



HAL
open science

Transports écologiquement viables dans l’Arc alpin : les enseignements d’une étude conduite pour l’OCDE

Bertrand Château, Alain Morcheoine

► To cite this version:

Bertrand Château, Alain Morcheoine. Transports écologiquement viables dans l’Arc alpin : les enseignements d’une étude conduite pour l’OCDE. Les Cahiers Scientifiques du Transport / Scientific Papers in Transportation, 2001, 40 | 2001, pp.115-149. 10.46298/cst.11999 . hal-04147793

HAL Id: hal-04147793

<https://hal.science/hal-04147793v1>

Submitted on 1 Jul 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

**TRANSPORTS ÉCOLOGIQUEMENT VIABLES
DANS L'ARC ALPIN.
LES ENSEIGNEMENTS D'UNE ÉTUDE
CONDUITE POUR L'OCDE**

BERTRAND CHÂTEAU
ENERDATA S.A.

ALAIN MORCHEOINE
ADEME

INTRODUCTION : UNE ÉTUDE NOVATRICE POUR UNE RÉGION SENSIBLE

LES ALPES, UNE ZONE SENSIBLE, SOUS SURVEILLANCE CROISSANTE

Les Alpes sont l'exemple type d'une région où les écosystèmes et l'environnement sont très vulnérables. Cette vulnérabilité est en partie due à la situation topographique et climatique dans les Alpes. La forme des vallées (forme en U ou en V) et les particularités météorologiques (tendance aux inversions) empêchent les émissions dues aux procédés de combustion de s'échapper. La pollution atmosphérique le long de ces vallées est souvent aussi mauvaise que dans les zones urbaines. Le brouillard d'ozone atteint des niveaux élevés. Les nuisances dues au bruit sont fortement intensifiées par la topographie des vallées.

La pollution atmosphérique et le bruit ont des effets négatifs sur l'environnement et la santé. Les forêts alpines, en particulier, qui protègent les

populations contre les avalanches et les éboulements, sont endommagées. La pollution et le bruit ont non seulement des effets négatifs sur l'environnement, mais sont la cause également de risques sanitaires élevés.

Or le transport est le principal contributeur aux effets environnementaux dans la région alpine.

En raison de la faible part des zones habitables dans les régions alpines, 13 % seulement au Tyrol par exemple, la densité des populations dans certaines vallées alpines est extrêmement élevée et atteint les niveaux des agglomérations urbaines. L'espace utile, peu étendu, doit être partagé entre de multiples usages, parmi lesquels le transport occupe une part relativement élevée. De plus, en raison de l'étroitesse des vallées, les axes de trafic et les zones résidentielles sont forcément très près les unes des autres. Les flux de trafic transalpins sont concentrés sur un nombre restreint d'itinéraires engendrant des effets importants de congestion dans les vallées. Ceci est aggravé par le fait que la région alpine est située au confluent de deux zones majeures d'échanges économiques en Europe qui induisent une demande élevée de trafic.

Afin de protéger l'écosystème alpin et d'empêcher un accroissement ultérieur des risques sanitaires, les pays alpins ont décidé d'établir une convention pour la protection de la zone alpine. Cette convention met l'accent sur le besoin d'actions nationales et multilatérales visant la protection de la région alpine. En ce qui concerne le transport, elle se fixe pour « *objectif de ramener les charges et les risques du transport intra alpin et transalpin à un niveau qui soit acceptable pour les êtres humains, la faune et la flore, aussi bien que leurs environnements, par exemple par une plus grande substitution entre modes de transport, en particulier du transport de marchandises de la route vers le rail, particulièrement en fournissant l'infrastructure et les incitations appropriées, se conformant aux règles du marché, et sur une base non discriminante* ».

UNE ÉTUDE ORIGINALE DE L'OCDE : LES « TRANSPORT ECOLOGIQUEMENT VIABLES (TEV) » POUR LA RÉGION ALPINE

En 1994 le groupe de prévention et de contrôle de pollution de l'OCDE commence le projet « Environmentally Sustainable Transport (EST) », dans le cadre duquel différentes études régionales, nationales et internationales sont effectuées. Dans le droit fil de la sensibilisation générale au fardeau environnemental et aux risques sanitaires particuliers dans la région alpine, l'Autriche, la France, l'Italie et la Suisse, membres de l'OCDE, ont décidé de travailler en étroite coopération et d'élaborer une étude pilote sur les « Transports Ecologiquement Viabiles (TEV) » dans la région alpine (OCDE, 2000).

Pour définir le « transport écologiquement viable », l'OCDE a établi six critères majeurs pour l'année 2030, fondés sur des considérations de santé

publique, de grands équilibres écologiques et d'équité sociale.

Critère relatif au CO₂

Pour prévenir le changement climatique, les émissions de dioxyde de carbone liées aux transports sont réduites de façon à stabiliser les concentrations de CO₂ dans l'atmosphère à des niveaux égaux ou inférieurs à ceux de 1990. **En conséquence, le total des émissions de CO₂ imputables aux transports ne devrait pas représenter plus de 20 % du total des émissions de CO₂ en 1990.**

Ce critère s'appuie sur le Second Rapport d'Évaluation de l'Intergovernmental Panel on Climate Change (1996). Celui-ci stipule que pour stabiliser les concentrations de CO₂ dans l'atmosphère au niveau actuel, les émissions mondiales devraient être réduites de 50 à 70 %. Afin de permettre aux pays en développement de s'industrialiser et de se développer, avec corrélativement un accroissement de leurs émissions de CO₂ par rapport au niveau actuel, il est nécessaire que les pays de l'OCDE diminuent leurs propres émissions d'au moins 80 % pour que globalement la réduction atteigne 50 % (OECD, 1996).

Critères relatifs aux NO_x et COV

Les dommages provoqués par les concentrations ambiantes de NO₂ et d'ozone et par les dépôts azotés, de même que ceux causés par les COV cancérigènes, sont grandement réduits par le respect des directives de l'OMS relatives à la qualité de l'air dans le domaine de la santé humaine et de l'éco-toxicité. **Le total des émissions de NO_x et de COV liées aux transports ne devrait pas dépasser 10 % (ou moins pour des COV extrêmement toxiques) du total des émissions liées aux transports en 1990.**

Ces critères sont cohérents avec les recommandations de l'OMS sur la santé humaine visant les NO_x, les COV et l'ozone (OMS, 1996), et avec les protocoles UNECE de la Convention sur la Pollution Transfrontière à Long Terme concernant la protection des écosystèmes, visant les charges critiques pour les dépôts d'azote et les niveaux critiques d'ozone (UNECE, LRTAP Convention, 1999).

Critère relatif aux particules

Les concentrations nocives dans l'air ambiant sont évitées en réduisant les émissions de particules fines (en particulier celles d'un diamètre inférieur à 10 microns). Selon les conditions locales et régionales, cela pourrait donner lieu à une réduction de 55 % à 99 % des émissions de particules fines (d'un diamètre inférieur à 10 microns) imputables aux transports.

Du fait de la spécificité environnementale de l'Arc Alpin, un critère

spécifique a été retenu : **les émissions à l'échappement devraient être réduites de 90 % en 2030 comparé au niveau de 1990.**

L'OMS n'a pas encore fixé de seuils pour les particules fines (plus petites que PF_{10}) et ultra-fines (plus petites que $PF_{2,5}$) en deçà duquel il n'y a pas d'effet sur la santé. Cela veut dire que l'on ne connaît pas de niveau de sécurité pour les particules fines et ultra-fines susceptibles de ne présenter aucun risque cancérigène. Les critères retenus sont de ce fait préliminaires en attendant les résultats des recherches en cours sur les impacts des particules ultra-fines sur la santé (WHO, 1998).

Critère relatif au bruit

Le bruit provoqué par les transports ne se traduit plus par des niveaux de bruit extérieur préoccupants pour la santé ou constituant une nuisance grave. **En fonction des conditions locales et régionales, cela pourrait donner lieu à une réduction du bruit lié aux transports à un niveau égal ou inférieur à un maximum de 55 décibels en période diurne et de 45 décibels en période nocturne et à l'intérieur.**

Ce critère est basé sur les recommandations anciennes de l'OMS sur le bruit, lesquelles ont été actualisées dans le Guide OMS sur le Bruit en Communauté (WHO, 1999).

Critère relatif à l'emprise au sol

Les emprises au sol et en particulier les infrastructures nécessaires au mouvement, à la maintenance et au stationnement de tous les véhicules de transport se développent de façon à satisfaire les objectifs locaux et régionaux de protection de l'air, de l'eau et des écosystèmes. **Par rapport aux niveaux de 1990, cela pourrait donner lieu à une réduction des espaces urbains et non urbains consacrés aux infrastructures de transport.**

1. PROSPECTIVE ET QUESTIONS DE MÉTHODE

UNE APPROCHE « BACKCASTING »

L'approche téléologique (« *backcasting* ») est particulièrement adaptée à l'objectif final des études TEV : mettre en œuvre un concept de développement soutenable. Selon DREBORG (1996), « *les études backcasting visent typiquement à fournir aux décideurs et au grand public intéressé des images du futur comme bases à la formation d'opinion et de décisions* ». Elles fournissent des images (scénarios) intéressantes du futur et éclairent les choix stratégiques.

Dans le domaine des études prospectives, l'approche traditionnelle de la prévision est encore dominante. Cependant, la pertinence de cette approche

dans l'étude des problèmes à long terme de viabilité écologique fortement complexes peut être contestée. Les prévisions sont en effet basées sur les tendances passées, mais la viabilité écologique impose des discontinuités et des ruptures de tendance qui obligent à penser le futur autrement.

ROBINSON (1990) définit la méthodologie « *backcasting* » ainsi : « *La caractéristique majeure des analyses de type backcasting est de se préoccuper, non pas du futur susceptible de se produire, mais de quelle façon les futurs souhaitables peuvent être atteints. Elle est ainsi explicitement normative, et suppose de travailler à rebours d'une situation particulière future souhaitable vers le présent afin de déterminer la faisabilité physique de ce futur, ainsi que les décisions politiques seraient exigées pour atteindre ce point* ».

La méthode *backcasting* a été appliquée dans l'étude alpine en cinq étapes :

- Détermination des objectifs : quantification des objectifs au regard des effets sur l'environnement des transports, identification du nombre et du contenu des scénarios à construire.
- Description du système actuel de transport et spécification des variables exogènes communes à tous les scénarios, comme le PIB et la population.
- Analyse des scénarios : choix des approches constitutives des scénarios, analyse des états futurs à 2030, quantification et itération jusqu'à obtention d'une cohérence interne acceptable.
- Analyse d'impacts : consolidation des résultats, analyse des effets sociaux, économiques et environnementaux et analyse des itérations jusqu'à obtention d'une cohérence formelle entre les objectifs, les moyens et les résultats.
- Détermination des conditions d'application, c'est-à-dire de ce qui doit être entrepris pour réaliser le scénario TEV en 2030.

PROJECTION DES TRAFICS

La méthodologie utilisée pour projeter le développement de la demande de transport et les trafics jusqu'à 2030 a été généralement basée sur des relations fonctionnelles avec la croissance du PIB et de la population, impliquant des élasticités constantes dans la plupart des cas. Selon les scénarios et le degré de changement structurel qu'ils impliquent, cette méthodologie soulève des problèmes quant à la pertinence des projections.

Dans un scénario de type tendanciel, où l'on ne remet pas en cause les relations historiques entre la croissance économique et la demande de transport, se pose la question des phénomènes de saturation susceptibles d'apparaître dans le long terme. L'étude alpine a clairement mis en évidence l'importance potentielle de deux de ces phénomènes.

Le premier, le plus important pour les trafics transalpins de marchandises, vient de l'évolution dans le temps des relations commerciales et des

échanges physiques entre deux pays. Examinée sur une période de temps suffisamment longue, et sur un éventail suffisamment large de relations bilatérales en Europe, cette évolution montre quatre phases principales : une quasi-stagnation à un niveau faible, lorsque les pays échangent peu, puis une accélération sur plusieurs années lorsque les relations commerciales amorcent leur développement, suivie d'une décélération progressive quand ces relations deviennent matures, pour enfin revenir à une quasi-stabilité à un niveau élevé lorsque les deux pays connaissent des conditions économiques de production voisines. Pour la région alpine, il est clair que l'évolution du trafic transalpin de marchandises est très fortement liée à l'évolution des relations bilatérales de l'Italie avec les autres pays européens : il semble donc que les fortes croissances de ces trafics observées dans les deux décennies passées soient à mettre au compte de la montée en puissance de ces relations, et qu'elles devraient logiquement être suivies par une décélération progressive au fur et à mesure de leur maturité, et **ce quelles que soient les croissances des PIB de part et d'autre des Alpes**. La conséquence devrait en être une décroissance progressive de l'élasticité de ces trafics à la croissance économique, en contradiction avec l'hypothèse méthodologique sous-jacente aux projections d'une élasticité constante (sauf à admettre que le développement des relations commerciales avec les Balkans ne vienne reaccélérer la croissance des trafics transalpins de marchandises).

Un autre facteur important en faveur d'une dé-corrélation trafic-PIB réside dans la mise en place de la monnaie unique dans l'Union européenne. Cela prive de fait les pays de l'Union de la possibilité d'utiliser la dévaluation compétitive pour relancer leurs exportations au sein de l'Union, avec des conséquences immédiates sur la croissance du volume de transport de fret avec les pays voisins. Une autre conséquence de la mise en place de la monnaie unique réside dans la convergence progressive des économies des différents pays de l'Union, notamment pour ce qui concerne les coûts de main-d'œuvre, principale cause de délocalisation des productions par rapport aux lieux de consommation.

Le second phénomène, plus connu et moins spécifique aux Alpes, est celui de la saturation de l'équipement automobile des ménages. Déjà très proche ou atteinte pour le premier équipement automobile, la saturation devrait frapper le second équipement automobile dans les 20 ans qui viennent - soit avant 2030 - pour tous les pays de l'Arc Alpin. Or, pour des raisons tenant essentiellement au budget-temps des ménages, le kilométrage annuel moyen des voitures est lui-même borné à un niveau déjà presque atteint, quasiment indépendamment des niveaux de revenu et de prix des carburants. En d'autres termes, l'évolution de la circulation routière des voitures devrait, elle aussi, progressivement s'infléchir quelle que soit la croissance du PIB, ce qui, là encore, est contradictoire avec les hypothèses d'élasticités constantes des trafics au PIB.

Au delà de ces phénomènes de saturation, et toujours dans le cadre de projections tendanciennes, se pose également la question des interactions entre trafics de natures différentes en longue période. Par exemple, une croissance du trafic d'import/export plus rapide que celle du trafic intérieur traduit un phénomène de report du second vers le premier susceptible de conduire à une décélération progressive de la croissance du trafic intérieur, voire à une décroissance, en contradiction avec une hypothèse d'élasticité constante de ce trafic à la croissance économique.

Pour les scénarios non tendanciels, en particulier les scénarios « écologiquement viables », construits selon une approche « *backcasting* » et intégrant des ruptures majeures par rapport aux tendances historiques, les questions sont d'une autre nature.

Une première série de questions vient des objectifs normatifs d'émission que l'on se fixe. Pour des hypothèses technologiques données, ces objectifs d'émission se traduisent directement par des objectifs de consommation énergétique, et partant, de contraintes sur le niveau et la structure modale des trafics. Il ne s'agit plus dès lors de projeter comment la croissance économique détermine la demande de transport, mais d'analyser comment l'évolution de la demande de transport peut tendre vers un niveau et une structure pré-déterminés, de façon compatible avec la croissance économique et démographique. La notion même d'élasticité de la demande de transport au PIB est ici remise en cause, sauf à considérer l'élasticité comme un ratio *a posteriori* entre deux taux de croissance largement « découplés ».

Une seconde série de questions vient des hypothèses technologiques elles-mêmes. Jusqu'où peut-on considérer que l'évolution de la technologie et des performances énergétiques et environnementales des modes et véhicules de transport est « neutre » par rapport à la demande de transport ? Si ces performances sont telles que les objectifs de viabilité écologique des transports peuvent être atteints malgré une poursuite tendancielle de la demande de transport, peut-on considérer pour autant une telle poursuite tendancielle comme faisable, compte tenu de l'évolution de la technologie ? Les réponses à ces questions passent certainement par une meilleure compréhension de la façon dont les options technologiques structurent l'organisation même du système de transports à long terme, et, partant, structurent l'aménagement de l'espace et la localisation des activités humaines. Une chose est sûre cependant : la valeur des élasticités de la demande de transport au PIB sera affectée en longue période par ces options technologiques, quand bien même on ne sait pas mesurer quantitativement de combien.

PROJECTIONS TECHNOLOGIQUES

Pour atteindre les objectifs environnementaux fixés, il est nécessaire, dans certains scénarios, d'avoir en 2030 une part importante du stock de véhicules équipé des nouvelles technologies (par exemple : généralisation de la motori-

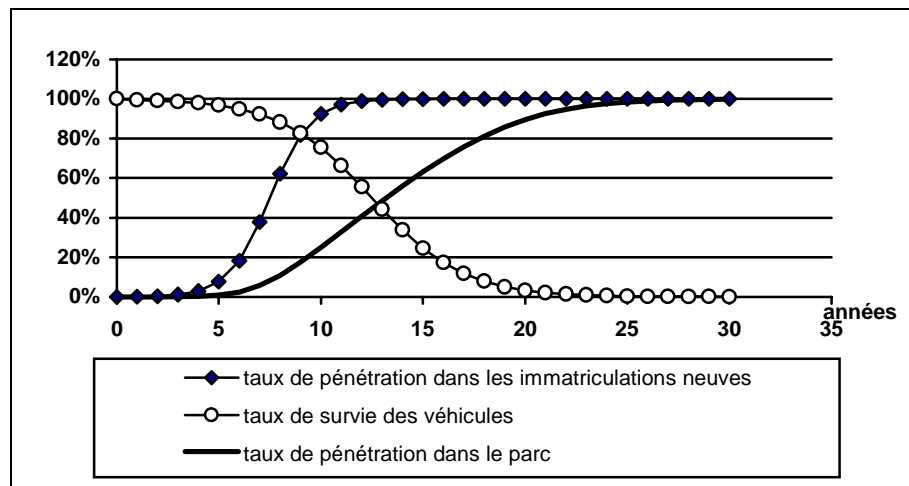
sation électrique, 60 % des véhicules alimentés par des piles à combustibles) ; de ce fait, la question de la date d'introduction des différentes technologies sur le marché, permettant d'atteindre à temps le bon niveau de stock de véhicules équipés, est apparue fondamentale.

Selon certaines études menées par l'ADEME et l'INRETS, 15 ans sont nécessaires pour qu'une nouvelle technologie équipe la totalité des véhicules neufs vendus dans l'année lorsque cette technologie entre naturellement sur le marché, c'est-à-dire en l'absence d'incitation réglementaire (normes). C'est le cas de la climatisation automobile par exemple. Cela prend encore plus de temps pour équiper le stock total de véhicules, en raison de son rythme naturel de renouvellement en l'absence d'incitation financière (prime) ou réglementaire (contrôle technique) à une accélération du renouvellement des véhicules. Il s'agit donc d'hypothèse conservatrices en matière de dynamique de pénétration de nouvelles technologies de véhicules.

La Figure 1 montre pour les voitures et les utilitaires légers, dans des conditions de marché normales, le calendrier d'évolution :

- du taux d'équipement pour les immatriculations de véhicules neufs,
- du taux de survie pour les véhicules restant, selon leur âge,
- du taux de pénétration dans le stock total.

Figure 1 : Courbes de diffusion de technologie en conditions normales



Source : ADEME

On constate ainsi qu'en l'absence d'incitations particulières, il faut approximativement 30 ans pour qu'une technologie nouvelle pénètre totalement le stock de véhicules. Ce délai peut être raccourci du fait de la mise en place d'incitations visant à accélérer le rythme de pénétration dans les immatriculations neuves et à accélérer le rythme de remplacement du parc en place.

Ce processus peut être divisé en trois phases différentes, dont la durée « naturelle » peut être raccourcie du fait des incitations ci-dessus :

- phase 1 (approximativement 5 ans en conditions normales) : phase d'apprentissage du marché ;
- phase 2 (approximativement 10 ans en conditions normales) : développement du marché. A la fin de cette phase, chaque véhicule neuf vendu est équipé de la technologie ;
- phase 3 (approximativement 15 ans en conditions normales) : pénétration massive de la technologie dans l'ensemble du stock.

PROJECTION DES FACTEURS D'ÉMISSION

Les facteurs d'émission des polluants atmosphériques sont issus du « manuel sur les facteurs d'émission des transports routiers » Allemagne/Suisse (BUWAL/UBA/INFRAS, 1995). Les facteurs de réduction pour de futurs concepts de véhicules sont issus d'une proposition de UBA (GORISSEN, 1996). Le processus est le suivant :

- pour prendre en compte le développement technologique, la pondération est faite séparément pour chacune des trois tranches de temps (1990 / 2010 / 2030). Les facteurs d'émission relatifs aux différents concepts (par exemple EURO 1, EURO 2, EURO 3, EURO 4...) sont donc pondérés en conséquence.
- Le manuel fournit les facteurs d'émission pour chacune des classes de véhicules et pour les différents concepts technologiques (les années 80, EURO 1, EURO 2). En outre, les taux de réduction sont pris en considération sur la base de la proposition d'UBA (Tableau 1).
- La structure du trafic en 1990 est directement issue du manuel. La procédure de pondération est faite spécifiquement pour 2010 et 2030, en utilisant les taux de réduction mentionnés ci-dessus. On suppose qu'EURO 4 commence à être appliqué en 2005 et EURO 5 en 2015.

Tableau 1 : Taux de réduction des émissions spécifiques des véhicules routiers (en % par rapport au niveau EURO 2)

	COV	NO _x	P.M.	CO ₂
Poids lourds				
taux EURO 4 de réduction (2005)	-40	-40	-70	-10
taux EURO 5 de réduction (2015)	-60	-60	-80	-20
Voitures de tourisme essence				
taux EURO 4 de réduction (2005)	-50	-50		-30
taux EURO 5 de réduction (2015)	-70	-70		-50
Voitures de tourisme diesel				
taux EURO 4 de réduction (2005)	-30	-50	-70	-20
taux EURO 5 de réduction (2015)	-50	-70	-80	-40

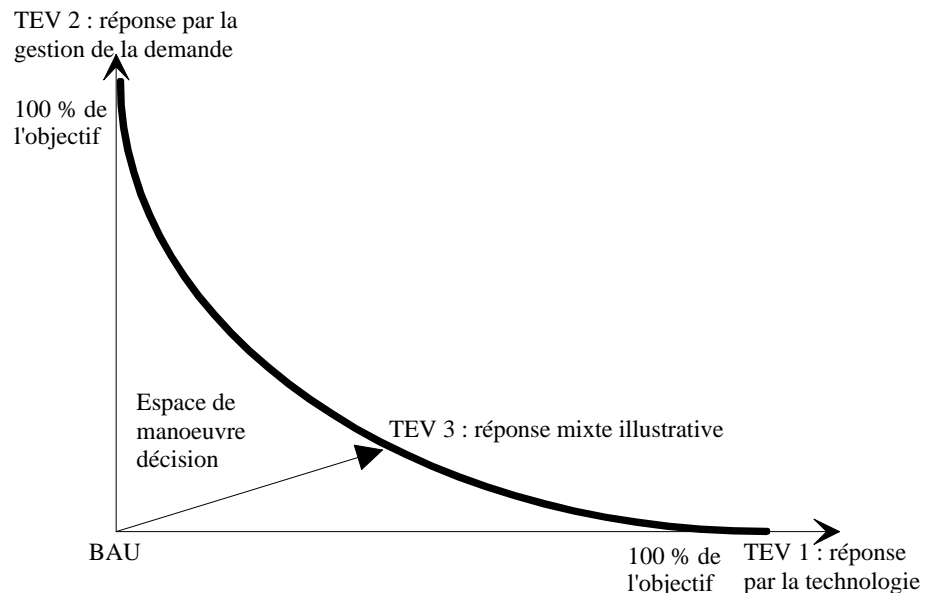
On notera que les niveaux de normes entrant en vigueur à l'horizon 2005 sont déjà arrêtés et donc connus. Par ailleurs, on est assuré que les extra-

polations au niveau EURO 5 sont crédibles compte tenu des développements technologiques récents sur les systèmes de dépollution d'une part (filtre à particules et catalyseur DeNO_x) et du fait de l'accord volontaire de réduction des émissions de CO₂ signé entre la Commission Européenne et l'Association des Constructeurs Européens d'Automobiles : 140 gCO₂/km en 2008 pour la moyenne des ventes, et 120 gCO₂/km en 2012, contre 180 en 1995.

2. QUATRE SCÉNARIOS POUR ÉTUDIER LA VIABILITÉ ÉCOLOGIQUE

Quatre scénarios ont été élaborés et quantifiés pour évaluer « les transports écologiquement viables » dans l'Arc Alpin pour l'année 2030¹ : un scénario dit « laisser-faire » dont la caractéristique principale est de servir d'étalon pour l'évaluation des scénarios dits « TEV », et trois scénarios « TEV » dont la finalité principale est de décrire le champ du possible et l'espace des décisions en matière de transports écologiquement viables. Deux axes majeurs sont ainsi explorés, qui sous-tendent la viabilité écologique des transports : la technologie et la demande de transport. Un des scénarios, TEV 1, explore le seul axe technologique ; un autre, TEV 2, le seul axe de la demande de transport ; le troisième, TEV 3, une combinaison (parmi d'autres) des deux axes (Figure 2).

Figure 2: Scénarios TEV et espace de manœuvre de décision



¹ La description et les résultats détaillés de ces quatre scénarios font l'objet du rapport de synthèse de la phase 2 de l'étude OCDE/EST, Région Alpine (OCDE, 1999). Une synthèse, intitulée « Transport Alpains Ecologiquement Viables », a été préparée pour le colloque de Chambéry (Janvier 2000) et un addendum pour la Conférence de Vienne (Octobre 2000).

LE « LAISSER-FAIRE » : UN SYSTÈME DE TRANSPORT TRÈS LOIN DE LA VIABILITÉ ÉCOLOGIQUE

Le « laisser-faire » (scénario « Business As Usual-BAU ») est un scénario qui prend en compte simultanément :

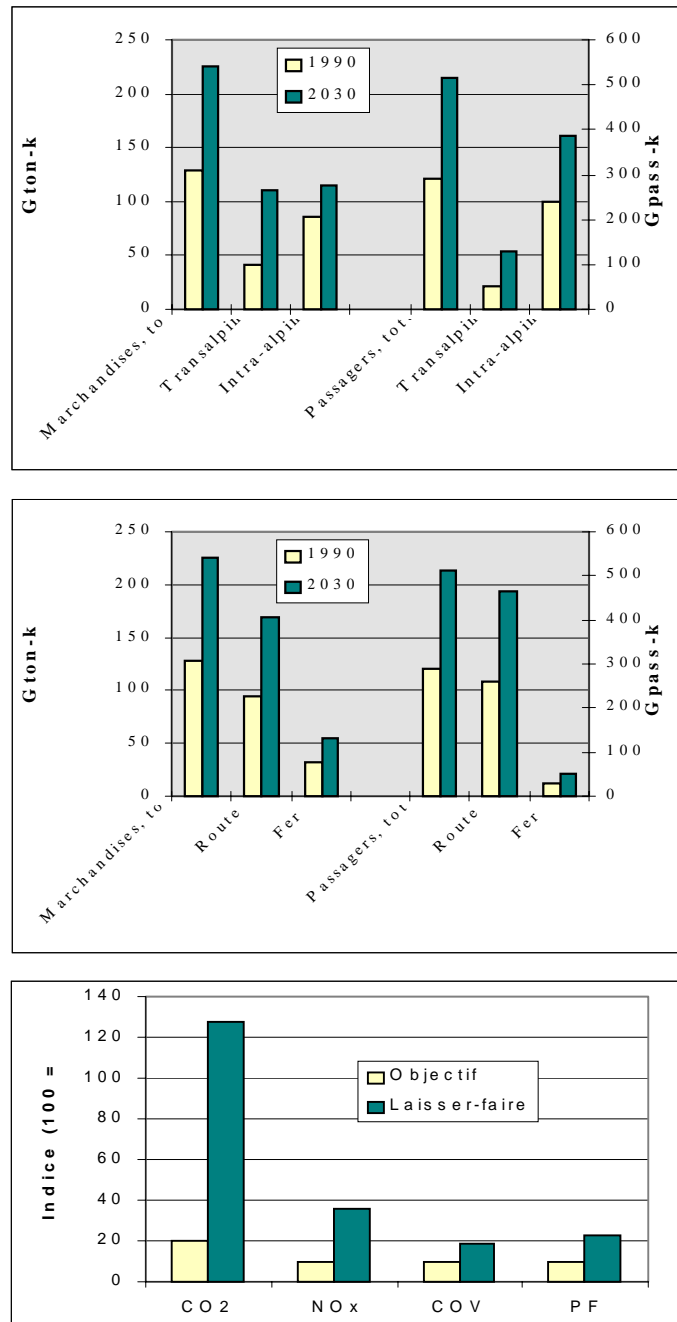
- le développement attendu du système de transport dans l'hypothèse d'une poursuite des tendances historiques, et les conséquences sur l'énergie et l'environnement,
- les idées et les perspectives actuelles des experts quant au développement futur du système de transport et de ses effets sur l'énergie et l'environnement.

La plupart des hypothèses retenues pour spécifier ce scénario sont issues des réglementations existantes, de l'accord volontaire ACEA sur les niveaux d'émissions spécifiques de CO₂ des voitures neuves pour 2010, des études récentes, des prévisions officielles et des programmes de développement. Ces hypothèses portent sur les facteurs d'émission, le développement des infrastructures et de l'offre de transport, ainsi que sur les ratios d'équipement en transport. Selon les pays, elles concernent également soit les développements des trafics eux-mêmes, soit les élasticités de ces trafics aux variables macro-économiques (en particulier au PIB), à un niveau plus ou moins désagrégé. Pour l'équipement des ménages en véhicules et motos, on suppose que mono et multi-équipement continueront à se développer comme par le passé jusqu'aux niveaux de saturation, et se stabiliseront après.

Le « laisser-faire » montre très clairement un développement du transport dans la région alpine qui s'écarte fortement des objectifs de viabilité écologique (Figure 3). Malgré le fait que des améliorations techniques importantes sont supposées se produire dans ce scénario (par exemple le filtrage des particules et les catalyseurs De-NO_x pour les moteurs Diesel, des voitures plus efficaces avec des consommations moyennes voisines de 5 l/100km), les émissions de polluants sont au delà des objectifs de réduction exigés. Cela vaut particulièrement pour le CO₂ où les émissions futures (2030) seront 30 % au-dessus du niveau 1990 ; ceci vaut également pour les autres polluants (NO_x, COV, PM) même si l'écart est plus faible.

Évidemment, le développement des infrastructures routières et ferroviaires déjà prévu et nécessaire pour s'adapter au développement du trafic jusqu'à 2030, ainsi que les effets indirects sur l'emprise au sol des infrastructures et du développement du trafic, augmenteraient considérablement la part du territoire consacrée aux activités de transport, en particulier dans la partie la plus sensible de la région alpine : les vallées accueillant les itinéraires internationaux. De ce point de vue, ainsi que pour le bruit, la situation se détériorerait fortement par rapport à la situation actuelle, malgré les améliorations technologiques considérées dans ce scénario, et s'éloignerait ainsi certainement des objectifs de viabilité.

Figure 3: Trafics et émissions en 2030 dans l'Arc alpin, scénario « laisser-faire »



L'analyse de sensibilité effectuée sur les élasticités de demande de transport (Cf. supra) montre que le trafic de marchandises transalpin pourrait se développer plus lentement que ce que suggère la poursuite des tendances. Mais

même dans ce cas, on serait encore très loin de ce qu'exige la viabilité écologique.

A défaut de décrire un univers écologiquement viable, le « laisser-faire » constitue un bon étalon pour mesurer les réductions d'émissions à réaliser pour atteindre les objectifs de viabilité en 2030. Les trois scénarios TEV décrits maintenant illustrent trois « réponses » différentes par lesquelles ces objectifs pourraient être atteints.

TEV 1 : LA RÉPONSE TECHNOLOGIQUE

Le scénario TEV 1 décrit comment les objectifs de viabilité peuvent être atteints dans le même contexte socio-économique général que celui du scénario BAU, par la seule amélioration des technologies existantes de transport et le développement de nouveaux moteurs et de véhicules moins polluants. Utopie technologique d'une certaine façon, TEV 1 est néanmoins construit à partir des seules technologies qui sont déjà commercialisées ou qui sont suffisamment avancées pour que la commercialisation puisse débiter avant 2015.

Les trafics et les allocations modales demeurent inchangés par rapport au scénario BAU. Malgré les doutes exprimés plus haut, mais pour des raisons didactiques, on suppose donc fondamentalement que les changements technologiques, aussi profonds soient-ils, n'induisent aucun changement majeur de niveau, ni de déformation structurelle majeure, dans le système de coûts et prix relatifs du transport, et dans la demande de transport. En conséquence, dans le scénario TEV 1, les objectifs de viabilité écologique sont censés être atteints seulement grâce aux innovations technologiques.

Ce scénario montre que même dans le cas d'un développement tendanciel de la demande de transport (identique à celui du BAU), les critères de viabilité écologique pour les émissions de polluants et, dans une moindre mesure le bruit, peuvent être atteints par la seule technologie. Les technologies appropriées sont déjà connues et le calendrier de leur développement industriel et de leur pénétration sur le marché est compatible avec l'horizon 2030.

Cependant trois problèmes principaux demeurent.

- L'objectif de réduction des émissions de CO₂ semble être le plus difficile à atteindre par le seul développement technologique. Cela suppose une contribution majeure des piles à combustible embarquées sur les véhicules, alimentées avec de l'hydrogène lui-même produit sans libération de CO₂ et distribué sur une grande échelle. Au regard des connaissances scientifiques actuelles, concernant les systèmes de motorisation à piles à combustible, les rendements pris en compte doivent être considérés comme des limites supérieures mais néanmoins théoriquement atteignables. De telles options techniques nécessitent de disposer d'une production d'hydrogène en grande

quantité pour laquelle il n'y a que deux alternatives de production : à partir du gaz naturel, avec émission fatale de CO₂, ou par l'électrolyse de l'eau. Pour que ce dernier type de production n'émette pas de CO₂, cela suppose que l'électricité nécessaire pour produire l'hydrogène devrait elle-même être produite sans émissions de CO₂, c'est-à-dire par le nucléaire, ce qui induit d'autres types de risques sur la santé et l'environnement, l'énergie hydraulique ou d'autres énergies renouvelables. Cela impliquerait un changement fondamental du système de production d'électricité de la plupart des pays européens par rapport à la situation actuelle.

- Un développement tendanciel des trafics (comme dans le BAU) augmenterait le besoin d'infrastructures neuves de route et de rail au delà de ce qui est déjà programmé, et rendrait les effets directs et indirects sur l'emprise au sol beaucoup plus importants qu'aujourd'hui, particulièrement dans les vallées alpines. La technologie seule ne peut résoudre ce problème et ne peut donc contribuer à la viabilité de ce point de vue.
- Les améliorations technologiques réduiraient de manière significative l'émission de bruit à la source (véhicules routiers ou trains), mais pas suffisamment pour atteindre les objectifs visés (les bruits de roulement demeurent). Des murs anti-bruit et des tunnels supplémentaires seraient certainement nécessaires près des zones urbaines, ce qui contribuerait également en partie à résoudre le problème d'emprise au sol, mais ce qui exigerait des investissements supplémentaires importants dans les infrastructures, peu compatibles avec les hypothèses retenues sur les prix/coûts et la demande de transport.

En conséquence, bien qu'il remplisse les critères d'émissions, le scénario TEV 1 semble avoir des difficultés à répondre à **tous** les critères de viabilité simultanément et, de plus, sa bonne fin exige d'apporter une solution au problème de la production d'électricité.

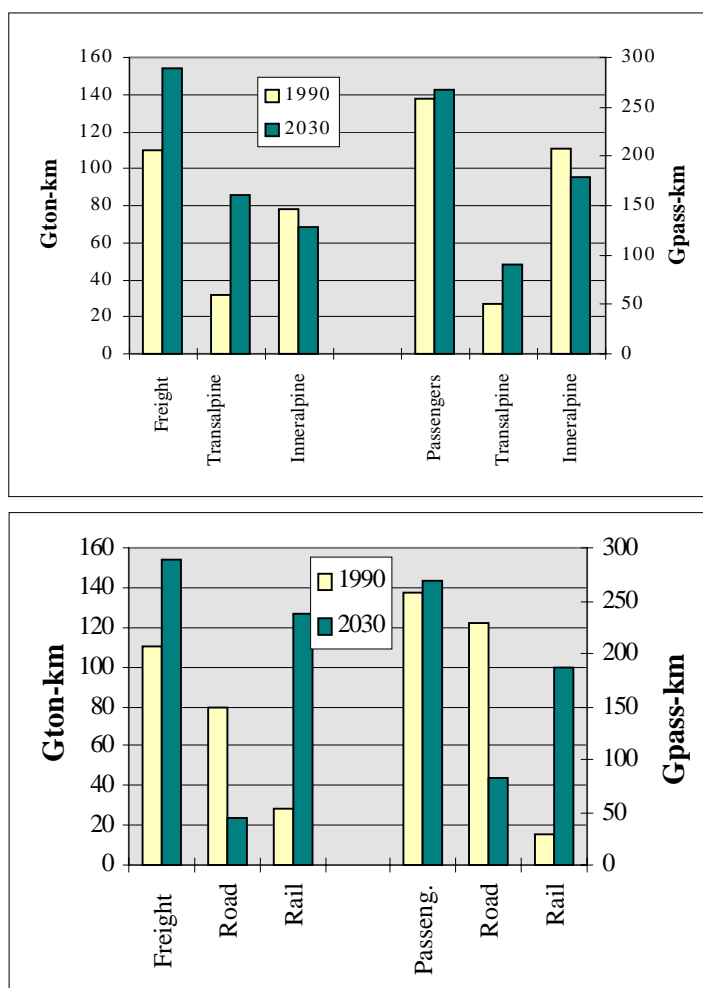
TEV 2 : LA RÉPONSE PAR LA GESTION DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE

Le scénario TEV 2 montre comment les objectifs de viabilité peuvent être atteints dans le même contexte socio-économique général que celui du scénario BAU, grâce uniquement à la réduction de la demande de transport et la modification de la répartition modale des trafics en faveur des modes non ou faiblement polluants tels que le rail, les voies d'eau, le vélo, les transports en commun ou la marche à pied. Basé sur des projections normatives de trafics et de répartitions modales, TEV 2 est construit en articulant ces projections avec un jeu d'hypothèses sur l'aménagement de l'espace, la planification urbaine, les infrastructures de transport et l'internalisation des coûts externes. Bien qu'extrêmes, ces hypothèses font actuellement l'objet de discussions approfondies dans tous les pays impliqués dans l'étude alpine.

Pour ce qui concerne les technologies des moyens de transport, il n'y a par construction aucune différence entre le scénario TEV 2 et le scénario BAU. Par conséquent, les mêmes facteurs d'émission s'appliquent dans les deux scénarios.

Du strict point de vue du système de transport, TEV 2 montre que les critères de viabilité pour les émissions de polluants peuvent être atteints par la seule transformation du modèle de demande et d'offre de transport, avec la même technologie que dans le BAU (Figure 4). L'internalisation complète des externalités environnementales dans les prix de transport, en rendant très attractif l'usage des modes de transport les moins polluants, en rendant les villes aux piétons, aux bicyclettes et aux transports en commun, pourrait conduire à des émissions de polluants compatibles avec les critères de viabilité.

Figure 4 : Développement du trafic dans TEV 2, 1990-2030, région alpine



Une telle évolution de la demande de transport et de la répartition modale exigerait des changements structurels importants à la fois dans le secteur des transports et dans l'organisation générale de la production et de la distribution. Ces deux domaines de changements structurels n'étant pas limités à une zone géographique particulière nécessiteraient donc une coopération transnationale.

Ce scénario pose toutefois plusieurs problèmes majeurs.

- Infléchir l'évolution de la demande et de l'offre de transport par rapport aux tendances historiques au point de répondre aux critères de viabilité pour les émissions, exigerait un énorme changement des comportements, des mentalités et des priorités sociales, dont on peut douter de la réelle acceptabilité sociale et politique.
- Les inflexions nécessaires de la demande et de l'offre de transport supposeraient également de modifier profondément les schémas d'urbanisation et d'aménagement du territoire vers une densité plus forte, en particulier dans les grandes agglomérations où il n'y a pas de problème d'espace, comme c'est souvent le cas en France. Les distances quotidiennes de voyages devraient être massivement réduites pour correspondre aux distances de marche/vélo et les zones d'habitation/travail/shopping devraient se concentrer le long des itinéraires de transport en commun, ce qui est à l'opposé des tendances courantes.
- L'objectif de réduction des émissions de CO₂ semble le plus difficile à atteindre par des inflexions de la demande et de l'offre de transport. Cela exigerait en particulier un glissement très important de la route vers le rail pour les marchandises et les passagers, et une électrification complète de tout le trafic ferroviaire additionnel. Ceci exigerait également que l'électricité additionnelle nécessaire pour alimenter les trains soit produite sans émissions de CO₂, c'est-à-dire par le nucléaire, l'énergie hydraulique ou d'autres énergies renouvelables, au moins pendant la nuit et les périodes creuses.
- L'évolution nécessaire de l'offre et la demande de transport aurait également comme conséquence une augmentation significative des infrastructures ferroviaires et des services associés, qui rendrait les effets directs et indirects sur l'emprise au sol et les émissions de bruit plus graves qu'aujourd'hui, particulièrement dans les vallées alpines. En conséquence, il semble difficile de remplir les critères de viabilité pour le bruit et l'emprise au sol dans un tel scénario, même si le trafic routier est réduit dans le même temps.

TEV 3 : ATTEINDRE LA VIABILITÉ ÉCOLOGIQUE DES TRANSPORTS EN COMBINANT INFLEXIONS DE LA DEMANDE DE TRANSPORT ET RUPTURES TECHNOLOGIQUES

Le scénario TEV 3 décrit une des voies possibles pour atteindre les objectifs de viabilité dans le même contexte socio-économique général que celui du

scénario BAU, en combinant certaines ruptures technologiques du scénario TEV 1 et certaines modifications d'organisation du système de transport considérées dans le scénario TEV 2.

Ce scénario a été construit sur la base d'un compromis entre accorder plus de temps au développement commercial de technologies entièrement nouvelles et ne retenir que ce qui est le plus facilement acceptable, du point de vue économique et social, dans la transformation nécessaire du système de transport (Figure 5). Dans TEV 3, l'internalisation progressive des externalités dans le prix des services de transport contribue à une augmentation des coûts de transport globaux et sectoriels. Cette augmentation rend les technologies de pointe, dont l'élaboration et la diffusion sont supportées par des politiques gouvernementales, progressivement plus attrayantes pour les fabricants et les consommateurs.

Plusieurs combinaisons entre ruptures technologiques et changements de gestion des transports peuvent permettre d'atteindre les objectifs de viabilité écologique des transports en 2030, pour les émissions et, partiellement, le bruit. Toutes ces variantes exigent des actions transnationales concertées, en particulier en ce qui concerne la demande de transport transalpin, et s'imposent également aux pays situés en dehors de la région alpine. En effet, les mesures purement locales ne sont certainement pas suffisantes pour ramener les charges environnementales au niveau de viabilité recherché, puisqu'elles ont des effets limités sur la technologie et sur la demande de transport transalpin.

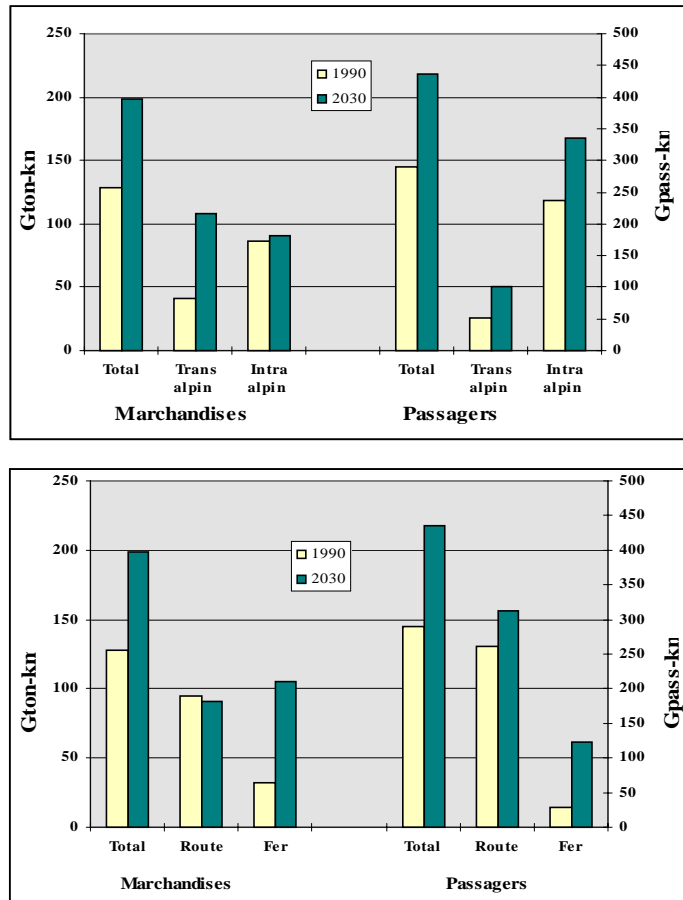
Le problème, souligné à propos de TEV 1, des émissions liées à la production d'électricité demeurerait dans un scénario TEV 3, en particulier dans le cas d'un grand développement des piles à combustibles, si l'électricité n'est pas produite avec des techniques non émettrices de CO₂. Les analyses de sensibilité montrent que les objectifs de viabilité écologiques pourraient être atteints dans un scénario TEV 3 avec seulement des piles à combustible à GPL ou à méthanol (avec reformeur embarqué), pourvu que la production d'électricité pour alimenter les chemins de fer soit massivement non émettrice de CO₂.

Un développement important des infrastructures ferroviaires est nécessaire dans un tel scénario, quelle que soit la combinaison entre ruptures technologiques et inflexions de la demande de transport qui respecte les critères de viabilité pour les émissions. Ceci soulève des questions au regard de l'emprise au sol, à moins que des changements fondamentaux ne soient réalisés dans la gestion des infrastructures ferroviaires et que des priorités nouvelles soient établies pour le développement futur des nouvelles infrastructures visant à limiter le développement des infrastructures routières.

En dépit des améliorations technologiques et des réductions relatives d'émission de bruit à la source, y compris pour les matériels de transport

ferroviaire, les objectifs de viabilité pour le bruit pourraient être difficiles à atteindre en raison du développement croissant du rail et du trafic routier résiduel, à moins que des mesures additionnelles de réduction du bruit ne soient prises.

Figure 5 : Développement du trafic dans TEV 3, 1990-2030, région alpine



Quelle que soit la combinaison entre ruptures technologiques et inflexions de la demande de transport qui respecte les critères de viabilité pour les émissions, des changements cruciaux des comportements, des mentalités et des priorités sociales sont nécessaires. En particulier, une transformation des schémas d'urbanisation et d'aménagement du territoire, dans un sens favorisant l'usage mixte du sol, devrait avoir lieu.

3. COMMENT FAIT-ON ?

Comme il a été dit plus haut, les scénarios TEV 1 et TEV 2 permettent de déterminer un espace de manœuvre à l'intérieur duquel se situent les différentes combinaisons de contributions de la technologie et de la gestion

du système de transports (réduction de la demande, reports modaux, meilleure utilisation des véhicules) à l'effort nécessaire pour atteindre les objectifs fixés de réduction des nuisances. Cette approche permet de mettre en évidence la plus ou moins grande facilité de mise en œuvre des différents scénarios mixtes étudiés et de se concentrer sur les plus « raisonnablement faisables »².

LE BILAN DES EFFORTS

Le Tableau 2 dresse un bilan des efforts nécessaires dans les différents domaines - technologie, réduction de la demande, reports modaux, meilleure utilisation des véhicules - pour atteindre l'objectif de viabilité écologique pour le CO₂ (le plus contraignant) dans les différents pays de l'Arc Alpin, pour un scénario TEV 3 central.

Tableau 2 : Bilan des efforts pour l'Autriche, la France, l'Italie et la Suisse

Estimation du pourcentage d'efforts relatifs à chaque méthode	Autriche	France	Suisse	Italie
(i) Réduction d'émission par unité d'activité, pour les mêmes types de véhicule grâce aux changements technologiques ou la réduction de taille des véhicules	61 %	66 %	67 %	42 %
(ii) Réduction des activités de transport, moins de tonnes-km, moins de pass.-km	17 %	13 %	10 %	13 %
(iii) Réduction des émissions par unité d'activité grâce à l'utilisation de modes plus efficaces, c'est-à-dire par substitution modale	16 %	11 %	8 %	27 %
(iv) Réduction des émissions par unité d'activité en utilisant les mêmes modes plus efficacement, c'est-à-dire avec un meilleur facteur de charge	6 %	11 %	16 %	18 %

Hormis pour l'Italie, ce bilan des efforts montre que deux tiers du chemin environ est parcouru grâce au progrès de la technologie, et que, pour la France (dans sa partie alpine), le reste des efforts s'équilibre entre les différentes composantes de l'inflexion de la demande par rapport aux tendances historiques. Comme le montre ce tableau, pour aussi ambitieux qu'ils soient, les critères de viabilité écologique n'imposent pas dans le scénario TEV 3 retenu, loin s'en faut, de « révolution » dans la demande de transport : si l'on exprime le pourcentage d'effort en pourcentage d'émissions de CO₂ évitées, la réduction brute de la demande de transports motorisés (par rapport au « laisser-faire ») ne représente que 10 % des émissions du secteur des transports de 1990, les substitutions modales et l'amélioration des facteurs de charge des véhicules 9 % chacune.

² On trouvera une analyse détaillée des conditions de mise en œuvre des scénarios TEV dans le rapport de synthèse de la phase 3 de l'étude OCDE/EST Région Alpine.

On notera toutefois que l'Italie accorde un poids relatif beaucoup plus important aux substitutions modales de la route vers le rail, pour les passagers comme pour les marchandises, et par conséquent un poids relatif moindre aux changements technologiques. Deux raisons à cela. La première vient de ce qu'en Italie, le déséquilibre en faveur de la route est plus prononcé que dans les trois autres pays en 1990, et ouvre de ce fait un potentiel plus large pour les substitutions de la route vers le fer dans les scénarios TEV ; par voie de conséquence, les changements technologiques sur les véhicules routiers ont un impact relatif plus faible. La seconde raison est liée à la structure de production d'électricité en Italie, assez différente des autres pays alpins : en Autriche, en France et en Suisse, on fait l'hypothèse que l'électricité sera produite majoritairement sans émissions de CO₂, alors qu'en Italie, la plupart de l'électricité sera produite à partir de combustibles, principalement de gaz.

STRATÉGIES, INSTRUMENTS ET MESURES POLITIQUES

Les stratégies pour mettre en œuvre les TEV seront basées sur l'adoption de paquets de mesures. Ces mesures peuvent être en gros divisées en trois catégories correspondant aux trois objectifs stratégiques majeurs.

- i. Les mesures destinées à réduire le volume total de transport de passagers et de marchandises comparé au laisser-faire (changements dans les modes de déplacements et d'utilisation du sol, changements dans le système de production et d'implantation industrielle).
- ii. Les mesures destinées à influencer un changement de mode de transport vers des modes moins nuisants (promotion du trafic non motorisé et des transports publics pour les passagers, du transport par voie ferrée et par voie navigable pour les marchandises)
- iii. Les mesures destinées à réduire les effets négatifs des véhicules « conventionnels » (en encourageant la mise en œuvre des meilleures technologies disponibles et de stricts standards d'émission, en augmentant le taux d'occupation et le facteur de charge des véhicules).

L'adoption et la mise en œuvre de ces mesures nécessitent le recours à un ensemble d'instruments. Dans le cadre de la phase 3 du projet OCDE/TEV, les équipes d'experts de tous les pays participants, y compris celles des pays alpins, ont analysé et spécifié les instruments disponibles et ceux additionnels nécessaires à la réalisation des transports écologiquement viables :

- instruments économiques et fiscaux pour une tarification et une taxation efficace et raisonnable, visant à internaliser les coûts externes liés aux émissions polluantes et aux émissions de CO₂, à l'utilisation de l'espace public et à l'émission de bruit ;
- instruments réglementaires visant à fixer les « règles du jeu » pour les spécifications des carburants, les niveaux d'émission des véhicules pour les principaux polluants et le bruit, et pour l'utilisation de

- l'espace public et des infrastructures ;
- mobilisation des fonds pour les investissements d'amélioration et d'extension des services et infrastructures des transports plus écologiques tels le rail, les transports publics, la marche et la bicyclette ;
 - instruments institutionnels visant à adapter l'organisation de la gouvernance à la mise en œuvre des programmes de gestion de la demande de transport, aux niveaux national et international, et à l'intégration des plans de développement urbains et régionaux, ainsi que les objectifs et contraintes écologiques, dans les politiques et programmes de transport ;
 - accords volontaires visant à associer le secteur privé à l'effort vers un développement soutenable ;
 - éducation et communication visant à accroître la sensibilité et l'information du public quant aux impacts des activités de transport sur la santé et l'environnement, à influencer son comportement de déplacement et ses critères de mobilité, en particulier par l'intermédiaire de l'école et du secteur éducatif ;
 - innovation, recherche et projets pilotes pour des solutions innovantes au problème du transport écologiquement viable, comme le covoiturage ; les transports publics flexibles ; la gestion de la mobilité et les nouveaux services et systèmes d'information d'aide à la mobilité ; le tourisme, les modes de vie et les structures urbaines sans voiture.

Les instruments et mesures politiques, identifiés et spécifiés par les équipes d'experts impliquées dans le projet OCDE/TEV, correspondent d'abord aux conditions économiques, politiques et sociales propres à chaque pays, sans souci particulier de ce qui se passe ailleurs : leur mise en œuvre dans l'un quelconque des pays de l'Arc Alpin peut avoir dès lors des résultats inattendus et contradictoires aussi bien en termes de programmation que d'impacts du fait de ce qui a été décidé ailleurs au même moment.

De plus, cette mise en œuvre nécessite des actions de nombreuses composantes de la société, aux échelles internationale (en particulier l'Union Européenne), nationale, régionale et locale, incluant les politiciens, les autorités administratives, les scientifiques, les ONG, le secteur privé et les simples citoyens.

Pour avoir une meilleure compréhension des conditions de mise en œuvre, la question de la convergence des instruments et mesures politiques entre pays de l'Arc Alpin a été considérée avec attention. Le Tableau 3 compare d'abord les instruments et mesures déjà mis en œuvre ou décidés dans les quatre pays alpins, ainsi que ceux considérés comme nécessaires pour atteindre les objectifs TEV, lesquels sont déjà inscrits dans les agenda politiques nationaux pour la plupart. Il propose ensuite une gradation de ces instruments et mesures selon le degré de consensus entre pays alpins quant à leur nécessité au regard des objectifs de TEV.

Tableau 3 : Instruments et mesures nécessaires pour atteindre les TEV

Les **niveaux décisionnels** (D dans le tableau) sont indiqués comme suit:

A : décisions internes aux pays alpins, nationales, régionales et locales ;

E : décisions au niveau de l'Union Européenne ou similaires (assoc. internationales...);

B : décisions aux deux niveaux.

Le **niveau de consensus** sur les instruments entre pays alpins (G) est indiqué comme suit :

1 instruments pour lesquels le consensus entre tous les pays alpins existe déjà (déjà en place ou programmés dans tous les pays alpins sans exception).

2 instruments pour lesquels le consensus entre tous les pays alpins est très proche (considérés comme nécessaires pour atteindre les objectifs de TEV 3 par les 4 pays).

3 instruments pour lesquels le consensus n'est pas encore réalisé (considérés comme nécessaires pour atteindre les objectifs de TEV 3 par 3 pays).

4 instruments pour lesquels il n'y a pas d'accord (considérés comme nécessaires pour atteindre les objectifs de TEV 3 par la moitié des pays seulement).

5 instruments pour lesquels le consensus sera difficile (en place, programmés ou considérés comme nécessaires pour atteindre les objectifs de TEV 3 dans un seul pays).

Le **statut de mise en œuvre** est indiqué comme suit :

F1, A1, S1, I1 : Instruments déjà en place ou programmés en France, Autriche, Suisse, Italie.

F2, A2, S2, I2 : Instruments additionnels en cours de discussion et/ou nécessaires pour atteindre les objectifs de TEV 3 en France, Autriche, Suisse et Italie.

INSTRUMENT	D	G	S	S	F	F	A	A	I	I
			1	2	1	2	1	2	1	2
FISCAL, ÉCONOMIQUE										
Carburants et émissions										
Taxe CO ₂ /énergie	A	2	■		■			■		■
Permis CO ₂ négociables, consommateurs finals	B	3				■				
Incitations aux bio-carburants, GPL, GNV et autres...	A	3			■					■
Vignette annuelle pour les voitures selon le niveau d'émissions	A	3		■						
Harmonisation par le haut de la fiscalité des carburants dans l'UE	B	4			■					
Utilisation de la route et de l'espace public										
Péages routiers sur le réseau routier/autoroutier principal	A	1	■		■		■		■	
Tarification de l'usage de la route pour les voitures, VUL... toutes infrastructures routières	A	2		■				■		■
Camions : tarification de l'usage de la route/ taxation basée sur le nombre de tonnes-km effectuées, base européenne	B	2		■						
Parking : extension et accroissement des péages	A	2			■					■
Restructuration de la fiscalité foncière, subventions aux programmes immobiliers	A	4				■				
Restructuration des aides publiques régionales et des fonds de développement structurels	A	4								■
Véhicules et technologie										
Incitations pour l'achat de véhicules électriques et à très basses émissions	A	1	■		■		■		■	■
Incitations pour l'achat de véhicules hybrides et à pile à combustible	A	3			■	■		■		■
Incitations pour le renouvellement accéléré des flottes de transport public	A	5								■
Incitations pour convertir les voitures de l'essence au GPL et au GNV	A	5								■
Pratiques et modes favorables à l'environnement										
Subvention au transport multi-modal	B	3	■		■		■			
Réduction de la fiscalité sur les carburants pour les transports publics	A	4	■		■					

Marchandises										
Système d'éco-points pour les camions	B 4									
Chemin de fer										
Harmonisation internationale des réglementations	E 2									
Suivi										
Contrôle plus sévère des vitesses et temps de conduite des camions	B 2									
ACCORDS VOLONTAIRES										
Niveaux d'émissions spécifiques de CO ₂ des voitures	E 1									
Opérations bio-carburants concertées dans le secteur public	A 3									
Performance environnementale des 2 roues	B 5									
ÉDUCATION ET COMMUNICATION										
Mise en place de programmes nationaux de sensibilisation	A 2									
Formation des conducteurs à la conduite éco-efficente	A 3									
Mise en place d'actions d'éducation sur la « mobilité soutenable » dans les écoles et les jardins d'enfants	A 4									
INNOVATION										
Journées « sans-voiture »	A 1									
Transport public : covoiturage, nouvelles approches (transport public flexible)	A 1									
Mise en place de systèmes d'information sur les déplacements	A 2									
Développement du tourisme et des stations touristiques sans voiture	A 3									
Aménagement urbain : promotion des villes nouvelles et quartiers sans voiture	A 4									
Encouragement de la gestion des déplacements dans les entreprises	A 4									
Mise en place de centres régionaux de mobilité	A 5									

La Figure 6 donne un éclairage global sur la nature des instruments prévus, leur existence dans les différents pays, le niveau de consensus entre les pays quant à leur application et le niveau politique de prise de décision. On constate deux points importants : la plupart des instruments envisagés existent déjà dans au moins un pays sur quatre, plus des 2/3 des instruments font l'objet d'un consensus existant ou en voie d'achèvement entre les 4 pays.

COMMENT ÉVALUER LES SCÉNARIOS TEV ?

L'évaluation des scénarios TEV part d'un constat relativement contraignant : au delà d'une dizaine d'années, les modèles économiques habituels, construits largement sur des corrélations statistiques historiques et des coefficients techniques déterminés par un état donné de la technologie, ne peuvent permettre d'appréhender de façon pertinente et fiable les conséquences macro-économiques et sectorielles à 2030 de scénarios non tendanciels.

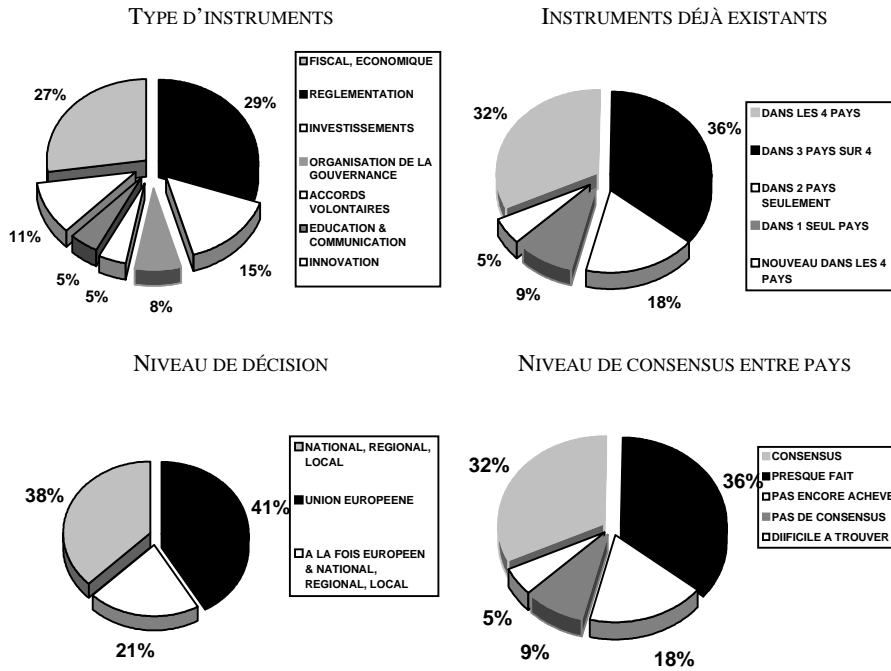
Pour autant, l'évaluation économique et sociale des impacts des mesures supposées mises en œuvre dans ces scénarios, ainsi que l'évaluation des conditions économiques et sociales qui prévaudront en 2030 dans ces scénarios, restent une nécessité au regard de la décision. L'analyse des impacts économiques des mesures a été développée de façon strictement qualitative (Encadré 1), à deux niveaux :

- au niveau micro-économique, elle a consisté à « mesurer » la fréquence avec laquelle les agents économiques d'un côté, les catégories

de prix et coûts du transport de l'autre, étaient affectés par la mise en œuvre des mesures : impacts directs et ciblés, positifs et négatifs, impacts indirects et non ciblés (Cf. infra).

- au niveau sectoriel, elle a visé principalement à « mesurer » la fréquence avec laquelle les mesures s'adressaient, directement et indirectement, aux objectifs, technologiques et organisationnels sous-jacents à la viabilité écologique des transports, et la fréquence avec laquelle elles avaient indirectement des effets contraires.

Figure 6 : Une vision synthétique des instruments et mesures nécessaires pour atteindre les TEV



Cette analyse qualitative a permis de mieux comprendre et de mieux cerner les inflexions à attendre dans l'évolution des structures économiques, et d'identifier les forces et les intérêts qui sont susceptibles de « pousser » vers la viabilité et ceux qui vraisemblablement s'y opposeront. Tels quels, ces résultats n'ont toutefois qu'une utilité décisionnelle relative, car ils ne peuvent conduire à hiérarchiser les paquets de mesures alternatifs du fait de leurs impacts économiques. L'établissement d'un système de pondération des impacts des mesures permettant de relativiser ces impacts selon les instruments d'une part, et selon les catégories micro-économiques et sectorielles d'autre part, devrait permettre de déboucher prochainement sur une possible hiérarchisation des mesures et des paquets de mesures en vue de la décision (recherche en cours pour le compte du PREDIT).

On peut admettre en première analyse une relative neutralité macro-économique des scénarios TEV par rapport au « laisser-faire », à condition que toutes les technologies et modes d'organisation retenus soient rentables et que les différences dans les systèmes de prix et coûts reflètent bien les différences dans les mécanismes d'internalisation des externalités supportées en tout état de cause par la société.

Encadré 1 : Un exemple d'analyse de l'impact des mesures sur les acteurs économiques

Les mesures affectent des acteurs économiques :

* Soit **directement** quant elles sont ciblées pour modifier directement l'activité ou l'outil de production de cet acteur.

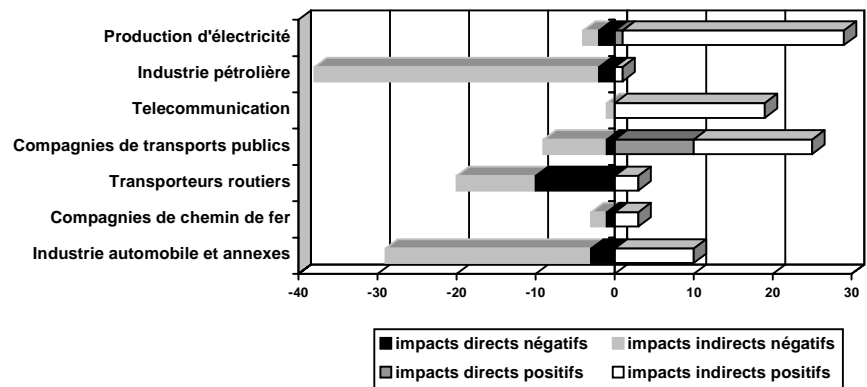
* Soit **indirectement**, quant elles modifient l'activité ou l'outil de production de l'acteur via les effets de complémentarité/substituabilité avec les acteurs directement ciblés, ou via le mécanisme des échanges interindustriels.

Pour saisir la direction et la nature de ces impacts, on utilise le système suivant :

* Le **signe -** traduit une baisse d'activité ou une modification de l'outil de production : il reflète un état spontané d'« opposition » à la mesure de la part de l'acteur.

* Le **signe +** traduit au contraire une hausse d'activité : il reflète un état spontané d'« adhésion » à la mesure de la part de l'acteur concerné.

Fréquence des impacts des mesures sur un échantillon d'acteurs



Dès lors, le choix des mesures et des paquets de mesures peut être dicté par des considérations d'ordre stratégique : « maximiser » les contentements et « minimiser » les mécontentements (minimiser les coûts de transaction) d'une part, tendre vers une demande de transport « optimale » grâce à un système de prix/coûts justes et efficaces au regard des choix des agents économiques d'autre part, enfin maximiser les effets positifs au regard des objectifs sectoriels du TEV et minimiser les rétroactions négatives.

L'HISTOIRE DE LA FAMILLE « ALPINETREE »

La reconnaissance de notre incapacité à traiter des conséquences macro-économiques des scénarios TEV à l'aide des outils quantitatifs traditionnels a conduit au développement d'une série d'analyses quantitatives micro-économiques appliquées aux groupes d'acteurs dominants en 2030. Ces analyses ont pris le plus souvent la forme de bilans « dépenses/recettes » basés sur les éléments physiques propres aux scénarios TEV 3 (trafics, motorisation, partage modal, etc.) et sur des hypothèses de prix et coûts cohérents avec la mise en place des mesures.

Restituées dans le cadre d'une tentative de décrire les conditions de vie et de production au quotidien en 2030 dans le scénario TEV 3 - l'histoire de la famille « Alpinetree » -, ces analyses établissent un lien particulier entre la description des instruments et mesures et leur mise en application d'une part, les flux de trafics et d'équipement dans le scénario TEV 3 d'autre part, et les conditions économiques prévalant dans ce scénario enfin³. On trouvera en Annexe, à titre d'exemple un extrait de cette histoire de la famille « Alpinetree », ainsi que des diagrammes et graphiques qui illustrent les différences majeures, dans les flux économiques, entre la situation actuelle, celle du « laisser-faire » en 2030 et celle du scénario TEV 3 en 2030, telle que mise en scène dans l'histoire de la famille « Alpinetree ».

CONCLUSIONS*LA PERTINENCE DE LA DÉMARCHE TÉLÉOLOGIQUE*

La démarche téléologique (« *backcasting* ») mise en œuvre dans cette étude de l'OCDE s'est révélée particulièrement puissante, tant par les questions et les interrogations qu'elle a fait naître au regard de la décision, que par son aspect profondément heuristique, en particulier dans la méthodologie prospective.

En effet, contrairement aux méthodes habituelles basées sur la prévision, cette démarche ne propose pas « la » trajectoire la plus probable, de toute façon hautement sujette à caution à un horizon aussi éloigné, mais éclaire les décideurs politiques sur l'espace de manœuvre dont ils disposent pour leurs décisions, étant entendu que plusieurs chemins peuvent être parcourus au sein de cet espace pour arriver à un objectif déterminé.

Il est un fait par exemple que les critères retenus par l'OCDE pour caractériser la viabilité écologique sont incontestablement très ambitieux. Bien que solidement étayés par des considérations de santé publique, de

³ Une version française de l'histoire de la famille « Alpinetree » (sous le titre « histoire de la famille Sapin-Dumont ») est disponible dans ENERDATA, 2000.

grands équilibres écologiques et d'équité sociale, de tels critères peuvent être contestés, jugés « irréalistes » à l'horizon 2030 sous l'angle politico-social, ou dangereux sous l'angle économique. Or, si l'on accepte de dépasser la question de la pertinence de ces critères, question qui est du ressort du débat démocratique et non du jugement de valeur de tel ou tel, la démarche adoptée a ceci de remarquable, qu'elle montre qu'aussi ambitieux que soient ces critères, nos sociétés ont à leur disposition les moyens techniques, économiques et institutionnels de les traduire en réalités d'ici 30 ans, et qu'il existe un réel espace de manœuvre ouvert à la décision pour qu'il en soit ainsi.

Cela permet également d'obtenir des renseignements précieux sur le cheminement critique des prises de décisions dans le temps et sur la façon de réajuster l'amplitude et le calendrier de leur mise en œuvre en fonction des événements.

UNE REMISE EN CAUSE DE CERTAINS PRÉ-SUPPOSÉS THÉORIQUES ET MÉTHODOLOGIQUES

Le fait d'appréhender l'évolution du système de transport sur une durée très longue, en la replaçant dans ses contraintes économiques sociales et politiques, a clairement remis en cause certains pré-supposés théoriques et méthodologiques.

L'extrapolation longue des tendances historiques, même teintée de bon sens, conduit inéluctablement vers un monde de plus en plus « improbable » à mesure que l'horizon temporel s'éloigne : dans les Alpes en particulier, les forces sociales et leur expression politique se conjuguèrent pour s'opposer de façon croissante à la poursuite de telles tendances, et à leurs corollaires en matière d'environnement et de santé.

Irréaliste dans les faits, une telle extrapolation n'est-elle pas en fait le produit croisé d'une vision théorique biaisée et d'une méthode prévisionnelle inadéquate ? N'est-elle pas tout simplement un futur improbable parce que construit de façon erronée ?

Prenons un des aspects sensibles de cette question : les relations entre la demande de transport et la croissance économique. Le « découplage » de la demande de transport et de la croissance économique, dont on a montré certains aspects, devient depuis quelques temps un thème prioritaire de recherche en Europe. Si, comme on l'a expérimenté dans le secteur énergétique depuis 20 ans, ce découplage devient progressivement la marque des années qui viennent dans le secteur des transports, il est probable que le « laisser-faire » sera en fin de compte moins « noir » que ce que cette étude laisse entrevoir, et sa faisabilité plus acceptable. Mais encore faut-il que les planificateurs et les économistes qui les conseillent, anticipent le phénomène, c'est-à-dire en comprennent le mécanisme et les implications, adaptent en conséquence leurs outils prospectifs, et en tirent les leçons dans le

dimensionnement des infrastructures.

Par ailleurs, un des aspects remarquables du « laisser-faire » est le déséquilibre qu'il implique dans la panoplie des moyens de transports au profit de la route. Or la montée inacceptable des nuisances qui en résulte aura nécessairement une traduction économique. D'une façon ou d'une autre, la pression sociale imposera progressivement que les externalités qui y sont liées soient internalisées dans les prix et les coûts, remettant ainsi en cause les conditions actuelles de concurrence entre les modes, lesquelles sont implicitement supposées se perpétuer dans l'extrapolation. Pour cette raison aussi le « laisser-faire » sera probablement différent que de ce que l'on a décrit, et la route y occupera une place moins importante au profit du rail. Mais là encore, il est nécessaire que les économistes et les planificateurs anticipent ce mouvement et l'accompagnent dans leurs projections et dans les arbitrages qui en résultent sur les décisions d'infrastructures.

UN AVENIR ÉCOLOGIQUEMENT VIABLE POUR LES TRANSPORTS : MOINS DÉRAISONNABLE QU'IL N'Y PARAÎT !

Si le « laisser-faire » sera probablement moins noir que ce que l'on a décrit, la distance à franchir pour atteindre la viabilité écologique des transports sera également moins grande. La viabilité écologique des transports, quand elle est mise en scène comme dans l'histoire de la famille « Alpinetree », nous renvoie l'image d'un monde plutôt plus humain, tout aussi mobile, plus communiquant et certainement plus « *high tech* » que celui auquel conduit le « laisser-faire ».

L'étude montre qu'on ne passe pas à un tel monde écologiquement viable par une révolution du monde d'aujourd'hui, mais par une orientation différente des choix futurs, qu'il s'agisse de la technologie, de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire ou des infrastructures.

C'est le « Lyon-Turin » plutôt que le doublement du tunnel routier du Mont Blanc. C'est le pari industriel de la pile à combustible plutôt que la crispation sur le moteur à combustion interne. C'est le développement systématique des tramways plutôt que celui de nouvelles rocade et autres voies urbaines rapides.

Nombreuses sont les forces économiques et sociales qui bénéficieraient directement d'une telle évolution, soit parce qu'elle ouvrirait de nouveaux champs d'activité et de profit, soit parce qu'elle répondrait mieux aux aspirations environnementales d'une grande partie de la population. Bien sûr, les résistances à un tel changement de cap seraient également fortes : il n'est jamais facile de changer d'habitudes et d'idées reçues, surtout lorsqu'il s'agit de la route et de la voiture. Mais à l'heure où l'effet de serre se rappelle à nous de façon de plus en plus insistante, où l'application du principe de précaution se généralise pour toutes les activités à risques non maîtrisés, où

la qualité de vie s'affiche comme une préoccupation majeure au côté du bien-être matériel, l'enjeu sociétal d'un transport écologiquement viable est tel qu'il justifie certainement qu'on s'intéresse à lui de très près.

RÉFÉRENCES

BUWAL/UBA/INFRAS (1995) **Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 1.1.** Berne (CD-Rom).

DREBORG K.H. (1996) Essence of Backcasting. *Futures*, Vol. 28, n° 9.

ENERDATA (2000) **Transport, énergie et contraintes environnementales en France à l'horizon 2030 : apports de l'approche « backcasting » à la formulation des stratégies technologiques et organisationnelles. 2^{ème} phase.** Grenoble, Enerdata.

GORISSEN N. (1996) **Proposal for emission reduction rates in the BAU scenario.** Document de travail (Letter from 5.6.96).

OCDE (1999) **Environmentally Sustainable Transport. Individual Project Case Studies for Phase 2, Annex Volume to ENV/EPOC/PPC/T(97)1/final.** Paris, OCDE.

OCDE (2000) **Environmentally Sustainable Transport. Synthesis Report.** Paris, Vienna, OCDE.

OECD (1996) **Environmental Criteria for Sustainable Transport. OECD Environment Directorate.** Paris, France.

ROBINSON (1990) Futures under glass: a recipe for people who hate to predict. *Futures*, Vol. 22, n° 8, pp. 820-842.

WHO (1998) **Air Quality Guidelines.** Geneva, World Health Organization,

WHO (1999) **Guidelines for Community Noise.** Geneva, World Health Organization.

BIBLIOGRAPHIE COMPLÉMENTAIRE : TRANSPORTS DANS L'ARC ALPIN

BIEDERMANN P., NIEDERBERGER M., URWYLER M. (1993) **Alpenquerender Güterverkehr.** Diplomarbeit an der Ingenieurschule beider Basel, Muttenz.

BROSSIER C., BLANCHET J.D., GÉRARD M. (1998) **La politique française des transports terrestres dans les Alpes.** Ministère de l'Équipement, du Transport et du Logement, CGPC 1998-0066-01.

COMMISSION INTERMINISTÉRIELLE D'EXPERTISE DES PROJETS FERROVIAIRES (1994) **Note d'étape relative aux services d'autoroute ferroviaire entre Lyon et Turin.**

CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE (1999) **Memorandum Transports Terrestres. Problèmes de transport dans les Alpes.**

EVED (1990) **Botschaft über den Bau der schweizerischen Eisenbahn-Alpentransversale (Alpentransit-Beschluss) vom 23 Mai 1990.** Berne.

EVED (1995) **Alpenquerender Güterverkehr auf Strasse und Schiene 1994, Alpenbogen Ventimiglia bis Wien.** Berne.

KNOFLACHER H., MOLITOR R., SCHOPF M., SPIEGEL T., THALER R. (1991) **Auswirkungen des Transitverkehrs in Tirol.** Studie im Auftrag des Amtes der Tiroler Landesregierung, Wien.

LUNDSGAARD-HANSEN (1994) **Umsetzung Alpeninitiative, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Verkehr.** Bern, Ecoplan.

MARTIN J.M., CHATEAU B. (2000) **Traverser les Alpes : la route en question.** Grenoble, PUG (Coll. Transeurope).

MOLITOR R. (1996) **Alpentransit - Güterzüge statt LKW-Kolonnen, hrsg. vom Verkehrsclub Österreich (VCÖ).** Wien.

SES/DEE (2000) **Premiers résultats de l'observation 1999 des flux terrestres de marchandises en transit et en échange transalpin et transpyrénéen.** Paris, Ministère de l'Équipement, du Transport et du Logement.

REYNAUD CH., POINCELET M. (1999) **Recherche européenne et traversées alpines. Actes du séminaire d'Annecy, Septembre 1999.** INRETS.

SGZZ (1995) **Perspektiven des alpenquerenden Verkehrs 1993-2015.** GVF report 247.

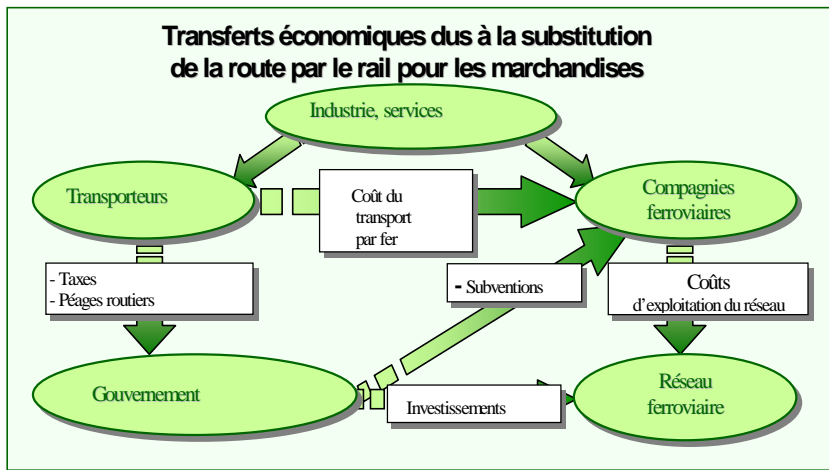
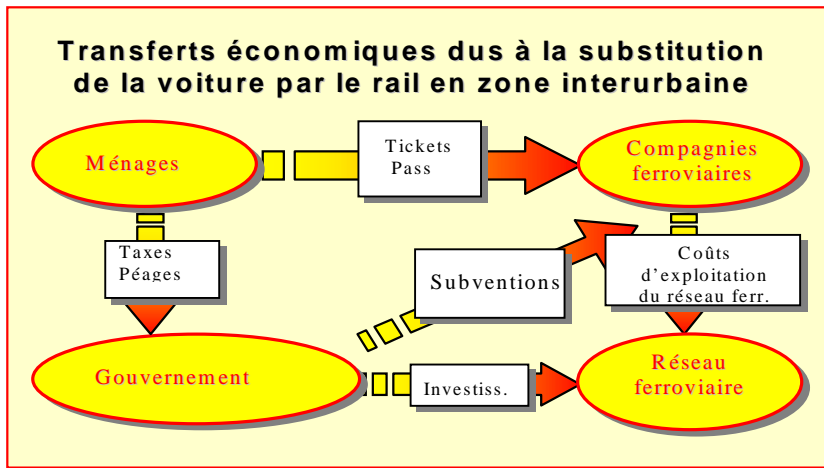
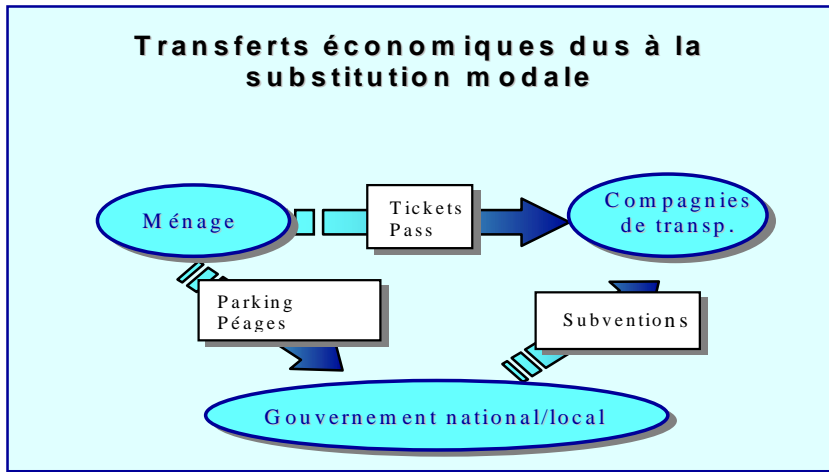
THALER R. (1994) **Alpentransit - Entwicklungen, Einflußfaktoren und Handlungsstrategien.** In ÖSTERREICHISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN (Ed.) **Veröffentlichungen der Kommission für Humanökologie, Bd. 5, Gefährdung und Schutz der Alpen.** Wien.

ANNEXE

FRAGMENTS DE L'HISTOIRE DE LA FAMILLE SAPIN-DUMONT

Vie courante	Evénements, législation, décisions	Analyse économique
<p>(...) En fait, la voiture de la famille SAPIN-DUMONT n'est pas tellement utilisée pendant les jours ouvrables de la semaine. Seulement de temps en temps, en raison d'obligations professionnelles ou pour sortir le soir en banlieue (la ville même est interdite aux voitures dans sa grande majorité).</p> <p>(...) Auparavant, la famille SAPIN-DUMONT avait deux voitures, du fait des nécessités quotidiennes de déplacement de M. et de Mme SAPIN-DUMONT. Quand la petite voiture est devenue trop vieille, ils ont juste décidé de ne pas la remplacer, parce qu'elle n'était plus vraiment nécessaire et parce qu'ainsi ils comptaient vraiment économiser de l'argent. De fait, cette voiture leur coûtait autour de 3 000 €par an, avec l'entretien, l'assurance, le carburant, etc. juste ce dont ils ont besoin aujourd'hui pour payer les pass de transport public et le surcoût de l'appartement si agréable où ils habitent maintenant.</p>	<p>(...) <i>pendant des années, jusqu'en 2015, la ville s'est énormément étendue, comme partout en Europe et en Amérique : tout le monde souhaitait avoir sa propre maison dans un secteur calme, et il a fallu aller de plus en plus loin pour satisfaire cette aspiration, en raison du coût du foncier...</i></p> <p>(...) <i>après plusieurs études montrant un phénomène général d'augmentation des difficultés financières des ménages avec les distances des déplacements journaliers et les coûts de transport, et dans le cadre de la « loi sur le transport soutenable », le Parlement a voté en 2015 le décret « 3C » (3 coûts : logement, énergie, transport), lequel interdit aux organismes financiers de prêter de l'argent pour acheter un logement si le ratio « 3C » n'est pas respecté...</i></p>	<p>Dans TEV 3, les voitures, les carburants et les transports publics sont de meilleure qualité et plus onéreux. Mais en ne remplaçant pas leur 2^{ème} voiture, ils ont quand même économisé 2 700 €/an en moyenne.</p> <p>Aujourd'hui, dans TEV 3, pour 50 000 pass-km/an motorisés et 8 000 non motorisés, ils dépensent 10 300 €/an :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 voiture : 8 000 km/an, 2,5 pers/veh coûts variables : 0,25 €/km, 2 000 €/an coûts fixes, une voiture PAC: 4 500 €/an - transport public : 20 000 pass-km/an 2 pass adulte : 2 400 €/an 1 pass scol. aidé : 600 €/an - TGV, autres transports: 8 000 pass-km/an 800 €/an (0,1 €/pass-km) <p>Avant, dans BAU, pour 58 000 pass-km/an motorisés, ils dépensaient 13 000 €/an :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 voitures : 25 000 km/an, 2pers/veh coûts variables : 0,2 €/km, 5 000 €/an coûts fixes : 2 voitures MCI : 6 000 €/an parking, amendes, 2 VP : 800 €/an - transport public : 6 400 pass-km/an, 1 000 €/an - TGV, autres transports : 1 600 pass-km/an, 200 €/an

LES FLUX ÉCONOMIQUES DANS L'HISTOIRE DES « ALPINETREE »



LES MODIFICATIONS ÉCONOMIQUES ENTRE LAISSER-FAIRE ET TEV 3 EN 2030

