres dispositifs de piégeage ou de transformation

7. Loi n°2010-788 portant engagement national pour l'environnement, dite « Grenelle 2 ».

8. *Particulate Matters*.

des éléments indésirables (**Chapitre de J.-P. Brunelle**). C'est ainsi que sur certains navires de mer, pourront être installés des *scrubbers* (ce sont des tours de lavage pour l'épuration des fumées sortant des cheminées des navires) pour répondre aux exigences de l'Organisation maritime internationale (OMI) et d'une directive européenne⁹.

Toutefois le « rétrofit » ou l'amélioration de la thermodynamique du groupe motopropulseur ne sont pas toujours suffisants. Il convient alors d'opérer des changements radicaux avec des carburants de substitution (**Chapitre de S. Jullian**).

Pour finir sur ce sujet de la qualité de l'air, je souhaite rappeler que le 6 février 2012, le ministre de l'Écologie, du développement durable et de l'énergie a présenté les 38 mesures d'un Plan d'urgence pour la qualité de l'air (PUQA).

Les transports ont également des incidences sur la **qualité des eaux**, tant en mer qu'à terre. La chimie nous permet de mieux connaître les conditions dans lesquelles se forment ces impacts et, partant, elle nous donne les moyens de les réduire voire de les éliminer.

À terre, je mentionnerais essentiellement les **eaux de ruissellement** des plateformes autoroutières, qui contiennent des métaux lourds relâchés par la circulation routière (pneumatiques, freins) et l'entretien des voies.

S'agissant des sujets maritimes pour lesquels j'ai retenu trois thèmes, je commencerais par les **sédiments de dragage**. Le volume de sédiments dragués dans les ports français est de plus de 50 millions de mètres cubes annuellement, dont la majeure partie est immergée (95 %). Cette immersion est soumise à une procédure administrative, notamment en fonction de la teneur en métaux lourds, en hydrocarbures et en divers composés organiques, selon des seuils fixés par arrêtés pris au niveau national¹⁰. Les sédiments non immergés font l'objet d'une gestion à terre en vue d'un stockage ou d'un traitement. Ils peuvent être réutilisés dans la construction, pour l'agriculture, pour des aménagements paysagers, ou être laissés sur place après traitement physique, chimique ou biologique le cas échéant.

La chimie est largement sollicitée pour la **lutte contre les pollutions marines** qui, hélas, affectent encore parfois nos côtes. Nous avons en tête la pollution aux hydrocarbures causée par le naufrage de l'Erika en 1999. Les services POLMAR mettent en œuvre des matériels et des produits souvent très sophistiqués, comme les absorbants. On cherche le meilleur compromis entre leur prix de revient au litre de pétrole piégé et leur capacité d'absorption (en poids et en volume), ainsi que leur compatibilité avec les autres produits qui pourraient être mis en œuvre, la facilité à les récupérer et à les éliminer après usage.

9. Directive 1999/32/CE.

10. Arrêté du 9 août 2006 et arrêté du 8 février 2013.

Le troisième sujet concerne les **eaux de ballast**, ou de lestage. Ces masses d'eau, embarquées généralement dans les doubles fonds des navires, contribuent, avec la cargaison, à équilibrer le navire. Lors des opérations commerciales de chargement et de déchargement des navires, l'eau des ballasts peut être rejetée, partiellement ou non. Des espèces aquatiques envahissantes, des virus et des bactéries, peuvent être chargés à bord dans les eaux de ballast, y survivre, puis, une fois rejetées dans le milieu à un autre bout du monde, s'y installer et proliférer. Une convention de l'OMI prévoit qu'en 2016, tous les systèmes de gestion des eaux de ballast des navires devront satisfaire à des normes sanitaires *ad hoc*. Les progrès de la physique-chimie ont permis de concevoir un grand nombre de systèmes de traitement par substances actives, par rayonnement ou par filtration, approuvés par l'OMI et disponibles sur le marché.

Je voudrais maintenant donner quelques exemples montrant que les progrès de la science chimique, pour peu que les innovations soient financièrement soutenables, rendent nos systèmes de transport plus performants.

Le premier axe concerne les **matériaux et les produits**. L'accident du Titanic en 2012, au large de Terre-Neuve, a mis en évidence la nécessité d'améliorer la résistance des aciers aux chocs sous basses températures. Que de progrès ont été accomplis depuis lors, non seulement en ce qui concerne cette « résilience »

de l'acier, mais aussi pour permettre les soudures en grande épaisseur ou réduire la corrosion de l'acier. On a su également ralentir le vieillissement du béton, mettre au point des procédés à teneur en eau réduite tout en assurant des résistances mécaniques et une durabilité satisfaisantes. Tout cela concourt à augmenter la durée de vie des infrastructures de transport. Que de progrès également pour introduire les matériaux traditionnels dans le cycle vertueux du recyclage ! Réutilisation des produits de démolition, du fraisage des chaussées, des sédiments de dragage, des profilés métalliques, des déchets de pneus, etc.

De nouvelles **propriétés désirables** ont vu le jour. On a abondamment parlé du poids, en évoquant l'allègement des véhicules (**Chapitre de B. Dubost**), l'aptitude au formage, au collage. Il y a aussi la volonté de réduction de l'empreinte carbone, qui a conduit au développement de nouveaux ciments et de bétons dits « verts », ou fibrés, à la recherche de molécules qui rendent le bitume soit plus dur, soit plus souple, soit plus durable, à la recherche des meilleurs sels de déneigement, ou « fondants routiers »..., voire à des innovations plus radicales comme les liants à base d'algues... Et l'impérieuse nécessité de mieux entretenir notre patrimoine a conduit à l'utilisation de matériaux composites pour renforcer les infrastructures existantes.

La chimie contribue également à l'invention de **produits**

de substitution aux produits dangereux utilisés durant des années dans la construction des infrastructures et matériels de transport. Je pense à l'amiante, à la créosote qui protège le bois des traverses de chemin de fer, à l'arsenic, substance active biocide. Il a fallu trouver des solutions de substitution. De nouveaux produits voient le jour pour réduire les fumées de bitume sur les chantiers routiers, en jouant sur la composition chimique des produits et sur la température de mise en œuvre ; pour trouver de nouvelles peintures à appliquer sur les coques des navires (peintures *anti-fouling*) ; pour lutter contre la prolifération d'organismes nuisibles qui pourraient se développer dans les conteneurs et les cales de navires, etc.

Le deuxième axe concerne les **carburants et la motorisation**. Comme on l'a vu, il s'agit de trouver sans cesse le meilleur compromis entre le poids et l'autonomie du véhicule, entre la sobriété énergétique et la sécurité, entre les énergies fossiles et les énergies renouvelables. Là aussi, que de progrès dans l'allongement de la durée de vie des véhicules et des moteurs, dans l'espacement des révisions périodiques ! Et ce n'est pas fini : il ne se passe pas de semaine au cours de laquelle on n'aborde, dans les grands médias nationaux, la question du véhicule électrique, des batteries et des infrastructures de recharge (**Chapitres de H. Trintignac et de D. Larcher et F. Darchis**). Le Premier ministre, en clôture de la conférence environne-

mentale de septembre 2012, a fixé l'objectif de développer d'ici une dizaine d'années des véhicules consommant 2 litres aux 100 km. On met au point en ce moment à Bruxelles un projet de directive sur les réseaux des futures « stations-services » délivrant des carburants alternatifs : l'hydrogène, le gaz naturel liquéfié (GNL) et l'électricité. En France, le déploiement de bornes de recharge pour les véhicules électriques et hybrides rechargeables et le développement de l'électromobilité font l'objet d'une mission qui a été confiée en octobre dernier à M. Hirtzmann. Et l'équipement de nos ports en distributeurs de GNL est aussi à l'ordre du jour.

Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que la chimie occupe une place de choix dans les grands programmes publics de recherche et d'innovation consacrés aux transports et à la mobilité. Ce sera l'objet de mon dernier point.

La recherche liée au secteur des transports fait appel à de **nombreuses disciplines** : physique, chimie, mathématiques appliquées, informatique, économie, sociologie etc., qu'elle rassemble autour de projets concrets. Nous avons vu que la chimie était omniprésente pour les matériaux, implicitement présente et entremêlée avec d'autres disciplines pour les véhicules et systèmes de transport. Un exemple de projet pluridisciplinaire, « intégrateur », touchant tout ensemble à l'infrastructure et au véhicule, est celui de la « Route de cinquième génération ». Ce projet assemble des briques

technologiques aussi diverses que la récupération d'énergie sur les couches de roulement, l'alimentation électrique des véhicules, l'automatisation des circulations, l'information en temps réel du conducteur, le tout sur des chaussées « truffées » de capteurs, construites avec des matériaux avancés.

Les priorités du programme « *Transports durables et mobilités* » de l'Agence nationale de la recherche s'adressent aux motorisations thermiques d'une part, à la conception et au cycle de vie du véhicule d'autre part. Les relations entre Transports et Chimie sont plus explicites dans les thématiques étudiées par le groupe opérationnel « *Énergie et Environnement* » du PREDIT, en lien avec le programme

PRIMEQUAL¹¹. Les thématiques principales couvrent les motorisations décarbonées, l'amélioration des performances énergétiques et environnementales des moteurs thermiques, l'analyse et la réduction de la pollution de l'air, du bruit, des impacts sur les écosystèmes et les paysages.

Ces programmes se veulent complémentaires des Investissements d'Avenir, et notamment des démarches pilotées par l'ADEME à travers le « *Véhicule du futur* », plus « intégratrices », couvrant les modes terrestres et maritimes et les systèmes de mobilité.

11. Programme de recherche inter-organismes pour une meilleure qualité de l'air à l'échelle locale.

Les défis pour l'avenir

À ce stade, petit clin d'œil, il y aurait beaucoup de choses à dire sur ce que les transports apportent à la chimie ! À commencer par la capacité d'échanger physiquement les produits issus de l'industrie chimique. Mes services passent un temps non négligeable à répondre aux préoccupations de nos concitoyens et de nos élus sur le transport de matières dangereuses. Mais je ne voudrais pas allonger mon propos déjà trop long.

Pour conclure, je voudrais énumérer quelques grandes questions qui se posent pour les années qui viennent¹². Comment accélérer la transition vers des transports décarbonés ? La voiture

12. *Le point sur la mobilité urbaine en France*, Certu, 2012.

va-t-elle trouver une nouvelle place parmi les autres moyens de transport et va-t-on, pour elles, se tourner vers « l'économie de l'usage » ? Sera-t-on contraint, à cause du prix du transport, de limiter la mobilité et les kilomètres parcourus ? À quel rythme va se poursuivre cette tendance émergente à la réorganisation des systèmes productifs vers « l'économie circulaire » et les circuits courts ? Comment aboutir à une meilleure maîtrise des localisations respectives des lieux d'habitat, de travail et de production ? De la réponse à ces questions dépendra, en partie, l'avenir de nos modes de vie. Ce sont de vraies questions de société.