

## LES AVENIRS POSSIBLES DES TRANSPORTS EN 2050

*Jean-Noël CHAPULUT (CGPC), Olivier MORELLET (Inrets),  
Olivier PAUL-DUBOIS-TAINE et Thierry VEXIAU (Mission de la stratégie),  
Jean-Claude MÉTEYER (SESP)*

La section « Économie et transports » du Conseil général des ponts et chaussées a conduit une étude prospective sur les futurs possibles des transports en France à l'horizon 2050 afin de nourrir la réflexion des responsables des politiques de transport. Publiée en mars 2006<sup>1</sup>, cette étude dégage trois enseignements principaux : la croissance de la mobilité, tant voyageurs que marchandises, sera ralentie ; le développement des modes alternatifs n'empêchera pas le maintien de la prédominance de la route ; de forts progrès techniques en matière de véhicules économes et de carburants propres, sous l'effet d'une fiscalité sur le carbone à un niveau approprié, permettraient une division par 2,5 des émissions de CO<sub>2</sub> du secteur des transports.

Suite au plan national « Transport, urbanisme et effet de serre » que doit réaliser le ministère des transports en 2007, cette étude sera ultérieurement complétée par :

- l'analyse du niveau de contribution que doit apporter le secteur des transports à l'objectif global de division par 4 des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050 ;
- l'étude des ruptures possibles ou évolutions nécessaires pour aller au-delà des résultats prévisibles actuellement.

La conduite des politiques de transport nécessite une vision à très long terme de l'évolution de l'économie française : les grandes infrastructures sont conçues et réalisées dans des délais de 10 à 20 ans et pour une durée d'amortissement d'au moins 50 ans ; les changements de cap en matière de conception de véhicules, d'énergies, de systèmes d'exploitation des réseaux ou de régulation économique des acteurs se gèrent sur des délais comparables, de plusieurs dizaines d'années.

C'est pourquoi les projections à 20 ans de la demande de transport réalisées par le SESP dans le cadre du Comité des directeurs transports du ministère (*référence 2*) ne permettent pas d'aborder des questions de long terme qui ne s'inscrivent pas dans la continuité des mécanismes observés dans le passé : quelles technologies et quelles énergies seront disponibles pour « l'après pétrole » ? Vers quelles situations démographiques et économiques la France et l'Europe peuvent-elles évoluer ? À quelles évolutions de comportements de mobilité des personnes et d'organisation des chaînes logistiques faut-il s'attendre ?

La démarche prospective du CGPC se fonde sur des scénarios décrivant des images contrastées des futurs possibles, et donne quelques ordres de grandeurs des flux de transport et des consommations d'énergie correspondants. Elle cherche essentiellement à engager la réflexion et le débat sur l'avenir des transports. Elle a été conduite de décembre 2003 à décembre 2005 en plusieurs étapes.

<sup>1</sup> « Démarche prospective transports 2050. Éléments de réflexion », CGPC mars 2006 (Référence 1).

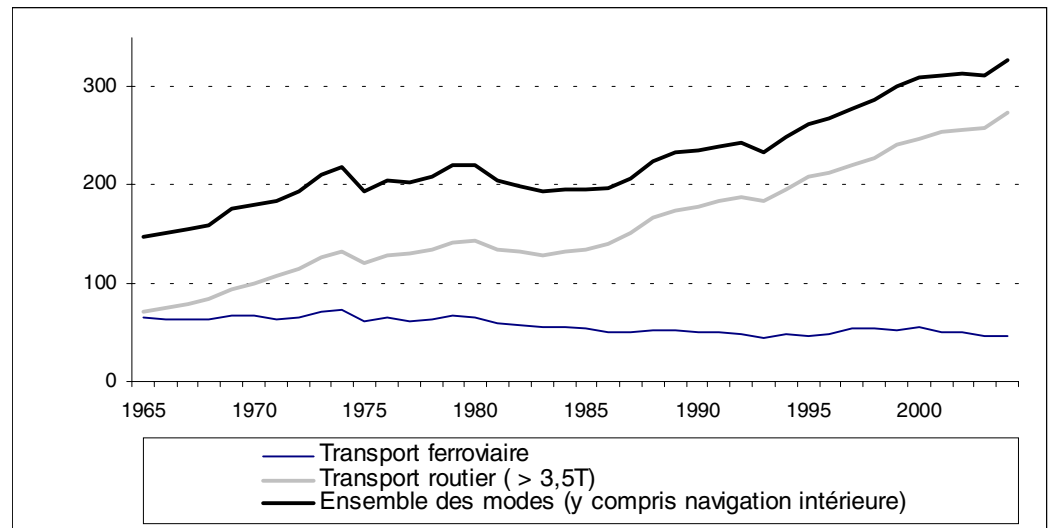
## PROSPECTIVE

### Une démarche en quatre étapes

**Première étape :** la compréhension des évolutions passées du secteur des transports, au moyen d'une analyse rétrospective qui fait apparaître un doublement en 35 ans des trafics voyageurs et marchandises, portés par le fort développement du mode routier (*figures 1 et 2*), sous l'influence des variables tels l'accroissement de la richesse, l'ouverture des économies, la transformation des modes de vie (habitat, motorisation, temps libre...), le développement des transports rapides (autoroutes, lignes à grande vitesse, aérien...), le maintien d'un prix bas de l'énergie...

Figure 1 - Évolution du trafic marchandises en France depuis 1965

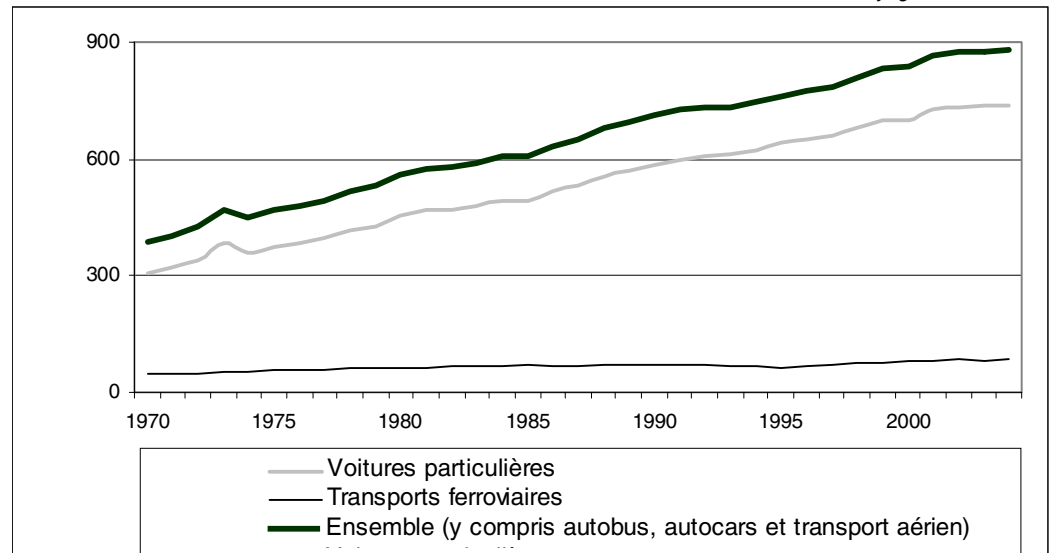
en milliards de tonnes-kilomètres



Source : MTETM

Figure 2 - Évolution des trafics voyageurs en France depuis 1965

en milliards de voyageurs-kilomètres



Source : MTETM

**Deuxième étape :** la projection d'avenirs possibles en élaborant des scénarios de contexte à très long terme. Deux variables principales sont identifiées comme particulièrement pertinentes pour différencier les avenirs possibles : la gouvernance européenne et mondiale pour lutter contre le changement climatique ; la dynamique de développement démographique et économique de la France et de l'Europe dans la compétition mondiale (*encadré et figure 3*).

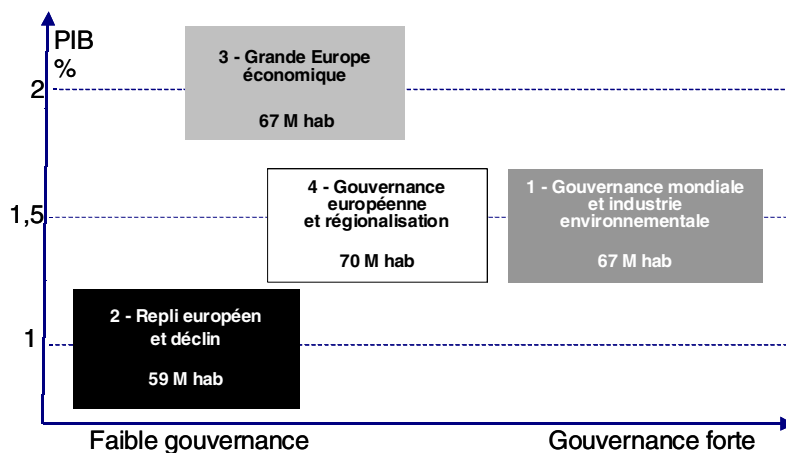
## Encadré

**Les scénarios** : quatre images possibles du contexte géopolitique, caractérisées notamment par la gouvernance mondiale et européenne sur l'effet de serre et l'ouverture économique, donnant ainsi :

- pour le scénario 1, « Gouvernance mondiale et industrie environnementale » : une forte coopération mondiale pour la maîtrise des technologies énergétiques pour lutter contre l'effet de serre, une politique européenne de développement industriel, grâce notamment à la recherche, une forte ouverture sur le monde ;
- pour le scénario 2, « Repli européen et déclin » : faibles croissances démographique et économique en Europe, protectionnisme, pas de gouvernance sur l'énergie ni sur l'effet de serre ;
- pour le scénario 3, « Grande Europe économique » : une Europe élargie au pourtour méditerranéen et à la Russie, une régulation européenne de l'énergie, une ouverture sur le monde, une forte croissance économique ;
- pour le scénario 4, « Gouvernance européenne et régionalisation » : crise mondiale de l'énergie, pas de gouvernance mondiale, une forte gouvernance européenne et protectionnisme.

La difficulté de cet exercice a été de hiérarchiser les nombreuses variables explicatives identifiées et d'assurer la cohérence interne de chacun des scénarios.

Figure 3 - Hypothèses clés des futurs possibles : les quatre scénarios



Source : MTETM/CGPC

**Troisième étape** : la quantification des quatre scénarios. Pour chacun, les valeurs prises par les variables de demande et d'offre alimentent les modèles de chiffrage des flux de transport. Il s'agit :

- des variables de demande : démographie, revenus (valeurs moyennes et dispersion), PIB, localisation de l'habitat, concentration des activités...
- des prix des transports : prix d'achat et prix d'utilisation de l'automobile, prix du transport routier de marchandises, du transport ferroviaire, du transport aérien. Il est tenu compte du coût des différentes énergies (électricité, carburants automobiles, kérosène...), de la tarification des réseaux (péages routiers, stationnement...)
- de l'offre de services de transport : développement des réseaux d'infrastructures (autoroutes, lignes à grande vitesse...), politiques de mobilité urbaine (fréquences, vitesses sur les différents réseaux...).

## PROSPECTIVE

**Quatrième étape** : le chiffrage, pour chaque scénario, des flux de transport (voyageurs et marchandises) qui découlent des hypothèses précédentes. À cet effet, trois modélisations sont utilisées portant respectivement sur :

- les voyageurs intérieurs (mobilité de proximité et déplacements interurbains à longue distance) ;
- les voyageurs internationaux aériens (français et étrangers) ;
- les marchandises terrestres (y compris l'activité portuaire internationale).

### **Des évolutions contrastées pour le transport de marchandises**

Pour estimer la demande de transport de marchandises en 2050, une situation de l'économie française en 2025 est construite sur la base des 21 branches d'activités fortement utilisatrices de services de transport : l'agriculture, les productions agroalimentaires et l'industrie.

À partir de ce socle, cohérent avec les projections de la demande de transport en 2025 du SESP (*référence 2*), les quatre scénarios 2050 décrits qualitativement ci-dessus sont quantifiés en projetant les équilibres emplois - ressources de 2025 à l'horizon 2050 de manière à traduire au mieux les continuités et inflexions envisagées.

Les ruptures que constituent les délocalisations supplémentaires d'activités retenues dans les scénarios 2 « repli européen » et 3 « grande Europe économique » ont été traduites de façon exogène par leur effet sur la production, la consommation finale des ménages et les exportations, en retenant des plages de variation très larges qui traduisent l'incertitude forte sur l'ampleur et les effets de ces délocalisations. Compte tenu des consommations intermédiaires et des besoins en formation brute de capital fixe, les importations nécessaires au fonctionnement de l'économie ne peuvent être définies a priori. Elles sont déterminées de façon à maintenir l'équilibre emplois - ressources par branche.

Deux types de modélisations économétriques, d'une part pour les transports domestiques, et d'autre part pour l'évolution de la valeur en euro constant<sup>2</sup> d'une tonne transportée à l'export, permettent de passer de projections économiques exprimées en euros à des projections en niveaux de transport exprimées en tonnes. L'orientation géographique des flux d'échange n'est pas modélisée mais ses effets sur les transports sont évalués, dans une dernière étape du calcul, pour tenir compte du différentiel de distance de transport selon le point d'entrée sur le territoire national.

Deux inflexions importantes sont introduites à partir de 2002 dans le passage des grandeurs économiques aux flux de transport. Pour les industries agroalimentaires, l'élasticité des transports à la production nationale qui était de l'ordre de 1,5 par le passé est ramenée à 1 à dire d'expert parce que les mutations logistiques importantes dans cette branche sont arrivées à leur terme et qu'il ne semble plus y avoir de raisons pour que la croissance des transports diffère de celle de l'activité économique de la branche. Pour les « machines, véhicules, objets manufacturés et transactions spéciales », le rythme de développement très soutenu du transport observé dans le passé est fortement réduit pour les années à venir, car des produits précédemment rattachés à cette catégorie « glissent » vers la catégorie des transports par conteneur ou caisse mobile dont le contenu n'est plus spécifié.

Pour l'estimation du trafic en transit à travers la France, l'effet des scénarios sur le commerce extérieur de l'Italie et de l'Espagne est supposé de même nature que celui évalué pour la France, en particulier pour ce qui concerne l'orientation

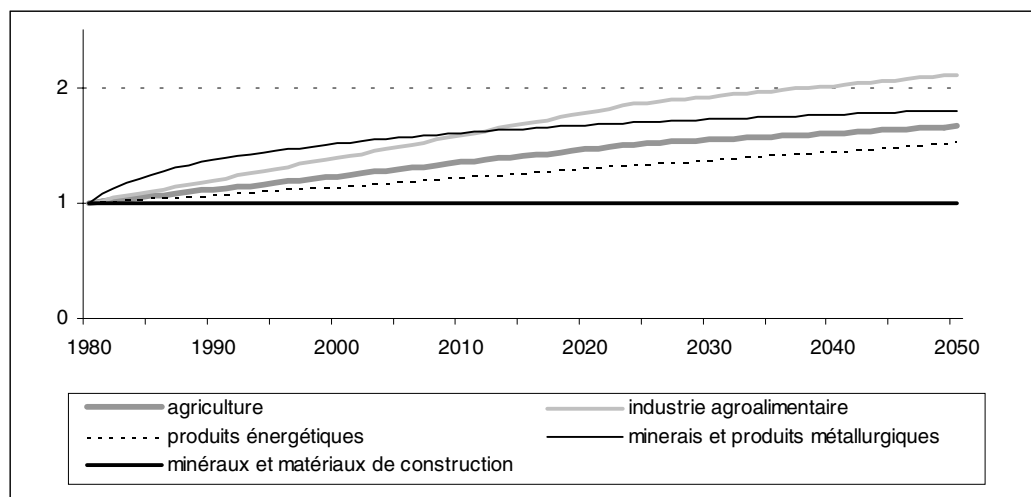
<sup>2</sup> La valeur en prix constant de la branche est appelée « volume », en comptabilité nationale.

## PROSPECTIVE

des flux d'échange hors de l'Europe. Les trafics portuaires sont déterminés à dire d'expert, en tenant compte des résultats d'études disponibles (*référence 1, notes préparatoires*).

Les ratios volume (valeur en euros constants) sur tonne ne sont jamais décroissants avec le temps. En règle générale, la croissance s'amortit progressivement (*figure 4, pour cinq groupes de produits*).

Figure 4 - Variation du ration volume-tonne à l'export sur la période 1980-2050

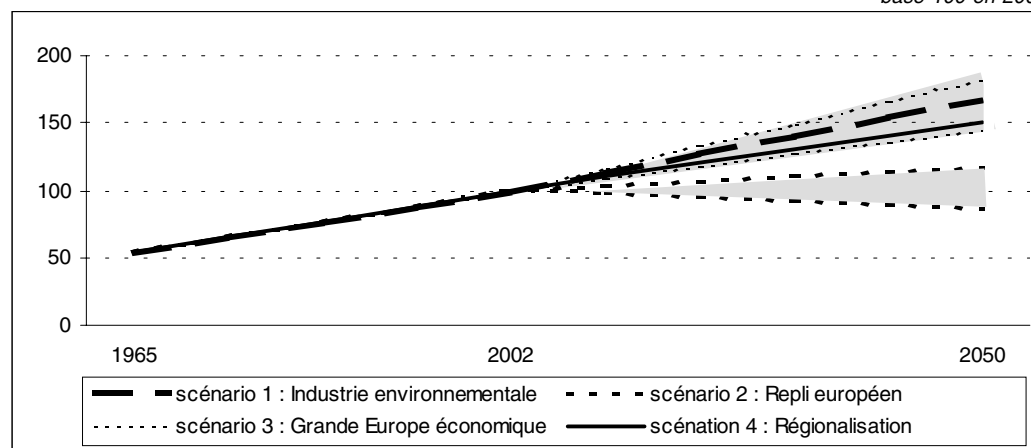


Source : MTETM/SESP, Eurostat

La restructuration entre 1965 et 1985 des activités grandes consommatrices de transport, sidérurgie, centrales thermiques..., explique la faible augmentation des transports dans un contexte de croissance économique pourtant forte. Le ralentissement de la croissance des transports projeté dans les 50 ans à venir n'est pas de même nature, il résulte de facteurs qui se combinent différemment dans les scénarios : une croissance économique ralentie, une part moins importante de l'industrie dans cette croissance, une orientation nouvelle des flux d'échanges et de la localisation des activités en France ainsi que des délocalisations qui s'accroissent dans les scénarios 2 et 3. Les incertitudes sur l'évaluation du niveau de délocalisations dans chaque branche de l'économie à un horizon aussi lointain ont conduit à retenir des fourchettes de variation des flux de marchandises pour les scénarios 2 et 3 (représentées par des plages d'évolution dans la *figure 5*).

Figure 5 - Évolution des flux de marchandises (trafic intérieur) selon les scénarios

base 100 en 2002



Source : MTETM/CGPC « Démarche prospective transports 2050. Éléments de réflexion »

## PROSPECTIVE

### Moindre croissance de la mobilité des personnes

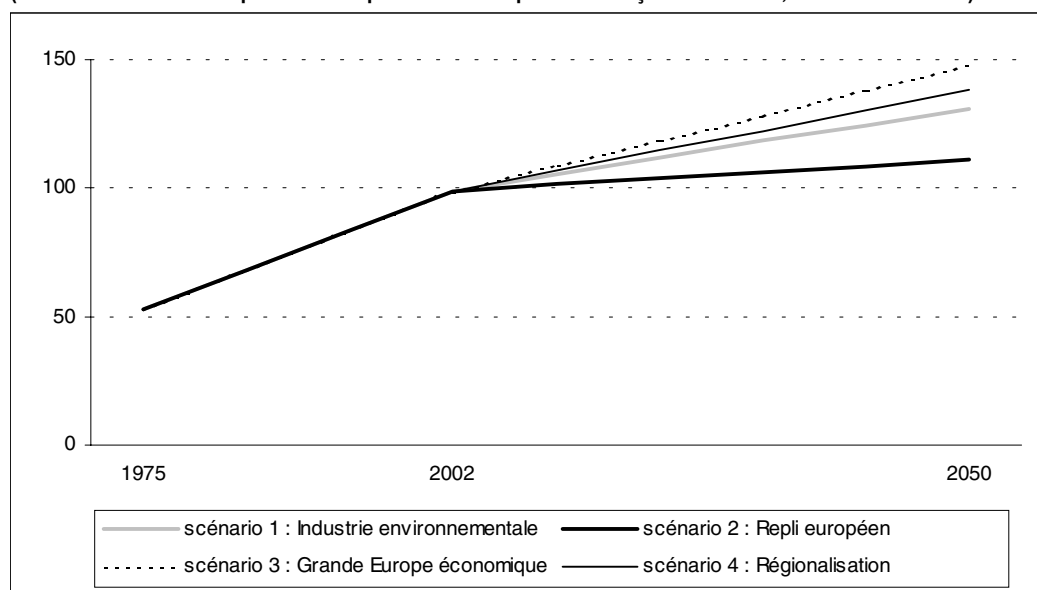
L'application du modèle MATISSE développé par l'Inrets (*référence 3*) permet de chiffrer la mobilité des résidents français à l'intérieur du territoire français. Les résultats obtenus sont ensuite extrapolés au cas de la mobilité des Français vers l'étranger et des européens vers la France par voie terrestre. Enfin, un modèle mis au point par la direction générale de l'aviation civile, DGAC, sert à projeter les déplacements effectués par voie aérienne, au départ ou à destination de la France métropolitaine.

Concernant la mobilité des Français en France, le modèle considère différents types de ménages caractérisés par leur lieu de résidence, leur revenu et leur composition (selon l'âge et l'activité des individus concernés). Pour un type de ménage donné, il détermine comment se modifie le comportement de déplacement des individus qui composent le ménage sous l'effet de l'évolution supposée des modes de vie et de l'offre de transport entre 2002 et 2050. Ainsi, dans chaque scénario, sont estimés les nombres des trajets effectués, les distances parcourues et les moyens de transport utilisés par chaque type de ménage. Le passage des résultats obtenus par type de ménage aux nombres totaux de flux exprimés en voyageurs-kilomètres par tranche de distances de trajet se fait ensuite sur la base des hypothèses exogènes faites quant à l'effectif et à la structure de l'ensemble des ménages selon le lieu de résidence, le revenu et la composition pour le scénario considéré.

Un résultat commun à tous les scénarios est un ralentissement sensible de la croissance de la mobilité tous moyens de transport confondus par rapport au trente dernières années, que ce soit pour les déplacements de proximité ou pour les déplacements à longue distance (*figures 6 et 7*). Dans le cas du scénario 1 « Gouvernance mondiale et industrie environnementale » par exemple, le nombre total de kilomètres parcourus s'accroît de 50 % en quarante-huit ans, alors qu'il a doublé au cours des vingt-sept années de la période 1975-2002.

Par moyen de transport, le ralentissement est plus marqué pour la voiture particulière que pour les transports collectifs pour lesquels il est parfois même prévu une légère accélération dans le cas des déplacements de proximité.

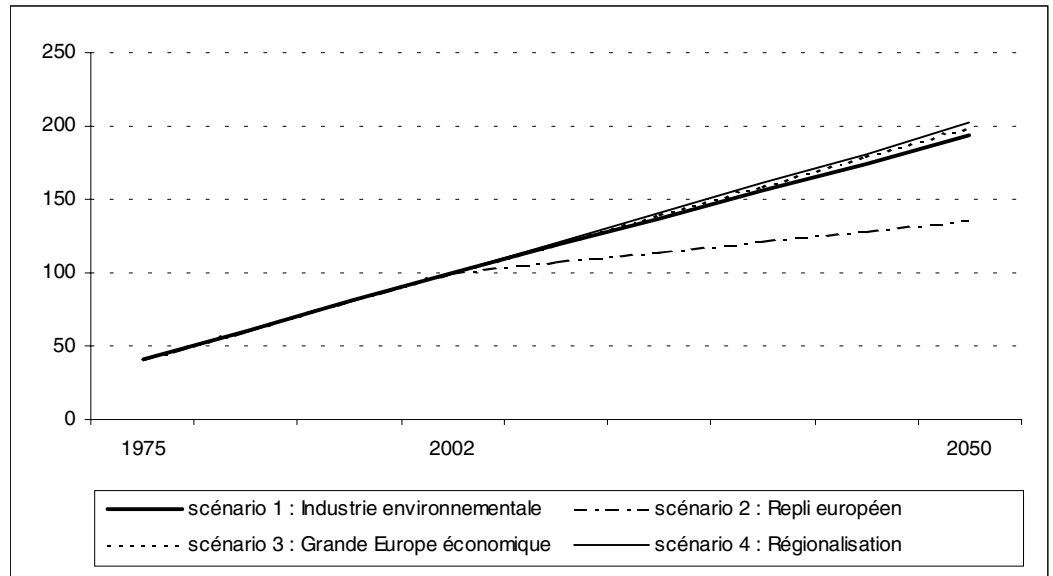
Figure 6 - Évolution de la mobilité de proximité selon les scénarios (nombre de kilomètres parcourus à plus de 50 km par les Français en France, base 100 en 2002)



Source : MTETM/CGPC « Démarche prospective transports 2050. Éléments de réflexion »

## PROSPECTIVE

Figure 7 - Évolution de la mobilité à longue distance selon les scénarios  
(nombre de kilomètres parcourus à plus de 50 km par les Français en France, base 100 en 2002)



Source : MTETM/CGPC « Démarche prospective transports 2050. Éléments de réflexion »

Plusieurs facteurs expliquent ce ralentissement global. Le premier tient à un tassement de la croissance de la population qui se répercute mécaniquement sur celle des voyageurs-kilomètres. Il s'y ajoute une augmentation de la proportion des personnes âgées qui se déplacent moins que la moyenne des individus.

Un autre facteur est une moindre augmentation du revenu moyen par ménage. Son impact est renforcé par l'hypothèse qui a été faite d'une diminution de l'élasticité de la mobilité au revenu pour traduire un phénomène de saturation : l'accroissement du revenu serait plutôt consacré à l'augmentation d'autres types de consommations (à durée du temps libre et générations donnés).

Un troisième facteur de ralentissement vient d'un moindre effet du renouvellement des générations et de l'évolution des modes de vie : tout d'abord, l'accroissement du temps libre à revenu donné serait plutôt consacré à l'augmentation d'autres types d'activités, en raison toujours de l'hypothèse faite sur la saturation de la mobilité ; ensuite parce que l'augmentation future du temps libre des actifs comparé à leur temps de travail ne sera peut-être pas aussi forte qu'elle l'a été dans le passé.

Enfin, le dernier facteur de ralentissement tient aux hypothèses d'offre de transport retenues pour les scénarios qui impliquent une augmentation des prix d'achat et/ou d'usage de l'automobile et une stabilité, voire une diminution, des vitesses praticables<sup>3</sup> sur les réseaux routiers, toutes choses freinant la croissance de la mobilité.

Concernant la répartition modale des déplacements, la saturation progressive de l'équipement automobile dans les différentes catégories de population facilitera la croissance relative de la part des transports collectifs dans la mobilité globale des personnes. L'augmentation de l'équipement automobile sera plus faible et la croissance des transports en commun sera moins bridée par ce phénomène. Les hypothèses faites quant à l'augmentation des prix de l'automobile et la diminution des vitesses routières influent dans le même sens.

<sup>3</sup> Certaines diminutions sont déjà constatées avec le renforcement du contrôle des vitesses et les aménagements de la voirie urbaine.

### **Des émissions de CO<sub>2</sub> selon les progrès technologiques**

Les hypothèses énergétiques prises en compte dans les scénarios combinent, à l'horizon 2050, le prix du pétrole qui s'établit sur le marché mondial en fonction de la demande globale de carburants et de la disponibilité de carburants alternatifs (issus du charbon, du gaz ou de la biomasse) et la fiscalité (mondiale ou européenne) sur les émissions de gaz carbonique<sup>4</sup> (CO<sub>2</sub>). Cette fiscalité a été calculée de manière à égaliser les coûts de production des carburants de substitution au pétrole issus de la biomasse aux prix du pétrole. Ce surcoût au prix du pétrole incite aussi au développement de véhicules économes en énergie fossile (hybride électrique, par exemple).

Le chiffrage des consommations énergétiques pour chaque scénario est fait à partir des estimations des flux de transports de voyageurs et de marchandises réalisées pour chaque scénario. Les postes les plus importants (voitures particulières, poids lourds et transports aériens) font l'objet de calculs détaillés. Pour les autres postes, les calculs sont plus sommaires.

Pour chaque catégorie de transport, les consommations unitaires (en gramme équivalent pétrole ou en kWh par unité de transport) sont évaluées en fonction des hypothèses de progrès technologique de chaque scénario. Les consommations totales sont ensuite réparties en fonction du mix énergétique retenu dans le cadre de ces mêmes hypothèses (parts de l'électricité et des biocarburants).

Ainsi, pour les voitures particulières françaises, les transports de voyageurs sont convertis en véhicules-kilomètres et répartis en quatre catégories de conditions de circulation (urbain, périurbain, routier et autoroutier). Le progrès technologique et le mix énergétique sont évalués séparément pour chaque catégorie de réseau. Cette distinction est indispensable car les évolutions sont différentes pour chaque type de circulation : le progrès technique lié à l'hybridation et à l'usage des batteries a un impact plus important sur les circulations urbaines et périurbaines.

Pour les poids lourds, les consommations sont ramenées à la tonne-km transportée. Les consommations unitaires progressent différemment selon les scénarios en fonction du progrès technologique et du taux de remplissage des véhicules.

Pour les transports aériens, les trafics de 2050 sont décomposés selon 5 types de faisceaux : intérieur métropole, intra-européen, métropole-outremer, international hors UE, intra-outremer. Pour chacun scénario, un progrès technologique différent est retenu, avec une diminution des consommations par passager-km variant entre 40 % (scénario 2) et 50 % (scénario 1). Ces réductions sont appliquées ensuite faisceau par faisceau à partir des consommations constatées en 2000.

Les consommations par mode sont ensuite additionnées pour obtenir les consommations totales, ainsi que les consommations par type d'énergie (électricité, carburants fossiles et biocarburants). Les émissions sont calculées selon les méthodes d'élaboration des inventaires officiels<sup>5</sup>. Ne sont pas prises en compte les émissions liées à la transformation des carburants (par exemple production de gazole à partir de charbon) et à la production d'électricité.

<sup>4</sup> Taxe carbone ou mécanisme de régulation équivalent tel que les permis négociables : l'étude du GGPC n'a pas statué sur le choix du mécanisme, mais seulement sur ses effets en matière de prix des carburants.

<sup>5</sup> L'inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France au titre de la Convention cadre des Nations-Unies sur le changement climatique (CCNUCC) est réalisé par l'Organisation et méthodes des inventaires nationaux d'émissions atmosphériques en France (OMINEA), [www.citepa.org/publications/Inventaires.htm](http://www.citepa.org/publications/Inventaires.htm)



## PROSPECTIVE

Ainsi, dans le scénario 1, les émissions de CO<sub>2</sub> passeraient de 163 à 62 millions de tonnes, soit une diminution d'un facteur de 2,5 environ (*figure 8*)

**Figure 8 - Consommations d'énergie et émissions de gaz à effet de serre selon les scénarios**

	2002	2050			
		scénario 1 Industrie environnementale	scénario 2 Déclin européen	scénario 3 Grande Europe	scénario 4 Régionalisation
<b>Données de base</b>					
Prix du baril (en \$)	25	30	60	60	120
Taxe CO <sub>2</sub> par baril (en \$)		60		30	60
TIPP moyenne/litre (en €)	0,47	0,89	0,63	0,80	0,80
Prix moyen du carburant/litre (en €)	0,87	1,84	1,33	1,76	2,43
<b>Volumes de circulation</b>					
Voitures particulières (milliards véh.km)	401	649	487	724	669
Poids lourds (milliards t.km)	257	444	285	413	398
<b>Consommation d'énergie</b> (en Mt équivalent pétrole)					
	53,3	43,9	47,0	62,5	48,4
<i>dont</i> Voitures particulières	25,5	18,6	20,6	26,1	21,6
Poids lourds	10,4	11,1	8,0	9,9	10,7
Aérien	6,0	6,7	8,0	16,0	7,2
<i>dont</i> Pétrole	52,2	19,8	42,1	47,8	31,1
Biocarburants	0,3	19,8	3,7	11,9	13,3
Électricité	0,8	4,3	1,2	2,8	4,0
<b>Emissions de CO<sub>2</sub> (en Mt)</b>	163	62	132	150	98

Source : MTETM

### **Limites de la démarche : les ruptures et les trajectoires d'évolution**

Les scénarios ont des caractéristiques communes : pas de rationnement réglementaire de la mobilité, stabilité des vitesses des modes de transport, pas de prise en compte de problèmes de saturation éventuelle de réseaux. Ils privilégient la recherche des tendances lourdes et de leurs inflexions, ce qui permet de chiffrer en ordre de grandeur les prix de l'énergie et les flux de transport.

Ils ne prennent pas en compte des crises et ruptures possibles, qui ont été identifiées dans la démarche exploratoire, et pourraient concerner notamment :

- l'énergie, avec des crises et risques de ruptures d'approvisionnement ;
- l'effet de serre, avec des retournements d'opinions et de politiques ;
- la démographie et l'économie, avec notamment les incertitudes sur des mouvements migratoires mondiaux à grande échelle ;
- des changements de comportements de mobilité, liés à de nouveaux modes de vie ;
- la sécurité-sûreté des transports, avec des risques d'attentats ou d'accidents.

La réflexion sur ces crises et ruptures, comme les cheminements possibles vers les différents scénarios, devraient faire l'objet d'analyses complémentaires, dans un cadre élargi, non exclusivement centré sur les transports.

## Équipe et compétences

Si la quatrième section du CGPC a constitué la base de l'équipe, celle-ci qui a compté une quinzaine de personnes, comprenait aussi le président de la section technique du CGPC, le chef du Centre de prospective de la DRAST, deux membres de la mission stratégie, un responsable du SESP, une économiste de la DGAC, deux chercheurs de l'Inrets. La société Futuribles pour la conduite de la démarche et Menscom pour sa mise en forme ont apporté leurs concours. Les éléments du présent article ont été rassemblés par Laurence Demeulenaere du SESP.

Il a été fait appel à des experts tout au long de la démarche : démographes et économistes, spécialistes des transports et de l'énergie pour documenter les scénarios (*référence 4*) puis consultations thématiques approfondies organisées dans la quatrième étape sur la base de notes de travail préparatoires qui figurent sur le site internet (*référence 1*).

## RÉFÉRENCES

- 1** - Démarche prospective transport 2050. Éléments de réflexion, rapport, document de synthèse, CGPC, mars 2006, [www.equipement.gouv.fr/Actualité/Dossiers d'actualité 2006](http://www.equipement.gouv.fr/Actualité/Dossiers_d'actualite_2006)
- 2** - La demande de transport en 2025. Projections des tendances et des inflexions, rapports du SESP, décembre 2004, [www.statistiques.equipement.gouv.fr/Publications/Rapports](http://www.statistiques.equipement.gouv.fr/Publications/Rapports)
- 3** - Les ménages et le transport dans le modèle MATISSE, Olivier Morellet, rapport Inrets n° 255, novembre 2003, [www.inrets/Services/Collection](http://www.inrets/Services/Collection)
- 4** - Rapport d'étude prospective pour l'élaboration de scénarios exploratoire sur les transports à l'horizon 2050, juillet 2005, notes de travail préparatoires de la référence 1.

