

# Transports et changement climatique : cadre de référence pour l'action publique

Dominique Bureau (MEEDDAT)

**Quelles mesures pour élaborer le volet transport des plans « climat » ? Quelle articulation entre ces mesures ?**

L'examen des principes d'affectation des instruments de politique des transports vis à vis du changement climatique conduit à un tableau très convergent avec la démarche proposée, en général, dans le rapport Stern de 2006. L'établissement d'un signal-prix approprié apparaît comme un préalable, qui conditionne même souvent l'efficacité finale de l'innovation technologique en termes d'émissions de gaz à effet de serre. Mais, une complémentarité entre les différents instruments doit aussi être envisagée. Ceci impose de concevoir les plans « climat-transport-aménagement » dans un cadre global, bouclé. Par ailleurs, mais ceci dépasse l'objet de cette note, ce cadre doit expliciter les élasticités utilisées, car leur valeur influe sur l'affectation des instruments, dans un contexte de second rang.

**Surtout, il est souligné que l'intégration du changement climatique devrait aller de pair avec un processus de réforme d'ensemble des politiques de transport, élargissant sa panoplie d'instruments pour limiter les conflits d'objectifs, et s'attachant à améliorer l'efficacité d'ensemble du secteur, le fonctionnement des marchés et la performance des opérateurs.**

Le rapport Stern (2006) pose des principes généraux pour l'action publique, qui devraient, selon lui, combiner, de manière pragmatique, quatre types d'instruments permettant : d'établir, par la fiscalité ou les marchés de permis, un signal-prix du carbone approprié ; d'accélérer l'innovation pour les technologies alternatives ou faiblement émissives, de manière à bénéficier tôt des effets d'échelle et d'expérience ; d'établir un cadre favorable aux changements de comportements (en diffusant par exemple de nouvelles normes) ; de prévoir les mesures d'adaptation au changement climatique, au niveau notamment des politiques d'infrastructures ou d'utilisation des sols.

Quoique moins novateur que son bilan coûts-avantages global des politiques de prévention du risque climatique, cet aspect du rapport Stern mérite l'attention, car il permet d'envisager une certaine cohérence, qui fait aujourd'hui défaut, dans l'élaboration des plans sectoriels visant à maîtriser les émissions de gaz à effet de serre.

## *Un volet sectoriel transport à structurer*

Dans le cas des transports, l'élaboration du volet sectoriel des plans « climat » bute sur l'extrême diversité des mesures envisageables. Le cadre esquissé par le rapport Stern a, de ce point de vue, le mérite de proposer une structuration des mesures. Mais celle-ci ne va pas complètement de soi. Historiquement les praticiens ont commencé par se focaliser sur l'infrastructure et le report modal. Ce n'est que plus récemment qu'ils ont mis la priorité sur les trois paramètres aujourd'hui reconnus cruciaux que sont la consommation des véhicules, la distance parcourue et le comportement des conducteurs. L'articulation de ces différents types de mesure reste cependant à préciser. Inversement, l'approche économique la plus traditionnelle aurait tendance à ne retenir que l'établissement d'un signal-prix approprié, l'ensemble des autres facteurs, y compris la recherche et l'innovation, en découlant, ces dernières étant stimulées par le souci d'échapper à un prix du carbone élevé. A cet égard, la recommandation de Stern apparaît donc pragmatique, mais en partie hétérodoxe.

Il est ici proposé de préciser l'analyse des instruments à mettre en place dans le cadre d'un plan sectoriel « transports et changement climatique », à partir d'une modélisation schématique de ce secteur, incorporant les différents types d'instruments envisagés ci-dessus.

Après avoir présenté le cadre d'analyse, sera abordée la question de l'articulation entre les politiques technologiques et celles visant la modification des comportements, via l'établissement d'un signal-prix approprié. Cet aspect sera ensuite approfondi, en prenant en compte l'existence d'une substantielle fiscalité préexistante sur les carburants, qui complique le problème, en déterminant un coût de la tonne de carbone évité apparemment élevé pour beaucoup de mesures, suivant les évaluations usuelles. Cette même question de l'articulation avec la politique des transports est reprise ensuite à propos de l'évaluation des infrastructures alternatives à la route.

Du point de vue méthodologique, le fil directeur de l'analyse est qu'il faut se méfier dans ce cas d'une analyse trop « marginaliste ». En effet, tout scénario de réduction sensible des émissions implique, pour le secteur des transports, des modifications structurelles qui ne peuvent être évaluées correctement si l'ampleur des transformations et l'existence des distorsions préexistantes ne sont pas prises en compte. En revanche, l'intégration de ces éléments permet de fonder la complémentarité des instruments suggérée par le rapport de Stern, et d'en préciser les conditions.

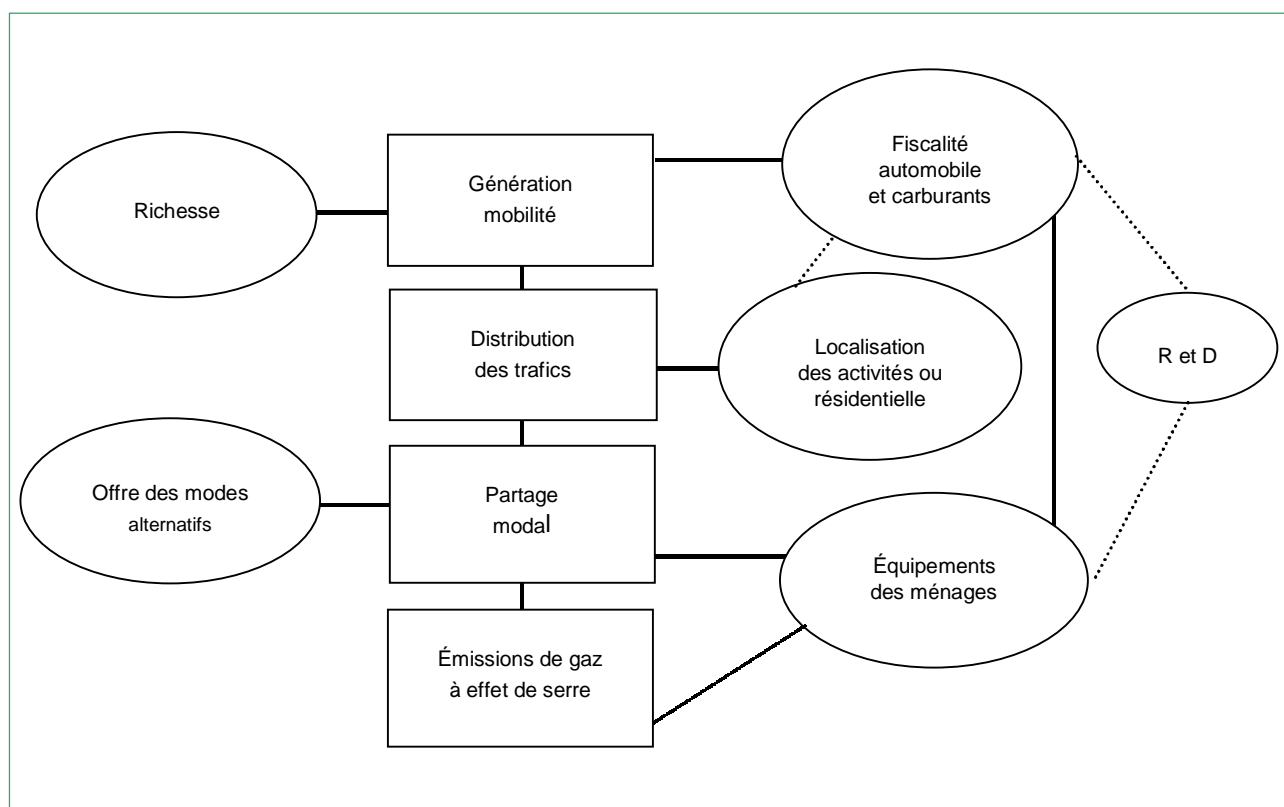
## Le cadre de référence pour les transports

### Principes et faits stylisés

Pour apprécier, dans le cas des transports, la pertinence de l'affectation des instruments préconisée en général par Stern, on peut se situer dans le cadre habituel des modélisations des trafics. Celles-ci distinguent classiquement les étapes de génération de la mobilité, puis celle de la distribution géographique des trafics, ensuite le partage de ceux-ci entre modes de transports, et finalement l'affectation entre itinéraires (*figure 1*).

Ce schéma permet d'identifier à quel niveau interviennent les principales variables d'action (prix, progrès technique, infrastructures etc...) influençant les émissions de gaz à effet de serre, et leurs canaux de transmission. La version présentée, simplifiée au niveau agrégé peut se décliner pour les différents types de transports : fret, interurbain voyageurs, déplacements urbains, etc.

Figure 1 - Modélisation des trafics et principales variables d'actions



Ce schéma qualitatif doit être complété par deux remarques, qui sont au cœur de notre réflexion. La première concerne le rôle de la fiscalité, qui apparaît « hiérarchiquement » très haut dans le schéma, et constitue un déterminant de la plupart des variables affectant les émissions de CO<sub>2</sub> (Hoeller et Wallin, 1991), d'où le rôle déterminant de la taxation du carbone dans les politiques de prévention du changement climatique. La seconde est l'importance des mesures de nature structurelle. A cet égard, Newman et Kenworthy (1999) ont mis en évidence l'enjeu du lien entre densité urbaine et consommation d'énergie dans les transports.

### *Description du modèle de coûts du transport routier*

Le modèle est conçu pour refléter les interactions esquissées ci-dessus. On note  $x$  le trafic routier, et  $(y_i)$  les différents facteurs alternatifs à celui-ci pour les usagers. Ceux-ci peuvent décrire, soit le basculement sur d'autres modes de transport, soit le recours à d'autres facteurs de production, suite à des réorganisations de leur logistique ou de leurs implantations, par exemple. On considère que l'ensemble de ces facteurs fournit aux usagers un service dont la valeur<sup>1</sup>, en termes monétaires, est de la forme  $u(x, (y_i))$ .

On note  $Z$  les émissions polluantes unitaires induites par le trafic routier. Celles-ci sont supposées s'exprimer comme le produit de deux termes. Le premier est le niveau de référence technique des véhicules en termes de positionnement dans la gamme par rapport à leur degré de consommation en carburants ou en émissions polluantes, qui est noté  $z$ , et est d'autant plus élevé que les consommations unitaires du véhicule sont importantes. Cette variable détermine aussi le coût unitaire hors carburant du trafic routier  $c(z)$ , qui décroît donc avec ce niveau ( $c' < 0$ ), un véhicule plus polluant coûtant moins cher. Par ailleurs, on introduit un paramètre de productivité  $\pi(e)$ , dépendant du niveau du progrès technique général  $e$ . On aura donc :

$$Z = \pi(e) z, \quad \text{avec } \pi' < 0$$

Dans ce qui suit,  $z$  sera donc un paramètre exclusivement sous le contrôle des usagers ou des chargeurs, alors que  $e$  reflètera plutôt des décisions extérieures à ceux-ci, telles que l'innovation des constructeurs, ou plus généralement la recherche sur les véhicules et les carburants.

On note  $b$  le prix hors taxes des carburants et  $\lambda$  la valorisation marginale ( $\lambda = \Lambda'$ ) des dommages environnementaux associés à leur utilisation, dérivant de la fonction de dommage total  $\Lambda(Zx)$ .

On note enfin  $\mu$  le coût unitaire externe des transports routiers. Celui-ci est supposé refléter des coûts externes d'infrastructure, de congestion, d'insécurité, etc. dont l'inducteur est lié directement au trafic, à l'exception de ceux liés aux carburants (qui sont intégrés déjà dans le paramètre  $\lambda$ ). Il dépend par ailleurs des investissements d'infrastructure  $f$  réalisés par la puissance publique. Avec ces notations, le coût marginal social du transport routier vaut donc<sup>2</sup> :

$$p^* = c(z) + \pi(e) z(b + \lambda) + \mu(f)$$

On notera de même  $p_i^*$  ( $f_i$ ) le coût social unitaire des alternatives à la route, les  $f_i$  représentant là encore des variables d'investissement public. On supposera enfin que les variables  $e$ ,  $f$  et ( $f_i$ ) sont normées de manière à ce que leur coût social total s'exprime simplement sous la forme :

$$r(e + f + \sum f_i), \quad r \text{ s'interprétant donc comme le coût du capital.}$$

Outre l'action sur ces variables, on envisagera que les pouvoirs publics contrôlent une taxe sur les carburants ( $\tau$ ) et éventuellement une taxe kilométrique ( $m$ ). Avec ces notations, le prix réel du transport routier vaudra donc :

$$p = c(z) + \pi(e) z(b + \tau) + m$$

<sup>1</sup> En d'autres termes, on suppose une fonction d'utilité de type  $C + u(x, (y_i))$ , le bien courant  $C$  étant pris comme numéraire.

<sup>2</sup> ( $f$ ) pourrait évidemment affecter  $c$ .

On notera  $p_i$  les prix des facteurs alternatifs, ceux-ci pouvant différer des  $p^*$ , si le fonctionnement des marchés correspondants n'est pas concurrentiel, ou si certaines de leurs externalités ne sont pas correctement internalisées, ou encore si la tarification publique les concernant n'est pas efficace, s'il s'agit d'une offre publique etc.

Face à un niveau de taxe sur les carburants  $\tau$ , le choix d'équipement des véhicules par les chargeurs vérifiera donc :

$$c'(z) = -c_u, \text{ avec } c_u = (b + \tau) \pi(e).$$

Le produit  $z c_u$  représente donc le coût unitaire en carburant du transport.

Cette équation traduit l'arbitrage, par les usagers ou les transporteurs, entre coût complet d'usage des véhicules<sup>3</sup> et coûts en carburant. Il définit implicitement  $z c_u$ . On notera  $\varepsilon_z$  l'élasticité prix correspondante, qui reflète la sensibilité des consommations unitaires des véhicules au niveau des accises (à niveau de technologie donnée) :

$$\varepsilon_z = - (\partial z / \partial c_u) / (z / c_u)$$

On note par ailleurs  $\varepsilon$  l'élasticité prix du trafic à son prix (soit  $\varepsilon = - (\partial x / \partial p) / (x / p)$ , avec  $\partial u / \partial x = p$  et  $\partial u / \partial y_i = p_i$ ). Enfin, on note  $\eta_i$  la proportion de cette élasticité se répercutant sur le facteur  $i$  :  $\eta_i$  est donc le rapport entre l'élasticité prix croisée de la route avec le facteur  $y_i$  (positive si celui-ci est un substitut à la route, négative si c'est un complément) et  $\varepsilon$ .

Ces paramètres sont cruciaux pour l'analyse de l'efficacité des mesures cherchant à favoriser les alternatives à la route, plutôt que l'internalisation directe des coûts routiers, puisqu'un coefficient  $\eta_i$  faible signifiera des perspectives limitées de report de la route sur le facteur considéré.

### L'optimum économique de premier rang

Du point de vue social, l'objectif à maximiser est le surplus net  $W(x, (y_i), z, e, (f_i))$  tel que :

$$W = u(x, (y_i)) - (c(z) + bZ + \mu(f))x + \Lambda(Zx) - r(e + f) - \sum(p_i^* (f_i) y_i - r f_i)$$

D'où les conditions nécessaires d'optimalité de premier rang:

$$(x) \quad \partial u / \partial x = c + \pi(e) z(b + \lambda) + \mu(f) = p^*$$

$$(y_i) \quad \partial u / \partial y_i = p_i^* (f_i)$$

$$(z) \quad c'(z) = -\pi(e) (b + \lambda)$$

$$(e) \quad -\pi'(e) z(b + \lambda) x = r$$

$$(f) \quad -\mu'(f) x = r$$

$$(f_i) \quad -p_i^{*'} (f_i) y_i = r$$

La première (x) exprime que le trafic routier est socialement justifié s'il supporte son coût marginal social  $p^*$ , celui-ci devant intégrer l'ensemble des externalités associées. Il en va de même pour les facteurs alternatifs ( $y_i$ ).

La condition sur  $z$  exprime l'arbitrage optimal entre le coût des véhicules et les gains (sociaux) réalisés sur l'utilisation des carburants. Celle sur l'innovation est de même nature. Elle exprime l'égalité, à la marge de l'optimum, entre le coût des innovations et les bénéfices procurés par celles-ci en termes de réduction des consommations et émissions induites.

<sup>3</sup> Ce coût peut intégrer tous les coûts supportés directement par l'utilisateur des transports, hors carburants et fiscalité. Il s'agit donc d'un coût généralisé intégrant temps de parcours, inconfort etc. Le paramètre  $\mu$  représente lui des coûts externes.

Celles sur les investissements publics  $f$  et  $(f_i)$  correspondent aussi à un bilan coûts-avantages à la marge entre, le coût des infrastructures d'un côté, et la réduction des coûts de transport pour les usagers, de l'autre (coûts routiers pour  $f$ , coûts des modes alternatifs pour les  $(f_i)$ ).

Les trois premières conditions peuvent être atteintes simplement par la mise en place d'un signal-prix approprié, qui doit ici combiner une taxe sur les carburants  $\tau = \lambda$ , une redevance kilométrique  $m = \mu$ , et éventuellement une fiscalité correctrice pour assurer que les prix des facteurs  $y_i$  reflètent leurs coûts sociaux ( $p = p^*$ ,  $p_i = p_i^*$ ). Si l'on interprète  $(e)$  comme une variable de réglementation technique, et  $f$  et  $(f_i)$  comme reflétant la politique d'infrastructures, les dernières relations expriment simplement que celles-ci doivent être évaluées en termes coûts-bénéfices.

En d'autres termes, on doit appliquer les principes économiques usuels, d'internalisation des coûts externes dans les prix pour guider les comportements, et de calcul économique pour les projets et les réglementations.

S'agissant du signal-prix, deux types d'instruments sont susceptibles d'être utilisés pour l'instaurer : la fiscalité (taxes ou redevances) ou bien les marchés de permis d'émissions ou de certificats d'utilisation de produits « verts ». Équivalents en termes incitatifs, les deux approches peuvent différer, soit par leurs effets redistributifs, soit par leur conditions de mise en œuvre institutionnelle (Bureau, 2005b).

Ainsi<sup>4</sup>, l'instrument des écotaxes, qui était traditionnellement recommandé pour réaliser l'internalisation des coûts externes des transports, s'est trouvé souvent confronté à des obstacles de mise en œuvre plus sévères que pour les marchés de quotas. Au niveau européen, ceux-ci ne requièrent en effet que la majorité qualifiée, ce qui conduit à les privilégier à chaque fois qu'une harmonisation à ce niveau est souhaitable, pour éviter des distorsions de compétitivité, comme c'est le cas pour le carburéacteur, par exemple. Les marchés de certificats offrent aussi des opportunités lorsqu'il s'agit de flexibiliser une réglementation, ou d'éviter le coût des fonds publics que nécessiterait une approche par des subventions.

#### *Non convexités ou les particularités des actions sur la structure*

L'analyse des seules conditions marginales d'optimalité des politiques peut être insuffisante, lorsque les transformations à réaliser sont structurelles.

L'enjeu peut être illustré à propos de l'étalement urbain et des interactions entre infrastructures de transport public. Formellement ces éléments peuvent s'intégrer dans notre modèle sous forme de variables  $(y_i)$ , pour refléter les substitutions possibles entre trafic routier et densification de l'habitat.

Si l'on en reste à l'analyse précédente, un étalement urbain excessif peut résulter d'un défaut d'internalisation des coûts externes de la route, ou de distorsions résultant – suivant le langage OCDE – de « subventions » à cet étalement, les citoyens ne supportant qu'une fraction du coût de développement des villes (Bureau, 2005a et b).

Au delà de la recommandation, qui demeure justifiée, d'internalisation complète des coûts sociaux, on peut imaginer cependant des configurations plus complexes, avec plusieurs types de villes possibles, certains plus étalés et recourant exclusivement aux transports routiers, d'autres correspondant à une ville dense et un partage plus favorable aux transports collectifs. En présence de non convexités (Dagupta et al., 2003), les règles précédentes apparaissent alors insuffisantes pour orienter les structures urbaines.

Le problème sous-jacent est similaire à celui rencontré avec la tarification au coût marginal en matière de tarification d'infrastructure, par exemple, lorsque l'on craint que celle-ci maintienne en activité des structures improductives, et qu'on lui préfère, pour éviter ce risque, une tarification au coût moyen.

---

<sup>4</sup> Voir aussi sur ce point l'annexe 5 « Ecotaxes versus permis » du rapport du groupe de travail administratif « Transport de fret et marché de quotas CO<sub>2</sub> », MTETM, 2007 et « Le transport de fret dans le marché européen de CO<sub>2</sub> ? », Synthèse du rapport du groupe de travail administratif, Notes de synthèse du SESP n° 168, janvier-février-mars 2008 (référence 10).

## Modifications des comportements versus progrès technique<sup>5</sup>

### *L'efficacité environnementale des instruments et la prise en compte de l'effet rebond*

Un débat récurrent, concernant la déclinaison au secteur des transports des politiques de changement climatique, oppose les tenants du tout signal-prix et ceux du tout technologique. Les premiers soulignent qu'il est nécessaire d'agir sur tous les paramètres, et donc notamment les comportements ; et qu'une taxation, par exemple, impacte aussi les choix de recherche et développement, en rendant rémunérateurs les efforts de réductions d'émissions. Les seconds rappellent les gains réalisés sur les consommations unitaires des véhicules par le passé, et la difficulté à trouver des gains équivalents du côté des comportements.

On peut discuter ce point dans notre modèle, en analysant le jeu respectif de  $\tau$  et de  $e$ . Pour simplifier l'analyse, on suppose l'absence de distorsions ( $m = \mu$ ,  $p_i = p^*_i$ ).

Les paramètres clés pour l'analyse sont alors les déterminants des émissions  $Z_X$ , avec :

$$Z_X = \pi(e) z \quad \text{et} \quad p = c(z) + \pi(e)z (b+\tau) + \mu(f)$$

Il en résulte que l'innovation technique ( $e$ ) aura deux effets :

- le premier est l'effet direct favorable sur les émissions unitaires, caractérisé par  $\pi'(e) > 0$  ;
- le second va en sens inverse (effet rebond). Il traduit le fait que l'amélioration de l'efficacité des véhicules diminue leur prix d'utilisation, ce qui incite les usagers d'une part à augmenter la fréquence ou la portée de leurs déplacements, et d'autre part à relâcher leurs efforts au niveau du choix des véhicules  $z$ .

L'élasticité prix totale des émissions  $\varepsilon^* = \varepsilon_z + \varepsilon (Z (b+\tau)/p)$ , qui cumule donc l'impact sur les choix d'équipements, et celui sur les déplacements au travers de l'impact sur leur prix  $\varepsilon Z (b+\tau)/p$  constitue alors le déterminant principal de la résultante. On a en effet, par rapport à  $\delta e$  et  $\delta \tau$  :

$$\delta(Z_X)/(Z_X) = (1 - \varepsilon^*) \frac{\pi'}{\pi} \delta e - \varepsilon^* \frac{\delta \tau}{b+\tau}$$

L'impact sur les émissions d'une variation des accises ( $\delta \tau$ ) sera naturellement d'autant plus élevé que l'élasticité prix totale des émissions  $\varepsilon^*$  sera forte. Inversement le recours à la technologie sera d'autant plus efficace que son impact sur les consommations unitaires sera important au travers de  $\pi'$ .

Mais le point important est le coefficient  $(1 - \varepsilon^*)$  qui affecte le premier terme. Il intègre donc l'effet rebond, avec comme cas polaire  $\varepsilon^* = 1$ . Dans ce cas, seule la fiscalité peut en effet affecter les émissions, l'effet direct du progrès technique se trouvant annihilé par la stimulation de déplacements induite par la baisse du coût d'usage des véhicules. Si  $\varepsilon^*$  est supérieur à 1, le progrès technique accroîtrait même les émissions.

### *Choix d'instruments*

Cette élasticité prix constituerait un élément crucial si l'on devait choisir exclusivement entre l'un ou l'autre des instruments.

Dans cette hypothèse, la formulation « pigouvienne » ( $\tau = \lambda$ ) s'appliquerait encore au choix du niveau d'accise, mais son effet ne serait significatif que si les comportements sont suffisamment sensibles au prix.

L'effet rebond amènerait par ailleurs à corriger le choix du niveau optimal d'innovation. Si seul cet instrument devait être utilisé, c'est-à-dire si  $\tau = 0$ , celui-ci vérifierait :

$$-\pi'(e) \times z [b + \lambda (1 - \varepsilon^*)] = r$$

<sup>5</sup> cf Guesnerie, 2003 (référence 11).

On retrouve donc dans cette formule, le coefficient  $(1 - \varepsilon^*)$  de réduction de l'effet bénéfique sur les émissions, à cause de l'effet rebond.

Les éléments empiriques dont on dispose suggèrent que, si cette élasticité est relativement faible à court moyen terme, de l'ordre de 0,3, elle est plus importante à long terme et atteint 0,6 à 0,8 (figure 2)

**Figure 2 - Élasticités : synthèse de Graham et Glaister**

Variable dépendante	Élasticité prix du carburant		Élasticité revenu	
	Court terme	Long terme	Court terme	Long terme
Véhicule-km	-0,15	-0,3		
Consommation de carburant	de -0,2 à -0,3	de -0,6 à 0,8	de -0,35 à -0,55	de -1,1 à -1,3

Source : Graham et Glaister (2004)

### Endogénéité du progrès technique

Dans ce qui précède, on a considéré que  $e$  était une variable directement contrôlée par la puissance publique. Il est plus réaliste de considérer que  $e$  lui-même est endogène, et déterminé notamment par le niveau d'accises  $\tau$ , dont le niveau élevé incite à innover pour s'en affranchir.

Si l'appropriabilité des bénéfices par les agents privés qui déterminent  $e$  est parfaite, c'est-à-dire si  $-\pi'(e) z (b + \tau) x = r$ , alors la seule fixation des accises au niveau  $\tau = \lambda$  serait suffisante pour atteindre l'optimum, y compris donc l'orientation de l'innovation.

Si on suppose que cela n'est pas le cas, et que le taux d'appropriation n'est que de  $(1 - s)$ , l'optimalité ne pourra être rétablie qu'en subventionnant l'innovation à hauteur de  $s$ . On retrouve là l'affectation des instruments suggérée par Stern, avec comme élément premier la mise en place d'un signal-prix ( $\tau = \lambda$ ), y compris pour stimuler l'innovation ; et comme élément complémentaire un subventionnement des innovations, pour corriger les imperfections du marché vis-à-vis des incitations à l'innovation.

Pour être plus précis, il faudrait apprécier dans quelle mesure ce problème est spécifique, par rapport à celui que rencontrent les politiques d'innovation en général. Deux éléments suggèrent cependant qu'il pourrait être particulièrement aigu dans ce cas (quand le taux d'appropriation ne permet pas d'atteindre l'optimum), justifiant un effort public particulier : la facilité à copier les innovations, qui déterminerait un taux d'appropriabilité particulièrement faible ; l'intérêt, souligné par Stern, de diffuser rapidement les innovations pour bénéficier d'effets d'échelle et d'expérience, vis-à-vis duquel l'arbitrage implicite commun entre protection et diffusion se trouverait donc inapproprié.

Enfin, il va de soi que si les politiques technologiques ne peuvent être mises en place au niveau souhaitable compte tenu des considérations précédentes, il convient alors d'en tenir compte au niveau de la détermination du taux d'accises  $\tau$ , qui doit alors être fixé à un niveau supérieur à  $\lambda$  pour corriger la sous-incitation sur  $e$ .

### Éléments complémentaires : effets redistributifs, compétitivité et incertitude

Ces principes d'affectation peuvent par ailleurs être amendés si l'on introduit des problèmes redistributifs, de compétitivité, et l'incertitude.

La question des effets redistributifs est récurrente à chaque fois que l'on cherche à mettre en œuvre une écofiscalité. Ainsi, le poids des dépenses de carburants dans le revenu est plus élevé pour les catégories socioprofessionnelles de type « ouvriers » et « employés ». Une taxe linéaire tend donc à présenter un caractère régressif, puisqu'elle frappe plus lourdement les individus les plus pauvres. Il convient alors d'examiner précisément dans quelles conditions ce biais doit ou non être pris en compte au niveau de taxation des carburants, en fonction des instruments dont dispose la politique fiscale dans son ensemble pour le corriger (Cremer, Gahvari et Ladoux, 1999).

Entre taxes sur les carburants et politiques d'innovation, la question « redistributive » porte sur l'utilisation des recettes fiscales générées par ces taxes. Car si l'élasticité prix des comportements est faible, le recours au signal-prix (i.e. la taxation des émissions) engendrera des transferts fiscaux considérables pour atteindre des réductions d'émissions significatives. Cet élément peut justifier de déplacer le partage entre signal-prix et politiques d'innovation vers ces dernières si : les effets redistributifs de ces dernières sont mieux répartis ; et si l'on ne dispose pas d'instruments redistributifs appropriés, de type « vouchers » pour les consommations jugées « essentielles », pour limiter l'impact redistributif de la taxation.

Ainsi, recourir à des normes sur les véhicules ou les déplacements peut constituer une alternative intéressante, si la gestion du retour du surplus fiscal apparaît trop difficile. Plus précisément, l'arbitrage à réaliser est alors entre les inefficacités résultant d'une approche « command and control », qui exclut de pouvoir cibler parfaitement les niveaux d'émissions, et les problèmes de redistribution du surplus pour faire accepter la taxe.

Les problèmes de compétitivité résultent du fait que le changement climatique est un problème « global ». Il serait donc souhaitable que le prix du carbone soit le même dans tous les pays, pour assurer la minimisation globale des coûts engagés pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Or ce n'est pas le cas aujourd'hui, où seuls les pays de l'annexe 1 ayant ratifié le protocole de Kyoto ont pris des engagements contraignants.

Ainsi, des délocalisations non justifiées sur les plans économique et écologique sont susceptibles d'être induites par la dissymétrie de ce dispositif. En théorie, la réponse serait un mécanisme d'ajustement aux frontières, taxant le contenu en carbone des importations, et subventionnant les exportations pour corriger cette distorsion. Sinon, il faut admettre que le niveau de taxation carbone pour les industries exposées à ce risque soit réduit, et que l'action publique passe davantage par l'innovation dans ce cas.

L'introduction de l'incertitude sur l'impact des différents instruments (Weitzmann, 1974) amènerait enfin à corriger cette affectation sur la base des deux principes suivants : qu'un instrument sera d'autant moins utilisé que ses effets sont incertains ; mais que la multiplicité d'instruments vis-à-vis d'un même objectif ne conduit plus à une redondance, mais à une utilisation combinée faisant intervenir l'incertitude relative de leurs effets.

## La prise en compte des distorsions préexistantes

### *Le seul prix du CO<sub>2</sub> ne suffit pas à internaliser toutes les externalités*

La nécessité de prendre en compte les distorsions sur les marchés adjacents au secteur transport dépasse de beaucoup la seule question de l'appropriabilité des innovations examinée ci-dessus.

Il faut en effet reconsidérer plus généralement l'hypothèse suivant laquelle on pouvait supposer :  $m = \mu$  ;  $p_i = p_i^*$ .

Par exemple, les émissions de gaz à effet de serre (GES) ne sont pas la seule externalité associée aux transports routiers de marchandises (TRM). La régulation doit considérer aussi le bruit, la congestion, l'insécurité et les pollutions locales. La définition d'un signal-prix approprié pour le CO<sub>2</sub> s'inscrit donc dans une démarche d'ensemble, qui doit examiner aussi les conditions dans lesquelles ces autres externalités sont, ou non, correctement internalisées.

A cet égard la situation de référence actuelle peut être schématisée comme suit :

- l'instrument principal d'internalisation est la taxe intérieure sur les produits pétroliers (TIPP) sur le gazole [39,19 € par hectolitre depuis le 01/01/07, soit le minimum prévu par la directive 2003 (96CE)] ;
- avant même la prise en compte de l'ampleur des enjeux climatiques, celle-ci n'assure qu'une internalisation partielle des coûts sociaux externes associés aux TRM. Le taux de couverture des coûts sociaux par les poids lourds (PL) s'établit à 75 % environ par rapport à la référence au coût marginal social et à 56 % seulement par rapport au coût complet, pour l'ensemble des réseaux. Certes, ce taux de couverture est plus élevé sur les grands itinéraires, compte-tenu de l'addition de la TIPP et des péages sur le réseau autoroutier concédé, mais il demeure inférieur à l'unité. Par ailleurs, dans une perspective de long terme, où toutes les marges de manœuvre pour orienter les choix doivent être mobilisées, y compris celle de la localisation par exemple, le taux global par rapport à l'ensemble du réseau constitue un indicateur important ;



- mais son assiette étant la consommation de carburant, elle est directement liée aux GES émis, et non aux autres externalités, qui elles sont « sous-intériorisées ».

En d'autres termes, le paramètre  $m$  (de taxe kilométrique) est quasiment nul dans la situation de référence.

Le niveau d'accises  $\tau$  joue alors un double rôle : d'orientation vis-à-vis du choix de véhicule ; mais aussi d'intériorisation indirecte des autres coûts externes pour orienter le choix de la route par rapport à ses alternatives modales ou logistiques, et plus généralement la « mobilité ».

Si l'on prend la valeur de  $m$  ( $= 0$ ) comme une contrainte, de même que les écarts  $p_i - p_i^*$ , le choix de  $\tau$  doit alors arbitrer entre ces différents objectifs.

Pour apprécier ce point, on considère que les demandes de transports et de carburants se déterminent face au système de prix, défini dans le modèle en fonction de  $\tau$ , et qu'elles vérifient les propriétés qui ont été rappelées (en particulier la relation de Roy). La condition du premier ordre de la maximisation du bien être social  $W$ , par rapport à  $\tau$ , conduit alors à la condition suivante sur  $\tau$ , suivant laquelle la taxe carbone optimale vérifiera :

$$\tau = \lambda + \frac{[\mu + p \sum ((p_i - p_i^*)/ p_i) \eta_i]/Z}{1 + \frac{p}{(b+\tau)Z} \frac{\epsilon_z}{\epsilon}}$$

Cette formule signifie que si le principal levier d'action réside dans l'optimisation des véhicules, soit si  $\epsilon_z$  est grand devant  $\epsilon$ , alors la taxe optimale est celle de premier rang  $\tau = \lambda$ . Au contraire, si les gisements résultant de transferts modaux ou d'une autre organisation logistique sont jugés importants, la taxe  $\tau$  optimale tendra à assurer globalement l'intériorisation de tous les coûts sociaux. Enfin, il faut amender cela pour rétablir les bons prix relatifs vis-à-vis des substituts les plus importants, si l'on ne peut considérer que ceux-ci sont tarifés à leur coût marginal.

Même optimisée, une telle approche demeure insatisfaisante car elle signifie implicitement que la taxe carbone utilisée ne sera pas uniforme. Excessive vis-à-vis des choix de véhicules, elle demeurera insuffisante, voire négative (i.e. constituera une subvention aux émissions de  $CO_2$ ) pour orienter les choix logistiques et de mobilité.

Dès lors, l'approche alternative qu'il faut suggérer est d'élargir l'ensemble d'instruments utilisé, de manière à disposer de la panoplie de premier rang, c'est-à-dire d'une taxe carbone  $\tau = \lambda$ , et d'une taxation  $m = \mu$  plus directement liée aux autres coûts externes, type redevance kilométrique pour ce qui concerne les coûts d'usage d'infrastructure, par exemple.

### *La tarification doit être prise en compte dans les choix de projets d'infrastructures*

Cette idée que la définition d'un cadre « transports et climat » devrait aussi être l'occasion de rendre plus efficace la politique des transports en général, si l'on ne veut pas devoir réviser trop à la baisse les ambitions en terme de réduction d'émissions de GES, se retrouve lorsque l'on examine les relations concernant la politique publique dans les autres modes (variables  $f_i$ ) et la politique d'infrastructures routières ( $f$ ).

Considérons, par exemple, le cas d'un investissement dans un mode alternatif ( $f_i$ ), qui affecte donc le coût social de celui-ci ( $p_i^*$ ). Supposons par ailleurs, que la variation de celui-ci se transmet parfaitement dans son prix ( $p_i$ ) et que les distorsions de prix n'affectent que ce facteur et la route. Alors la condition d'optimalité, établie comme précédemment (les demandes satisfaisant les conditions établies dans le modèle) en maximisant  $W$  par rapport à  $f_i$ , s'écrit :

$$p_i^* \left[ -y_i + (p - p_i^*) \frac{\partial x}{\partial p_i} + (p_i - p_i^*) \frac{\partial y_i}{\partial p_i} \right] = r$$

Par rapport aux formulations de premier rang (cf. l'optimum économique), on retrouve donc, du côté des bénéficiaires l'impact de la baisse du coût du mode alternatif pour ses usagers. Mais s'y ajoutent des termes correctifs qui traduisent l'impact social des reports de trafic, compte-tenu des distorsions sur les prix : si la route, par exemple est « sous tarifée », au sens où l'intériorisation de ses coûts externes n'est que partielle, le report modal est crédité d'un bénéfice supplémentaire.

Le type de formule est identique pour un investissement routier. Le point à souligner est que, dans les formules de premier rang, les trafics de référence qui interviennent dans les conditions d'optimalité sont déterminés simultanément avec la tarification. Si celle-ci est prise comme donnée, alors il faut raisonner sur les trafics en résultant et intégrer les termes correctifs introduits ci-dessus. Mais, il faut aussi s'interroger sur la nécessité éventuelle de réformer simultanément la tarification, ou, plus généralement, la gestion des différents modes de transports. Sinon, on risque de justifier des projets routiers par le fait que les trafics potentiels semblent importants, mais dans un contexte où ils étaient sous tarifés, par rapport aux coûts sociaux.

Du côté des modes alternatifs la question est symétrique : si leur niveau de tarification de référence est faible parce que la performance de l'offre des opérateurs n'est pas satisfaisante, les possibilités de réforme de cette tarification doivent être étudiées, pour les mettre en œuvre simultanément.

En résumé, intégration du changement climatique et réforme du secteur des transports doivent aller de pair, pour que l'ambition vis à vis du premier objectif se fasse à coûts maîtrisés.

### *Long terme, risque*

Dans ce qui précède, la dimension intertemporelle des bilans coûts-avantages n'a pas été explicitée. Ceci nécessiterait de préciser le taux d'actualisation utilisé, et la séquence de prix du carbone correspondant au paramètre  $\lambda$ . S'agissant de l'actualisation, la Commission Lebègue (référence 5) a récemment préconisé un taux décroissant, de 4 % à 2 %. Son rapport précise par ailleurs qu'il s'agit d'un taux hors prime de risque, à calculer au cas par cas compte-tenu des caractéristiques du projet. Il souligne enfin que ce taux doit éventuellement être combiné avec des prix relatifs des biens environnementaux croissants, auquel cas l'actualisation « n'écrase » pas nécessairement le futur.

Il n'a toutefois pas jugé utile de préciser plus avant ces points. C'est probablement dommage, et le travail devrait sans doute être poursuivi dans cette direction. Sinon, la baisse qui a été retenue du taux d'actualisation ne conduit qu'à accélérer la réalisation de projets dans les secteurs routiers ou aériens, pour lesquels des primes de risque significatives devraient pourtant être incorporées dans les évaluations, compte-tenu de la forte corrélation de leurs bénéfices avec la croissance économique.

Par ailleurs, le choix de la date optimale de réalisation des projets devrait faire systématiquement l'objet d'une analyse approfondie, car avec un taux d'actualisation relativement faible, la condition sur le signe positif du bilan ne suffit plus à justifier la réalisation immédiate du projet. Pour les projets « standards », sans effet d'entraînement, c'est la rentabilité immédiate qui devrait être l'indicateur privilégié à cet égard.

Mais il faut aussi bien identifier les projets, notamment dans le domaine des innovations technologiques, où l'effet d'entraînement est important, auquel cas il convient au contraire d'en anticiper la réalisation, pour bénéficier au plus vite des effets de série ou d'apprentissage sur les coûts.

Enfin, il faut systématiquement s'interroger sur les valeurs d'option à prendre en compte, c'est-à-dire sur les risques d'engager des irréversibilités, alors qu'une politique plus précautionneuse permettrait de différer éventuellement la décision pour qu'elle soit prise en étant mieux informée. Sur ce point, la question du changement climatique affecte sensiblement l'analyse par rapport aux pratiques antérieures. En effet, celles-ci admettaient au fond qu'un investissement routier, par exemple, trouverait toujours une demande croissante avec le temps. Sous cette hypothèse, il n'y avait donc pas de valeur d'option significative à considérer. Mais ce n'est plus forcément le cas si l'on envisage des scénarios de redensification urbaine, par exemple.

En sens inverse, on doit aussi s'assurer que les scénarios qui sous tendent une politique jugée optimale *a priori* sont bien l'objet d'engagements crédibles. Cet aspect peut concerner aussi bien la crédibilité de ne jamais faire d'échangeurs autoroutiers pour éviter une urbanisation intempestive que celle d'améliorer la qualité de service d'un opérateur public, si celle-ci conditionne la rentabilité d'un projet.

### *Quelques éléments de cadrage pour le prix du carbone*

L'analyse qui a été menée fournit par ailleurs quelques éléments de cadrage, par rapport à la proposition actuellement en débat de différencier les prix du carbone. Ses tenants visent par ce biais à accélérer les efforts dans les secteurs - comme

celui des transports – où le caractère différé des bénéfices semble devoir être trop écrasé par l'actualisation. Une telle proposition apparaît très critiquable, car retenir des prix de référence différenciés du carbone revient à encourager *a priori* une situation de gaspillage dans la répartition des efforts de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, en ne sélectionnant pas leur mobilisation par ordre de mérite. Un prix de référence homogène est donc souhaitable.

En revanche, nous avons rencontré de multiples situations où, à partir de ce prix ( $\lambda$ ), les politiques à mener s'écartaient cependant des règles de premier rang, pour tenir compte de caractéristiques techniques ou institutionnelles particulières : problèmes de compétitivité ou de redistribution conduisant à utiliser un prix inférieur ; non convexité et imperfections des instruments de protection de l'innovation, conduisant au contraire à utiliser un prix supérieur.

## Références bibliographiques

- 1 Bureau D. (2005a)  
**L'évaluation des réglementations : transports et environnement.**  
Économie et Prévision n° 167, 2005/1.
- 2 Bureau D. (2005b)  
**Économie des instruments de protection de l'environnement.**  
Revue française d'économie, vol XIX pp. 84-110, avril 2005.
- 3 Bureau D. (2006)  
**Les instruments du report modal : aides, taxes routières, bourses de transit et certificats.**  
  
Communication au congrès de l'AFSE.  
[www.afse.fr/docs/congres2006/docs2006/BUREAU.doc](http://www.afse.fr/docs/congres2006/docs2006/BUREAU.doc)  
  
Notes de synthèse du SESP n° 166, juillet-août-septembre 2007.  
[www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/NS166\\_tome1\\_article3\\_cle7b2ee3.pdf](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/NS166_tome1_article3_cle7b2ee3.pdf)
- 4 Bureau D.  
**Association du privé et gouvernance des infrastructures de transports.  
in rapport au CAE n° 69 « Infrastructures de transport, mobilité et croissance ».**  
La documentation française, 2007  
[www.cae.gouv.fr \(rapports\)](http://www.cae.gouv.fr (rapports)).
- 5 Centre d'analyse stratégique  
Lebègue D., Hirtzman P., Baumstark L.  
**Le prix du temps et la décision publique : révision du taux d'actualisation public.**  
La documentation française, novembre 2005
- 6 Centre d'analyse stratégique  
Syrota J.  
**Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050.  
Rapport d'orientation de la commission Énergie, 2007.**  
[www.strategie.gouv.fr/article.php3?id\\_article=675](http://www.strategie.gouv.fr/article.php3?id_article=675)
- 7 Cremer H., Gahvari F., Ladoux N. (1999)  
**La taxation des biens polluants.**  
Revue française d'économie, vol. XIV, n° 2, 1999, pp. 33-60.
- 8 Dasgupta P. et Maler K.G. (2003)  
**The Economics of non convex Ecosystems : Introduction.**  
The Economics of Non-Market Goods and Resources, Kluwer Academic Publisher.
- 9 Graham D.J., Glaister S. (2004)  
**A review of road traffic demand elasticities estimates.**  
Transport Reviews, vol. 24, n° 3, 261-274.
- 10 Groupe de travail administratif  
**Rapport administratif : « Transports de fret et marchés de quotas CO<sub>2</sub> ».**  
Direction des affaires économiques et internationales, DAEI, 2007.  
Disponible au CDAT.

### **Le transport de fret dans le marché européen de CO<sub>2</sub> ?**

Notes de synthèse du SESP n° 168, janvier-février-mars 2008.

[www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/39-44\\_cle2139f3.pdf](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/39-44_cle2139f3.pdf)

- 11** Guesnerie R. (2003)  
**Kyoto et l'économie de l'effet de serre.**  
Rapport au CAE n° 39  
La documentation française.
- 12** Hoeller P. et Wallin M. (1991)  
**Energy prices, Taxes and Carbon Dioxide Emissions.**  
OCDE  
[www.oecd.org/dataoecd/33/26/34258255.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/33/26/34258255.pdf)
- 13** Newman P., Kenworthy J. (1999)  
**Sustainability and Cities : Overcoming Automobile Dependence.**  
Washington, Island Press.
- 14** Stern N.  
**Stern Review : The Economics of Climate Change.**  
HM Treasury, 2006, 575 p + annexes  
[www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/sternreview\\_index.cfm](http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_index.cfm)
- 15** Weitzman M. (1974)  
**Prices versus Quantities.**  
Review of Economic Studies, vol 41, n° 4, pp. 447-491.

