

---

# Mobilité durable: quel compromis entre technologie et maîtrise des besoins ?

---

Le Groupe 11 du PREDIT<sup>1</sup> a demandé au Laboratoire d'Economie de Transports (LET) et à Enerdata de produire des scénarios de mobilité durable pour les passagers et les marchandises en France à l'horizon 2050. Le sens donné à la « mobilité durable » était, entre autres, celui d'une mobilité des personnes et des marchandises compatibles avec une réduction par 4 des émissions de gaz à effet de serre du secteur des transports.

Cette recherche, dont on donnera ici les grandes conclusions pour la France, a une forte dimension quantitative, basée sur une modélisation des relations systémiques du système de transport formalisée dans le modèle TILT (*Transport Issues in the Long term*)<sup>2</sup>. Ce modèle technico-économique comprend deux modules fondamentaux :

- le premier met en cohérence les trafics par modes avec les vitesses de déplacement et l'usage du temps à partir des déterminants démographiques et macro-économiques de la mobilité.
- le deuxième prend en compte de façon explicite et robuste, l'impact du déploiement des nouvelles technologies sur les émissions directes et indirectes du secteur des transports.

A partir de ces deux modules, TILT est en mesure d'apprécier les différentes combinaisons de niveaux de trafics d'une part et de niveaux de développement des technologies d'autre part, nécessaires pour atteindre l'objectif d'une réduction par 4 des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050.



Bertrand Château

## Le mythe de la technologie salvatrice

Une première famille de scénarios, « Pégase », prolonge une vision tendancielle<sup>3</sup> des trafics à l'horizon 2050. L'étroite relation qu'ont entretenue historiquement les budgets-temps de transport (BTT), la vitesse et la distance totale parcourue, relation observée et analysée par A. SCHAFER (2001), est supposée

perdurer à l'identique. Au fur et à mesure que progresse le PIB, la nature de la demande de mobilité des passagers change. Un couplage fort se met en place entre croissance économique et distance parcourue, avec un BTT pratiquement constant, grâce à une substitution progressive des modes rapides aux modes lents. « Pégase » propose donc une vision « en continuité » de la croissance des trafics, sans remise en cause du modèle de développement de la mobilité tel qu'on le connaît depuis 5 décennies. Ce qui permet de mesurer les apports de la technologie au regard de la baisse des émissions de CO<sub>2</sub>, et plus généralement au regard de l'environnement. Deux variantes ont été testées pour répondre à l'accroissement des vitesses par la substitution modale; une variante volontariste TGV, où celui-ci envahit progressivement tous les transports à longue distance de moins de 2000 km en Europe, et une variante « laisser-faire » avion. Les scénarios « Pégase » aboutissent à une hausse de la mobilité entre 2000 et 2050 de 42 % pour les passagers (contre 13 % pour la population française sur la même période) et 61 % pour les marchandises. Ces hausses de trafics sont incompatibles avec l'objectif de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> avec la technologie actuelle des modes routiers (moteur à combustion interne – produits pétroliers), même dans la variante TGV.

---

1 - Programme National de Recherche et d'Innovation dans les Transports Terrestres. Programme de recherche consacré à la construction de scénarios de mobilité durable: comment satisfaire les objectifs internationaux de la France en termes d'émissions de gaz à effet de serre et de pollution transfrontières. Rapport final, avril 2008

2 - TILT est dérivé du modèle VLEEM (Very Long Term Energy Environment Model) développé dans le cadre d'un projet de recherche européen.

---

3 - Précisons que les niveaux de trafic obtenus pour les passagers et les marchandises dans Pégase sont calés sur le récent exercice forecasting (prospective exploratoire) livré en 2006 par le Conseil Général des Ponts et Chaussée (CGPC), institution de référence en France.

Qu'attendre alors des progrès de la technologie ? Plusieurs innovations technologiques reposant sur les agro-carburants, l'électricité et les technologies hybrides rechargeables bi-énergie ont été testées. Aucune ne permet d'atteindre le facteur 4 pour les seules émissions directes de CO<sub>2</sub> dans ce scénario **Pégase** à l'horizon 2050. Dans le meilleur des cas, c'est-à-dire dans le cas d'une commercialisation dès 2010 d'hybrides rechargeables avec 100 km d'autonomie (de manière à obtenir une généralisation de ces véhicules dans le parc (VP, PL, VUL) en 2050), les émissions restent supérieures de 21 % à l'objectif facteur 4 dans la variante Avion et 19 % dans la variante TGV.

La prise en compte des émissions indirectes du raffinage, de la production d'électricité et de la production de biocarburants nous éloigne encore plus de l'objectif F4. Même si l'électricité utilisée par les hybrides rechargeables bi-énergie est entièrement fournie par du nucléaire ou des renouvelables (solaire photovoltaïque notamment), les émissions directes et indirectes restent au mieux 21 % au-dessus de l'objectif dans la variante TGV.

En d'autres termes, avec une progression tendancielle des trafics, si l'on s'en tient aux technologies aujourd'hui maîtrisées ou à celles qui ont une probabilité significative de développement industriel d'ici 2050, la contribution de la technologie ne permettrait pas d'aller au-delà d'un facteur 2 dans le meilleur des cas. Pour atteindre l'objectif facteur 4 dans un tel contexte de mobilité, il faudrait impérativement pouvoir recourir massivement aux piles à combustible et à l'hydrogène produit sans émissions de CO<sub>2</sub>.

Cette rupture technologique paraît toutefois hautement improbable à cet horizon. Si on l'écarte, atteindre l'objectif facteur 4 demande par conséquent une réorganisation d'ensemble du système de transport (répartition modale, vitesses de déplacement). Les deux autres familles de scénarios étudiées, respectivement Chronos et Hestia, visent à explorer les différentes modalités que pourrait prendre cette réorganisation, en supposant l'objectif atteint (démarche de type backcasting), selon les facteurs majeurs d'incertitude sur les déterminants de la mobilité et les politiques publiques susceptibles d'être mises en œuvre.

**Maîtriser la croissance des vitesses, premier impératif de la mobilité durable**

Dans le tryptique BTT-vitesse-distance, l'accroissement de la vitesse moyenne de déplacement apparaît comme la condition nécessaire à l'accroissement des distances et donc des trafics. D'où l'idée que la maîtrise des trafics passe d'abord par la maîtrise des vitesses. La famille de scénarios **Chronos** explore comment, au-delà d'une évolution technologique assez radicale mais réaliste, basée sur des hybrides rechargeables et une électricité peu émettrice de CO<sub>2</sub>, franchir la distance au facteur 4 par une action sur la vitesse. **Chronos** combine ainsi une action de type réglementaire sur les vitesses routières, conjuguée à un accroissement du coût de la mobilité en fonction de la vitesse et des émissions de CO<sub>2</sub>, en supposant néanmoins un effet rebond important sur les budgets-temps de transport. On aboutit ainsi à une progression des trafics entre 2000 et 2050 limitée à 35 % pour les passagers et à 61 % pour les marchandises, mais avec un fort basculement sur les transports collectifs pour les passagers et sur le ferroviaire pour les marchandises. La variante « avion » de Chronos dans laquelle le trafic aérien reste en forte progression (+60 %) de 2000 à 2050, s'approche de l'objectif sans pour autant l'atteindre. En revanche, on atteint effectivement l'objectif « facteur 4 » dans la variante TGV, mais au prix d'un basculement massif du trafic longue distance de la VP et de l'avion vers le TGV, dont le trafic augmente d'un facteur 7. L'avion se recentre alors exclusivement sur la longue distance, son trafic étant en baisse de 28 % par rapport à l'année 2000.

Chronos « TGV » décrit donc bien un univers de mobilité durable, dans lequel la voiture est progressivement confinée aux déplacements de proximité et dans les zones peu denses que les transports collectifs ne peuvent irriguer car trop peu rentables, et où l'avion est sanctuarisé sur la très longue distance uniquement. Mais pour créer cet univers, il faut investir des sommes considérables dans le développement du transport ferroviaire, pour les marchandises comme pour les passagers, en grande vitesse pour la longue distance, comme en vitesse normale pour le trafic régional et urbain. On peut légitimement s'interroger sur la cohérence macro-économique de tels investissements.

En conclusion, même avec des hypothèses technologiques optimistes bien que dans le registre du probable, réorganiser le système des transports

pour atteindre le facteur 4 en s'attaquant uniquement aux vitesses, demanderait des investissements considérables dans les transports ferroviaires, vraisemblablement au-delà de l'acceptable, *si les budgets-temps de transport ne sont pas maîtrisés.*

### **Maîtriser l'espace, condition nécessaire de la mobilité durable**

La famille de scénarios **Hestia** est construite à partir de ce constat. Ces scénarios explorent comment atteindre le facteur 4 par des mécanismes contraignants (par exemple quotas et permis négociables) qui imposent de nouveaux arbitrages sur les localisations des ménages et des activités productives dans le sens d'une réduction des distances parcourues. La hausse du trafic passagers est ici limitée à celle de la population soit 13 % jusqu'en 2050 alors que la progression du trafic marchandises s'établit à 21 %. Les modes les plus émetteurs de CO2 voient leur place profondé-

ment redéfinie du fait de la contrainte physique sur le CO2: l'avion se recentre sur la très longue distance alors que la VP se recentre sur le trafic régional. Ces scénarios conduisent également à un développement soutenu des infrastructures et services ferroviaires, notamment en grand vitesse, mais à un rythme beaucoup plus en phase avec les capacités de financement de l'économie du fait de la modération de la progression de la demande de transport.

Comme dans le scénario Chronos « TGV », on atteint dans Hestia les objectifs F4 avec un mix électrique très fortement décarbonné, mais avec un charge d'investissement dans le ferroviaire nettement plus légère, et donc avec beaucoup plus de réalisme.

