#### Le ministre de l'Environnement

Madame Dominique DRON
Ingénieur en Chef des Mines
Directrice de la Cellule
de Prospective et Stratégie

Ministère de l'Environnement 20, avenue de Ségur 75302 PARIS 07 SP Paris, le 2 janvier 1996 Madame,

L'environnement est encore souvent considéré comme un luxe pour sociétés développées et riches, en état de consentir des dépenses supplémentaires pour améliorer leur qualité de vie (paysages, espaces verts...). Les échanges communautaires montrent que les conceptions de l'environnement, bien superflu ou nécessité vitale, varient suivant les États-membres. Les discussions internationales concernant la lutte contre l'effet de serre, la préservation de l'ozone stratosphérique ou la protection des espèces menacées, illustrent quant à elles la complexité politique des différentes représentations culturelles de l'environnement dans le cas du dialogue Nord-Sud.

Dès lors il n'est pas surprenant que même au plan national, la satisfaction de demandes en matière d'environnement soit souvent repoussée a priori dans le temps – particulièrement en période économiquement difficile – sauf forte pression de l'opinion publique.

Pourtant, cette optique occulte une dimension essentielle : l'analyse environnementale est l'une des rares qui par construction recoupent transversalement les politiques sectorielles. De ce fait, elle met en évidence des corrélations d'évènements et des relations socio-économiques rarement prises en considération à cause de la sectorisation des décisions publiques ou privées.

Par exemple, les coûts de santé au sens large induits par les choix de transport (plus de 100 milliards de francs annuels) n'entrent pas encore dans les calculs d'opportunité des investissements publics. Pourtant la collectivité supporte en définitive les conséquences sanitaires et économiques de ces choix, mais le lien qui unit ces deux éléments n'est pas manifeste en raison de la séparation des deux comptes correspondants. Autre exemple, les paramètres environnementaux jouent un rôle croissant dans la concurrence économique pour différents secteurs (industrie, agriculture, services, tourisme, etc.), et peuvent devenir déterminants pour l'accès à certains marchés.

À la lumière d'exemples pris dans différents domaines (pollution de l'air, alimentation, tourisme, fiscalité, foncier, immobilier, catastrophes naturelles...), je souhaite que vous analysiez les conséquences de ce manque fréquent d'une approche suffisamment transversale, notamment sur les plans de l'économie publique, de l'emploi, de la santé et du patrimoine naturel.

Pour couvrir différentes politiques et différents impacts environnementaux, les exemples pourraient être choisis dans chacune des trois rubriques suivantes.

- Les impacts environnementaux et connexes (santé, emploi, économie...) d'une infrastructure routière (pollution atmosphérique, bruit, perturbations hydrologiques, manque à gagner foncier, perte d'attrait touristique, etc.).
- Les effets en terme d'environnement d'options fiscales et budgétaires (hausse TVA/TIPP, fiscalité foncier/mobilité, fiscalité travail/énergie, taxe professionnelle/patrimoine naturel, etc.), par exemple dans le domaine du bâtiment à usage de logement.
- Le bilan charges-avantages d'une directive européenne dans le domaine de l'environnement, par exemple celle de 1991 concernant le traitement et la collecte des eaux résiduaires urbaines.

Vous me remettrez le rapport de la Cellule pour l'automne 1997, en vous adjoignant les experts qui vous paraîtront pertinents, venant du ministère de l'Environnement, d'autres ministères et de toutes organisations concernées. Je demande aux services de considérer les questions de la Cellule comme prioritaires. En effet, l'environnement ne pourra que gagner à cette analyse.

Corinne Lepage

### Sommaire

Préface	7
Avant-propos	11
Remerciements	15
Première partie Synthèse	17
Les coûts occupent une place croissante dans les débats	19
On observe des antagonismes récurrents économie-environnement (études de cas)	21
L'économie n'est pas « l'économisme »  La nature des enjeux environnementaux	39
modifie la perspective de l'évaluation économique	49
Préconisations générales	59
Veiller à ce que l'évaluation économique joue effectivement son rôle de coordination, par le partage des conventions	59
La pratique de l'évaluation économique doit être renforcée et affinée, notamment en univers stabilisés	60
Des procédures de coordination <i>ad hoc</i> doivent être élaborées pour la gestion des risques collectifs	64
En situation d'incertitude, l'évaluation économique doit mettre l'accent sur la gestion du temps de l'acti et des risques	66
Les effets redistributifs des décisions doivent être systématiquement évalués	71
Préconisations sur les cas étudiés	73
Infrastructures routières	73
Épuration des eaux résiduaires urbaines	77 
Extension urbaine Pollution atmosphérique et santé	79 82

Sommaire 3

Deuxième partie	
L'environnement dans les décisions :	
place de l'évaluation économique	85
Ces coûts cachés des décisions publiques	88
Des raisonnements asymétriques qui biaisent l'évaluation d'une décision	105
L'évaluation économique : un instrument efficace	
de médiation dans les différends	116
Des enjeux environnementaux d'appréciation souvent délicate	120
L'évaluation économique et l'intégration d'enjeux	138
environnementaux : rapprochements et décalages  Questions aux pratiques d'évaluation économique	136
des enjeux environnementaux pour la décision	161
Troisième partie	
Etudes de cas : l'évaluation	
économique d'enjeux	
environnementaux en situation	217
Valeurs des zones humides	220
L'extension urbaine Coûts des effets sur la santé de la pollution atmosphérique	227 268
La prévention des changements climatiques	313
La prevention des changements climatiques	313
Annexes	325
Annexe 1 - Instructions du ministère des Transport	
pour la prise en compte de l'environnement	327
dans l'étude d'un projet de liaison routière	321
Annexe 2 – Évaluation de projet d'infrastructure routière : liste-guide d'impacts	331
	331
Annexe 3 – Compléments sur la « valeur du temps » et sur la tarification des infrastructures routières	347
Annexe 4 – Facteurs de l'étalement urbain	351
Annexe 5 – Évaluation de projet bâti urbain : liste-quide	03.
d'impacts	359
Annexe 6 – L'économie informelle dans les coûts des	000
projets urbains	367
Annexe 7 – Groupes de travail. Comité de pilotage	373
Annexe 8 – Glossaire	379
	383
Annexe 9 – Bibliographie	
Annexe 10 – Index	395
Table des matières	401

### Préface

Construire la décision publique est un art difficile. Surtout quand, comme c'est le cas général tant pour l'environnement que pour l'aménagement du territoire, ces décisions feront sentir leurs conséquences pendant des dizaines d'années. Chacun s'accorde aujourd'hui à reconnaître que les pratiques économiques courantes sont peu adaptées à une telle échelle de temps. Le nouveau rapport de la Cellule de prospective du ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement apporte donc une pierre essentielle à une réflexion indispensable pour tout décideur soucieux du développement durable.

En effet, qu'il s'agisse d'économie, de territoire ou de société, les décisions publiques doivent se construire d'abord autour d'objectifs majeurs. Ceux-ci doivent être définis politiquement, à partir des valeurs et des souhaits de la société, mais aussi en fonction des ressources de toute nature dont elle dispose. Ainsi, l'aménagement du territoire doit intégrer :

- la protection des ressources indispensables pour le développement durable telles que l'eau potable, le climat, les sols, la biodiversité, le calme, le bien-être des populations;
- la volonté d'une égalité d'accès aux ressources économiques (c'est-àdire aux emplois et activités), culturelles et naturelles;
- la valorisation des atouts du territoire de façon durable (c'est le cas des paysages, importants pour le tourisme et la qualité de vie, ou dans un autre registre de la créativité humaine que l'on doit aider par un bon accès à la culture mais aussi des télécommunications efficaces).

Pour atteindre ces objectifs, il doit prendre en compte les contraintes existantes ou prévisibles, en fonction de leur caractère plus ou moins évitable, plus ou moins rémédiable ou au contraire irréversible. Ainsi, la lutte contre le chômage est une évidence ; la maîtrise du changement climatique, phénomène irréversible et de grande ampleur, aux conséquences potentiellement catastrophiques, s'impose ; parallèlement, le pays doit conserver une position pérenne dans l'économie mondiale, en exploitant les atouts du territoire et de ses habitants à toutes les échelles et en encourageant l'innovation dans le sens d'un développement durable.

Préface 5

Mais ce qui résulte d'une telle logique, même théoriquement ou techniquement possible, n'est pas toujours pour autant socialement acceptable. Ainsi, il est impensable d'abandonner purement et simplement des territoires pour cause de non-rentabilité financière, entraînant par là même la disparition brutale des cultures et des modes de vie qui font partie de notre patrimoine. Il est aussi inacceptable de mettre en jeu sciemment la santé des populations, ou de préparer les conditions de crises graves, scénarios probables si par exemple les villes poursuivent leur extension non maîtrisée, selon les tendances actuelles.

Un processus politique de décision publique suppose donc plusieurs étapes :

- définir des objectifs généraux suscitant l'adhésion et motivant l'action, par des procédures démocratiques et contradictoires;
- imaginer divers scénarios de contextes possibles pour prendre en compte l'incertitude;
- apprécier les avantages et inconvénients des décisions possibles dans ces scénarios.

C'est à ce niveau que l'évaluation économique prend toute sa place. Elle doit se faire de manière ouverte, sans confiscation du débat par les experts et avec le souci de l'information nécessaire et contradictoire des participants. Puis, le décideur compétent doit prendre effectivement une décision sur ces bases, ce qui est de sa responsabilité. Cette décision peut être au besoin définie pas à pas, par séquences, en fonction des évolutions effectives du contexte, mais sans perdre de vue les objectifs directeurs. En tout état de cause. le décideur doit rendre compte des motifs, puis des effets de sa décision, voire de ses réajustements, c'est-à-dire alimenter en retour le fonctionnement démocratique de la société par un suivi et des indicateurs.

L'évaluation économique, qui est un outil d'explicitation et de comparaison d'enjeux divers dans un cadre défini, constitue donc un élément clef de l'action publique. Mais elle n'en est que l'une des composantes : pour être appropriée et mobilisatrice, l'élaboration des décisions doit suivre l'ensemble du processus rappelé ci-dessus. Parmi les étapes de l'évaluation, les chiffrages économiques d'impacts environnementaux et sanitaires (« monétarisations ») permettent d'illustrer un problème et d'alerter les acteurs concernés : coûts sanitaires de la pollution atmosphérique, coûts d'épuration des eaux et des sols pollués, coûts des risques naturels lorsque l'urbanisation déborde sur des zones exposées aux inondations ou aux glissements de terrain, coûts du retard dans la prévention du changement climatique, mais aussi dans un autre registre coûts de perte de marchés par manque d'anticipation innovante, etc.

Mais les monétarisations ne sont qu'un outil qu'il faut utiliser d'une façon appropriée et rigoureuse, pour les questions d'environnement et de santé comme pour les autres. Ainsi, la situation financière bientôt critique des sociétés autoroutières, encore évitable mais que construisaient les orientations antérieures, montre que même dans un domaine que l'on aurait pu croire classique et balisé, la vigilance et les procédures adaptées font parfois défaut. En outre, les évaluateurs et ceux qui utilisent leurs

résultats doivent avoir la conscience des possibilités importantes et des limites théoriques de cet outil. C'est la réflexion que produit ici la Cellule de prospective et stratégie de mon ministère.

Ce rapport est précieux car il montre, en s'appuyant sur les travaux des meilleurs économistes français de l'environnement et de praticiens aguerris, que la théorie économique n'est pas aussi antagonique du souci de l'environnement et du long terme que ce qu'une pratique courante laisse trop fréquemment croire. Réciproquement, les protecteurs de l'environnement doivent être davantage conscients du fait que les fondements de l'économie permettent une prise en compte de leurs préoccupations, mieux que la pratique courante ne le laisse souvent imaginer. C'est l'une des conditions du développement durable que de pouvoir traduire, dans le langage des activités économiques, les réalités de leur contexte biophysique, à l'échelle locale ou globale, même s'il s'avère nécessaire de compléter ces évaluations par d'autres approches.

Les pistes proposées ici pour une évaluation économique plus adaptée sont d'actualité : je pense à l'évaluation des schémas de services dans le cadre de l'aménagement du territoire, à l'évatuation des pratiques agricoles par des indicateurs pertinents pour préparer de futures négociations internationales, aux choix énergétiques, aux discussions sur la préservation du climat et sur les outils économiques appropriés, à l'établissement d'une comptabilité nationale de développement durable ou à l'élaboration d'une fiscalité mieux à même d'éviter les dérives peu soutenables.

Les responsables d'entreprises savent bien que lorsque des dépenses ne sont ni estimées ni suivies, c'est par elles qu'arrivent les déboires. J'attends donc de cette réflexion qu'elle contribue à construire les procédures de décision publique, les instruments et les indicateurs qui assureront au pays des orientations durables.

Le 7 octobre 1997

Dominique Voynet, ministre de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement

Préface 7

## **Avant-propos**

L'objectif de ce rapport n'est pas d'écrire une théorie de l'économie appliquée aux enjeux environnementaux. Il n'est pas non plus de proposer une politique d'infrastructures routières, ni une politique de la ville ou de l'assainissement sur la base d'évaluations chiffrées d'avantages et d'inconvénients économiques ou environnementaux. Il se veut une tentative de clarification des difficultés spécifiques liées à l'appréciation d'impacts environnementaux, et d'identification de quelques pistes d'affinement de la méthode. Il s'adresse donc aussi bien aux praticiens de l'évaluation économique qu'aux décideurs chargés d'en interpréter et utiliser les résultats.

Il s'agit de répondre aux questions suivantes. D'où proviennent les antagonismes récurrents entre les argumentaires se réclamant de l'économie et ceux invoquant l'environnement et la santé? Pourquoi constate-t-on de telles difficultés de dialogue et d'insertion des préoccupations environnementales dans les processus de décision? À quoi sert-il d'évaluer des coûts si ces derniers ne sont pas insérés dans une procédure de coordination collective?

Nous avons tenté d'éclairer la nature des phénomènes environnementaux et sanitaires, les instruments de leur approche concrète, les conventions et principes des calculs économiques, la pratique des évaluations dites coûts-avantages, le déroulement des processus de décision jusque dans les options culturelles qui parfois s'y expriment implicitement mais fortement. En nous appuyant sur des exemples concrets tirés des domaines étudiés (infrastructures routières, étalement des villes, assainissement urbain, effets sanitaires de la pollution atmosphérique), nous avons voulu dégager les points d'achoppement les plus fréquents et trouver des pistes pour permettre aux acteurs économiques, individus, collectivités ou entreprises, dans ces secteurs mais aussi dans la pratique générale de l'évaluation, d'échapper à l'opposition binaire économie-environnement qui, si elle persistait, condamnerait tout espoir d'un développement durable. Il s'est avéré que les sources de malentendus, et donc d'améliorations possibles résidaient dans les pratiques de l'évaluation économique, ce qui nous a conduit à donner une place prépondérante à cette dernière, aux prix de détours qui pourront sembler parfois ardus (ils l'ont été pour les auteurs...)

Avant-propos 9

Le rapport aborde l'évaluation économique, mais pas les instruments économiques des politiques publiques. Il le fait du point de vue de l'environnement, et non l'inverse, au sens où c'est en partant de la nature des enjeux environnementaux (importance du long terme, incertitudes, etc.) et des principes qui guident leur prise en compte (principes pollueur-payeur, de prévention, de précaution, développement durable) que nous avons tenté d'apprécier les potentialités de la discipline économique à en rendre compte. Nous avons souhaité dépasser la critique frontale s'adressant à l'axiomatique économique standard (homo economicus maximisant son utilité par l'appropriation et l'échange de biens) qui, par nature, est une caricature, une épure, et doit être prise ainsi. La science économique dans toute son étendue ne peut être disqualifiée pour ce qui concerne l'environnement au simple motif que ses fondements sont « irréalistes » ; l'apport de l'économie publique est notamment d'indiquer que des voies existent pour contribuer au bien commun, même dans une situation où des agents « égoïstes » maximisent leur seule utilité; dans d'autres situations où la coordination entre individus serait plus facile, la science économique serait moins nécessaire. Nous avons plutôt cherché à apprécier les qualités de l'évaluation économique, notamment comme instrument de médiation et de coordination entre acteurs, et à en mesurer les limites, non pas dans la perspective d'une refonte théorique, mais pour suggérer des modes complémentaires d'évaluation lorsque ceci apparaît nécessaire.

La première caractéristique de l'évaluation économique est d'être précisément une évaluation, avec ses critères et ses épreuves typiques, et ceci est *a priori* un atout pour la prise en compte de l'environnement. En effet, nous soulignons que nombre de décisions engageant l'environnement souffrent tout simplement d'un défaut d'évaluation. Or, l'évaluation économique, bien menée, devrait permettre d'éclairer une décision, par un élargissement de son contexte, par un ensemble de tests et d'épreuves, en favorisant les transactions et les interactions entre les acteurs de cette décision. Toutefois, et fort naturellement, cette forme d'évaluation est marquée par la nature de ses fondements (rôle central joué par les préférences individuelles, transactions autour de l'échange de biens, etc.). Il convient alors de s'interroger sur les possibles décalages entre l'axiomatique de la théorie économique et la nature des enjeux environnementaux.

Cette réflexion a conduit le groupe de travail à examiner ce qui, dans les caractéristiques des enjeux environnementaux, se prêtait ou non à une évaluation économique standard. Si certains éléments de décision touchant à l'environnement (notamment des effets de court terme, réversibles, et directs sur des individus) peuvent s'apprécier par le biais d'épreuves économiques (consentement à payer ou à recevoir, pollution optimale déterminée par compensation entre avantages et coûts...), d'autres éléments (notamment des risques de long terme, graves et irréversibles, entachés de fortes incertitudes, d'appréciation directe délicate et pouvant affecter les générations futures) demandent une attention particulière de par leur nature même. Il ne s'agit alors pas tant de disqualifier l'évaluation économique au profit d'autres évaluations (à charge d'ailleurs

de montrer que ces dernières seraient plus adaptées), que de la compléter par d'autres approches en contexte d'incertitude : détermination de seuils environnementaux et sanitaires par des procédures non exclusivement économiques (scientifiques, politiques, diplomatiques, économiques...), décisions « pas à pas » privilégiant les mesures « sans regrets », etc.

La réflexion a aussi mis en lumière des défaillances fréquemment observées lors des applications routinières du calcul économique (y compris dans son champ de pertinence théorique) dont la correction est possible et améliorerait l'efficacité et l'acceptabilité de la démarche. Nous insistons sur la question des hypothèses, des conventions, des présupposés... qui peuvent faire basculer une évaluation économique : choix d'un unique scénario de référence, attribution des droits d'usage de l'environnement au pollueur, absence de valorisation spécifique au cours du temps des actifs environnementaux non renouvelables, etc. Cette explicitation du faisceau des hypothèses est déterminante, car nous proposons une pratique de l'analyse économique qui vise à clarifier les systèmes de valeurs et d'hypothèses sous-jacents et préalables aux choix finaux, plutôt qu'aboutir à imposer des solutions de fait unilatéralement construites.

Devant les éléments récurrents observés dans les secteurs analysés, nous avons adopté pour le rapport une organisation différente de l'analyse successive des domaines visés, présentée en trois parties.

La première partie synthétise, à partir d'un exemple détaillé (infrastructure routière) et d'autres exemples, les principales difficultés rencontrées et les pistes envisageables (recommandations). L'ensemble des préconisations ne constitue bien sûr pas une liste-guide à appliquer à toute décision. Tout d'abord, les recommandations s'adressent aux décisions publiques, et ensuite certaines d'entre elles ne sont valables que pour des décisions aux conséquences lourdes.

La deuxième partie retrace plus précisément les caractéristiques des enjeux environnementaux. Elle analyse les outils actuels de leur connaissance et les biais auxquels ils se heurtent dans les raisonnements les plus fréquents; elle souligne, avec des exemples concrets, les inadéquations des conventions et des pratiques des évaluations économiques routinières, et les coûts parfois gigantesques induits par des décisions mal adaptées dans leur contenu ou leur échéancier. Nous avons beaucoup utilisé, et largement cité, les rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 1995) et le rapport de la Société française de santé publique (SFSP, 1996), parce que leurs démarches nous semblent exemplaires du raisonnement scientifique en situation d'incertitude : ouverture large des expertises, controverses publiques sur les méthodes et les résultats, recherche d'un consensus validé par tous. L'apport du GIEC sur les réflexions économiques en relation avec les questions d'environnement global est considérable et la qualité du mode d'expertise qui a conduit à son second rapport d'évaluation (1995) en renforce le poids. Il faut souligner que la version définitive du document de synthèse a été approuvée mot à mot lors de la onzième session du GIEC à laquelle ont assisté des représentants de 116 gouvernements, de 13 organi sations intergouvernementales et de 25 organisations non gouvernementales.

Avant-propos 11

La troisième partie est consacrée à quatre études de cas où les coûts sont analysés en fonction des données actuelles : les zones humides, l'urbanisation (bâti et transports), les impacts sanitaires de la pollution atmosphérique des transports, les changements climatiques. Elle est suivie d'annexes explicatives ou récapitulatives.

### Remerciements

Ce document a bénéficié de l'assistance particulièrement attentive de certains membres des groupes de travail, que nous tenons à remercier ici :

- **J.-C. Lévy** et **J.-L. Pujol**, de la Cellule de prospective, pour leurs réflexions et contributions respectives sur les questions de l'assainissement urbain et sur l'économie de la ville ;
- **S.** Gastaldo, M. Glachant, O. Godard, J.-C. Hourcade, C. Philibert (Ademe), pour leur contribution à l'analyse économique générale, que ce soit par des discussions, lectures et relectures attentives, ou en nous permettant de reproduire des extraits de leurs publications (voir bibliographie);
- P. Lagadec, H. Legrand, V. Piron, M. Rousselot pour leurs contributions à l'examen des coûts dans la décision, que ce soit par des discussions, lectures et relectures attentives, ou en nous permettant de reproduire ici des parties de nombreux documents et articles (voir bibliographie);
- **G. Barneau** (Muséum d'histoire naturelle), **M.-F. Bossenie** (ME/DE), **B. Ducot-Lallemand** (ME/DNP), **C. Thiebault** (ME/DNP) pour nous avoir permis de reproduire les fiches scientifiques *Entre terre et eau. Agir pour les zones humides* ;
- O. Chanel, B. Festy (et l'équipe du Greqam), W. Dab, E. Giroult, S. Médina, G. Zacklad, D. Zmirou, pour leurs contributions à l'examen des coûts de la santé, que ce soit par des discussions, des lectures et relectures attentives, ou en nous permettant de reproduire ici des parties de nombreux documents et articles (voir bibliographie);
- B. Barraqué, P. Chassande, M. Dresch, B. Drouot, V. Fouchier, E. Giroult, J. Lambert, C. Lezon, A. Ossadzow, V. Piron, F. Toilier pour leur contribution aux domaines touchant les infrastructures routières, l'urbanisme et les politiques d'assainissement urbain, que ce soit par des discussions, des lectures et relectures attentives, ou en nous permettant de reproduire ici des parties de nombreux documents et articles (voir bibliographie).

### Première partie

## Synthèse

## Les coûts occupent une place croissante dans les débats

Les discussions autour d'une décision ou d'un projet public s'expriment de plus en plus fréquemment par des divergences autour d'évaluations économiques, autour de « coûts ». Combien coûtent la pollution des nappes phréatiques, la pollution de l'air ? Quel est le coût des heures perdues dans les embouteillages et quel est le bénéfice associé à un gain de temps ? Quel est le coût d'une crise de confiance des consommateurs dans une filière agricole, et quel est celui d'une prescription supplémentaire pour élever d'une classe de qualité un cours d'eau ? Ces divergences autour d'évaluations économiques s'expriment aussi en terme de redistribution : qui « gagne » et qui « perd » du fait d'une décision ?

De telles évaluations de coûts peuvent être intégrées dans les calculs économiques utilisés pour procéder aux arbitrages collectifs. Mais si leurs présupposés ne sont pas explicités et débattus, elles contribueront plus à alimenter les controverses qu'à les apaiser, car les résultats d'un calcul dépendent d'abord des hypothèses initiales et du point de vue choisi. De plus, les éléments d'une analyse d'opportunité d'une décision ne s'expriment pas tous sous forme monétaire, sans que leur importance doive en être minorée pour autant.

En matière d'environnement, on constate que les « coûts » sont devenus un nouvel enjeu. Les groupes de travail sur les évaluations monétaires se multiplient. Les évaluations monétaires des nuisances dues au transport ont disparu des comptes transports de la Nation parus en 1996, pour y reparaître en 1997. On trouve divers bilans de la différence entre les recettes procurées par le mode routier et ses coûts, selon les modes de calcul, selon l'extension donnée aux coûts (nuisances, insécurité, occupation d'espace, gêne des non-automobilistes, etc.). La loi du 30 décembre 1996 sur l'air et sur l'utilisation rationnelle de l'énergie modifie l'article 14 de la loi d'orientation sur les transports intérieurs en ajoutant que « les choix relatifs aux infrastructures [...] tiennent compte [...] des impératifs de sécurité et de protection de l'environnement [...] du coût financier et, plus généralement, des coûts économiques réels et des coûts sociaux dont ceux des atteintes à l'environnement ». Il est en outre proposé que les « schémas directeurs comprennent une analyse globale des effets sur l'environnement ».

En fait, si les « coûts » sont devenus un enjeu, c'est que les questions d'allocation de ressources rebondissent sur des débats autour de l'évaluation et conduisent à des controverses sur les coûts. Les coûts constituent de fait une forme de représentation de la réalité. S'il est perçu (pour reprendre la formule de Claude Henry) comme un langage de négociation, le calcul économique donne un ensemble de règles permettant d'expliciter des intérêts, des choix de valeur et des visions du futur tout en les forçant à se situer par rapport à une certaine manière d'appréhender l'intérêt collectif. Il fixe des repères pour éviter que la mise en œuvre de décisions collectives ne soit abandonnée au gré des conjonctures politico-administratives ou de l'influence de lobbies occasionnels. En effet, le problème originel de l'économie publique est de prévenir l'arbitraire dans les décisions d'intérêt collectif et d'en guider la préparation.

Par conséquent, un coût ne se réduit pas à un chiffre. Trop souvent, des évaluateurs s'attachent à donner à un coût (dépense ou dommage) une expression chiffrée, au seul motif que cette forme de rationalité et de légitimité, d'utilisation ultérieure apparemment simple, est exigée par les décideurs. Nous verrons que plusieurs évaluations d'un même coût sont possibles, selon les hypothèses, conventions, points de vue... adoptés; aussi, dans les évaluations économiques effectuées, faudrait-il toujours préciser le point de vue duquel on se place, et ne pas comparer, additionner ou soustraire les coûts exprimés à partir d'observateurs différents. En fait, l'évaluation économique est un processus plus complet que la fourniture de seules évaluations chiffrées : ce sont les bonnes questions issues d'un débat contradictoire autour de l'évaluation de coûts qui devraient surtout en être retenues, quelle que soit l'indéniable force d'attraction actuelle des chiffres. En effet, il est toujours possible de «faire basculer une évaluation monétaire dans un rapport de 1 à 4 en remplaçant telle hypothèse discutable par telle autre, aussi discutable... » ([20]) C'est donc bien d'abord sur ces hypothèses, leur degré d'incertitude, leur caractère déterminant ou non, qu'il doit importer aux interlocuteurs de s'accorder.

Vue sous cet angle, l'évaluation économique prend sa place parmi d'autres modalités d'émergence de la préférence sociale, de natures différentes, que sont par exemple le vote (et la démocratie représentative, pouvant notamment s'exprimer par des législations) ou le débat entre organisations collectives (qui réalisent en leur sein une agrégation particulière des préférences de leurs membres). Par le biais de méthodes de calcul, issues d'un univers théorique propre avec son monde original d'hypothèses et d'abstractions, l'évaluation économique joue le rôle de « pratique sociale de coordination » ([20]) dans des contextes institutionnels donnés où ce type de procédure est jugée appropriée.

Les évaluations économiques, comme les autres exercices d'évaluation, dépendent de méthodes, elles-mêmes reposant sur des conventions : elles informent de manière systématique et si possible cohérente un certain point de vue. Si l'on veut éviter que les évaluations produites n'aient d'intérêt que pour leurs auteurs, il faut s'assurer que les conventions méthodologiques et le point de vue qu'elles instrumentent

soient partagés par la communauté des utilisateurs des évaluations. En d'autres termes, cela nécessite qu'on s'interroge sur le statut des évaluations économiques dans les procédures de coordination collective.

Enfin, si l'application réelle de l'évaluation économique peut permettre d'exprimer des enjeux environnementaux mieux que ne le fait la pratique usuelle routinière des décisions, elle possède toutefois des limites qui, sans l'invalider, nécessitent d'en user avec précaution. Il y a d'un côté des limites pratiques (disponibilité des données, coût de collecte de l'information, etc.) qui nécessitent d'adopter des hypothèses et des conventions de calcul. S'il y a accord sur le cadre d'hypothèses, on observe généralement un resserrement de l'éventail des évaluations. Toutefois, ceci ne résout pas certains problèmes de fond qui touchent aux limites de pertinence du cadre économique (prise en compte du long terme, équité intergénérationnelle, situation d'incertitude au sujet de risques potentiellement graves, etc.) qui nécessitent d'adopter des substituts au traditionnel critère du bilan coûts-avantages pour fonder la décision. En situation d'incertitude, on peut par exemple choisir une stratégie prudente, associée à la surveillance d'un certain nombre de paramètres, et l'adapter ultérieurement en fonction des nouvelles informations disponibles, plutôt que de tenter de définir aujourd'hui la meilleure politique pour les cent ans à venir [50, p. 17] (1).

# On observe des antagonismes récurrents économie-environnement (études de cas)

L'existence de difficultés entre approche économique, telle que traditionnellement utilisée dans les décisions publiques, et représentation d'enjeux environnementaux apparaît concrètement dans les domaines examinés lors de l'élaboration de ce rapport. Pour illustrer les concepts exposés par la suite, nous en détaillons ici quelques exemples, avec une attention plus particulière portée sur le cas des choix d'infrastructures routières.

## La réalisation d'une infrastructure routière

Sur l'exemple de la décision de réaliser une infrastructure routière interurbaine, objet plus simple qu'un projet urbain ou qu'une politique d'assainissement, nous allons tenter d'expliciter les stades auxquels s'opèrent des choix implicites ou explicites, et la façon dont l'évaluation économique y intervient ou non.

(1) Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin de volume.

Ce cas permet d'illustrer concrètement un certain nombre d'éléments récurrents qui, dans les cas des projets d'urbanisme ou de politiques purement environnementales comme la directive sur les eaux résiduaires urbaines, apparaissent aussi plus ou moins. Ces éléments nous ont semblé constituer des facteurs importants des « frottements » souvent observés entre logique économique routinière et préoccupations environnementales. Pour aider à une mise en pratique des principes du développement durable, il nous a donc paru nécessaire de les discuter et de proposer des alternatives opératoires ou des directions d'évolution adaptées.

L'examen des conditions dans lesquelles sont décidées les nouvelles infrastructures routières et autoroutières met en évidence les points suivants (voir aussi [106] et [108]) :

- des alternatives au projet (tarification, élargissement de voies...) ou des impacts dignes d'attention, voire majeurs (contribution à des pollutions cumulatives régionales ou planétaires), ne sont pas toujours examinés lors des décisions intermédiaires qui les engagent;
- des argumentations faiblement étayées sont valorisées et acceptées lorsqu'il s'agit de leurs avantages (« désenclavement égale développement », alors que les bénéfices indirects attendus pour l'ensemble de la population, comme le développement économique local ou les emplois induits, sont aujourd'hui devenus largement incertains), mais des arguments étayés concernant leurs inconvénients sont assez systématiquement minimisés dans le discours (valeurs des écosystèmes, changements climatiques, effets sur la santé, etc.);
- le prix à payer pour atteindre l'objectif recherché d'amélioration de la sécurité et du confort des usagers (élargissement de voies, sécurité, effacement de congestions temporaires, etc.) est acquitté par l'ensemble de la collectivité présente ou à venir (coûts des nuisances, dette autoroutière en cas de déséquilibre financier, changements climatiques pour les générations futures, etc.).

Ces biais d'évaluation seront précisément étudiés dans la deuxième partie du rapport. Nous prenons ici quelques exemples, en déroulant le processus de décision.

### Détermination du schéma directeur autoroutier

Nous décrivons ici le processus observé jusqu'à présent, sans préjuger des évolutions en cours qui pourraient être substantielles compte tenu des nouvelles orientations du ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, et du ministère de l'Équipement et des Transports, notamment dans le cadre du remaniement de la loi sur l'aménagement et le développement durable du territoire.

### Des schémas peu soumis à controverse et à l'évaluation contradictoire, au débat collectif et à un examen de cohérence

Le schéma directeur autoroutier était, jusqu'au vote de la loi du 4 février 1995 d'orientation pour l'aménagement et le développement du territoire, élaboré par la direction des routes du ministère des

Transports. Sa réalisation, en opportunité et en échéancier de dépenses, faisait l'objet d'une négociation interministérielle essentiellement avec le ministère des Finances. Avec la loi de 1995, les principes directeurs du schéma devaient être votés au Parlement, mais le schéma directeur restait proposé par le même acteur institutionnel, pour être ensuite discuté avec les régions et fixé par décret. Une réelle analyse intermodale (impact économique des projets nouveaux sur les réseaux existants, du même mode ou d'un autre mode, voire sur les projets intéressant d'autres modes de transport), certes souvent complexe, n'intervenait pas dans l'analyse d'opportunité. A fortiori il n'était pas prévu de débat sur la nature modale optimale pour une liaison donnée, et sur les effets à moyen et long terme des projets envisagés. Le nouveau projet de loi sur l'aménagement du territoire, avec ses schémas intermodaux de service, corrige ce biais.

### Des scénarios de trafic déterminants mais peu ouverts

Les évaluations dépendent de scénarios, eux-mêmes fonctions de conditions macro-économiques et socio-organisationnelles. La décision de réaliser des aménagements routiers repose sur des projections de trafic déterminantes pour la suite des évaluations. Les hypothèses de base y sont présentées de manière fort contrainte : un taux de croissance du PIB sur 20 ans est fourni par le Commissariat général du Plan ; les inductions et évolutions de trafic résultent de considérations peu explicitées ; les modèles de trafic sont des « boîtes noires » peu discutées, etc.

Les variantes retenues sont assez fermées : la sensibilité du trafic aux prix repose sur des données passées n'intégrant que des variations marginales dans des contextes assez figés ; les élasticités de long terme du trafic aux prix (importantes) reçoivent moins d'attention que les élasticités de court terme (plus faibles) ; les ruptures ou les effets de seuil, même à horizon de 15-20 ans, tels qu'une stagnation ou une très faible croissance du PIB sur plusieurs années, ou la raréfaction des produits pétroliers ne sont pas examinés, etc. ; la principale variable envisagée est la vitesse de réalisation des ouvrages prévus, plus que leur opportunité elle-même. Remettre en question les hypothèses de base ne dépend alors que de l'institution qui produit les scénarios.

Ces scénarios étant peu soumis à une approche contradictoire, ils peuvent présenter des points discutables. Par exemple, les scénarios de trafic fournis par le ministère des Transports pour le groupe de travail Énergie 2010-2020 du Commissariat général du Plan reposent sur une hausse modérée des prix (y compris taxes) des carburants à vingt ans. Or, les travaux de ce même groupe de travail font état, à l'horizon 2020, d'une forte concentration des ressources pétrolières dans la seule zone du Moyen-Orient, ce qui ne pourra manquer d'avoir une incidence sur les prix, voire sur la disponibilité du pétrole.

Dans un autre registre, ces scénarios reposent sur la fiscalité existante en matière de transport routier, fiscalité qui n'intègre pas les externalités environnementales connues et ne corrige pas les dysfonctionnements du marché. Ainsi, l'avantage fiscal dont bénéficie le gazole par rapport à l'essence, issu des années soixante-dix, n'est pas justifié d'un

point de vue environnemental; la taxe à l'essieu est trop basse pour couvrir les coûts de dégradation des routes qui constituent pourtant sa principale justification originelle, etc. Du fait de cette intégration lacunaire des externalités collectives, le mode routier est conduit mécaniquement à se développer au-delà de son utilité sociale globale. Ceci se traduit par des scénarios de trafic présentés comme inéluctables, où ce mode apparaît en forte croissance. Pourtant, en toute rationalité économique, les externalités devraient être intégrées dans une stratégie de minimisation des coûts collectifs visant à infléchir les trafics, de façon à contenir la dégradation de l'environnement et de la santé publique au regard des avantages collectifs induits.

Dans ces conditions, le processus d'évaluation et par conséquent ses résultats laissent peu de place à des options contrastées [108].

### Des raisonnements dissymétriques

La coordination d'intérêts divergents, dans un contexte où l'environnement est en jeu, rencontre des difficultés spécifiques. Les raisonnements employés montrent souvent un certain nombre d'asymétries qui valent présupposés implicites, et l'évaluation économique éventuellement mobilisée en devient biaisée.

Ainsi, le doute scientifique est invoqué comme motif d'inaction quand il s'agit d'environnement et de santé (effet de serre, particules), mais pas quand il s'agit d'équipement et de transport (« désenclavement égale développement »). Plus généralement, des justifications coûts-avantages sont réclamées pour les mesures environnementales, mais pas pour les autres mesures, malgré le traité constituant l'Union européenne qui précise que l'environnement doit faire partie intégrante de toutes les politiques. Ces décalages favorisent des décisions inappropriées, donc coûteuses.

Ainsi, des décisions publiques peuvent être prises au motif de fournir des biens et services collectifs aux avantages énoncés, attendus, mais non évalués (développement économique...); dans le même temps, certains coûts sont, eux, négligés dans l'analyse alors qu'ils peuvent souvent être évalués (dépendance envers les ressources pétrolières...). En fin de compte, ces coûts peuvent excéder les avantages supposés, et la charge en sera supportée sous diverses formes (physique, économique, psychologique, sanitaire...) par des catégories de population plus ou moins nombreuses.

Ainsi, l'accroissement de la portée des déplacements (possibilité d'aller plus loin pour un même « budget temps ») est valorisée positivement. Dans le même temps, des conséquences négatives apparues du fait de l'étalement urbain (rétroaction du transport sur l'urbanisme) n'apparaissent pas en contrepoint : hausse des consommations énergétiques, dépendance accrue à l'égard des ressources pétrolières, contribution additionnelle à l'effet de serre (et au non-respect potentiel par la France de ses engagements internationaux en matière de prévention des changements climatiques), déstructuration urbaine, etc. Ces biais d'évaluation conduisent à des décisions mal dimensionnées à l'origine de coûts, minimisés au départ, mais bien réels après réalisation (sans compter les coûts d'exploitation).

### Des conséquences indirectes, plus lointaines et globales, ne sont pas prises en compte

Les effets conjoints de l'accumulation de micro-décisions, comme celles consistant par exemple à réaliser des troncons routiers, ne sont pas examinés d'un point de vue d'ensemble. Ainsi, n'ont longtemps pas été considérées les conséquences globales - notamment lourdes et irréversibles – de ces décisions ponctuelles, ni au plan environnemental (contribution globale à l'accélération des tendances vers le changement climatique), ni au plan économique (effet sur la rentabilité d'autres investissements publics tels que les voies existantes ou les autres réseaux modaux). Jusqu'à très récemment, leur influence sur l'équilibre purement financier du système autoroutier avait été peu rigoureusement examinée par les opérateurs, malgré des rattrapages budgétaires (in fine par le contribuable) inévitables, et déjà expérimentés par le passé, en cas de faillite. De même, n'était pas pris en compte dans les choix le fait qu'une organisation du transport en pays développé puisse constituer un exemple pour d'autres pays et contribuer ainsi à la diffusion d'un modèle de développement non soutenable.

## Des coûts « stratégiques » non pris en compte : les coûts des irréversibilités d'une action

Parmi les conséquences de décisions, notamment en matière d'aménagement, certaines présentent un fort caractère d'irréversibilité. Par exemple, c'est par la combinaison de multiples décisions et non-décisions, par les effets de nombreuses structures d'incitation (fiscalité locale, sous-tarification du mode routier, etc.), par des politiques d'infrastructures de transport qu'on assiste à une extension péri-urbaine à un rythme plus rapide que celui que demanderait le mouvement inverse. Or, ces formes urbaines étalées s'avèrent fortement consommatrices de carburants par les déplacements qu'elles suscitent. En cas de moindre disponibilité de pétrole, cette situation peut conduire à des crises car il sera difficile de revenir rapidement vers des options d'urbanisation moins génératrices de déplacements.

Bref, les coûts « stratégiques » – c'est-à-dire les coûts des irréversibilités d'une action – ne sont pas ou peu envisagés jusqu'à présent dans la réflexion sur les infrastructures de transport. Pourtant, des exemples dans d'autres domaines (sang contaminé, « vache folle », amiante...) nous indiquent que ces coûts sont réels et parfois fort élevés. Le calcul économique, lorsqu'il est pratiqué comme simple calcul à la marge, est peu approprié à l'analyse des coûts de diffusion d'une déstabilisation.

### Des décisions que des processus déficients rendent vulnérables aux aléas politiques

Les formes urbaines, les réseaux d'infrastructures de transport, etc. contribuent à structurer notre système de transport. Cette structuration n'est pas neutre du point de vue de ses effets sur l'environnement (consommation énergétique, émissions atmosphériques, etc.), et donc du point de vue des contraintes environnementales (disponibilité du pétrole,

réduction d'émissions polluantes) elles-mêmes soumises à des aléas politiques. En effet, bien souvent, les dossiers environnementaux ne sont abordés sur le fond qu'en situation tendue (l'affaire des pluies acides en est un exemple), conduisant à des décisions imprévisibles et rapides s'imposant à des systèmes inertes, et donc à des crises d'adaptation. Nous dresserons un déroulement-type du processus d'émergence de crises environnementales, et nous tenterons de montrer en quoi la gestion du dossier des changements climatiques peut conduire à des crises aux incidences plus ou moins fortes selon les options retenues en matière de schéma de transport.

Schématiquement, une crise environnementale se déroule comme suit [18]. Des controverses scientifiques longues, versées sur la scène publique peuvent soit provoquer un débat social (les pluies acides ont provoqué des discussions publiques; les plantes transgéniques vont susciter un débat en France), soit rester confinées à quelques cercles (effet de serre et changements climatiques). Pour différents motifs (information scientifique, évènement frappant...), un sentiment d'urgence peut se répandre suffisamment pour pousser les instances politiques à agir sans attendre l'issue de la controverse. Les acteurs en cause se sentent alors diversement menacés ou favorisés par les issues possibles. Le résultat de la compétition pour la fixation des règles revient à arbitrer des éléments scientifiques et technologiques par des motifs économiques et politiques, en fonction des rapports de force en présence : pour le cas des pluies acides, la responsabilité majoritaire des véhicules thermiques ayant été invoquée, ce fut le pot catalytique proposé par l'Allemagne, contre le moteur à faible consommation proposé par la France. Une coalition dominante finit par converger sur une modalité de réduction de l'incertitude, choisie sur la base des techniques disponibles (le pot catalytique était le seul prêt). Mais on constate fréquemment que la réponse politique retenue n'est pas optimale par rapport aux questions environnementales soulevées : ici, si les polluants locaux ont été fortement réduits par la catalyse, la consommation moyenne par véhicule a augmenté de ce fait d'environ 8 %, et donc les émissions de CO<sub>2</sub> et la dépendance envers le pétrole : de plus, la réponse ainsi donnée ne répondait que de manière approximative au problème initial du dépérissement forestier.

Dans le cas des changements climatiques, l'issue de la controverse scientifique conclut à l'existence du phénomène (« le faisceau d'éléments disponibles suggère qu'il y a une influence perceptible de l'homme sur le climat global », [50, p. 22]). Mais, en France, peu d'éléments du dossier sont rendus publics, et le débat social n'y a pas lieu. Sans pression publique, la gestion du problème reste confinée à quelques acteurs administratifs. Le suivi est insuffisant au regard des enjeux : Jean-Charles Hourcade rapporte dans [28] que, en tant que coordinateur des chapitres 8 et 9 du groupe III du GIEC sur les aspects socio-économiques de l'évolution du climat, il a personnellement reçu trente pages de commentaires simple interligne de la seule administration américaine, quatre de l'Allemagne ou du Royaume-Uni, quelques lignes de la France et aucune de l'Italie (renseignements pris, le rapport du groupe III avait été envoyé à 200 ou 300 experts par l'administration

américaine). La gestion du dossier souffre d'incohérences parce que des politiques sectorielles (transport, industrie...) sont poursuivies indépendamment. Or, l'attention internationale croît sur le sujet : pression des États côtiers et insulaires menacés par une hausse du niveau des mers, pression des réassureurs sur les États et refus de réassurer certains risques dus à des catastrophes climatiques, alerte scientifique grandissante sur le ralentissement de la circulation du *Gulf Stream*, amélioration des modèles climatiques et appréciation croissante de la fragilité du climat, retournement de positions en négociation internationale, etc.

L'incertitude sur l'ampleur des impacts climatiques sert d'argument à certains pour justifier le *statu quo*, mais les coûts résultant d'une possible révision brusque de notre politique de l'énergie ou de transport ne sont pas évoqués : ces coûts de transition forcés peuvent être pourtant beaucoup plus élevés que ceux de mesures prises dans la durée pour atteindre une trajectoire de développement plus soutenable. Compte tenu de la rigidité qu'imposent les infrastructures (urbanisme, aménagement du territoire, localisation des entreprises...), de telles questions devraient faire partie de l'évaluation globale d'un schéma de transport. Le choix de formes urbaines moins étalées, des options modales plus favorables aux transports collectifs ou au rail, contribueraient à réduire notre vulnérabilité dans un contexte de renforcement des mesures de prévention des changements climatiques.

### Instructions du ministère des Transports pour la prise en compte de l'environnement dans l'étude d'un projet de liaison routière

Si la prise en compte des enjeux environnementaux n'est pas véritablement assurée jusqu'à présent au niveau des schémas directeurs, elle a toutefois fait l'objet d'instructions du ministère des Transports pour ce qui est des projets d'infrastructure (en rase campagne). Pour permettre de mesurer l'évolution de l'intégration des préoccupations environnementales, nous présentons brièvement l'instruction relative aux méthodes d'évaluation des investissements routiers en rase campagne de mars 1986 (aujourd'hui obsolète) et l'instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport d'octobre 1995. Une présentation plus détaillée se trouve en annexe (annexe 1, p. 329).

## Instruction relative aux méthodes d'évaluation des investissements routiers en rase campagne (direction des routes/SETRA, mars 1986)

L'évaluation se fait à partir d'un tableau multicritères, avec dix critères (renseignés qualitativement ou quantativement) dont la sécurité, l'environnement et l'énergie, mais sans indication de méthode sur la façon dont le chef de projet effectue une synthèse. Le critère « environnement » est lui-même formé à partir d'un ensemble de paramètres regroupés en trois grands domaines (ressources naturelles et écosystèmes, activités humaines, cadre et qualité de vie) et l'effet de l'ouvrage

sur l'environnement est évalué en le qualifiant de neutre, favorable ou défavorable. Le critère « énergie » renseigne sur les dépenses énergétiques, et le critère « sécurité » sur les morts, les blessés, les dégâts matériels.

Instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport (secrétariat d'État aux Transports, 3 octobre 1995)

Les problèmes soulevés par l'instruction précédente ont été discutés dans le rapport [133] du Commissariat général du Plan, *Transports : pour un meilleur choix des investissements*. Suite à ses recommandations, le secrétariat d'État aux Transports a présenté en 1995 une instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure [134].

À présent, l'évaluation est de type socio-économique (bilan coûts-avantages), pouvant être complétée par d'autres critères (rentabilité financière, répartition des avantages...). La prise en compte de l'environnement se fait par des monétarisations (ou à défaut par des appréciations qualitatives) issues du groupe de travail présidé par Marcel Boiteux à partir de calculs annexés dans [133] sur la base de résultats d'études collectés dans [137]. Seuls le bruit et la pollution atmosphérique font l'objet de monétarisations, et on renvoie à l'annexe pour des précisions. L'énergie n'est pas intégrée *en soi*; elle apparaît de fait dans les variations des impôts et taxes (TVA, TIPP) de sorte qu'une consommation énergétique accrue se traduit par un avantage pour l'État.

Étude d'un projet de liaison autoroutière : un effort de rationalisation et de prise en compte de l'environnement pénalisé par une application routinière

Ainsi, depuis 1995, l'analyse coûts-avantages est recommandée pour évaluer les variantes d'un projet d'infrastructure. Les avantages consistent essentiellement en des gains de temps par rapport à une situation existante; ces gains sont traduits en termes monétaires. Les coûts directs de réalisation sont naturellement exprimés en termes monétaires, et les nuisances sont traduites en coûts dans les cas énumérés ci-dessus (et plus généralement, de par la loi du 30 décembre 1996 sur l'air et sur l'utilisation rationnelle de l'énergie).

En outre, une base de calcul commune aux différents acteurs est proposée, pour éviter des évaluations trop divergentes entre services administratifs et une utilisation tactiquement biaisée du calcul. Ainsi, les calculs de rentabilité faits par la direction des routes (ministère chargé des Transports) et ceux de la direction de la prévision (ministère de l'Économie) montraient de fortes divergences [104]. Par ailleurs, le poids des hypothèses initiales et l'absence de contre-expertise sur les modèles de trafic utilisés jusqu'ici décidaient à l'avance du résultat final. La

méfiance à l'égard de décisions qualifiées de « technocratiques » ne pouvait qu'en sortir renforcée.

L'approche économique marque une volonté certaine de rationalisation par rapport aux pratiques antérieures. Elle peut cependant être handicapée par une application trop routinière ou aux conventions insuffisamment partagées par les interlocuteurs. Ainsi, le coût de réalisation du canal Rhin-Rhône est un jour passé de 17 à 49 milliards de francs, essentiellement pour des questions de conventions de présentation (comprenant ou non les intérêts financiers) jamais explicitées auparavant. Enfin, dans certains cas, la décision finale a pu ne pas tenir compte du tout de telles évaluations économiques.

### Des monétarisations reposant sur des conventions discutables, mais peu discutées, comme l'allocation aux pollueurs des droits de propriété sur les ressources naturelles et sur leurs usages

Nous verrons dans le corps du rapport combien le principal avantage présenté pour le transport (la « valeur du temps gagné ») et les quelques externalités négatives monétarisées (le bruit, la pollution atmosphérique, l'effet de serre) – bien qu'ayant fait l'objet d'un consensus administratif à une époque donnée – reposent sur des conventions peu explicites, et manifestement non partagées par tous.

Par exemple, la question des droits de propriété sur les ressources naturelles et sur leurs usages n'est pas posée, alors qu'elle conditionne les évaluations. Ainsi, les faibles coûts associés au bruit proviennent sans doute de ce qu'ils expriment des consentements à payer pour une protection acoustique (ce qui suppose que le "pollué" paye et que c'est le "pollueur" qui possède le "droit d'utilisation du calme"), et non des consentements à recevoir (qui supposeraient que le "pollué" a droit au calme initial et que c'est au "pollueur" de compenser financièrement son désagrément sonore).

En outre, les points de vue reflétés par les méthodes de calcul ne sont pas souvent explicités. Ainsi, l'avantage fourni par les infrastructures est exprimé en terme de valeurs révélées (intégrant des aspects subjectifs individuels), au nom des préférences des usagers. En revanche, les nuisances sont évaluées non sur la base des perceptions des individus (préférences individuelles conformes à la théorie économique), mais sur celle des coûts sociaux des dommages (point de vue de la collectivité); en outre, elles sont minimisées parce que des valeurs basses sont retenues par prudence, et que les conséquences à long terme ne sont pas prises en compte. Les réactions aux questions de pollution locale de l'air en ville font supposer qu'une approche par les préférences individuelles fournirait des valeurs plus élevées, surtout si l'on considère que la population possède un droit préalable sur la qualité de l'air qu'elle respire.

En bref, on constate, à l'examen des recommandations de [133], que l'usager exprime ses préférences pour les avantages (mais pas ce qu'il est prêt à payer pour les nuisances qu'il engendre), alors que celui qui subit les nuisances ne se voit rien demander (notamment pas ce

qu'il serait prêt à recevoir en contrepartie de nouvelles nuisances) et c'est la collectivité dans son ensemble qui évalue, de son point de vue global et sur des bases qui lui sont propres, le coût de ces nuisances. Les observateurs retenus dans la comparaison sont donc hétérogènes.

Les hypothèses et conventions devraient donc être explicitées. Plusieurs évaluations deviendraient alors nécessaires, selon le jeu d'hypothèses retenues, et favoriseraient le débat plutôt que de le clore en fixant des valeurs de référence *a priori*.

### Des impacts redistributifs (avantages pour les usagers routiers et coûts pour d'autres) non explicites car agrégés en un même bilan

L'application de l'analyse coûts-avantages implique, par essence, que les effets sur des populations différentes sont agrégées dans un même bilan. C'est ainsi que sont mis en regard, de la même façon, les avantages résultant de gains de temps pour une fraction de la population (usagers de la route), et l'accélération des changements climatiques pour tous qui résulte de l'accroissement de gaz à effet de serre.

On notera que l'instruction-cadre [134] recommande de préciser l'impact des projets suivant les agents économiques concernés (usagers des différents modes de transport, tiers, agents économiques, État et collectivités publique), mais n'envisage pas les tiers-absents (générations futures, écosystèmes, etc.).

### Des compensations implicites entre bénéfices et coûts inadaptées à certains enjeux environnementaux

L'application de l'analyse coûts-avantages implique, par essence, que les conséquences négatives retenues sont considérées comme compensables par des avantages. Or, ceci n'est pas toujours le cas : si un bruit supplémentaire peut être (en partie) compensé par des protections phoniques, les effets sur le climat d'une hausse des émissions de CO<sub>2</sub> peuvent difficilement être compensés par un accroissement de bien-être local.

### Des actifs environnementaux non renouvelables insuffisamment valorisés au cours du temps

La théorie économique établit, sous des hypothèses standards (marchés concurrentiels, information parfaite, etc.), que les prix des actifs environnementaux non reproductibles, soumis à raréfaction ou dont la disparition ne peut être compensée par des biens productibles (ressources pétrolières, espèce animale en voie de disparition, climat de la Terre, etc.), croissent à un taux au moins égal à celui du taux d'actualisation (règle de Hotelling).

Cependant, ceci n'est jamais appliqué dans les calculs usuels et notamment dans [133] et [134]. Pour les nuisances du transport, il est simplement demandé une faible valorisation des actifs environnementaux au motif de la préoccupation croissante pour l'environnement : l'évolution

de la perception du dommage est supposée évoluer dans le temps comme la consommation finale des ménages par tête augmentée de 1 %. Ceci est très différent d'une valorisation élevée (au taux d'actualisation) au nom du développement durable et du maintien des conditions de choix des générations futures.

### Des monétarisations partielles interprétées comme le symptôme de facteurs négligeables

L'une des conventions fréquemment soutenue consiste à ne retenir des estimations des coûts que des valeurs minimales (bruit, pollution atmosphérique, effet de serre) au nom de la prudence. Une autre conduit à ne pas pratiquer de monétarisation lorsque l'exercice est trop difficile (effets sur la diversité biologique, etc.), mais sans pour autant exclure l'effet en question du débat. Enfin, certains effets ne sont pas pris en compte alors qu'il existe des estimations de leurs coûts, comme c'est le cas pour la dépendance à l'égard du pétrole (ressource rare majoritairement située en zone géopolitiquement sensible); dans ce dernier cas, consommer du pétrole est même vu comme un avantage par les recettes de TIPP et de TVA rapportées à l'État; les effets de la congestion routière sur les autres modes de déplacement entrent également dans cette dernière catégorie.

Cependant, après coup, la tentation devient forte de présenter les monétarisations obtenues comme la preuve d'une prise en compte exhaustive des enjeux environnementaux. Ces derniers ainsi ramenés à leur seule dimension monétarisée, leur faible poids au regard des avantages attendus fait alors affirmer par certains qu'il est justifié de « continuer comme avant » au prix de compensations mineures.

L'inventaire commun des impacts doit donc précéder toute tentative de monétarisation.

### Une disponibilité hétérogène de données scientifiques

Certains acteurs font observer que la faiblesse des données enregistrées en matière d'impacts environnementaux et sanitaires des transports rendrait ces derniers peu fiables et mal évaluables. Nous avons souligné comment un autre type d'impact, au moins aussi peu évaluable faute de suivi – à savoir le développement économique suscité par les infrastructures lourdes – ne semblait pas jusque très récemment faire l'objet de réticences analogues.

En outre, la recherche et développement en matière de transports est longtemps restée quasi exclusivement axée sur l'amélioration de la sécurité et du confort des usagers. Elle a consacré peu de moyens aux conséquences collectives (pollutions, bruit, espace...) de ces politiques, et même, pour les transports collectifs, à la connaissance des besoins réels de leurs clients effectifs. Il en résulte un coût de rattrapage dans la collecte d'informations. L'évolution du Predit (programme pour la recherche, le développement et l'innovation dans les transports terrestres) vers ces préoccupations est judicieuse.

Nous verrons qu'en matière d'effets sanitaires de la pollution atmosphérique, la collecte d'informations a été très faible au regard du développement programmé de la circulation routière, et ce malgré certaines mises en garde. Dès 1983, le rapport du professeur André Roussel (*Impact médical des pollutions d'origine automobile*, [64]) souligne que la « tendance à intensifier la diéselisation du parc automobile risque [...] de poser dans les années à venir un problème de pollution particulaire » et affirme que « l'accroissement du parc automobile équipé en moteurs Diesel, principaux responsables de l'émission des fumées, n'est pas souhaitable jusqu'aux conclusions définitives des expérimentations en cours ». Considérer qu'aucune mesure touchant la circulation automobile ne doit être prise pour des motifs sanitaires en raison de ces lacunes provient donc d'une situation biaisée. Des stratégies prudentes de décision semblent maintenant préférables.

Les deux autres sujets d'étude de ce rapport, l'extension urbaine et la directive de 1991 sur le traitement des eaux résiduaires, confirment et complètent cette analyse de la pratique de l'évaluation dans les décisions engageant l'environnement.

### L'extension urbaine

Comme nous l'avons rappelé dans l'avant-propos, il s'agit ici non de bâtir une théorie de la dynamique urbaine, mais d'examiner l'utilisation faite de l'évaluation économique dans les choix de bâtiments, de formes d'urbanisation et de modes de transports urbains.

Dans cette perspective, et sans sous-estimer les réelles difficultés d'analyse, de conception et de gestion concrètes des systèmes urbains, notre analyse tendrait à mettre en évidence les points suivants.

Si l'on connaît assez bien les questions énergétiques dans les bâtiments, la recherche manque encore en termes d'efficacité bioclimatique, de qualité des matériaux (usage et air intérieur), de modes de déconstruction et de filières de recyclage ; en termes d'évaluation économique et stratégique, certains exemples étrangers montrent que ce sont des créneaux industriels d'avenir dans un marché du BTP qui devrait entrer rapidement dans une phase où le renouvellement de parc deviendra prépondérant.

Les investissements de transport et la faible tarification générale de leur usage se sont traduits par des gains de temps sur les trajets et l'allongement général de ces derniers, ce qui a poussé les agglomérations à s'étaler. Du fait de l'enchevêtrement des compétences impliquées, la régulation institutionnelle est faible. Cette situation malaisément adaptable risque de fragiliser les agglomérations dans leurs populations les moins favorisées, en cas de variations à moyen terme de paramètres tels que les coûts de l'énergie et du transport. L'accroissement du nombre de citadins connaissant des difficultés financières (phénomènes de rupture, ou d'effet de seuil) peut aussi créer des problèmes pour le fonctionnement urbain si la possession d'une automobile, et donc les dépenses afférentes,

y demeure indispensable au quotidien. Les coûts de tels scénarios de crise ne sont jamais pris en compte.

Les analyses économiques des systèmes de transport n'ont pas étudié suffisamment les clientèles potentielles (manque d'évaluation économique directe des marchés, en nature de demande et degré de solvabilité). S'en est suivie l'inadéquation de certains projets, socialement et financièrement lourde : c'est le cas de transports inadaptés aux densités desservies, de projets de péages d'infrastructures ne correspondant pas aux revenus effectifs des zones considérées par utilisation d'un « citoyenmoyen type » représentant de moins en moins les clients réels.

Les choix d'équipements et de formes urbaines ont été souvent faits sans évaluation économique de leur fonctionnement pour les individus et les communes. Des études en ce sens ont été engagées par le ministère chargé du Logement sous la pression des deux précédents chocs pétroliers, mais n'ont pas été vraiment reprises depuis à notre connaissance, même si l'analyse des coûts liés aux différents réseaux (eau, déchets...) se développe au plan local.

Les conséquences des projets d'équipements et de formes urbaines sur l'économie informelle de la ville, composée des activités économiques non comptabilisées, sont rarement analysées.

Les déplacements induits par les formes urbaines figurent parmi les premiers impacts de celles-ci, tant par leurs effets économiques que sanitaires et environnementaux, mais ils restent encore peu examinés ni évalués lors des prises de décision. Cependant, ce point devrait évoluer, notamment par application des aspects urbanistiques de la loi du 30 décembre 1996 sur l'air et sur l'utilisation rationnelle de l'énergie.

La prise en compte des risques au regard des choix urbains dans les processus de décision conduit souvent à accroître l'exposition des populations aux risques naturels tels que les inondations ou les glissements de terrain, et fragilise la crédibilité des pouvoirs publics en cas de catastrophe (coûts institutionnels et politiques en sus des coûts humains et matériels).

Enfin, les aspects redistributifs des décisions, qui conditionnent une grande part de leurs impacts, ne sont pas assez systématiquement évalués, sans sous-estimer, là encore, la difficulté de l'exercice.

## La directive de 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires

La directive européenne 91/271/CEE du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires illustre ici le cas, différent des deux précédents, de politiques spécifiquement menées au nom de l'environnement, pour lesquelles la question se pose également de l'usage, fait et à faire, de l'évaluation économique. Les impacts environnementaux n'étaient donc pas présents en tant que conséquences, mais en tant que

motifs et objectifs de la démarche ; aussi l'approche méthodologique retenue par le groupe de travail a-t-elle été particulière.

La directive 91/271 a introduit une normalisation des rythmes d'équipement européen et des technologies choisies. Elle a permis de maintenir une pression politique sur le programme d'assainissement, en accélérant son calendrier. On peut considérer que ses objectifs ont été de ce fait accentués. Certains équipements ont été déqualifiés, sauf dans les cas où les nouveaux objectifs ont pu être atteints par des exigences de gestion supérieures, à matériel quasi constant. La question de l'évaluation du coût de la directive pour la France n'est donc pas celle de l'évaluation des réalisations de stations d'épuration nouvelles, mais plutôt de l'accélération du calendrier.

Les bénéfices résultant d'une politique d'assainissement efficace ayant été considérés comme suffisants pour la justifier (pêche, tourisme, usages aval de l'eau...), il n'y a pas eu d'évaluation économique de ces avantages pour décider de la directive. Seuls les coûts d'investissement ont été évalués en 1991, préalablement à sa transcription dans la loi sur l'eau. L'objectif d'homogénéisation européenne de la qualité des eaux a été perçu comme nécessaire et décidé en dehors d'une évaluation économique, en tant qu'orientation stratégique. Celle-ci a sans doute été motivée en partie par le désir politique d'afficher une certaine égalité de traitement des régions européennes en la matière. Cette préoccupation ajoute aux impacts évaluables de la directive celui de constituer un élément supplémentaire de cohésion européenne et d'intervention communautaire dans le domaine de l'eau.

Ensuite, le texte lui-même semble avoir été conçu pour en aligner les dispositions sur un niveau de coût direct d'investissements socialement acceptable au plan européen (d'après les moyens disponibles), et non pour estimer jusqu'où il était économiquement justifié d'agir en fonction des avantages (gains liés à une meilleure qualité de la ressource en eau) et des coûts (dommages, manques à gagner ou surcoûts en aval dus à un mauvais état de la ressource, mais aussi investissements curatifs liés à la directive). En effet, la variété des climats, des sols, des cultures, des données disponibles et des moyens des États semble avoir été telle qu'il aurait été très difficile de mener des analyses économiques; l'outil choisi fut donc la norme de traitement. La diversité des contextes n'ayant pas permis aux interlocuteurs de s'accorder sur une obligation de résultats sur les milieux, la norme énoncée par la directive est une obligation de moyens. Cependant, pour conserver une certaine souplesse adaptative, elle s'est entourée de précautions juridiques qui autorisent en fait des arbitrages sur le terrain.

Enfin, les dispositions de la directive prévoient des possibilités de suivi des résultats obtenus : l'avancée de l'assainissement devient alors contrôlable, et les politiques des États-membres évaluables *a posteriori* sur la base d'indicateurs. Cette configuration est plus favorable à l'adaptation séquentielle des décisions ultérieures, en cas d'incertitudes fortes sur l'avenir.

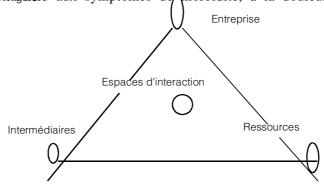
## Les effets de la pollution atmosphérique sur la santé

L'analyse des études d'évaluation économique des effets de la pollution atmosphérique sur la santé fait apparaître un certain nombre de points assez systématiques.

### Les évaluations de coûts reposent généralement sur des conventions peu explicites mais déterminantes

Généralement, les coûts ne sont pas évalués du point de vue de l'individu (à qui on demanderait d'exprimer ses préférences), mais du point de vue de la société, voire de l'État qui « investit dans les citoyens », qui prend en compte certaines pertes sociales (congés maladie, pertes de production par décès...) et certains coûts directs (hospitalisations, consultations ou visite à domicile de praticiens, dépenses pharmaceutiques engagées, dépenses de protection...).

C'est une des conventions les plus importantes, quoique rarement explicitée. Elle conduit à prêter une très faible attention aux désagréments aux symptômes de morbidité, à la douleur (pretium



doloris), à la souffrance, au stress, à la perte de temps de loisirs, à la gêne, aux odeurs, aux pertes de qualité de vie... et donne une importance écrasante à la mortalité, par le biais de la « valeur du mort » qui s'avère déterminante dans les coûts totaux.

En adoptant une telle convention, on fait un choix implicite de critère d'évaluation où la mortalité, fortement pondérée, masque la dégradation de la qualité de vie, la souffrance, etc. alors que, selon la définition de l'OMS, bonne santé signifie « état complet de bien-être physique, mental et social ». Si les politiques sanitaires reposaient exclusivement sur des évaluations telles que pratiquées aujourd'hui, elles négligeraient implicitement ces aspects « qualitatifs » des nuisances et pourraient se trouver en porte-à-faux avec les attentes de la population.

De plus, l'interprétation de la « valeur du mort » pose problème. En effet, certaines études l'évaluent sur la base de pertes de production, alors que d'autres le font par le biais de consentements à payer, ce qui soulève des questions de cohérence méthodologique (observateurs différents). La première optique est cohérente avec un calcul fait du point de vue de l'État comme investisseur dans la formation et le soutien à l'existence de chaque individu, mais n'est pas conforme avec les fondements individualistes de la théorie économique. La seconde optique l'est davantage : c'est le point de vue très différent de l'individu lui-même qui manifeste, par ses attitudes, ses préférences pour une réduction du risque; mais la démarche courante d'évaluations de coûts sanitaires souffre alors de ce qu'elle confronte deux types d'observateurs, les individus et l'État.

D'autres conventions, insuffisamment explicitées, peuvent s'avérer déterminantes. Des hypothèses moyennes sont faites sur la population pour pouvoir agréger des résultats. Or, une division en sous-populations (enfants, personnes âgées...) pourrait conduire à des évaluations sensiblement différentes. Par ailleurs, les évaluations d'impacts sanitaires se font généralement *a minima*, que ce soit par le choix de valeurs basses pour des paramètres, par les effets non pris en compte, dont les synergies entre polluants (indicateur de pollution par indicateur). Tout ceci contribue à sous-estimer l'impact de la pollution.

L'analyse pas à pas de la chaîne allant des émissions dans l'air aux coûts de santé est un révélateur de faiblesses en matière de veille sanitaire. De nombreux impacts ne sont pas pris en compte pour cause de doutes sur la qualité de données ou sur leur validité (appareillage), voire d'absence de données.

Les questions de l'exposition des populations (différente de l'exposition aux pollutions industrielles) et des effets long terme apparaissent comme des sources majeures d'incertitude qui peuvent bouleverser une évaluation économique. Malgré une mauvaise mesure de l'exposition, des effets sur la santé sont observables : il en résulte que les risques relatifs sont certainement très supérieurs aux risques observés. Les incidences à moyen terme de l'augmentation de la fréquence des affections (rhumes, rhino-pharyngites, allergies...) sur l'état général de la population (fatigue, baisse de productivité...) ne sont généralement pas appréciés. Les effets à long terme qu'une exposition prolongée à la pollution entraîne sur une population fragile (les enfants par exemple) demeurent encore largement méconnus puisqu'ils commencent à peine à être observés.

Ces commentaires faits, il faut toutefois souligner que, s'il y a accord sur les conventions et les hypothèses, les évaluations monétaires obtenues sont relativement voisines. Elles doivent alors être considérées comme des ordres de grandeur fournissant une estimation basse de certains coûts de santé.

On notera que la majeure partie des coûts sanitaires ainsi mesurés est liée à une exposition durable à des niveaux de pollution moyens.

La revue des différentes études fait apparaître que, parmi les indicateurs de pollution, ce sont ceux associés aux particules en suspen-

sion et poussières (PM<sub>10</sub>, PS<sub>13</sub>, fumées noires) qui sont à l'origine des coûts les plus élevés. Or, plus du tiers des émissions de poussières sont imputables au transport, ainsi que plus de la moitié des particules fines [106, p. 137]. Ainsi, la circulation routière est à l'origine d'une part essentielle dans les coûts. Ceci est accentué par le développement particulier du parc de véhicules diesel en France (sans oublier les particules émises par les véhicules à essence).

### Les effets redistributifs des décisions prises pour réduire les coûts de santé sont insuffisamment appréciés

Par ailleurs, certaines décisions prises pour réduire les coûts de santé peuvent conduire, comme d'autres, à des effets redistributifs qui, insuffisamment envisagés, créeront des coûts ultérieurs parfois importants. Nous essayons d'en fournir quelques scénarios.

### Effets redistributifs

### d'un renouvellement accéléré du parc automobile

Une baisse des seuls polluants locaux, véhicule par véhicule, au moyen de techniques *end of pipe* (pot catalytique, etc.), pourrait effectivement conduire à des améliorations importantes après renouvellement du parc. Mais les coûts de telles mesures sont supportés :

- par les nouveaux acheteurs de véhicules et non par les conducteurs actuels dans leurs comportements ;
- par des utilisateurs ruraux ou des conducteurs occasionnels qui contribuent moins à la pollution locale urbaine.

L'esprit du principe pollueur-payeur n'est donc pas respecté par une stratégie qui ne recourrait qu'à ce type de mesures.

En outre, sans une modération de la circulation (par un partage de la voirie existante, par une imputation de ses coûts à l'usage de la route, voir [106]), cette solution unique pourrait avoir plusieurs incidences coûteuses :

- un relâchement éventuel des consommations unitaires des véhicules ;
- une poursuite des tendances à l'étalement urbain et donc à l'accroissement de notre dépendance énergétique dont les générations futures supporteront les effets.

## Effets redistributifs d'une limitation de l'accès des centre-villes aux véhicules les moins polluants

Du point de vue de l'efficacité, ne prendre que des mesures visant exclusivement les épisodes de forte pollution se défendrait difficilement du point de vue économique, puisque la plus grande partie des coûts sanitaires est liée à une exposition durable à des niveaux de pollution moyens. Bien entendu, dans de type de décision, d'autres considérations entrent en jeu comme la protection de populations fragiles (enfants, personnes âgées, insuffisants respiratoires...).

Du point de vue redistributif, la limitation de l'accès des centre-villes aux véhicules les moins polluants conduit à réserver l'accès aux centres urbains aux automobilistes en mesure de disposer des véhicules les plus récents. Or, le budget annuel nécessaire à la possession d'une automobile récente (au moins 35 000 F par an en 1996) est plus élevé que celui correspondant à une automobile ancienne (au plus 20 000 F par an en 1996), et l'amélioration de véhicules anciens ne donne pas de résultats très satisfaisants. En outre, si, pour compenser les restrictions d'accès, un renforcement ponctuel des transports collectifs est envisagé, son coût sera supporté par la collectivité dans son ensemble, tous choix modaux confondus.

Il ne s'agit pas ici de juger ces mesures, mais de compléter leur évaluation : ici, les quotas d'accès sont distribués aux usagers circulant avec les véhicules les moins polluants. Si l'efficacité en terme de réduction ponctuelle de la pollution est indiscutable sur nombre de polluants, une telle mesure, si elle était prise seule, aurait une certaine inefficacité d'un strict point de vue économique; de plus, les effets redistributifs ne seraient pas neutres socialement.

Cette méthode d'évaluation pourrait être appliquée aussi à la limitation de l'accès des centre-villes par une circulation alternée lors d'épisodes de forte pollution, une mesure d'urgence mise en œuvre pour la première fois en France en octobre 1997 en région parisienne.

## Effets redistributifs d'une tarification de la circulation routière en ville qui reflète ses coûts

Les solutions de marché consistant à tarifer à son juste prix l'usage de la route (intégration des externalités du transport dans sa tarification) sont souvent présentées comme socialement régressives, mais les études sur la question demeurent rares. Celles qui sont disponibles tendraient plutôt à montrer, par exemple, que la consommation de carburants est sensiblement en rapport avec le niveau de revenu. Encore faut-il examiner bien entendu dans quelles conditions ces consommations sont faites : s'agit-il de mobilité choisie ou de mobilité contrainte ? Une évaluation économique rigoureuse des effets redistributifs des décisions permettrait dans ce type de situation d'éviter les appréciations hâtives.

La régulation de la circulation routière urbaine par le biais d'un péage (stationnement par exemple) présente de nombreux avantages théoriques :

- elle est économiquement efficace en permettant d'atteindre un certain niveau de pollution à moindre coût collectif (propriété de la taxe);
- elle est conforme au principe pollueur-payeur (en imputant aux pollueurs des coûts qui, aujourd'hui, sont supportés par la collectivité);
- elle est souple (à la différence des mesures décrites ci-dessus), ce qui offre une réponse mesurée aux épisodes de forte pollution en modulant la tarification en fonction de facteurs déterminants de la pollution (situation climatique, trafic...);
- elle peut être progressive, ce qui permet aux acteurs de s'adapter;

- elle permet d'infléchir les comportements sur le long terme par une tarification de base (éventuellement progressive au cours du temps) et de préserver ainsi, dans l'esprit du développement durable, des marges de manœuvre pour les générations futures en réduisant la totalité des coûts attachés à la consommation de carburants (effets sanitaires dus à une exposition durable à des niveaux de pollution moyens, dépendance énergétique, changements climatiques...);
- elle produit des recettes permettant le financement de modes alternatifs adaptés moins coûteux pour la collectivité, notamment là où ils n'existent pas encore, ou une diminution d'autres postes de dépense (taxes locales, impôts...).

L'évaluation économique d'un péage urbain devrait donc prendre en compte sa faisabilité technique (qui a un coût financier et éventuellement social), l'ensemble de ses effets environnementaux (court et long terme) et des effets redistributifs consécutifs à un redéploiement des sommes collectées (populations concernées, soutien aux transports alternatifs, baisse d'autres charges...), et pas seulement ses effets directs sur la circulation.

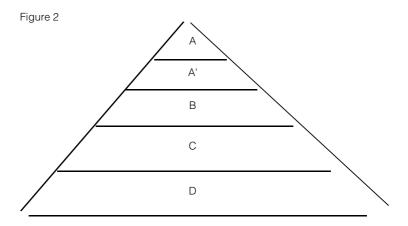
Nous avons vu que l'évaluation économique occupait ou devrait occuper une grande part des débats aboutissant aux décisions publiques engageant l'environnement. Nous avons vu également que cette évaluation ne se bornait pas à des monétarisations d'effets externes (ou non) à relativement court terme, mais concernait aussi des phénomènes qui n'étaient pas toujours directement monétarisables (risques stratégiques ou politiques, ruptures, effets de seuils), pour lequels l'évaluation devait estimer les coûts de transition possibles et aider à la décision.

Mais de quoi parle-t-on lorsqu'on prononce le mot « économie » ?

### L'économie n'est pas « l'économisme »

Dans des situations conflictuelles, lorsque des arguments économiques sont avancés pour justifier l'action ou l'inaction, coûts et raisonnements sont souvent échangés sans que les différents acteurs s'assurent de s'accorder sur leur sens, ni que les critères ultimes de décision soient explicités. Compte tenu de la polysémie du terme « économie », la clarté de la réflexion demande quelques détours.

Une présentation brève du cœur de la théorie économique néoclassique est indispensable, car de nombreuses critiques traditionnellement adressées à l'économie au nom de l'environnement portent sur des points extérieurs à ce corpus central, voire sur des "visions économistes" qui, bien que largement partagées, ne sont cependant pas fondées en théorie. Ce rappel nous permettra également d'insister sur la différence



entre, d'une part, le corpus théorique de concepts et de méthodes économiques et, d'autre part, la pratique courante du calcul économique.

### Des acceptions multiples du terme économie

Le vocable « économique » a de multiples usages. L'ambition de ce rapport étant de mieux cerner les limites (théoriques, pratiques) et les potentialités de l'évaluation économique dans les décisions publiques engageant l'environnement, il importe que différents termes soient clarifiés. C'est pourquoi nous proposons ici quelques repères.

Nous parlerons « d'évaluation économique » pour désigner les modes de représentation et de décision issues des concepts économiques de base (préférences individuelles, utilités, actifs, biens, agents, etc.). On peut aussi parler « d'analyse économique ».

Le « calcul économique » renvoie ici à la partie la plus opératoire de l'évaluation économique (nous ne traitons pas dans ce rapport de son rôle d'outil de décentralisation des décisions). Il comprend différentes techniques, mais, contrairement à un usage répandu, nous ne le confondrons pas avec une seule d'entre elles, à savoir l'analyse coûts-avantages.

Parmi les techniques du calcul économique, la plus courante est « l'analyse coûts-avantages » (ou « l'approche coûts-bénéfices »). Elle consiste à retenir, parmi différents projets, celui qui maximise l'utilité collective procurée par ses effets, valorisés monétairement et agrégés en un bilan intertemporel au moyen d'un coefficient d'actualisation.

« L'activité économique », elle, désigne les pratiques courantes de transaction et d'échanges des divers acteurs économiques (consommateurs, producteurs...). Elle n'est pas le sujet de ce rapport.

De manière un peu caricaturale, nous qualifierons « d'économisme » des pratiques et visions économiques réductrices par rapport à l'étendue de la théorie, ou qui appliquent ces éléments en dehors de leur champ de pertinence, ou qui émettent en son nom des jugements de valeur. Ceci inclut des « visions économiques du monde », largement partagées mais néanmoins théoriquement infondées. Nous y reviendrons plus loin.

À présent, un bref détour théorique s'impose.

# Le noyau du corpus théorique économique

La version la plus axiomatique de la théorie économique dite néoclassique est constituée par le modèle dit d'Arrow-Debreu[44]. Par nature, c'est une image simplifiée du monde réel ; elle exclut des cas de figure importants comme les « biens publics », et elle se réfère à une économie idéale, la concurrence pure et parfaite. D'un autre côté, cette représentation axiomatique peut voir ses hypothèses soumises à la critique ; en mettant en évidence les limites du modèle, on pose les bases de développements ultérieurs fructueux.

### Le cœur : fonder les choix publics sur les préférences individuelles

L'un des enjeux de la théorie économique néoclassique est celui d'apporter un fondement rationnel aux choix publics. Un des postulats de « l'économie du bien-être » est que l'individu est le meilleur juge de ses propres préférences, supposées être ordonnées, et que les choix publics ne peuvent donc légitimement se fonder que sur une représentation des préférences individuelles. L'évaluation d'un bien ou d'un actif se fait alors en référence aux préférences des agents économiques et aux arbitrages que font ces agents placés en situation de choix. Leurs choix concourent à la formation de la demande collective pour les différents biens. La principale convention économique est ainsi de considérer que l'intérêt général ou collectif a la forme du « meilleur équilibre possible entre les préférences individuelles ».

# Le marché n'est qu'un moyen d'articuler les préférences individuelles

Le rôle central est tenu par la notion de préférences (supposées hiérarchisées), sous une hypothèse d'information parfaite des acteurs sur toutes les possibilités de choix et toutes leurs conséquences. De ce point de vue, le marché n'est qu'un moyen parmi d'autres de révéler et d'articuler ces préférences. Les marchés sont supposés parfaits pour tous les biens et services, présents et futurs ; chaque bien a un prix unique et connu de tous, qui n'est influencé par personne. Les rencontres des offres et demandes concurrentielles déterminent ce prix.

Toutefois, la théorie néoclassique n'implique pas une confiance absolue dans les mécanismes de marché: s'il fonctionne, tant mieux; sinon il doit être complété ou remplacé. Nombre d'économistes ont consacré beaucoup d'efforts à définir le rôle du monopole naturel, de la bonne régulation publique, etc. Pour les biens collectifs (exclus de l'axiomatique standard, mais pas de la théorie), le marché n'est pas le bon mode de révélation des préférences pour des questions de propriété, de compétition...

### L'équilibre concurrentiel

Les préférences de chaque agent sont représentées dans une fonction d'utilité qui permet de comparer différents « paniers de biens » (biens et services) qu'il peut se procurer. Toutes sortes de motivations peuvent sous-tendre leurs choix – y compris les sentiments altruistes, la solidarité nationale, le souci pour les écosystèmes, les générations futures, etc. – dès lors qu'elles sont effectivement prises en compte par les agents. Une fois ses préférences données, et sans précision sur leur stabilité au cours du temps, homo economicus maximise les avantages retirés de ses choix, mesurés par l'utilité qu'il leur attache. Le comportement des agents économiques (entreprises, ménages) est supposé rationnel, la rationalité étant ici définie comme une orientation systématique vers l'obtention de la satisfaction la plus élevée des consommateurs (bien-être) et de la maximisation du revenu privé de l'activité pour les producteurs (profit).

Offres et demandes sont confrontées sur un marché. Dans le schéma walrasien, une instance centrale fictive (le « commissaire-priseur walrasien ») régule le processus conduisant par tâtonnements à l'équilibre des transactions. S'il existe un système de prix qui égalise l'offre et la demande totale de chaque bien, on dit qu'il y a équilibre concurrentiel. Un tel équilibre constitue un « optimum de Pareto », c'est-à-dire un état de l'économie où il n'est pas possible de faire mieux pour un agent sans détériorer la situation d'un autre (efficience dans l'affectation des ressources de l'économie).

À ces hypothèses générales s'ajoutent des hypothèses techniques, souvent motivées par la nécessité de rester dans un cadre formel permettant des solutions analytiques simples et, plus fondamentalement, de garantir l'existence d'un équilibre.

#### L'unité de mesure de l'évaluation économique Le coût d'une action

Le coût d'une action est ce qu'on appelle le « coût d'opportunité » (du montant qu'on y consacre), c'est-à-dire le coût de renoncement aux bénéfices de l'option non retenue.

#### Le prix d'un actif

Le prix d'un actif résulte de la confrontation des offres et demandes (équilibre concurrentiel). Il existe un prix d'équilibre théorique, même si toutes les transactions ne se font pas à ce prix.

#### La valeur économique d'un actif

Dans la théorie néoclassique, la valeur d'un actif (bien, service...) est mesurée par la variation d'utilité résultant de sa "jouissance".

Contrairement au prix, la valeur d'un actif dépend de l'agent. Elle n'est a priori pas égale au prix (de marché) effectivement payé par un agent pour obtenir ce bien qui lui procure cette variation d'utilité : ainsi, même si l'environnement est souvent gratuit, il n'en a pas moins une valeur puisque sa dégradation entraîne une baisse d'utilité chez ceux qui en jouissaient. La différence entre « valeur d'usage » et « valeur d'échange » (prix de marché) est ce qu'on appelle le surplus d'un agent.

### Des visions et des pratiques pas forcément conformes à la théorie et à la discipline économiques

Cette brève présentation du cœur de la théorie économique néoclassique permet de distinguer, parmi les nombreuses critiques traditionnellement adressées à l'économie au nom de l'environnement, celles qui s'adressent à ce que nous avons qualifié « d'économisme » et celles qui remettent en cause certains fondements théoriques.

#### Le marché est un mode de coordination privilégié, mais pas exclusif, entre les agents économiques

La théorie néoclassique ne se fonde pas sur une croyance absolue dans les mécanismes de marché. Aussi, le constat selon lequel le marché n'est pas toujours en mesure de prendre en compte les enjeux environnementaux n'est pas une critique adressée à la théorie. Cette dernière prescrit une régulation publique en situation de monopole naturel (i. e. de rendements croissants), en présence d'externalités et de biens publics. Cependant, il s'agit bien d'un point important que le rôle du marché : le marché est un mode de coordination, privilégié, mais non exclusif, des préférences individuelles qui, elles, sont au cœur de la théorie.

# Un système « parfaitement flexible » ne tend pas nécessairement vers un équilibre

Certains soutiennent qu'un système « parfaitement flexible » ne peut que tendre vers un équilibre qui soit aussi un optimum. Bien que dépourvue d'assise théorique, cette affirmation peut légitimer des décisions où on accorde plus d'attention aux équilibres qu'aux régimes transitoires, qui finalement ne compteraient pas. Or, ces derniers peuvent être d'amplitude telle que des seuils et des irréversibilités soient franchis, ce qui peut être critique dans le cas de phénomènes environnementaux.

Les équilibres, éventuellement atteints si les dynamiques ne sont pas trop lentes, seront alors sous-optimaux.

# L'analyse coûts-avantages privilégie un certain critère de décision parmi de nombreux critères envisageables

Pour arbitrer entre avantages et coûts de plusieurs décisions, l'analyse coûts-avantages consiste à sommer les avantages puis les inconvénients monétarisables de chacune, à faire la différence entre les deux termes, pour retenir la décision au bilan le plus avantageux. Comme les flux de bénéfices et de coûts interviennent à des moments différents, une telle analyse doit tenir compte de ce caractère intertemporel. Ceci se fait par le biais de l'actualisation : le futur est déprécié d'une certaine valeur par rapport au présent, et les bilans successifs ainsi pondérés sont agrégés en un bilan final, la valeur actualisée.

Mais le calcul économique ne se confond pas avec l'analyse coûts-avantages. Selon le contexte et notamment en situation d'incertitude forte, d'autres critères que celui du bilan actualisé peuvent être envisagés et sont raisonnables : analyse coût-efficacité, permettant la comparaison de plusieurs projets présentant les mêmes avantages (caractérisés éventuellement sur des bases qualitatives) sur la base de leurs coûts ; critère du minimax, qui minimise le dommage maximal ; critère d'équité intergénérationnelle de Rawls, lorsque la satisfaction passe par des considérations altruistes, consistant à maximiser le bien-être de la génération la moins avantagée ; minimisation du temps de transition vers une couverture généralisée des besoins fondamentaux, etc.

Dans l'analyse coûts-avantages, les risques liés à une décision sont supposés compensés par des avantages, et la rationalité se confond avec la maximisation du bilan. Or, compte tenu des ressources naturelles engagées et des inerties créées, une autre stratégie qui minimiserait les risques et les coûts de transition ne serait pas moins raisonnable, surtout dans des périodes où les individus et les organisations ressentent de fortes incertitudes quant à leur avenir (d'où la valeur que l'évaluation économique confère parfois à l'information – valeur d'option). Si l'analyse coûts-avantages *stricto sensu* se condamne à ne mettre en balance que les éléments monétarisables, il n'empêche qu'elle peut s'exercer « sous contrainte » de prise en compte d'éléments quantitatifs ou qualitatifs difficiles à monétariser, définis par une autre procédure adaptée et acceptable. Pour plus de détails, on renvoie le lecteur notamment au pargraphe « Le principe de précaution et le développement durable » (p. 160).

### La théorie n'impose pas de faire des calculs à la marge autour d'un scénario de référence

La pratique de l'analyse coûts-avantages consiste souvent à déterminer un unique scénario de référence, généralement une prolongation des tendances dans un contexte qui n'est pas remis en question, et à

pratiquer des évaluations à la marge pour quelques variantes. Ce faisant, on limite le champ des possibles et on exclut l'introduction de sauts, de ruptures (non linéarités, irréversibilités...), de surprises. Par ce seul scénario de référence, on « enferme le futur » dans un cadre étroit qui conditionne nombre de calculs et restreint de fait les choix.

Adopter un unique scénario est pratique. Toutefois, cette approche n'a pas de fondement théorique (la théorie reconnaît l'existence d'équilibres multiples) et l'on peut procéder sur la base de plusieurs scénarios de référence pour mieux refléter les incertitudes futures (voir notamment les paragraphes « L'éventail des projets possibles est-il assez ouvert ? » (p. 181) et « L'évaluation n'est-elle pas contingente à un scénario ? Et s'il y a plusieurs scénarios ? » (p. 181)).

# L'actualisation ne doit pas être pratiquée comme on applique une « recette de cuisine »

La prise en compte de ressources non renouvelables ne demande pas un taux d'actualisation uniformément bas (porteur d'effets pervers) mais une valorisation spécifique.

Nous nous contenterons ici de citer Marcel Boiteux [12]: « Il est vrai que l'actualisation estompe toutes les valeurs à venir lorsque les prix unitaires sont réputés constants avec les années, ou peu variables. Et le fait est, que bien des gens qui pratiquent l'actualisation comme on applique une recette de cuisine oublient un aspect fondamental des études à long terme: la variation des prix relatifs les uns par rapport aux autres. Il est pourtant bien clair qu'à monnaie constante, les prix de l'électronique baisseront grâce aux progrès des techniques, et les prix des salaires augmenteront à la mesure de l'accroissement des niveaux de vie; les prix des productions largement extensibles de l'activité humaine baisseront, les prix des ressources rares augmenteront. [...] En particulier, tous les modèles économiques montrent que dans une économie en croissance, les prix des ressources disponibles en quantité strictement limitée doivent être supposés croître à un taux annuel au moins égal au taux d'actualisation. »

La question de l'actualisation est abordée aux paragraphes « Quel taux d'actualisation choisir ? » (p. 185) et « Ne faut-il pas valoriser spécifiquement les actifs environnementaux non renouvelables, au moins au taux d'actualisation ? » (p. 191).

### Les enjeux redistributifs sont masqués dans certains bilans qui pourraient être désagrégés

L'économie s'interdit de traiter des problèmes de répartition qui relèvent du pouvoir politique (toutefois, en pratique, elle suppose souvent la répartition des revenus optimale en fixant la valeur du franc marginal supplémentaire au même niveau pour tous). Mais l'analyse coûts-avantages agrège l'ensemble des effets en un seul bilan quantifié, la valeur actualisée, ce qui ne permet pas de juger de ces problèmes et soulève de nombreuses questions. Ainsi, elle ne permet pas de départager

deux populations, l'une, minoritaire, se trouvant fortement désavantagée par une décision (population exposée ou sensible), l'autre, majoritaire, s'en trouvant faiblement bénéficiaire. Or, cette situation est fréquente dans les conflits locaux, et se retrouve également dans les dynamiques urbaines. On renvoie le lecteur au paragraphe « Peut-on agréger des effets affectant des agents différents ? » (p. 183).

# L'incertain ne peut être réduit à un risque probabilisable

Le contexte d'incertitude est décrit par divers états de l'environnement ou de la nature qui conditionnent les effets futurs du projet : facteurs physiques, technologiques, économiques, politiques... L'économiste distingue plusieurs types d'incertitude selon que les « états du monde » sont imparfaitement connus (domaine de l'incomplet, par exemple, les disponibilités techniques futures dans tel ou tel domaine technologique), ou qu'ils sont connus mais qu'on ne peut pas affecter de probabilité à ces états (domaine de l'incertain, ce qui est le cas si les effets ne sont pas récurrents), enfin lorsque la liste des états est connue et que le décideur choisit d'affecter des probabilités à ces états (domaine de l'aléatoire), que ce soient des probabilités objectives (fonction de la fréquence passée des états) ou des probabilités subjectives (traduisant un degré de croyance en l'apparition des états).

Or, si l'analyse coûts-avantages est bien adaptée au contexte aléatoire, on peut, par simplification et réduction à ce contexte, négliger nombre de phénomènes environnementaux qui ressortent plutôt de l'incertain, voire de l'incomplet. Dans ce dernier cas, on doit se tourner vers d'autres critères portant l'attention sur les temporalités en présence, sur les risques à éviter, etc.

Cette question est abordée dans le paragraphe « Peut-on prendre en compte les surprises et les crises comme on le fait avec les risques probabilisables ? » (p. 195).

### Le coût d'une action dépend du contexte

Il peut être tentant, par souci opérationnel, d'essayer d'associer à un facteur d'impact environnemental (émission d'une tonne de polluant, par exemple) une évaluation monétaire unique des dommages collectifs qu'elle produit. Cette propension vient du fait que la pratique économique courante caractérise souvent les objets par une valeur marchande (échanges commerciaux), un coût de revient (comptabilité de production) ou un coût marginal (tarification de services); néanmoins, ces trois évaluations interviennent dans des cadres précis, pour des acteurs et des objectifs donnés (Claude Riveline). La dispersion des coûts proposés par les États-membres de l'Union européenne pour les impacts environnementaux des transports, dont les sources de variabilité sont multiples, pousse actuellement la Communauté à tenter un exercice d'homogénéisation,

parfois au prix d'extrapolations et de présupposés qui peuvent limiter beaucoup la signification des chiffres ainsi obtenus.

Effectivement, on ne peut lier un coût unique à un bien, mais toujours à une décision bien définie dans le temps, les acteurs et le processus considérés : « le coût d'une décision ou d'un évènement est, pour un observateur déterminé, l'échéancier des différences entre toutes les dépenses effectives prises en compte par cet observateur si la décision est appliquée ou l'évènement réalisé, et les dépenses effectives prises en compte par le même observateur dans un scénario de référence à préciser. Les aspects financiers de la décision ou de l'évènement doivent faire l'objet d'échéanciers distincts. » [38, p. 51]. Les éléments déterminants du contexte peuvent être pas du tout quantifiés et très variés, allant du souci du moral d'une entreprise (pour un investissement) aux valeurs nationales du moment (réponses à la crise pétrolière des années soixante-dix, [143]), voire aux normes esthétiques des techniciens [3, p. 88].

« La valeur du temps » est un exemple remarquable de cette variabilité de l'évaluation économique, et de l'indispensable clarification préalable des hypothèses, scénarios, objectifs et observateurs de référence pour les calculs. Car « s'il est vrai qu'un coût peut prendre différentes valeurs selon l'observateur, cela ne signifie nullement qu'il peut prendre n'importe quelle valeur » [38, p. 74].

### L'évaluation ne se réduit pas à fournir un chiffre

Évaluer, c'est schématiquement quantifier une préférence sociale. Si une monétarisation est envisageable des points de vue théorique (notamment quand des consentements à payer s'expriment sur un marché) et pratique (connaissance bien partagée des phénomènes en cause), elle est nécessaire. Dans le cas contraire, il semble qu'il soit préférable de trouver d'autres éclairages du processus décisionnel et d'autres critères de comparaison des décisions possibles, qui seront moins susceptibles de fournir des vues biaisées des évènements.

Un débat d'experts ouvert et s'inscrivant dans la durée, est susceptible de rassembler les informations nécessaires et de construire des critères adaptés créant consensus sur la méthode. « Mais ceci implique que les responsables et les divers utilisateurs prennent une distance convenable par rapport à telle ou telle expertise économique ponctuelle, dont les résultats sont par trop contingents » ([20]). Ce sont les questions soulevées par les débats contradictoires qui constituent la partie la plus fructueuse de l'évaluation économique, davantage que les chiffres obtenus, toujours manipulables à travers les hypothèses choisies. Ceci n'invalide pas pour autant l'exercice de calcul car, en son absence, d'autres manipulations sont possibles (arguments d'autorité, « loi du plus fort », etc.).

### L'évaluation économique comme mode de coordination

Après ce détour quelque peu théorique, nous développons ici la thèse (Claude Henry, Olivier Godard, etc.) selon laquelle l'évaluation économique a vocation à permettre une médiation entre acteurs, parce qu'elle comporte beaucoup d'éléments avantageux pour les procédures de coordination collective.

Ce rapport examine des décisions publiques motivées par certains avantages qui engagent l'environnement, soit parce que les avantages sont de nature environnementale (amélioration de la qualité de l'eau, etc.), soit parce que ces avantages s'accompagnent d'atteintes à l'environnement (construction de réseaux de transport, urbanisation, etc.). Une fois prise, la décision mobilise des ressources (financières, naturelles, humaines, etc.) dans l'immédiat puis, dans le plus long terme, valorisera des ressources et en affectera d'autres. Les inévitables différends autour de l'usage de ces ressources de natures diverses nécessitent une forme de coordination.

Par exemple, la construction d'une route mobilise du travail, des matériaux, de l'espace (naturel ou artificialisé), des capitaux, contribue à l'amélioration du bien-être des usagers (gains de temps, sécurité, confort) et affecte certaines ressources naturelles (sols, eau, atmosphère, etc.) avec des impacts sur des tiers (riverains, espèces animales, écosystèmes, générations futures, autres activités privées de la capacité d'emprunt correspondante, etc.).

De même, la construction d'unités d'habitation mobilise des ressources comparables, joue un rôle social (logement, amélioration de l'environnement immédiat, etc.) et affecte l'environnement à différentes échelles par l'espace occupé, le choix des énergies, les modes de desserte en transports et la répartition des services (commerces, écoles, etc.). Elle peut contribuer à un étalement urbain, lui-même porteur d'impacts (consommation d'énergie fossile, accroissement de l'effet de serre, etc.).

Enfin l'amélioration de la qualité de l'eau, par le biais d'une norme, mobilise des ressources financières publiques et privées, et les contraintes et avantages induits concernent les acteurs socio-économiques à divers degrés : entreprises, consommateurs, pêcheurs à la ligne, activités touristiques, etc.

# Comment s'effectue la coordination d'intérêts divergents pour aboutir à la décision ?

Comment s'effectue la coordination d'intérêts généralement divergents pour aboutir à la décision ? La difficulté de cette question est depuis longtemps débattue et théorisée. Ainsi Kenneth J. Arrow a-t-il précisé les obstacles empêchant de définir une préférence collective à partir des préférences individuelles, notamment parce que la rationalité des choix individuels n'entraîne pas forcément celle du choix collectif.

Notre propos est donc nécessairement limité: examiner les spécificités des enjeux environnementaux et la place du calcul économique dans les coordinations actuelles, et éventuellement formuler des recommandations. Existe-t-il une hiérarchie des intérêts qui s'impose aux acteurs? Élaborée par qui? Mise en œuvre comment? Existe-t-il une forme de médiation qui permette une discussion sur des bases et avec un langage partagés? Quelles sont les caractéristiques des problèmes environnementaux qui limitent les repères à partir desquels les parties peuvent chercher une coordination efficace? Quel est le rôle de l'évaluation économique? Bref, quelles sont les scènes permettant aux acteurs de régler un conflit, de surmonter un différend ou de s'accorder sur une décision qui engage le sort commun?

Pour guider cette coordination lorsque des questions environnementales interviennent, notre corpus législatif renferme quatre principes que nous rappellerons ci-après. L'évaluation économique a également vocation à permettre cette médiation entre acteurs ; elle comporte beaucoup d'éléments avantageux pour les procédures de coordination collective, des qualités que devraient avoir tous les types d'évaluation qui aspireraient à jouer ce rôle. Ceci ne signifie pas cependant qu'elle fournisse les seuls critères de jugement adéquats pour tous les types d'enjeux.

# L'évaluation économique comme procédure sociale

L'évaluation économique resitue un projet dans un contexte plus large comprenant d'autres types d'actions possibles, d'autres avantages, d'autres risques. Elle correspond à une interrogation de base : ne serait-il pas plus avisé de consacrer telle ressource à tel autre emploi (un autre usage ou le même usage en autre lieu) ?

L'évaluation économique intervient autour des *notions de choix et de décision*. Le raisonnement économique est fondé sur l'hypothèse que des décisions identifiables sont prises, qu'elles peuvent être préparées et évaluées et qu'il doit en être ainsi dans le plus de cas possibles.

L'évaluation économique propose un ensemble de tests et d'épreuves qui visent à permettre l'arbitrage explicite entre les estimations et les intérêts contradictoires des acteurs sociaux en révélant leurs préférences implicites. La façon économique d'éprouver les engagements est de mesurer le coût (ce à quoi on accepte de renoncer) que les agents sont prêts à supporter pour soutenir tel projet ou réaliser telle action ou, à l'inverse, pour empêcher telle réalisation jugée globalement négative. La forme marchande (et notamment l'expression monétaire) est une des modalités d'épreuve, pas nécessairement adaptée à saisir toutes les formes de préférences, ce qui ne disqualifie pas pour autant l'évaluation économique.

L'évaluation économique met en scène un ensemble d'agents autonomes qui poursuivent des objectifs différents et qui, par des transactions, peuvent essayer d'améliorer leur situation collective. Certes,

ce modèle a d'abord privilégié la figure du marché de biens comme opérateur collectif de la coordination, mais il existe d'autres types de transactions et d'interactions (économie domestique et traditionnelle, économie informelle, formes dérivées du marché comme le troc ou systèmes d'échange locaux, économie du temps d'entraide...). En tout état de cause, les analyses économiques peuvent éclairer les questions, non les trancher à elles seules.

Les qualités de l'évaluation économique sont plus largement développées et commentées dans le chapitre «L'évaluation économique : un instrument efficace de médiation dans les différends» (p. 116).

### La nature des enjeux environnementaux modifie la perspective de l'évaluation économique

On peut classer les problèmes d'environnement en fonction de leurs caractéristiques informationnelles et du type d'intérêts en cause [18]. Quatre variables sont décisives : le mode de perception des problèmes (direct/indirect), la nature des intérêts concernés (agents présents/tiers absents), le degré de réversibilité ou d'irréversibilité des phénomènes en cause, le degré de stabilisation de la connaissance scientifique (stabilisation/controverse). Ces variables permettent de définir par opposition deux univers contrastés : les « univers stabilisés » et les « univers controversés ».

Dans son champ de pertinence et en univers stabilisé, l'évaluation économique permet d'éviter de faux débats en identifiant des décisions aberrantes à court terme. Elle peut aussi donner une traduction monétarisée à certains impacts de décisions, positifs ou négatifs, notamment quand ceux-ci se situent à un horizon relativement court, qu'ils sont perçus directement par des agents présents, que les chaînes causales sont relativement stabilisées.

À plus long terme, lorsque des tiers absents sont engagés (générations futures, écosystèmes...) et en contexte d'incertitude, des adaptations substantielles sont à envisager. Lorsque les risques encourus sont de grande ampleur et irréversibles, le processus d'évaluation devrait porter plutôt sur la minimisation de ces risques, par une décision « pas à pas » favorisant l'apprentissage et évitant les irréversibilités aux conséquences potentiellement graves, que sur la maximisation d'un bilan coûts-avantages, rendue délicate par le contexte d'incertitude.

Compte tenu de la nature de certains enjeux environnementaux impliqués dans les décisions publiques, l'analyse coûts-avantages peut être fragile et le calcul seul ne suffit pas pour hiérarchiser ces dernières. Cette étape relève alors d'autres formes de coordination collective, comme la

négociation institutionnelle, les auditions publiques contradictoires (public hearings), etc. Certains acteurs, dont les positions semblent confortées par une utilisation routinière de l'analyse coûts-avantages, peuvent être tentés de céder à la facilité consistant à l'utiliser en dehors de son champ pour justifier des décisions. Cette pratique peut fermer la voie à de vraies questions, irréductibles au seul calcul : c'est le cas en particulier du choix des risques encourus collectivement et de leur distribution. À la longue, elle pourrait aussi amener une partie de la population à rejeter toute procédure collective d'aide à la décision, ce qui pourrait se révéler menaçant pour le fonctionnement social.

Ces points sont développés dans le paragraphe «Un mode d'évaluation déficient en univers controversé et en situation d'incertitude » (p. 153).

### **Principes environnementaux**

Certains principes liés à l'environnement ont été adoptés au plan national comme international et donnent un cadre juridique pour les décisions. C'est dans ce cadre que devrait intervenir ensuite, le raisonnement économique.

Nous reproduisons ici certains principes de l'article 1er, I, de la loi Nº 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement. Ces principes figurent depuis 1987 dans le traité constituant l'Union européenne et ils forment les fondements de la politique européenne de l'environnement. Selon ce traité, l'environnement doit faire partie intégrante de toutes les autres politiques, et l'Union doit bénéficier d'un niveau élevé de protection de l'environnement.

Nous verrons plus loin en quoi ces principes questionnent l'évaluation économique.

### Le développement durable

Selon la loi, « l'objectif de développement durable vise à satisfaire les besoins de développement des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ». Il consiste à rassembler les conditions d'un développement humain qui ne produise pas ses propres obstacles : par exemple, un développement agricole qui ne conduise pas à une pollution des eaux dommageable, non seulement pour l'activité agricole elle-même, mais aussi pour les activités géographiquement voisines ou techniquement connexes, pour les populations locales, pour les générations futures, pour les écosystèmes, etc.

# Le principe de prévention et le principe de précaution

On entend par principe de prévention « le principe d'action préventive et de correction, par priorité à la source, des atteintes à l'environnement, en utilisant les meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable ». Par exemple, la réduction des dom-

mages et effets liés aux déchets par une réduction des quantités produites (conception des produits et technologies propres) obéit à ce principe.

La différence entre précaution (présomption de risque grave et irréversible) et prévention (risque identifié) est importante, car les deux situations conduisent à des décisions qui ne sont pas de même nature. Cette question est abordée dans le rapport officiel [2] de la Commission française du développement durable de 1996. Au sens strict, la prévention ne peut intervenir qu'au moment où l'observation des faits et la connaissance des mécanismes en jeu permettent d'estimer les dommages (financièrement ou non), et de proposer une action qui proportionne aux coûts estimés les mesures d'évitement. Elle correspond à des risques connus pouvant être plus ou moins réduits par degrés jusqu'à un état où toute réduction se traduirait par des coûts plus élevés que les avantages escomptés. En revanche, la précaution se situe dans un domaine où l'existence et l'ampleur du risque n'est pas établie avec certitude (mais où ses conséquences peuvent être graves et irréversibles), ce qui rend difficile, voire impossible, l'estimation des enjeux.

« Le principe de précaution est le principe selon lequel l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économiquement acceptable. » (loi du 5 février 1995 sur le renforcement de la protection de l'environnement). C'est un principe d'aide à la décision, et non de recherche de responsabilités *a posteriori*. Par exemple, l'appréhension de risques climatiques graves et irréversibles, notamment par le dispositif international d'évaluation scientifique (GIEC), conduit actuellement à des négociations internationales entre États autour des mesures de précaution à prendre.

#### Problématique du principe de précaution [2]

	Inconnu		Mal connu		Connu
Impact élevé irréversible	pas d'action si trop improbable non plausible	1	action en application de la précaution	3	action en application de la prévention classique
			2		
Impact faible réversible	action non justifiée		dommages ne justifiant pas l'action		au cas par cas : analyse coût/avantages

CFDD, 1996

Le tableau ci-dessus situe la problématique du principe de précaution selon deux échelles : la première concerne le degré de certitude scientifique, la seconde est liée aux coûts relatifs des mesures d'évitement rapportés aux impacts dus au laisser faire. La notion de coût est ici à prendre au sens large, englobant une évaluation des impacts non monétarisables, avec l'identification des catégories de populations et de milieux

victimes de ces dommages. Cerner le domaine de l'application de ce principe, c'est définir ses trois frontières (numérotées sur le tableau) :

- la première est celle qui sépare une conjecture scientifique trop incertaine d'une hypothèse considérée comme crédible sur le plan scientifique;
- la seconde se situe dans le domaine où l'hypothèse est jugée crédible au niveau scientifique, mais peut concerner des impacts négligeables ou réversibles, pour lesquels il est légitime d'attendre l'observation des premières manifestations des problèmes avant d'agir;
- la troisième frontière est celle qui conduit de la précaution à la prévention quand un problème devient établi scientifiquement.

La difficulté provient du fait que ces frontières sont floues et dépendent de processus socio-politiques complexes.

### Le principe pollueur-payeur

D'après la loi, « Le principe pollueur-payeur est le principe selon lequel les frais résultant des mesures de prévention, de réduction de la pollution et de lutte contre celle-ci doivent être supportés par le pollueur. »

Le principe pollueur-payeur adopté par les pays membres de l'OCDE en 1972 stipule que le pollueur devrait se voir imputer les dépenses associées aux mesures arrêtées par les pouvoirs publics *pour que l'environnement soit dans un état acceptable*, ce qui va plus loin que cette définition nationale de 1995.

Ainsi, contrairement à une idée répandue, le principe pollueurpayeur n'impose pas que le niveau acceptable de pollution soit défini au sein de la théorie économique (« pollution optimale » comme décrite au paragraphe « Un effort d'intégration par le biais de la détermination d'un "optimum économique de pollution" » (p. 151) et discutée au paragraphe « Un mode d'évaluation pouvant être inadapté à apprécier les contraintes de reproduction des milieux » (p. 151)) : il peut être défini par d'autres procédures de coordination (concertation, négociation, etc.).

# Prendre en compte préventivement les contraintes de reproduction des milieux

Pour certains milieux exposés à des pollutions, l'évaluation économique peut proposer un « optimum de pollution » se trouvant au-delà de ce que ces milieux peuvent supporter pour assurer leur capacité de maintien et de reproduction (« capacité d'assimilation »), conduisant à une situation en porte-à-faux avec le principe de prévention.

Par exemple, la bioaccumulation de polluants dans des tissus d'organismes vivants ne fait sentir ses effets (et les agents économiques n'en ressentent les dommages) qu'au delà d'une capacité qui, une fois franchie, peut conduire à la dégradation des organismes par altération de ses possibilité de régénération. Du point de vue de l'évaluation économi-

que, les effets externes associés à la dégradation d'un milieu n'apparaissent que lorsque celle-ci est déjà substantielle, et une valeur économique ne lui est attachée que dès lors qu'il est significativement altéré. Une logique de prévention conduit à accorder une valeur écologique à ce milieu avant une dégradation substantielle.

Comme le dit Jean-Philippe Barde, autant la capacité d'assimilation du milieu est un « plafond » en terme d'écologie, autant c'est un « plancher » en terme d'économie [10].

Techniquement, le coût marginal des dommages ne devient positif que lorsque le niveau de pollution dépasse la capacité d'assimilation du milieu. Or, l'évaluation économique détermine un « niveau optimal de pollution » par égalité entre le coût marginal d'épuration et le coût marginal des dommages, de sorte qu'il est le fruit d'un compromis et qu'il se situe nécessairement à un niveau qui excède le seuil compatible avec la capacité d'assimilation du milieu. Or, « s'il en coûte d'altérer l'environnement, il en coûte également de s'abstenir de le faire ; l'optimum dégagé résulte du meilleur arbitrage possible entre ces deux types de coûts » [14]. Ainsi, par nature, l'évaluation économique du niveau de pollution contribue à dégrader le milieu, et porte atteinte à ses capacités de maintenir ses fonctions au cours du temps.

La détermination d'un « optimum économique de pollution » tend effectivement à réduire les pressions sur le milieu, ce qui est indéniablement une prise en compte de l'environnement. Toutefois, par construction, ce processus d'évaluation déplace progressivement l'optimum et David Pearce montre, en prolongeant ce type de raisonnement dans une perspective dynamique, comment on peut, de compromis en compromis, « saper » le milieu en réduisant progressivement sa capacité d'assimilation [14]. Ce point est souvent mal connu ou négligé ; il souligne la valeur de la qualité de l'information pour la pertinence de l'évaluation.

Fonder le calcul de la « pollution optimale » sur un compromis entre coûts des dommages et coûts de dépollution suppose implicitement que les dommages peuvent être compensés. C'est bien ce que fait l'analyse économique lorsqu'elle évalue des impacts environnementaux en terme de dommages, c'est-à-dire de perte de bien-être (compensable par des biens marchands).

Il existe une autre approche qui consiste à déterminer une « pollution optimale » à partir d'un « coût de réparation », c'est-à-dire du coût de remise du milieu en son état initial. En ce cas, le niveau de pollution est déterminé de façon à assurer la reproduction du milieu en ne dépassant pas sa capacité de charge, et toute atteinte devrait être compensée de façon à « réparer » le milieu. La recherche d'un optimum entre coût de réparation et coût de prévention est ainsi ajustée de façon à faire de la préservation de l'environnement une contrainte du choix. Ce n'est pas l'option retenue par l'économie du bien-être qui ne prend pas en compte le caractère non reproductible du capital naturel.

Comme nous l'avons déjà souligné, le principe pollueur-payeur n'impose pas que le niveau acceptable de pollution soit défini au sein de la théorie économique (« pollution optimale »). L'évaluation par les coûts des dommages doit donc être remplacée par des coûts de réparation lorsque la capacité de reproduction d'un milieu naturel est en jeu.

Cette discussion est détaillée au paragraphe « Un mode d'évaluation pouvant être inadapté à appécier les containtes de reproduction de milieux » (p. 151).

### Préciser les droits de propriété sur les actifs collectifs

Une des caractéristiques premières des enjeux environnementaux est d'affecter des biens qui ne sont pas privatifs, mais sont plutôt des « biens collectifs purs ». Ces derniers sont à la fois sources de bien-être – en ce qu'ils procurent des richesses matérielles (productions végétales, animales, matériaux, esthétique, agrément, etc.) et support de fonctions sans lesquelles la question du bien-être ne se poserait pas (capacité de reproduction de cycles naturels, fonction d'épuration, de régulation, etc.). Nous parlerons plutôt d'actifs environnementaux à leur sujet.

Dans le modèle théorique néoclassique, on rappelle qu'un « bien individuel » n'est susceptible d'appropriation que par un agent à la fois, qui est amené à révéler ses préférences (en offrant ou en acceptant de verser un prix) de façon à se l'attribuer. On notera que les droits de propriété sur de tels biens sont supposés être donnés.

En revanche, la consommation d'un « bien collectif » ou l'usage d'un « actif collectif » ne donne pas lieu à la formation d'un prix, sauf si un certain seuil de raréfaction est franchi. En effet, comme il n'y a pas compétition pour ce bien (puisque ce que consomme un agent ne vient pas en déduction de ce que consomment les autres), aucun agent n'a à révéler ses préférences. Ici, les droits de propriété ne sont pas toujours clairement définis et peuvent varier selon les cas et les usages (atmosphère, mers, etc.).

La science économique s'est depuis fort longtemps penchée sur la question des biens publics. Il n'en reste pas moins que la question des droits de propriété sur les actifs environnementaux est extérieure à la théorie économique. Le principe pollueur-payeur vient ici compléter la théorie économique standard en attribuant les droits sur l'environnement au pollué.

Comme la question des droits, la question des ressources disponibles des agents économiques n'est pas posée dans la théorie : les dotations initiales sont supposées être données. Ainsi, dans le modèle d'Arrow-Debreu, on suppose que chaque ménage dispose d'une dotation initiale qui lui permet de survivre sans faire d'échanges.

Cette question des droits de propriété est discutée notamment aux paragraphes « Une répartition implicite des droits aux ressources au

profit de la génération présente » (p. 144) et « Un effort d'intégration par le biais de la clarification du rôle des droits de propriété » (p. 145).

# Élargir les intérêts en jeu (dimension éthique)

L'exigence de développement durable introduit des types d'intérêt (générations futures, écosystèmes...) qui ne sont pas dans l'axiomatique économique standard puisqu'ils ne peuvent exprimer leurs préférences ni voir leurs pertes éventuelles compensées. Il est alors préférable d'aborder la situation en terme de droit et d'éthique.

D'un point de vue plus opérationnel, l'évaluation économique se doit de procéder à un élargissement de l'horizon (temporel, spatial, social...) des critères d'efficacité, à intégrer des considérations en terme de droits (équité intergénérationnelle, écosystèmes...), à s'appuyer sur des indicateurs non monétaires de conservation du patrimoine naturel, à évaluer les effets redistributifs des décisions sur ces tiers absents, etc.

#### Insérer la coordination économique dans d'autres procédures de coordination collective en situation d'incertitude ou en cas de risques de dommages graves et irréversibles

Le principe de précaution met l'accent sur un certain type de risque, celui de dommages graves et irréversibles à l'environnement. Ainsi, la compensabilité ou non d'un dommage environnemental, sa réversibilité ou son irréversibilité, sont des caractéristiques majeures qui doivent aboutir à des différenciations au niveau des évaluations économiques. Les bifurcations et surprises possibles doivent être appréciées avant toute évaluation économique, comme dans tout processus stratégique.

La coordination économique peut s'avérer délicate pour apprécier de tels risques, car elle instrumente le point de vue des « consommateurs » dans un contexte où sa légitimité est faible, alors qu'elle devrait s'effacer au profit de l'exercice du jugement et des préférences du « citoyen ». Ces deux types de préférences n'ont pas les mêmes fondements ni les mêmes ressorts.

La gestion de biens collectifs peut ainsi justifier une coordination de nature différente de la coordination économique : il est des cas où la « main invisible » doit être aidée. Ainsi, un cadre stratégique explicite peut permettre de contourner le dilemme du prisonnier (intérêt commun inaccessible par la poursuite des intérêts individuels d'acteurs rationnels et responsables), ou d'atténuer le penchant au pillage des ressources sans propriétaires (la fameuse « tragédie des *Commons* »).

Par exemple, l'étalement urbain est en partie la résultante de nombreux comportements individuels favorisés par une certaine structure d'incitations (sous-tarification du transport, subventions à la mobilité, fiscalité locale, etc.). La puissance publique, qui est une expression des citoyens au travers de la démocratie représentative et effectue une agrégation des préférences individuelles d'une autre nature que la coordination économique, peut juger si elle doit donner un autre cap à la structuration urbaine, pour éviter des crises sociales ou au nom de tel autre aspect du développement durable.

Bien sûr, définir des droits ou un cadre stratégique relève aussi d'une procédure de coordination qui souffre des limites énoncées par le théorème d'impossibilité d'Arrow : même à partir d'hypothèses relativement consensuelles (universalité, indépendance, Pareto-optimalité, nondictature), il n'existe pas de procédure d'agrégation qui permette de dégager une préférence collective d'un ensemble de préférences individuelles. C'est le croisement de différentes procédures de coordination (économie, droit, vote...) qui peut permettre, au cas par cas et selon le contexte, de dépasser les limites de l'une d'entre elles.

La coordination économique ne s'avère délicate pas seulement pour apprécier des risques de dommages graves et irréversibles, mais plus généralement dans les problèmes d'environnement diffus, aux interactions complexes et en situation d'incertitude : complexité des phénomènes de pollution, multiplicité d'agents économiques (rendant difficile la recherche des pollueurs), transactions impossibles ou coûteuses, acquisition coûteuse des données, etc. Ceci peut justifier le recours à d'autres procédures de coordination. Par exemple, lorsqu'on est confronté à un problème d'articulation de préférences individuelles très contrastées chez de multiples agents, il peut être alors préférable d'aborder la situation en terme de droits.

# Passer de l'analyse coûts-avantages à la "décision séquentielle"

L'exigence de développement durable et le principe de précaution remettent en question l'usage de l'analyse coûts-avantages en univers controversés. Lorsque des tiers absents sont engagés (générations futures, écosystèmes...) et en contexte d'incertitude (long terme, controverses, risques graves et irréversibles...), la décision devrait privilégier des mesures de prudence de nature procédurale (approche séquentielle), préserver des potentialités, des options, des capacités de choix, porter attention aux points de passages, transitions et bifurcations de court et moyen terme (plutôt qu'à des chiffrages fragiles de coûts), etc.

Une métaphore de Jean-Charles Hourcade [26] comparant les rationalités de comportement de deux conducteurs permet d'illustrer le concept de « décision séquentielle » adaptée aux univers controversés.

L'analyse coûts-avantages appliquée sur le très long terme se rapproche du comportement d'un champion de Formule 1 à l'entrée d'une série de virages d'un circuit comportant des passages à l'aveugle. Sa « fonction objectif » est de maximiser sa vitesse dans un contexte

d'incertitudes non négligeables sur la présence d'huile ou de gravillons dans les courbes, l'adhérence des pneus ou les réactions du conducteur qui le précède. Mais il tire de son expérience de pilote une sorte de connaissance statistique et son comportement est assimilable à un calcul d'optimisation : il opte d'entrée pour une trajectoire optimale en tenant compte implicitement de distributions de probabilités sur les paramètres incertains, se fiant à son expérience pour rester dans la limite des possibilités d'adaptation permises par ses réflexes.

Tel n'est pas le cas du conducteur qui ignore le type de piste dans laquelle il s'engage. Va-t-il trouver une plaque de verglas dans un virage surplombant un précipice sur une route de montagne? Une voiture venant en sens inverse ne va-t-elle pas limiter ses possibilités d'adaptation? Lui aussi veut maximiser sa vitesse, mais son comportement est tout autre : il lâche l'accélérateur, presse légèrement la pédale de frein, prêt à ralentir plus fortement en cas de brillance du verglas, à réaccélérer dans le cas contraire; un calcul de probabilité sans réajustement permanent risquerait en effet de l'acculer au choix entre le précipice et la collision. Les risques étant trop contrastés, la distribution de probabilité sur les états possibles de la piste trop inconnue, et l'information utile risquant de venir trop tard en raison de l'inertie du véhicule, le comportement raisonnable n'est pas de choisir une trajectoire optimisée une fois pour toutes, comme dans une décision «à un coup», mais d'opter pour une suite de décisions où les premières visent à augmenter le temps d'apprentissage et à harmoniser vitesse du véhicule et amélioration de l'information. On n'optimise plus d'entrée toute « l'histoire » à venir et on doit tenir compte à la fois des possibles bifurcations (verglas, précipice, etc.) et des rythmes d'acquisition d'informations sur l'état de la piste.

C'est ainsi que le cadre de l'analyse coûts-avantages peut être profondément inadapté à l'état de l'information scientifique, incertaine et controversée, propre à de nombreux problèmes d'environnement. Une négociation structurée autour du schéma coûts-avantages peut exacerber le risque de paralysie qui résulte ce que Philippe Roqueplo a appelé une configuration de « risque inversé », où les acteurs sont moins sensibles au risque environnemental en tant que tel qu'à sa manipulation stratégique. Par crainte de décisions arbitraires imposées au nom d'un futur controversé, on peut aboutir à une paralysie générale en raison d'un jeu de controverses sans fin en l'absence d'information capable d'emporter la conviction de tous.

Par exemple, appliquée à l'effet de serre, une analyse coûts-avantages repose sur trop de paramètres non prévisibles ou non directement observables pour aider à la coordination des anticipations et à l'émergence d'un consensus. Le contexte d'incertitude exige d'autres approches, comme l'affirme [50, p. 17] : « Le problème n'est pas de définir aujourd'hui la meilleure politique pour les cent ans à venir, mais de choisir une stratégie prudente et de l'adapter ultérieurement en fonction des nouvelles informations disponibles. »

Devant une menace d'irréversibilité, les décisions séquentielles permettent d'intégrer flexibilité et apprentissage de façon à guider le déclenchement d'actions de prévention. Une telle approche peut donner un contenu opératoire au principe de précaution tout en prémunissant contre des décisions économiquement arbitraires. Les économistes ont développé de nombreux efforts théoriques allant vers l'approche séquentielle, notamment à travers le concept de valeur d'option, et ont montré la valeur économique des décisions retardant les effets irréversibles.

### Préconisations générales

### Veiller à ce que l'évaluation économique joue effectivement son rôle de coordination, par le partage des conventions

Si nous préconisons un usage accru de l'évaluation économique pour les décisions engageant l'environnement, il n'en reste pas moins que celle-ci doit servir la coordination, et ne pas se contenter d'être un « habillage » pour des décisions déjà prises. Il importe pour cela que l'expression des enjeux environnementaux soit *effectivement* prise en compte dans la procédure de coordination économique.

Les conventions de calcul doivent être explicites pour tous les acteurs engagés. En effet, si l'évaluation économique a beaucoup de propriétés intéressantes pour la coordination de la prise de décision, elle reste marquée par ses hypothèses fondatrices, qui peuvent se trouver en porte-à-faux dans des situations de risques pour l'environnement. En outre, dans son application, elle est fortement dépendante du contexte en jeu; soumise à des conventions en raison de sa technicité, elle est aussi plus ou moins manipulable par certains acteurs.

La délimitation du contexte doit être un préalable à toute évaluation, car le type d'évaluation qui doit être mis en œuvre doit correspondre aux attributs de la situation de coordination qu'elle doit servir, et ne pas se trouver en décalage (niveau trop élevé de généralité, ou au contraire trop étroit). Nous reviendrons largement sur cette question des conventions (taux d'actualisation, scénarios, simplifications, approximations, etc.).

Le choix de la situation de référence est déterminant pour l'évaluation. Cette question est examinée dans [133, p. 27-31] pour les infrastructures de transport, et l'analyse de cas passés révèle que le choix de la situation de référence apparaît souvent comme la principale source d'incertitude sur la rentabilité d'un projet et comme à l'origine des divergences d'appréciation entre administrations ou acteurs concernés. Elle exige que soit explicité le point de vue duquel l'évaluation se place, et que soient justifiés les paramètres descriptifs choisis. Typiquement, s'agit-il d'une situation de conservation du statu quo écologique et de modération économique ou d'un scénario de développement économique et technologique « au fil de l'eau » ? L'option doit être débattue au départ.

Les implicites culturels doivent aussi être explicités dans les approches économiques : valeurs des zones humides, « valeur du mort », valeur du temps...

### La pratique de l'évaluation économique doit être renforcée et affinée, notamment en univers stabilisés

Souligner les limites de l'évaluation économique ne signifie pas justifier sa disqualification, notamment en univers stabilisé qui fait l'objet de ce paragraphe et où sa pratique devrait être renforcée. En effet, l'évaluation économique a le mérite d'être une forme d'évaluation, et c'est sans doute ce qui manque en premier aux décisions engageant l'environnement. On observe une forte réticence à l'évaluation des décisions passées et, à l'inverse, une précision disproportionnée à évaluer certains aspects étroits de projets futurs. Un usage plus systématique de l'évaluation économique devrait permettre d'éviter ces deux écueils, et se situer dans le droit fil de la réforme en cours de l'État. Ceci nécessite bien sûr de soutenir et de construire dans la durée des compétences en économie de l'environnement.

### Appliquer l'analyse coûts-avantages dans des conditions d'univers stabilisés

Nous proposons de délimiter le champ d'application de l'évaluation coûts-avantages en fonction des quatre variables avec lesquelles Olivier Godard classe les problèmes d'environnement : le mode de perception des problèmes (direct/indirect), la nature des intérêts concernés (agents présents/tiers absents), le degré de réversibilité ou d'irréversibilité des phénomènes en cause, le degré de stabilisation de la connaissance scientifique (stabilisation/controverse).

# Prêter attention au choix des critères dans une analyse coûts-efficacité

Faire reposer la comparaison entre différentes décisions sur un critère unique soulève des difficultés dans le cas de phénomènes environnementaux aux multiples fonctions ou dans le cas d'impacts multiples. Par exemple, l'année de vie gagnée n'est pas toujours le seul critère pertinent de comparaison pour l'efficacité des politiques environnementales; l'amélioration de la qualité de vie peut être plus pertinente. De même, juger d'une politique de circulation routière urbaine sur la seule réduction des impacts sanitaires peut conduire à négliger d'autres impacts, comme la consommation énergétique et les émissions de CO<sub>2</sub>.

### Établir des scénarios contrastés

Nous préconisons, plutôt que de rechercher un consensus sur un scénario de référence, d'élaborer des scénarios contrastés permettant de mener des évaluations en contextes divers bien définis.

# Évaluer l'effet du cadre réglementaire, fiscal et tarifaire sur les scénarios

La comparaison de deux projets d'infrastructure de transport, collectif ou routier, par le biais d'une évaluation économique, dépend notamment de la structure d'incitation que constituent les différences de réglementation, de fiscalité, de tarification (niveau et évolution), etc. Ainsi, le fait que le coût d'usage des transports collectifs ait depuis des années crû, en termes réels, bien plus que celui d'usage du mode routier introduit un biais dans les scénarios de trafic et, par là, dans les évaluations, en faveur du mode routier.

De même, certaines décisions décentralisées (instruments économiques, comme les taxes) doivent être évaluées en fonction des « règles du jeu » dans lesquelles elles s'exercent (subventions directes ou masquées, réglementation, etc.).

Pour alimenter l'éventail de scénarios contrastés recommandés ci-dessus, nous préconisons d'élaborer au moins un scénario dans lequel les structures d'incitations (fiscalité, subventions, tarification, financement...) ne soient pas contraires au développement durable, et sur lequel soient évaluées les décisions.

# **Expliciter la distribution des droits de propriété sur l'environnement**

Conformément au principe pollueur-payeur, le droit d'usage de l'environnement n'est pas attribué au pollueur, mais à l'individu potentiellement pollué. Nous préconisons donc le calcul d'un consentement à payer pour l'usage d'un actif environnemental par un pollueur, et d'un consentement à recevoir pour un « pollué » (potentiel ou réel), subissant les nuisances (projetées ou effectives) consécutives à l'usage d'un actif environnemental.

# Expliciter les asymétries d'aversion aux risques

Dans la continuité de la préconisation précédente, l'évaluation d'un risque doit différer selon qu'il est subi ou choisi.

Nous préconisons que, dans la négociation d'une action, les différences d'aversion au risque ou de confiance dans l'information scientifique soient explicitées (au même titre, par exemple, que la préférence pour le présent qui guide le choix du taux d'actualisation). En effet, elles font partie des fondements légitimes des préférences des acteurs, et elles doivent être reconnues et appréciées comme telles. Comme la réactivité du public est différente suivant les contextes (une mort sur la route créant moins d'émotion par exemple qu'un décès par accident industriel), les conventions par lesquelles ces différences sont exprimées doivent être explicitées. Des convergences peuvent alors être rendues possibles.

# Pratiquer plusieurs évaluations de coûts (sous différentes hypothèses)

Nous nous concentrons ici sur les coûts de « dégradation de l'environnement », ce qui n'empêche pas que l'ensemble des coûts doit être examiné, y compris les coûts de fonctionnement et d'exploitation liés à un projet.

Comme nous l'avons vu, les coûts traditionnels sont définis en référence à la théorie économique de l'utilité ou « théorie du bien-être » : en dernière instance, la mesure économique de toute action serait son impact sur le bien-être des agents individuels. Dans beaucoup de cas, cette approche est trop dépendante de jugements et de conventions arbitraires sur l'interprétation des phénomènes économiques (le marché comme expression de choix libres et informés) et en particulier des prix relatifs (analyses en terme de surplus sur des marchés parfaits et complets). C'est pourquoi nous suggérons d'élargir les évaluations à d'autres types de coûts.

### Évaluer des coûts selon différents points de vue

L'axiomatique théorique ne reconnaît que l'évaluation du point de vue des individus. Toutefois, la pratique tend à mélanger des coûts de nature différente, notamment des coûts du point de vue de la collectivité, de l'État... C'est le cas avec la « valeur du mort », qui peut être évaluée ex ante en terme d'attitudes face au risque (point de vue de l'intéressé et de la société), ou ex post et ne reflétant plus alors (et pour cause...) le point de vue de l'intéressé, mais celui de la société restante (privée d'un de ses membres) qui évalue une perte d'utilité.

Nous préconisons, par souci de cohérence, de pratiquer des évaluations distinctes en fonction du point de vue. Le choix des valeurs à retenir dépend en fait de l'objectif social recherché, explicité par les hypothèses des évaluations : quel est le résultat concret souhaité ?

# Évaluer des coûts de dommages, des coûts d'évitement, des coûts de réparation

En théorie, ce qu'on appelle coût des dommages est une perte de surplus mesurée du point de l'individu lésé (le surplus est la différence entre ce qu'il était prêt à payer pour jouir d'un bien et sa dépense effective). Par exemple, suite à la dégradation d'un lac, le coût des dommages pour un pêcheur représente le montant de ce qu'il était prêt à payer pour y pêcher diminué des dépenses effectives (transport, nourriture...). Il est clair que ce coût est sans rapport avec un coût de remise en état du lac, après dégradation, ou encore avec un coût d'évitement de la pollution.

Nous préconisons d'évaluer économiquement une dégradation de l'environnement par le type de coûts adapté au contexte, voire par ces trois types de coûts pour permettre des comparaisons.

### Choisir une fourchette de taux d'actualisation

Pour des décisions publiques engageant l'environnement, nous préconisons de choisir pour taux d'actualisation le taux social de préférence pour le présent (préférence pure pour le présent et effet-richesse), plutôt que le taux de rentabilité du capital, plutôt réservé à un souci de rendement financier.

Un taux d'actualisation reflète une vision collective du futur. De même que nous recommandons l'élaboration de scénarios contrastés, nous préconisons d'utiliser une fourchette de taux pour apprécier la sensibilité de l'évaluation. Cette fourchette vaudrait pour toutes les décisions aux horizons d'évaluation comparables (entre des infrastructures de transport par exemple). Elle fait partie des conventions à partager en préalable à l'évaluation.

# Valoriser spécifiquement les actifs environnementaux non renouvelables

La règle de Hotelling prévoit, sous des hypothèses économiques standard (marchés concurrentiels et complets, information parfaite, etc.), l'augmentation (au taux d'actualisation) du prix d'une ressource rare au fur et à mesure de sa diminution. Dans la pratique, il faut vraisemblablement que la ressource soit bien entamée pour que les agents économiques en soient informés et que son prix s'en ressente. Or, rien ne dit que le rythme d'adaptation de la société sera alors celui de cette hausse des prix, du fait des différentes inerties de ses dynamiques. Dans cette perspective, évaluer les coûts d'usage d'une ressource non renouvelable nécessite d'anticiper sur cette hausse.

C'est pourquoi nous préconisons de valoriser spécifiquement la consommation des actifs environnementaux non renouvelables soit au taux d'actualisation, en fixant une limite temporelle franche au calcul, soit au taux de la préférence pure pour le présent, en ne fixant pas de limite temporelle.

### Effectuer des analyses de sensibilité du bilan actualisé

Ayant recommandé de pratiquer plusieurs évaluations de coûts, sous différentes hypothèses et conventions, nous préconisons d'examiner les facteurs (taux d'actualisation, choix des coûts, simplifications de calcul, approximations, généralisations, etc.) auxquels le calcul du bilan actualisé est le plus sensible, afin d'éclairer les valeurs qui sont déterminantes pour l'évaluation et permettre un débat à leur sujet.

En effet, comme nous l'avons déjà souligné, il est toujours possible de modifier beaucoup un résultat chiffré selon les hypothèses retenues... et c'est donc bien d'abord sur ces hypothèses, leur degré d'incertitude, leur caractère déterminant ou non, qu'il doit importer aux interlocuteurs de s'accorder.

### Des procédures de coordination ad hoc doivent être élaborées pour la gestion des risques collectifs

Nous avons déjà souligné que le principe de précaution met l'accent sur un certain type de risque, celui de dommages graves et irréversibles à l'environnement. Leur détermination ressortit à d'autres procédures de coordination que l'évaluation économique, qui s'avère fragile en contexte d'incertitude. En effet, nous verrons dans le corps du rapport l'extrême difficulté qu'il y a à évaluer certains coûts, précisément parce que leurs manifestations sont hors marché et hors prix. La question est plutôt d'en décider au moyen de procédures qui échappent en partie aux techniques économiques. Ceci replace l'évaluation économique parmi d'autres modalités d'émergence de la préférence sociale que sont par exemple le vote (et la démocratie représentative, pouvant notamment s'exprimer par des législations), le débat et les négociations entre organisations collectives (qui réalisent en leur sein une agrégation particulière de leurs membres), etc.

Le souci de minimiser les coûts de transition et les risques collectifs conduit à privilégier les choix porteurs des irréversibilités les moins fortes, qui puissent être réadaptés souplement suivant les surprises inévitables en univers controversé et incertain. Il suppose donc un suivi et une évaluation réels et concertés des conséquences des décisions, qui ne soient pas incantatoires mais suivis d'effets. Or, de manière générale, concertation, évaluation et suivi indépendants restent les parents pauvres des modes de décision : disparition ou affaiblissement d'institutions ayant cette mission ; intentions de suivi des résultats avortées ; difficultés à faire évoluer les procédures vers une plus grande ouverture à la société civile ; faible nombre de suivis réels ; échec très fréquent des tentatives d'évaluation, de suivi et de correction dans le domaine public.

### Mettre en place des forums contradictoires et durables sur de grandes questions environnementales

Les futurs possibles peuvent comprendre des bifurcations inattendues par la plupart des acteurs, par exemple sur le caractère socialement acceptable ou inacceptable de certains évènements, parce qu'elles se manifestent sous la forme de signaux faibles tenus pour importants seulement par une minorité d'entre eux. Dans l'affaire de

l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB), la perte de confiance dans la qualité des biens a remis en cause la logique d'échange puisque la coordination marchande est dépendante d'un accord sur la définition des biens et sur leur qualité. Des constructions hors marché, comme les analyses de cycle de vie, les audits environnementaux, le traçage, les labels, etc. peuvent contribuer à renforcer confiance et prévisibilité (voir le prochain rapport de la cellule de prospective « Environnement et économie rurale »).

Des forums réguliers sur de grandes questions environnementales (changements climatiques, organismes génétiquement modifiés...) peuvent aider à constituer des objectifs collectifs acceptables, et donc à construire un futur plus prévisible. L'expertise du GIEC en fournit un exemple remarquable. De même, la *National Academy of Science* américaine a rémunéré dix-sept personnes, choisies pour leurs opinions contradictoires sur le sujet des champs électromagnétiques de basse fréquence, pour travailler à huis clos pendant trois ans, analyser cinq cents publications scientifiques, et signer chaque page de l'ensemble du rapport final. Une veille scientifique et sociale bien organisée sur ce type de modèles contribuerait à détecter les tendances et signaux utiles, comme le recommandent la Commission française du développement durable et la stratégie nationale du développement durable.

Nous préconisons notamment de documenter les domaines de risques collectifs longtemps délaissés, et de mettre systématiquement en place des indicateurs de suivi des politiques, dont des indicateurs environnementaux :

- établir une veille sur les principaux phénomènes et risques (notamment cumulatifs) pour éviter d'atteindre les zones de non-linéarité et de rupture (pollution de fond en ozone, ressources fossiles, etc.);
- analyser des cas de crises passées pour documenter la production de scénarios de ruptures ;
- combler les lacunes de la surveillance épidémiologique de la population (données indispensables aux évaluations et anticipations correctes);
- faire une revue et une mise à jour permanente des connaissances épidémiologiques internationales (base de données de niveau européen) et des évaluations utilisées.

Ces activités de suivi doivent être maintenues dans la durée, en préparation des décisions séquentielles recommandées plus loin.

#### Fixer, pour certains risques environnementaux, des niveaux-seuils ne dépendant pas exclusivement des évaluations économiques

Le fait de fixer un objectif environnemental de manière partiellement extérieure à l'évaluation économique se justifie si certains coûts (vie humaine, destruction de milieux, perturbations irréversibles du climat...) ne peuvent être compensés par aucun avantage, ou si des questions éthiques sont en jeu. Il s'agit là en fait de faire des distinctions entre les coûts, en soulignant ceux que la production économique ne peut atténuer ou compenser (la technique ou un surplus de revenu ne constituent pas toujours des substituts acceptables pour un bien environnemental, que ce dernier soit irremplaçable techniquement ou culturellement).

La fixation de cibles environnementales peut ainsi définir les niveaux minimaux de protection des individus et des écosystèmes. Par exemple, pour l'ozone troposphérique, il existe une limite OMS (fixée par une procédure de coordination scientifique, mais intégrant des conditions technico-économiques), qui peut justifier une décision politique de ne pas dépasser un certain niveau (70 µg/m³ par exemple) en pollution de fond.

Les objectifs environnementaux peuvent aussi délimiter des zones de risque acceptable. Avec un calendrier, ils fournissent des repères pour des trajectoires de développement (éléments d'orientation, objectifs à atteindre, voies à éviter), particulièrement à moyen et long termes et du fait d'irréversibilités, d'effets de seuils, de conséquences très différées (concernant des populations distinctes de celles qui prennent la décision), etc. Ainsi en est-il du débat autour de la détermination de niveaux (ajustables dans le temps) de concentration et d'émissions pour les gaz à effet de serre, compte tenu de ce que la communauté internationale a décidé (par une procédure de coordination diplomatique) que le risque de changements climatiques ne devait pas être couru.

De manière schématique, on peut dire que la règle sur le long terme relève du citoyen, alors que la mise en pratique de la règle relève de l'agent économique (analyse coûts-efficacité). Une fois un niveau-seuil fixé par une procédure *ad hoc*, ceci ne dispense pas d'effectuer une analyse coûts-efficacité pour évaluer différentes décisions permettant d'atteindre ce niveau. Toute réduction en deçà d'un niveau-cible pourrait se faire alors sur la base d'une analyse coûts-avantages.

### En situation d'incertitude, l'évaluation économique doit mettre l'accent sur la gestion du temps de l'action et des risques

L'évaluation économique standard s'adapte bien aux univers qualifiés de « stabilisés » ; elle peut y être utilisée de manière routinière lorsque les acteurs perçoivent directement les enjeux, qu'il n'y a pas de tiers absents, que les phénomènes sont réversibles, que les savoirs scientifiques sont stabilisés. Bien entendu, le principe suivant lequel l'intérêt collectif consiste à trouver le meilleur équilibre entre les préférences exprimées par chaque individu doit considérer avec la plus grande attention le cadre dans lequel ces préférences sont exprimées :

Mark Sagoff souligne que les préférences des individus varient avec le contexte dans lequel la question est posée, notamment suivant qu'il est fait appel à leur comportement de consommateur ou de citoyen, aussi réels l'un que l'autre [39]. Nous renvoyons pour plus de précisions au corps du rapport (p. 141).

En revanche, dans les autres cas et notamment en univers dit « controversé » (défini par contraste avec les univers stabilisés), l'évaluation économique doit être adaptée et complétée pour éviter qu'elle n'ajoute à la confusion en multipliant les points de controverse. Ceci est d'autant plus sensible que la théorie économique ne dit rien sur la formation des préférences, sur leur stabilité, sur les causes de leur changement, etc. Or, l'approche standard des choix rationnels fondée sur une représentation des préférences individuelles n'est plus opératoire quand on introduit l'information, l'incertitude, la rationalité « limitée », etc., car s'introduisent alors les variables du contexte d'interaction sociale : controverses, existence et légitimité de porte-paroles, désaccords des individus sur les représentations de leurs propres intérêts réciproques, etc. Que se passe-t-il si l'information est mal partagée ? si le jugement personnel est socialement déterminé ? s'il y a des effets de mimétisme ?

### Élargir le spectre des scénarios, compte tenu du contexte des contraintes environnementales

Trop souvent, les scénarios servant de référence à un projet de décision sont de simples projections (à court et moyen termes) de tendances, avec quelques variantes correspondant à de faibles variations de certains paramètres. Or, la nature de certains enjeux environnementaux nécessite de porter attention au long terme et de parvenir à des inflexions significatives à cet horizon.

Certaines contraintes de long terme sont déterminantes et peuvent remettre en question le choix de scénarios limités au moyen terme. Par exemple, dans le domaine du transport, le souci de prévenir les changements climatiques peut conduire à abandonner des scénarios de trafic apparaissant satisfaisants à moyen terme. En effet, si ces scénarios conduisent à planifier la réalisation d'infrastructures, elles-mêmes menant à des formes urbaines ou à un aménagement du territoire consommateurs d'énergie fossile, ils engagent les générations futures dans des options d'aménagement qui les fragiliseront par leur inertie lorsque les astreintes sur les émissions de CO<sub>2</sub> se renforceront.

C'est pourquoi, nous préconisons l'élaboration de scénarios sur des temps longs, avec un éventail de paramètres ouvert (et partagé). Pour cela, il faudrait sans doute utiliser les modèles économétriques avec des élasticités de long terme, et les compléter par d'autres approches (comparaisons étrangères, historiques, prospective...) car le futur lointain relève difficilement de simples techniques de séries chronologiques.

### Évaluer des coûts adaptés aux décisions en univers controversés

En univers controversés, les évaluations de coûts des dommages sont fragiles, ce qui rend délicat l'usage de l'analyse coûts-avantages. Nous verrons d'autres critères possibles d'évaluation des décisions (approche séquentielle...), mais il n'empêche que la notion de coût conserve son intérêt. Elle doit pour cela être étendue à la nature des enjeux et du contexte d'incertitude.

# Évaluer des « coûts d'évitement collectifs » et des « risques externes »

Pour un enjeu comme le renforcement de l'effet de serre, les relations simples de causalité entre phénomènes sont rares. Il est donc difficile d'identifier des chaînes évènementielles allant d'un agent A à un agent B, ce qui serait le propre d'un calcul d'effet externe. Une autre approche s'impose.

Pour des risques potentiellement graves et irréversibles, dont il été collectivement décidé qu'ils ne seraient pas courus, la notion d'effet externe est étendue à celle de « coût d'évitement collectif » ou à celle de « risque externe » (Olivier Godard) comme suit :

- l'effet externe est perçu comme un risque;
- des cibles et des seuils sont définis par le biais d'une appréciation politique du risque ;
- les moyens pour atteindre ces cibles mesurent un « effet externe étendu ».

C'est, dans l'esprit, ce qui est fait pour les émissions de CO<sub>2</sub> lorsqu'on leur attribue le montant du projet européen d'écotaxe comme coût par tonne émise. Mais comme l'écotaxe n'est pas effective, elle n'exerce pas d'effet incitatif à réduire les émissions, et il faut alors majorer l'évaluation du risque externe pour corriger ce biais dans une analyse économique.

# Évaluer des valeurs informationnelles et de temps gagné

À travers le concept de valeur d'option, les économistes ont montré l'intérêt économique de repousser dans le temps des choix irréversibles et de conserver de la flexibilité; ils ont souligné la valeur de décisions réversibles permettant de s'adapter en fonction de nouvelles informations (valeur de l'information).

Par exemple, il y a un gain à réduire dès maintenant nos émissions de CO<sub>2</sub> car ceci réduira le coût de décisions prises plus tard dans l'urgence en cas de surprise climatique; il y a donc une valeur attachée à chaque tonne de CO<sub>2</sub> économisée. De manière symétrique, à toute tonne de CO<sub>2</sub> émise est attaché un coût en terme de perte de flexibilité et de délai d'adaptation.

Il est donc souhaitable d'évaluer les valeurs informationnelles et de temps gagné attachées à une décision qui autorise l'élargissement des marges de manœuvre dans un contexte de risques futurs.

# Évaluer les coûts des irréversibilités induites par une décision

Lorsque la référence au bien-être paraît, en pratique, trop inaccessible, le type de coûts qu'il devient pertinent de saisir correspond à ceux que l'on peut appeler « stratégiques », c'est-à-dire les coûts des irréversibilités induites par une décision :

- fermeture de certaines possibilités de développement, blocage dans des options médiocres;
- coûts en délai supplémentaire (frais financiers, manques à gagner, maintien de l'indécision et de l'imprévisibilité du contexte);
- coûts en désorganisation de la production ou de déstabilisation d'un réseau socio-technique porteur d'un projet technologique ou d'un service collectif, fragilisation et vulnérabilité de systèmes.

Ce sont ces coûts dérivés qui risquent d'être les plus lourds et les plus pertinents pour les opérateurs. Ils sont certes conjecturaux, contingents à des scénarios socio-institutionnels qui n'ont rien de mécanique. Ils sont difficiles à évaluer ex ante mais peuvent être très élevés ex post (comme la déstabilisation économique et sociale de l'agriculture avec l'affaire de la « vache folle »), et la difficulté à imaginer et chiffrer des crises possibles conduit souvent à ne pas les intégrer, à tort, dans le processus d'évaluation économique. C'est pourquoi l'analyse de cas passés pourrait documenter la production de tels scénarios et permettre une analyse de pertinence des évaluations économiques plus classiques des coûts externes.

### Mettre l'accent sur la gestion du temps de l'action (décision séquentielle)

En univers controversé, on doit adopter des approches plus complexes que la recherche de l'optimum dans l'allocation des ressources, à savoir des approches centrées sur des critères dits « de second rang » : principe de précaution, robustesse, stratégies sans regrets, etc. Ces critères concentrent l'attention sur la gestion du temps de l'action : « quand agir ? » peut être aussi important que « comment agir ? ». Ils visent la gestion des dynamiques en présence : celles des phénomènes, celles de l'amélioration des connaissances, celles des processus de décision politique et administratifs, celles des rythmes d'investissement et de renouvellement du capital, celles enfin du progrès technique.

La logique du développement durable consistant à concilier efficacité économique, prudence écologique et équité sociale, elle recouvre de nombreux enchevêtrements de dynamiques, qui largement ne sont pas toutes prévisibles. Le développement durable impose donc une démarche par étapes pour l'évaluation et la prise des décisions, marquée

par le souci d'éviter les voies trop spécialisées ou trop irréversiblement exposées, accompagnée d'un suivi qui autorise des réexamens et compléments périodiques.

### Privilégier les mesures « sans regrets »

Considérant un risque que la collectivité a décidé au préalable (orientation stratégique) de ne pas courir, un certain nombre de mesures possibles se présentent à elle. Parmi celles-ci, certaines, même sans réalisation du risque, resteraient bonnes à prendre du point de vue de la collectivité du fait de leurs autres avantages. Ce sont les mesures dites « sans regrets » *stricto sensu*. Certains étendent cette définition aux mesures de coût faible.

Les mesures « sans regrets » permettent d'atténuer le risque maximal tout en obtenant des bénéfices dans d'autres domaines. Ainsi, des économies d'énergie fossiles poursuivies et accentuées atténueraient le risque de changements climatiques de grande ampleur, mais de toutes façons conduiraient à moins dépenser sur ce poste, à innover en matière technologique, à moins polluer et à moins dépendre de ressources extérieures.

### Porter l'attention sur les domaines les plus inertes

Les domaines dans lesquels les inflexions sont les plus longues à obtenir sont souvent les derniers auxquels on s'attaque. Pourtant, c'est justement pour cette raison que les actions devraient y commencer le plus tôt (dans les cas qui nous occupent pour ce rapport, la planification urbaine, les réseaux de transport...). Non seulement les réalisations des pays développés demandent un délai assez long pour évoluer, mais leur effet d'exemple sur les pays en développement confère au système une inertie supplémentaire, c'est-à-dire rend de plus en plus difficile toute modification.

Dans le cas de l'effet de serre, la vision de court terme peut se révéler contre productive : si les décisions ne sont prises qu'en fonction d'objectifs quantifiés de court terme, alors on fera porter l'effort sur les secteurs les plus réactifs (industrie...), en négligeant les secteurs plus inertes (transport, urbanisme...). Or, en cas de surprise (renforcement brutal de la réduction d'émissions de gaz à effet de serre), toute anticipation insuffisante dans les secteurs inertes se traduira par une exigence accrue dans les secteurs qui le sont moins.

Le progrès technique est également inerte. On constate qu'il doit souvent être stimulé (signaux-prix, programmes incitatifs publics de recherche, subventions, etc.) et que la technologie met du temps à pénétrer un secteur.

### Les effets redistributifs des décisions doivent être systématiquement évalués

Une décision publique conduit forcément à répartir des avantages et des coûts entre groupes sociaux, entre territoires, entre milieux naturels (transferts de pollution). Les effets redistributifs des décisions peuvent, davantage que la décision elle-même, influer sur son efficacité, son acceptabilité et sa durabilité. Cette redistribution s'étend aux tiers absents que sont les générations futures, les écosystèmes, etc.

Nous soulignons donc la nécessité d'évaluer systématiquement les effets redistributifs des décisions, comme d'ailleurs ceux des « non-décisions » consistant à laisser les tendances se prolonger, en étendant l'analyse aux tiers absents.

Cette recommandation concerne bien sûr aussi la répartition des coûts directs (hors effets externes), car elle joue sur la faisabilité et l'acceptabilité des décisions, notamment selon que le coût d'un service (transport, accès à l'eau potable, etc.) est porté par l'usager ou le contribuable, etc.

Nous n'abordons pas ici la question des compensations d'éventuels effets redistributifs, car ceci exigerait de prêter attention aux instruments économiques qui sont hors du champ de ce rapport. Mais elles sont le corollaire obligé de cette analyse [108].

# Préconisations sur les cas étudiés

Les préconisations qui suivent touchent aux cas que nous avons étudiés (infrastructures routières, épuration des eaux résiduaires urbaines, extension urbaine, pollution atmosphérique et santé). Ce sont non seulement des illustrations, dans un de ces domaines, des préconisations générales ci-dessus, mais aussi des recommandations pour le domaine lui-même.

#### Infrastructures routières

L'évaluation d'un projet d'infrastructure routière peut se faire à au moins deux niveaux : le contexte local du projet, mais aussi celui de la politique d'ensemble dans lequel il s'inscrit, ne serait-ce que par les effets de réseau.

C'est pourquoi nous nous penchons dans un premier temps sur le schéma national d'aménagement et de développement du territoire (SNADT), pour lequel nous esquissons un processus d'évaluation économique, qui n'excluerait pas et compléterait d'autres formes d'évaluation (notamment juridique, comme pour les espèces protégées, etc.). Le SNADT est l'occasion de fixer des objectifs collectifs définissant un cadre à l'intérieur duquel peuvent ensuite jouer les évaluations économiques. Nous ne reprendrons pas ici les recommandations générales sur les politiques de transport exposées dans un travail antérieur [106], mais seulement celles afférentes à l'évaluation économique proprement dite.

Nous poursuivrons avec des recommandations sur les évaluations d'un projet. Nous rappelons à ce sujet la nécessité de développer, de diffuser et de discuter les évaluations *ex post* de grandes infrastructures (bilans LOTI, loi d'orientation des transports intérieurs du 30 décembre 1982).

#### Élaborer des procédures de coordination permettant le partage des conventions et des épreuves d'évaluation des schémas directeurs de transport par l'ensemble des acteurs et négociateurs concernés

Cette préconisation concerne les hypothèses de constitution des scénarios de trafic (leur croissance par exemple), les conventions et références utilisées pour l'évaluation des avantages (temps gagné, développement économique) et des inconvénients (bruit, pollutions, dépendance énergétique) des projets, qui doivent être explicites et débattues. Elle demande aussi que le champ des possibles (notamment les ruptures et effets de seuil) et les alternatives (gabarits, modes) soient plus largement ouverts.

Le processus d'évaluation comparative et controversée doit être engagé dès les schémas directeurs [108], et il pourrait s'organiser comme suit.

1) Une réflexion multimodale pour l'élaboration des schémas directeurs de transport serait lancée, de façon à éviter une élaboration sectorialisée par service dès le départ. C'est l'orientation retenue aujourd'hui avec les schémas de service.

Au moins 3 scénarios de répartition intermodale (% fer / route / air / eau) pour les voyageurs et pour les marchandises – dont les axes sont choisis par le Conseil national de l'aménagement du territoire (CNADT) – seraient élaborés, avec des hypothèses débattues, contrastées et affichées. Une démarche de définition de scénarios intermodaux avait été ouverte par le ministère de l'Équipement début 1996, mais elle considérait comme acquises la réalisation de la totalité des schémas directeurs actuels et une croissance économique entre 2 et 3 % par an comme le paramètre détermi - nant des trafics, ne clarifiait pas explicitement toutes les hypothèses des modèles, et ne tenait pas compte d'engagements internationaux possibles tels que des réductions d'émissions de gaz à effet de serre.

Pour chaque scénario, décliné suivant plusieurs hypothèses de prévision de demande, un comité de pilotage suffisamment ouvert regrouperait les propositions des différents acteurs volontaires pour les fournir, et les proposerait au CNADT. Un financement d'aide à la constitution de ces propositions serait dégagé, sur le modèle québécois.

- 2) Les scénarios de schémas (combinant donc chacun les schémas directeurs des différents modes pour les transports) seraient soumis à évaluation économique (nous y reviendrons) et environnementale (une méthodologie est en cours d'élaboration au ministère, en cohérence avec la future directive européenne).
  - 3) Les scénarios seraient publiés avec leurs évaluations.
- 4) Un débat national sur les choix d'investissements publics (contrôle des dépenses de l'État par le contribuable-payeur) serait organisé sur ces bases par le CNADT, par exemple auprès des conseils économiques et sociaux régionaux et du conseil économique et social.

- 5) L'État publierait les motifs de son choix entre les scénarios proposés (qui se traduit par la publication des décrets fixant les schémas sectoriels), comme cela se fait en Grande-Bretagne.
- 6) La Commission nationale du débat public suivrait l'ensemble du processus de concertation et d'évaluation pour en garantir la transparence et ferait un rapport sur son déroulement, qui serait rendu public avant la publication des décrets.

#### Pratiquer une évaluation économique des schémas directeurs de transport mettant l'accent sur la gestion du temps et des risques de crises

Articuler scénarios de trafic et contraintes environnementales à long terme

Actuellement, les engagements de la France en matière de gaz à effet de serre reposent sur des scénarios faits séparément dans différents secteurs économiques, selon une position dite « réaliste ». Par exemple, les perspectives d'émissions tiennent compte de la croissance projetée du transport : aujourd'hui, le scénario de croissance de trafic proposé conduit à accroître les émissions de CO<sub>2</sub> du transport de 40 % entre 1990 et 2010.

Mais si les astreintes sur les gaz à effet de serre se renforcent dans l'avenir, on peut imaginer que l'on soit contraint d'inverser l'approche et d'imposer aux scénarios la prévisible sévérisation des objectifs internationaux, ce qui dimensionnerait les politiques des transports. Ainsi, l'objectif national de stabilisation des émissions en 2010 au niveau de 1990 exclut d'ores et déjà le scénario précédent.

Nous préconisons donc d'élargir le spectre des scénarios de trafic pour qu'ils soient compatibles avec les contraintes environnementales notamment à long terme en complétant la démarche par des approches plus prospectives. Ceci nécessite d'élargir leur mode d'élaboration [7].

## Analyser plus largement les déterminants des scénarios de trafic

Les hypothèses qui sous-tendent les scénarios de trafic doivent être revues en fonction des variations du contexte : par exemple, un ralentissement de la motorisation des ménages, la fin du passage au « juste à temps », les inflexions de croissance, les modes de consommation, etc. L'exercice doit bien entendu rester dans des limites raisonnables quant au nombre des variations envisagées, d'où l'intérêt des études de sensibilité préalables.

Les structures d'incitations qui les sous-tendent doivent être examinées : défaut d'internalisation des coûts externes (en opposition au principe pollueur-payeur), défaut d'intégration de l'épuisement des ressources fossiles et défaut d'inflexion dans le sens du développement

durable (orientation volontaire des prix des carburants par une hausse programmée en termes réels, comme décidée et appliquée en Grande-Bretagne depuis 1993), non-respect de la réglementation, etc.

# Évaluer les gains à repousser des décisions aux conséquences potentiellement graves et coûteuses

Nous préconisons que les avantages attachés au SNADT ne soient pas mesurés seulement en «accessibilité du territoire» (qui mériterait une évaluation économique), mais aussi en terme de flexibilité compte tenu des risques d'approvisionnement pétrolier à moyen terme et des contraintes sur les émissions de CO<sub>2</sub> à court et moyen termes.

## Évaluer les coûts de crises consécutives à une poursuite des tendances

De manière symétrique, nous préconisons d'évaluer les conséquences économiques et sociales d'une crise résultant de la confrontation entre la poursuite des tendances et le changement du contexte énergétique et environnemental (prix et disponibilité des carburants, pollution de fond en ozone...).

Par exemple, dans une ville étalée avec ses captifs de l'automobile pour les déplacements domicile-travail, les loisirs, l'accès aux commerces, quelles seront les conséquences d'une moindre disponibilité de pétrole? Difficulté accrue à trouver un emploi, ghettoïsation accentuée, difficultés d'approvisionnement et de distribution? (voir le chapitre «L'extension urbaine» p. 227).

## Réserver l'analyse coûts-avantages aux variantes locales

#### Élargir les variantes

Nous préconisons d'élargir les variantes d'un projet de création d'infrastructure en fonction du service recherché : autres tracés, mais aussi aménagement de voirie existante, tarification, etc.

## Ne pas oublier d'effets externes majeurs dans l'évaluation

L'ensemble des facteurs d'impact pris en compte dans les évaluations doit être complété.

En particulier, la raréfaction du pétrole doit être comptée négativement dans un bilan coûts-avantages, à la différence de la pratique actuelle qui la prend implicitement en compte comme un avantage par le biais des recettes de TIPP et de TVA pour l'État.

D'autres effets, comme la congestion subie par les autres modes de transport que la route, devraient être intégrés dans la mesure où des évaluations ont été tentées [136].

Certains effets externes sont délicats à apprécier : effets de coupure urbain et biologique, perte de diversité biologique, etc. (voir en annexe). Compte tenu de l'intensité que peuvent avoir leurs impacts, ceux-ci doivent être systématiquement évalués, éventuellement sous forme économique lorsque c'est possible et accepté.

## Évaluer les coûts externes environnementaux par différentes méthodes

Les exemples portant sur le bruit, les effets de la pollution atmosphérique (santé, végétation, bâtiments...), l'effet de serre, etc. illustrent la diversité des méthodes et donc des évaluations possibles lorsqu'on analyse un impact environnemental. Nous préconisons d'analyser ces résultats en relation explicite avec les hypothèses et les méthodes correspondantes pour retenir celles qui reflètent le mieux les conventions initialement fixées.

#### Assurer la cohérence des évaluations

Une évaluation consistant à analyser les avantages et les inconvénients d'une décision, ceux-ci doivent, dans un souci de cohérence, être appréciés si possible du même point de vue (même observateur, distribution cohérente des droits entre les agents, méthodes similaires, etc.).

## Épuration des eaux résiduaires urbaines

Les préconisations concernent toutes les directives analogues à la directive européenne 91/271/CEE du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires.

## Établir une analyse économique a posteriori des équipements réalisés

Il a été constaté que la directive sur l'épuration des eaux résiduaires urbaines – établie à dires d'experts, notamment faute de données économiques suffisantes et cohérentes – n'a pas utilisé d'évaluation économique préalable des investissements ou de l'accélération de leur réalisation, ni de conséquences comme les difficultés d'épandage de boues en quantité accrue.

Nous préconisons donc d'effectuer une analyse économique *a posteriori* des équipements réalisés, pour pouvoir documenter les décisions futures analogues (eau, autres milieux) à partir d'une banque de données solide.

## S'accorder sur les hypothèses des évaluations ultérieures

Nous avons vu qu'évaluer une directive européenne du point de vue d'un État (la France par exemple) pose le problème du périmètre choisi pour les impacts (quels domaines couvre-t-on, et à quel horizon de temps ?) et de la situation de référence de cette évaluation (considère-t-on que les équipements auraient été de toutes façons réalisés dans les vingt ans sans la directive, ou pas ?), sur lesquels il convient de s'accorder dans le cadre des hypothèses de départ.

Nous retrouvons donc ici une préconisation fondamentale pour que l'évaluation économique soit acceptée comme outil de coordination, à savoir l'explicitation et l'acceptation des hypothèses utilisées.

# Retenir un objectif stratégique ne dispense pas d'en faire l'évaluation économique

Si le cadre, les principes et les objectifs de long terme doivent être définis par le citoyen (processus de coordination politique), l'ajustement des moyens et du service appartient au consommateur (logique de marché et processus de coordination économique) : l'analyse coûts-avantages, qui ressort plutôt d'une logique de consommateur, est par nature plus directement adaptée au choix des moyens qu'à celui des objectifs, et demande à être plus fortement complétée dans le second cas.

Ainsi, l'évaluation économique permet d'identifier certains moyens de diminuer les coûts d'atteinte de l'objectif. Dans le cas présent, il eût été moins coûteux de supprimer au préalable les phosphates des lessives plutôt que d'imposer un étage de déphosphatation, pour les mêmes objectifs environnementaux. Les politiques de prévention ont souvent un intérêt économique supérieur aux actions curatives, même si elles se heurtent parfois à des difficultés d'acceptation plus importantes.

D'autre part, l'intime conviction des experts n'est plus une base suffisante pour établir l'acceptabilité d'une directive; recourir systématiquement à l'évaluation économique, au sens où nous l'entendons dans ce rapport, constitue un autre facteur de cette acceptabilité.

#### Considérer les modes d'application des décisions comme des conditions de leur efficacité et les inclure dans les évaluations

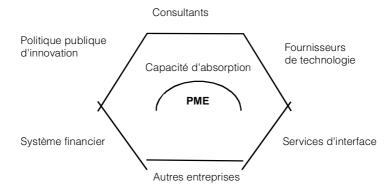
Nous retrouvons ici l'importance des effets redistributifs des décisions et l'intérêt qu'il y a à les inclure dans l'évaluation économique. Dans notre cas, les parts que prendront respectivement le consommateur et le contribuable dans le financement (création, extension et fonctionnement) des équipements collectifs considérés ne seront pas indifférentes à l'impact global de la directive appliquée.

Nous préconisons, pour toutes les politiques de ce type, d'examiner la structure incitative sous-jacente à la répartition des efforts, afin de vérifier qu'elle ne s'oppose pas aux objectifs recherchés.

#### **Extension urbaine**

Il ne s'agit pas, dans le cadre restreint de ce rapport, de fournir un mode d'emploi complet de l'urbanisation durable, mais de souligner, par quelques éclairages et sans mésestimer la complexité très supérieure de ce sujet au regard des autres domaines d'application traités ici, l'intérêt de l'évaluation économique et sa trop grande faiblesse actuelle. L'approche présuppose bien entendu que la coordination institutionnelle des pouvoirs publics nationaux et territoriaux en matière d'extension urbaine en permette une réelle orientation.

Figure 3



#### Systématiser l'usage de l'évaluation économique, notamment dans le cadre des Agendas 21 locaux

Nous avons vu dans les exemples précédents que fixer par un processus de coordination adapté des objectifs stratégiques (mailler un territoire de façon géométriquement uniforme, courir ou non le risque du changement climatique, viser une qualité d'eau égale en Europe, etc.) ne dispensait pas de recourir à l'évaluation économique pour ajuster les moyens de les atteindre, voire de les reconsidérer. Pour ce qui concerne l'extension urbaine, l'évaluation économique peut venir en aide dès qu'une décision est susceptible d'en affecter la forme, par exemple la fixation des droits de mutation, la modification de la taxe professionnelle, l'établissement d'un réglement d'urbanisme, etc.

À rebours, l'évaluation économique peut éclairer sur les conséquences lointaines des décisions, sous réserve de disposer des données adéquates. Ainsi, elle montre que le coût de réhabilitation des espaces urbains est beaucoup plus élevé que le coût apparent de leur création à partir d'espace agricole, forestier ou naturel, ce qui devrait attirer l'attention sur la nécessité économique de les concevoir au mieux dès le départ. Même une décision relativement cernée comme la création d'un lotissement offre une grande complexité de paramètres (caractéristiques de l'habitat, notions de densité, de proximité, d'aménités...) qui rendent les analyses coûts-avantages générales peu praticables. En revanche, l'analyse économique reste utile pour éclairer les décisions vis-à-vis d'enjeux plus ciblés dans le cadre de scénarios donnés : consommations énergétiques, coûts environnementaux et sanitaires (pollutions atmosphériques, etc.), coûts de fonctionnement, risques sociaux de rigidité, coûts de crises, etc.

Les chartes d'environnement urbain, les plans de déplacements urbains et surtout les Agendas 21 locaux constituent — du fait de l'ouverture des partenaires impliqués, du choix d'indicateurs, des procédures de suivi et des révisions périodiques — des scènes possibles pour l'évaluation économique des décisions touchant les formes urbaines. Une recommandation conjointe serait alors de former des architectes, des paysagistes et des urbanistes inventifs, informés des enjeux sociaux, environnementaux et économiques, et de leur traitement dans d'autres pays, et de les utiliser effectivement; les exemples étrangers montrent par exemple que les notions de densité élevée et d'habitat collectif peuvent être disjointes, ce qui influe sur la nature des coûts examinés et permet d'éviter des coûts futurs de fonctionnement des villes.

## Collecter les données et indicateurs nécessaires aux évaluations

Nous préconisons :

- de reprendre rapidement les études économiques des années soixantedix sur les coûts d'investissement et de fonctionnement des formes urbaines :
- d'aider les collectivités pour la gestion analytique de leurs équipements (intercommunalité, tableaux de bord);
- de ne pas se limiter aux grandeurs habituelles pour définir les modes d'occupation des espaces (par exemple, le COS est très insuffisant);
- de mieux évaluer les modes de transports urbains dans leur adaptation aux formes urbaines concernées, en fonction des coûts induits pour la collectivité, mais aussi des services qualitatifs rendus (par exemple, une évaluation économique en Île-de-France a pu montrer que des économies collectives pourraient être réalisées en augmentant la part des transports en commun et des déplacements « doux » dans les zones dépassant 70 à 80 population + emplois à l'hectare, c'est-à-dire le centre et toute la première couronne);
- de mieux analyser par clientèles les besoins en déplacements et leurs caractéristiques pour rendre les décisions plus efficaces;
- de suivre les tendances à la ghettoïsation et de les évaluer explicitement dans les effets des projets (par exemple, le choix de formes urbaines peu denses induit une forte dépendance envers l'automobile pour l'accès aux emplois).

## Étendre le périmètre d'analyse et les effets étudiés dans l'évaluation

Nous recommandons dans ce cadre, à court terme :

- de considérer le sol comme une ressource rare en agglomération, y compris dans la valorisation de l'espace occupé par les déplacements;
- de faciliter l'examen des conséquences des choix urbanistiques (conséquences en transports, consommation énergétique et pollutions induites) en élaborant et diffusant un guide d'évaluation adapté (Ademe, Certu, Inrets);
  de prêter attention dans l'analyse d'un projet à ses effets sur le fonctionnement de l'agglomération entière et non sur le seul quartier en cause.

#### Dans un second temps, nous recommandons :

- d'appliquer l'esprit de la loi du 30 décembre 1996 sur l'air et sur l'utilisation rationnelle de l'énergie pour les études d'impact des projets jusqu'aux questions de vulnérabilité à long terme (fonctionnement des villes, exclusions économiques et sociales) en contexte énergétique modifié (horizon 2020 où des tensions sur le pétrole sont à envisager);
- de faire entrer les facteurs sociaux (niveau de revenu, motifs de déplacement...) et humains (perceptions physiques et culturelles) dans les critères d'analyse des formes urbaines;
- d'inclure l'effet d'exemplarité des pays développés sur les pays en développement dans les impacts et coûts stratégiques des choix urbains.

## Enrichir les scénarios étudiés et privilégier l'approche séquentielle

Par la complexité de ses mécanismes et la durée de ses phénomènes, le développement des villes est particulièrement concerné par les raisonnements en univers controversé. C'est dire que les scénarios qui servent de base aux évaluations doivent particulièrement bien définir les situations de référence, élargir les paramètres considérés et prêter attention aux possibilités de crises. Un mode de décision séquentiel, retardant les irréversibilités, sera donc particulièrement adapté à ce secteur. Le cadre des Agendas 21 locaux se prête bien à ce type de démarche.

Plus ponctuellement, nous préconisons, dans le cadre d'une planification urbaine organisée et volontaire :

- de considérer dans les scénarios analysés l'influence des coopérations sociales possibles et de l'organisation institutionnelle sur les coûts finaux des décisions (participation des citoyens au tri des déchets, à l'entretien des espaces publics, etc.): pour un objectif donné, la façon de l'atteindre peut modifier fortement son coût final et permettre un « double dividende » (adhésion plus importante de la population, emplois en plus grand nombre, etc.);
- de privilégier des scénarios réalistes, centrés sur l'optimisation des équipements existants (modes d'aides et de suivi), c'est-à-dire sur leur fonctionnement et sur les emplois liés, ainsi que sur la participation des citoyens à cette gestion (adéquation aux besoins, effets économiques de la participation, contrôle des objectifs), plutôt que sur une improbable extension de l'offre;
- de ne pas traiter que de populations moyennes, mais d'examiner les effets géographiquement et socialement localisés des décisions possibles (populations les moins aisées, les plus sensibles en terme de santé voir ci-après -, etc.), pour détecter les origines de crises;
- de prêter une attention particulière aux enjeux de temps long, et donc d'agir en priorité sur les processus les plus inertes, notamment les choix modaux d'offre de transports et les gestions de plans d'occupation des sols (POS);
- d'identifier les ruptures possibles dans les tendances observées (coût et disponibilité de l'énergie pétrolière, ghettoïsation...), d'en évaluer économiquement les risques et de définir à rebours les voies (décision séquentielle) permettant de les atténuer ou de les éviter ;
- de prendre en compte « l'économie informelle urbaine » dans l'évaluation.

#### Pollution atmosphérique et santé

Nous proposons quatre axes de recommandations.

## Combler les faiblesses du dispositif national de suivi

Nous préconisons de combler les insuffisances importantes du dispositif français de suivi épidémiologique, relevées notamment dans le rapport de mai 1996 de la Société française de santé publique, *La pollution atmosphérique d'origine automobile et la santé publique* [66].

Un certain nombre d'effets sanitaires (dus à certains types de particules notamment) sont bien documentés sur le plan international et permettent des évaluations économiques assez robustes, une fois les hypothèses partagées. Toutefois, les faiblesses du dispositif national de suivi ont abouti à un manque déterminant de données pour l'évaluation, et exposent donc plus fortement à des crises non anticipées concernant la santé publique, et aux coûts brutaux des mesures prises alors dans l'urgence, tant pour la population que pour les acteurs économiques et les pouvoirs publics.

En particulier, les évaluations économiques indiquent que la plus grande part des coûts sanitaires de la pollution atmosphérique est liée à la pollution de fond et non aux épisodes de pointe, même si ces derniers sont davantage médiatisés ; le suivi et l'évaluation doivent donc examiner préférentiellement les niveaux d'exposition permanente de la population. En outre, la revue des différentes études fait apparaître que, parmi les indicateurs de pollution, ce sont ceux associés aux particules et poussières (PM<sub>10</sub>, PS<sub>13</sub>, fumées noires) qui sont à l'origine des coûts les plus élevés. Or, plus du tiers des émissions de poussières sont imputables au transport, ainsi que plus de la moitié des particules fines [106, p. 137] ; ainsi les effets des divers types de particules doivent-ils être particulièrement examinés.

#### Expliciter les conventions de l'évaluation

Les points de vue de l'État et de l'individu sont fréquemment mélangés dans les évaluations économiques pratiquées, aboutissant souvent à agréger des visions différentes. Ceci aboutit en particulier à donner une importance écrasante à la « valeur du mort » et très faible aux pertes d'aménités et de bien-être (souffrance, stress, etc.), qu'il conviendrait de corriger au moins par une approche qualitative. Une autre conséquence est de mal distinguer souvent, dans les calculs effectués, les coûts des dommages des coûts d'évitement et des coûts de réparation, alors qu'ils recouvrent des approches dont les buts et présupposés sont différents : faut-il dans tel cas considérer que l'objectif à atteindre est de compenser ou de réparer ?

D'autre part, cette confusion des points de vue conduit, pour des motifs d'opérabilité rapide, à adopter une position contraire aux principes des politiques environnementales, notamment le principe pollueur-payeur : parler de consentement à payer des riverains pour éviter la pollution d'une rivière suppose que le droit originel à la jouissance de ce bien environnemental ne leur est pas dû, mais appartient soit au pollueur potentiel, soit aux pouvoirs publics qui envisagent l'installation de l'activité polluante. Le principe pollueur-payeur exigerait d'utiliser des

consentements à recevoir pour les calculs. Il en est de même pour la pollution de l'air respiré. Ce type de convention et de présupposé, qui s'enracine dans l'attribution préalable des droits (au sens juridique), doit être explicité et partagé pour que les calculs aient un sens et une utilité de coordination.

Enfin, les évaluations examinées venant de divers pays soulignent toutes que les monétarisations effectuées sous-estiment le poids économique des impacts sanitaires de la pollution, du fait de leur incapacité à révéler par le marché un certain nombre de leurs conséquences sensibles : diminution de bien-être induite par la maladie ou par l'impossibilité de poursuivre des activités récréatives ; dégradation de la santé d'autrui (enfants, famille, enfants à naître, voisinage, etc.), satisfaction de vivre dans un environnement plus sain, valeur de legs pour les générations futures d'un patrimoine naturel préservé, etc. Il importe donc de bien préciser, dans toute évaluation, le périmètre d'analyse.

## Ne pas emprisonner les scénarios avec des populations moyennes et du court terme

Toujours dans un souci d'opérabilité et du point de vue de l'État, les hypothèses des évaluations économiques en terme de santé publique reposent en général sur des populations moyennes, c'est-à-dire dotées de prédispositions et de résistances moyennes. Cette approche ne reflète pas les effets accentués possibles sur des populations particulièrement exposées, pour lesquelles les coûts sont beaucoup plus élevés, voire peuvent dépasser les limites tolérables (cas des hémophiles pour l'affaire du sang contaminé, cas des enfants et insuffisants respiratoires pour les pollutions atmosphériques, etc.).

En particulier, les effets de long terme de niveaux moyens de pollution sur des populations fragiles doivent faire l'objet d'une véritable attention. Les données sont suffisantes pour prendre en compte les affections de long terme suivantes : voies respiratoires inférieures (toux, oppression thoracique, bronchite, etc.) [particules, SO<sub>2</sub>], augmentation de la prévalence de l'asthme [SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>] ; voies aériennes supérieures (irritation du nez, de la gorge, etc.) [SO<sub>2</sub>], fonction respiratoire [SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>] ; incidence sur les cancers respiratoires [particules], mortalité générale, respiratoire, cardio-vasculaire, par cancer [particules]. D'après une première analyse [72], l'exposition chronique pourrait faire au moins tripler les évaluations économiques fondées sur les seuls effets aigus.

Enfin, les évaluations économiques doivent aussi examiner quelques scénarios de crise possibles, notamment fondés sur des réactions possibles de l'opinion, afin de définir et de prendre la mesure de risques de grande ampleur et de faible probabilité apparente.

## Examiner systématiquement les effets redistributifs des décisions possibles

Lorsque des mesures de protection de la santé des populations sont envisagées, leurs effets redistributifs sur la société doivent être examinés systématiquement, non seulement du point de vue des répartitions des coûts et bénéfices induits, mais aussi du point de vue de l'acceptabilité et donc de l'efficacité de la mesure elle-même (voir les exemples cités plus haut). L'efficacité des mesures dépendant en grande partie de leurs effets redistributifs, le choix finalement retenu dépendra aussi de critères non purement économiques, sur lequels un débat public deviendra alors sans doute nécessaire.

#### Deuxième partie

# L'environnemen dans les décisions : place de l'évaluation économique

Cette partie traite spécifiquement de l'objet « évaluation économique » et de sa plus ou moins grande adéquation à l'appréciation d'enjeux d'environnement. On commence par dresser un constat sur des défauts dans l'élaboration de décisions qui s'avèrent coûteuses pour la collectivité. Puis, l'évaluation économique et les enjeux environnementaux sont décrits dans ce qu'ils ont de spécifique. Enfin, on s'interroge sur leurs affinités et leurs divergences.

Nous verrons dans le premier chapitre que l'analyse d'un certain nombre de décisions engageant l'environnement fait apparaître des coûts « cachés », non pris en compte lors de l'évaluation de la décision (si évaluation il y a eu). Ces coûts proviennent généralement d'une appréciation asymétrique des enjeux lorsque l'environnement en fait partie : le deuxième chapitre documente ce point de vue avec de nombreux

exemples. Loin de nous l'illusion que tout processus de décision puisse être totalement exempt de certains de ces travers : c'est parfois le contexte qui dicte aux acteurs leurs échéances et positions, et l'exercice n'est pas facile. Mais reconnaître des sources de coûts ultérieurs peut sans doute contribuer à réduire ceux-ci.

Compte tenu de ce constat, il est naturel de s'interroger sur les qualités que devrait posséder un mode d'évaluation pour intégrer les enjeux environnementaux et réduire les coûts collectifs. Nous verrons au troisième chapitre que l'évaluation économique (qui dépasse la simple monétarisation et la seule analyse coûts-avantages) dispose de nombreuses qualités qui en font un instrument de choix pour éclairer la décision en situation de différend. Nous poursuivons au quatrième chapitre en tentant de faire ressortir la nature des enjeux d'environnement qui en rendent l'appréciation difficile.

Au cinquième chapitre, nous examinons les points de convergence et les décalages dans la façon dont l'évaluation économique, marquée par ses fondements théoriques, saisit les enjeux environnementaux avec ce qu'ils ont de typique. Le sixième chapitre reproduit ces interrogations, en mettant l'accent sur les pratiques observées d'évaluation économique.

## Ces coûts cachés des décisions publiques

Le bilan de décisions publiques fait apparaître des coûts, qu'il faut évaluer *ex post*. Nous avons regroupé ces coûts en quelques grandes catégories. Nombre d'entre eux sont des coûts engendrés par des défaillances de l'intervention publique en économie décentralisée, en raison de l'envoi de signaux inadéquats aux agents, que ce signal soit, selon les cas, un prix, une subvention, une norme, un échéancier, etc.

## Coûts d'une approche partielle de la décision

L'approche sectorielle des nuisances et les effets de transfert

Focaliser une action sur un polluant donné provoque un transfert sur d'autres polluants non contrôlés parce que souvent moins contrôlables. Nous verrons au chapitre « Coûts des effets sur la santé de la pollution atmosphérique » (p. 268) la question des indicateurs de pollution : si des indicateurs de qualité de l'air sont indispensables pour la définition et le suivi de politiques, il ne faut pas oublier qu'ils sont les traceurs d'un cocktail de polluants ; si l'effort est porté sur un polluant, il pourra diminuer sans pour autant que diminuent les autres substances auxquelles il est associé.

De manière générale, n'envisager que des solutions techniques (*end of pipe*, fin de cycle) aux problèmes de pollution conduit souvent à un traitement cas par cas qui peut aggraver d'autres problèmes.

Les approches par listes positives ou strictement quantitatives induisent aussi un biais de focalisation. La nouvelle approche communautaire de la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses (directive 96/82/CE du 9 décembre 1996), si elle laisse encore la place à des listes positives – et encore souvent par catégories générales de substances dangereuses – et quantitatives, a introduit la notion d'addition de substances.

## Approches sectorielles dans le traitement des nuisances routières

Dans le domaine du transport, concentrer l'attention sur les effets sanitaires de la circulation routière et sur des approches techniques (plutôt que sur l'organisation des déplacements mais aussi la sociologie des transports) peut conduire à choisir des solutions *end of pipe* en négligeant les actions sur la consommation, renforçant ainsi notre dépendance énergétique et nos émissions de CO<sub>2</sub>.

Par exemple, la désulfuration du gazole se justifie pour des raisons de santé, mais cette transformation consomme de l'énergie et se paye par une hausse des émissions de CO<sub>2</sub> (sans même tenir compte du fait que les particules soufrées ont un effet modérateur envers l'effet de serre en réfléchissant le rayonnement solaire [50, p. 21]).

Le pot catalytique permet, dans des conditions stabilisées, de beaucoup réduire les polluants émis [106]. Il augmente toutefois les consom - mations d'énergie et son efficacité est discutable sur les trajets courts.

## Les boues d'épuration dans la directive sur les eaux résiduaires urbaines (DERU) : transfert potentiel de pollution

En imposant l'arrêt progressif des rejets de boues dans les eaux de surface, la DERU n'introduit pas de position nouvelle pour la France, mais plutôt pour les autres pays en particulier les pays méditerranéens ou le Royaume-Uni. La valorisation agricole, qui pose peu de problèmes directement visibles et qui reste bon marché, est privilégiée, ce qui sous-estime les coûts réels quand cette solution ne fonctionne pas. En raison du traitement biologique nécessaire, la DERU entraîne une augmentation importante des boues et de leur concentration en polluants et phosphore, et accroît donc les quantités à traiter (prévision de 1,3 million de tonnes à l'horizon 2005 soit 53 % de plus que le volume actuel).

Or, le marché de l'épandage se restreint et le coût issu de la concurrence sur ces débouchés n'est pas évalué. Des effets économiques latéraux peuvent se faire sentir : l'engorgement du marché des supports de culture par l'afflux de boues restreint le marché des composts (marginalement, car les objectifs ne sont pas les mêmes), mais concurrence également les filières d'évacuation de déchets agricoles souvent produits sur l'exploitation (lisiers). À l'expérience, les agriculteurs

privilégient d'abord l'élimination des déchets produits chez eux. Cependant, deux effets pervers peuvent apparaître :

- localement, la sollicitation individuelle des agriculteurs pour l'élimination des boues peut conduire à des solutions financières variables; les organisations professionnelles ont réagi aux risques que pouvait présenter ce marché du sol « poubelle » en affichant collectivement le coût zéro «rendu racine » ; par ailleurs, les risques pour les cultures et les cahiers des charges de groupes agro-alimentaires ont conduit la profession agricole à rechercher des garanties (normes qualitatives, voire charte sur les engagements des producteurs et des utilisateurs) ; ces garanties, légitimes au regard des crises récentes et des réactions du marché, tentent de maintenir la possibilité de services réciproques agriculture/collectivités (élimination des boues à un coût acceptable, utilisation du contenu fertilisant à moindre coût sans prise de risque) ; l'augmentation induite des coûts d'élimination et de prévention associée à la prise en compte des risques poussera souvent à une élimination par incinération non prévue initialement dans l'analyse des coûts ;
- par ailleurs, l'accroissement des volumes de boues à éliminer se superpose, en particulier dans certaines zones, à l'élimination des déjections animales ; l'encadrement de l'épandage dans les zones d'excédents structurels (ZES) conduit à raréfier les possibilités physiques d'élimination agricole des boues urbaines ; la surcharge locale peut également conduire à un traitement onéreux sur l'exploitation agricole de ses propres lisiers, faute de surfaces d'épandage disponibles ;
- les surfaces d'épandage en zones d'excédents étant sollicitées aussi pour les boues urbaines, ceci pourrait obliger à un traitement onéreux des effluents dans les exploitations (voir le futur rapport de la cellule de prospective « Environnement et économie rurale »).

L'évacuation des boues urbaines est problématique quand elles contiennent des métaux lourds, des germes pathogènes ou sont insuffisamment stabilisées (odeurs). L'épandage est soumis à la norme NFU 44041. Les métaux lourds proviennent pour une grande part des rejets non domestiques : les risques de la voie de l'épandage seraient moindres si le rejet de métaux lourds dans les réseaux était limité (voir [82]). C'est un travail de longue haleine de connaissance des réseaux qui avait été initié par les agences de l'eau en relation avec les gestionnaires de réseau (conventions de rejet). Pour autant, des problèmes persistent dans la voie d'élimination par épandage, notamment pour le contrôle sanitaire compte tenu des exigences des consommateurs, mais aussi par accumulation de polluants dans les sols. On peut donc prévoir en fait un surcoût important à l'avenir au niveau du fonctionnement : si l'épandage peut être géré plus ou moins gratuitement, les voies d'élimination par incinération ou autres peuvent monter jusqu'à 800 F par tonne (voir [82]).

#### Eaux pluviales et DERU : transfert potentiel de priorités

Les eaux pluviales ne sont concernées que dans la mesure où elles pénètrent dans le système de collecte des eaux usées. Ainsi, l'article 4, alinéa 4, de la DERU exclut les fortes précipitations du calcul de capacité de la station d'épuration. Les fonctionnements des déversoirs sur réseaux unitaires seuls sont visés; l'impact du temps de pluie sur les

milieux est négligé par la DERU, mais abordé par d'autres directives « eaux ». Les tolérances sur la surcharge, en raison de l'incapacité à tout collecter et à tout traiter, sont laissées à l'appréciation des États membres. En effet, les pays ont, du fait de leurs climats et de leurs histoires propres, des modes de dimensionnement différents : ainsi, les stations d'épuration anglaises sont conçues pour un temps pluvieux relativement permanent ; dès que le climat devient plus méditerranéen ou continental, les différences de débit entre temps sec et temps de pluie sont fortes.

En France, l'application de la directive peut souvent conduire à des travaux importants sur les réseaux et les stations d'épuration. Mais, faute de moyens pour financer les dispositifs de dépollution (pas de redevance ad hoc) des eaux pluviales de façon équitable et budgétairement identifiée, les réalisations nécessaires risquent d'être repoussées (la DERU induit une priorité). L'existence préalable de moyens publiquement admis de constituer la recette favorise les politiques. Ainsi, en France, les agences de l'eau avaient pu prévoir les investissements dès 1991. En Allemagne, un Wasserpfennig permet de financer le traitement des eaux pluviales; il est indexé sur les surfaces imperméabilisées.

## Le manque de cohérence des systèmes de traitement

Un manque de cohérence entre les différents dispositifs intervenant dans le traitement d'un même problème peut induire un surcoût pour la collectivité.

Il est ainsi montré dans [11], à propos du traitement des déchets ménagers, comment la juxtaposition d'un secteur de la récupération animé par une logique d'exploitation privée (ne bénéficiant pas d'aide publique), et d'un secteur d'élimination des ordures (animé par une logique de service public financé par l'impôt) pouvait induire globalement un surcoût puisqu'il existait une marge de récupération possible non exploitée dans la tranche de coût comprise entre le coût net nul et le coût marginal de l'élimination par les collectivités locales.

Plus directement, dans le même domaine, la juxtaposition par le *Duales System* en Allemagne d'une collecte des déchets d'emballage par les industriels et du circuit de récupération communal des ordures a causé d'importants surcoûts que la coopération entre acteurs permet de réduire [82].

Le manque de cohérence des actions publiques : coûts institutionnels de décrédibilisation, coûts conjoints de dégradation et de prévention

Au niveau national, nous prenons deux exemples concernant les infrastructures routières.

Pour le passage de l'A85 Langeais-Tours, des services de l'État ont soutenu le reboisement de certains secteurs (avec des aides

publiques), alors que d'autres services voulaient déboiser pour permettre le passage du tracé nord par les mêmes endroits. Les coûts ne sont pas seulement directs (reboisement suivi de déboisement, par exemple), mais aussi institutionnels, du fait d'une perte de crédibilité de l'action publique.

Pour l'A89, c'est dans le cadre des plans de prévention des risques qu'une première enquête publique a conclu à l'interdiction de construire, de faire des remblais, etc. en zone inondable. Six mois plus tard, une seconde enquête publique accordait le passage d'une autoroute dans la même zone inondable, avec un échangeur et une bretelle à péage. Ici, le coût est d'abord une décrédibilisation de la puissance publique. On compte également des coûts directs : en effet, comme l'autoroute doit franchir la zone inondable et couper des méandres de cours d'eau (Dordogne, Isle), un certain nombre de mesures de précaution sont demandées telles que la compensation des pertes de stockage dues aux remblais, ou un exhaussement maximal de la ligne d'eau pour la crue de référence.

Il existe des contradictions fortes entre les politiques publiques, par exemple dans le cas du tabac. Au niveau communautaire, on observe par exemple simultanément une aide annuelle de 1,5 milliard d'écus aux producteurs de tabac (dont la production est en partie détruite car non compétitive par rapport au tabac américain), et un soutien de 1,5 million d'écus par an à la lutte contre le tabagisme. Malgré ce soutien aux producteurs, une bonne partie du tabac européen, cher et donc difficile à commercialiser, est brûlé, pendant que d'autres devises sont consommées pour l'importation de tabac américain [63].

La politique agricole commune comprend d'autres contradictions (voir le futur rapport de la cellule de prospective « Environnement et économie rurale »).

## La définition de normes trop sévères au regard des bilans coûts/avantages

La définition de normes peut être arbitrairement trop sévère au regard des coûts économiques qu'elles induisent et des avantages qu'elles peuvent procurer en terme de santé publique ou de qualité de l'environnement.

#### Accessibilité routière du territoire national

L'article 17 de la loi du 2 février 1995 sur l'aménagement et le développement du territoire dispose que « aucun point du territoire métropolitain ne sera situé à plus de 50 km ou de 45 minutes d'automobile d'une autoroute ou d'une route express à deux fois deux voies en continuité avec le réseau national, soit d'une gare desservie par le réseau ferroviaire à grande vitesse ».

Une telle «norme» sur l'accessibilité du territoire national induit des coûts économiques et environnementaux de toute nature [106] : ressources financières dédiées à la construction d'infrastructures au détriment d'autres investissements, morcellement de l'espace et effets sur

la diversité biologique, extension des zones de bruit, pollutions diverses (air, eau, etc.), déstabilisation d'économies locales fragiles par « effet de pompe » (vidage d'une zone par une autoroute améliorant la liaison entre une zone à faible densité et un grand centre), etc.

Dans cette vision d'aménagement du territoire, les effets négatifs connus ne sont pas évalués et les avantages évoqués restent hypothétiques (aménagement harmonieux du territoire). En effet, faute d'évaluation et d'observatoires, ces avantages servent plus d'argument rhétorique qu'ils n'ont de fondement.

Ainsi, le rapport de la Cour des comptes de mai 1992 sur la politique routière et autoroutière émet de sérieuses réserves au sujet des avantages en terme d'aménagement du territoire [103, p. 67] : « La relation de cause à effet entre infrastructures routières et aménagement du territoire est toujours invoquée : elle est rarement théorisée et, en tout cas, elle n'est pas clairement établie. La fréquence de l'argumentation, avant réalisation, a pour contrepartie la faiblesse de la preuve quantifiée, après réalisation. »

D'après [106], il n'est pas prouvé que la traversée d'un territoire par des infrastructures de transport soit garante de son développement. En effet, en contradiction avec les motivations affichées de « rééquilibrage» qui accompagnent de nombreux projets d'infrastructures, on doit compter avec le phénomène d'effet de pompe, à savoir le vidage d'une zone par une autoroute améliorant la liaison entre une zone à faible densité et un grand centre. Le rapport « Accessibilité des zones de faible densité de population » du Conseil général des ponts et chaussées et du Conseil général du génie rural, des eaux et des forêts [76] développe ce point : l'accroissement des facilités d'accès à bas coût a tendance à accroître la fréquentation des villes de grande taille au détriment de leurs voisines plus petites (pour les achats, les professions, certains loisirs), ce qui accélère les déséquilibres territoriaux et accentue la polarisation du territoire. On renvoie également à l'article [80], dont le titre « Les "effets structurants" du transport : mythe politique, mystification scientifique » est éloquent. Une infrastructure ferroviaire comme le TGV favorise aussi ses pôles d'arrêt au détriment des régions moins fortes traversées, tous effets méritant évaluation.

#### La DERU et les nitrates

Certaines orientations communautaires dans le domaine de l'eau (cas du plomb, taux d'équipement en dispositifs collectifs d'épuration des eaux usées) souffrent aussi d'une approche sectorielle.

Pour la DERU, l'effort de dépollution demandé pour les nitrates urbains peut être considéré dans certaines zones comme excessif par rapport aux possibilités d'amélioration pour les nitrates agricoles. Le gain marginal n'est pas optimal. L'évolution ressemble à celle des contraintes successives sur les pollutions d'origine industrielle, pour lesquelles les efforts demandés ont été de plus en plus difficiles à obtenir à partir du moment où la pollution qui leur était due devenait plus faible

que celle des collectivités. Le coût marginal de dépollution devenait très important, et pouvait induire des distorsions de concurrence.

Une limite politique est donc atteinte quand une certaine notion d'efficacité, voire d'équité est dépassée. Le traitement des pollutions agricoles constitue une exception bien connue des agences de l'eau. Le fait établi de l'augmentation forte de la part « dépollution de l'eau rejetée » dans le prix payé par les citoyens devient un argument de légitimité pour s'occuper des pollutions agricoles. Mais des seuils d'acceptabilité peuvent être atteints. Ainsi, la contribution d'une ville aux pollutions azotées d'un cours d'eau peu devenir faible par rapport aux nitrates d'origine agricole qui transitent : l'extension des capacités de traitement des stations d'épuration de la nitrification (nécessaire pour l'élimination de l'ammoniaque toxique) vers la dénitrification rencontre alors des problèmes d'acceptabilité. Une approche sectorielle peut donc devenir moins efficace qu'une action identique incluse dans une vision globale, en raison de l'inéquité ressentie. Ainsi, le fait que la DERU soit perçue surtout sous l'angle d'un renforcement du traitement des nitrates et phosphates provoque un débat incomplet, en particulier sur le fait que le traitement des eaux résiduaires urbaines élimine aussi des polluants accompagnateurs propres à la ville. Les synergies de leurs effets sur les milieux et l'impact fort de points de rejets concentrés sont des effets potentiellement positifs supplémentaires de la DERU, absents du débat sur l'acceptabilité de son coût et sur la pertinence d'efforts à faire dans d'autres secteurs.

#### Les coûts et effets redistributifs d'un surdimensionnement des décisions

Lorsque la décision de doubler une autoroute s'appuie sur l'existence d'une vingtaine de jours de congestion par an (encombrements ponctuels en périodes de congés), on fait supporter un coût important aux usagers (actuels, et futurs par le biais de la concession) et aux contribuables (contrats de Plan État-région, impôts éventuels, etc.).

On pourrait par exemple, comme sur l'A1, envisager une hausse des péages lors de ces jours de congestion, accompagnée de mesures convenables (aménagement des dates de départ en vacances, fléchage vers des itinéraires alternatifs, etc.). Refuser par principe de telles mesures de tarification conduit à envisager des solutions bien plus coûteuses. On renvoie ainsi sur la collectivité un coût élevé.

Ce surdimensionnement aura des effets directs sur l'environnement (surface d'emprise, etc.) mais aussi indirects en contribuant à favoriser le mode de transport dont le rendement énergétique et environnemental est le moins bon, notamment pour le transport de marchandises de longue distance [106].

#### Les financements d'emploi biaisé

Par exemple, le «1 % paysage» des autoroutes (devenu «1 % développement et paysage») est souvent conçu par les promoteurs des projets autoroutiers comme un moyen de «valoriser» la région aux yeux

de l'usager de la route (trouées en forêt, panneaux signalant les monuments ou sites...), pour améliorer le paysage perçu par celui-ci et non celui des riverains. On notera toutefois que l'usage de la moitié de ces fonds est contrôlé par les communes riveraines.

## Coûts d'un échéancier inadapté de la décision

Lorsqu'une nouvelle régulation est envisagée, deux attitudes stratégiques peuvent être induites selon les positions des acteurs. Ceux qui la craignent, mais ne pensent pas pouvoir l'infléchir, s'inscrivent dans une logique de «coups partis» : les promoteurs de projets, qui pourraient être contestés, cherchent à atteindre le plus rapidement possible le stade auquel leurs projets seront irréversibles (cas des problèmes liés aux utilisations de l'espace et du foncier, ou de nombreux projets d'aménagement et d'infrastructures). Ceux qui la craignent, mais pensent pouvoir influencer le processus réglementaire, « jouent la montre » et visent à reporter toujours plus tard l'introduction de la mesure.

Le coût d'une action trop tardive revient ainsi d'un côté à induire une situation irréversible imposant durablement des coûts que l'on voudrait ultérieurement éviter, et de l'autre côté, lorsque l'action reste possible, à devoir provoquer un freinage sec ou une réorientation brutale, accroissant les coûts d'adaptation et de transition.

Si les coûts associés à ces stratégies réactives d'attente sont difficiles à chiffrer *ex ante*, ils s'avèrent élevés *ex post*. Un recours mesuré au principe de précaution devrait permettre de lisser les coûts et de répartir les adaptations sur de plus longues périodes. En d'autres termes, l'échéancier de l'action est aussi critique que le contenu de cette action.

## Coûts d'interventions publiques imprévisibles : risques de déstabilisation

## Le passage du laisser-faire à l'interdiction brutale et imprévue

Le cas du dossier « amiante » est exemplaire : s'y additionnent un manque à gagner immédiat pour les entreprises, une certaine décrédibilisation de l'action de l'État, de futurs coûts collectifs de santé et de désamiantage dans l'urgence, etc. Il illustre les coûts attachés à une stratégie d'attente ; en effet, la Communauté européenne avait mis les États-membres en garde dès 1976 avec la directive 76/769/CEE limitant la mise sur le marché et l'utilisation de l'amiante bleue et des produits contenant des fibres de crocidolite, sans parler des directives 83/477/CEE sur les risques pour les travailleurs d'une exposition à l'amiante et de celle du 19 mars 1987 (87/217/CEE) sur la prévention et la réduction de la pollution de l'environnement par l'amiante, ou d'autres textes (dont un de 1973) non contraignants sur un plan juridique.

A contrario, pour la DERU, le contenu prévisible a été connu longtemps avant sa date de mise en œuvre et les politiques internes au

pays ont pu être mises en cohérence. Sur le terrain, l'élaboration des programmes tenait compte de la mise en place future de la directive et des obligations faites aux États. C'est ultérieurement que le rythme d'investissement a subi des à-coups du fait des capacités financières limitées des collectivités.

#### Le changement fréquent et imprévisible des règles du jeu

Le changement fréquent et imprévisible des règles du jeu (par exemple sur des objectifs à atteindre), que l'on ne peut certes pas toujours éviter, peut provoquer des surcoûts de restructuration industrielle, des effets d'éviction de certaines entreprises, et un coût d'opportunité en terme de développement technologique. En effet, l'innovation dépend de la recherche et développement, elle-même liée aux décisions de financement adoptées en fonction d'anticipations du contexte futur ; rendre prévisible et crédible un engagement à terme des pouvoirs publics est un élément clé pour orienter la recherche et développement dans un sens plus « environnemental».

Par exemple, le programme communautaire 1996-2000 en matière de santé, d'hygiène et de sécurité au travail (doc. COM(95)282 final) a prévu dans sa logique « nouveaux textes » une pause réglementaire (III, partie II). Priorité est en effet donnée au renforcement de la surveillance de la bonne transposition des directives existantes, au renforcement des contrôles, au développement des échanges d'informations, à la limitation des modifications de l'existant afin d'assurer une bonne application de ce même existant; en fait, les seules modifications prévues portent sur le progrès technique évident et sur l'extension à toutes les populations au travail des textes existants.

#### Les CFC

Depuis le protocole de Montréal, les échéances de suppression des chlorofluorocarbones (CFC) et les substituts préconisés ont évolué très rapidement. Ces réajustements ont eu un coût économique sous la forme d'obsolescence accélérée de capacités de production et de désorganisation des marchés, débouchant parfois sur le risque de technologies de remplacement relativement médiocres, même sur le plan environnemental (NH<sub>3</sub> au lieu de HCFC dans le froid, par exemple).

#### Cas de la DERU

A contrario de l'exemple précédent, la DERU constitue un changement de l'échelle de la règle du jeu. Les professionnels en ont attendu une accélération des investissements ; celle-ci a été plus modérée que prévu pour plusieurs raisons possibles :

- elle a correspondu à des difficultés financières des collectivités ;
- les collectivités qui étaient politiquement les plus enclines à investir l'avaient déjà fait;
- les avantages collectifs de l'épuration des eaux, trop peu étudiés, n'ont pas pu nourrir le débat de l'épuration pour le sortir du strict champ de l'obligation normative générale;

- la tendance est forte de repousser l'équipement jusqu'à la date butoir, surtout lorsque la population est réticente à voir le prix de l'eau augmenter au nom d'une « obligation dictée par l'Europe »;
- enfin, certains élus préfèrent des actions plus visibles.

En revanche, l'instauration de la norme et surtout le niveau auquel elle a été fixée constituent une stabilisation des règles techniques à un horizon appréciable. La détermination de ce niveau est dépendante des techniques existantes pour le traitement et de leur coût. La performance demandée correspond aux capacités de systèmes largement répandus comme les boues activées à faible charge, ou les cultures fixées. En privilégiant des techniques relativement sobres et existantes, les pouvoirs publics ont permis de renforcer la fiabilité de ces techniques et de garantir leur non-obsolescence.

#### Coûts du report d'interventions publiques

Des décisions peuvent être refusées parce que paraissant trop coûteuses dans l'immédiat, même s'il s'agit de coûts d'adaptation, de coûts de transition vers une situation conforme au développement durable, et que les coûts futurs du laisser-faire ne sont pas évalués. La notion de surcoût mesure seulement les coûts directs par rapport à la situation du moment (référence alors souvent implicitement supposée optimale), et non les avantages tirés d'une nouvelle situation.

En matière de prévention des changements climatiques, l'examen de la littérature effectué par le GIEC fait apparaître que la temporisation est elle-même une décision coûteuse. Selon certaines études, son coût serait peu élevé; selon d'autres, elle imposerait des risques à toutes les parties, surtout les plus vulnérables, une plus grande utilisation d'une capacité limitée de l'atmosphère et l'éventuel report de progrès techniques souhaitables. Aucun consensus ne se dégage de la littérature sur ce point [50, p. 47].

## Coûts immédiats de transition/coûts futurs du laisser faire en matière de tarification des carburants

Une hausse de la fiscalité sur le gazole s'accompagnerait de coûts immédiats au sens large (refus d'adaptation, transitions, etc.) : élévation (faible) des prix du transport, inquiétude des transporteurs du fait des marges infimes qu'entraînent pour beaucoup une sur-offre de transport et la dérégulation du secteur, risques de difficultés temporaires d'approvisionnement de grandes villes, grogne des possesseurs de véhicules diesel, etc.

Toutefois, ces coûts varient selon les modalités de la décision : renchérissement égal ou différencié du gazole utilitaire (ce qui dans ce second cas rend la mesure plus facilement acceptable par les professionnels, mais à terme beaucoup moins par le public, d'autant que 60 % des particules émises en ville proviennent des marchandises), hausses ponctuelles non programmées ou relèvement progressif annoncé sur longue période (comme le font les Britanniques depuis 1993) qui permet mieux d'en négocier la répercussion dans les prix, compensation ou non par la

baisse des charges sociales, situation sociale de la profession des transporteurs plus ou moins régulée, etc.

Enfin, ces coûts immédiats pour certains acteurs économiques devraient être mis en regard des coûts de la situation actuelle pour la collectivité dans son ensemble : concurrence biaisée avec le rail pour le transport de marchandises et coûts consécutifs de maintien du rail (nécessité de le subventionner), coûts de santé (particules fines), coûts de futurs chocs pétroliers (dépendance économique proportionnelle à la part de la route dans les échanges), manque à gagner fiscal pour la collectivité qui peut se traduire par une surimposition dans d'autres secteurs (hausse de la contribution sociale généralisée, etc.), etc.

#### Coûts de transition : le cas des CFC

Le report d'une action peut conduire à des coûts de transition élevés. Le cas des chlorofluorocarbones (CFC) en est une illustration. La décision d'intervenir sur les CFC, si elle avait été prise dix ans plus tôt, aurait permis de répondre à la préoccupation concernant la diminution de la couche d'ozone stratosphérique, tout en préservant leur utilisation dans certains secteurs où leur usage est plus essentiel (cas de la réfrigération, avec 20 % des quantités totales) et dans certains pays (Tiers Monde), évitant ainsi des investissements supplémentaires et des risque sanitaires liés à un mauvai fonctionnement transitoire éventuel de certaines chaînes du froid [53].

#### Coûts de maintien d'un système devenu inadapté

Le système de financement du réseau autoroutier, défini par la loi de 1955 et le régime de la concession à des sociétés d'économie mixte (SEMCA) ou privées [106], utile lorsque la France était sous-équipée en infrastructures efficaces dans des zones à fort trafic ou à forte croissance attendue de celui-ci, devient économiquement déraisonnable dans la situation actuelle d'équipement et de stagnation relative du trafic selon la Cour des comptes [103]. L'évaluation économique *ex ante* a aussi été insuffisamment ouverte.

Le système a désormais une capacité d'autofinancement très faible. Au Fonds de développement économique et social (ex-FDES, actuel CIES, comité interministériel économique et social) en 1996, sur 20 milliards de francs d'investissements consentis, 1,7 l'ont été par autofinancement et 18,3 sous forme d'emprunts.

Le système est grevé par une dette importante et croissante. De 110 milliards de francs aujourd'hui pour 25 milliards de francs de chiffre d'affaires, la dette passerait à 230 milliards de francs en 2005, non remboursables par les péages avec la faible croissance du trafic actuelle, si le programme prévu en 1993 était néanmoins réalisé [102]. La situation est proche du déséquilibre, puisqu'un renchérissement important et rapide des péages ne serait pas accepté. Par conséquent, les recommandations du rapport du Plan [105, p. 190] (chapitre « Financement » coordonné par Olivier Paul Dubois Taine, DAEI/MELTT) mentionnent que « le poids de la dette des grands opérateurs publics (205 milliards pour la SNCF fin 1995, 100 milliards pour le secteur autoroutier

concédé) devrait avoir pour effet de ralentir ou de limiter leur rythme d'investissement, même pour des opérations financièrement rentables. »

La situation financière n'est pas régulable par les marchés. Le système de la concession équilibre chaque année artificiellement les comptes et ne fait apparaître le résultat réel qu'en fin de concession. Le prolongement de celles-ci renforce la difficulté du contrôle. La garantie implicite de l'État sur les SEM (99 % d'actionnariat public pour les six SEM qui constituent 85 % du réseau concédé) rend celles-ci artificiellement attractives pour les investisseurs, dont on ne peut espérer par conséquent une régulation spontanée : la dette des SEM (comme celle de la SNCF et pour les mêmes raisons) est cotée 3A, alors par exemple que celle de Cofiroute, unique concessionnaire d'autoroutes privé et en situation bénéficiaire, n'est cotée que 2A.

Ce constat laisse entrevoir des perspectives préoccupantes.

La croissance du trafic se ralentit. Dans l'Union européenne, si les échanges avec les pays du fonds de cohésion (surtout l'Espagne) explosent, les mouvements de marchandises entre États-membres à économies plus « matures » atteignent un état d'équilibre. Les récents facteurs d'explosion du trafic routier (« juste à temps », travail pour chacun des deux conjoints d'un ménage, etc.) ont déjà produit leurs conséquences. La dématérialisation de l'économie peut découpler la croissance économique de celle des mouvements de biens. Sur le réseau autoroutier, le taux annuel de croissance du trafic, qui était de 7,1 % en moyenne entre 1983 et 1993, passe sous 5 % entre 1991 et 1995 (de 10 % en 1988 à 4,2 % en 1994), et de 5,5 % à 2,8 % sur la partie stabilisée du réseau (données direction des Routes du ministère des Transports). En 1996, la croissance par rapport à 1995 sur le réseau stable a été quasi-nulle. Or, selon l'Association des sociétés françaises d'autoroutes (ASFA) et le services du ministère de l'Équipement, le seuil minimal d'équilibre serait de 3,8 à 4 % par an sur l'ensemble du réseau, compte tenu du coût des projets.

Le coût moyen des investissements croît beaucoup. Le coût moyen d'un kilomètre d'autoroute passe de 32 MF (HT, francs 1994) entre 1970 et 1994 à 54 MF (HT, francs 1994) entre 1995 et 2005, en raison du passage dans des zones densément urbanisées (200 à 1 200 MF/km), montagneuses (80 à 150 MF/km) ou géologiquement très difficiles (A51).

Quasiment aucun nouveau projet ne peut contribuer au remboursement de la dette. Sur trois ans du programme initial, de 1995 à 1997, 90 % des projets ne remboursent pas leur propre investissement, et entre le quart et la moitié ne paient pas leurs frais d'exploitation. À titre d'exemple, une autoroute de plaine de 100 km à 8 000 véhicules/jour, tarifée 35 F, dégage par an 100 MF de recettes, pour des frais d'exploitation de plus de 70 MF. Ceci représente sur 15 ans un revenu maximum, hors frais d'exploitation et hors actualisation (qui diminuerait ce chiffre), de 450 MF, soit 4,5 MF de ressources (financement, investissement et taxes) par kilomètre à construire contre 36 MF de dépenses (TTC). Ces montants doivent être encore relevés pour des voies de montagne, dont les coûts de réalisation et d'exploitation sont notablement supérieurs. L'aménagement d'une route existante en 2 fois 2 voies, d'usage gratuit,

est souvent suffisant pour des trafics inférieurs à 10 000 véhicules par jour, pour des coûts bien inférieurs à une création de voie à caractéristiques autoroutières, même payante.

Dans l'ensemble du réseau, tel que programmé initialement, les tronçons non rentables seraient donc trop nombreux pour l'équilibre du système. La majeure partie d'entre eux se situe bien en-dessous des seuils de rentabilité socio-économique d'autoroutes. Il suffirait en général d'aménagements ou de doublements de voies existantes pour assurer le service recherché. En tout état de cause, l'entrée en vigueur de la nouvelle réglementation européenne sur les marchés publics au 1<sup>er</sup> janvier 1998 impose de revoir le financement par concession.

## Trafics minimaux de rentabilisation d'ouvrages sous différents critères, exprimés en équivalent véhicule particulier (UVP) par jour

Rentabilité financière (en rase campagne et terrain facile)	Péage à 0,35 F/km	Péage à 0,50 F/km
Autoroute 2 fois 2 voies	25 000 à 30 000	20 000 à 25 000
Autoroute 2 fois 3 voies	35 000 à 40 000	25 000 à 30 000
Rentabilité socio-économique (prise équivalente à un remboursement des investissements étendu sur 20 ans)		
Autoroute 2 fois 2 voies	20 000 à 22 000	13 000 à 15 000
Autoroute 2 fois 3 voies	24 000 à 26 000	16 000 à 17 000
Couverture des frais d'exploitation		
Autoroute 2 fois 2 voies de montagne	8 500	6 000 à 7 500
Autoroute 2 fois 2 voies de plaine	7 000	5 000 à 6 000

## Coûts d'interventions publiques tardives : risques de bifurcations

On entend par intervention tardive le fait d'attendre que les problèmes débouchent sur une crise avant d'engager une action. La question des bifurcations, où de petites décisions sont porteuses de grosses conséquences, entre aussi dans cette catégorie. La collectivité doit finalement acquitter le coût de l'absence de stratégie de prévention.

Dans le cas de l'effet de serre, l'objectif de préservation du climat passé est déjà hors de portée faute d'une action internationale de précaution suffisamment précoce ; seuls restent en question l'ampleur et la rapidité du changement.

#### Le développement de la climatisation

Le développement de la climatisation dans l'habitat en France encourage la consommation énergétique, modifie la courbe de charge annuelle et contribue à attacher le pays à l'option nucléaire. La climatisation dans les voitures pose le problème des conséquences de l'émission de gaz polluants pendant la vie et en fin de vie des véhicules, et accroît l'effet de serre dans la même proportion que la consommation énergétique

des véhicules [106]. Dans les deux cas une rigidité durable de comportements résulte de décisions ayant omis d'évaluer plusieurs impacts importants dans les domaines de l'environnement et de la politique énergétique.

#### Bifurcation dans les modes d'habitat

L'urbanisation en périphérie des villes résulte en partie de choix favorables au mode routier (sous-tarification de son usage, construction d'infrastructures, etc.). Or, la dynamique inverse serait très lente : les modes d'urbanisation actuels conditionnent nos modes de vie pour plusieurs dizaines d'années.

Comme le décrit le chapitre « L'extension urbaine » (p. 227), un ensemble d'évaluations lacunaires et de non-décisions en matière de transport et d'urbanisme conduit à une bifurcation dans les modes d'habitat, au sens où d'autres modes d'occupation des sols auraient été possibles (voir la politique dite ABC aux Pays-Bas). La dépendance envers le mode automobile s'accroît, ce qui se ressent sur la consommation énergétique nationale et ce qui, à terme, fragilise certaines populations urbaines exposées. Que deviendront les «nouveaux captifs de l'automobile» si des restrictions pétrolières s'imposent, que les distances entre le domicile et différents services (emplois, commerces, etc.) sont élevées et multiples (multi-emploi) et que les solutions alternatives manquent ?

#### Épuration des eaux

Le démarrage plus précoce d'une politique de traitement des eaux usées aurait vraisemblablement évité certains coûts de traitement des eaux potables. L'évolution des réglementations sur les eaux potabilisables impose des investissements coûteux alors que la ressource est dégradée, voire oblige à en rechercher d'autres. On fait l'économie de ces dépenses si le milieu est resté de qualité et de débit convenable.

A contrario, l'amélioration de la qualité de la ressource peut rendre inutiles des équipements de traitement de l'eau potable réalisée. En fait, ceci permet de perfectionner les traitements, pour une prestation améliorée que demande le consommateur (diminution du chlore, de la charge organique de l'eau, etc.), voire d'adapter à moindre coût l'équipement aux nouvelles normes sur l'eau potable.

Des modélisations sur la qualité des eaux [40] sur des bassins bretons montrent qu'à partir d'une certaine aggravation de la pollution des eaux, on ne peut plus faire l'économie d'un traitement de dénitratation de l'eau à potabiliser pendant la période de reconquête de la qualité des eaux. Il devient alors nécessaire d'investir de deux côtés à la fois : limitation de la pollution, et dépollution avant usage. D'autres situations prises plus précocement permettent de ne mettre en place qu'un programme de lutte contre la pollution : la réversibilité des pollutions permet de faire l'économie du traitement de potabilisation.

#### Coûts d'irréversibilités d'une action : les vrais coûts des crises environnementales

Coûts de déstabilisation de filières : l'exemple des filières alimentaires

Les préoccupations concernant l'environnement et la santé peuvent être très instables, conduire à des réactions en chaîne coûteuses et à une évolution brutale des coûts.

L'INRA a par exemple procédé à une étude prospective sur l'avenir des organismes génétiquement modifiés (OGM). L'une des variables importantes était la méfiance possible du public, qui pourrait aboutir à une déstabilisation de la filière. Les efforts financiers importants consacrés à la recherche pourraient alors être perdus.

Le fait de nourrir du bétail avec des farines provenant de carcasses d'animaux, éventuellement affectés d'encéphalopathie spongiforme a conduit à une crise engendrée par la négligence d'industriels britanniques et exportée de Grande-Bretagne vers la France, l'Allemagne, la Suisse, etc. Même si les risques sanitaires (risques de décès suite au franchissement de la barrière d'espèce) avaient été appréciés lors de la décision, l'évaluation des coûts directs (morts) aurait été très en deçà des coûts observés (expansion mondiale, effets psychologiques, évincement d'autres projets repoussés pour cause de réaffectation de fonds, etc.), qui font aussi partie des coûts économiques : diminution de la consommation de bœuf dans tous les pays européens, perte par l'Europe de nombreux marchés en Égypte et en Afrique du Nord, suspicion sur l'ensemble des élevages, difficultés supplémentaires pour les éleveurs même en système extensif, décrédibilisation des systèmes de contrôle, etc. Les mesures de protection – certes coûteuses – mises en place par la France ont permis d'éviter des coûts encore plus considérables si la situation britannique s'y était étendue.

Si la pratique du calcul économique ne prend pas en compte de tels coûts, de nouvelles crises coûteuses peuvent surgir : changements climatiques, raréfaction pétrolière, crise de l'acceptabilité sanitaire de la pollution atmosphérique ou de produits alimentaires, etc.

#### Les coûts d'un accident nucléaire dépassent ceux de ses impacts sanitaires et environnementaux

Le coût collectif d'un accident nucléaire en France ou dans un pays industrialisé utilisant le même type de technologie, ne se limiterait pas au coût direct de cet accident pour les populations (morts, maladies, pertes d'actifs divers, etc.) et pour l'environnement (écotoxicologie...). Il faudrait prendre en compte le fait que les responsables politiques et les activités économiques devraient affronter un nouveau contexte de légitimité (perte de crédibilité...).

On peut imaginer divers scénarios : de nouvelles mesures très coûteuses de sûreté seraient imposées à toutes les centrales existantes par les pouvoirs publics, des décisions de fermeture pourraient être prises, l'option nucléaire pourrait être abandonnée par de nouveaux pays malgré les investissements colossaux consentis, les conflits écologiques seraient avivés et induiraient des obstacles additionnels à l'activité économique dans différents domaines (la chimie, les usines d'incinération de déchets) du fait de la crise de confiance dans la parole publique, etc.

Ainsi, on notera que, au lendemain de l'accident de Tchernobyl, les Italiens ont rejeté tout développement nucléaire, la Suède a décidé par referendum l'arrêt de son programme, les Suisses ont fermé le grand chantier de Kaiseraugst, le Portugal, l'Autriche, la Grèce, l'Irlande, l'Australie ont confirmé leur renonciation à l'option nucléaire. Les prévisions de puissance nucléaire installée dans le monde en l'an 2000 faites par *l'International Atomic Agency*, qui avaient culminé à 4 450 GW en 1974, tombent à 1 400 en 1978, à 505 en 1986, et à 400 à peine à la fin des années quatre-vingt [37]. Certaines de ces révisions ont été coûteuses.

De ce point de vue, chiffrer à quelques pour-cent les coûts externes environnementaux de l'énergie nucléaire (y compris les risques accidentels) – et s'en tenir là – serait passer à côté d'enjeux beaucoup plus importants, non révélés par les calculs économiques classiquement pratiqués.

#### Les coûts de la sous-tarification du transport dépassent le manque à gagner fiscal et s'étendent à des coûts de fragilisation du système de transport

Les évaluations des coûts directs et des coûts externes du transport routier (où les coûts des nuisances sont généralement évalués *a minima*) indiquent que la circulation routière coûte à la collectivité plus qu'elle ne produit comme recettes, avec une sous-tarification manifeste du transport routier interurbain et du véhicule en ville ([136], [7]). Le rapport de 1994 de la Commission des comptes nationaux des transports évalue ce bilan à 89 milliards à compenser par la collectivité, dont 40 pour le fret et 49 pour les voyageurs [148].

Nous n'insisterons pas ici sur le fait que comparer recettes et coûts repose sur une convention revenant à affecter l'ensemble des ressources fiscales perçues sur le transport routier à des dépenses routières, ce qui n'est pas dans l'esprit du principe de non affectation en vigueur dans la fiscalité française. Pour la TIPP, ceci reviendrait à n'en considérer que sa fonction de couverture des coûts comptables (dépenses d'infrastructures) par les usagers. Or, une partie de la TIPP peut relever d'une fonction de précaution (répondant à la concentration géopolitique des ressources fossiles), une autre d'une fonction d'anticipation (préparant les ruptures futures pour en épargner le choc aux générations suivantes),

et une autre d'une fonction d'internalisation du coût des nuisances (insécurité et externalités environnementales) [113].

Nous insisterons plutôt sur les conséquences collectives d'une telle sous-tarification, par les incitations qu'elle suscite.

L'organisation de la production, l'urbanisme et plus généralement l'organisation des activités ont inscrit durablement dans l'espace (infrastructures, équipements...) un prix bas du transport : en cas d'effet de surprise, ceci exercerait un fort effet d'inertie aux conséquences douloureuses (populations étalées avec des moyens de locomotion et/ou des budgets réduits et situées à distance des zones d'activité). Plusieurs scénarios sont envisageables.

Compte tenu du dernier rapport d'évaluation du GIEC [50] et de la nécessité d'agir préventivement pour rester au plus près du climat actuel, les négociations sur les mesures de prévention à prendre s'intensifient et donnent lieu à des retournements de position. C'est ainsi que les États-Unis ont créé la surprise à Genève (deuxième conférence des parties à la convention Climat, du 8 au 20 juillet 1996) en plaidant pour des objectifs juridiquement contraignants, et qu'ils ont défendu l'instrument des permis négociables. Les conclusions de la troisième conférence des parties à Kyoto en décembre 1997 confirment cette évolution. Comme pour d'autres crises environnementales (pluies acides, pollution atmosphérique et santé, etc.), un certain nombre de facteurs peuvent précipiter les négociations et conduire à l'adoption de mesures contraignantes : alerte grandissante des scientifiques reprise par l'opinion (amélioration de leurs modèles permettant d'imputer certaines catastrophes climatiques à l'accroissement de l'effet de serre) ; refus des réassureurs de couvrir les dommages dus aux changements de climat, suite aux coûts qu'ils observent déjà pour certaines catastrophes climatiques (inondations, cyclones...); action d'États côtiers et insulaires craignant la montée des mers, etc. Le transport routier serait concerné au premier chef par de telles mesures, puisqu'il est le premier responsable des hausses de CO<sub>2</sub> dans l'Union européenne. Notre système d'approvisionnement en marchandises se verrait déstabilisé si, par exemple, une certaine quantité de pétrole était mise aux enchères au niveau mondial. Le trafic aérien serait sans doute aussi touché, puisque le kérozène ne supporte actuellement aucune taxe.

Quant à notre approvisionnement pétrolier, à échéance de cinquante ans, deux données majeures sont à considérer. D'une part, après épuisement des gisements dispersés, seules les ressources les plus importantes devraient subsister, avec les risques liés à la concentration de ces ressources (Golfe persique). D'autre part, suivant les tendances actuelles, le parc mondial de véhicules routiers aura doublé en 2050 si la Chine connaît un degré de motorisation simplement équivalent à celui du Portugal aujourd'hui. Le trafic aérien, lui, devrait déjà plus que doubler en dix ans. Les deux tiers du pétrole mondial alimenteraient les poids lourds, et la consommation chinoise théorique correspondrait alors à la totalité de la production pétrolière (Arabie Saoudite). Une hausse rapide des prix des carburants déstabiliserait les secteurs de la route et de l'aérien. Compte tenu de la situation de dépendance forcée envers le mode

automobile qui est celle de nombreux habitants des franges urbaines, ceci pourrait conduire à des crises urbaines (voir le chapitre « L'extension urbaine », p. 227).

## Les coûts du changement climatique sont aussi ceux d'impacts surprises déstabilisants

Il est rappelé dans [26] qu'une des thèses sur l'inutilité d'une action préventive en matière de changement climatique reposait sur l'idée que les coûts des dommages seraient fort modérés puisque l'activité la plus directement touchée, l'agriculture, ne représente qu'une part mineure du produit économique. Une telle thèse repose en fait sur deux hypothèses discutables d'agrégation : en raisonnant sur la température moyenne, on néglige l'hétérogénéité géographique du réchauffement et les chocs à l'échelle locale ; en raisonnant sur la seule valeur agrégée de l'agriculture, on néglige les effets de propagation de chocs sectoriels. Dans le cas particulier de la France, l'agriculture est au deuxième rang des excédents commerciaux nationaux après le tourisme, qui lui aussi dépend beaucoup du climat.

Ainsi, une augmentation de l'irrégularité de la pluviométrie ou de la fréquence des cyclones et orages, un accroissement des amplitudes thermiques, peut se traduire par des effets en chaîne : une vendange peut être totalement détruite par un orage de grêle et un doublement ou un triplement de leur fréquence peut fragiliser une économie régionale. Une tension sur l'offre de nourriture peut entraîner une hausse des prix des biens alimentaires suffisante pour affecter progressivement les autres secteurs. La fragilité des zones à climat semi-aride ou méditerranéen fait qu'une légère baisse du régime des pluies peut entraîner de fortes tensions migratoires, du Sud au Nord mais aussi entre pays en développement, avec des conséquences politiques dont il est fort difficile d'évaluer le coût économique. Enfin, de faibles variations climatiques peuvent entraîner des propagations bacillaires, parasitaires et virales importantes dans des populations aux défenses immunitaires non préparées [50].

# Des raisonnements asymétriques qui biaisent l'évaluation d'une décision

À la lecture de cette liste de « coûts cachés », la question de leur origine se pose. Pour beaucoup, ils résultent d'une appréciation asymétrique des enjeux environnementaux.

## Surestimation du court terme et sous-estimation du long terme

Les avantages pour aujourd'hui, les coûts pour demain

À ne pas évaluer les effets de long terme parce que l'exercice est difficile, ou à les négliger par le biais d'une application routinière (« bien des gens [...] pratiquent l'actualisation comme on applique une recette de cuisine » [12]), on fait supporter leurs coûts par les générations futures. Ainsi en est-il de nombreux coûts collectifs payés aujourd'hui parce que non imputés hier : pollution des nappes phréatiques, pollution des sols, effets sanitaires de l'amiante, etc.

#### Prévention insuffisante, suivi inexistant

Le domaine des effets sur la santé de la pollution atmosphérique d'origine automobile est exemplaire : dans de nombreux pays, le développement du mode routier a été encouragé sans qu'en parallèle les effets sur la santé en soient évalués. Pour illustrer ce point, nous renvoyons au chapitre « Coûts des effets sur la santé de la pollution atmosphérique » (p. 268), où l'on reprend le constat (fait dans [66]) du nombre important d'études réalisées à l'étranger et du faible nombre en France.

#### Défaut de veille

Les cas relevés de veille scientifique insuffisante ont eu des répercussions en terme de décision.

## L'exemple des effets de la pollution atmosphérique sur la santé

Comme les travaux sur les effets de la pollution atmosphérique (provenant notamment de sources mobiles) sur la santé ont longtemps été rares en France, leur « découverte » s'est faite brutalement ; elle a mis en évidence la quasi-absence de mesures de prévention. Les coûts de ce défaut de prévention ne se mesurent pas seulement en terme de santé, mais aussi en coûts de méfiance vis-à-vis de la puissance publique.

#### L'exemple des effets de la pollution des eaux sur la santé Les nitrates et surtout les pesticides contenus dans les nappes phréatiques peuvent atteindre des concentrations nuisibles pour la santé.

Les conséquences de la dystrophisation sur la santé, avec des problèmes de réactions en chaîne (neurotoxines, botulisme, etc.), sont des questions étudiées depuis peu de temps.

## Prolongement des tendances et défaut d'anticipation

L'incompréhension de l'approche scientifique – qui est une logique d'invalidation d'hypothèses et non de vérification de thèse – rend certains sceptiques à l'égard des phénomènes environnementaux ; ceci peut conduire à différer des décisions pourtant « sans regrets » ou de coût très faible. À cet égard le dossier de l'effet de serre est emblématique. L'humanité déstocke depuis une centaine d'années une grande quantité de carbone (qui avait mis des millions d'années à se constituer) et le rejette dans l'atmosphère terrestre. Modérer ce comportement entre dans la catégorie des mesures sans regrets qui présenteraient bon nombre d'avantages rapides tant économiques que sanitaires et environnementaux.

Vu l'importance des transformations que l'activité humaine impose à la biosphère, l'ampleur des effets en retour sortira vraisemblablement des limites connues jusqu'ici [50]. C'est pourquoi la seule analyse des données du passé ne peut suffire à guider nos actions : des décisions lourdes et irréversibles prises en prolongement des tendances passées peuvent conduire à des coûts importants, voire à des crises.

## Réparation immédiate des dommages plutôt que prévention sur le long terme

La médecine, bien qu'intéressée aux risques susceptibles de provoquer un grand nombre de maladies et à la prévention de ces dernières, consacre en France la plus grande partie de ses efforts aux approches curatives. Dans le budget de la santé, le secteur de la prévention représente une part infime, d'environ 0,02 %, à savoir principalement les émoluments des médecins de « santé publique » [63]. Dans la pratique, le couple « médecine/risque » prend le pas sur un couple « prévention/santé », directement lié à l'environnement au sens large, la santé étant entendue comme un « état complet de bien être physique, mental et social » (selon la définition de l'Organisation mondiale de la santé).

La recherche souffre également d'incohérences au regard des bénéfices attendus. D'après [63], la recherche biologique et fondamentale consomme 8 % des ressources pour une espérance de réduction de 27 % de la mortalit; les actions dans le domaine « modes de vie et environnement » consomment 3 % des ressources pour une espérance de réduction de 62 % de la mortalité; en revanche, le système de diagnostic et de soins consomme 89 % des ressources pour une réduction potentielle de 11 % de la mortalité.

## Sur et sous-estimation des emplois créés

Lorsque la non-rentabilité économique d'un projet est patente (comme c'est le cas pour plus de la moitié des autoroutes en projet par exemple [104, p. 483, 487-8]), ses promoteurs quittent le domaine du calcul économique traditionnel pour s'exprimer dans un autre registre, notamment celui de l'emploi. C'est un argument couramment mis en avant sous la forme «ceci crée des emplois», sans s'attacher au contenu relatif en emploi, à savoir le nombre d'emplois mobilisés en regard des sommes engagées dans différents domaines. C'est ainsi que le contenu en emploi d'un milliard de francs investis est plus riche dans la réhabilitation du bâtiment que dans la construction d'infrastructures de transport. A fortiori, les inductions d'emplois permanents (au-delà de la pure traduction en travail de l'investissement lui-même) sont peu rigoureusement identifiées et évaluées.

L'étude récente [114] analyse, dans une approche «filière de production», deux des ressources mobilisées par la circulation automobile et le transport public, à savoir l'énergie et l'emploi, et les rapporte au trafic, pour aboutir à des quantités d'énergie et d'emplois au kilomètre parcouru. L'emploi est estimé non seulement chez les constructeurs de matériel et dans les entreprises de transport, mais aussi dans les emplois en amont (consommations intermédiaires et investissements) et dans les emplois en aval (maintenance et exploitation des infrastructures, services). L'analyse est menée au niveau national et au niveau urbain. Une conclusion claire se dégage de l'étude : dans le contexte économique actuel, le transport public mobilise deux fois plus d'emplois au voyageur-kilomètre (et consomme deux fois moins d'énergie) que la circulation automobile.

#### Sur et sous-estimation des "preuves"

La tradition juridique anglo-américaine implique que la charge de la preuve repose sur celui qui veut changer le *statu quo*. Mais quelle est la situation de référence ? Est-ce une situation de conservation du *statu quo* écologique et de modération économique ou, comme c'est le cas jusqu'à présent, un scénario de développement économique et technologique « au fil de l'eau » qu'on ne pourrait remettre en cause que sur la base de preuves scientifiques établies ? Tout dépend de ce qu'on estime être le plus précieux [19, p. 319].

Les « preuves statistiques » confortant l'hypothèse de l'existence de liens entre pollution atmosphérique et effets sur la santé sont bien souvent suspectées au nom de la faiblesse des données. Or, beaucoup affirment simultanément, en contradiction avec les faits comme nous l'avons souligné plus haut, que le désenclavement suite à la construction d'infrastructures de transport est une condition décisive du développement.

En revanche, sont fortement soulignées les incertitudes qui existeraient quant aux liens entre émissions anthropiques de gaz à effet de serre et changements climatiques, pour éviter la remise en question du mode de développement actuel. Or, l'expertise en matière d'effet de serre est un travail unique en son genre d'évaluation scientifique : collaboration internationale de plus de deux mille chercheurs et spécialistes, procédures d'expertise et de contre-expertise, etc.

Dans un autre domaine, celui de l'épuration des eaux usées urbaines, l'absence d'interdiction totale des phosphates dans les lessives oblige, pour tenir les objectifs de milieux, à déphosphater à haut niveau au niveau des stations d'épuration (surcoût souvent évalué entre 5 à 10 % du coût total des stations d'épuration). Les résultats scientifiques étaientils suffisants pour s'engager dans la voie de l'interdiction à la source? Pour certains pays du nord de l'Europe, la réponse était positive.

#### Sur et sous-estimation du rôle des modèles

#### Modèles de trafic et modèles de climat

Les modèles économétriques sont utilisés pour fournir des projections de trafic à horizon de vingt ans. Ces projections (et quelques variantes) alimentent les programmes de construction d'infrastructures destinées à répondre aux besoins futurs envisagés. Or, si des méthodes de lissage pour le court terme, d'analyses spectrales ou de corrélation sur séries suffisamment longues constituent des réponses aux problèmes de prévision à court, voire à moyen terme, on peut se demander, comme le font certains statisticiens [47], si le long terme peut relever de techniques mathématiques.

On trouve dans [14, p. 182] une discussion sur les modèles macro-économétriques, notamment sur leur construction. Étant estimés économétriquement, ils sont historiquement validés, mais sans garantie sur leur capacité à analyser le long terme ; en effet, l'usage des méthodes économétriques fait implicitement référence à une hypothèse de permanence des comportements structurels. Ces modèles peuvent notamment minorer l'impact des effets d'annonce, par exemple ceux liés à une augmentation des prix de l'énergie, ou des prix du transport remettant en cause le «juste à temps». Un intérêt de tels modèles est de justement se fonder sur des hypothèses de maintien des comportements structurels : en ce sens, ils sont davantage utilisables pour révéler des problèmes susceptibles de se poser si les comportements demeurent identiques, que pour «prévoir» sur le moyen-long terme.

Par exemple, les modèles de trafic considèrent tous que les échanges ne pourront que croître au fil du temps, certains envisageant éventuellement une stabilisation des transferts entre pays parvenus à une certaine « maturité » de développement : c'est ce qu'on observe aujourd'hui par exemple pour les échanges franco-allemands de marchandises. Mais un autre scénario probable pourrait tout aussi bien être un ralentissement fort des transports internationaux de fret et de voyageurs : s se maintenait la tendance à la croissance de la disparité des revenus et à l'extension de poches de pauvreté dans toutes les régions du monde, voire au plan régional ou local, la sécurité des transports pourrait ne plus devenir à terme aussi évidente, puisqu'ils sont une source de biens exposée. L'accroissement actuel du piratage maritime dans certaines régions du globe pourrait en être une préfiguration. Seuls les chargements stratégiques ou de très grande valeur pourraient alors bénéficier d'une protection suffisante pour

continuer à traverser certaines régions ou parcourir des distances importantes, ce qui pourrait modifier notre géographie économique.

Les modèles macro-économétriques sont cependant jugés ass fiables pour que leurs résultats fondent des politiques; leurs hypothèses et résultats ne sont généralement pas remis en question par leurs utilisateurs, qui pourtant n'hésitent pas à évoquer le caractère «incomplet», voire « simpliste», des modèles de climat. Or ces derniers sont, eux, soumis aux modes de construction et d'évaluation scientifique (confrontation entre pairs) : les scientifiques utilisent une batterie de modèles contrastés selon les questions qu'ils se posent ; ensuite, leurs hypothèses et leurs résultats sont soumis à critique ; enfin, les scientifiques ne manquent pas de souligner les limites des modèles dont ils font usage. Les modèles de trafic et leur usage ne semblent pas faire l'objet de ce type d'évaluation rigoureuse.

# Le rôle des modèles « ascendants » et « descendants » dans l'évaluation des coûts d'abattement de gaz à effet de serre

La discussion suivante sur modèles ascendants (bottom up) et modèles descendants (top down) est tirée de [50, p. 53] et montre combien une décision peut être influencée par le type de « représentation du monde » sur lequel elle se fonde. Ici, l'estimation du potentiel de réduction d'émissions de CO<sub>2</sub> à coût négligeable est très largement tributaire de telles représentations du monde.

« Les modèles descendants sont des modèles globaux prenant en compte l'ensemble de la macro-économie. Ces modèles, qui reposent sur l'analyse rétrospective des tendances et des relations, permettent de prévoir les interactions à grande échelle devant se produire entre les divers secteurs de l'économie, et notamment entre le secteur énergétique et le reste de l'économie. En général, par rapport aux modèles ascendants, ils tiennent compte de la consommation d'énergie et de l'évolution technologique de façon relativement peu détaillée.

« Les modèles ascendants, quant à eux, intègrent des études détaillées des coûts de conception d'un grand nombre de technologies actuelles et prévues et tiennent compte de la consommation d'énergie de façon très détaillée. Par rapport aux modèles descendants, cependant, ils intègrent généralement relativement peu de détails quant au comportement des consommateurs en matière autre qu'énergétique et quant aux interactions avec d'autres secteurs de l'économie.

« La caractérisation simple des modèles descendants et ascendants est de plus en plus trompeuse, car les versions récentes des modèles de chaque type présentent davantage de détails sur des points qui étaient moins développés par le passé. Cette convergence de structure fait que les résultats obtenus à partir des deux types de modèles ont tendance à converger. Les distinctions résiduelles résultent d'hypothèses différentes quant à la rapidité et à l'efficacité avec laquelle les institutions liées au

marché adoptent de nouvelles technologies rentables ou sont portées à les adopter par des mesures nouvelles.

« Nombre des modèles existants sont mal adaptés à l'étude des économies en transition et des pays en voie de développement. De plus amples recherches sont nécessaires pour mettre au point des méthodes, des données et des modèles, ainsi que pour renforcer la capacité d'analyse des institutions locales.

« Les études ascendantes sont plus optimistes quant au potentiel de réduction des émissions à coût faible ou négatif et quant à la capacité de réaliser ce potentiel. De telles études indiquent que le coût d'une réduction de 20 % des émissions (par rapport à un scénario de référence sans mesures) dans les pays développés d'ici 20 ou 30 ans est négligeable ou même négatif. Selon d'autres études ascendantes, il existe des possibilités de réduction absolue dépassant les 50 % à long terme, sans augmenter et peut-être même en réduisant le coût total pour la filière énergétique. »

### Sur et sous-investissement dans l'effort de recherche

Dans le domaine des transports, l'accent a été mis prioritairement sur l'amélioration du confort et de la sécurité des automobilistes (amélioration technique des véhicules, etc.) du fait de la compétition internationale sur le produit. C'est en ce sens que le programme de recherche Predit s'est déployé et se développe encore majoritairement malgré une sensible inflexion vers d'autres préoccupations (santé, environnement, etc.) depuis 1996.

En comparaison, la recherche est restée faible dans certains domaines pourtant très affectés par le transport : la création d'observatoires autoroutiers sur les effets externes des ouvrages est récente et en nombre limité ; les études nationales sur les effets sanitaires, sociaux et environnementaux sont rares, en particulier les effets sur la santé des populations fragiles (nourrissons, enfants en bas âge...) ou particulièrement exposées ; le confort et l'adaptation aux besoins des transports collectifs ont été jusqu'ici peu développés.

# Sur et sous-information des populations en jeu

Dans le même ordre d'idées, l'information sur la circulation routière et ses effets s'adresse majoritairement à l'usager de la route, et les investissements vont dans ce sens. Ainsi, le système intégré de régulation et d'information des usagers Sirius (service d'information pour un réseau intelligible aux usagers) vise explicitement à améliorer la sécurité routière, l'efficacité du système existant et le confort des automobilistes. Il équipe la moitié est des autoroutes et des voies rapides d'Île-de-France (plus de 300 km d'autoroutes) et sera étendu progressi-

vement aux 240 km des voies rapides de l'ouest d'Île-de-France : 2 500 capteurs automatiques sont placés sous la chaussée (environ un par voie tous les 500 m) et recueillent aujourd'hui 400 000 informations par seconde ; 370 caméras sont installées aux points stratégiques ; un réseau spécialisé de transmission est en place ; des PC opérationnels sont actifs 24 heures sur 24 ; 150 panneaux à messages variables informent les usagers [109].

En ce qui concerne l'information sur la pollution de l'air, la situation est tout autre pour les réseaux de capteurs. En Île-de-France, au 31 décembre 1995, Airparif disposait de 69 stations permettant de mesurer en continu l'état de la qualité de l'air (soit environ 170 analyseurs) sur un rayon d'environ 100 km autour de Paris [57, p. 15]. Leur insuffisance est notoire depuis les années soixante-dix (voir le chapitre « Coûts des effets sur la santé de la pollution atmosphérique », p. 268). La loi du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie vise à améliorer la situation, d'abord pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants.

### Sur et sous-considération des populations en jeu et des effets redistributifs

Plus d'un Français sur cinq est gêné par les bruits du trafic automobile. Près de 7 millions de Français (12,3 % de la population totale) sont exposés, à leur domicile, à des niveaux de bruit diurnes extérieurs dépassant 65 dB(A), seuil au-delà duquel le sommeil, les conversations, l'écoute de la radio et de la télévision sont perturbés (voir le paragraphe sur les effets du bruit sur la santé, p. 172, [61], [4]). Cette image globale cache d'importantes disparités géographiques dues notamment à des facteurs liés à la localisation de l'habitat : taille des villes, fonction du quartier et de la voie de circulation. Ainsi des différences moyennes de 10 dB(A) sont mesurées en période diurne entre les zones les plus exposées et les zones les moins exposées au bruit de trafic, cette différence s'accroissant sensiblement la nuit pour atteindre 12 dB(A) et plus. Cette image recouvre aussi d'importantes disparités sociales : les personnes disposant des plus faibles revenus sont proportionnellement quatre fois plus touchées par le bruit d'environnement que celles disposant de revenus confortables.

Or, en France, l'action publique engage environ 200 à 300 millions de francs par an pour lutter contre le bruit routier (130 millions pour les actions de rattrapage des points noirs, autant pour la protection des voies nouvelles).

Ce déséquilibre entre besoins et ressources peut être illustré à partir des difficultés rencontrées en France dans la résorption des points noirs : traiter les 355 000 logements situés le long des voies ferroviaires et routières exposés à plus de 70 dB(A) pour un coût total d'environ 17

milliards de francs nécessiterait plus d'un siècle, compte tenu des sommes allouées.

En revanche, la politique autoroutière est fondée sur le principe de desservir au plus vite (dans les dix ans) la population par un réseau maillé, pour des montants dépassant sur 5 ans les 140 milliards de francs. Si on en attend des avantages pour tous en terme d'accessibilité, cette approche privilégie surtout certaines catégories d'usagers, qu'il s'agisse du transport routier de marchandises à longue distance (malgré les coûts sociaux, sanitaires et environnementaux [106]) ou des ménages disposant de suffisamment de véhicules (danger d'exclusion des autres, voir le chapitre « L'extension urbaine », p. 227). En outre, pour les déplacements vers le travail, 75 % des Français travaillent à moins de 10 kilomètres de leur domicile et ne contribuent qu'au quart des circulations pour ce motif, tandis que les 4 % qui migrent à plus de 40 km y contribuent à 40 % : on mesure ainsi la disparité de répartition des pratiques censées représenter l'intérêt général [115].

### Sur et sous-estimation des "surprises"

Alors que les derniers travaux du commissariat général du Plan et du Conseil mondial de l'énergie indiquent des ressources pétrolières (et non des réserves) disponibles pour 50 à 100 ans, l'optimisme persiste dans les groupes qui privilégient la poursuite du mode de développement et de choix actuels en prédisant toujours de bonnes surprises : «comme par le passé, on trouvera toujours du pétrole»...

En revanche, envisager des changements brutaux et rapides du climat serait, pour les mêmes, faire preuve de catastrophisme, « jouer sur des peurs millénaristes », etc. Nous citons ici le document de synthèse [50, p. 24] : « La future évolution du climat risque [...] de nous réserver des "surprises", dues notamment au caractère non linéaire du système climatique ». À titre d'exemple, une possible perturbation de grande ampleur du *Gulf Stream* aurait des conséquences climatiques incalculables pour l'Europe (refroidissement moyen important et rapide, fort accroissement de l'amplitude thermique, [120], [121]).

### Sur et sous-usage de la prévention

Considérons un tronçon de 30 km de route sur lequel passent 6 000 véhicules par jour. Supposons que, parallèlement à ce tronçon, la construction d'une autoroute soit décidée principalement pour raisons de sécurité plutôt que d'aménager l'existant en voie rapide. La différence de coût s'établit autour de 50 MF TTC du km, soit 1,5 milliard de francs au total. Avec un péage à 50 centimes par km, en supposant que tout le trafic passe sur l'autoroute, celle-ci rapporte 36 MF par an. Compte tenu des performances statistiques de sécurité des routes nationales et des autoroutes, l'ouvrage neuf permet d'éviter en théorie 1,9 10-8 mort/km (différence entre les performances de sécurité du réseau de rase campagne et du

réseau autoroutier), soit une dépense effective par vie sauvée (au taux d'actualisation de 8 %) de 240 MF. Ce chiffre n'est pas cohérent avec celui de 3,6 MF recommandé dans les bilans coûts-avantages routiers, ni même avec d'autres évaluations bien plus élevées (voir le paragraphe « Que représente la "valeur du mort"? », p. 207). Ceci signifie que l'argent investi dans cet ouvrage pourrait être plus utile s'il était investi dans d'autres aménagements.

D'un autre côté, des mesures sont prises sans évaluation des impacts prévisibles sur la santé. Comme l'indique [66, p. 168-169], l'annonce par les pouvoirs publics de l'extension de l'addition des biocarburants ou d'autres composés oxygénés pourrait s'accompagner d'émissions accrues d'aldéhydes (irritants à de très faibles teneurs, et cancérogènes probables). Ces mesures ne devraient pas être mises en œuvre sans une surveillance accrue des émissions, notamment des aldéhydes, ni sans des travaux conduits pour aboutir à leur réduction. Or, par le passé, les effets sanitaires de la pollution atmosphérique n'ont pas fait l'objet d'une investigation à la hauteur des enjeux : on peut ici citer le rapport [64, p. 29] qui, dès 1983, recommandait que des études sur les oxydes d'azote et les oxydants photochimiques soient « menées d'une manière systématique et prolongée tant du point de vue métrologique qu'épidémiologique », et comparer cette recommandation au constat d'un manque caractéristique d'études fait dans la mise à jour de ce rapport en 1996 [66].

Autre exemple, l'arrêt du 21 décembre 1996 du Conseil d'État sur l'autoroute A51 considère explicitement que l'impact de la pollution atmosphérique supplémentaire sur la santé des Grenoblois n'est pas requise pour l'étude d'impact.

### Sur et sous-usage de la précaution

La construction d'infrastructures est destinée à répondre à une croissance future du trafic, à des congestions « prévisibles » : routes et autoroutes sont faites, par précaution, pour anticiper un trafic futur.

En revanche, invoquer le principe de précaution pour prévenir les changements de climat est souvent assimilé au fait de «croire au risque zéro»... De même, pour les effets de la pollution atmosphérique d'origine routière sur la santé, la précaution se justifie car il existe des éléments de présomption assez forts (hypothèses et données solides) et des risques suffisamment importants en ce qui concerne la contribution des particules fines et de l'ozone (voir le chapitre « Coûts des effets sur la santé de la pollution atmosphérique », p. 268). Ces risques peuvent être amplifiés pour des populations particulièrement exposées, car la distribution des expositions (qui est exposé à quoi, et à quel niveau ?) est une des grandes zones d'ombre dans les effets sur la santé de la pollution atmosphérique d'origine routière, qui diffère de la pollution atmosphérique d'origine industrielle.

# Sur et sous-usage de la valorisation des risques

Dans [134, p. 24] est soulignée la « nécessité pour les transports collectifs d'être plus sûrs que les transports individuels ». Dans [133, p. 40], il est suggéré de faire un calcul de sensibilité avec, pour le transport collectif, une valeur du mort quinze fois supérieure à celle du transport individuel, parce que la responsabilité de la victime n'est pas engagée.

Si ce raisonnement sur la responsabilité s'applique à l'insécurité, alors le souci de cohérence exige qu'il intervienne aussi dans le cas des nuisances subies, et que ces dernières soient valorisées avec un facteur quinze par rapport à l'estimation («choisie») du coût de réparation des dommages. Or, on ne trouve aucune recommandation en ce sens pour ce qui est du bruit et de la pollution atmosphérique subis par les riverains... et nous verrons plus loin que ce sont plutôt des évaluations basses qui sont retenues.

En outre, si un conducteur à l'origine d'un accident et lui-même victime peut être considéré comme assumant un risque choisi, ceci ne s'étend pas aux éventuels passagers du véhicule particulier et aux autres victimes (autres véhicules, cyclistes, piétons). Le coût de l'insécurité doit, par cohérence, être réévalué à cette aune.

### Sur et sous-justification de la norme

La «norme» décrivant l'accessibilité du territoire national inscrite à l'article 17 de la loi du 2 février 1995 sur l'aménagement et le développement du territoire (« aucun point du territoire métropolitain ne sera situé à plus de 50 km ou de 45 minutes d'automobile d'une autoroute ou d'une route express à deux fois deux voies en continuité avec le réseau national, soit d'une gare desservie par le réseau ferroviaire à grande vitesse ») est requise au nom de l'aménagement harmonieux du territoire. Ses effets réels, ses coûts économiques et environnementaux induits n'ont cependant jamais été évalués.

En revanche, les critères de définition des zones sensibles en préparation de la directive Habitat (réseau Natura 2000) sont âprement discutés. Ils ont même suscité en 1996 une remise en cause publique suffisamment spectaculaire pour que la Commission européenne décide de supprimer cette année-là les crédits LIFE accordés à la France (soit quelque 300 MF).

### Sur et sous-estimation de la fragilité

Dans [134], on propose d'évaluer la fragilité financière d'un opérateur réalisant une infrastructure routière (ratios prudentiels) et sa capacité de réaction après un choc important et identifié.

En revanche, on n'envisage pas les ruptures que pourrait engendrer une préoccupation environnementale soudaine suscitée par le contexte (premières conséquences climatiques ou épidémies avérées par exemple), comme une concurrence accrue avec le rail suite à une politique qui soit favorable à ce dernier, ou une hausse des prix des carburants. L'éventualité d'une hausse de la fiscalité sur les carburants (gazole et kérozène notamment) doit être envisagée dans les scénarios, que ce soit parce que les prélèvements sur le travail deviendraient insupportables (et devraient être compensés par des taxes sur l'énergie), ou en raison de l'avancement des négociations sur les changements climatiques, ou encore par une modification des modes de décision au niveau européen en matière de fiscalité (encadrement des fiscalités environnementales nationales).

Autre exemple : une entreprise est souvent considérée comme fragile lorsqu'elle ne dispose pas de moyens de transport abondants ; à ce titre, la suroffre actuelle en capacité routière, corrélative d'un accroissement de ses parts de marché, est perçue comme un facteur de sécurité (et de prix bas), et fut d'ailleurs une condition indispensable à l'adoption des productions en « juste à temps ». Mais la fragilité d'une situation dans laquelle des activités dépendent d'un mode unique de transport, dont deux caractéristiques sont d'être lié à une source d'énergie extérieure non renouvelable et de connaître un état social non satisfaisant en interne, est rarement évoquée.

### L'évaluation économique : un instrument efficace de médiation dans les différends

Après ce passage en revue de quelques types de coûts, régulièrement observés *ex post* mais rarement envisagés *ex ante*, et de fréquentes asymétries dans les raisonnements, on peut s'interroger sur ces défauts récurrents d'évaluation de coûts, de situations. Les situations possibles étant très variées, on peut également se demander quelle forme d'évaluation, quel mode de coordination collective, aurait des qualités suffisantes pour intégrer les préoccupations d'environnement.

Il est noté par Claude Henry dans [23, p. 195], au sujet d'un projet d'aménagement en Grande-Bretagne, que « les grandes sociétés britanniques de protection de la nature ont découvert qu'une discussion économique sérieusement menée, où les compétences et les capacités d'expression des diverses parties sont à peu près équilibrées, ne va pas nécessairement à l'encontre des intérêts qu'elles défendent », et qu'elles « ont en somme découvert que le langage des modèles microéconomiques peut être un bon langage de contestation publique, en même temps qu'un instrument d'organisation des rapports entre divers acteurs publics, instrument sur lequel il peut y avoir à peser ». Claude Henry ajoute que

ceci « ne signifie pas que, passant d'un extrême à l'autre, elles fassent maintenant l'erreur de croire que tous les coûts et avantages peuvent être intégrés dans un modèle micro-économique, que toute analyse micro-économique tranche en faveur de leur point de vue, pour peu qu'elle soit techniquement bien conduite ».

En effet, la forme d'évaluation qu'est l'évaluation économique (que nous ne réduirons pas à la seule monétarisation d'effets externes) possède nombre d'atouts pour la coordination collective et pour intégrer les préoccupations d'environnement. Nous présentons ici ces atouts ; cet exercice est aussi une façon de décrire ce que nous entendons par « évaluation économique ».

Ce chapitre s'inspire très largement de la contribution d'Olivier Godard dans [20].

### L'évaluation économique permet la comparaison en élargissant le contexte

La première qualité de l'évaluation économique est de représenter des situations singulières et locales dans un référentiel plus général permettant d'effectuer des comparaisons. L'évaluation économique permet de relativiser et de peser les enjeux, de juger de l'opportunité de l'action par rapport à l'ensemble des usages possibles des ressources disponibles. Elle correspond à une interrogation de base : ne serait-il pas plus avisé de consacrer telle ressource à tel autre emploi (un autre usage ou le même usage en un autre lieu?). Pour apprécier ce point, l'évaluation économique le resitue dans un contexte plus large comprenant d'autres types d'actions possibles, d'autres avantages, d'autres risques.

Cet espace de généralisation est *a priori* sans limite, à l'intérieur de la communauté humaine. En particulier, rien ne l'oblige à s'arrêter aux frontières nationales ou à ne prendre en compte que les intérêts des générations présentes. C'est cet élargissement des intérêts considérés qui est sans doute le plus décisif d'un point de vue pratique. L'évaluation économique force à prendre en compte les conséquences d'une décision sur un ensemble de groupes sociaux et pas seulement sur le promoteur d'un projet ou le groupe restreint de ses bénéficiaires directs. Elle conduit aussi à dépasser les politiques sectorielles pour comparer l'utilité collective d'actions très différentes à un moment donné : réflexions intermodales dans le domaine du transport, investissements matériels (infrastructures, etc.) et immatériels (formation, recherche, etc.), investissements end of pipe (modes de traitement des eaux) et actions de prévention des pollutions, etc.

Pour nombre de décisions que nous avons examinées, les alternatives ont été peu ou pas evaluées, avec leurs avantages, leurs risques, etc. Nous avons vu combien la décision de réaliser une infrastructure de transport dépend plus de l'existence d'une caisse de financement

que de l'utilité intrinsèque du projet [106], ce qui restreint l'éventail des alternatives envisageables pour l'emploi de ces sommes.

De même, il est courant de justifier un projet d'infrastructure routière en zone urbaine au motif que le poids de la valorisation monétaire des « utilités des déplacements » (gain de temps, accessibilité...) dépasse celui des dépenses (coûts des transports) et des nuisances valorisées monétairement (insécurité, bruit, pollution...). Sans entrer ici dans une discussion sur les valorisations monétaires elles-mêmes (qui les pratique ? qui décide de ce qui est monétarisable ou non ? les hypothèses et les conventions de calcul sont-elles partagées par tous ?), nous soulignons simplement que la justification est insuffisante car elle ne répond pas à l'interrogation de base : quel est le gain pour la collectivité à investir dans une infrastructure routière supplémentaire (gain marginal) comparé à d'autres usages possibles des mêmes ressources financières ?

On retrouve ce biais lorsque le motif invoqué pour la réalisation d'une autoroute est sa plus grande sécurité. Ceci est indéniable au sein des infrastructures routières, mais ne l'est plus lorsqu'on élargit la gamme des projets envisageables pour y inclure des infrastructures de transport collectif.

### L'évaluation économique met en scène la notion de choix

L'évaluation économique intervient autour des notions de choix et de décision. Le raisonnement économique est fondé sur l'hypothèse que des décisions identifiables sont prises, qu'elles peuvent être préparées et évaluées et qu'il doit en être ainsi dans le plus de cas possibles. Cette hypothèse est confortée par l'existence de différends et de conflits, par les moments critiques dans lesquels le jeu se polarise autour de quelques options. S'il y a conflit, c'est bien qu'il y a des alternatives; s'il y a hésitation critique, c'est bien qu'il y a des choix à faire et parfois même des choix qui sont déjà faits. L'évaluation économique apparaît lorsque les actions et projets sont comme en suspens et que des bifurcations sont possibles. Elle le fait de deux manières : elle représente les agents comme des décideurs qui font des choix, et elle se représente elle-même comme un outil d'aide à la décision. Sans accrochage aux notions de choix et de décision, l'évaluation économique n'aurait pas d'objet.

Dans la pratique publique courante des évaluations économiques en matière de transport, il n'y a pratiquement pas d'analyse d'alternative modale pour réaliser une liaison donnée. Cet aspect du choix n'est donc pas proposé. Le choix est particulièrement étroit lorsqu'il se résume à des variantes de tracé.

### L'évaluation économique propose des épreuves d'évaluation communes aux différents acteurs

L'évaluation économique est porteuse du sens de la mesure en assumant les deux significations de cette expression, en particulier du souci de mesurer les phénomènes. Elle mobilise pour ce faire un ensemble de dispositifs : recueils de données, comptabilité, traitements statistiques, modélisation, etc. À travers ces traitements codifiés, l'évaluation va revêtir une certaine objectivité, résultat d'une construction méthodique dont les hypothèses doivent être partagées par les acteurs en présence.

L'évaluation économique propose un ensemble de tests et d'épreuves qui visent à permettre l'arbitrage explicite entre les estimations et intérêts contradictoires des acteurs. Utiliser l'évaluation économique dans les procédures collectives de décision, c'est contribuer à canaliser les différends vers des épreuves qui vont hiérarchiser des options possibles. Pour être utilisées par tous comme outil d'arbitrage, les règles de ces épreuves doivent être codifiées. Le débat en devient possible, voire productif, car il est alors délimité et outillé. Il s'agira de débattre, mais pas en l'air : sur le choix des conventions retenues (par exemple, va-t-on recourir à un taux d'actualisation pour procéder aux arbitrages intertemporels? comment va-t-on déterminer le taux à appliquer?), sur les conditions de mise en œuvre des épreuves et des tests, sur l'interprétation de leurs résultats, tous éléments qui ne peuvent éviter le jugement. C'est par la robustesse et l'acceptabilité de ces épreuves que l'on peut dépasser une confrontation stérile.

La construction économique suppose que l'on évalue une situation par rapport aux préférences des individus, qui sont les «agents économiques». Elles sont couramment traduites dans le concept de « consentement à payer», qui peut être défendu à partir de l'idée d'épreuv (en dehors de l'aspect monétaire : il est clair que le consentement à payer dépend du revenu disponible, et que la distribution des revenus peut être jugée non satisfaisante). Dire qu'il faut révéler des consentements à payer pour pouvoir disposer d'une expression des préférences des agents reflète l'idée que ces préférences ne sont pas du ressort de l'opinion, mais qu'elles ont à être authentifiées par l'engagement de ceux qui les expriment.

La façon économique d'éprouver les engagements est de mesurer le coût (ce à quoi on accepte de renoncer) que les agents sont prêts à supporter pour soutenir tel projet ou réaliser telle action ou, à l'inverse, pour empêcher telle réalisation jugée globalement négative. Au sein d'une démarche économique, on peut évidemment trouver d'autres formes d'expression d'un engagement que le consentement à payer sur un marché effectif. C'est ce que font différentes sortes d'enquêtes plaçant les personnes interrogées en situation de choix quant au sort de biens non marchands (ce qui est typiquement le cas de nombre d'enjeux environnementaux).

La forme marchande n'est qu'une des modalités d'épreuve, pas nécessairement adaptée à saisir toutes les formes de préférences. Mais on ne peut tirer argument de cette absence d'universalité pour contester en bloc l'évaluation économique. Cette contestation systématique aboutirait à dénier aux *individus* la qualité de sujets *porteurs de projets, de préférences et de choix*, pour finalement réserver les compétences du choix et de la décision à une élite supposée détenir seule la faculté de discernement suffisante.

Les asymétries typiques relevées plus haut proviennent essentiellement de l'absence d'épreuves communes d'évaluation pour les coûts et les avantages. Elles révèlent le fait que les acteurs ne se sont pas accordés sur les objectifs à rechercher, ni sur les méthodes communes pour les définir et les évaluer. Qu'est-ce qui mesure un développement économique local? Qu'est-ce qui mesure un état satisfaisant d'écosystème? Comment définir un fonctionnement de ville socialement acceptable? Qu'est ce qu'un air « qui ne nuit pas à la santé »? La réponse à ces questions doit être une construction explicite et partagée.

On a vu que la thèse selon laquelle « infrastructure = désenclavement = développement » est souvent acceptée sans preuve, alors que les effets négatifs d'une infrastructure furent longtemps niés car peu évalués : le test requis pour les avantages n'est pas de même nature que celui des coûts.

# L'évaluation économique permet transactions et interactions

La figure du «despote éclairé» était la référence majeure du calcul économique voici quelques décennies : un décideur unique, dépositaire de la rationalité, qui pourrait, au vu de données objectives, décider souverainement de ce qui est bon et efficace, en ayant l'assurance que tout le monde appliquera scrupuleusement la décision prise.

Mais les situations de décision impliquent de plus en plus d'acteurs différents qui ont à s'accorder. Ce n'est pas une raison pour abandonner l'évaluation économique, même si celle-ci a d'abord privilégié la figure du marché de biens comme opérateur collectif de la coordination : il existe d'autres types de transactions et d'interactions (économie domestique et traditionnelle, économie informelle, formes dérivées du marché comme le troc ou systèmes d'échange locaux, économie du temps d'entraide...), qui peuvent également entrer dans une évaluation économique.

Lorsqu'aucun groupe social n'est en position de pouvoir décider seul et d'imposer ses vues, il faut qu'une négociation s'amorce. L'évaluation économique, dans sa dimension stratégique, peut alors faciliter par sa structure le déblocage de situations, dès lors que les acteurs s'accordent sur cette forme particulière de coordination et sur les règles de sa mise en œuvre.

La question de la répartition des coûts et des avantages entre différents acteurs (usagers, pollueurs, consommateurs, régions, voire générations futures et écosystèmes) était au cœur de nombre d'asymétries manifestes dans les décisions. Ainsi, une nouvelle infrastructure de transport fait-elle gagner du temps à certains en reportant les nuisances (sonores, visuelles, etc.) et les conséquences de consommation de ressources naturelles (pétrole, espace...) sur d'autres (riverains, générations futures, faune et flore...), voire sur les usagers eux-mêmes. Si le coût des mesures permettant d'atteindre un niveau acceptable d'impacts sur l'environnement s'avère très élevé, l'éventuelle décision de ne pas réaliser l'ouvrage devrait pouvoir faire partie de la négociation.

# Des enjeux environnementaux d'appréciation souvent délicate

Nous avons souligné que l'évaluation économique est soucieuse de mesurer les phénomènes. Elle dépend donc d'informations pas forcément disponibles, et elle révèle ainsi les faiblesses d'autres modes d'évaluation : collecte de données physiques, veille, avancement des connaissances scientifiques, indétermination scientifique, etc. En outre, l'évaluation économique présente certaines limites propres dans le domaine des risques d'environnement et de santé publique : elles tiennent principalement au décalage entre les hypothèses formelles sur lesquelles elle repose (disponibilité de l'information, etc.) et les caractéristiques des situations réelles (incertitudes, controverses, perceptions multiples, coût de l'acquisition d'informations, etc.).

Nous allons ici nous attacher à préciser la nature d'enjeux environnementaux d'évaluation délicate.

Dans [54, p. 34], Philippe Roqueplo relève trois dimensions spécifiques d'un phénomène environnemental tel qu'habituellement débattu : il affecte la réalité physique ; il est perçu comme menaçant ; il est imputable à des activités humaines (quoique ce point puisse être mis en discussion, par exemple dans le cas des risques naturels comme les séismes, les inondations). En outre, Philippe Roqueplo estime que la dimension sociale des phénomènes d'environnement fait partie de leurs caractéristiques propres puisqu'elle participe à leur construction (scientifique, médiatique), à leur perception (opinion) et à leurs conséquences (enjeux). Il en résulte notamment qu'un tel phénomène ne peut être compris par le recours aux seules sciences exactes. Cette précision est essentielle pour juger la pertinence des modes d'évaluation des enjeux environnementaux.

# Des « surprises » graves peuvent se produire

Les perturbations de l'environnement peuvent être d'une ampleur telle qu'elles bouleversent des milieux et des cycles naturels : la gravité des effets en retour peut sortir des limites connues jusqu'ici et conduire à des « surprises » graves, comme c'est le cas pour la dégradation de la couche d'ozone et pour les perturbations du climat.

### La découverte du « trou d'ozone » antarctique

À titre d'illustration, nous rappelons ici la « surprise » qu'a été la découverte du «trou d'ozone» antarctique, à partir d'un historique qu'on trouve dans [53]. En juin 1974, F. S. Rowland et M. J. Molina, deux chercheurs de l'université d'Irvine en Californie, attirent l'attention des scientifiques sur des gaz supposés inertes, les CFC. L'année 1985 voit la découverte, par les Britanniques du British Antartic Survey et les Japonais de l'Institut japonais de recherche polaire, d'un phénomène de grande ampleur au-dessus du continent antarctique, correspondant à une diminution de près de 50 % de l'épaisseur de la couche d'ozone au moment du printemps austral. Ce « trou d'ozone » polaire provoque une surprise d'autant plus grande qu'aucune théorie ni aucun modèle n'ont laissé pressentir un tel phénomène. La découverte du lien entre émissions de CFC et destruction de la couche d'ozone ainsi que des mécanismes à l'œuvre constitue une autre surprise, notamment lorsqu'on s'aperçut que les particules de glace et certains phénomènes météorologiques amplifiaient des réactions chimiques.

### Les surprises climatiques

Le dernier paragraphe du résumé à l'intention des décideurs (aspects scientifiques de l'évolution du climat) du groupe de travail I du GIEC [50, p. 24] porte sur l'éventualité de surprises climatiques : « Des fluctuations inattendues, rapides et de grande ampleur du système climatique (comme il s'en est produit par le passé) sont difficiles à prévoir de par leur nature même. La future évolution du climat risque donc de nous réserver des "surprises", dues notamment au caractère non linéaire du système climatique. En cas de forçage rapide, les systèmes non linéaires sont particulièrement susceptibles de comportements inattendus. Il est possible de réaliser des progrès en étudiant les processus et les composantes non linéaires du système climatique. On peut citer, parmi ces phénomènes non linéaires, les fluctuations rapides de la circulation dans l'Atlantique Nord et les rétroactions liées aux modifications des écosystèmes terrestres. »

Jean Jouzel, qui a participé au groupe de travail I du GIEC 1995, souligne dans [29] que, dans le passé, il y eut des variations climatiques extrêmement rapides (50 ans ou moins) et même des réchauffements encore plus soudains (notamment d'après des données du Grænland). Le climat étant encore plus fragile que ce que portent à penser

les considérations sur le seul effet de serre, on a intérêt à rester le plus près possible du climat actuel. Dans l'Atlantique Nord, certains scientifiques s'inquiètent d'une possible perturbation rapide et de grande ampleur du *Gulf Stream* aux conséquences climatiques incalculables pour l'Europe (refroidissement important et brutal, [120], [121]).

### Les instruments d'analyse des phénomènes liés à l'environnement sont limités

Par nature, les phénomènes d'environnement sont souvent complexes, en particulier dans leurs liens de causalité. L'analyse en souffre : l'évolution des phénomènes d'environnement peut être plus rapide que celle de l'activité scientifique ; l'expérimentation en matière de santé peut poser des problèmes éthiques ou pratiques ; les techniques de mesure peuvent être inadaptées à saisir la multiplicité des facteurs ; l'appareil statistique peut atteindre ses limites en présence d'évènements de faible probabilité d'occurrence, de données en nombre insuffisant, etc.

### Veille scientifique et collecte de données

Comme il est noté dans [2], l'acquisition de connaissances scientifiques est un processus continu et lent, et si, sur la plupart des questions, on peut identifier *a posteriori* que « certains scientifiques l'avaient écrit et prétendaient savoir », ces informations ont mis du temps à être discutées, travaillées ou partagées dans la communauté scientifique, à monter dans la hiérarchie des institutions. On n'est pas à l'abri de surprises, d'autant que l'activité de veille peut être notoirement insuffisante dans certains domaines.

Souvent, des phénomènes environnementaux sont négligés ou considérés comme mineurs au titre que la connaissance d'aujourd'hui est parcellaire et ne permet pas de trancher précisément. Mais il n'est pas rare que ces lacunes ne proviennent pas tant du rythme propre d'acquisition des connaissances, que d'un défaut dans les activités de veille scientifique et de collecte d'informations et de données.

À ce sujet, le dossier des effets sur la santé de la pollution atmosphérique d'origine automobile est exemplaire. Le rapport de mai 1996 de la Société française de santé publique [66], qui fait le point sur les connaissances actuelles concernant les effets sur la santé humaine de la pollution atmosphérique due à l'usage de l'automobile relève en maints endroits le manque d'études françaises. Nous renvoyons à ce sujet au chapitre « Coûts des effets sur la santé de la pollution atmosphérique » (p. 268).

Pour les effets externes généraux des transports, ce défaut dans l'effort de collecte et de recherche en France par le ministère en charge des transports est à mettre en regard de l'imposant travail effectué par le ministère des Transports de Colombie Britannique [132], ou de l'étude

[73] sur la monétarisation des coûts externes de la santé imputables aux transports réalisée sur mandat du service d'étude des transports du département fédéral helvétique des transports.

Les substances provenant des activités humaines et présentes dans l'eau connaissent le même type de difficultés. Les normes européennes sur les concentrations en produits phytosanitaires des eaux destinées à la boisson sont actuellement alignées par précaution sur les possibilités des instruments de mesure les plus performants. Si l'effet de polluants déjà présents dans le milieu naturellement peut être méconnu, que dire de substances fabriquées par l'homme et nouvellement injectées dans ces milieux ? En l'absence d'historique, la prudence actuelle conduit à étudier les effets potentiels sur des modèles animaux, puis à transposer à l'homme en prenant diverses précautions dans l'analogie. En général, compte tenu des délais requis pour la commercialisation, les effets de long terme ne sont pas étudiés avant mise sur le marché.

### Expérimentation

L'activité d'expérimentation possède ses propres limites. Nous en illustrons quelques unes dans le domaine des effets de la pollution atmosphérique sur la santé.

L'expérimentation sur l'homme (comme sur l'animal) soulève des questions éthiques. On cite dans [66, p. 77-78] le cas de nombreuses études (surtout aux États-Unis) qui ont été réalisées chez l'homme, avec l'objectif d'évaluer les effets respiratoires de l'inhalation de polluants gazeux (O3, NO2) à diverses concentrations aussi réalistes que possible. Même avec l'accord des sujets, ces études, dépourvues de bénéfice individuel direct pour les sujets exposés, posent des problèmes éthiques qui nécessitent l'accord de comités *ad hoc* de protection des personnes.

En outre, toujours pour des raisons éthiques, ces essais contrôlés se limitent à des expositions aiguës de courte durée et ne fournissent donc aucune donnée sur la question des effets à long terme des expositions chroniques [66, p. 93].

Les enseignements de l'expérimentation animale sont souvent délicats à extrapoler à l'espèce humaine. Elle est également plus difficile à conduire pour les effets différés, les effets à long terme, la mesure ou l'estimation d'une exposition cumulée.

#### Mesure

Il est clair que tout indicateur est, par nature, réducteur. Ce que nous voulons souligner ici, c'est que cette réduction peut être inadaptée au phénomène environnemental à saisir.

Trois exemples contrastés « d'états de l'environnement » (diversité biologique, particules dans l'air, bruit) nous permettent d'illustrer

le décalage entre certaines mesures et les enjeux environnementaux qu'ils sont supposés apprécier.

#### Mesure de la diversité biologique

L'appréciation de la diversité biologique par des indices synthétiques paraît extrêmement délicate [146]. En particulier, un indice reposant simplement sur un dénombrement d'espèces ne permettrait pas d'apprécier les liens entre espèces, caractéristiques d'un écosystème.

#### Mesure des particules ultra-fines dans l'air ambiant

Il peut y avoir un décalage entre les préoccupations environnementales et les techniques de mesure disponibles. Ainsi, si d'un point de vue biologique et sanitaire, les particules ultra-fines des moteurs à explosion sont sans doute les plus préoccupantes parmi l'ensemble des particules, il n'existe pour autant pas en l'état actuel de technique de mesure permettant de les identifier spécifiquement dans l'ensemble des particules fines dans l'air ambiant [66, p. 59].

#### Mesure du bruit

Comme noté dans [61] (contribution de l'Inrets, chapitre 3, Jacques Lambert, octobre 1994), il existe de grandes difficultés à élaborer des critères d'évaluation du bruit. En détaillant quelque peu la mesure du bruit, nous pouvons apprécier les forces et les faiblesses des indicateurs classiques.

Si le bruit a un caractère éminemment subjectif, le niveau sonore est lui mesuré en décibels. Toutefois, l'appréciation d'un son ne dépend pas seulement de sa puissance (volume) mais aussi de son spectre de fréquences (tonalité). L'oreille humaine ressent moins les basses et les très hautes fréquences que les moyennes. Cette propriété peut être reproduite par des filtres, notamment par un filtre défini par la lettre A. Un niveau sonore mesuré avec un filtre A est exprimé en dB(A). Une augmentation de 10 dB(A) est perçue comme un doublement du bruit.

L'indice niveau moyen Leq mesure un niveau de pression acoustique continu équivalent (indice moyenné sur le temps). C'est une grandeur utile qui ne tient toutefois pas compte de tous les facteurs en jeu :

- hauteur, fréquence et durée du niveau acoustique sont agrégés et implicitement pondérés par définition du niveau moyen Leq; par exemple, le niveau de crête n'est pas isolé en tant que tel, mais intégré dans la moyenne (où il est de fait pondéré par sa durée);
- certains facteurs comme la perception des composantes tonales ou impulsives ne sont pas pris en compte du tout ;
- la fréquence de phénomènes qui n'apparaissent que par périodes est un facteur de gêne insuffisamment pris en compte; pour un niveau moyen identique, il est sans doute préférable d'être exposé à des bruits de forte intensité, mais peu fréquents, qu'à des bruits d'intensité plus faibles mais répétés;

- il existe des différences de gêne d'un genre de bruit à l'autre. Pour un niveau moyen identique, il semble que le bruit routier dérange davantage que le bruit ferroviaire.

En 1975, on a défini un indice niveau équivalent 8 h-20 h. Cet indice était adapté au niveau nocturne car il existait, à l'époque, un écart important pour le bruit des transports urbains entre le jour et la nuit : bien qu'évalué sur 8 h-20 h, il était représentatif de la gêne globale sur 24 h. Aujourd'hui, la gêne de nuit est importante car les niveaux de bruit sont souvent comparables entre le jour et la nuit. Suite à la loi nº 92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit, c'est à la fois pour garantir la protection nocturne, pour permettre la communication des riverains d'une infrastructure (nuit) et pour des questions d'harmonisation (Suisse, Allemagne, Autriche, Danemark) que l'indice niveau équivalent 8 h-20 h a été remplacé par deux indices Leq 6 h-22 h (jour) et Leq 22 h-6 h (nuit).

### Appareil statistique

Nombre de questions d'environnement sont évacuées de toute discussion au prétexte « qu'on ne sait pas bien » : ceci renvoie au statut de la preuve, notamment de la « preuve statistique ». La plupart des différends sur ce thème viennent d'une incompréhension de la nature de l'évaluation statistique : la logique des tests statistiques est celle de l'invalidation d'hypothèses plutôt que celle de la validation de thèses. Le parallèle peut être fait avec la logique scientifique de réfutabilité d'une théorie que nous retrouverons plus loin au sujet du statut de la preuve scientifique.

# Tests statistiques, erreurs de première et de seconde espèce

Philippe Roqueplo dans [54, p. 360] estime que la communauté scientifique devrait vulgariser les notions statistiques comme celles d'erreur de première et de seconde espèce (correspondant au risque d'annoncer comme vrai quelque chose de faux ou comme faux quelque chose de vrai).

En théorie des tests, dans sa version la plus simple, on doit mettre à l'épreuve une hypothèse H<sub>0</sub> (« hypothèse nulle ») contre une hypothèse alternative H<sub>1</sub>, sur la base de données d'observations et en fonction d'un test (une règle de décision satisfaite avec une forte probabilité si H<sub>0</sub> est supposée vérifiée). Par exemple, l'hypothèse nulle H<sub>0</sub> est qu'une population exposée à un certain type de polluants présente des pathologies différentes de celles d'une population de référence non exposée.

En pratique, si les données ne satisfont pas au test, on rejette H<sub>0</sub> au profit de H<sub>1</sub>, mais ceci se fait avec une probabilité d'erreur de première espèce (probabilité de rejet à tort). En effet, il n'est pas impossible (bien qu'improbable) que l'hypothèse H<sub>0</sub> soit vérifiée et que les données ne satisfassent pas au test.

En pratique, si les données satisfont au test, on accepte alors H<sub>0</sub>, mais ceci se fait avec une probabilité d'erreur de deuxième espèce (probabilité d'accepter à tort H<sub>0</sub>). En effet, il n'est pas impossible (bien qu'improbable) que l'hypothèse H<sub>1</sub> soit vérifiée et que les données satisfassent au test. Par exemple, on pourrait attribuer une différence entre pathologies à l'exposition aux polluants, alors que le résultat provient en fait des seules fluctuations aléatoires d'échantillonage.

#### Limites quantitatives au recours aux tests statistiques

Il est des cas où l'invalidation d'une hypothèse demanderait une collecte de données hors de portée : c'est une des limites de l'appareil statistique.

Dans [49], Jean-Paul Moatti cite le cas des rayonnements ionisants. Ce cas est exemplaire pour les facteurs de risque environnementaux des grandes pathologies humaines (cancers, maladies cardio-vasculaires, effets tératogènes, etc.). Si l'épidémiologie a pu établir l'existence d'effets aléatoires dans des populations qui avaient subi des expositions limitées de l'ordre de 0,2 sievert (20 rem), il lui est impossible de démontrer avec certitude l'existence de tels effets pour des expositions inférieures. Aux niveaux de doses faibles, la démonstration d'une différence statistiquement significative (rejet de l'hypothèse nulle) est pratiquement impossible, même par une expérimentation animale, car elle requerrait des conditions d'expérience inatteignables en terme de conditions et de nombre d'animaux.

Nous sommes ici dans ce que le physicien A.-M. Weinberg qualifie de problèmes «transcientifiques» où l'incertitude exige inévitablement, pour prendre des décisions, de faire intervenir des jugements de valeurs extra-scientifiques dans l'évaluation du risque. C'est à ce titre que la Commission internationale de protection radiologique (instance scientifique internationale de référence) a estimé que les rayonnements sont dangereux, quel que soit le niveau d'exposition : ce choix repose sur *un principe éthique de précaution* qui ne renvoie pas directement à la connaissance scientifique, mais à des procédures de choix raisonné, en vue de l'action.

### Des modèles théoriques contradictoires

peuvent être soutenus par les mêmes données d'observation Comme souligné dans [48], certains faits ont besoin d'être analysés via un modèle pour être efficacement exploités; il convient pour cela de choisir une famille de lois probabilistes et d'en estimer les paramètres grâce aux données. Ce choix comporte de l'arbitraire à différents niveaux. Il se peut alors que certaines déductions tiennent moins aux données elles-mêmes qu'aux hypothèses faites sur les distributions de probabilité, fournissant des informations précisément là où les données n'en contenaient pas (notamment sur les « queues de distribution de probabilité » et sur les évènements rares).

À défaut de comprendre le mécanisme des phénomènes, on sélectionnera souvent une famille vraisemblable de distributions de

probabilité (un « modèle statistique »). Si les observations ne permettent pas d'en réfuter l'élément le mieux adapté, c'est ce modèle qui sera adopté dans les développements ultérieurs, au moins provisoirement. Cependant, même s'il n'a pu être réfuté à un niveau de signification fixé (probabilité de rejet à tort fixée), on pourrait en général en trouver d'autres suffisamment voisins, dans cette famille ou dans une autre, qui ne pourraient être réfutés davantage. Ce choix peut être indifférent pour la décision et différents modèles sont équivalents s'ils induisent une même décision. Le cas est fréquent en général, mais plutôt exceptionnel en matière de risques majeurs.

Lorsqu'on traite d'évènements rares, il n'est pas dit que deux modèles ne s'écartent pas très significativement dans ces circonstances, alors même qu'ils étaient substituables du point de vue décisionnel dans des situations moins extrêmes. Des modèles théoriques peuvent donc être soutenus par les mêmes données d'observation, sans pour autant conduire aux mêmes décisions. L'évaluation de la dangerosité pour l'homme des diverses espèces de dioxines et furanes en est une illustration ([82, p. 237-240])

### Une difficulté méthodologique : l'évaluation statistique de la probabilité d'occurrence d'évènements rares

La sûreté des installations industrielles présentant un potentiel catastrophique de faible probabilité d'occurrence est typique d'un certain nombre de problèmes d'environnement. Quelle que soit la sophistication des « études probabilistes de sûreté », il n'est pas envisageable de faire reposer l'estimation des distributions de probabilité de la catastrophe éventuelle sur l'expérience de fonctionnement des installations et de garantir l'impossibilité «absolue» de tels évènements rares [48].

En outre, l'estimation des probabilités d'évènements rares présente une difficulté méthodologique propre soulignée dans [48] : rejeter un modèle, comme on le fait habituellement en théorie des tests, lorsqu'il attribue une probabilité trop faible à un évènement *observé*, se justifie au fond par l'axiome qu'un évènement suffisamment rare ne se réalisera pas ou qu'on n'en sera jamais témoin, alors que l'on prétend en faire l'objet d'étude.

En fait, on peut légitimement s'interroger sur la pertinence du concept de probabilité lorsqu'on l'applique à des évènements exceptionnels [46]. À la limite, les évènements intrinsèquement uniques peuvent être du domaine de l'incertain, sans être probabilisables.

# Le rôle du modèle statistique sous-jacent : les valeurs extrêmes sont-elles anormales ?

Souvent, dans l'analyse d'une série de données, on ne tient pas compte des « valeurs extrêmes », les considérant comme aberrantes parce qu'extrêmes. Si ceci peut se concevoir dans des séries homogènes où les valeurs extrêmes peuvent provenir de défauts de mesures (mais pas toujours), ceci peut aussi conduire, dans des séries hétérogènes, à des sous-évaluations aux conséquences graves.

Le cas du «trou» dans la couche d'ozone est particulièrement instructif. Comme il est souligné dans [17, p. 24-25], certaines des données concernant l'ozone antarctique ont été éliminées par un programme informatique d'exploitation de la NASA comme étant «anormales» parce que situées en dehors des limites habituelles de variabilité, ce qui a empêché les scientifiques de la NASA de découvrir le «trou»...

En fait, ces « limites habituelles de variabilité » sont généralement des « intervalles de confiance » (dans lesquels des grandeurs sont supposées se trouver avec une probabilité élevée). Or, de tels intervalles dépendent fortement des lois de probabilité retenues dans le cadre du modèle statistique sous-jacent. Choisir des lois gaussiennes peut conduire à de petits intervalles et à rejeter comme « anormales » nombre de valeurs parce qu'estimées rares. Avec d'autres types de lois de probabilité (exponentielles...), élargissant les intervalles de confiance, une « surprise » peut se voir attribuer une probabilité bien moins faible que sous l'hypothèse gaussienne.

Dans la DERU, l'établissement des normes de rejet et de leur niveau de respect (respecter 95 % du temps les valeurs minimales de rejet) a ouvert un débat complexe sur les évènements pluvieux, et sur la contribution de ces évènements à la pollution. Partant, l'importance des flux polluants pendant les évènements exceptionnels (sachant que ces évènements intervenant tous les six mois ou un an sont quasi ordinaires à l'échelle des milieux) a commencé à être prise en compte dans les stratégies de reconstitution des milieux aquatiques, ce qui n'était pas le cas auparavant, justement au motif de leur faible probabilité. Concernant les boues d'épuration, les concentrations en métaux lourds peuvent être très variables (bouffées), ce qui pose des problèmes d'échantillonnage et d'appréciation de la représentativité des mesures, et de pertinence des définitions de concentrations maximales admissibles.

# Les acteurs ont des perceptions contrastées des enjeux

Ayant qualifié les phénomènes d'environnement comme possédant intrinsèquement une dimension sociale, par le biais de leur construction (scientifique, médiatique), de leur perception (opinion) et de leurs conséquences (enjeux), ceci introduit une nouvelle difficulté d'appréciation.

# Assumer ou manipuler l'indétermination scientifique ?

Certains phénomènes environnementaux ou sanitaires ne sont pas sérieusement pris en compte par nombre d'acteurs au motif qu'il y a incertitude quant à leur réalité. C'est notamment le cas pour les relations entre accroissement de l'effet de serre et changements climatiques, entre pollution atmosphérique et santé, etc. La science est sommée de répondre « vite et avec certitude » alors que l'activité scientifique, par nature, a

des rythmes et des critères d'évaluation qui ne lui permettent pas de répondre *stricto sensu* en de tels termes.

La question centrale est de savoir quel peut être l'apport de la science à la décision dans le cas (fréquent dans les problèmes d'environnement) où la science « du jour » ne peut pas répondre complètement aux interrogations des décideurs (Philippe Roqueplo).

#### Il existe des poches irréductibles d'indétermination

Comme le souligne Olivier Godard dans [52], il existe une croyance positiviste en une science capable de réduire toute incertitude moyennant une poursuite suffisante de la recherche. Or, il existe des poches irréductibles d'indétermination, notamment dans la part des incertitudes imputable au processus de constitution des connaissances. C'est le cas des processus de généralisation (agrégation, extrapolation...) qui permettent de passer des conditions locales (expérimentation contrôlée, prise d'information...) à un niveau supérieur de généralité. Sur de nombreuses questions, aucune preuve définitive ne pourra jamais être obtenue.

#### Prouver ou ne pas être en mesure de réfuter ?

À l'instar de l'évaluation statistiques (tests), le mode d'assertion scientifique est celui de l'invalidation d'hypothèses, de la réfutation de théories (et non pas de validation). On ne peut donc demander aux scientifiques plus qu'ils ne peuvent fournir.

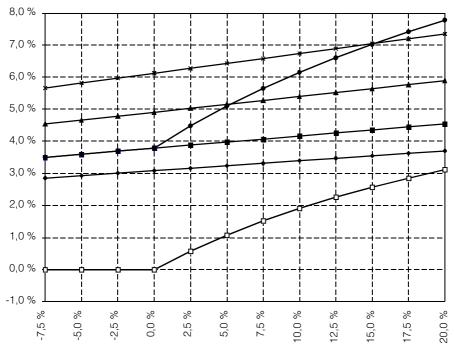
Interrogés par exemple sur l'existence d'une relation entre un éventuel facteur X (les émissions anthropiques de gaz à effet de serre, tel polluant atmosphérique...) et un éventuel effet Y (les changements de climat, telle affection respiratoire...), les scientifiques ne peuvent que répondre : « au vu des connaissances et des données disponibles, et avec une faible probabilité de nous tromper, nous pouvons annoncer que nous n'avons pas pu trouver de raison de nier une telle relation ». Certains traduisent alors ce « rien ne permet d'infirmer l'existence d'une relation » en un « rien ne permet de prouver l'existence d'une relation ».

La progression des connaissances obéit schématiquement au processus suivant : sur la base d'analyses sérieuses, des théories ou des faits scientifiques sont reconnus par consensus scientifique tant qu'on n'a pu trouver de raison de les réfuter. La notion de «preuve scientifique » ne coïncide donc pas avec les exigences probatoires des décideurs, qui par ailleurs souffrent de dissymétrie : nous avons vu qu'elles sont très fortes lorsque l'enjeu environnemental remet en question certaines décisions, mais bien moindres lorsqu'il s'agit de justifier lesdites décisions.

Il est illusoire de penser que la science peut trancher là où elle ouvre un espace de doute, qui en est caractéristique (une théorie scientifique doit être réfutable). Dans cet espace où rien ne peut être tout à fait *vérifié* mais seulement éventuellement *non réfuté*, certains voient matière à ne rien faire (« attendons d'en savoir plus... »), tirant argument des incertitudes existantes pour différer les décisions; d'autres voient matière à mettre en œuvre le principe de précaution si des effets néfastes

Figure 4

Accroissement de la rentabilité pour l'investisseur



Rentabilité avant mesures spécifiques

-16,7% à l'entrée

-20% à l'entrée

-25% à l'entrée

-30% à l'entrée

\_\_ PV non taxée

PV non taxée &-20%

éventuels sont de grande ampleur et si des décisions doivent être prises aujourd'hui pour éviter ces effets demain. C'est le cas pour les émissions de gaz à effet de serre qui devraient être réduites dès aujourd'hui sous peine de perturber encore plus gravement le climat demain [50].

### Attendre ou stabiliser temporairement la connaissance scientifique ?

Lorsque la science est mobilisée dans un différend engageant l'économie, elle est vulnérable à certaines manœuvres comme il est noté dans [52]. En effet, l'évaluation scientifique est relativement lente : critères reposant sur la reproductibilité expérimentale des protocoles, publications soumises à expertises croisées (évaluation par les pairs), etc. Obtenir un « résultat scientifique » est donc « coûteux ». En revanche, une hypothèse ou une conjecture n'est pas soumise au même niveau de contrôle. De ce fait, ce sont des variables accessibles à la manipulation, « à un coût faible ».

En lançant une hypothèse ou une conjecture, on peut espérer influer à moindre coût sur une décision, notamment pour la repousser. C'est pourquoi, la connaissance scientifique doit être temporairement et périodiquement stabilisée (sur le modèle de l'expertise sur les changements climatiques) pour ne pas être soumise perpétuellement à des manipulations qui empêchent toute décision.

### Rythmes propres à l'activité d'accumulation des connaissances

La progression des connaissances et des thèses scientifiques (éventuellement remises en question par la suite) n'épousent pas forcément les rythmes imposés aux décisions. Dans le cas de la pollution atmosphérique, ce n'est que récemment que l'existence de « seuils de pollution » (qui ont pu guider des politiques) a été remise en question.

Comme l'indique [66, p. 10], « alors qu'au vu des indicateurs classiques de la qualité de l'air, il serait abusif de clamer que la pollution de l'air de nos cités est aujourd'hui plus sérieuse qu'il y a 20 ans, des effets biologiques préoccupants à court et long terme sont aujourd'hui révélés, qui n'étaient qu'hypothétiques lors de la rédaction du rapport du professeur A. Roussel ». « La sensibilité ou la susceptibilité particulière de certains segments de la population est mieux comprise, tandis qu'est remis en cause le principe jusqu'alors communément admis de l'existence de seuils de pollution en deçà desquels les systèmes de défense permettent de réparer les effets de l'agression polluante. Si cela est sans doute vrai pour chaque individu, l'extrême diversité des niveaux de réactivité et de sensibilité des individus constituant les populations humaines (nourrissons, vieillards, asthmatiques...) rend sans doute illusoire la recherche de tels seuils sans danger collectif. »

### L'exemple du consensus sur l'effet de serre

Malgré le doute, une des spécificités de l'activité scientifique est de chercher à fermer, au moins temporairement, la controverse pour avancer dans la connaissance et ouvrir des perspectives. Le déroulement de l'expertise sur l'effet de serre est instructif : il montre qu'un « état de l'art » régulièrement actualisé et débattu contradictoirement est possible, et qu'il permet une stabilisation temporaire facilitant la prise de décision. Nous rappelons brièvement la chronologie de cette expertise.

Novembre 1988. Le Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) est créé par le programme des Nations Unies sur l'environnement et l'Organisation météorologique mondiale dans le but d'évaluer l'information scientifique sur le changement de climat pertinente pour la définition de politiques nationales et internationales.

Juin 1992. La convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques est présentée pour signature à la conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (Rio de Janeiro). Elle reconnaît la menace de changement climatique et fixe comme objectif ultime « la stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique ». Elle entre en vigueur en 1994 et les

plus de 150 États (dont la France) qui, à ce jour, l'ont ratifiée se sont engagés à un retour en l'an 2000 des émissions anthropiques de gaz à effet de serre au niveau de 1990. L'organe suprême de la Convention est la Conférence des parties qui se réunit tous les ans.

Décembre 1995. Réunies à Rome, les instances du GIEC c'est-à-dire son bureau (dont les membres sont proposés par les gouvernements) et ses assemblées plénières (constituées de membres désignés par les gouvernements et d'experts les assistant) approuvent le deuxième rapport d'évaluation du GIEC. Ce rapport est le fruit de la collaboration internationale de plus de deux milles chercheurs et spécialistes (avec procédures d'expertise et de contre-expertise). Il est accompagné de quatre résumés pour les décideurs (Synthèse du deuxième rapport d'évaluation du GIEC, Aspects scientifiques de l'évolution du climat, Analyse scientifique et technique des incidences de l'évolution du climat, adaptation et atténuation, Aspects socio-économiques de l'évolution du climat). La version définitive [50] de ce document de synthèse a été approuvée mot à mot lors de cette onzième session du GIEC à laquelle ont assisté des représentants de 116 gouvernements, de 13 organisations intergouvernementales et de 25 organisations non gouvernementales. Fruit d'un compromis difficile, ce document énonce que « le faisceau d'éléments disponibles suggère qu'il y a une influence perceptible de l'homme sur le climat global ».

Juillet 1996. Les ministres et chefs de délégation de la deuxième Conférence des parties à Genève reconnaissent et endossent le deuxième rapport d'évaluation du GIEC.

Aujourd'hui. Suite au deuxième rapport du GIEC, voici ce que nous pouvons aujourd'hui avancer (extraits du document de synthèse). « En moyenne globale, la température de surface a augmenté de 0,3 à 0,6 °C environ depuis la fin du XIXe siècle ». « La concentration de gaz à effet de serre continue d'augmenter ». « De nombreux gaz à effet de serre restent très longtemps dans l'atmosphère (de plusieurs dizaines d'années à plusieurs siècles pour le CO<sub>2</sub> et le N<sub>2</sub>O) ». « On s'attend à ce que le climat continue d'évoluer ». « La future évolution du climat risque [...] de nous réserver des "surprises", dues notamment au caractère non linéaire du système climatique ». « Des modifications potentiellement graves ont été identifiées, y compris, dans diverses régions, une multiplication des phénomènes extrêmes liés à des températures élevées, des inondations et des sécheresses, entraînant des incendies, une augmentation de parasites et certaines conséquences pour la composition, la structure et le fonctionnement des écosystèmes, notamment leur productivité primaire ».

# Enjeux minimisés ou perçus comme négligeables

Des impacts peuvent être minimisés, soit en raison de biais culturels, soit parce qu'ils affectent des tiers sans moyen d'expression (générations futures, écosystèmes, etc.).

#### Biais culturels

Nous donnons quatre exemples de biais, où l'aspect culturel peut parfois être mis en lumière grâce à des comparaisons étrangères.

#### L'exemple des effets sur la santé de la pollution de l'air

Les effets de la pollution de l'air sur la santé sont en pratique souvent minimisés comme en témoignent différents exemples : réticences à rendre publique l'étude Erpurs [60] sur la situation en Île-de-France ; arrêt du conseil d'État du 10 novembre 1995 sur l'autoroute A51 (l'étude d'impact « n'est pas tenue de comporter une rubrique particulière relative à la pollution atmosphérique, ni de décrire le détail des mesures à prendre pour atteindre les objectifs de protection des zones de captage d'eau, de sauvegarder des sites et de protection acoustique »).

Lors du colloque AFITE du 20 mars 1997 (Paris) sur la pollution de l'air, le docteur William Dab a souligné que la négation systématique de problèmes sanitaires au motif qu'il ne s'agit pas de catastrophes conduit toujours à une mise en accusation radicale ultérieure des acteurs qui ont tenu ce type de discours, avec de possibles retombées socio-économiques importantes.

#### L'exemple du bruit

Depuis déjà de nombreuses années, le bruit dû aux moyens de transport constitue une des nuisances d'environnement les plus ressenties par les populations urbaines. Les enquêtes sur l'évaluation de la qualité de leur environnement le confirment. La concentration dans les centres urbains, le développement du nombre de véhicules et de la circulation automobile ont créé des situations d'exposition au bruit critiques. Or, les législations nationales diffèrent grandement, révélant des perceptions contrastées d'un même phénomène.

Pour ce qui concerne les nuisances dans l'habitat dues au bruit routier, les seuils physiologiques sont relativement connus.

- En dessous de 55 dB(A) de jour, la gêne et plus généralement les perturbations dues au bruit sont très faibles, voire nulles. Les activités au domicile peuvent être pratiquées normalement. Le niveau de 55 dB(A) est ainsi considéré comme un seuil de confort acoustique.
- Entre 55 et 60 dB(A), les effets du bruit sont encore acceptables; mais les personnes les plus sensibles au bruit commencent à être gênées.
- 60 dB(A) représente le niveau seuil de jour au-delà duquel la gêne tend à s'accroître fortement. Le nombre de personnes gênées passe de 20 à 60 % lorsque l'on atteint 65 dB(A). Le niveau de 60 dB(A) est actuellement en France l'objectif à respecter dans les actions de prévention.
- Au delà de 65 dB(A), on observe une part croissante de comportements révélateurs d'une forte gêne : modification de l'usage du logement, renforcement de l'isolation des façades et même intention de déménager. Ce niveau correspond en moyenne à 55 dB(A) la nuit, ce qui représente la limite maximum qu'il conviendrait de ne pas dépasser pour assurer des conditions de sommeil satisfaisantes pour une majorité de

personnes (soit un niveau intérieur à ne pas dépasser de 35 dB(A) fenêtres fermées).

La nouvelle réglementation française (loi du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit, arrêté du 5 mai 1995) fixe des seuils selon la destination du logement (résidentiel, mixte), dont on notera que ce sont des normes pour zones urbaines, pas forcément adaptées aux zones rurales. Par exemple, en logement résidentiel, le Leq-jour ne doit pas dépasser 60 dB(A) et le Leq-nuit 55 dB(A), pour les nuisances engendrées par une voirie nouvelle. Or, cet écart de 5 dB(A) entre le jour et la nuit est un écart faible en comparaison de pays étrangers comme la Suisse où il est plutôt de 10 dB(A).

La réglementation en Suisse est décrite dans le *Commentaire relatif à l'ordonnance sur la protection contre le bruit* en exécution de la loi sur la protection de l'environnement. La législation sur l'aménagement du territoire définit des zones de sensibilité différente (I à IV) selon l'utilisation principale des territoires touchés. D'un autre côté, on distingue trois niveaux de valeurs limites d'exposition au bruit.

- Les valeurs limites d'immission définissent le seuil général à partir duquel le bruit devient nuisible et incommodant.
- Les valeurs limites de planification sont plus basses que les précédentes, car elles visent à empêcher que le niveau de bruit augmente jusqu'à atteindre la limite de l'incommodité, et ceci même dans le cas où des installations supplémentaires viendraient s'ajouter aux existantes. Les valeurs de planification sont inférieures de 5 dB(A) aux valeurs limites d'immission.
- Les valeurs d'alarme sont fixées à une limite qui est plus élevée de 5 à 15 dB(A) que la norme retenue pour les valeurs limites d'immission. Les immissions atteignant ces valeurs sont considérées comme extrêmes et doivent obligatoirement être ramenées à un niveau inférieur.

On croise enfin degrés de sensibilité, niveaux de valeurs limites d'exposition au bruit et distinction jour-nuit pour définir des réglementations.

#### Les effets de l'agriculture sur l'atmosphère

La culture du maïs peut générer des oxydes d'azote contribuant à l'effet de serre. Pourtant, il n'est pas dans la tradition du monde agronomique de se préoccuper de l'air, mais plutôt du vivant et du sol (hors CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O).

Les traitements de l'eau (nitrification, dénitrification) peuvent également générer NH<sub>3</sub> et NOx; les lisiers sont les premiers producteurs d'ammoniaque. Le compostage de boues et les réactions des matières organiques peuvent-ils contribuer à l'effet de serre? Est-il dans la culture des traiteurs d'eau d'imaginer que leur activité puisse influer sur le climat?

Réciproquement, un accroissement de l'effet de serre augmente les besoins en eau des plantes irriguées. Par exemple, un doublement de

la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère accroîtrait de 50 % la demande en irrigation du maïs (voir le future rapport de la cellule de prospective « Environnement et économie rurale »).

#### Les zones humides

Les zones humides ne sont pas appréciées de la même façon en France et en Ontario, pour lequel « les terres marécageuses sont importantes pour l'économie ontarienne [car] elles maintiennent et améliorent la qualité de l'eau, aident à contrôler les inondations, offrent un habitat à la faune et aux paysans ainsi que des avantages économiques et sociaux considérables, notamment les activités de loisir en plein air et celles reliées au tourisme » [139]. Avec un présupposé de cette nature, l'Ontario assujettit le drainage d'un marais à une étude économique. Jusque très récemment, la France ne l'a pas fait, car les marais supposés mauvais et inutiles légitimaient *ipso facto* leur disparition, quel qu'en soit le coût.

Sur les fonctions remplies par les zones humides, nous renvoyons au chapitre « Valeurs des zones humides » (p. 220) qui en traite spécifiquement.

#### Absence de porte-paroles

Par définition, les intérêts des générations futures, des écosystèmes, n'ont pas de porte-parole (sauf indirectement). La prise en compte d'enjeux qui les affectent est souvent négligée.

Le bruit dû au trafic interurbain est souvent considéré comme négligeable en comparaison de ses effets en ville. Or ce bruit affecte des populations animales, par exemple dans leur répartition territoriale ou dans leurs comportements (difficultés de reproduction chez les oiseaux en brouillant les signaux sonores émis, par exemple). Lorsqu'une infrastructure de transport est prévue dans un endroit peu peuplé, les usages possibles des terrains voisins sont orientés pour les générations futures (sans parler des perturbations actuelles pour les écosystèmes). L'effet d'une route ne peut donc se mesurer uniquement en niveaux de bruit et en nombre de personnes gênées : il comprend également les surfaces affectées par le bruit (zones et bandes de nuisances) pour aujourd'hui et pour demain.

Dans le cas de la protection des milieux aquatiques, certains ont des « intermédiaires » fondés sur des usages : pêcheurs, protecteurs de l'avifaune, producteurs d'eau potable, entreprises de « tourisme vert », etc. Ces activités reposent sur un fonctionnement harmonieux et durable des écosystèmes.

Les effets de la pollution atmosphérique sont minimisés hors zones urbaines, au motif que les populations humaines sont dispersées. Il est ainsi affirmé dans [133, p. 109] que l'action des particules fines est très locale et que leur nocivité est réduite en rase campagne. Ceci est discutable car, outre le caractère fortement migratoire de ce type de particules, il faudrait compter avec leurs effets sur les population animales et végétales. De même, on sait que la pollution de fond en ozone

troposphérique, polluant cumulatif à l'échelle de l'hémisphère nord, dégrade le rendement des cultures céréalières [106].

# Visions segmentées des effets, des moyens, des coûts

Si seuls certains aspects d'un phénomène environnemental global sont examinés (focalisation sur l'impact paysager du passage d'une infrastructure de transport, et non sur les effets de coupure, etc.), le spectre des décisions peut se restreindre, induire des répartitions de coûts non évaluées, et laisser s'aggraver les aspects non traités.

En France, la couverture médiatique de la pollution atmosphérique porte presque exclusivement sur les effets de la pollution locale sur la santé, et seulement depuis quelques semaines (sommet de Kyoto) sur la pollution globale (effet de serre) dont les effets seront indirects (sur le climat) et perçus surtout par les générations futures. Elle mentionne quasi exclusivement la « pollution automobile », occultant le fait que la pollution atmosphérique urbaine est due pour moitié au transport de marchandises [106]. Certaines décisions peuvent alors conduire à des effets redistributifs non envisagés et à des coûts dans le futur.

Ainsi, une baisse des seuls polluants locaux, véhicule par véhicule, au moyen de techniques *end of pipe* (pot catalytique, etc.), pourrait effectivement conduire à des améliorations importantes après renouvellement du parc. Mais ce type de réponse, sans s'accompagner d'une modération de la circulation (notamment par des solutions de marché consistant à tarifer à son juste prix l'usage de la route, ou par un partage de la voirie existante), aurait plusieurs incidences coûteuses :

- un possible relâchement des consommations unitaires des véhicules ;
- une poursuite des tendances à l'étalement urbain et donc à l'accroissement de notre dépendance énergétique dont les générations futures supporteront les coûts;
- un coût supporté par les nouveaux acheteurs de véhicules et pas par les utilisateurs actuels;
- un coût supporté aussi par des utilisateurs ruraux ou des conducteurs occasionnels qui contribuent moins à la pollution locale urbaine.

# Périmètre de consolidation : quelles limites prend-on pour les effets étudiés ?

À cantonner l'évaluation aux seuls effets susceptibles de quantification monétaire pour pouvoir mener des calculs, on s'impose d'en limiter le champ. Ce faisant, nombre d'effets ne sont plus envisagés car peu sûrs et trop complexes. N'étant pas évaluables monétairement, ils sont souvent évacués de la construction de la décision.

#### **Dimensions temporelles et spatiales**

La dimension temporelle des effets est souvent essentielle : effets des émissions de CO<sub>2</sub> (plusieurs centaines d'années), conséquences

de la diminution de l'ozone stratosphérique, pollution des nappes phréatiques, etc. Il en est de même pour la dimension spatiale (local, régional, etc.), par exemple pour les polluants atmosphériques comme l'ozone ou le CO<sub>2</sub>. Or, plus les limites temporelles ou spatiales s'éloignent, plus l'évaluation est délicate.

#### Diffusion de « modèles de valeurs » par l'exemple

Certains effets indirects des décisions peuvent être majeurs. Par exemple, les effets du transport sur l'environnement dans nos sociétés ne se réduisent pas aux impacts directs (nuisances) : nos options en matière de transport et de mode de développement ou d'urbanisation servent de modèle (valeur d'exemple) à des pays comme la Chine et l'Inde...; ceux-ci peuvent devenir des contributeurs majeurs à des problèmes globaux (consommation de pétrole, émissions de gaz à effet de serre, etc.) dont nous subirions les effets (difficultés d'approvisionnement pétrolier, changements climatiques, etc.).

La croissance sur un modèle « énergétivore » du transport dans les pays en développement peut provoquer une concentration géographique des ressources fossiles par épuisement des ressources plus dispersées. À ce moment, l'effet psychologique mondial que produit la dépendance à l'égard d'une ressource géographiquement limitée peut créer une rupture dans les conditions de développement.

Ces impacts importants de la diffusion d'un modèle de développement fortement consommateur d'énergie fossile et d'espace (transport par le mode routier, par exemple) devraient être appréciés lors des décisions d'ensemble des investissements. Or ceci n'apparaît pas dans les modèles macro-économiques qui soutiennent les éléments de cadrage économique (consommation des ménages, commerce extérieur, évolution des prix, du PIB, de la production industrielle, des taux d'intérêt à long terme).

De même, l'argument fréquent d'accessibilité (article 17 de la loi du 2 février 1995 sur l'aménagement et le développement du territoire, etc.) peut être un modèle pour des pays qui sont riches en diversité biologique. Si nous acceptons de traverser des zones nationales inventoriées pour leur intérêt écologique (zones humides, Znieff, etc.) au nom de cette accessibilité, il nous est difficile de demander à d'autres pays (tropicaux notamment) de préserver leur diversité biologique dans le cadre de négociations internationales. Si ces pays s'inspirent de ce modèle, ils peuvent eux aussi morceler leur territoire et contribuer à appauvrir drastiquement la biodiversité planétaire : or, en divisant une surface en dix parcelles, on réduit le nombre d'espèces de moitié [146, p. 260]. Ici aussi, chaque micro-décision peut avoir un impact marginal, mais ce n'est plus le cas de leur somme.

#### Enjeux stratégiques et diplomatiques

Si la contribution des transports à l'accroissement de l'effet de serre ne se conçoit que comme un effet externe à intégrer dans les analyses coûts-avantages, mais non intégré dans les prix du transport, il est vraisemblable que les tendances passées se poursuivront, rendant problématique le respect d'engagements internationaux actuels et prévisibles.

De nombreux engagements internationaux signés par la France peuvent ne pas être satisfaits en raison d'impacts de décisions purement nationales, notamment dans le domaine du transport : la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques et l'engagement français (signé le 13 juin 1992, ratifié le 25 mars 1994, entrant en vigueur le 23 juin 1994) de stabilisation en l'an 2000 des émissions de gaz à effet de serre ; la convention sur la diversité biologique signée le 13 juin 1992 ; la directive du Conseil des communautés européennes du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages ; la directive du Conseil des communautés européennes du 2 avril 1979 concernant la conservation des oiseaux sauvages ; la convention de Genève sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance ; la Convention de Ramsar relative aux zones humides d'importance internationale (signée le 2 février 1971 et ratifiée le 1<sup>er</sup> octobre 1986), etc.

Le non-respect de nos engagements pourrait avoir des incidences diplomatiques, affaiblir la position de la France, et rejaillir sur d'autres dossiers internationaux.

### Distinction entre les risques

Beaucoup de problèmes environnementaux sont formulés en terme de risques. Or la perception individuelle et collective de l'acceptabilité des risques diffère suivant qu'ils sont librement consentis, à grande responsabilité individuelle, à faible responsabilité individuelle ou indépendants des individus. Ces distinctions doivent être effectuées pour mieux apprécier les enjeux attachés à un type de risque.

Comme le souligne Mark Sagoff dans [39], « il y a une différence éthique entre sauter et être poussé, même quand les risques et bénéfices sont identiques », et un risque inexpliqué, non maîtrisé par ceux qui y sont exposés, mais dont ils ont le sentiment qu'il leur est imposé sans contrepartie ni consultation par autrui, ne peut être assumé : « certains risques sont inacceptables parce qu'ils n'ont pas été acceptés ».

En outre, une perception ne représente pas toujours un fondement solide pour l'évaluation et la décision. Il y a des perceptions erronées (sous-information), des perceptions qui reflètent le contexte de l'action et qui changent si le contexte est modifié, etc.

### L'évaluation économique et l'intégration d'enjeux environnementaux : rapprochements et décalages

Nous avons souligné les propriétés intéressantes que possède l'évaluation économique pour la coordination de la prise de décision. Nou devons toutefois noter que ce type d'évaluation reste marqué par ses hypothèses fondatrices, qui peuvent éventuellement se trouver en porte-à-faux dans des situations de risques pour l'environnement. En outre, dans son application, elle est fortement dépendante du contexte en jeu; très technique, et donc soumise à des conventions, elle est plus ou moins manipulable par certains acteurs.

### Des évaluations marquées par la théorie

Ce que nous qualifierons de faiblesses et de qualités de l'évaluation économique comme mode d'évaluation d'enjeux environnementaux provient très largement du corpus théorique qui la fonde. Nous développons ce point en nous inspirant largement d'une contribution d'Olivier Godard dans [20].

# Une conception du bien commun fondée sur les préférences individuelles

L'évaluation économique mobilise des instruments de représentation des intérêts et des préférences des agents économiques (notamment en réduisant la variété et la multiplicité des aspects d'un enjeu donné à l'échelle commune de l'évaluation monétaire). Cette forme de représentation illustre un certain point de vue sur la réalité, fondé sur quelques hypothèses fortes.

Quand on fait une évaluation économique, on fait l'hypothèse qu'un ensemble d'agents ont des préférences déjà constituées qu'il convient de révéler. Nous avons vu que le bien commun recherché a alors pour forme le meilleur équilibre possible entre les préférences individuelles. C'est la norme économique centrale : quand on recourt à l'évaluation économique, on accepte implicitement cette hypothèse. Alors, le bien de la collectivité n'est pas autre chose que de permettre aux projets personnels des individus de se déployer au mieux ; il s'exprime donc par le concept du « meilleur équilibre » (notion classique d'optimum de Pareto).

Cette conception s'oppose à d'autres, plus proches de la tradition « contractualiste » de la philosophie politique (dans la lignée de Rousseau) où la notion de bien commun se construit non pas en se fondant sur les particularités des préférences des individus, mais sur la capacité

des citoyens à s'abstraire de leurs attachements singuliers, personnels, pour accéder à la définition authentique du bien de la collectivité.

En d'autres termes, l'évaluation économique exacerbe ce qu'il y a de différences, de singularités et de contingences dans les préférences personnelles, alors que la construction politique du bien commun ne tient que par une épuration de tous ces éléments singuliers (la Justice).

Ainsi, il y a des domaines où les préférences du «consommateur» sont légitimes, et d'autres où elles doivent s'effacer au profit de l'exercice du jugement et des préférences du «citoyen». Ces deux types de préférences n'ont ni les mêmes fondements ni les mêmes ressorts. Il existe cependant de nombreux domaines où l'on ne sait pas bien si le problème relève du consommateur ou du citoyen; les deux dimensions coexistent et, portées par des acteurs différents, se confrontent dans le débat public. Le champ de l'environnement appartient manifestement à ces domaines. L'évaluation économique y instrumente le point de vue des consommateurs. Proposer l'évaluation économique comme unique base d'arbitrage des conflits, c'est proposer de rabattre le choix critique sur cette seule dimension. Dans certains cas, ce peut être une solution adaptée; mais parfois cette proposition n'est qu'une manœuvre au service de certains groupes qui vise à contenir une dynamique sociale ou politique, sans être capable d'apporter une réponse à la hauteur des enjeux soulevés.

# Des préférences individuelles données et hiérarchiquement ordonnées

L'hypothèse théorique selon laquelle il existe pour chacun une échelle des préférences qui ne demande qu'à être saisie et révélée est une des sources de contestation de l'évaluation économique comme forme d'appréciation des enjeux environnementaux : pour certains, il existe des enjeux (préservation des grands cycles écologiques, préservation de la diversité biologique, etc.) qui ne peuvent être comparés à d'autres. Nous suivons ici Martin Angel dans [8].

Parmi les « états du monde », il est fait l'hypothèse que, pour chaque individu, il existe un « préordre complet » permettant de comparer deux à deux tous ces états. Le comportement d'homo economicus est supposé être celui de maximisation de son utilité : sélectionner, sous contrainte de budget, l'état du monde tel qu'aucun autre ne lui soit préféré par l'individu concerné.

La théorie économique ne se prononce pas sur la façon dont chaque agent hiérarchise ses préférences (« l'individu est le meilleur juge de son bien-être »), mais seulement sur son existence : on sait qu'il peut les ordonner, mais on ne sait pas s'il sait le faire. La théorie n'émet aucun jugement sur un choix réalisé, même s'il est néfaste pour l'individu : c'est le choix maximisant l'utilité, puisqu'il a été fait et qu'une préférence n'est pas connue autrement que par les choix réalisés.

### Le comportement de maximisateur d'utilité est-il tautologique ?

Certains, comme Martin Angel, voient là un axiome tautologique au sens où ce comportement maximisateur d'utilité ne signifie rien d'autre que « choisir ce qui est préféré ». À la question « comment l'individu choisit-il l'état A? », la théorie répond « A est choisi par hypothèse » : ce n'est donc pas une théorie du choix puisque les choix sont supposés déjà faits. En effet, la théorie économique vise à la coordination économique large et pas à expliquer le cheminement du choix individuel.

### L'indifférence est exclue et tout doute est supposé pouvoir être levé

L'indifférence entre deux états A et B signifie que A n'est pas préféré à B, et que B n'est pas préféré à A. Cette possibilité est exclue dans le cadre de la théorie économique.

Le doute entre deux états A et B signifie qu'on ignore si A est préféré à B ou si B est préféré à A. Théoriquement, comme ces deux états sont ordonnés, le comportement de l'individu en situation de choix révélera sa préférence (puisque tout choix est par hypothèse maximisateur d'utilité), et lèvera de fait le doute.

Or, on peut difficilement nier que le doute existe. Il peut être d'origine externe, car on n'est pratiquement jamais complètement informé de tous les choix possibles, soit parce qu'on ne possède pas toute l'information (asymétrie informationnelle), soit parce que cette information n'existe pas (incertitude). Le doute interne sur nos préférences réelles provient notamment de ce qu'elles se construisent par tâtonnement.

### Rien n'est dit sur la formation et l'instabilité des préférences

La théorie économique ne dit rien sur la formation des préférences, sur leur stabilité, sur les causes de leur changement, etc. (Jean-Charles Hourcade). Or, l'approche standard des choix rationnels fondée sur une représentation des préférences individuelles n'est plus opératoire quand on introduit l'information, l'incertitude, la rationalité «limitée» (au sens de Herbert Simon), etc., car s'introduisent alors les variables du contexte d'interaction sociale : controverses, existence et légitimité de porte-paroles, désaccords des individus sur les représentations de leurs propres intérêts réciproques, etc. Que se passe-t-il si l'information est mal partagée ? Si le jugement personnel est socialement déterminé ? S'il y a des effets de mimétisme ?

Certains estiment que les préférences ne sont pas attachées aux individus (ne demandant qu'à être saisies et révélées par des procédures ad hoc), mais aux rôles sociaux et qu'elles sont ainsi construites et dépendantes de ces rôles. Or, si on envisage l'évaluation des préférences comme une forme « d'épreuve » (« l'épreuve économique type » étant le consentement à payer pour disposer d'un actif), Luc Boltansky et Laurent

Thévenot avancent dans [1] une thèse selon laquelle ces épreuves, ces modes de justification, diffèrent selon ce qu'ils appellent des « mondes » de référence : le monde de l'inspiration, le monde domestique, le monde de l'opinion, le monde civique, le monde marchand, le monde industriel. L'évaluation économique se faisant en référence au seul monde marchand, cette conception remet en question l'existence théorique d'une échelle commune des préférences.

À titre d'illustration de ces différents référents, voici un exemple que rapporte Mark Sagoff dans [39, p. 50-51]. Il est ici traduit.

« Dans un de mes cours sur la morale environnementale, je demande à mes étudiants de lire le jugement de la Cour suprême Sierra Club contre Morton. Il s'agit du procès intenté par des environnementalistes contre une décision de l'U.S. Forest Office de louer la vallée Mineral King, une aire quasi-sauvage au cœur du Sequoia National Park, à l'entreprise Walt Disney pour faire un centre de ski. [...]

« Je leur demandai combien d'entre eux avaient visité *Mineral King* ou pensaient le visiter dans son état actuel. Six mains environ se levèrent. Pourquoi si peu ? Trop de moustiques, dit l'un. Pas de cinéma, dit un autre. [...] Ensuite, je leur demandai combien visiteraient *Mineral King* équipée selon le plan de *Disney*. Beaucoup plus de mains se levèrent. Quelqu'un voulut savoir s'il serait obligé de skier en y allant. [...] La classe devint réellement excitée. [...]

« Je ramenai l'ordre en leur demandant si le gouvernement avait raison de donner à *Disney* une licence pour aménager *Mineral King*. En d'autres termes, je leur demandais s'ils pensaient qu'une réglementation environnementale, au moins dans cet exemple, pouvait être fondée sur le principe de satisfaire la demande du consommateur. Y avait-il une relation entre ce que les étudiants, comme individus, désiraient pour eux-mêmes, et ce qu'ils pensaient devoir faire collectivement, en tant que nation?

« La réponse fut quasi-unanime. Les étudiants pensaient que le plan de *Disney* était répugnant et méprisable, que le *Forest Office* avait violé la confiance publique en l'approuvant, et que les valeurs que nous représentons en tant que nation nous intimaient de préserver le peu d'espaces naturels que nous avions, pour leur existence même et comme héritage pour les générations futures. Pour ces motifs moraux et culturels, et en dépit de leurs préférences de consommateurs, les étudiants se prononcèrent contre le plan de *Disney* à *Mineral King*. »

#### La question de l'échelle de mesure des préférences

La révélation monétaire des préférences, comme expression sur une même échelle de valeur de composantes très disparates du bien-être (qui vont de la valeur esthétique d'un paysage au coût du déracinement lié aux migrations suite à des changements climatiques en passant par le contenu symbolique d'un monument ou le degré de solidarité avec les générations futures [26]) pose des difficultés.

Le principe d'une échelle de mesure commune (qui renvoie à l'hypothèse de substituabilité entre biens, du point de vue de l'utilité) peut être refusé au nom de l'incommensurabilité de phénomènes de natures différentes : combien de «temps gagné» en transport vaut l'émission d'une tonne de CO2? Néanmoins, la question se pose différemment en situation de choix où il faut arbitrer entre avantages et coûts de natures différentes. Il n'est pas question de commensurabilité « en soi », mais la rareté économique contraint à faire des choix qui imposent la commensurabilité dans un contexte donné. Dans le domaine du transport, il y a de fait un arbitrage entre «temps gagné » et émission d'une tonne de CO2. Ceci ne veut pas pour autant dire que l'un compense l'autre dans l'absolu.

Comme le note Jean-Charles Hourcade dans [26], le chiffrage en termes marchands des préférences individuelles et collectives affichées peut permettre, au prix d'approximations hardies, de s'assurer que les coûts consentis le sont en pleine connaissance de cause, de vérifier leur sincérité, de s'assurer qu'elles ne sont pas les produits d'un fantasme passager ou d'une habile coalition d'influences, etc.

# Une hypothèse de compensation entre avantages et coûts

Cette hypothèse de compensation est une conséquence notamment de l'existence d'une échelle commune pour les préférences.

Dans le maniement de raisonnements et d'évaluations économiques, on suppose que, les biens étant échangeables, ils sont substituables les uns par les autres du point de vue de la fonction d'utilité. C'est une relation que l'on peut accepter ou pas selon les situations en cause et les points de vue choisis. En effet, de nombreux «actifs» environnementaux, du fait de leurs fonctions multiples, ne sont pas substituables par d'autres biens issus de la production économique : ainsi, une mer propre n'est pas remplaçable par de nombreuses piscines et des installations d'aquaculture, car elle ne se réduit pas aux seules fonctions récréatives et alimentaires.

De façon similaire, la notion de compensation joue un rôle clé dans les évaluations économiques, et particulièrement dans les analyses coûts-avantages. N'importe quel coût est supposé pouvoir être compensé par d'autres avantages; il suffira d'y mettre les quantités requises pour équilibrer le bilan. Ainsi, l'évaluation peut se résumer à un unique critère, le bilan entre coûts et avantages; mais cette apparente simplicité pose problème. La notion de compensation est en effet un nouveau point de clivage important dans le champ de l'économie de l'environnement : juge-t-on que toutes les pertes écologiques peuvent être compensées par d'autres avantages, tel un surcroît de consommation, ou estime-t-on plus raisonnable d'arrimer nos décisions au projet de préserver les mécanismes de reproduction des systèmes naturels ? Par exemple, les gains de temps de certains usagers par création d'une autoroute supplémentaire peuvent-

ils compenser l'accélération induite du changement climatique résultant de l'émission supplémentaire de gaz à effet de serre ?

Le principe de la compensation implique que coûts et avantages jouent des rôles symétriques, alors qu'on observe fréquemment une asymétrie entre pertes et gains.

Les controverses sur la notion même de développement durable tournent autour de ce type de questions. Ainsi, on peut lire dans [50, p. 48]: « La littérature met en lumière des opinions diverses sur la mesure dans laquelle l'infrastructure et les connaissances peuvent servir de substitut aux ressources naturelles telles qu'un environnement sain. [...] Pour certains analystes, il existe des ressources uniques et absolument irremplaçables. Pour d'autres, les générations actuelles peuvent compenser la réduction qualitative et quantitative des ressources écologiques en augmentant d'autres ressources. »

## Une dualité biens/agents où les premiers sont des consommables pour les seconds

La sémantique économique repose sur la distinction entre des « agents» et des «biens» ; la représentation du monde est organisée sous cette dualité. Les agents sont porteurs de projets, ils ont des intentions et des préférences. Des biens sont à leur disposition, ils doivent servir au mieux les préférences, les goûts, le bien-être des agents en question. Or, par exemple, il ne va pas de soi de cantonner le sens de la nature à celui d'un ensemble de biens asservi à la consommation humaine, encore plus quand cette appropriation est le seul fait des générations présentes. C'est pourtant ce point de vue de l'utilité instrumentale sur lequel repose l'évaluation économique.

## Une répartition implicite des droits aux ressources au profit de la génération présente

Une des conventions les plus importantes de la théorie néoclassique, implicitement contenue dans la dualité biens/agents, est celle de la répartition de fait des droits aux ressources au profit de la génération présente. Or ce problème de l'allocation des droits ne relève pas de l'économie du bien-être, mais du domaine du droit (qu'en est-il, par exemple, du droit des générations futures ?).

La question de l'allocation des droits n'est pas posée par la théorie économique, non plus que celle des ressources disponibles des agents économiques. Dans le modèle d'Arrow-Debreu, on suppose que chaque ménage dispose d'une dotation initiale donnée qui lui permet de survivre sans faire d'échanges [22, p. 39]. Nous verrons que la répartition des droits peut conditionner fortement l'évaluation économique : selon qu'un bien environnemental est supposé appartenir à celui qui le dégrade pour en tirer un accroissement de bien-être ou à celui qui subit une perte de bien-être de par sa dégradation, sa valeur change passant d'un consentement à payer à un consentement à recevoir.

Nous verrons que le principe pollueur-payeur complète la théorie économique standard en attribuant les droits au pollué, alors que les pratiques actuelles d'évaluation sont souvent organisées en sens inverse pour des raisons de commodité de calcul.

# Un mode de coordination privilégié, le marché, ne favorisant pas un large échange d'information

Dans la théorie économique, le marché est le mode majeur, mais non exclusif, de révélation et d'harmonisation des préférences. S'appuyant sur des comportements privés, il a pour spécificité de limiter le dialogue entre individus : en achetant un bien à un certain prix, on révèle une préférence individuelle sans avoir besoin d'en parler à d'autres. Avec d'autres modes de coordination, il y a dialogue, communication, échange d'information, et donc création collective et diffusion d'information. Ceci peut présenter un intérêt en situation d'incertitude et en période de crise.

# Des sciences économiques attentives aux questions de l'environnement

Dans [21], Olivier Godard relativise l'affirmation courante selon laquelle les économistes ne se seraient guère intéressés à l'environnement, ou qu'ils ne l'auraient fait que très récemment. Il cite de nombreux travaux sur les ressources naturelles qui sont aussi anciens que la science économique elle-même, ainsi que la théorie des effets externes et des biens publics, etc.

En fait, le déficit d'attention porté à l'environnement a moins été le fait des sciences économiques que celui des économies concrètes et des agents qui les animent (entreprises, administrations responsables d'aménagement, collectivités locales, consommateurs). En effet, les économies concrètes ne sont pas la simple transcription des analyses économiques, et les analyses économiques n'ont pas souvent trouvé d'oreille attentive ou fidèle auprès des pouvoirs publics.

## Un effort d'intégration par le biais de la question de la consommation optimale des ressources naturelles : la règle de Hotelling

Les travaux sur les ressources naturelles ont existé dès les débuts de la science économique.

Notamment, la règle de Hotelling détermine, sous des hypothèses économiques standards (marchés concurrentiels, information parfaite, etc.), le sentier d'exploitation optimal d'une ressource épuisable et l'évolution de son prix. Elle prévoit que le prix relatif d'une ressource épuisable (disponible en quantité strictement limitée) par rapport à une ressource renouvelable devrait augmenter dans le temps d'un taux égal

au taux d'actualisation. De cette façon, il serait indifférent pour l'exploitant de cette ressource de disposer d'une unité à l'instant 0 au prix p<sub>0</sub> ou à l'instant t au prix p<sub>t</sub>. C'est là une façon d'affecter une rente de rareté aux ressources épuisables.

## Un effort d'intégration par le biais de la clarification du rôle des droits de propriété

Nous avons déjà rencontré et retrouverons à plusieurs reprises cette question de la répartition des droits d'utiliser l'environnement, question extérieure à la théorie économique, et c'est pourquoi nous détaillons quelque peu ce thème.

#### Biens collectifs, biens publics

Comme il est rappelé dans [34, p. 55-57], un « bien collectif pur » est non susceptible d'appropriation privée et dispense ses services simultanément, de façon indivisible pour tous. Nombre d'actifs environnementaux remplissent fonctions et services multiples qui les rapprochent de ce statut : c'est le cas de l'air que l'on respire, ainsi que de nombreux autres milieux avec leurs espèces vivantes (écosystèmes, etc.). Pour d'autres, il est possible d'attribuer des droits de propriété, ce qui définit un statut intermédiaire : c'est le cas de certains usages de l'eau (voire du bien « eau » lui-même). De tels biens collectifs sont à la fois sources de bien-être — en ce qu'ils procurent des richesses matérielles (productions végétales, animales, matériaux, esthétique, agrément, etc.) — et support de fonctions sans lesquelles la question du bien-être ne se poserait pas (capacité de reproduction de cycles naturels, fonction d'épuration, de régulation, etc.).

Dans le modèle théorique néoclassique, on rappelle qu'un « bien individuel » n'est susceptible d'appropriation que par un agent à la fois, qui est amené à révéler ses préférences (en offrant ou en acceptant de verser un prix) de façon à se l'attribuer. On notera que les droits de propriété sur de tels biens sont supposés être donnés.

En revanche, la consommation d'un « bien collectif » ou l'usage d'un « actif collectif » ne donne pas lieu à la formation d'un prix, sauf si un certain seuil de raréfaction est franchi. En effet, comme il n'y a pas compétition pour ce bien (puisque ce que consomme un agent ne vient pas en déduction de ce que consomment les autres), aucun agent n'a à révéler ses préférences. Ici, les droits de propriété ne sont pas toujours clairement définis et peuvent varier selon les cas et les usages (atmosphère, mers, etc.). On notera toutefois que l'article 1-I de la loi nº 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement précise que les espaces, ressources et milieux naturels, les sites et les paysages, les espèces animales et végétales, la diversité et les équilibres biologiques auxquels ils appartiennent font partie du patrimoine commun de la nation.

Ainsi, si nous considérons que la capacité d'absorption de l'atmosphère est un « actif collectif », ce service est dispensé gratuitement

sans passer par le biais d'un marché : chacun (agent, entreprise) peut rejeter ses polluants dans l'atmosphère sans acquitter un coût d'usage (sauf intervention de l'État ou des États par le biais de taxes, de règlements, de quotas, etc. dès lors que l'usage collectif dépasse des seuils acceptables).

Nous verrons qu'on peut interpréter le principe pollueurpayeur comme une attribution des droits sur l'environnement aux pollués.

### L'approche coasienne

Dans un article célèbre sur « le problème du coût social », Ronald H. Coase met l'accent sur l'attention insuffisante portée à la définition des droits de propriété dans les approches de correction des défaillances du marché par la puissance publique. Il étend la notion de « facteur de production » au droit de se livrer à un certain nombre d'actions (faire du bruit, émettre des polluants dans l'atmosphère, etc.). Ainsi, les droits qu'il envisage portent non sur des choses (air, etc.) mais sur des actions (émettre des polluants dans l'air, etc.).

Ronald H. Coase fait reposer une allocation économiquement efficace des ressources naturelles sur la définition de droits de propriété sur l'environnement et son usage. Après définition de l'état des droits et obligations entre parties ainsi que de la manière dont les droits d'une partie sont affectés par les actions d'un tiers, Ronald H. Coase montre qu'un processus de négociation entre parties (pollueurs et pollués) doit déboucher sur un avantage collectif. Comme il est précisé dans [10, p. 57], si le pollueur détient le droit sur l'environnement, le pollué peut payer le pollueur, afin de l'inciter à ne pas polluer; si le pollué détient ce droit, le pollueur peut le compenser pour accepter de supporter la pollution. Ce marchandage revient à acheter et vendre les droits de propriété : dans le premier cas, c'est le pollué qui rachète des droits au pollueur; dans le second cas, c'est l'inverse.

Nous n'aborderons pas plus avant cet aspect instrumental, critiqué par ailleurs [10, p. 57], mais nous insisterons plutôt sur la clarification qu'apporte cette approche en matière d'évaluation : celle-ci est conditionnée par une donnée extérieure à la théorie économique, l'allocation des droits (non pas tant des droits sur les ressources naturelles elles-mêmes que des droits d'effectuer des actions aux effets nuisibles). Nous verrons plus loin en quoi différentes allocations des droits conduisent à différentes évaluations économiques.

# Un effort d'intégration par le biais des effets externes et des méthodes d'évaluation de « valeurs de l'environnement »

Tout agent économique supporte normalement les coûts liés à son comportement ou à son activité, dans la mesure où il doit se procurer sur le marché les biens nécessaires. Mais certaines décisions ont un impact sur des actifs environnementaux (pollution, etc.) et affectent certains agents (pollués, etc.) : leurs coûts échappent à la sanction du marché.

L'appréciation de tels coûts est une forme d'évaluation des actifs environnementaux, qui sont généralement sans droit de propriété et hors marché.

## Coût privé, coût externe, coût social

Le *coût social* de l'activité d'un agent économique est la somme de son *coût privé* (c'est-à-dire les coûts directement supportés par l'agent qui les engendre) et des *coûts externes* (externes à l'agent considéré). Ce coût social est un coût pour la collectivité.

La notion d'externalité ou d'effet externe (appelée aussi économie ou déséconomie externe) renvoie au fait que des agents affectent (positivement ou négativement) l'utilité d'autres agents en dehors d'un échange marchand. Dans le cas d'externalités négatives, ceci se manifeste par des nuisances, des pertes, des restrictions d'usage, des surcoûts indirects, etc.

Nous verrons plus loin comment différentes évaluations des externalités sont pratiquées. En principe, il faut reconstituer la chaîne (hors transactions marchandes) qui va des actions d'un agent A aux effets sur un agent B. Si ceci est réalisable pour certains impacts, ce peut être hors de portée pour d'autres (émissions de gaz à effet de serre...), et des palliatifs doivent alors être trouvés (nous évoquerons au chapitre « La prévention des changements climatiques » la notion de « risque externe », p. 320).

L'existence d'un coût social supérieur au coût privé a d'importantes conséquences. D'une part, les agents qui l'induisent, n'ayant plus à le supporter, sont conduits à pousser leur activité au-delà de ce qui est souhaitable pour la collectivité : le bénéfice total qu'ils en retirent est égal, à la marge, au coût privé qu'il doivent supporter mais non au coût social, qui lui est supérieur. D'autre part, les agents qui supportent ce coût social se voient ainsi imposer des pertes qui ne sont pas pour eux la contrepartie d'un avantage, ce dernier se matérialisant chez d'autres. La répartition des bénéfices et des coûts telle qu'elle s'effectue sur le marché n'est donc plus adéquate.

D'un point de vue théorique, l'existence d'externalités entraîne la perte par un équilibre concurrentiel de son caractère Pareto-optimal. En effet, l'action de certains agents affecte la fonction d'utilité d'autres agents sans que «l'échange» volontaire vienne mettre à l'épreuve le bien fondé de l'action en lui imposant le versement d'une compensation reflétant le coût induit. Or, la principale justification de la recherche d'un équilibre concurrentiel est précisément son caractère d'efficience.

# Différentes notions de « valeur » pour apprécier « économiquement » l'environnement

L'évaluation d'un effet externe, qu'il soit subi par un agent par le biais d'une dégradation de l'environnement ou qu'il lui soit procuré par sa valorisation, nécessite d'apprécier quelle « valeur » l'agent en question attribue à l'environnement. La valeur de l'environnement peut s'évaluer au travers des variations de surplus qu'il procure, qu'ils soient attachés à son usage (services environnementaux) ou qu'ils soient «intrinsèques» (biens environnementaux, patrimoine). Dans ce dernier cas, on s'écarte de l'axiomatique standard centrée sur des pratiques de consommation et sur des mécanismes de demande. On est conduit à distinguer plusieurs notions de valeur (même si certaines frontières peuvent être floues, comme entre valeurs d'option et valeurs intrinsèques) [10, p. 71-74].

Sous la dénomination de *valeur d'usage* d'actifs (biens et de services), on regroupe :

- la valeur accordée par un individu à la consommation de ces actifs, et à d'autres usages (observation de l'environnement...);
- la valeur accordée par un individu au fait que d'autres individus qui composent la société fassent usage de ces actifs (*valeur altruiste*);
- la valeur accordée par un individu au fait que les générations futures puissent faire usage de ces actifs (valeur de legs);
- la valeur attachée par un individu à la possibilité de faire usage de ces actifs dans le futur, en contexte d'incertitude et d'irréversibilité (*valeur d'option*) ;
- la valeur attachée par un individu au bénéfice qu'il retire du maintien d'une réversibilité des choix quant aux usages d'un actif, réversibilité qui permet de tirer profit des informations supplémentaires apparues pendant le report d'une consommation ou d'une décision irréversible (valeur de quasi-option).

Ce qu'on appelle *valeur de non-usage*, au sens strict, recouvre la valeur d'existence accordée aux actifs (dite aussi « intrinsèque », « en soi »).

#### Méthodes d'évaluation des actifs environnementaux

La base d'évaluation d'un actif environnemental est la préférence d'un agent pour son utilisation ou sa conservation, mesurée par la perte de surplus résultant de la dégradation de l'actif ou par le gain de surplus résultant de sa préservation.

Les méthodes d'évaluation monétaire de ces variations de surplus s'appuient presque toujours sur le concept de *consentement à payer* (CAP) : la perte de surplus est mesurée par ce que l'agent consentait à payer pour jouir de l'actif avant sa dégradation ; le gain de surplus est mesuré par ce que l'agent consent à payer pour jouir de sa préservation.

La plupart des actifs environnementaux se situant hors marché, ce consentement à payer d'un agent ne peut être éprouvé sur un marché : la théorie économique va s'efforcer de révéler ce qui se passerait si un marché idéal existait. Les pratiques d'évaluation de la valeur sont des tentatives de réponse, plus ou moins conformes à la théorie, à cet état de fait qu'est l'absence de marché.

Schématiquement, trois grandes méthodes d'évaluation de la valeur sont proposées dans la théorie économique [10, p. 78]. Les deux premières sont dites directes : l'évaluation se fait par référence directe à

des marchés (il s'agit en fait de pseudo-marchés, qu'ils soient hypothétiques ou de substitution). La troisième possède une phase d'évaluation des dommages en unités physiques avant monétarisation : elle est nommée méthode d'évaluation indirecte.

# Préférences exprimées sur des marchés hypothétiques (évaluations contingentes)

L'évaluation contingente mime un marché, à travers des questionnaires, des jeux d'enchères ou des référendums, etc. (les préférences sont donc déclarées dans le cadre d'un marché hypothétique). Elle consiste à faire révéler un équivalent monétaire pour tout ce qu'un agent a trouvé d'amélioré (ou de détérioré) dans sa situation, ce qui permet théoriquement de mesurer l'augmentation (ou la baisse) de bien-être social liée à une amélioration (ou à une détérioration) de l'environnement. Par exemple, on peut évaluer un consentement individuel à payer pour éviter une nuisance (pollution atmosphérique, bruit, etc.), pour bénéficier d'une modification de l'environnement (sonore, visuel, etc.), pour conserver un actif (espèce animale, etc.).

Cette méthode est dite universelle, en ce qu'elle peut être théoriquement employée pour tout actif environnemental. Elle est adaptée chaque fois que le recours à des indicateurs de marché est *a priori* impossible, notamment pour ce qui est de révéler les valeurs d'option, les valeurs intrinsèques, les valeurs d'existence en plus des valeurs d'usage.

### Préférences révélées sur des marchés de substitution

L'analyse hédoniste s'appuie sur l'observation des comportements réels des individus (méthode de préférences révélées) et tente d'isoler des facteurs environnementaux dans la formation de prix sur des marchés de substitution. Par la méthode des *prix hédonistes*, on examine le prix de biens marchands influencés par des effets d'environnement pour en extraire une valorisation de ces effets.

Cette méthode a été appliquée notamment au marché du logement pour évaluer le coût du bruit routier ou du bruit des avions. L'hypothèse à vérifier est qu'un individu peut être prêt à payer plus cher pour son logement (achat ou location) afin d'être moins soumis aux nuisances des transports. De même, le coût des voyages vers un espace récréatif est censé révéler une partie de la valeur de cet espace.

L'évaluation des dépenses de protection suppose qu'un consentement à payer s'exprime au travers de l'importance des efforts financiers qu'un individu consent pour atténuer ou éviter les nuisances. Elle a été appliquée pour valoriser l'isolement contre le bruit en évaluant les dépenses en équipement de protection (doubles vitrages, doubles fenêtres, etc.).

#### Évaluations indirectes

L'évaluation indirecte consiste à apprécier d'abord les conséquences de nuisances en termes physiques, puis à évaluer monétairement les dégradations par des coûts de nature très variée (coûts d'évitement, coûts de réparation, valeurs tutélaires, etc.).

Au vu des pratiques, on constate que (contrairement à la stricte axiomatique économique) cette méthode privilégie souvent autant le point de vue d'un agent que celui de la société qui évalue divers coûts qu'elle supporte (la phase d'évaluation en unités physiques apparaît comme un intermédiaire de calcul). Ainsi, un coût d'évitement mesure l'importance des efforts financiers que la collectivité ou les individus sont prêts à consentir pour atténuer ou éviter des nuisances. Une valeur tutélaire pour la vie humaine peut être soit le montant théorique des dépenses que la société décide de consentir pour sauver (statistiquement) une vie, soit l'évaluation des pertes pour la société suite à la disparition d'un de ses membres. Un coût de réparation est un coût de remise en état après dégradation, ou une compensation au sein de la sphère marchande; ceci comprend par exemple aussi bien des coûts de ravalements de façades salies par la pollution atmosphérique, que des coûts des dépenses de santé consacrées aux soins de maladies dues à la pollution de l'air, des primes d'assurance en réparation de préjudice...

Bref, ce n'est pas tant le type de coûts qui caractérise cette méthode (car ils sont de toute nature) que l'existence d'une phase intermédiaire d'évaluation en unités physiques dans le calcul.

# Un effort d'intégration par le biais de la détermination d'un « optimum économique de pollution »

Dans le cas d'une activité polluante, le calcul économique propose une méthode de détermination d'un «niveau optimal de pollution » pour lequel la somme des coûts des dommages et des coûts de dépollution est minimale. Ceci se fait à partir de la connaissance de deux coûts marginaux, fonctions tous deux du niveau des émissions de polluant.

Le coût marginal d'épuration est le coût de la réduction d'une unité supplémentaire de polluant. Il est supposé décroissant, au sens où plus les émissions sont restreintes, plus il est coûteux de réduire les émissions d'une unité supplémentaire de polluant. On notera qu'on n'aborde pas le problème symétrique d'un gain lié à un moindre effort d'épuration, ou d'un gain à plus polluer.

Le coût marginal des dommages est le coût des dommages causés par une unité supplémentaire de polluant. Il est supposé croissant, au sens où plus les émissions sont élevées plus les dommages résultant d'une unité supplémentaire de polluant sont élevés. Parfois, le coût marginal des dommages est remplacé par la disponibilité marginale à payer, ou par le consentement marginal des agents à payer pour la réduction d'une unité de pollution : un tel basculement de types de coûts revient de fait à un changement des droits de propriété vers le pollueur...

Réduire les émissions polluantes est coûteux mais conduit à une réduction du coût des dommages : l'analyse théorique établit que l'optimum collectif est obtenu pour le niveau de pollution où coût marginal d'épuration et coût marginal des dommages s'égalisent.

# Un mode d'évaluation pouvant être inadapté à apprécier les contraintes de reproduction des milieux

Considérons un milieu naturel aux fonctions multiples, dont celle « d'épuration » ou « d'assimilation » pour certains polluants : ce peut être un cours d'eau recevant des rejets, l'atmosphère comme diffuseur d'émissions gazeuses, etc. De manière schématique, nous supposons qu'il existe une quantité maximale de pollution qu'il puisse assimiler par unité de temps. Par commodité, nous appellerons un tel seuil théorique la « capacité d'assimilation du milieu ».

Si le milieu reçoit des quantités de polluants par unité de temps qui sont en deçà de cette capacité, la capacité de maintien et de reproduction du milieu est assurée. Dans le cas contraire, cette possibilité de reproduction (régénération) est altérée.

Nous allons voir que, par nature, l'évaluation économique du niveau de pollution contribue à dégrader le milieu, et porte atteinte à ses capacités de maintenir ses fonctions au cours du temps.

# Un « optimum économique de pollution » qui excède la « capacité écologique d'assimilation d'un milieu »

Comme le dit Jean-Philippe Barde, autant la capacité d'assimilation du milieu est un « plafond » en terme d'écologie, autant nous allons voir que c'est un « plancher » en terme d'économie [10, p. 237].

En effet, dans le schéma décrit ci-dessus, si la pollution est en deçà de la capacité d'assimilation du milieu, alors le milieu subit des perturbations; mais la pollution ne fait sentir ses effets (et les agents économiques n'en ressentent les dommages) qu'au delà de cette capacité. Bref, du point de vue de l'évaluation économique, les effets externes associés à la dégradation du milieu n'apparaissent que lorsque celle-ci est déjà substantielle, c'est-à-dire pour une pollution qui dépasse la capacité d'assimilation. Les dommages manifestes étant nuls en deçà, *l'évaluation n'accorde une valeur à ce milieu que s'il est significativement altéré*. En d'autres termes, le coût marginal des dommages ne devient positif que lorsque le niveau de pollution dépasse la capacité d'assimilation du milieu (bioaccumulation de polluants dans des tissus d'organismes vivants, par exemple).

Or, comme le niveau de pollution optimal est le fruit d'un compromis entre deux types de coûts (égalité entre le coût marginal d'épuration et le coût marginal des dommages), il se situe nécessairement à un niveau qui excède le seuil compatible avec la capacité d'assimilation du milieu. Comme le dit Olivier Godard dans [14, p. 139] : « s'il en coûte d'altérer l'environnement, il en coûte également de s'abstenir de le faire ; l'optimum dégagé résulte du meilleur arbitrage possible entre ces deux types de coûts. »

Ce type d'approche s'oppose donc à une politique de prévention.

# Une évaluation d'un « optimum de pollution » qui peut saper progressivement la « capacité d'assimilation d'un milieu »

La détermination d'un « optimum économique de pollution » tend effectivement à réduire les pressions sur le milieu, ce qui est indéniablement une prise en compte de l'environnement. Toutefois, par construction, ce processus d'évaluation déplace progressivement l'optimum et David Pearce montre, en prolongeant ce type de raisonnement dans une perspective dynamique, comment on peut, de compromis en compromis, « saper » le milieu en réduisant progressivement sa capacité d'assimilation [14, p. 139].

## Une évaluation par le biais de coûts de dommages sans rapport avec des coûts de réparation

Fonder le calcul de la « pollution optimale » sur un compromis entre coûts des dommages et coûts de dépollution suppose implicitement que les dommages peuvent être compensés. C'est bien ce que fait l'analyse économique lorsqu'elle évalue des impacts environnementaux en terme de dommages, c'est-à-dire de perte de bien-être (compensable par des biens marchands).

Il existe une autre approche qui consiste à déterminer une « pollution optimale » à partir d'un « coût de réparation », c'est-à-dire du coût de remise du milieu en son état initial (Olivier Godard). En ce cas, le niveau de pollution est déterminé de façon à assurer la reproduction du milieu en ne dépassant pas sa capacité de charge, et toute atteinte devrait être compensée de façon à « réparer » le milieu. La recherche d'un optimum entre coût de réparation et coût de prévention est ainsi ajustée de façon à faire de la préservation de l'environnement une contrainte du choix. Ce n'est pas l'option retenue par l'économie du bien-être qui ne prend pas en compte le caractère non reproductible du capital naturel.

Par ailleurs, l'évaluation des coûts dépend de la représentation que l'on se fait des fonctions du milieu initial : ainsi, la pollution d'un fleuve considéré seulement comme réserve d'eau sera évaluée à coût moindre que si l'on prend en compte également ses fonctions de milieu biologique (support de biodiversité, etc.).

## Un mode d'évaluation déficient en univers controversé et en situation d'incertitude

Nous avons vu comment l'attention portée aux préoccupations environnementales se manifeste par un effort d'intégration dans les catégories caractéristiques de la discipline économique. Toutefois, l'évaluation économique présente certaines limites qui tiennent principalement au décalage entre les hypothèses formelles sur lesquelles elle repose (disponibilité de l'information, compétences calculatoires des agents, échelle des préférences supposée donnée, etc.) et les caractéristiques des situations réelles (dans le domaine des risques d'environnement, de santé publique, etc.).

## Ce qu'on appelle « univers controversés »

Olivier Godard classe dans [18] les problèmes d'environnement en fonction de leurs caractéristiques informationnelles et du type d'intérêts en cause. Quatre variables sont décisives : le mode de perception des problèmes, la nature des intérêts concernés, le degré d'irréversibilité des phénomènes, le degré de stabilisation de la connaissance. Ces variables permettent de définir par opposition deux univers contrastés : les «univers stabilisés» et les «univers controversés».

### Les modes de perception des problèmes

Il existe des risques que les individus peuvent appréhender eux-mêmes de façon directe, et exprimer en terme de préférences personnelles, fournissant une base d'évaluation classique (risques d'accident individuel). Il y en a d'autres (changements climatiques par exemple) pour lesquels les individus sont complètement dépendants d'une construction beaucoup plus large engendrée par la société : construction scientifique d'abord, construction médiatique, politique et administrative, ensuite. L'évaluation est suspendue alors à la dynamique de la construction scientifique et sociale des problèmes et à ses oscillations. Des enquêtes éventuelles sur les consentements à payer individuels mesurent alors les reflets indirects de cette construction sociale.

#### La nature des intérêts à prendre en compte

Dans le cadre économique néoclassique, les agents économiques échangent entre eux des biens et des services, chacun se déterminant selon sa fonction d'utilité personnelle. Cette description ignore la question de la représentation des « tiers absents ».

En effet, une atteinte à l'environnement dont les effets ne sont pas supportés par la génération présente n'affecte pas leur utilité, sauf à introduire dans l'utilité une préoccupation pour les générations futures ou le bien-être de sa descendance. Par exemple, les émissions de gaz à effet de serre auront un impact à moyen et long terme et les préférences pour une limitation de ces émissions sont aujourd'hui moindres que les préférences pour les avantages procurés indirectement par leurs émissions. Nous verrons ainsi que la motivation essentielle de nouvelles infrastructures routières (surtout en zones urbaines) est le gain de temps qu'elles procurent aux usagers. Or, on observe que ces gains de temps sont de fait transformés en allongement des distances (« gains de portée et d'accessibilité »), ce qui contribue à une hausse des consommations de pétrole et des émissions de CO2. Si les avantages profitent à la génération présente

(en fait, plus précisément, aux usagers de la route), les inconvénients retombent sur les générations futures (diminution des ressources pétrolières avec les tensions géopolitiques associées, changements climatiques, etc.).

La nature des intérêts à prendre en compte diffère donc selon que seuls importent les intérêts d'agents présents capables de faire valoir leurs préférences par des procédures *ad hoc* (marchés, vote, manifestations, conflits, délibérations communautaires, etc.), ou que sont impliqués les intérêts de tiers absents. Les tiers absents peuvent être de plusieurs sortes : il peut s'agir de pays éloignés, de populations marginalisées, de générations futures, voire d'espèces naturelles si l'on accepte l'idée que les espèces ont un «droit à l'existence». En ce cas, se pose le problème du mode de représentation légitime des intérêts des tiers absents et des formes d'intérêts collectifs non réductibles aux préférences des agents actuels.

La problématique économique classique de la révélation des préférences des sujets qui sont «ici et maintenant» ne suffit donc pas. Le concept de «consentement à payer» peut être une épreuve valable pour ceux qui parlent pour eux-mêmes ; mais quand on parle au nom de tiers absents dont on ignore la natur des préférences, on est conduit à raisonner en terme de «droits à protéger».

La nature et la représentation des droits des tiers absents soulèvent des questions délicates. Elles rendent le jeu plus complexe du point de vue des procédures de coordination, d'autant qu'il arrive que plusieurs se disputent les fonctions de porte-parole des tiers absents : des membres de l'administration, des associations, des chefs d'entreprises, des savants, des hommes politiques, des personnalités médiatiques... Hormis les cas où des solutions institutionnelles explicites sont adoptées, la représentation des tiers absents demeure une question ouverte qui a pour principal effet d'empêcher le jeu décisionnel de se refermer sur les seuls acteurs présents.

## Le degré d'irréversibilité des phénomènes

Il est des cas où le dommage (physique, écologique ou sanitaire) en cause ne se fait sentir que pendant la durée de l'action qui en est responsable. Il en est d'autres où les possibilités de restauration ou de réparation sont pratiquement inaccessibles pour un horizon temporel donné.

La présomption d'irréversibilité aggrave les dommages potentiels. Surtout, la réparation étant impossible, le décideur collectif est contraint à l'alternative : prévenir ou subir. Or, dans la plupart des cas, l'état de l'information ne permet pas de trancher «en toute connaissance de cause». En d'autres termes, si les situations réversibles sont accessibles au précepte «savoir avant d'agir», les risques irréversibles, s'ils sont également graves, imposent «d'agir avant de savoir». Les débats sur le principe de précaution cherchent à définir ce que peut et doit être cette action «avant de savoir». Du point de vue de l'évaluation économique, cela signifie que la décision doit être prise avant que les conditions de

réalisation d'une analyse coûts-avantages conforme aux règles de l'art puissent être réunies; il faut se prononcer sur un avenir qui n'est pas encore calculable ou qui ne l'est qu'à travers l'artifice d'hypothèses hasardeuses.

#### Le degré de stabilisation des connaissances scientifiques

Dans de nombreux cas, la connaissance scientifique est suffisante, stabilisée et partagée par les acteurs concernés; les dommages sont assez bien identifiés, les chaînes de causalité sont déterminées sans ambiguïté et permettent une imputation des responsabilités. Un monde commun aux agents est constitué: chacun sait (ou du moins pourrait savoir si la circulation de l'information existante était parfaite) et sait que les autres savent. Ce savoir concerne par exemple les relations entre des activités génératrices de pollution et des dommages constatés sur le plan de la santé humaine ou de la dégradation de ressources biologiques. Cette situation de «monde commun» n'empêche pas tout conflit, mais ce sont des conflits classiques d'intérêts, ayant la répartition pour enjeu.

Mais dans d'autres cas, l'incertitude scientifique pèse suffisamment sur la nature des phénomènes, leurs causes ou leurs conséquences, pour empêcher l'accord sur les dommages, tout en identifiant des risques. Ceci fragilise les évaluation de coûts (voir le chapitre « Coûts des effets sur la santé de la pollution atmosphérique », p. 268).

Ainsi, dans le cas de la « marée noire » causée par l'Amoco Cadiz en 1978, la plainte pour dommages aux écosystèmes reposait sur une tentative d'évaluation des espèces tuées en mer et au fond de la zone affectée. Mais la cour américaine a souligné que la valorisation de la biomasse était « complexe, atténuée, spéculative, et conduisait à des conclusions reposant sur une chaîne d'hypothèses, telle qu'une faiblesse dans l'une d'entre elles affecterait dramatiquement le résultat final » [13].

Touchant des enjeux non subalternes, les controverses scientifiques alimentent des controverses sociales sur les stratégies d'actions. Or, l'évaluation économique suppose l'identification du dommage, de l'agent causal et de l'activité responsable pour que l'on puisse imputer le dommage social à ses auteurs et induire des actions de correction. Dans beaucoup de cas où l'environnement biophysique est en jeu, nous n'avons pas les moyens de procéder ainsi : nous ne pouvons pas écarter tel risque, mais sans assurance quant à sa réalité ou son ampleur ; nous avons seulement des présomptions, qui varient selon les théories avancées dans le débat scientifique ; nous disposons d'hypothèses fluctuantes. Dans la logique habituelle, il paraîtrait sage d'attendre pour en savoir plus, mais la menace de forte inertie ou d'irréversibilité des évolutions implique une gestion anticipative du risque. Jusqu'où aller dans ce sens ? Quels peuvent en être les critères ? De telles questions font partie du débat autour de l'application du principe de précaution (voir [51]).

# Une coordination insuffisante et des évaluations instables en situation d'incertitude, de doute, de crise

L'incertitude, caractéristique des univers dits controversés, est une source majeure de trouble de l'évaluation économique, ce qui se manifeste notamment par des instabilités, accentuées en période de crise.

# Doute et absence de procédures de simplification troublent l'évaluation

En dernier ressort, l'évaluation est censée révéler des préférences théoriquement classées sur une échelle. Nous avons déjà souligné combien la comparaison de biens ou d'actifs appartenant à des classes contrastées (une voiture et un insecte, une télévision et un lac, etc.) est conceptuellement et pratiquement problématique. D'un point de vue opératoire, l'absence de critère de classement rend l'évaluation fragile, notamment en situation d'incertitude et de doute.

Martin Angel propose dans [8, chap. 7] une explication des biais inhérents aux évaluations d'actifs environnementaux hors marché : ils résulteraient de ce qu'il appelle un « effet de focalisation à la conjonction du doute et de l'absence de procédures de simplification, et donc de rationalisation, des décisions ». Un individu à qui on demande une telle évaluation est mis en situation de doute et ne dispose pas de critère de choix pour hiérarchiser ses préférences (alors que des procédures de simplification existent pour les biens marchands). Nous en verrons les conséquences sur les méthodes d'évaluation.

# L'incertitude et la disponibilité relative de l'information peuvent rendre l'évaluation instable

Le caractère parfait des marchés théoriques postule que l'information sur les biens et sur les prix, supposés mesurer leur valeur, soit parfaitement diffusée. Or la connaissance est mal partagée et souvent relative, notamment en ce qui concerne le fonctionnement des systèmes écologiques. Quel prix attribuer à l'émission de gaz à effet de serre, lorsque ses effets sont multiples et que la diffusion de connaissances scientifiques est délicate?

En outre, comme noté par Jean-Charles Hourcade dans [26], les préférences individuelles et collectives ne se forment pas ici par expérience directe du risque. Elles résultent de processus médiatiques qui impliquent la communauté scientifique et ses controverses, les mouvements d'opinion, les décideurs politiques et leur recherche d'effets d'annonce, la logique de mise en scène propre aux mass-médias. Dans un tel contexte, la disponibilité à payer pour un niveau donné de précaution révèle surtout le pouvoir relatif de conviction de chacune des argumentations possibles, des «théories» en compétition à un moment donné.

#### Les rythmes de formation des préférences peuvent être en décalage avec les rythmes des phénomènes environnementaux

Les préférences ne révèlent pas les problèmes écologiques, les pollutions et les atteintes aux milieux proprement dits, mais les nuisances, c'est-à-dire les pollutions appréhendées au travers du ressenti des agents.

Ainsi, par exemple, la pollution atmosphérique locale due au trafic routier a été de plus en plus mal vécue, à la suite de quoi des mesures techniques supplémentaires ont été imposées aux véhicules. Or, l'épuration des gaz émis par les automobiles avec le pot catalytique s'est accompagnée d'une augmentation de la consommation unitaire des véhicules, donc des émissions de CO2, de l'ordre de 8 %; de même, la désulfuration des carburants est coûteuse en énergie et contribue aussi à des hausses d'émissions de CO2. Lorsque les effets de pollution globale (effet de serre), imperceptibles aujourd'hui, affecteront les agents économiques demain par des changements de climat, leurs préférences individuelles changeront. Mais certains seuils écologiques auront déjà été largement franchis, pouvant empêcher un retour à la situation d'origine : les changements climatiques seront irréversibles.

Ce problème de l'irréversibilité (aux échelles de temps humaines...) de certaines atteintes à l'environnement pose problème à l'égard de leur prise en compte dans une fonction d'utilité : attendre de les détecter, puis de les «médiatiser» risque de faire prendre du retard dans les mesures correctrices. Les exemples de la pollution atmosphérique – où des effets biologiques préoccupants, à court et long terme, sont aujourd'hui révélés, qui n'étaient qu'hypothétiques en 1983 [64] –, les « affaires » de l'amiante, de l'encéphalopathie spongiforme, etc. illustrent cette question du décalage.

### Les préférences individuelles peuvent être instables en situation de crise

Comme le souligne Jean-Charles Hourcade, si le fondement d'une décision publique est cantonné à l'équilibre entre les préférences individuelles (la théorie économique rejetant les «préférences collectives »), cette base «individualiste» des choix est fragile en situation de crise : l'idée que les agents sont alors spontanément les meilleurs juges de leur propre intérêt y est discutable, et les préférences individuelles peuvent être instables.

Le «cycle de vie politique des crises environnementales» est peu corrélé avec le rythme réel des dégradations ou avec celui du progrès des connaissances [41]. On passe de périodes de sous-estimation des risques (sous-concernement) à des phases de sur-concernement pendant lesquelles un sentiment d'urgence entraîne de fortes pressions pour des décisions immédiates. En langage économique, ceci se traduit par une grande instabilité de la disponibilité à payer pour la prévention des risques.

Un scénario de crise commence par une phase longue de sous-concernement, suivie d'une brutale prise de conscience (propice à des décisions hasardeuses), puis d'une lente décroissance de l'intérêt vers un nouveau niveau de préoccupation collective (les «pluies acides» en sont un exemple). Ces rythmes d'évolution des préférences peuvent être incompatibles avec la dynamique des phénomènes naturels : faut-il attendre d'être concerné (parce que directement atteint) par les changements climatiques pour réagir, sachant qu'il sera trop tard dans plusieurs années pour en atténuer les effets ?

Comme le note Jean-Charles Hourcade, cette faiblesse peut être accentuée par une application « mécanique» de l'analyse coûts-avantages. Ainsi, la procédure de l'actualisation peut conduire, dans un choix entre plusieurs décisions, à privilégier une action lointaine (proche de l'effet lointain qui s'est trouvé atténué dans le bilan) et d'amplitude élevée (éventuellement socialement inacceptable) plutôt qu'une action plus proche et plus étalée dans le temps. En ce sens, elle peut participer à l'émergence de crises en reportant des coûts élevés dans le futur plutôt que de les assumer de façon précoce, de manière à les lisser dans la durée.

## Les principes des politiques environnementales à la fois complémentaires et contradictoires de ce mode d'évaluation

Autant certains aspects des quatre grands principes des politiques environnementales peuvent être vus comme des compléments à la théorie économique standard dans certains secteurs qu'elle n'aborde pas (droits de propriété...), autant d'autres vont à l'encontre de certains de ses fondements (hypothèses de substituabilité entre actifs, de compensabilité entre avantages et pertes...).

Les définitions des principes des politiques environnementales sont tirées de l'article 1-I de la loi nº 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement.

## Le principe de prévention

On entend par principe de prévention « le principe d'action préventive et de correction, par priorité à la source, des atteintes à l'environnement, en utilisant les meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable ».

D'un côté, si une décision risque d'affecter un milieu naturel, alors, selon ce principe, tout doit être fait en amont de la pollution pour ne pas y porter atteinte. D'un autre côté, nous avons vu que l'évaluation économique peut estimer avantageuse la dégradation de ce milieu. En effet, dans l'exemple schématique du milieu naturel assurant une fonction « d'épuration » ou « d'assimilation » pour certains polluants, avec sa capacité d'assimilation, nous avons déjà souligné le fait que les dommages n'apparaissent que lorsque la dégradation du milieu est déjà substantielle et que sa capacité est altérée. Or, le principe de prévention vise précisément à éviter, en amont, une telle dégradation...

D'un point de vue économique, il peut être avantageux de continuer à polluer au delà de la capacité d'assimilation (puisqu'avant il n'y a pas de dommages sensibles). En outre, ce dépassement de capacité peut donner naissance à une nouvelle activité économique, la dépollution. Or ceci se produit généralement après le vote de lois, elles-mêmes motivées par une situation déjà localement grave : il n'est donc plus question là de prévention, mais de correction ou d'atténuation.

## Le principe pollueur-payeur

« Le principe pollueur-payeur est le principe selon lequel les frais résultant des mesures de prévention, de réduction de la pollution et de lutte contre celle-ci doivent être supportés par le pollueur ».

Dans une autre formulation adoptée par les pays membres de l'OCDE en 1972, le principe pollueur-payeur dispose que le pollueur devrait se voir imputer les dépenses associées aux mesures arrêtées par les pouvoirs publics pour que l'environnement soit dans un état acceptable, ce qui va plus loin que la définition nationale de 1995.

### Un complément à la théorie économique en attribuant les droits sur l'environnement au pollué

Nous avons vu que la question des droits de propriété et d'usage sur les actifs environnementaux est extérieure à la théorie économique standard, mais qu'elle conditionne fortement les évaluations (consentement à payer ou à recevoir). Or, il est clair que le principe pollueur-payeur impute des « coûts d'usage de l'environnement » au pollueur.

### Un complément en affirmant que le niveau de pollution acceptable peut être défini en dehors de la théorie économique

Le principe pollueur-payeur adopté par les pays membres de l'OCDE en 1972 suppose qu'une norme de référence est fixée *a priori* (« mesures arrêtées par les pouvoirs publics pour que l'environnement soit dans un état acceptable »). Il laisse ouverte la question de la définition de cet état acceptable.

Contrairement à ce qui est souvent affirmé, le principe pollueur-payeur ne s'en remet pas nécessairement au calcul économique pour déterminer cet état acceptable pour l'environnement. Il permet de prendre, éventuellement et selon le contexte, ses distances avec le mode d'évaluation économique d'un « optimum de pollution » décrit au paragraphe « Un effort d'intégration par le biais de la détermination d'un "optimum économique de pollution" » (p. 151).

# Un complément en imputant des coûts de réparation et non des coûts de dommage

De même, les coûts des « mesures arrêtées par les pouvoirs publics pour que l'environnement soit dans un état acceptable » sont des coûts de mise à niveau, des coûts de réparation, qui n'ont *a priori* pas

de rapport avec les coûts des dommages mis en avant par l'approche économique standard.

# Le principe de précaution et le développement durable

Ces deux exigences questionnent la nature du critère sur lequel peuvent se fonder des décisions économiques. Elles remettent en question les hypothèses de substituabilité et de compensabilité de la théorie néoclassique. On a déjà vu que les discussions autour du développement durable mettent en lumière l'existence d'une distinction entre les types de ressources

Le principe de précaution met l'accent sur certains types de risques en soutenant qu'il est nécessaire de « prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement », alors que dans la théorie économique standard, tout dommage peut être compensé par des productions marchandes. Ainsi, il peut se trouver en décalage avec l'approche traditionnelle de l'analyse coûts-avantages puisqu'il ne consiste pas à maximiser un bilan (agrégat d'avantages et de pertes individuelles), mais à minimiser des risques collectifs.

L'analyse coûts-avantages vise à optimiser un critère qui est une agrégation intertemporelle actualisée. Or, comme le souligne Cédric Philibert dans [35], l'exigence du développement durable n'est pas un problème d'optimisation intergénérationnelle. C'est plutôt une logique de transmission de capacités minimales (« répondre aux besoins de la génération présente sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs »).

Comme le dit Olivier Godard dans [19, p. 314], l'optimisation intertemporelle des trajectoires de développement à long terme exige trop d'hypothèses invérifiables sur le long terme et néglige la dimension éthique entre générations. En effet, on peut penser que la génération présente n'est pas en mesure d'évaluer le niveau d'utilité accessible aux générations futures et que les relations entre générations éloignées doivent être vues en terme de droit.

En matière d'environnement et en contexte d'incertitude sur les préférences et les usages futurs, il s'agit alors plutôt de transmettre un patrimoine naturel que d'hypothétiques flux futurs d'utilité [19, p. 314]. Comme le souligne Claude Henry dans [24], il est nécessaire de faire intervenir des principes éthiques dans les arbitrages intergénérationnels dont sont dérivées les évaluations économiques.

Au nom de l'équité intergénérationnelle, lorsque la satisfaction passe par des considérations altruistes, on peut par exemple choisir un critère d'évaluation consistant à maximiser le bien-être de la génération la moins avantagée (critère de Rawls).

# Questions aux pratiques d'évaluation économique des enjeux environnementaux pour la décision

Les analyses précédentes, déclinées sous un angle plutôt théorique, se retrouvent dans les pratiques d'évaluation économique.

# Les conventions sur lesquelles reposent les évaluations sont-elles explicites ou partagées ?

Une des façons de lever les incertitudes qui troublent l'évaluation peut être de les réduire par le biais de conventions et d'hypothèses. À titre d'exemple, Edmond Malinvaud dans [30] souligne qu'il est quasiment impossible à l'esprit humain d'arriver à savoir quel est le bon prix d'une « réserve exhaustible » : « Cela veut dire que l'on va se prendre la tête entre deux mains et faire une hypothèse. Bien sûr, il vaut mieux faire une bonne hypothèse que de décider à l'aveuglette. Faire une hypothèse explicite, lucide et qui peut être discutée et contestée par tous, donc choisir au mieux. »

Mais à chaque convention, à chaque série d'hypothèses, correspond une évaluation; on tient là l'une des sources des désaccords qui peuvent s'exprimer autour de certaines évaluations économiques si les conventions ne sont pas partagées et si les hypothèses ne peuvent pas être discutées par tous.

On peut dire de manière schématique que l'usage du calcul économique dans la décision publique est «technocratique», au sens où il convoque deux types d'acteurs : les agents économiques et les techniciens du calcul économique (qui décident des conventions, des hypothèses...). Ceci constitue une de ses limites, comme nous le montrons ci-après, et invite à déplacer et élargir le débat des méthodes d'évaluation stricto sensu vers le contexte et le jeu des acteurs qui les utilisent, notamment les structures institutionnelles. Il faut analyser le positionnement particulier de l'évaluation économique dans des contextes organisationnels différents et s'interroger quant aux projets qu'elle sert, au-delà de la rhétorique de l'efficacité économique. Une manière d'aborder cette question est de se demander d'abord quels sont les domaines de l'action publique qu'à une époque donnée on entend soumettre à évaluation économique et quels sont ceux qui demeurent à l'abri de cette exigence. Elle est de se demander ensuite qui fait cette demande et qui la relaie. Nous suivons ici [20].

## Les conventions de calcul Des évaluations dépendant fortement des méthodes employées

Il est difficile d'évaluer certains coûts de décisions, notamment lorsque l'environnement est en jeu, précisément parce que leurs effets sont hors marché et hors prix. C'est pourquoi on trouve une gamme de méthodes correspondant à différentes façons de contourner cette difficulté.

Nous verrons en pratique que ces méthodes d'évaluation économique de l'environnement sont plus souvent des instruments de construction que de révélation des préférences, et qu'elles peuvent présenter de fortes divergences quant à leurs résultats. Ici aussi, une clarification des conventions et du contexte est souvent indispensable. De manière plus générale, les méthodes doivent être adaptées aux types de coûts : par exemple, il est nécessaire de faire des distinctions entre les coûts, en mettant l'accent sur ceux qui correspondent à des raretés qui ne peuvent être compensées par des produits de l'activité économique (espèce vivante, climat actuel de la Terre, etc.).

### Des évaluations marginales de coûts supposant une économie à l'optimum

Beaucoup d'économistes comparent une proposition de politique non à l'état réel de l'économie à laquelle elle serait appliquée, mais à l'état d'une économie à l'optimum; ils estiment par hypothèse académique soit que la situation actuelle en est une bonne approximation, soit que cet état serait accessible par une réforme générale des interventions de l'État. Cette procédure introduit un biais important dès lors qu'il s'agit d'évaluer des politiques concrètes.

Par exemple, à l'optimum, le coût marginal des dommages (perte de bien-être) est théoriquement égal au coût marginal d'évitement (des dommages). C'est pour des questions pratiques d'impossibilité de calculer un coût marginal des dommages qu'on lui substitue parfois un coût d'évitement.

À l'optimum, on pratique généralement des évaluations de coûts à la marge. Or, comme nous l'avons signalé plus haut avec les coûts de déstabilisation de filières (du type filières alimentaires), la diffusion d'une déstabilisation ne s'exprime plus dans un calcul marginal.

Certains résultats se trouvent faussés. C'est le cas dans le débat autour du « double dividende » (bénéfices à la fois pour l'environnement et pour l'emploi résultant d'un accroissement des prélèvements sur l'énergie, les polluants, etc. et d'une baisse des charges pesant sur le travail). Certains récusent l'existence d'un double dividende sur la base de modèles d'équilibre général calculable où tous les marchés fonctionnent bien et où toute l'économie est régie par les prix ; dans de tels modèles, il n'y a donc pas de chômage structurel, le marché du travail est un marché parfait à l'équilibre, le chômage est le résultat d'un arbitrage effectué par les agents économiques en vue de plus de loisir. Cette situation ne correspond manifestement pas à la réalité.

## Le partage des règles techniques de calcul Des règles difficilement accessibles et partageables

Une des conditions à satisfaire par une procédure de coordination entre des agents est d'être appropriable par tous les interlocuteurs. En raison de leur technicité, les règles du calcul économique ne pourront jamais faire l'objet d'une appropriation étendue. C'est dire en même temps que sa capacité de médiation ne peut être que réservée à certaines scènes, où sont en présence des acteurs qui peuvent en user et en discuter. Sans appropriation par tous les acteurs, l'évaluation économique peut devenir instrument de domination et non plus procédure de coordination.

L'évaluation économique requiert donc des experts. Il convient de s'interroger sur le rapport entre, d'une part, l'accord négocié entre experts et, d'autre part, la formation d'un accord politique engageant plus largement les différents acteurs sociaux. Edmond Malinvaud rappelle dans [30] un ouvrage intitulé « Une étude économique a montré » qui évoquait la tendance qu'avaient souvent les économistes chargés de préparer les décisions à dire aux non économistes : « Ne vous occupez pas de ces affaires, vous n'y comprenez rien, mais nous, nous avons trouvé la solution. »

# Un espace technique ouvert pour la manipulation stratégique

Comme d'autres formes d'évaluation, l'évaluation économique repose sur des conventions et dépend d'une architecture d'hypothèses qui ne sont pas toujours explicites; elle comprend également des hésitations et des points aveugles qui peuvent être exploités pour faire basculer les résultats dans un sens ou dans un autre. Cela n'invalide pas l'effort d'évaluation, mais conduit à ne pas prendre *a priori* les résultats présentés pour indiscutables, à moins que toutes les hypothèses aient été explicitées et acceptées par les acteurs. Toutes les évaluations à fort contenu technique (analyse du cycle de vie, par exemple) présentent ces caractéristiques, à prendre en compte dans les différends.

Jean-Charles Hourcade note dans [28] (que nous reprenons ici) que les économistes, même s'ils pratiquent comme les autres disciplines l'évaluation par les pairs (via publications et colloques), n'ont pas à leur disposition d'expérimentation en laboratoire pour réfuter des résultats : ils organisent des colloques ou des revues où s'échangent les idées entre partisans de telle ou telle approche et hors de la présence des contradicteurs. Cette structuration en « écoles » a une conséquence pratique immédiate sur le mode de validation des connaissances : l'économiste se comporte souvent, volens nolens, comme « conseiller du prince » ou de l'opposition au prince et chaque administration peut alors passer une étude, chaque journal demander un article, à l'école qui lui donnera la réponse qu'il attend. Dans le cas des mesures de prévention contre les changements climatiques, les positions sont assez bien établies. Veut-on prouver que la lutte contre l'accroissement de l'effet de serre ne coûte pas grand-chose? L'école des modélisateurs dits bottom-up met en évidence les marges de manœuvre en matière technologique. Veut-on prouver le contraire ? Celle des top-down, généralement macro-économétriciens, peut relativiser l'optimisme technologique des précédents. Veuton mettre en évidence la capacité d'une réforme fiscale écologique à créer de l'emploi ? Il suffit de s'adresser à un néo-keynésien. Veut-on au contraire empêcher toute aventure dans ce domaine ? On peut compter sur les réflexes professionnels des spécialistes de l'équilibre général calculable [28].

Olivier Godard cite dans [20] un exemple frappant de ce que peut donner le calcul économique, et surtout son usage social. Nous le reproduisons ici. Au début de 1992, « la Commission européenne a proposé que les États-Unis et le Japon rejoignent la Communauté autour de la proposition d'instaurer sur leurs territoires respectifs une taxe mixte sur le contenu en carbone et le contenu énergétique des sources d'énergie, afin de parvenir à limiter les émissions de CO<sub>2</sub>, principal agent responsable du risque de changements climatiques, et d'améliorer l'efficacité énergétique, d'une façon plus générale. En juin 1992, doit se tenir le sommet de la Terre à Rio de Janeiro, lors duquel doit être solennellement adoptée une convention-cadre sur les changements climatiques, en cours de négociation depuis deux ans. Deux économistes américains réputés ont utilisé leur imposant modèle Global 2100 pour évaluer ce que donnerait l'application de cette proposition européenne de "taxe mixte carbone/énergie" aux Etats-Unis (on attribue aux travaux antérieurs d'évaluation de ces économistes, en 1990-1991, le fait d'avoir convaincu l'administration du président Bush de refuser de s'engager dans une politique de réduction des émissions de gaz à effet de serre, et de n'envisager que le développement de la recherche sur ce problème). [Dans un document provisoire rendu public en février 1992 (et repris dans la grande presse américaine), ils produisent une figure où les coûts (en pourcentage du PNB) de cette taxe serait plus élevés pour les États-Unis que pour l'Europe. Il en ressort que les Américains seraient finalement perdants en terme de compétitivité relative s'ils appliquaient la même taxe.] Les commentaires sur ce point sont repris par la presse; moquant la Commission européenne, elle souligne à l'envi qu'il paraît très peu vraisemblable que les États-Unis, qui n'aiment pas les taxes, puissent se rallier à une mesure qui avantagerait l'Europe et les pénaliserait dans la compétition internationale!

«Finalement, ni les États-Unis ni le Japon n'ont voulu de cette proposition de taxe et la Commission, qui l'avait avancée de manière conditionnelle, y a finalement renoncé. Voici cependant quelle fut la suite académique de cette évaluation économique : l'article a été soumis à une revue académique "Energy Policy" et publié en janvier 1993, six mois après le sommet de Rio. C'est le même article, avec le même titre, le même objet et le même modèle, à une exception près, celle de la figure comparant le coût respectif de la taxe en Europe et aux États-Unis en terme de pourcentage du PNB. La situation est maintenant complètement inversée! Les États-Unis apparaissent comme les grands gagnants – relatifs – de l'introduction d'une taxe. Pour l'Europe, l'ordre de grandeur du coût est aussi considérablement modifié, puisque le coût est multiplié par quatre. [...] Les auteurs ne mentionnent pas qu'ils ont modifié leurs résultats sur ce point mais donnent indirectement l'explication de cette

différence importante. Elle tient aux hypothèses utilisées sur la situation de référence. En effet, dans la première simulation rendue publique en 1992, ils n'avaient pas pris en compte la fiscalité existante sur l'énergie, qui n'est pas du tout la même en Europe et aux États-Unis. Or, il y a un théorème en théorie économique de la fiscalité selon lequel plus on taxe un bien déjà taxé, plus les effets de distorsion économique sont forts, multiplicatifs et non pas additifs. Ce point a été soulevé par plusieurs collègues, notamment de l'OCDE, lors du processus de révision de l'article avant sa publication. Les auteurs ont modifié leur modélisation pour prendre en compte les distorsions supplémentaires attribuées à cette nouvelle taxe. Ce coût de distorsion apparaît alors considérablement plus élevé en Europe qu'aux États-Unis, d'où le changement noté. »

Olivier Godard insiste sur le fait qu'il n'y a pas, à ses yeux, une bonne figure et une autre qui serait mauvaise; elles correspondent à des hypothèses différentes. « À juste titre, ces économistes ne perçoivent pas ce changement de résultats comme un échec mais comme le produit d'un exercice scientifique normal, selon lequel on construit un modèle, on se donne des hypothèses et on présente des résultats qui n'ont de sens que par rapport au jeu d'hypothèses spécifiques adoptées et aux mécanismes intégrés dans le modèle. Changer les hypothèses change les résultats, cela va de soi. Le problème surgit quand ces économistes prennent ou reçoivent la casquette d'experts. On leur demande alors de parler au nom de la réalité, et pas à celui du jeu contingent de leurs hypothèses et de leurs modèles. Les divers utilisateurs (responsables politiques, presse, lobbies, etc.) se focalisent sur les résultats et oublient la dépendance de ces derniers envers toute la construction scientifique qui, on l'a vu, est discutable et a d'ailleurs été discutée. »

Le point décisif est que la première version du document a été publiée avant le sommet de Rio et la deuxième après. On ne peut certes pas attribuer le refus américain de toute taxation à ce seul article. Mais ce dernier a certainement concouru à entretenir un climat de disqualification *a priori* d'une mesure de ce type, disqualification qui dépasse de loin ce qu'il est possible de dire sur le terrain scientifique. Lorsque l'article final a été publié dans *Energy Policy*, il n'y a pas eu d'écho dans la presse américaine soulignant tout l'avantage compétitif que les États-Unis pourraient retirer de la mesure...

Olivier Godard conclut. « Comment peut-on contrôler cela? Tant bien que mal par un débat d'experts ouvert et s'inscrivant dans la durée. Mais cela implique absolument que les responsables et les divers utilisateurs prennent une distance convenable par rapport à telle ou telle expertise économique ponctuelle, dont les résultats sont par trop contingents. Dans le cas précis, le débat contradictoire mené sur plusieurs années à l'échelle internationale dans des instances comme l'OCDE ou le Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution des Climats (GIEC-IPCC), a permis de poser les bonnes questions, même s'il n'y a pas forcément consensus sur la valeur des hypothèses et la pertinence des résultats obtenus. Ce sont ces bonnes questions là que nos décideurs devraient retenir de

l'évaluation économique, davantage que les chiffres obtenus, quelle que soit leur force d'attraction [20].

#### Le contexte

#### Un langage pouvant être inadapté au contexte

Pour un certain nombre de situations, l'évaluation économique propose un niveau trop élevé de généralité, parfois en décalage avec la situation de coordination qu'elle doit servir. Ainsi en est-il par exemple de la hiérarchisation de toutes les actions en matière de risques à partir du concept de vie humaine épargnée. La volonté de l'analyste de placer le problème dans un espace de comparabilité complet et le plus large possible ne correspond pas toujours au contexte dans lequel se situent beaucoup de prises de décisions [20].

En outre, ce faisant, il compare sur un critère unique des décisions dont les impacts peuvent être multiples. L'épuration des eaux usées peut-elle être évaluée en ne considérant que l'effet « vie sauvée » ? Des mesures de réduction de la circulation routière peuvent-elles être jugées à la seule aune des décès (dus à la pollution atmosphérique) évités, sans prendre en compte les gains en terme de qualité de vie, de moindre bruit, de réduction d'émissions de CO<sub>2</sub>, de moindre dépendance énergétique, etc. ?

L'évaluation mise en œuvre doit correspondre aux caractéristiques de la situation [20]. Ainsi, on peut imaginer qu'une coordination entre fonctionnaires du ministère de l'Industrie et du ministère des Finances puisse s'assurer avec ce langage, quand ils ont à prévoir les conditions d'application, notamment budgétaires, des choix politiques du gouvernement. En revanche, on peut supposer que ces derniers résultent d'une autre construction du monde et d'autres formes de coordination collective. On imagine plus difficilement que la coordination interne de l'action du ministère de l'Environnement entre ses différents services techniques se fasse sur la base d'évaluations économiques (de la «valeur » de certaines espèces d'animaux ou de plantes, par exemple), non par manque de compétences a priori, mais par inadéquation à l'objet de leur action. On imagine aussi mal que la coordination pratique de l'action de riverains, d'élus locaux et de responsables administratifs autour de questions de tracé et de pertinence d'une infrastructure routière se mette en place en recourant à la seule évaluation économique comme langage de base, même si des données économiques et financières ont leur place parmi les informations utiles.

Dans la plupart des situations, les éléments d'évaluation économique auront à être composés avec d'autres informations. Cela ne signifie pas que les idées d'épreuve et de construction de repères objectifs soient abandonnées, mais que d'autres épreuves seront indispensables, voire plus directement pertinentes. Le choix des langages et des épreuves fait partie de la constitution de scènes de coordination et ne peut pas être fixé une fois pour toutes. Quand le débat engage des instances nationales ou internationales, il reste à voir comment peuvent s'articuler les scènes

de coordination verticale (local, national, international) et horizontale (acteurs divers).

#### Des évaluations liées aux scènes sur lesquelles elles sont utilisées

Nous renvoyons au paragraphe «Que représente la "valeur du mort"? » (p. 207), où il apparaît que, sur une scène « diplomatique » où les notions d'égalité de principe et d'équité prennent une importance critique, cette valeur doit être la même pour tous les pays. En revanche, selon la conception nationale du risque, cette valeur peut différer de pays à pays pour l'évaluation de projets nationaux.

#### Des évaluations qui diffèrent selon les points de vue

Pour l'évaluation monétaire d'une vie humaine épargnée, on trouve des méthodes distinctes correspondant à des points de vue différents (État, individu). En toute rigueur, l'évaluation économique n'instrumente que le point de vue de l'individu « consommateur », mais la pratique est plus diverse.

Pour l'État qui investit dans un individu (par l'éducation, etc.), il importe de mesurer les pertes collectives (production, etc.) consécutives à un décès, qui sont un revenu perdu pour tous les membres de la société qui restent vivants : c'est la méthode par les pertes productives dite du capital humain. On pourrait imaginer le point de vue d'un État moins « productiviste » qui accorderait une valeur à l'existence de tout citoyen (et pas seulement au « citoyen-producteur ») par sa contribution à la stabilité de la société (transmission entre générations, soutien familial, entraide, etc.).

D'un autre côté, un individu manifestera, lui, un certain consentement à payer pour accroître sa probabilité de disposer d'une année de vie supplémentaire. Ces deux points de vue ne se recouvrent pas ; il n'y a aucune raison que ces deux évaluations coïncident.

Dans un autre registre, les calculs pratiqués restent souvent sectoriels, reflétant ce que chaque acteur institutionnel ou économique perçoit ou affirme être le champ strict de sa responsabilité, les transferts de coûts entre populations pouvant être masqués. On observe en pratique que certains coûts directs de dommages en matière d'environnement restent modérés car évalués par les «promoteurs de projets» ou résultant d'une situation où ces derniers étaient en position de force. Ils sont alors utilisés stratégiquement par un certain nombre d'acteurs qui peuvent revendiquer la prise en compte et l'internalisation des coûts environnementaux et prétendre avoir «réglé» les problèmes d'environnement.

# La distribution des droits de propriété : consentement à payer ou à recevoir ?

Nous avons déjà signalé à plusieurs reprises la question de l'allocation des droits sur les biens, question qui n'est pas posée par la

théorie économique et qui ne relève pas de l'économie du bien-être, mais bien du domaine du droit.

Or, selon qu'un actif environnemental est supposé appartenir à celui qui le dégrade pour en tirer un accroissement de bien-être, ou à celui qui subit une perte de bien-être de par sa dégradation, sa valeur change. Dans le premier cas, l'agent qui subit exprime sa préférence pour l'environnement par un consentement à payer (CAP) pour sa préservation en l'état. Dans le second cas, cette préférence s'exprime par un consentement à recevoir (CAR) en compensation de la dégradation. Comme le souligne Martin Angel dans [8], la détermination d'un consentement à payer s'assimile à la détermination d'un prix de vente, tandis que la détermination d'un consentement à recevoir s'assimile à la détermination d'un prix d'achat. Même si, à la marge, ces deux types d'évaluation devraient théoriquement converger, on constate empiriquement que ce n'est pas le cas.

En général, les économistes refusent de faire reposer une évaluation économique sur un consentement à recevoir au motif que ce consentement n'est pas borné supérieurement par le budget de l'agent (comme l'est au contraire le consentement à payer). De fait, sans contrainte, le consentement à recevoir peut difficilement mesurer un engagement, une épreuve. Le consensus issu des travaux du GIEC en fait mention [50, p. 50]. Il indique que la notion de consentement à payer donne une indication, selon les souhaits exprimés, des ressources mobilisables et de la sensibilisation de l'opinion à un moment donné, et que les valeurs retenues peuvent évoluer avec le temps. Mais il ajoute que d'autre notions (telles que celle de consentement à accepter un dédommagement des dégâts) ont été proposées, mais qu'elles sont encore d'un emploi peu courant dans la littérature.

Même si le consentement à recevoir souffre de la faiblesse théorique de n'être pas borné supérieurement, il est difficile de le refuser dans les cas où il se justifie par une allocation des droits sur les biens, donnée extérieure à la théorie économique. C'est notamment le cas lorsque le principe pollueur-payeur est invoqué.

D'autres approches ne récusent pas le consentement à recevoir, mais minimisent ses différences avec le consentement à payer : pour des biens ordinaires dans des conditions standards de marché, la différence entre consentement à payer et consentement à recevoir devrait être faible, ne dépendant que d'un «effet revenu» à la marge. Or, l'observation révèle que, pour des biens d'environnement jusqu'alors peu marchands, de nombreux individus déclarent des consentements à recevoir très élevés, voire infinis (ces deux types de réponses pouvant dépasser la moitié des réponses), et que de nombreux autres refusent de répondre [8, chap. 8].

Pour expliquer un tel phénomène, certains économistes sont tentés de voir dans ces CAR très élevés l'expression d'un « biais stratégique » ne traduisant pas les préférences réelles d'un individu : l'annonce d'un consentement à recevoir élevé serait destinée à empêcher

une action contribuant à dégrader l'environnement. Mais rien n'est moins sûr. En l'absence de biais prouvé, l'économiste ne devrait pas ici juger du bien-fondé de ce consentement à recevoir, car il est par définition une mesure de valeur qui représente l'appréciation de l'importance d'un bien du point de vue de l'évaluateur. Un des fondements de l'approche économique est en effet que l'individu est seul juge de ses préférences.

En fait, l'ampleur de l'écart entre consentement à payer et consentement à recevoir provient bien de l'allocation initiale des droits sur l'environnement. De fait, cette dernière peut modifier complètement les conclusions d'une analyse coûts-avantages [8]. On retrouve là, en théorie, les divergences observées, en pratique, entre l'appréciation des nuisances d'un projet par ceux qui les subissent (et qui estiment avoir droit à un retour à l'état antérieur) et l'appréciation de ces nuisances par ceux qui en sont à l'origine (promoteurs du projet qui évaluent des consentements à payer).

On peut retrouver un aspect de cette analyse dans l'évaluation des risques. En effet, le «coût du risque» croît lorsque la responsabilité individuelle de la victime décroît. La disposition à payer pour épargner une vie humaine dépend du degré d'acceptation consciente liée à leurs actes par les victimes potentielles. Moins un risque est accepté, plus s'élève le prix que la collectivité accorde dans ses choix à l'atténuer ([3, p. 81].

Compte tenu de ce que consentement à payer (pour obtenir un avantage) et consentement à recevoir (pour renoncer à un avantage) n'ont aucune raison de coïncider, notamment parce qu'on répugne plus à perdre ce qui appartient « de droit » qu'on ne désire bénéficier d'un gain, il est indispensable de clarifier la question des droits avant toute évaluation, ce qui peut conditionner les méthodes de calcul [10, p. 92].

La question peut prendre une toute autre dimension si on intègre les générations futures. Claude Henry souligne que la préservation des intérêts des générations futures implique d'intégrer un impératif éthique dans le calcul économique : il préconise l'application du « principe de copropriété » de l'environnement entre la génération présente et les générations à venir [10, p. 43].

# Les évaluations convergent si les conventions de calcul sont partagées

Olivier Godard souligne qu'un des apports du GIEC est la confrontation systématique entre modèles économiques donnant des résultats apparemment très différents. Cette confrontation a permis progressivement une élucidation des différences qui sont attribuables aux modèles eux-mêmes ou aux différences d'hypothèses. Par exemple, Hope et Maul montrent dans [25] comment les modèles Intera et Page, conçus autour du même projet d'identifier la valeur de la tonne marginale de carbone, en intégrant de façon explicite l'incertitude attachée à la plupart des paramètres, finissent par rapprocher considérablement leurs résultats

lorsqu'ils sont soumis à un même jeu d'hypothèses et de conventions. Autre exemple analogue : Shackleton et al. rendent compte dans [42] des résultats comparatifs d'un exercice coordonné auquel ont été soumis quatre modèles économiques reflétant deux conceptions différentes (approche macro-économétrique, modèle d'équilibre général calculable); ces modèles ont été exposés à une même batterie d'hypothèses concernant la mise en œuvre d'une éventuelle réforme fiscale aux USA qui incorporerait une taxe sur le carbone. On voit ainsi les différences qui se profilent entre modèles de conceptions différentes et celles entre modèles de la même famille. On voit aussi des éléments, tendances ou hiérarchies communes à tous les modèles, apparaissant alors comme des résultats assez robustes : le caractère décisif du choix d'une méthode de recyclage du produit de la taxe pour déterminer le caractère économiquement avantageux d'une politique de prévention des changements climatiques; la possibilité de trouver une forme de recyclage qui neutralise tout effet dépressif sur la croissance; l'infériorité économique des méthodes de recyclage qui reposeraient sur une réduction de l'impôt sur le revenu et l'avantage de celles qui réduiraient les charges patronales pesant sur les salaires.

Nous verrons également sur les exemples de coûts sanitaires dus à la pollution atmosphérique que, s'il y a un minimum d'accord sur un cadre commun d'hypothèses et de conventions (méthodes, catégories...), on observe un resserrement de l'éventail des évaluations de coûts.

Cette convergence dans les évaluations ne règle pas tout, car à un autre jeu d'hypothèses correspondra une autre évaluation ; mais elle offre une certaine garantie dans un contexte donné.

# Questions aux méthodes de monétarisation

Nous nous interrogeons ici sur la nature des méthodes d'évaluation monétaire et sur certains problèmes pratiques soulevés au regard des enjeux d'environnement. Nous nous inspirerons notamment de [10], [36], [135] pour ce paragraphe.

Les analyses précédentes sur les sources d'instabilité des évaluations économiques se retrouvent, de façon pratique, dans l'existence de plusieurs méthodes d'évaluation des biens et des préférences, dont les résultats peuvent diverger.

Questions aux méthodes indirectes d'évaluation Les évaluations indirectes ne reflètent-elles pas plutôt le point de vue de la collectivité que celui des individus?

Dans le cas des effets sanitaires de la pollution atmosphérique par exemple, on observe sur les études examinées dans le chapitre « Coûts des effets sur la santé de la pollution atmosphérique » (p. 268), que les coûts ne sont généralement pas évalués du point de vue de l'individu (à qui on demanderait d'exprimer ses préférences), mais du

point de vue de la société, de l'État. Ne sont généralement pris en compte que les coûts sanitaires supportés par la société, à savoir certaines pertes (congés maladie, pertes de production par décès...) et certains coûts directs (hospitalisations, consultations ou visites à domicile de praticiens, dépenses pharmaceutiques engagées, dépenses de protection...), selon une vision d'État investisseur qui mesure la perte de production et les coûts de fonctionnement supplémentaires provoqués par la pollution.

### Des évaluations souvent réductrices par segmentation : les coûts du bruit se réduisent-ils à ses seuls effets dans l'habitat ?

Certaines nuisances peuvent être bien identifiées (cas du bruit), sans qu'elles soient suffisamment documentées par des données pour pouvoir procéder à des évaluations significatives. On a alors plutôt affaire à un défaut de veille et de collecte, qu'à une incertitude scientifique. Il est vrai aussi que la collecte d'informations a un coût.

Nous suivrons [61] dont nous reproduisons ici de larges extraits pour décrire les effets sanitaires du bruit. Ce développement nous permettra de mesurer l'écart avec ce que valorise l'évaluation économique traditionnelle, à savoir seuls quelques segments et aspects des nuisances dues au bruit, parmi de nombreux non pris en compte (malgré la connaissance des effets du bruit).

On sait que parallèlement aux effets sur la santé, comme les perturbations du sommeil et le stress, le bruit est souvent ressenti comme une gêne car il empêche l'homme d'accomplir ses activités quotidiennes dans des conditions satisfaisantes. On distingue quatre catégories d'effets du bruit sur l'homme : les effets sur la santé, les effets sur la communication, la gêne psychologique, les effets comportementaux. Nous les détaillerons quelque peu.

#### Effets du bruit sur la santé

Les troubles du sommeil (difficultés d'endormissement, éveils au cours de la nuit, dégradation de la qualité du sommeil) perturbent sa fonction de récupération (diminution du sommeil profond) et ont pour conséquences un état de fatigue chronique avec une irritabilité accrue et une disposition au travail réduite. Le bruit indésirable oblige à parler fort et nécessite une concentration accrue pour écouter, ce qui peut devenir fatiguant à la longue. Les périodes de tranquillité et de détente peuvent être affectées par le bruit, avec pour conséquences une baisse de vitalité et un sentiment d'insatisfaction. Le bruit influence le fonctionnement du système nerveux et neuro-végétatif : le rythme cardiaque et la pression sanguine peuvent augmenter, avec des risques d'infarctus. Il existe d'autres effets physiologiques, et notamment les phénomènes de stress qui perturbent le fonctionnement de certains organes et peuvent contribuer à l'installation de maladies du système cardio-vasculaire et digestif (pour des niveaux de crête dépassant 75 à 80 dB(A)). On peut aussi observer la manifestation d'effets pathologiques comme conséquence de réactions physiologiques répétées. Si l'exposition au bruit des transports n'est pas

suffisamment forte pour provoquer des effets sur l'audition, en revanche des effets comme la prise de médicaments et l'hypertension sont à signaler.

#### Effets du bruit sur la communication

La perturbation de la communication est, dans beaucoup de cas d'exposition au bruit des transports (notamment des trains), une composante majeure de l'impact des nuisances sonores.

La bonne intelligibilité des conversations, radio, musique, télévision notamment, est un élément important de la vie ; elle conditionne le confort acoustique dans tous les lieux habités et la sécurité dans l'industrie et les transports. L'interférence avec la parole se produit à des niveaux de bruit fréquemment atteints dans la rue, les jardins ou sur les balcons. À l'intérieur des logements ou des bureaux, le bruit amène en général les occupants à fermer les fenêtres, ce qui représente une contrainte, notamment en été.

D'autre part, on estime actuellement qu'en France 80 % des salles de classe, garderies, cantines ont une très mauvaise acoustique, ce qui nuit à l'intelligibilité de la parole en particulier lorsque le bruit de fond, qu'il provienne de l'intérieur de la salle ou de l'extérieur (proximité d'une voie routière ou ferroviaire), est moins de 10 dB(A) inférieur à celui de la voix de l'enseignant. Un environnement bruyant nuit directement au développement du langage et aussi à l'apprentissage de la lecture chez les jeunes enfants. Dans les cas les plus sévères, on parle de « surdité psychologique » qui ferait que les enfants élevés dans un environnement bruyant seraient beaucoup moins attentifs, notamment aux sons du langage.

### Gêne psychologique due au bruit

La gêne psychologique est la sensation perceptive et affective exprimée par les personnes soumises au bruit, alors que la bruyance n'est que la sensation perceptive. Ses composantes psychosociologiques sont complexes. Malgré cela, la gêne est un des critères très employés dans les recherches sur les effets du bruit, aussi bien dans des enquêtes psychosociologiques que dans les travaux de laboratoire. Dans les situations réelles, elle représente une expression globale témoignant de la situation des personnes qui répondent ; c'est pourquoi elle sert de base à la détermination de seuils d'exposition utilisés notamment dans l'action réglementaire. Il a été montré, par exemple, qu'il serait souhaitable de ne pas dépasser, de jour, un niveau d'exposition au bruit de la circulation routière supérieur à 60 dB(A); au-delà, la gêne et le nombre de personnes concernées deviennent important. Entre 60 dB(A) et 62 dB(A), on se trouve à un niveau pivot où il existe une forte accentuation de la gêne. Mais quel que soit le niveau de bruit, une fraction non négligeable de la population se dit toujours gênée et une autre ne jamais l'être.

## Effets du bruit sur les comportements

Le bruit contraint souvent les individus à adopter, dans la vie quotidienne au domicile, des comportements pour limiter la gêne :

- fermeture des fenêtres pour pratiquer certaines activités (écoute télévision et radio, lecture, sommeil);
- modification de l'usage des pièces et des espaces extérieurs proches (jardin, balcon);
- insonorisation de l'habitation par des double-vitrages;
- déménagement vers des zones d'habitation moins exposées, si ceci est financièrement possible et si de telles zones existent (« effet oasis »).

Mais au-delà de cette réponse, le bruit a un impact sur le climat social : il serait à l'origine d'une agressivité accrue, d'une diminution de la sensibilité et de l'intérêt de l'individu à l'égard d'autrui, qui se manifestent dans certains de ses comportements.

# Des pratiques très partielles d'évaluation économique du bruit

En résumé, le bruit perturbe l'activité, altère le sommeil, empêche l'homme d'accomplir ses tâches dans des conditions satisfaisantes. Ces perturbations sont maintenant bien connues dans les domaines suivants : l'apprentissage (notamment l'acquisition scolaire), le développement psychologique, la vie sociale, la communication parlée, les performances au travail. Il crée d'autre part une situation de stress. Du fait des efforts d'adaptation au bruit, de la frustration liée aux dégradations de l'activité et du sommeil, le bruit a un impact non négligeable sur le fonctionnement physiologique, psychologique et social.

On observe toutefois que les études existantes de monétarisation du bruit ne portent que sur quelques-uns des aspects décrits ci-dessus : les effets du bruit sont essentiellement évalués en milieu professionnel et dans l'habitat ; il manque une évaluation des effets du bruit dans d'autres milieux et pour d'autres usages de l'espace (par exemple, randonnée...) ; seule la gêne résidentielle est évaluée, pas la gêne des piétons, la perte d'aménités urbaines (perte de vie locale, départs de commerçants, évolution de la structure sociale...), etc. Ceci conduit à une sous-évaluation des impacts du bruit.

#### Coûts des dommages ou coûts de réparation ?

En théorie, ce qu'on appelle coût des dommages est une perte de surplus pour les agents consommateurs. Ceci est sans rapport avec un coût de remise en état de l'environnement.

On retrouve cette distinction dans la réparation du dommage prévue dans le cadre de la responsabilité civile [45, p. 30] : elle se limite souvent aux dommages causés aux personnes, aux biens et aux activités marchandes ; les dommages-intérêts accordés ne sont pas affectés à la restauration des lieux détruits ou dégradés. On notera que dans le cas de la « marée noire » causée par l'*Amoco Cadiz* en 1978, la Cour américaine a rejeté la plainte pour dommage écologique au motif que nul n'a de droit sur la biomasse (principe du *res nullius*) [13]. La Cour a reconnu que le programme de restauration conçu par les biologistes était raisonnable, mais la demande a été rejetée au motif qu'il n'avait pas été engagé.

Ainsi, les coût des dommages représentent des pertes au sein de la sphère de l'économie du bien-être, alors que les coûts de réparation reflètent les atteintes portées aux mécanismes régulateurs des milieux naturels et la nécessité de leur reproduction (sans laquelle la question du bien-être cesserait de se poser faute de support [34, p. 8, 45]). Cette discussion renvoie à celle de David Pearce (voir p. 151-153) qui souligne en quoi le choix d'un type de coût renvoie, soit à l'hypothèse d'un milieu indéfiniment dégradable (coûts des dommages), soit à l'obligation de maintenir sa capacité de régénération en prenant en compte le caractère non reproductible du capital naturel (coûts de réparation).

# Coûts des dommages ou coûts d'évitement des dommages ?

L'approche des coûts des dommages par des dépenses de protection peut être très limitative, voire parfois caricaturale. Dans le cas de la pollution atmosphérique, mettre des masques, envoyer les asthmatiques chez eux... sont des « solutions » peu coûteuses, mais qui ne reflètent pas la valeur perçue de la souffrance, ni les implications de moyen terme pour une population fragilisée, ni le sentiment d'impuissance ou de sujétion qu'elle peut éprouver.

# Questions à l'analyse hédoniste (marchés de substitution)

Ces méthodes vont directement chercher sur des marchés, existants ou fictifs, des révélations d'évaluations d'actifs environnementaux.

## Un lac vaut-il le prix payé pour s'y rendre?

Une telle évaluation ne révèle que la composante « loisirs » de la « valeur » d'un lac : c'est une valeur partielle. Or, l'eau remplit des fonctions économiques, écologiques, esthétiques, de production, de survie... qui ne sont pas révélées par un tel prix. Si le coût de la dégradation d'un lac est évalué de la sorte et est compensé par un montant financier équivalent, cette substituabilité apparente se heurte aux fonctions multiples du patrimoine naturel et les sous-estime.

# Le consommateur est-il souverain dans son choix d'un logement plus ou moins bien exposé?

La méthode des prix hédonistes suppose une liberté de choix sur le marché immobilier, alors que, de fait, elle est entravée par diverses contraintes [10, p. 82], dont quelques-unes sont exposées en annexe et dans le chapitre « L'extension urbaine » (p. 227).

# Que mesure la dépréciation d'un logement exposé au bruit ?

Nous suivons de nouveau [61] pour la valorisation des effets du bruit.

Parmi l'ensemble des indicateurs disponibles permettant d'évaluer les dommages monétaires dus au bruit, celui relatif à l'impact des nuisances sur le marché immobilier a souvent été utilisé. Cette méthode d'évaluation, basée sur l'évolution des prix (ou des loyers) des propriétés, part de l'hypothèse que le prix d'un logement ne reflète pas seulement son coût de construction, mais aussi les avantages (proximité d'une ligne de métro par exemple) et les inconvénients (les nuisances) dont peuvent bénéficier ou que supportent les résidents.

En considérant la différence de prix entre des appartements semblables situés dans des zones tranquilles ou bruyantes, on peut estimer la perte de valeur induite par le bruit et déduire le prix fictif à payer pour la tranquillité. De telles études sont surtout faites en milieu urbain soumis au bruit routier (analyse des loyers). Ainsi, toutes choses égales par ailleurs, un logement situé dans une zone calme aura une valeur plus grande que le même logement situé dans une zone très exposée au bruit. On suppose alors que le coût du bruit est capitalisé négativement dans la valeur des logements ou le montant de leur loyer. Cette méthode tente donc d'établir la part des nuisances sonores dans les différences de prix entre les propriétés et de déterminer la somme que les individus sont prêts à payer pour améliorer la qualité de leur environnement sonore.

Les résultats les plus récents, provenant d'études menées dans trois villes suisses (Zürich, Bâle et Neuchâtel) et une australienne (Brisbane), indiquent une dépréciation moyenne voisine de 1 % par dB(A). Des incertitudes pèsent cependant sur le seuil d'apparition de cette dépréciation. Mais en cas d'infrastructure nouvelle, cet impact étant aussi nouveau, le coût peut être beaucoup plus important. L'analyse de la jurisprudence est intéressante : c'est ainsi que des juges ont retenu une dépréciation de 70 % du prix en raison de l'effet de rupture (bruit du TGV sud-est, février 1992).

La question se pose de savoir ce que ces méthodes mesurent. Elles pourraient sous-estimer les nuisances dans la mesure où seule une partie des effets du bruit est appréciée (voir p. 172-173). Il y a surestimation des nuisances prises séparément car on mesure non seulement l'effet du bruit, mais aussi celui d'autres nuisances corrélées (vibrations, pollution atmosphérique, insécurité, etc.). C'est ce qu'on appelle l'effet de « contamination de gêne » (ceci explique que les Norvégiens fassent une évaluation environnementale globale).

L'effet de contamination rend délicate l'analyse de régression statistique, destinée à extraire des prix la composante bruit, précisément par interdépendance des variables explicatives (multicolinéarité).

# Les droits sur l'environnement ne sont-ils pas implicitement attribués au pollueur ?

Comme le souligne Jean-Philippe Barde dans [10, p. 86], l'analyse hédoniste repose sur l'hypothèse implicite que les droits initiaux sur l'environnement ont été conférés aux pollueurs puisqu'elle mesure un consentement à payer pour le silence, l'absence de pollution, etc. de la part de ceux qui subissent les nuisances. Si on procédait à une évaluation

sur la base d'un environnement non pollué, elle s'exprimerait en terme de compensation pour des nuisances imposées, et elle serait vraisemblablement plus élevée que celle fournie par la méthode des prix hédonistes.

## Questions aux évaluations contingentes

Ce sont essentiellement des évaluations de consentements à payer (CAP) par questionnaires, sondages, etc.

#### Que révèlent les biais de ces méthodes ?

Ces méthodes souffrent de nombreux biais (voir [10, p. 91], [36], [8, chap. 7], [135, p. 25]). Nous nous concentrons ici sur un type de biais.

Les biais relationnels proviennent de ce que, pour dépasser le doute, le sondeur doit avoir un rôle actif et fournir lui-même au sondé des critères d'évaluation [8, p. 61]. Le principal est le biais lié à l'enchère de départ : la donnée d'un « point zéro », d'un repère initial, pour des enchères montantes ou descendantes influe grandement sur l'évaluation.

Martin Angel range un ensemble de biais sous le terme de « biais de focalisation » [8, p. 66]. Par exemple, si un actif environnemental à valoriser (une espèce animale à sauver) n'est pas mis en perspective au sein d'un ensemble plus large (toutes les espèces à sauver), l'individu interrogé aura tendance à attribuer un consentement à payer identique à l'actif et à un ensemble plus large d'actifs l'incluant : c'est le biais d'inclusion. Dans une liste d'actifs environnementaux à évaluer, les premiers seront plus valorisés que les derniers : c'est l'effet de rang. L'évaluation d'un actif composite formé de la réunion de deux actifs n'est pas la somme des évaluations : il y a non-additivité des valeurs. Certaines évaluations fournies pour préserver des actifs naturels, lorsqu'elles sont additionnées sur l'ensemble de la population, conduisent à des chiffres astronomiques : c'est la non-plausibilité des valeurs.

Trois types d'explication sont traditionnellement fournis pour expliquer ces biais [8, p. 70]. La première est la baisse de l'utilité marginale de l'environnement au fur et à mesure de sa préservation. La deuxième avance que l'évaluation porte moins sur l'actif lui-même que sur la satisfaction morale de l'individu à avoir fait quelque chose de louable (warm glow effect). La troisième soutient que le biais d'inclusion provient d'un problème d'information, différente selon qu'on s'intéresse à un actif ou à un actif mis en perspective.

## La pollution de l'air ne doit-elle pas être évaluée par le biais de consentements à recevoir, car le droit à un air sain est inscrit dans la législation nationale?

Le premier paragraphe de l'article 1er de la loi du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie est ainsi rédigé : « L'État et ses établissements publics, les collectivités territoriales et leurs établissements publics ainsi que les personnes privées concourent, chacun dans le domaine de sa compétence et dans les limites de sa responsabilité,

à une politique dont l'objectif est la mise en œuvre du droit reconnu à chacun à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. »

En ce qui concerne la définition des niveaux de pollution « acceptables », elle résulte de procédures de coordination qui ne se résument pas à l'évaluation économique mais qui peuvent y faire appel : consultation, concertation, consensus médical, etc. Ces niveau fixés, tout dépassement doit donc être évalué sur la base d'un consentement à recevoir pour supporter cet excès de pollution, et non d'un consentement à payer pour bénéficier d'un air inoffensif pour la santé.

### Que révèlent les évaluations contingentes de coûts sanitaires ? Le système social existant ou les variations de bien-être ?

Cette question est soulevée dans [72, p. 57-58].

Dans une approche d'évaluation contingente du bien-être social lié à une baisse de la pollution atmosphérique, des questionnaires tenteraient de mettre à jour les préférences concernant la baisse du risque de maladie, les souffrances et nuisances évitées, la joie de vivre dans un environnement plus sain, les jours d'inactivité épargnés, etc. Bien sûr, il faudrait que la construction des questionnaires tienne compte des biais inhérents à la méthode, mais il resterait une difficulté résultant du contexte français en matière de financement de la santé.

En effet, un individu peut éprouver de grandes difficultés (outre un manque de connaissances médicales) pour apprécier ses consentements à payer pour une baisse du risque d'une maladie car, en France, le système d'assurance-santé est prélevé directement sur les salaires. Autrement dit, les évaluations contingentes sont influencées par le système social existant, qu'elles révèlent autant que les variations de bien-être.

On notera que la méthode d'évaluation contingente a été adoptée aux Etats-Unis, où des *guidelines* pratiques ont été établies pour en valider les résultats auprès des tribunaux ou de l'*Environmental Protection Agency*. Elle présente en effet l'avantage de permettre la valorisation économique d'impacts n'entraînant pas de maladie au sens classique, tels que la gêne, le stress, la souffrance, mais entrant dans la définition d'impacts sur la santé au sens de l'OMS (« état complet de bien-être physique, mental et social »).

# Les évaluations contingentes ne révèlent-elles pas le degré d'information ?

Dans une approche d'évaluation contingente du bien-être social imputable à une baisse de la pollution atmosphérique, on suppose que les individus sont capables d'estimer leurs propres dommages et agissent en tant qu'agents économiquement rationnels. Les résultats sont très sensibles à la perception subjective du risque et à la cohérence économique des individus (on entend par là la rationalité des agents et leur capacité de traitement des informations dont ils peuvent disposer). Par exemple, on peut observer qu'une certaine habitude à la souffrance peut conduire les individus à se situer eux-mêmes dans une moyenne, en contradiction avec

l'observation de symptômes médicaux qui les situeraient plutôt aux extrêmes.

Une enquête allemande sur les avantages d'une amélioration de la qualité de l'air, rapportée dans [10, p. 89], montre que les consentements à payer dépendent beaucoup du niveau de connaissance des phénomènes de pollution de l'air (du simple au double).

## Questions à l'analyse coûts-avantages

Nous nous penchons à présent assez longuement sur l'analyse coûts-avantages en raison de son rôle central dans la pratique de l'évaluation économique.

## Démarche de l'analyse coûts-avantages

La démarche de l'analyse coûts-avantages pour comparer des investissements est brièvement décrite ci-dessous en suivant notamment [43]. Schématiquement composée de quatre étapes, elle simule un processus de décision qui consiste à retenir, parmi différents projets, celui qui maximise l'utilité collective procurée au travers de ses effets.

On commence par établir une action de référence, dont les effets forment une *situation de référence*, par rapport à laquelle seront définis les effets différentiels des autres projets. Les actions sont classées en trois catégories : actions matérielles qui modifient physiquement le système ; actions institutionnelles qui transforment les règles du jeu du système ; actions informationnelles qui influencent le comportement des acteurs. Les contraintes peuvent être de différentes natures (physiques, budgétaires, législatives, socio-économiques).

Si la prévision des effets s'effectue en unités physiques, leur évaluation économique est faite après une phase de *valorisation monétaire*. Ceci permet à la fois la hiérarchisation et l'agrégation des effets pour définir des bilans synthétiques.

Les utilités relatives à différentes périodes sont agrégées dans un bilan intertemporel, au moyen d'un coefficient d'actualisation traduisant à la fois la « dépréciation du futur » et les retombées de la croissance économique. Ces bilans prennent des formes particulières en situation de risque.

Enfin, plusieurs formes d'évaluation sont possibles. La méthode *coûts-avantages* consiste à valoriser tous les effets sous forme monétaire, puis à faire la somme pondérée par des coefficients d'actualisation des bilans annuels, ces bilans résultant de la différence entre avantages et coûts monétarisés (les coûts étant comptés négativement) : le critère fondamental de choix de projets est ce qu'on appelle le *bénéfice actualisé*, ou *valeur actuelle nette*. C'est l'approche traditionnelle du calcul économique public.

La méthode *coût-efficacité* consiste, après valorisation monétaire des effets, à faire le rapport entre un effet positif privilégié (dit efficacité) et la somme des autres effets (coûts). Elle peut aussi évaluer les coûts en termes monétaires et les avantages en termes différents (plusieurs projets présentant les mêmes avantages pouvant être comparés uniquement sur la base de leurs coûts).

D'autres critères de comparaison sont envisageables (plutôt pour des investisseurs privés que pour l'État) et ils ne conduisent pas toujours au même diagnostic. Le taux de rentabilité interne est le taux d'actualisation qui annule le bilan actualisé. Il ne dépend pas du taux d'actualisation et évite donc le choix arbitraire de ce taux. Le taux de rentabilité immédiat est le rapport du premier avantage obtenu au coût de l'investissement, lorsque ce dernier est concentré en première période et que les avantages croissent sur les périodes suivantes : il ne dépend pas du taux d'actualisation. Le taux de rentabilité moyen est le rapport entre la moyenne arithmétique des avantages et le coût de l'investissement, lorsque ce dernier est concentré sur la première période : il ne dépend pas du taux d'actualisation (en fait il fait implicitement l'hypothèse d'un taux d'actualisation nul). Le bénéfice actualisé par franc investi ou taux d'enrichissement en capital est le rapport entre le bilan actualisé (ou le bilan comptable) et le coût de l'investissement, lorsque ce dernier est concentré sur la première période. Le temps de retour est le délai au bout duquel la somme actualisée (ou comptable) des bilans successifs devient positive.

Cadre d'évaluation de la rentabilité des projets privés, l'analyse coûts-avantages s'est étendue à certains projets publics, en élargissant le point de vue à l'ensemble des agents économiques affectés et en prenant acte de l'imperfection (présence d'effets externes) ou de l'incomplétude (biens inaccessibles sur le marché) des marchés dont sont normalement dérivés les prix entrant dans l'évaluation.

## La situation de référence est-elle bien définie et partagée par tous ?

La question de la situation de référence est examinée dans [133, p. 27-31] dans le cas des investissements de transport. Elle apparaît, à l'examen de cas passés :

- comme souvent la principale source d'incertitude sur la rentabilité d'un projet (par exemple, par le niveau de trafic de référence);
- à l'origine fréquente des divergences d'appréciation entre administrations ou acteurs concernés.

Lors de la décision de réaliser une infrastructure, la situation de référence n'est généralement envisagée que du point de vue du niveau de trafic. Ceci pose différents problèmes.

Tout d'abord, beaucoup d'autres d'éléments devraient faire partie de la situation de référence (au risque sinon de biaiser les bilans coûts-avantages) :

- existence d'autres infrastructures qui pourraient pâtir d'un aménagement supplémentaire, voire faire double emploi;
- existence d'une infrastructure non rentable (imposée lors d'une première décision) qui biaise les rentabilités d'autres projets ;
- contexte socio-économique et environnemental local (état et tendances) pouvant bénéficier, mais aussi pâtir de la nouvelle infrastructure.

Ensuite, ce niveau de trafic est souvent une prolongation de tendances passées. Or, un scénario « au fil de l'eau » n'a pas de raison *a priori* de caractériser la situation de référence, comme le souligne [133, p. 30] que nous citons ici : « Une situation de référence au fil de l'eau n'est satisfaisante que si, en l'absence de projets, des aménagements sur place améliorant sensiblement ce scénario ne pourraient être envisagés. Ce que l'on devrait rechercher en effet est de s'assurer que le projet envisagé est préférable au meilleur scénario d'aménagement sur place. En d'autres termes, un bilan de rentabilité positif ne peut être interprété comme une preuve de l'intérêt d'un projet, que si celui-ci est établi par rapport à une situation de référence convenablement optimisée. Au contraire, on surestime évidemment les rentabilités si les comparaisons sont réalisées par rapport à certains scénarios au fil de l'eau. »

## L'éventail des projets possibles est-il assez ouvert ?

Cette question est également abordée dans [133, p. 26-27, 30-31] qui souligne qu'il convient de ne pas resserrer trop tôt l'éventail des possibles, ajoutant les commentaires suivants : « Il est en effet fréquent que, soit faute d'imagination, soit parce que des réactions émotionnelles limitent prématurément les choix en raison d'obstacles que certains jugent insurmontables, une seule solution soit privilégiée et fasse réellement l'objet d'étude. C'est parfois ce qui se passe dans le domaine des transports urbains. »

L'éventail ne doit pas se limiter aux variantes d'un projet (dimensionnement, normes techniques, date de réalisation, etc.). L'analyse de la situation de référence peut faire apparaître des projets alternatifs (inexistants dans les études d'impact) qui ne soient pas forcément des projets du même mode de transport, ni d'autres projets d'infrastructures :

- aménagement partiel d'une infrastructure existante ;
- réorganisation du service sur des infrastructures existantes (plans de déplacements...);
- modulation de la tarification sur des infrastructures existantes.

Sur ce dernier point, [133, p. 31] est très clair, affirmant qu'il « est primordial, dès lors que l'on considère des projets visant à décongestionner ou accroître les capacités d'un itinéraire, de faire l'examen de la tarification, et notamment de sa modulation temporelle, un préalable à la définition de la situation de référence ». Cette recommandation n'est généralement pas appliquée.

### L'évaluation n'est-elle pas contingente à un scénario? Et s'il y a plusieurs scénarios? Scénarios de trafic

Dans le domaine du transport, nous avons déjà indiqué que le scénario de trafic de référence conditionne largement l'évaluation. Or ce scénario est généralement « imposé » comme produit de « nécessités » qu'il n'est pas envisageable de discuter : taux de croissance du PIB sur longue période, élasticité donnée des trafics au PIB, prix des carburants sur longue période, renouvellement du parc, etc., et il est clair que des scénarios *ad hoc* peuvent biaiser l'évaluation et restreindre les issues du calcul.

Or les hypothèses qui fondent de tels scénarios sont discutables. Si elles ne sont pas partagées et qu'un scénario est imposé (avec quelques variantes mineures), la crédibilité de l'évaluation en souffre.

À titre d'exemple, on pourrait revoir les prévisions de trafic en fonction de prix élevés des carburants. En effet, comme de plus en plus d'études l'indiquent (voir [136]), les prix des carburants ne sont pas assez hauts, soit parce qu'ils ne couvrent pas certains coûts directs (cas du gazole, voire du kérozène), soit parce que le respect d'un certain nombre de cibles environnementales (pollution de l'air, limitation des émissions de CO<sub>2</sub>, etc.) exige des changements de comportement sous l'effet de prix élevés. D'après [110], une augmentation du prix du carburant de l'ordre de 7 % par an en termes réels sur deux ou trois décennies serait nécessaire, avec d'autres mesures, pour contribuer à ramener les émissions de CO<sub>2</sub> aux niveaux considérés comme indispensables par le groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat. En conséquence, les trafics pourraient être évalués à une telle aune, au risque sinon de cumuler manque à gagner (non perception de taxes), coûts environnementaux (pour les générations présentes et futures) et coûts de réalisation d'infrastructures.

### Incohérences entre scénarios et évaluations

Un exemple d'incohérence entre les hypothèses fondant les trafics (et donc les scénarios) et les éléments pris en compte dans l'évaluation est fourni par le cas de la tarification du transport routier de marchandises.

L'évaluation de ses externalités *a minima* et la comparaison avec son prix actuel permettent de constater la sous-tarification du transport routier de marchandises (voir [136], [148]). Par suite, cet « avantage indu » (puisque ses coûts ne sont pas reflétés dans son prix et sont supportés par la collectivité) va conduire à un développement du trafic routier de marchandises au-delà de son utilité sociale. Les scénarios de trafic reflètent donc en partie une internalisation déficiente des externalités. Bien que traduisant une situation économique fortement sous-optimale, les scénarios de trafic qui en découlent ne sont pas remis en question.

Ainsi, la situation de référence est biaisée par une internalisation déficiente des externalités. Si cette situation est supposée optimale, les coûts qui en résultent en terme de hausse des trafics se retrouveront hors de l'analyse économique. La seule prise en compte des externalités dans l'analyse coûts-avantages se fera alors en évaluant les nuisances dues au trafic, sans s'interroger sur les causes de ce trafic. Il y a ici à la fois incohérence entre scénarios et évaluation (effets externes évalués sans être internalisés) et sous-estimation des effets externes (par non prise en compte de l'effet-signal du bas prix du transport routier de marchandises).

## Peut-on agréger des coûts de nature différente ?

Il n'est pas rare que, dans un bilan économique, on mette en regard des valeurs révélées par les individus pour les avantages (conforme à la théorie économique du bien-être) avec des évaluations indirectes pour les dommages, qui reflètent souvent plus le point de vue de la collectivité que celui des agents individuels. Un souci de cohérence nécessiterait de signaler que sont agrégés différents types de coûts, correspondant à des points de vue différents (État, individus...).

À l'occasion de l'évaluation d'une infrastructure routière, il est recommandé de prendre une valeur révélée pour la valeur du temps. Mais alors, pourquoi ne pas recommander la même approche en ce qui concerne les nuisances? Comme nous le verrons plus loin, c'est implicitement l'inverse qui est fait... avec des préférences révélées pour les avantages en terme de bien-être procurés aux usagers de la route par gain de temps, et des coûts de protection pour les riverains subissant les nuisances.

On pourrait imaginer aussi un autre calcul fait du seul point de vue de l'État, fixant une valeur tutélaire du temps intégrant différentes considérations (gains individuels, mais aussi coûts collectifs induits par étalement urbain) et évaluant les coûts sociaux des nuisances (coûts de protection, coûts de réparation, valeur tutélaire du mort, du blessé, de la souffrance, etc.).

## Peut-on agréger des effets affectant des agents différents ?

Si un projet conduit à de lourds dommages pour quelques-uns (populations fragilisées en cas de crise, etc.) et un léger bénéfice pour beaucoup, de telles «redistributions» doivent apparaître en sus des critères quantitatifs traditionnels, car elles sont des éléments de l'acceptabilité sociale. Comme le dit Claude Henry dans [23], au sujet d'un projet d'aménagement de la vallée de la *Soar* par la *Severn-Trent Water Authority* (STWA), « Rien dans ces conditions, même si le choix des prix pour l'évaluation des bénéfices agricoles est correctement effectué, n'autorise à ignorer la répartition des bénéfices et inconvénients entre

groupes sociaux, comme le fait l'analyse de la STWA en agrégeant bénéfices et coûts avec une pondération uniforme. »

## Analyse coûts-avantages et critère de compensabilité potentielle d'Hicks et Kaldor

Ce problème de l'agrégation d'effets affectant des agents différents, au cœur de l'analyse coûts-avantages, est en décalage avec l'axiomatique économique qui postule que les utilités individuelles ne peuvent être comparées et qui définit l'optimalité d'un équilibre au sens de Pareto, à savoir qu'on ne peut améliorer la situation d'aucun agent (ce qui ne nécessite pas de comparer les utilités individuelles). En effet, le propre d'une analyse coûts-avantages est bien de donner lieu à gagnants et perdants.

C'est pourquoi John Hicks et Nicholas Kaldor ont introduit le critère de compensation potentielle. Si le bilan actualisé d'un projet est positif, alors il dégage un surplus qui permet *a priori* de compenser les perdants. Ce critère est celui d'une *possibilité de compensation*, pas d'une obligation de compensation effective. Il conduit à évaluer les coûts sous l'angle de *coûts de compensation*, ce qui rejoint la discussion sur le consentement à payer ou à recevoir.

### Une présentation agrégée des résultats ne peut être le seul indicateur

Comme le souligne [133, p. 67], une présentation agrégée des résultats ne peut être le seul indicateur, notamment en raison « des insuffisances de la théorie [économique] dans deux domaines » :

- l'existence d'effets que l'on ne sait pas monétariser ;
- l'obligation d'arbitrer entre des intérêts divergents de groupes de personnes que l'économiste regroupe sous le vocable «la collectivité».

Si l'économie s'interdit de traiter normativement des problèmes de répartition qui relèvent du pouvoir politique, l'agrégation des effets ne permet pas de juger de ces problèmes en masquant les transferts redistributifs.

## Analyse des effets d'une infrastructure routière selon les agents concernés (et les tiers absents)

On peut noter que l'instruction cadre [134] demande une évaluation des effets d'une infrastructure de transport (avantages, inconvénients) selon les agents économiques concernés.

Avant monétarisation, les effets affectant les usagers et les riverains immédiats pourraient être désagrégés, en évaluant par exemple les zones affectées par le bruit (avec le nombre de riverains touchés), les zones affectées par la pollution locale et régionale (avec le nombre de riverains touchés), le nombre d'usagers bénéficiant d'un gain de temps sensible, etc. De tels indicateurs pourraient permettre de mieux mesurer certaines redistributions consécutives à une décision de création d'infrastructure.

C'est ainsi que des impacts très élevés, mais dont les coûts sont sous-évalués, peuvent être imposés à certains individus (riverains d'une route soumis à la pollution atmosphérique, au bruit, aux effets de coupure, etc.) parce qu'ils sont moins valorisés que les avantages que d'autres retirent du projet (nombreux automobilistes gagnant quelques minutes sur un trajet). Un gain de temps substantiel pour certains usagers justifie-t-il certaines nuisances subies par d'autres ? Les quelques minutes gagnées par beaucoup équilibrent-elles les dommages subis par d'autres (actuels ou à venir) ?

L'exigence de [134] pourrait être étendue aux « tiers absents » que sont les écosystèmes, les espèces, les générations futures... En effet, les effets ne se limitent pas aux usagers et aux riverains immédiats et ils devraient être évalués pour la collectivité au sens large :

- pour la faune, la flore, les écosystèmes, on pourrait tenter d'apprécier les effets de la pollution atmosphérique (notamment sur les cultures, mais aussi sur la faune et la flore), des modifications de micro-climats, du morcellement de l'espace diminuant la diversité biologique, du bruit (perturbant les communications entre oiseaux et donc leur capacité de se reproduire), etc.;
- pour les générations futures, on pourrait tenter d'apprécier les espaces endommagés ou d'usages futurs restreints (notamment en raison du bruit, de l'imperméabilisation des sols, ou de la pollution), la surconsommation de ressources fossiles dont l'usage aurait pu leur être réservé et qui les privera de marges de manœuvre si rien n'est prévu pour les compenser, etc.

### Agrégation et équité : l'apport du GIEC

En examinant les dommages résultant des changements climatiques, le GIEC souligne dans [50, p. 50] la difficulté qu'il y a à agréger des coûts dans un monde aux revenus inégaux (un franc ne vaut pas la même chose pour tous les Français, *a fortiori* dans tous les pays) : « Le regroupement des divers dommages chiffrés en vue d'obtenir l'impact total sur le bien-être collectif implique des décisions délicates en matière d'équité entre nations. Les évaluations à l'échelle planétaire reposent sur la totalisation des dommages chiffrés pour chaque pays (correspondant eux-mêmes à une agrégation implicite d'éléments individuels), qui reflètent les différences de patrimoine et de revenu existant entre les pays, ce qui influe fondamentalement sur la valorisation monétaire de ces dommages. Si l'on tient compte des différences de revenu entre les pays, une incidence comparable (telle que l'accroissement du taux de mortalité) aura un poids très différent selon les pays dans le calcul des dommages à l'échelle planétaire. »

Ainsi, il convient de mesurer les hypothèses implicites que reflète une telle agrégation. Si on considère que l'utilité marginale de la monnaie est la même pour tous (ce qui revient à dire que tout le monde dispose du même niveau de revenus ou encore qu'il y a équirépartition des revenus), il possible d'additionner les dommages ressentis par un agent à ceux ressentis par un autre agent. Mais cette hypothèse ne correspond pas à la réalité.

### Quel taux d'actualisation choisir?

L'actualisation est le principal outil des économistes pour comparer des effets se produisant à des périodes différentes : il permet de comparer des sommes dues ou versées à des dates différentes et, pratiquement, de ramener des coûts ou bénéfices futurs à une valeur présente. La procédure d'actualisation agrège les effets au cours du temps par le biais d'une somme d'effets annuels pondérés par un taux d'actualisation.

Pour cette analyse, nous reproduisons de larges extraits de [50] et de [35].

### Le taux d'actualisation remplit deux fonctions

Si on ne rejette pas le principe de l'agrégation, alors la fonction du taux d'actualisation doit être examinée. Or le taux d'actualisation correspond à deux problématiques : l'une est d'investissement (arbitrage entre consommation actuelle et future pour un même agent) ; l'autre est de répartition des droits sur les ressources naturelles et l'environnement entre les différentes générations [19, p. 315].

## L'actualisation pose un problème d'éthique et d'équité envers les générations futures

La question de l'équité entre générations est soulevée dans [50, p. 48]: « La politique en matière de changement climatique, comme beaucoup d'autres questions stratégiques, pose des problèmes particuliers d'équité entre générations, car les générations à venir ne sont pas en mesure d'influer directement sur les politiques adoptées aujourd'hui qui pourraient se répercuter sur leur bien-être, et du fait qu'il ne sera peut-être pas possible de les dédommager pour la réduction de leur bien-être que ces politiques auront entraîné. [...] Le choix d'un taux d'actualisation public [un taux d'actualisation utilisable par un État pour évaluer une politique officielle] pose également la question des valeurs, car il est lié intrinsèquement au coût des mesures actuelles ainsi qu'aux dommages que risquent de subir les générations à venir si aucune mesure n'est adoptée. [...] Il faut également admettre qu'un taux d'actualisation public présuppose que tous les effets aboutissent à leur équivalent-consommation. C'est ce qui en rend difficile l'application aux incidences non-marchandes de l'évolution du climat qui, pour des raisons éthiques ou pratiques, ne peuvent être traduites en unités de consommation. »

En outre, Jean-Charles Hourcade souligne qu'une application mécanique de l'actualisation favorise toute action aux avantages immédiats et aux désavantages futurs, et qu'elle peut alors conduire, dans le choix entre des décisions, à privilégier une action lointaine (proche de l'effet lointain) et d'amplitude élevée (éventuellement socialement inacceptable) à une action plus proche et plus étalée dans le temps : en ce sens, elle peut participer à l'émergence de crises futures en concentrant des coûts élevés sur l'avenir.

#### Comment choisir le « bon » taux d'actualisation ?

Cette question est longuement débattue dans [50, p. 48] qui souligne que le choix du taux d'actualisation a une grande importance technique pour l'analyse de la politique en matière de changement climatique, car l'horizon temporel est lointain et le coût de l'atténuation a tendance à être ressenti bien plus tôt que les bénéfices des dégâts évités. Plus ce taux est élevé, plus les futurs bénéfices sont négligeables et plus les coûts actuels prennent d'importance dans l'analyse.

L'application d'un taux d'actualisation élevé écrase le futur Comme l'exprime Kenneth J. Arrow dans [9], il est « clair qu'avec des taux d'intérêt élevés, on est assez indifférent à tout ce qui n'est pas une catastrophe majeure ».

Le choix du taux d'actualisation est d'autant plus crucial que la durée d'investissement est longue. L'usage d'un taux d'actualisation élevé (8 % pour celui du Commissariat général du Plan) atténue très fortement le futur : à titre indicatif, avec un taux d'actualisation de 5 %, le futur à 15 ans (resp. 20 ans) ne vaut plus que 0,48 (resp. 0,38) fois le présent ; avec un taux d'actualisation de 10 %, le futur à 15 ans (resp. 20 ans) ne vaut plus que 0,24 (resp. 0,15) fois le présent.

Utilisé sans précautions, sur un projet donné, ceci peut poser problème, notamment pour la prise en compte d'effets environnementaux cumulatifs et à long terme (gaz à effet de serre, pollution de fond, épuisement de ressources...) ou irréversibles (destruction de milieux...). Certains polluants émis dans la troposphère s'y accumulent au fil des décennies, alors que la résistance des êtres humains, des animaux et des plantes n'évolue pas sur un rythme aussi rapide! C'est le cas de l'ozone généré par les oxydes d'azote ou celui des particules fines. Ainsi, la teneur moyenne de base en ozone de notre basse atmosphère est passée de 3 μg/m<sup>3</sup> en 1800 à 50 μg/m<sup>3</sup> en 1992, et l'Académie des sciences prévoit des teneurs de 80 µg/m<sup>3</sup> vers 2015, en pollution de fond. La concentration recommandée par l'OMS restant elle de 120 μg/m³, les difficultés (et les coûts induits) pour respecter cette norme dans les villes s'accentueront d'autant [106]. Or le taux d'actualisation gomme l'intérêt du long terme alors que l'effet d'accumulation renchérit les microgrammes futurs par rapport aux microgrammes émis aujourd'hui. Ceci s'étend bien sûr au cas du CO2.

## Trois approches du taux d'actualisation Nous suivons ici [26], [35], [9].

Le taux d'actualisation est le paramètre qui décrit le fait qu'un franc dépensé ou reçu aujourd'hui a plus de valeur qu'un franc dépensé ou reçu dans le futur. Il existe trois approches distinctes du taux d'actualisation.

 L'actualisation de l'utilité future en tant que telle renvoie à l'existence ou non d'une «préférence pure pour le présent». Le taux d'escompte psychologique traduit la préférence d'une disponibilité immédiate à une disponibilité future d'une même somme d'argent. Cette « dépréciation du futur » reflète la préférence marquée pour la disponibilité de biens présents par rapport à des biens futurs (« un tiens vaut mieux que deux tu l'auras »). Certains auteurs soutiennent que, au nom du développement durable, la préférence dite pure pour le présent devrait être nulle. Vu sous cet angle, on notera que le taux d'actualisation compare implicitement une disponibilité immédiate à une disponibilité future évaluée par le même agent, ou encore au sein de la même génération.

- L'actualisation de la valeur de la consommation, ou taux social de préférence pour le présent, comprend la préférence pure pour le présent et l'effet-richesse (le produit du taux de croissance du revenu par tête par l'élasticité de l'utilité marginale du revenu). Cet effet-richesse rend compte du postulat selon lequel chaque unité monétaire supplémentaire gagnée compte moins au fur et à mesure que l'on s'enrichit. Comme le note Kenneth J. Arrow, il traduit l'idée que les conditions de vie des générations futures seront meilleures que les nôtres et que la valeur d'une unité supplémentaire de biens sera moindre dans les sociétés plus riches du futur ; il incorpore donc une certaine « valorisation de l'avenir », une façon de prendre en compte les générations futures et notre propre avenir [9].
- L'actualisation en fonction du taux de rentabilité du capital, ou taux de rendement de l'investissement, reflète le «coût d'opportunité du capital» (la croissance productive du capital qui fait que dans l'avenir un même coût sera consenti au sein d'une économie plus productive et pèsera moins qu'aujourd'hui sur le bien-être). Ainsi, accepter une dépense aujourd'hui, c'est renoncer à un revenu plus élevé dans le futur par le biais du rendement de l'investissement. Certains économistes se sont efforcés de combiner ces deux derniers concepts, d'autres estimant qu'ils devaient conduire à des taux égaux ou en tout cas très proches.

On voit ici que le taux d'actualisation est notamment contingent aux perspectives de croissance économique sur la période considérée. Or, qui peut dire ce que sera la croissance ?

### Le taux d'actualisation reflète une vision plus ou moins optimiste du futur

Le taux d'actualisation peut être considéré comme un thermomètre de l'opinion de ceux qui le choisissent en ce qui concerne la richesse des générations futures. S'ils retiennent un taux élevé, la valeur d'une unité supplémentaire d'un bien quelconque en devient beaucoup plus faible à l'avenir qu'aujourd'hui, ce qui revient à supposer que les biens seront beaucoup moins rares; c'est-à-dire, en l'absence d'option redistributive, que nos descendants seront beaucoup plus riches que nous en terme de revenu total moyen par tête. Parallèlement, un taux élevé rend apparemment moins d'investissements rentables et pousse à une forte dévalorisation des phénomènes lointains.

S'ils choisissent en revanche un taux faible, mais toujours positif, ils décrivent un avenir dans lequel les biens sont moins abondants et les générations futures moins riches en moyenne. En revanche, de plus

nombreux investissements apparaissent alors comme rentables, car les horizons sont repoussés, et l'épargne est encouragée.

Valeurs du taux d'actualisation public selon la littérature L'application d'un taux d'actualisation public à l'analyse de l'évolution du climat est examinée dans [50, p. 48] et [9].

Kenneth J. Arrow déduit de conclusions éthiques et empiriques l'existence d'une préférence pure pour le présent non nulle, peut-être aux environs de 1 %. Il évalue le taux d'intérêt dû à l'effet-richesse autour de 3 % à 4 %. Il chiffre ainsi la préférence totale pour le présent entre 4 % et 5 %, en notant que cette estimation est plus élevée que celle de certains analystes.

En effet, la revue de la littérature effectuée par le GIEC indique – dans l'approche consistant à actualiser la consommation de diverses générations au moyen d'un « taux de préférence collective pour le présent », qui représente la somme du taux de « préférence pure pour le présent » (impatience) et du taux d'accroissement du bien-être dû à l'augmentation future du revenu par habitant – que, selon les valeurs adoptées pour les divers paramètres, le taux d'actualisation a tendance à baisser jusqu'à un minimum se situant entre 0,5 et 3,0 % par an en moyenne mondiale. Il existe, à l'échelon régional, des variations sensibles de ce taux, qui concordent néanmoins avec une moyenne mondiale donnée [50, p. 48].

La comparaison de ces chiffres avec un taux d'investissement privé ne peut se faire sans précautions [9]. En effet, ce dernier taux incorpore une « prime de risque » propre à l'investissement privé, qui s'ajoute à un taux d'intérêt sans risque. Ensuite, la comparaison n'est pertinente que pour la part des coûts de limitation de la pollution qui aboutit à une réduction de l'investissement privé. Or, l'investissement destiné à prévenir les changements climatiques est de nature publique car il fournit un « bien public » qui ne peut être obtenu sur le marché; on attend de cet investissement qu'il aille plus loin que l'investissement privé et non qu'il le déplace simplement.

La revue de la littérature effectuée par le GIEC indique, pour le rendement des investissements, une évaluation qui, à prix constant, se situe entre 3 et 6 % pour les investissements publics à long terme ne comportant aucun risque. Théoriquement, il serait possible d'investir dans des projets ayant un tel rendement et d'utiliser le produit de ces investissements pour accroître la consommation dans l'intérêt des générations à venir [50, p. 48].

« Le choix d'un taux d'actualisation public pour des projets d'investissement public relève d'un jugement politique » (GIEC, 1995)

Le taux d'actualisation public représente le coût d'opportunité de l'usage des fonds publics. En ce sens, comme le souligne [50, p. 49], « le choix d'un taux d'actualisation public pour des projets d'investissement public relève d'un jugement politique ».

Mais, pour ce qui concerne les décisions publiques en matière de prévention des changements climatiques, ce choix a des incidences considérables sur l'évaluation économique des mesures à prendre. « Dans cent ans, par exemple, en tenant compte de l'inflation, 1 000 \$ de dommages seront évalués à 370 \$ si l'on prend un taux d'actualisation de 1 % (situé vers le bas de la fourchette dans le cas de la première approche), mais à 7,60 \$ si l'on prend un taux d'actualisation de 5 % (situé vers le haut de la fourchette dans le cas de la deuxième approche). En revanche, dans les analyses de la rentabilité à court terme des politiques, l'incidence des divers taux d'actualisation est nettement plus faible » [50, p. 49].

### « La meilleure façon de choisir un taux d'actualisation est et restera sans doute une question insoluble » (GIEC, 1995)

L'évaluation scientifique faite par le GIEC conduit à affirmer que la « meilleure façon de choisir un taux d'actualisation est et restera sans doute une question insoluble » [50, p. 48]. C'est l'une des raisons pour lesquelles ce taux est différent selon les pays et, en général, les analystes font appel à plusieurs taux d'actualisation pour les études de sensibilité.

Il existe donc une certaine latitude dans le choix d'un taux d'actualisation, et ceci justifie que plusieurs évaluations économiques d'une même décision soient effectuées avec des taux contrastés.

### Le choix d'un taux d'actualisation dépend de la nature de la décision

La discussion ci-dessus tourne pour beaucoup autour des décisions à prendre en matière de prévention des changements climatiques. Mais les problèmes de choix publics dans lesquels l'actualisation peut intervenir sont variés : arbitrages entre consommation et investissement, entre secteurs, entre variantes techniques, etc. Il n'y a aucune raison qu'une unique valeur soit adaptée à tous les cas de figure.

### Peut-on simplement baisser le taux d'actualisation?

Pour les raisons évoquées ci-dessus, pour les incertitudes qui pèsent sur le long terme, pour nos responsabilités envers les générations futures, la prudence et l'application du principe de précaution imposent un certain nombre d'attitudes devant l'utilisation de la procédure d'actualisation. Nous reproduisons ici une discussion menée par Cédric Philibert dans [35], et motivée par l'apparente contradiction entre l'analyse coût-bénéfice du changement climatique et l'exigence du développement durable.

« Devant la contradiction apparente entre la procédure d'actualisation et l'exigence du développement durable, de nombreux auteurs ont proposé d'abaisser le taux d'actualisation, afin d'éviter de faire quasiment disparaître de l'analyse les dommages survenant à long terme.

«Beaucoup ont appuyé cette proposition de remarques plus précises, notamment sur l'absence de légitimité à définir une "préférence

pure pour le présent" dès lors que le problème analysé couvre plusieurs générations.

«Il faut cependant considérer les implications concrètes de cette proposition. Il y a deux possibilités. Soit l'on baisse le taux d'actualisation *en général*, ce qui signifie au fond que notre génération devrait consommer moins et investir davantage pas seulement dans l'atténuation du changement climatique. Ce n'est pas nécessairement infondé [...]. Cependant, il semble difficile de faire une telle préconisation au seul motif de l'insatisfaction que l'on peut éprouver à constater l'apparente contradiction entre l'analyse coût-bénéfice du changement climatique et l'exigence du développement durable.

«Si l'on baisse le taux d'actualisation *en particulier* (uniquement pour l'analyse du changement climatique), il faudra investir plus au profit de l'atténuation du changement climatique, au détriment d'autres investissements, a priori plus rentables.

«Surgit alors la question suivante : les générations futures ne se porteront-elles pas mieux si les générations présentes investissent dans les projets les plus rentables, plutôt que dans d'autres qui le sont moins ?

«D'autres arguments plus "brutaux" surgissent également, par exemple sous la plume de Schelling [T.C. Schelling – "Intergenerational discounting", *Energy Policy*, vol. 23, Nº 4/5, April/May 1995]. En substance : les générations présentes sont-elles prêtes à s'appauvrir au profit de générations futures éloignées qui seront (en principe) plusieurs fois plus riches qu'elles-mêmes ?

«On peut aussi "désagréger" le problème. Constatant que les personnes les plus touchées par les changements climatiques seront les habitants des pays en développement, et que c'est sur les habitants des pays riches que repose (c'est admis par la Convention Cadre des Nations Unies sur le changement climatique) la charge des actions d'atténuation, Schelling encore pose le problème suivant : si les habitants des pays riches souhaitent aider ceux des pays pauvres, ne serait-il pas préférable de donner de l'argent aux actuels habitants des PED, plutôt que d'en dépenser pour améliorer le bien-être des futurs habitants de ces mêmes pays, qui seront, toujours en principe, plus riches que ceux d'aujourd'hui?

«Ces arguments présentent incontestablement une faiblesse : celle de présupposer une croissance forte et durable, c'est-à-dire de supposer en quelque sorte le problème résolu : l'exigence du développement durable ne serait-elle pas remplie si les générations futures sont effectivement, tous comptes faits, plusieurs fois plus riches que nous ? »

En fait, si la question du niveau (bas ou élevé) du taux d'actualisation est importante pour la prise en compte des effets de long terme, il apparaît que c'est plutôt par une valorisation spécifique des actifs environnementaux non renouvelables qu'on peut tenter de sortir du dilemme évoqué ci-dessus.

### Ne faut-il pas valoriser spécifiquement les actifs environnementaux non renouvelables, au moins au taux d'actualisation ?

Cédric Philibert résume ainsi la position de la direction de la prévision du ministère de l'Économie dans la controverse sur l'apparente contradiction entre développement durable et procédure d'actualisation : « Si l'actualisation donne à des coûts futurs une valeur actuelle nulle ou presque, alors que nous sommes convaincus de leur importance dans l'avenir, c'est que nous savons mal évaluer ces coûts futurs. C'est en partie naturel, du fait de l'incertitude croissante à mesure que l'horizon temporel s'allonge. Mais c'est bien plus encore parce que nous avons tendance à sous-estimer les mouvements de prix relatifs. » [35].

Plus précisément, voici la position de la direction de la prévision du ministère de l'Économie [16] : « Malgré l'incertitude attachée aux avantages, il convient d'utiliser pour l'évaluation des politiques de l'environnement un taux égal au taux d'actualisation retenu pour l'ensemble des politiques publiques, dès lors que ce dernier est proche du taux d'intérêt réel à long terme sur les marchés de capitaux. Ce taux synthétise en effet la valeur que les agents économiques dans leur ensemble attribuent à l'avenir (qu'ils valorisent bien ou mal le prix de certaines ressources dans cet avenir est une autre question). [...] La bonne évaluation des politiques de l'environnement passe par une valorisation correcte de leurs avantages, c'est-à-dire par l'utilisation du juste prix de la ressource d'environnement. Comme toute ressource rare, son prix relatif doit augmenter au fur et à mesure de sa raréfaction, et donc du temps. Si le prix relatif d'un bien d'environnement progresse suffisamment vite, alors l'actualisation n'empêche pas de donner une valeur élevée à des conséquences sur l'environnement éloignées dans le temps. Par contre, retenir des projets d'investissement sur la base d'un taux d'actualisation volontairement différent conduirait à évincer des investissements privés ou d'autres projets publics collectivement plus rentables. »

Presque vingt ans plus tôt, Marcel Boiteux s'exprimait sur ce sujet en ces termes dans [12] : « Il est vrai que l'actualisation estompe toutes les valeurs à venir lorsque les prix unitaires sont réputés constants avec les années, ou peu variables. Et le fait est, que bien des gens qui pratiquent l'actualisation comme on applique une recette de cuisine oublient un aspect fondamental des études à long terme : la variation des prix relatifs les uns par rapport aux autres. Il est pourtant bien clair qu'à monnaie constante, les prix de l'électronique baisseront grâce aux progrès des techniques, et les prix des salaires augmenteront à la mesure de l'accroissement des niveaux de vie ; les prix des productions largement extensibles de l'activité humaine baisseront, les prix des ressources rares augmenteront. [...] En particulier, tous les modèles économiques montrent que dans une économie en croissance, les prix des ressources disponibles en quantité strictement limitée doivent être supposés croître à un taux annuel au moins égal au taux d'actualisation. [...] Or, si les valeurs dont les prix unitaires croissent à un taux inférieur au taux d'actualisation s'estompent rapidement avec les années et disparaissent dans le calcul

économique, celles dont les prix croissent au même taux restent inchangées, donc rapidement prépondérantes, et a fortiori celles dont les prix croissent encore plus vite. »

Pourquoi certaines valeurs croîtraient-elles plus vite que le taux d'actualisation? On peut songer par exemple à l'augmentation de la préférence pour l'environnement à mesure que le revenu croît. C'est le point de vue développé dans [133], où il est souligné que la préférence pour l'environnement croît en moyenne avec le temps pour une population donnée : l'évolution de la perception des dommages sera supposée évoluer dans le temps comme la consommation finale des ménages par tête augmentée de 1 %. C'est un des éléments de réponse, mais ce n'est pas le seul, notamment parce qu'il ne répond pas à la question essentielle des actifs environnementaux non renouvelables.

Or, d'après la règle de Hotelling (voir p. 145) le prix d'aménités environnementales non reproductibles croît au moins au taux d'actualisation dans une société où le revenu par tête augmente. C'est le sens de la conclusion de Marcel Boiteux dans [12]. «Autrement dit, la procédure de l'actualisation nettoie, à terme, ce qui est accessoire car maîtrisable par le génie humain, pour mettre en relief l'essentiel : ce qui intrinsèquement rare et non reproductible. [...] On objectera que le calcul économique ne porte généralement que sur les valeurs marchandes. Mais rien n'empêche nos contemporains d'accorder à l'air pur, l'eau propre, la terre vierge, un prix dont le taux de croissance égale au moins le taux d'actualisation : ce serait même la manière la plus concrète de passer du stade prophétique au stade opérationnel. [...] Plutôt que de condamner l'actualisation, instrument de cohérence des choix bien nécessaire à une époque où l'on a trop tendance à jeter le bébé avec l'eau du bain, ne vaudrait-il pas mieux montrer en quoi l'application obtuse de l'actualisation, à prix constants et sur les seules valeurs marchandes, trahit les réalités et les aspirations profondes de nos sociétés ? »

Si la valeur des aménités environnementales croît dans le temps, c'est notamment parce qu'elles ne sont pas reproductibles par les moyens de l'économie, c'est-à-dire non substituables. Comme le souligne Cédric Philibert, cette thèse est bien plus favorable à l'environnement que les propositions de fixer à zéro le taux d'actualisation, puisque seules les valeurs environnementales (et peut-être la valorisation de la vie humaine) seront, en pratique, actualisées à taux nul.

Bien sûr, comme la valeur actualisée est une somme infinie, se pose naturellement la question « technique » de sa convergence; ceci renvoie au choix d'un horizon de calcul.

### Quel horizon temporel pour l'analyse ?

Nous poursuivons dans un premier temps la discussion précédente, puis nous abordons un exemple où l'horizon « naturel » d'évaluation des bénéfices d'un projet ne correspond pas à celui des dommages qu'il induit.

## Fixer une limite temporelle au calcul, soit franche, soit progressive

Cédric Philibert poursuit la discussion en s'interrogeant dans [35] sur l'existence d'une éventuelle faiblesse dans la thèse précédente.

- « Supposons en effet un dommage de coût faible, mais récurrent. Ce pourrait être, par exemple, la disparition d'une espèce vivante. Si aucune limite temporelle n'est fixée au calcul (normalement, l'actualisation s'en charge), et que la valeur attribuée à cette espèce disparue croît au rythme du taux d'actualisation (voire plus vite) la valeur présente nette de cette espèce deviendrait infinie.
- « S'agit-il là d'une objection purement théorique, ou est-elle réaliste ? Une valeur environnementale peut-elle toucher à l'infini dans un monde en évolution ? Ce n'est pas évident. Pour raisonner sur notre exemple d'une espèce disparue, il semble bien que toute espèce soit appelée à mourir un jour, du fait de l'Évolution. Au-delà de cette échéance naturelle, même inconnue, le coût de sa disparition anticipée tombe à zéro.
- « On peut aussi considérer que, bien avant cela, une espèce disparue disparaît également du champ des possibles, et de ce fait, admettre que sa valeur tombe à zéro en quelque décennies ou siècles. Sa niche écologique est occupée par d'autres espèces, éventuellement nouvelles.
- « On pourrait objecter à cela la persistance d'une valeur d'existence. Beaucoup d'enfants seraient enchantés de voir un vrai dinosaure vivant. Mais si les dinosaures n'avaient pas disparu, ces enfants ne seraient sans doute pas là pour s'en plaindre.
- « Quoi qu'il en soit, une bonne façon d'intégrer ces remarques pourrait être de fixer une limite temporelle au calcul, soit franche, soit progressive, en considérant par exemple que le taux d'actualisation comprend une préférence pure pour le présent et un "effet-richesse", et considérer alors que les valeurs environnementales croissent au rythme de l'effet-richesse et non à celui du taux global. Autrement dit, il faudrait actualiser ces valeurs au taux de la préférence pure pour le présent.
- « Notons que la difficulté logique peut subsister si la part de l'augmentation dans le temps des valeurs environnementales du fait d'une plus grande préférence pour l'environnement *excède* la préférence pure pour le présent.
- « En revanche, dans l'hypothèse d'une limitation physique de la croissance économique, la difficulté (théorique) disparaît : en économie stationnaire, la préférence pour l'environnement n'augmente plus et "l'effet-richesse" n'existe plus. Les valeurs environnementales futures ne croissent donc plus, et sont actualisées au taux de la préférence pure pour le présent. »

Cédric Philibert conclut néanmoins sur la nécessité d'une analyse multi-critères. Ainsi, comme le souligne Mark Sagoff dans [39], le développement durable n'est pas uniquement concevable en terme de

richesse, mais peut-être aussi en terme de dignité, ce qui fait référence à d'autres critères que ceux de l'évaluation économique.

### L'exemple des infrastructures de transport

Il est noté dans [134, p. 9] que l'évaluation socio-économique des projets d'infrastructures nécessite une perspective de long terme, souvent supérieure à 30 ans. Or certains effets environnementaux peuvent dépasser de loin un tel horizon : effets des émissions actuelles de CO2 sensibles sur plusieurs centaines d'années (présence dans l'atmosphère, effet d'inertie des océans...), effets de la pollution atmosphérique sur le développement des alvéoles pulmonaires d'enfants de 0 à 3 ans sensibles tout au long de la vie (insuffisance respiratoire...), etc.

Ces horizons longs conditionnent des horizons bien plus proches. Ainsi, à plus de trente ans, la question de l'approvisionnement pétrolier se pose, des tensions fortes sont envisageables, et ceci peut avoir des répercussions à un horizon beaucoup plus proche.

En raison des importants efforts d'exploration et des connaissances géologiques, les ressources pétrolières sont en moyenne estimées à 300 milliards de tonnes extrayables à moins de 60 dollars le baril, soit entre 30 et 90 ans environ de consommation en tendance (travaux Énergie 2010-2020 du Commissariat général du Plan). À échéance de cinquante ans, après épuisement des petits gisements, seules les ressources les plus importantes devraient subsister, avec les risques liés à la concentration de ces ressources (Golfe persique).

À cette même échéance, d'autre part, si la Chine et l'Inde adoptent nos modes de transport (avec une motorisation comparable à celle du Portugal), ils absorberont alors la totalité de la production de l'Arabie Saoudite, qui pourrait rester la seule à cet horizon. À échéance de trente ans, des tensions sur les prix peuvent donc se faire jour suite à ce double phénomène de reconcentration et d'émergence de nouveaux consommateurs.

Enfin, à l'échéance d'une dizaine d'années, il est maintenant certain que des mesures auront été prises pour nous prémunir des changements climatiques. Elles auront même pu être accentuées par rapport aux objectifs décidés à la troisième conférence des parties en décembre 1997 à Kyoto, soit devant les phénomènes provoqués par ceux-ci (évolution des modèles régionaux de climat permettant d'attribuer raisonnablement des phénomènes climatiques à l'accroissement de l'effet de serre), soit suite à certaines réactions (réassureurs refusant de couvrir certains risques, pressions diplomatiques d'États insulaires ou côtiers, alerte des scientifiques...).

# Peut-on prendre en compte les surprises et les crises comme on le fait avec les risques probabilisables ?

Si nombre de problèmes d'environnement sont du domaine de l'incertain, l'analyse coûts-avantages est plutôt adaptée à la prise en compte des risques. Ceci en limite l'usage pratique.

## Risques, incertitudes et crises : apports et limites de la théorie de la décision

L'économiste distingue plusieurs types d'incertitude et qualifie « l'environnement » (d'un projet, d'une décision) comme suit :

- *incomplet* lorsque la liste des états est imparfaitement connue (par exemple, les disponibilités techniques futures dans tel ou tel domaine technologique);
- incertain lorsque la liste des états est connue mais qu'on ne peut pas affecter de probabilité à ces états (ce qui est le cas si les effets ne sont pas récurrents);
- aléatoire (ou risqué) lorsque la liste des états est connue et que le décideur choisit d'affecter des probabilités à ces états, que ce soient des probabilités objectives (fonction de la fréquence passée des états) ou des probabilités subjectives (traduisant un degré de croyance en l'apparition des états).

### Risques, incertitudes et crises

La théorie de la décision (et le calcul économique qui en fait usage) prend en compte la distinction entre ce qu'il est convenu d'appeler le risque et l'incertitude.

La notion de *risque* qualifie les situations où le calcul des probabilités objectives (fréquentielles) serait applicable. Le résultat d'une action appartient à un certain ensemble «d'états possibles» et ces résultats peuvent être observés un grand nombre de fois indépendamment les unes des autres. Leur fréquence peut alors être évaluée et est assimilée à une probabilité : à chaque état est attribué un certain « poids » mesurant sa probabilité d'apparition.

La notion d'incertitude sert au contraire à qualifier les situations où le résultat d'une action ne peut pas être prévu avec certitude et ne se prête pas au calcul probabiliste, parce qu'il dépend de la réalisation d'évènements uniques, non répétitifs, ou parce que ces évènements ne sont pas identifiés clairement ex ante. En d'autres termes, la réalisation de tels évènements est la source d'une surprise, que cette surprise soit totale (l'agent ne pensait pas être surpris, ce qu'on peut appeler une nouveauté) ou qu'elle soit attendue (l'agent s'attend à être surpris mais ne sait quelle forme prendra cette surprise).

Les surprises peuvent conduire à des *crises* (mais toute surprise ne conduit pas à une crise). Comme le souligne Patrick Lagadec dans [55]: « La crise c'est l'urgence, *plus* la déstabilisation. Elle va combiner *déferlement* de difficultés, *dérèglement* dans le fonctionnement des organisations, *divergences* dans les choix fondamentaux. Elle ne pourra

pas être résolue par de simples mesures techniques, définies par des spécialistes, imposées par l'autorité. »

Si une crise est définie comme la conséquence (difficilement évaluable) d'une surprise, ses coûts ne pourront être précisément évalués en raison de la difficulté de l'exercice. Ceci ne signifie pas pour autant que les coûts sont nuls ; ceci nécessite donc un autre critère de décision, par exemple une approche séquentielle de décision par précaution (voir p. 198-199).

## Conditions d'usage du critère d'espérance d'utilité en situation de risque

Dans le cas des risques, le critère de décision « rationnel » est celui de la maximisation de l'espérance d'utilité : l'utilité retirée en conséquence d'une action dans chaque état du monde possible y est pondérée par la probabilité de ce dernier. Ceci suppose de connaître l'ensemble des conséquences des décisions et de pouvoir leur attribuer une probabilité, « objective » (par estimation statistique de fréquences) ou « subjective » (degré de croyance).

En fait, des observations révèlent des comportements en contradiction avec la maximisation de l'espérance d'utilité : paradoxe d'Allais intéressant des évènements à faible probabilité mais aux conséquences extrêmes (gains ou pertes très élevés), différentes difficultés et asymétries de perception, etc.

## Quels critères de décision en situation d'incertitude exogène ?

La théorie de la décision est beaucoup moins diserte sur la prise en compte des surprises que sur celle du risque. En introduisant le concept de probabilités subjectives, la théorie de la décision réduit l'incertitude au risque, mais sous certaines hypothèses.

Implicitement, de telles probabilités subjectives font référence à une incertitude exogène : certains états du monde sont possibles dans le futur et leur existence ne dépend pas des actions exercées aujourd'hui ; on leur affecte alors un certain «degré de confiance» en leur apparition. Le critère est une pondération de critères correspondant à chaque état du monde, et il peut s'interpréter selon deux optiques : soit comme une moyenne temporelle correspondant à un passage récurrent par chacun de ces états au cours d'une longue période de temps (probabilités objectives), soit comme la mesure d'une préférence entre décisions en situation incertaine (probabilités subjectives).

## Quels critères de décision en situation d'incertitude endogène ?

Toute autre est la situation d'incertitude endogène, où les futurs états du monde dépendent des actions présentes (état de la technologie fonction des incitations, état de l'environnement fonction de conduites individuelles résultant de certaines «règles du jeu» institutionnelles, etc.). Ici, nous sommes face à des équilibres multiples et un certain état du monde sera atteint suite à une trajectoire conduisant à l'équilibre.

En situation d'incertitude endogène, il y a incertitude sur les critères de décision.

### N'est-il pas risqué de réduire l'incertitude au risque?

Nous soulignons avec quelques exemples en quoi certains problèmes d'environnement ne relèvent pas du risque, mais plutôt du domaine de l'incertain (non probabilisable).

## Des surprises qui ne peuvent être traitées comme des risques

Les éventuelles surprises consécutives aux changements climatiques ne peuvent être traitées comme des risques. Par exemple, la recrudescence éventuelle de « maladies infectieuses à transmission par vecteur (telles que le paludisme, la fièvre dengue, la fièvre jaune et certaines encéphalites d'origine virale) imputable à l'extension de l'aire de répartition et à l'allongement de la période de reproduction des vecteurs » [50, p. 8] renvoie à une logique de précaution.

### Des bifurcations qui peuvent favoriser des crises futures

Certaines caractéristiques des états du monde futurs ne sont pas indépendantes de nos décisions actuelles. Nos actions aujourd'hui peuvent bouleverser les « états futurs du monde » et, en cas de surprise, conduire à une évolution brutale de coûts. Cette question des bifurcations dans les décisions se pose avec acuité dans le cas des transports : faut-il raisonner en terme d'infrastructures ou en terme de régulation du trafic par d'autres instruments (partage de la voirie, tarification, etc.) ?

Les modes et les volumes de déplacements sont largement déterminés par les plans d'urbanisme ou d'infrastructures. La poursuite des tendances en matière de transport nous rend de plus en plus dépendants du mode routier, alors que d'autres options fortement contrastées sont envisageables. Poursuivre la construction d'infrastructures routières (au nom de la poursuite des tendances passées) engage les modes de vie de notre génération et des suivantes, sans que les enjeux et les rigidités de long terme aient été estimés. Dans une ville étalée avec ses captifs de l'automobile pour les déplacements domicile-travail, les loisirs, l'accès aux commerces, quelles seraient les conséquences d'une moindre disponibilité de pétrole ?

### L'apport du GIEC: une stratégie prudente et adaptable plutôt que la meilleure politique pour les cent ans à venir, ou la décision séquentielle plutôt que l'analyse coûts-avantages

Cette question des limites de l'analyse coûts-avantages à prendre en compte l'incertain est naturellement évoquée dans [50] : « Les décisions relatives à l'évolution du climat doivent prendre en compte les caractéristiques propres du "problème" : de vastes incertitudes (scientifiques et économiques), des processus probablement non linéaires et irréversibles, une répartition asymétrique des impacts dans l'espace et le temps, des horizons temporels très longs, l'envergure mondiale du phénomène et le potentiel associé de comportements de "passagers

clandestins". Outre les incertitudes scientifiques [...] et les incertitudes quant aux conséquences [...], il existe des incertitudes socio-économiques quant à la mesure dans laquelle l'évolution du climat va affecter la société notamment de façon directe sur le plan économique et sur celui, plus large, du bien-être et également quant aux répercussions socio-économiques de l'atténuation des émissions. » [50, p. 47].

Les décalages entre l'analyse traditionnelle coûts-bénéfices et les caractéristiques propres de la décision en matière de prévention des changements climatiques sont également relevés : « L'analyse traditionnelle coûts-bénéfices repose sur le principe selon lequel à tout moment, le degré de réduction des émissions est déterminé de façon que les coûts marginaux soient égaux aux bénéfices marginaux. Cependant, les coûts et les bénéfices peuvent être difficiles et parfois impossibles à évaluer, en raison de l'ampleur des incertitudes, de la possibilité de catastrophes ayant de très faibles probabilités d'occurrence ou simplement du fait qu'il n'existe pas de méthode homogène pour en exprimer les effets en termes monétaires. [...] L'application pratique de l'analyse traditionnelle coûtsbénéfices au problème de l'évolution du climat est donc difficile en raison de l'aspect mondial, régional et intergénérationnel de la question. L'évaluation du coût des diverses mesures d'atténuation est extrêmement variable, ainsi que l'évaluation des dommages physiques éventuels résultant des changements climatiques. En outre, on accorde une confiance limitée à l'évaluation chiffrée des conséquences importantes de ces changements (et notamment de leurs conséquences non marchandes). Ces incertitudes et leur résolution au cours du temps peuvent être décisives pour le choix de stratégies de lutte contre les changements climatiques. » [50, p. 49].

Ce contexte d'incertitude exige d'autres approches, comme l'affirme [50, p. 17] : « Le problème n'est pas de définir aujourd'hui la meilleure politique pour les cent ans à venir, mais de choisir une stratégie prudente et de l'adapter ultérieurement en fonction des nouvelles informations disponibles. »

Le rôle joué par l'envoi de signaux de long terme est essentiel dans ce type de décision séquentielle : « Selon la littérature, des politiques souples et d'un bon rapport coût/efficacité reposant sur des incitations et des instruments économiques ainsi que sur des instruments coordonnés peuvent conduire à une réduction considérable des coûts d'atténuation et d'adaptation ou à un meilleur rapport coût/efficacité des mesures de réduction des émissions. Des signaux appropriés à long terme sont nécessaires pour permettre aux producteurs et aux consommateurs de s'adapter à moindre coût aux contraintes de l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et pour stimuler l'investissement, la recherche, le développement et la démonstration. » [50, p. 17].

## Comment déterminer le domaine d'observation ?

La formation des villes répond à de nombreux déterminants, qu'il s'agisse de données géographiques, de jeux d'acteurs institutionnels, de processus économiques plus ou moins formels, d'impacts environnementaux plus ou moins bien compris, de phénomènes sociologiques et culturels. Pour évaluer les coûts collectifs du choix d'une forme urbaine, la question du périmètre d'observation est donc particulièrement délicate. Ce point est abordé dans l'annexe sur les flux financiers impliqués par l'équipement et le fonctionnement urbains (« L'économie informelle dans les coûts des projets urbains », p. 367).

### Qui pratique les évaluations économiques ? Qui évalue les risques ? Qui collecte et dispose des données nécessaires aux évaluations ?

Nous avons vu que l'évaluation économique est sensible aux hypothèses et aux scénarios sur lesquels elle s'appuie. Son objectivité est donc celle de ses cadrages initiaux, explicites ou non, débattus ou non.

Lorsque le promoteur d'un projet est aussi celui qui effectue les calculs, des biais sont à craindre. Ainsi, comme le critère d'évaluation est un bilan coûts-avantages, le promoteur du projet a naturellement tendance à maximiser les avantages et à minimiser les coûts. Ceci est favorisé par le manque de transparence de la méthodologie d'évaluation (voir un exemple dans [23, p. 182]). Dans le domaine des transports, le rapport [133] recommande précisément d'adopter un cadre d'évaluation transparent et partagé.

En outre, l'évaluation de coûts peut être longue et coûteuse, nécessitant des données pas forcément accessibles. Il en coûte également d'identifier les pollueurs et les chaînes causales, de réduire l'incertitude (collecte, expertise, etc.), etc. Si ceci n'est pas pris en considération, l'évaluation économique peut se voir confisquée par les acteurs disposant de sources, de ressources financières, etc., ce qui ne contribuerait pas à clarifier et à objectiver les débats mais plutôt à les aviver. C'est pourquoi, dans le cas des infrastructures de transport, la création d'un fonds national pour la concertation est recommandée par [108], pour limiter les disparités d'accès aux données.

## Comment sont décidées les conventions du calcul économique public ?

Dans la pratique, les exigences du calcul conduisent à de nombreuses simplifications : taux d'actualisation permanent et uniforme pour tous les biens, même poids accordé à chaque agent (chaque ménage, chaque entreprise), similitude des fonctions d'utilité, agrégation homogène de coûts (alors que les revenus sont inégaux), extension de données locales à de larges populations, choix de l'horizon (court terme ou long terme), traitement de l'incertitude, etc. Ces simplifications sont des nécessités techniques difficilement évitables, mais elles renvoient souvent à des points de vue différents sur l'évaluation, ce qui justifie leur examen approfondi.

## Pourquoi gommer les valeurs extrêmes des coûts des nuisances routières ?

Dans [137], on trouve les études qui ont servi à apprécier les coûts de bruit et de pollution atmosphérique du transport, coûts qui sont ensuite repris dans [133] et dans [134].

Il y est noté que les estimations contingentes par consentement à payer sont en général beaucoup plus fortes que les estimations par les dommages ou par les coûts de prévention. Or, le souci exprimé dans [133, p. 114] d'enlever les « valeurs extrêmes» et de retenir une «batterie de valeurs raisonnablement prudente » conduit de fait à sous-estimer de tels coûts. Si ce raisonnement se conçoit dans des séries homogènes où les valeurs extrêmes peuvent provenir de défauts de mesures (mais pas toujours), il n'est pas justifié ici où la variabilité des données correspond à la variété des méthodes, des pays, etc. On ne peut effectuer sans précaution un traitement statistique (détermination de moyennes et de médianes) sur de telles données. La prudence ici consisterait plutôt à porter attention à ces valeurs extrêmes, et ce pour plusieurs raisons :

- les valeurs contingentes mesurent notamment l'acceptabilité sociale ;
- le coût des dommages est souvent réducteur (nombreuses restrictions, minimisation des effets...);
- les valeurs extrêmes peuvent marquer le point le plus avancé de la connaissance (épidémiologie).

Nous allons illustrer ceci sur le cas des coûts du bruit et de la pollution atmosphérique imputables au transport.

### Le cas du bruit des transports

Le bruit représente un coût social important pour la collectivité, soit sous la forme de dommages ressentis, soit en tant que dépenses consacrées à la lutte contre le bruit. Nous avons vu plus haut que leur estimation reste délicate compte tenu des incertitudes scientifiques, des lacunes dans l'information de base (seulement disponible dans l'habitat et en milieu professionnel) et des biais associés aux différentes méthodes d'évaluation (voir [135]).

Une évaluation globale de 0,3 % du PNB a été retenue dans [133, p. 105] et reprise dans [134] pour l'analyse des grands projets d'infrastructures. Or, à l'examen du tableau 1 de [133, p. 106], on constate que ces 0,3 % du PNB correspondent à des pertes de valeur immobilières ou à des dépenses de protection. Les coûts du bruit qui en ressortent lors d'une évaluation de projet sont très faibles et ne correspondent pas à ce que les riverains éprouvent.

Dans ce même tableau, on relève une évaluation globale de 1,4 % du PNB provenant de dispositions à payer issues d'enquêtes de préférences déclarées, et une autre de 1,5 % du PNB provenant de dépenses de protection jugées souhaitables par l'auteur de l'étude. Pratiquées en Suisse et dans les pays scandinaves, les évaluations contingentes par enquêtes visent à déterminer ce que des personnes exposées au bruit seraient prêtes à payer pour une réduction donnée de la nuisance. Elles sont généralement plus élevées que les valeurs hédonistes, avec des écarts de 1 à 1,5 (Neuchâtel), voire de 1 à 3 (RFA). Un écart important se retrouve dans [137, p. 43] où on relève que le consentement à payer peut atteindre jusqu'à dix fois les coûts de prévention (étude Planco, Allemagne, 1990). De même, 3 études sur 22 donnent des coûts allant de 1,4 % à 2 % du PNB. Enfin, il est noté dans [132] que la plupart des études existantes sont incorrectes car elles ne considèrent qu'une partie du coût total des dommages (une borne inférieure de 3 000 à 4 500 F par personne affectée et par an est donnée sur la base de valeurs en usage dans les pays scandinaves).

Si la prudence et l'acceptabilité sociale recommandent de prendre des valeurs élevées, alors il y a là sous-estimation d'au moins un facteur cinq... Ce facteur se retrouve dans l'évaluation moyenne du coût annuel ressenti par une personne gênée par le bruit, valeur sur laquelle reposent les valorisations de [134, p. 23] : elle est de 963 F, soit six fois moins que la valeur adoptée en Suède.

Les «accords amiables» entre riverains et sociétés construisant des infrastructures de transport (autoroutes, voies ferrées) pourraient fournir des indications sur le consentement à recevoir de riverains. Ainsi, les négociations entre la SNCF et les riverains du TGV sud-est auraient abouti à des prix très élevés pour le rachat des maisons voisines du tracé.

## Le cas des effets de la pollution atmosphérique due aux transports

Dans [137, p. 47], on relève que les coûts des effets de la pollution atmosphérique due aux transports sont peu dispersés autour d'une moyenne de 0,4 % du PNB, à l'exception de l'étude UPI (Allemagne, 1986) donnant des coûts de l'ordre de 1 % du PNB. Dans ces évaluations en pourcentage du PNB, on observe qu'atteintes à la végétation, dégâts matériels et atteintes à la santé sont souvent agrégées, et que la nature des indicateurs de pollution n'est pas systématiquement précisée. Ici aussi, les estimations par consentement à payer cataloguées peuvent aller jusqu'à doubler les coûts, alors que la convergence de la plupart des autres études reflète sans doute la convergence des méthodes (évaluation des dégâts, puis de leur réparation ou de la protection).

Dans [133, p. 109], la valorisation par le coût des dommages (sur la santé, les bâtiments, la végétation) repose sur un panel d'études étrangères en pourcentage du PNB, et elle est complétée par une valorisation par le coût d'évitement (technologies...) : il est malaisé de suivre les calculs. Les particules fines et l'ozone n'apparaissent pas comme tels dans les évaluations, alors que nous verrons au chapitre

« Coûts des effets sur la santé de la pollution atmosphérique » (p. 268) que les coûts sanitaires les plus importants sont associés aux indicateurs « fumées noires », « poussières », « particules ». Dans [133, p. 114], s'ajoute le souci d'enlever les «valeurs extrêmes» et de retenir une « batterie de valeurs raisonnablement prudente». On obtient au final une estimation basse des coûts de pollution atmosphérique.

Pour donner quelques ordres de grandeur de l'amplitude des coûts selon la méthode d'évaluation choisie, on cite l'enquête menée par Schulz en 1983-1985 afin de mesurer les avantages d'une amélioration de la qualité de l'air à Berlin-Ouest [10, p. 89]. Le consentement à payer de citoyens bien informés pour voir la qualité de l'air passer du statut de «l'air des grandes villes» à celui de «l'air des vacances», extrapolé à l'ex-RFA, atteignait jusqu'à 11 % du PIB. En comparaison, le maximum reporté dans le tableau 2 de [133, p. 112] est de 1,2 % du PNB. On mesure sur cet exemple combien la procédure de définition collective des coûts à prendre en compte est déterminée par des options antérieures pas forcément connues ou partagées.

On suppose en outre dans [133, p. 49] que les émissions totales devraient baisser de 4,5 % par an suite au progrès technique (ce qui est controversé au moins pour les particules et le CO<sub>2</sub>), et que l'évolution de la perception du dommage sera supposée évoluer dans le temps comme la consommation finale des ménages par tête augmentée de 1 %. Quand on observe l'évolution de la sensibilité du public aux questions de pollution atmosphérique (forme de «préférence révélée»), on peut se demander si la perception du dommage n'évolue pas bien plus brutalement, du fait des basculements dans la connaissance que médias et opinion acquièrent des phénomènes.

### La dépendance envers une ressource rare n'est-elle pas un coût associé à l'usage des carburants fossiles ?

Les coûts de l'usage des carburants fossiles ne se limitent pas aux coûts des nuisances (bruit, pollution atmosphérique...). Il faut compter aussi avec les coûts de la dépendance énergétique envers des ressources fossiles, situées en zone sensible et en voie d'épuisement : coûts (financiers et sociaux) que représenteraient les inflexions ou les ruptures consécutives à un défaut durable d'approvisionnement, que ce soit par épuisement progressif des ressources concentrant ces dernières en quelques lieux, ou pour des raisons politiques (stabilité au Moyen Orient), ou en prévention des changements climatiques.

### Coûts de dépendance énergétique

Dans un bilan coûts-avantages routier, la consommation des ressources fossiles génère des recettes de TVA et de TIPP (considérées comme des avantages pour « l'État percepteur »). Cette consommation « rapporte » donc apparemment aujourd'hui, alors qu'elle est coûteuse pour la collectivité (notamment future) au titre de la consommation irréversible de ressources rares et de l'accroissement de notre dépendance

énergétique. Rappelons qu'en 1995 les importations nationales de pétrole provenaient à 26,1 % d'Arabie Saoudite et à 13,2 % d'Iran (source DGEMP), soit à près de 40 % du Moyen-Orient. Pour évaluer monétairement cette dépendance, plusieurs approches sont possibles.

Dans l'étude [140], on la mesure par une proportion des coûts de stationnement de troupes américaines dans le Golfe persique. Le trafic routier étant à l'origine de la moitié de la consommation de pétrole, on lui attribue la moitié des 50 milliards de dollars (1991) que coûte le maintien d'une présence militaire dans le Golfe persique pour assurer l'accès aux ressources du Moyen-Orient. Ceci conduit à un coût de dépendance énergétique d'environ 125 milliards de francs pour les États-Unis.

En France, le fuel domestique supporte une fiscalité spécifique (d'au moins 0,5 F/l de TIPP et d'incidence sur la TVA) liée à une logique de précaution. Compte tenu de ce que le fuel domestique est substituable assez facilement par le gaz, le charbon ou l'électricité – à l'inverse du carburant – c'est au moins un tel montant qu'il faudrait imputer aux coûts. Ceci représente plus de 25 milliards de francs (1993) d'après [113].

On pourrait également chiffrer le remplacement du pétrole par le moins cher des substituts possibles, ou évaluer les dommages causés à la collectivité par un défaut d'approvisionnement en pétrole (coût d'indisponibilité), ou voir auprès des pétroliers le coût d'opportunité de reconstituer des réserves. De telles estimations pourraient être complétées par des évaluations monétaires de l'aversion au risque de dépendance pétrolière.

### Anticiper sur la règle de Hotelling

La règle de Hotelling prévoit, sous des hypothèses économiques standards (marchés concurrentiels, information parfaite, etc.), l'augmentation (au taux d'actualisation) du prix d'une ressource rare au fur et à mesure de sa diminution. Dans la pratique, il faut vraisemblablement que la ressource soit bien entamée pour que son prix s'en ressente. Or rien ne dit que la société s'adaptera d'une façon progressive au nouveau prix au rythme de son élévation, en raison des rythmes propres d'une société, avec ses inerties et les différentes échelles de temps des ses dynamiques (urbanisme, occupation de l'espace par des infrastructures, habitudes individuelles et collectives, etc.).

Dans cette perspective, évaluer les coûts de dépendance envers une ressource rare comme le pétrole nécessite d'anticiper sur cette hausse en valorisant spécifiquement la consommation de carburant au taux d'actualisation.

### Les effets de la congestion routière sur les autres modes de déplacement n'ont-ils pas un coût ?

Dans l'étude [136], on trouve une évaluation des coûts de la congestion pour les usagers de la route qui n'y participent pas (dépense imposée aux réseaux de transport public du fait de la congestion

automobile, perte de temps des usagers des transports collectifs, pertes de temps des piétons, surcoût imposé aux livraisons urbaines) : elle va de 15,3 à 28,7 milliards de francs (1991). Elle ne tient pas compte des pertes d'aménités pour les piétons, ni des contraintes (nécessité de conduire les enfants à l'école en voiture), ni des comportements d'évitement (renoncement au vélo).

## Que représente (et comment est fixée) la « valeur du temps » ?

Dans le domaine des transports, la vitesse est un des paramètres fondamentaux du choix modal. Comment alors convertir une vitesse en valeur financière, sinon par l'intermédiaire des valeurs du temps? De très nombreuses études ont été conduites sur ce sujet, depuis des décennies, tant du point de vue théorique qu'au travers d'enquêtes donnant des valeurs observées, évidemment dans un cadre bien défini (type de trajet, lieux de trajets, motifs...). Mais ces valeurs varient considérablement, peut-être simplement parce que les notions étudiées n'étaient pas identiques. En effet, se regroupent sous le vocable « valeur du temps » différents concepts n'ayant pas toujours de rapport les uns avec les autres.

Nous reprenons ici une analyse de la valeur du temps présentée par Vincent Piron dans [116]. Bien que plutôt concentrée sur les questions de tarification de voirie routière à péage, elle montre de manière synthétique la grande plasticité de la notion, et donc la nécessité de disposer d'un accord sur les conventions de calcul avant d'envisager de l'utiliser dans une évaluation économique. Sinon, les conventions peuvent être manipulées au profit de ceux qui les édictent, par le biais des modèles financiers, socio-économiques et de prévisions de trafic imposés aux citoyens.

#### La valeur tutélaire

La définition de la valeur tutélaire donnée dans [133, p. 34] est simple : c'est celle que l'État, dans sa sagesse, attribue au temps des citoyens.

Il est recommandé dans [134] d'utiliser provisoirement la valeur de 74 F/h (en 1994) pour un véhicule léger, et de 41 F/h (en 1994) pour un voyageur en interurbain.

Représentant le point de vue de la collectivité, le choix d'une valeur tutélaire est cohérent avec le fait que l'ensemble des coûts retenus dans [134] sont des coûts appréciés du point de vue de la collectivité (on l'a vu pour le bruit, la pollution atmosphérique, on le verra pour l'insécurité, et c'est le cas pour l'effet de serre). Même si la théorie économique privilégie le point de vue de l'individu, c'est rarement le point de vue adopté dans l'évaluation des coûts de la route.

Or, il est noté dans [133, p. 34] qu'un consensus s'est établi pour utiliser la valeur révélée. Ceci peut se comprendre du point de vue du consentement à payer individuel, car l'offre de transport s'étant diversifiée, la clientèle s'est segmentée, et la valeur tutélaire recouvre une moyenne qui ne s'applique pratiquement plus à rien. Il n'empêche qu'il subsiste un problème de cohérence dans l'évaluation d'un bilan où les avantages et les coûts ne sont pas appréciés depuis le même point de vue.

### La valeur révélée (ou plutôt les valeurs révélées)

La définition de la valeur révélée est également précisée dans [133, p. 34] : c'est celle que les usagers attribuent implicitement à leur temps, et qu'ils révèlent au travers de leur comportement (appelée aussi valeur comportementale). Du coup, il existe autant de valeurs de temps qu'il y a de segmentations de clientèle pour les transports.

Mais il y a plusieurs façons d'approcher une analyse comportementale : par enquête (du type enquête marketing) ; par modélisation de chacun des segments de clientèle. On va donc trouver une valeur révélée par moyen de transport, sous-segmentée par classe (1<sup>re</sup> classe, 2<sup>e</sup> classe SNCF), par modèle mathématique (Matisse, Probit, Logit, Davis, Emme/2...), etc.

### Une importante dispersion des valeurs

La dispersion des valeurs révélées est grande comme l'indique le recueil des valeurs dans [133] : de 17 F à 176 F dans des pays étrangers, de 31 F à 310 F en France.

### Des valeurs contingentes à un modèle de trafic

Dans des modèles de trafic routiers, tels que Davis, Emme/2, modèle de la DREIF, etc., ce que représente la valeur du temps est un amalgame complexe et variable selon les conducteurs entre plusieurs notions, aujourd'hui indiscernables : la possibilité de gagner du temps, la garantie du temps de parcours, le confort de conduite, la sécurité et le confort, etc. On ne peut donc pas comparer cette valeur avec celle prises dans les modèles concernant les autres modes de transport. Il faut alors parler de «pseudo-valeur du temps ajustée pour le modèle XYZ». C'est un paramètre *a posteriori*.

### Des consentements à payer différents selon les usagers

Aux motifs classiques (domicile-travail, professionnel, loisirs, etc.), il faut ajouter une notion essentielle : le caractère remboursable ou non de la dépense de transport. Qui paye le déplacement, entre celui qui l'effectue, son employeur, ou partiellement la collectivité (si le coût est déductible des revenus déclarables)? Le décideur du déplacement n'est pas forcément le payeur et, du coup, s'introduisent des biais qui dénaturent les données sur les valeurs révélées. On retrouve de tels biais lors de l'examen de coûts de santé, car nombre de soins sont en fait supportés par le système de sécurité sociale.

On distingue alors deux types de temps: le temps facturable, qui correspond à une activité pouvant se traduire immédiatement par une facture à un client final (artisan, commerçant, déplacements professionnels...); le temps personnel, qui correspond à des activités n'engendrant directement aucun chiffre d'affaires pour celui qui effectue le déplacement. Les déplacements domicile-travail, pour ceux qui ne se les font pas

rembourser, sont des déplacements en temps personnel. De plus, l'effet fiscal est important et diminue le coût réel du péage. Ces facteurs influencent beaucoup le comportement des individus, et donc l'estimation des valeurs révélées.

### Le gain de temps marginal et les effets de seuil

Les ouvrages routiers à péage envisageables en zone urbaine sont conçus pour environ 30 000 véhicules/jour. En comptant une valeur de temps à 60 F (strict minimum pour un concessionnaire), un gain de temps d'une minute conduit à 9 MF de recettes par an, donc environ 100 MF de dépenses possibles (travaux, coût concessionnaires, coût financier).

Une opération de 100 MF qui ferait gagner une minute n'est pas envisageable, mais une opération de 1 200 MF qui fait gagner 12 à 15 minutes l'est : c'est le cas du tunnel Prado Carénage. Une opération de 5 000 MF, faisant gagner 50 minutes, existe-t-elle et doit-on utiliser la même valeur du temps pour en apprécier l'effet social? C'est tout à fait discutable car il existe des effets de seuils qui interdisent de telles extrapolations. Les valorisations utilisées ne sont valables que pour des projets similaires, appuyés sur l'observation d'exemples concrets.

## La valeur du temps est-elle un bon indicateur des avantages d'une infrastructure pour la collectivité?

Une valeur est attribuée au temps gagné, mais par qui ce temps est-il gagné et est-il un avantage pour la collectivité? On constate que les budgets-temps consacrés au transport sont constants. Donc, ce temps n'est pas « gagné » par la collectivité, mais il se transforme en allongement des distances parcourues. Or, si les activités quotidiennes s'éloignent avec l'étalement urbain ou avec le drainage interurbain, ce temps n'est pas gagné non plus par l'individu.

Certains voient dans cet accroissement de portée un avantage pour la collectivité en terme de gain d'accessibilité. Mais l'allongement des distances parcourues est dommageable pour la collectivité, actuelle et à venir : dépendance accrue à l'égard des ressources fossiles, fragilité socio-économique en cas de hausse des prix des carburants, source de pollution globale et locale, etc. De tels effets ne sont pas aujourd'hui pris en compte dans les coûts. Le temps gagné devrait être en partie converti en allongement des distances parcourues, et ses effets négatifs devraient venir en déduction des avantages dans un bilan actualisé.

En outre, si le véritable gain n'est pas le temps mais l'access-bilité, alors il faudrait comparer deux scénarios contrastés : d'un côté, l'accessibilité consécutive à l'accroissement de portée et à l'allongement des distances parcourues en véhicule particulier en zone peu dense ; de l'autre, celle résultant du développement de transports collectifs en zone dense, qui accroît l'accessibilité par raccourcissement des distances Trop souvent, seul le premier scénario est envisagé.

### Que représente la « valeur du mort »?

Dans nombre de situations (insécurité routière, santé, changements climatiques...), on évalue le «coût de la vie humaine». Ceci peut choquer au motif qu'une vie humaine n'a pas de prix. C'est pourquoi, il faut sans doute préciser le contenu d'expressions comme « coût du mort », « valeur du mort », « valeur de la vie humaine », etc.

Comme le souligne Jean-Philippe Barde dans [10, p. 95], les économistes tentent en fait d'évaluer un consentement à payer pour une réduction du risque de mortalité (c'est-à-dire une valeur agrégée et abstraite qui exprime un consentement à payer pour une variation de probabilité de décès). La valeur d'une vie statistique se définit comme la valeur attribuée à une variation du risque de décès dans une population donnée. Par là même, cette valeur dépend de la population de référence et du contexte du risque : en tant que consentement à payer (et non comme valeur tutélaire), elle n'a aucune raison d'être identique pour des risques d'insécurité routière ou pour des risques d'affections respiratoires dus à la pollution atmosphérique.

Un concept de valeur tutélaire de la vie humaine peut mesurer l'effort d'investissement public consenti pour sauver une vie humaine dans différents secteurs [3].

### D'après le GIEC, il n'existe pas de consensus quant à la façon d'évaluer la valeur d'une vie statistique

Il est constaté dans [50, p. 49] qu'il « n'existe aucun consensus quant à la façon d'évaluer la valeur d'une vie statistique ou de regrouper les vies statistiques pour plusieurs pays », alors même que « les incidences non-marchandes telles que la dégradation de la santé humaine, le risque de mortalité et la détérioration des écosystèmes représentent une part importante des estimations disponibles en matière de coût social de l'évolution du climat » et qu'elles « constituent donc une source d'incertitudes considérables pour l'évaluation des répercussions de l'évolution mondiale du climat sur le bien-être humain » [50, p. 50].

Cette absence de consensus reflète des opinions et des approches divergentes, relevées dans [50, p. 50] : « Certains considèrent l'évaluation monétaire de ces répercussions comme essentielle pour prendre des décisions avisées. D'autres, pour des raisons éthiques, rejettent la valorisation monétaire de certaines de ces répercussions, telles que le risque de mortalité humaine. »

Les limites de l'exercice de valorisation de la vie humaine sont soulignées à plusieurs reprises. « Une valorisation monétaire ne doit pas occulter les conséquences humaines des bouleversements climatiques d'origine anthropique, car la vie possède une valeur qui dépasse la simple évaluation monétaire » [50, p. 49]. « Il existe en outre un risque de disparition de civilisations entières. Ce risque, qui ne peut être considéré en termes financiers, implique une perte de diversité humaine, dont nous ne possédons aucun indicateur capable de mesurer la valeur économique » [50, p. 50].

### Méthodes d'évaluation de la réduction du risque de mortalité

Nous reprenons ici l'examen des méthodes d'évaluation de la réduction du risque de mortalité effectuée dans [72]. Ces méthodes peuvent être regroupées au sein de deux approches différentes. La première s'appuie sur l'idée que la productivité économique des individus exprime leur valeur, reflet d'une efficacité au sein d'un système ayant pour objectif la création de richesse. Elle est connue sous le nom de théorie du capital humain, car elle utilise les gains espérés des individus durant leur vie comme mesure de leur valeur. La seconde approche étudie les consentements à payer des individus pour réduire les risques de décès comme fondement de la valeur de la vie humaine.

## L'approche par les pertes productives, dite « du capital humain »

Cette approche s'appuie sur une vision macro-économique du rôle de l'individu en tant qu'agent participant à l'activité économique d'un système. La place et le rôle de l'individu sont évalués à travers sa contribution productive au système. Dans ce contexte, la valeur de la vie à un instant donné est égale à la perte productive future évaluée comme la somme actualisée des revenus que l'individu aurait gagnés durant la partie restante de la durée de sa vie espérée.

On voit que cette forme d'évaluation repose sur deux postulats : la valeur de l'individu est représentée (uniquement) par ce qu'il produit, et cette productivité est correctement et uniquement mesurée par ses revenus. Ces postulats sont fortement critiqués dans la mesure où la valeur agrégée de la vie humaine devient une valeur d'efficacité dictée par le système productif, et expurgée de toute individualité. De plus, le second postulat ne prend pas en compte le rôle de la production non marchande. Cette omission est particulièrement troublante lorsque l'on considère les femmes au foyer, les associations, le bénévolat, etc. La critique la plus importante, hors considérations éthiques, reste cependant que cette approche viole les principes fondamentaux de l'économie du bien-être, et plus précisément, qu'elle ne tient pas compte des préférences des agents dont toute valeur économique est pourtant théoriquement issue. L'évaluation de la valeur de la vie humaine à l'aide de l'approche par les pertes productives dite du capital humain semble contestable au moins d'un point de vue éthique.

Le calcul de la valeur de la vie humaine selon la théorie du capital humain requiert la connaissance des revenus par âge, des probabilités de survie pour chaque classe d'âge et du choix d'un taux d'actualisation. Ce dernier est particulièrement important, pour les enfants et les jeunes adultes, puisque le passage d'un taux d'actualisation de 2,5 % à 10 % conduit à diviser par 5 le poids relatif d'un enfant par rapport à un adulte productif. De plus, un enfant ne devient productif dans l'économie qu'à l'âge adulte, et cette approche attribue une valeur moins importante à de très jeunes enfants qu'à des adultes proches de la retraite, ou des enfants proches de l'âge adulte.

### L'approche par les consentements à payer

Les accroissements de la longévité ou les réductions de la probabilité de décéder suite à un accident peuvent être évalués en se référant à ce que les individus consentent à payer pour les concrétiser.

De nombreuses personnes se déplacent en voiture ou en transport en commun plutôt qu'à pied parce qu'elles trouvent ce moyen de locomotion plus confortable ou plus rapide, et ce bien que cela accroisse leur risque de mourir prématurément. De même, certaines personnes acceptent des métiers risqués en contrepartie de compensations de salaire. Dans ces deux exemples, les personnes considérées ont vraisemblablement effectué ces choix parce qu'ils amélioraient leur utilité totale en dépit de l'accroissement de risque de décès. Ainsi les agents font couramment des choix qui impliquent des arbitrages entre des biens économiques à différentes combinaisons de niveaux de risque : on peut donc théoriquement mesurer en termes monétaires la valeur attribuée au changement de risque de décès par ce moyen.

Au sein de la méthode du consentement à payer, peuvent être distinguées les valeurs résultant d'informations véhiculées par différents marchés (celui des dépenses de protection, celui du travail et celui du logement) et celles obtenues par l'évaluation contingente.

La méthode des coûts de protection

Cette méthode consiste à considérer que certains achats permettent de réduire le risque de décéder et, sous l'hypothèse que ces achats soient effectués jusqu'au point où leur coût marginal égale la valeur marginale associée à la réduction de la probabilité de décès, il est possible d'attribuer une valeur à la vie humaine.

Elle repose sur la théorie du choix du consommateur et plus spécifiquement sur l'observation de la fonction de production des ménages. Cette théorie présuppose que chaque agent ou ménage est doté d'une fonction d'utilité et d'une variable «stock de santé». La logique économique sous-jacente est la suivante : chaque agent maximise son utilité en consommant, en plus de sa consommation courante, des biens dits de protection qui réduisent sa probabilité de décéder (détecteurs de fumée, ceintures de sécurité, changement des habitudes de consommation chez les fumeurs...).

Ce type de méthode est lourd à mettre en œuvre et présente certaines difficultés. En premier lieu, les biens de protection fournissent généralement des services joints, si bien qu'il peut être difficile de distinguer la part liée à la réduction d'un risque particulier en cas de réduction simultanée d'autres risques (celui d'être blessé ou de voir son magasin brûler dans le cas des détecteurs de fumées). Cela peut donc conduire à une surestimation des consentements à payer pour sauvegarder une vie humaine. En second lieu, cette méthode s'appuie sur une caractérisation discutable des comportements des agents : ceux-ci sont supposés afficher une rationalité qui implique une connaissance parfaite des biens de protection susceptibles de réduire leur probabilité de décès. Si les agents n'affichent pas cette caractéristique, la perception du risque,

relativement objective, de l'observateur ne concidera pas avec celle des agents, et l'évaluation sera erronée. Enfin, le caractère binaire des décisions de consommation empêche un calcul à la marge.

Les divers problèmes soulevés par cette méthode en font une voie peu fréquentée; des études évaluent le prix de la vie humaine entre 0,3 et 1,4 million de dollars (soit entre 1,5 million et 7 millions de francs), valeurs comparables à celles obtenues avec la méthode du capital humain.

### L'approche hédoniste

Il s'agit principalement des approches utilisant les informations véhiculées par le marché du travail et par celui du logement. L'idée est que certains biens sont caractérisés par un ensemble d'attributs, et que les décisions des consommateurs sont prises en fonction de la différence entre le bénéfice marginal et le coût marginal de chaque attribut. Ainsi, les biens comptant parmi leurs attributs principaux le risque de décès permettent l'évaluation de la valeur de ce risque.

D'un point de vue théorique, on peut faire plusieurs reproches à cette méthode. La perception des risques doit être la même entre l'observateur et les enquêtés. En effet, pour pouvoir raisonner sur la base d'un concept de risque objectif, il est supposé dans cette méthode que les agents ont une connaissance précise des caractéristiques attachées aux biens pouvant influencer l'état de santé et de la mesure où elles peuvent altérer ou améliorer leur santé. La perception des risques des populations concernées doit être appréciée afin de raisonner en terme de risque subjectif.

En second lieu, la caractérisation des biens faite par l'observateur doit permettre de recouvrir l'ensemble des considérations qui influencent les décisions d'achat. Si cela n'est pas le cas, l'observateur considérera comme équivalents des biens que les agents peuvent considérer comme différents et l'observateur attribuera les choix effectués à un ensemble de caractéristiques qui ne correspondent pas à celles que les agents ont pris en compte lors de leur décision. D'un autre côté, si on élargit trop le nombre de caractéristiques qui conditionnent les choix, il faut proportionnellement élargir l'échantillon afin d'avoir des relations significatives. Des éléments de révélation directe des préférences peuvent être introduits afin de mieux contrôler les variables agissant sur les décisions d'achat.

### Approche par l'étude des compensations de salaire

L'idée à la base de cette méthodologie consiste à considérer que les travailleurs perçoivent une prime visant à compenser le risque d'un décès accidentel. Il convient alors de connaître les risques de décès relatifs à diverses catégories de travailleur, et les salaires correspondants pour inférer une valeur de la vie humaine.

Pour valider l'évaluation par les compensations de salaire, il faut que le marché de l'emploi satisfasse trois conditions : l'agent doit être informé des risques auxquels l'expose son activité ; l'offre des travailleurs ou leurs actions collectives doivent pouvoir influencer le

niveau des salaires ; l'agent doit pouvoir choisir librement parmi divers emplois.

Si l'agent n'est pas (ou mal) informé du risque, il n'adaptera pas son offre d'emploi au niveau réel du risque, et le différentiel de salaire n'existera pas (ou sera à un niveau n'exprimant pas la valeur réelle que les travailleurs attribuent au risque de décès). Étant donné la structure actuelle du marché de l'emploi en France, la deuxième condition conduit à penser que les compensations de salaire pour exposition à des risques de décès n'apparaissent que dans des industries ou des secteurs fortement syndicalisés : seul un segment de la population constitue alors la population de référence et les valeurs calculées ne sont pas représentatives.

Au sein de l'approche par les consentements à payer, l'étude des compensations salariales est criticable pour trois raisons principales : cette méthode s'appuie sur un concept de risque particulier qui est le risque accepté et non le risque imposé ; les mesures se font sur une population non représentative ; le fonctionnement du marché de l'emploi est trop éloigné de son cadre théorique pour servir de fondement à la révélation des disponibilités à payer.

De façon concrète, l'approche par l'estimation d'une fonction hédonistique de salaire conduit à des valeurs allant de 1,6 million de dollars à 8,5 millions de dollars, soit de 8 à 42 millions de francs environ.

### L'approche par l'étude des prix des logements

Elle consiste à observer les différences de valeurs entre les propriétés situées dans des zones perçues à tort ou à raison comme présentant un risque de décès différencié, comme les zones très polluées ou à risque d'accident. Tout comme pour les salaires, le loyer (ou le prix de vente) peut refléter, entre autres choses, le risque associé à la localisation dans une zone fortement polluée (où le risque de décès est supérieur).

Dans une application à l'évaluation économique des effets sanitaires de la pollution atmosphérique, l'approche par l'étude des compensations de salaires et celle par l'étude du prix des logements possèdent, outre les inconvénients propres à la méthode hédonistique, deux inconvénients spécifiques. Elles reposent sur l'analyse de risques choisis, alors que lorsque l'on s'attache aux effets de la pollution atmosphérique, il s'agit plutôt de risques imposés. De plus, ces deux méthodes ne permettent pas de séparer clairement les bénéfices imputables à une réduction de la morbidité, de ceux uniquement imputables au risque de décès.

Les études sur les prix des habitations sont une voie peu utilisée, étant donné la fragilité des résultats auxquels elle conduit.

#### La méthode d'évaluation contingente

Dans cette méthode, on présente à un échantillon représentatif d'agents un marché «contingent» dans lequel on leur propose de faire un choix, c'est à dire qu'on décrit, à travers un scénario, une politique visant

à réduire le niveau de pollution par exemple. On demande ensuite à l'enquêté quel est son consentement à payer pour la réduction d'une probabilité de décès dans une population donnée, et on relève un ensemble de caractéristiques socio-économiques le concernant (âge, revenu, situation familiale, etc.). Des questions annexes, souvent en fin de questionnaire, permettent de contrôler certains des biais systématiques (dus notamment aux scénarios, à l'échantillonnage, etc.).

Un inconvénient majeur de cette méthode dans son application à l'évaluation d'une réduction du risque de mortalité est que, pour bon nombre de risques, les agents doivent s'appuyer sur des probabilités très faibles d'occurrence. Les individus auront des difficultés à distinguer entre une probabilité, par exemple, de 5 sur 100 000 et une probabilité de 1 sur 100 000 : certains de leurs choix deviennent alors incohérents.

L'évaluation contingente présente de plus l'inconvénient d'être fondée sur ce que les gens déclarent faire et non sur ce qu'ils font effectivement.

De telles méthodes aboutissent à des résultats pouvant atteindre de 3 à 3,5 millions de dollars, soit de 15 à 17,5 millions de francs. L'Union européenne préconise, dans le cadre du projet ExternE, une valeur de 2,6 millions d'écus, soit 17 millions de francs, qui représente la moyenne de treize études européennes de révélation des préférences menées entre 1973 et 1981. Desaigues et Rabl retiennent dans [68] la valeur de 5,5 millions de francs, sur la base d'une analyse économétrique d'une évaluation contingente effectuée par Le Net [70].

#### Une grande variabilité

Si nous reprenons quelques-uns des chiffres ci-dessus, nous mesurons la variabilité des évaluations :

- 3,6 millions de francs (1994) en France sur la base de perte de production (revalorisation de l'étude [69] pour la sécurité routière en fonction de la distribution des âges des morts sur route);
- 5,5 millions de francs (1995) sur la base de révélations de propensions à payer [68];
- 17 millions de francs (1996) en Europe sur la base de révélations de préférences individuelles [32] ;
- entre 15 et 35 millions de francs (1992) sur la base de primes de risque payées à des travailleurs américains [71].

Les valeurs utilisées dans le domaine de la sécurité routière au sein de l'Union européenne, afin de justifier l'aménagement d'une infrastructure, varient d'un facteur supérieur à 16. Elles s'échelonnent en effet entre 0,64 million de francs français (MF) pour le Luxembourg et 10,7 MF pour la Finlande, avec une valeur de 3,3 MF pour la France.

## La « valeur du mort » dépend de l'évaluateur (État ou individu) ou du point de vue (ex ante, ex post)

On peut dire schématiquement que le choix d'une évaluation selon la méthode du capital humain sur la base de perte de production reflète le point de vue de l'État « producteur de richesses » qui a

« investi » dans « ses » administrés, et qui mesure une perte de revenu pour tous les membres de la société qui restent vivants. Nous avons vu que, selon cette méthode, la productivité économique des individus exprime leur valeur, et que ce point de vue est réducteur : la valeur de la vie humaine devient une valeur d'efficacité ; la production non marchande n'est pas prise en compte ; le choix du taux d'actualisation est source de problèmes (la «valeur» des enfants, en particulier, y est très sensible).

De plus, cette approche ne tient pas compte des préférences des agents. Un autre point de vue est en effet celui de l'individu qui accorde plus ou moins d'importance au fait de rester en vie plus ou moins longtemps. Il s'exprime plutôt dans une évaluation par le bais d'un consentement à payer pour cela.

En fait, ce dernier point se conçoit si le risque de mortalité est choisi (voyageur ayant le choix entre différents modes de transport); mais s'il est subi (pollution atmosphérique), se pose à nouveau la question de l'allocation des droits sur l'environnement.

Nous avons vu que cette discussion État/individu pouvait se faire aussi sous l'angle *ex ante/ex post* : la « valeur du mort » peut être évaluée *ex ante* en terme d'attitudes face au risque (point de vue de l'intéressé et de la société), ou *ex post* et reflétant alors le point de vue de la société privée d'un de ses membres qui évalue une perte d'utilité.

### La « valeur du mort » dépend de la scène sur lequel elle est avancée

Jean-Charles Hourcade rapporte dans [28] un incident « diplomatique » directement lié à la question de la « valeur du mort ».

Comme la valeur statistique de la vie humaine est grossièrement le coût économique d'une mort prématurée, il en résulte que la valeur statistique de la vie humaine est directement corrélée à la richesse de l'économie : en d'autres termes, le mort d'un cyclone au Bangladesh vaut moins que le mort d'un cyclone en Floride. Ce fait a créé un incident lors de la onzième session du GIEC.

Dans la mesure où les changements climatiques attendus se passeraient majoritairement dans les pays du Sud, évaluer la vie humaine selon le degré de richesse minimise les coûts par rapport à une comptabilisation égalitaire. Mais surtout, les délégations des pays en développement ne pouvaient manquer de dénoncer le caractère choquant et éthiquement contestable de l'approche, dans une enceinte publique régie par des critères formels d'égalité.

Le texte final expose la difficulté sans trancher. Il est noté que, dans la presque totalité de la littérature consultée, l'évaluation de la valeur de la vie statistique est différente pour les pays en voie de développement et pour les pays développés [50, p. 49]. « Si l'on utilise une approche impliquant une valorisation uniforme des incidences sur la vie humaine où qu'elles se produisent, les évaluations globales, à l'échelle planétaire, seront sans doute différentes de celles indiquées ci-après. Si,

par exemple, on donnait partout la même valeur à la vie statistique en moyenne mondiale, la valeur totale des dommages au niveau mondial demeurerait inchangée, mais la part de ces dommages supportée par les pays en voie de développement serait nettement plus élevée. Si l'on lui donnait partout la même valeur que celle qu'on lui attribue généralement dans les pays développés, le coût des dommages exprimés en termes monétaires serait multiplié plusieurs fois et la proportion du dommage total estimatif supportée par les pays en voie de développement s'accroîtrait encore. » [50, p. 50].

Cet incident révèle la difficulté de tenir en ces domaines une posture scientifique indépendante des choix de valeur : même mandaté pour reporter des résultats scientifiques, on ne peut échapper à des jugements moraux et la discipline de l'analyse coût-bénéfice n'est pas toujours suffisante pour assurer une coordination collective.

### Pourquoi la « valeur du mort » jouerait-elle un rôle central dans les évaluations monétaires d'impacts environnementaux affectant le bien-être ?

Dans le cas des changements climatiques, on a déjà souligné que les incidences non-marchandes telles que la dégradation de la santé humaine, le risque de mortalité et la détérioration des écosystèmes représentaient une part importante des estimations disponibles en matière de coût social de l'évolution du climat.

Nous verrons dans l'étude des coûts de la pollution atmosphérique que les pratiques actuelles conduisent à des évaluations dans lesquelles les coûts de mortalité représentent plus des quatre cinquièmes des coûts totaux. Ceci provient de ce que les coûts de pertes de qualité de vie, de stress, de détresse, de souffrance, etc. ne sont pas évalués.

En fondant des politiques sanitaires sur ce type d'évaluations, on néglige implicitement les aspects « qualitatifs » des nuisances. Les chiffres peuvent masquer des options premières sur le choix des critères d'évaluation : la qualité de vie est minimisée ; la mortalité se voit attribuer un poids déterminant, etc.

L'évaluation renvoie donc à des jugements de valeur, et une pratique mécanique de l'analyse coûts-avantages, réalisée avec quelques indicateurs dominants comme celui du coût de la vie humaine, ne peut être une norme impérative des décisions en matière de risques : elle doit néanmoins trouver sa place dans l'éventail des méthodes d'analyse qui documentent une décision à prendre.

### Troisième partie

# Études de cas : l'évaluation économique d'enjeux environnementaux en situation

Pour illustrer l'état de l'évaluation économique au regard des enjeux environnementaux, nous avons retenu plusieurs exemples. Parmi les situations concernant des enjeux locaux bien ciblés, les zones humides représentent des ressources locales longtemps mal connues, mais que la connaissance scientifique permet d'éclaircir puis d'évaluer.

D'une autre complexité est le cas de l'urbanisation et de l'évaluation des coûts engendrés par différentes formes urbaines, notamment l'extension périphérique en tissu peu dense ; déjà, la comptabilité identifiée par les communes comme «environnementale» recouvre, lorsqu'elle existe, les secteurs traditionnels que sont l'eau et l'assainissement, le nettoiement et les déchets, les espaces verts. Il n'existe pas encore, par

exemple, de comptabilité énergétique, et la loi sur l'air n'a que récemment introduit l'idée d'associer les dépenses économiques et environnementales de transport aux choix urbains. Compte tenu de la complexité du sujet, nous nous sommes limités pour le bâti à faire le point sur les caractéristiques connues pour les choix de bâtiments (essentiellement énergétiques) et d'urbanisation (surtout tirés par le fonctionnement des marchés et l'entrecroisement des compétences des acteurs).

Pour ce qui concerne les transports urbains, les travaux français les plus récents mettent en évidence des relations fortes entre mode de transport, quantité de transport et densité; nous attirons donc l'attention sur les crises possibles, dans l'hypothèse où se perpétueraient les tendances actuelles à un étalement urbain mal contrôlé, notamment par un choix trop restreint des critères d'évaluation.

Nous avons ensuite donné une place importante à l'analyse des méthodes actuelles d'évaluation des impacts sur la santé de la pollution atmosphérique, puis aux difficultés que soulèvent des questions planétaires de long terme comme les changements climatiques.

### Valeurs des zones humides

Dans le cas des zones humides, il existe un accord sur les fonctions qu'elles remplissent et certaines monétarisations ont été tentées. Un travail important de description sous forme de fiches techniques (*Entre terre et eau. Agir pour les zones humides.*, dossier d'information, 1997) a été effectué par de nombreux partenaires, sous le pilotage du ministère de l'Environnement. Nous en reproduisons ici de larges extraits [147].

Les ressources naturelles liées aux zones humides conditionnent l'exercice d'activités économiques du secteur primaire (agriculture, élevage, production et distribution d'eau...), secondaire (consommation d'eau dans l'industrie), ou tertiaire centré sur les loisirs, le plein air ou la consommation d'eau potable. Une monétarisation de la perte de bénéfices consécutive à la destruction des zones humides n'est pas facile en raison des nombreuses fonctions de ces dernières, qui se révèlent en outre largement collectives et indivisibles. C'est pourquoi nous commencerons par décrire brièvement ces multiples fonctions. Quelques indicateurs financiers pourront ensuite faire prendre conscience des enjeux socio-économiques qui s'y rapportent.

### À quoi servent les zones humides ?

Trop souvent, le rôle multifonctionnel et l'interdépendance des zones humides ont été constatés et compris après leur destruction. Les

problèmes socio-économiques et écologiques provoqués par la disparition ou la dégradation de ces milieux vont de l'amplification catastrophique des crues à l'érosion accélérée du littoral ou des berges, en passant par l'altération de la qualité de l'eau.

La démonstration de l'intérêt écologique, économique et sociologique de la conservation des zones humides conduit maintenant à leur conférer un statut d'infrastructure naturelle pour tenter de faire reconnaître le double bénéfice fonctionnel et patrimonial qu'elles nous fournissent. Il est alors possible de distinguer :

- les fonctions remplies par ces milieux, déduites directement de leurs caractéristiques et de leur fonctionnement écologiques ;
- les valeurs ou services rendus, estimés par les avantages économiques et culturels (exploitation des ressources agricoles, halieutiques, cynégétiques, régulation des régimes hydrologiques et de la qualité de l'eau, loisirs...) retirés par les populations locales et plus largement par la société.

### Les fonctions écologiques Les fonctions hydrologiques

Les zones humides contribuent au maintien et à l'amélioration de la qualité de l'eau en agissant comme un filtre épurateur :

- filtre physique, car elles favorisent les dépôts de sédiments y compris le piégeage d'éléments toxiques tels que les métaux lourds, la rétention des matières en suspension, etc.;
- filtre biologique, car elles sont aussi le siège privilégié de dégradations biochimiques (grâce notamment aux bactéries), de désinfection par destruction des gènes pathogènes grâce aux UV, d'absorption et de stockage par les végétaux de substances indésirables ou polluantes telles que les nitrates (dénitrification) et les phosphates à l'origine de l'eutrophisation des milieux aquatiques, de certains pesticides et métaux, etc.

Elles ont aussi un rôle déterminant dans la régulation des régimes hydrologiques. Le comportement des zones humides à l'échelle d'un bassin versant peut être assimilé à celui d'une éponge. Lorsqu'elles ne sont pas saturées en eau, les zones humides retardent globalement le ruissellement des eaux de pluies et le transfert immédiat des eaux superficielles vers les fleuves et les rivières situés en aval. Elles « absorbent » momentanément l'excès d'eau puis le restituent progressivement lors des périodes de sécheresse. Ce faisant, elles diminuent l'intensité des crues et soutiennent les débits des cours d'eau en période d'étiage (basses eaux). Certaines d'entre elles participent à l'alimentation en eau des nappes phréatiques superficielles.

### Les fonctions biologiques

Les zones humides constituent un réservoir de biodiversité ou diversité biologique. Cette caractéristique, mise en avant de longue date par les protecteurs de la nature, résulte de la variabilité des conditions hydriques propre à ces milieux. Ainsi, en France, 30 % des espèces végétales remarquables et menacées vivent dans les zones humides;

environ 50 % des espèces d'oiseaux dépendent de ces zones et les deux tiers des poissons consommés s'y reproduisent ou s'y développent.

Les zones humides assument dans leur globalité les différentes fonctions essentielles à la vie des organismes qui y sont inféodés :

- fonction d'alimentation : découlant de la richesse et de la concentration en éléments nutritifs observées dans ces zones, les marais assurent ainsi une mise à disposition de ressources alimentaires pour de nombreuses espèces animales localement et à distance par exportation de matière organique;
- fonction de reproduction : la présence de ressources alimentaires variées et la diversité des habitats constituent des éléments essentiels conditionnant la reproduction des organismes vivants ;
- fonction d'abri, de refuge et de repos notamment pour les poissons et les oiseaux.

Ces fonctions biologiques confèrent aux zones humides une extraordinaire capacité à produire de la matière vivante; elles se caractérisent ainsi par une productivité biologique nettement plus élevée que dans les autres milieux.

### Les fonctions climatiques

Les zones humides participent aussi à la *régulation des microclimats*. Les précipitations et la température atmosphérique peuvent être influencées localement par les phénomènes d'évaporation intense d'eau au travers des terrains et de la végétation (évapotranspiration) qui caractérisent les zones humides. Elles peuvent ainsi tamponner les effets des sécheresses au bénéfice de certaines activités agricoles.

### Les valeurs ou services rendus

La présence de zones humides en bon état de fonctionnement écologique assure aux populations locales un certain nombre de bénéfices par l'exploitation de diverses ressources produites ou entretenues sur ces territoires et par des usages en relation avec leurs valeurs. Ainsi, le concept d'utilisation rationnelle des zones humides a été développé dans le cadre de la convention de Ramsar dans le but de faire comprendre l'utilité de conserver ces milieux au profit du plus grand nombre.

### La ressource en eau

Les zones humides constituent avant tout un des éléments importants de la *gestion qualitative et quantitative de la ressource en eau* sur le moyen terme grâce à leurs fonctions hydrologiques. À ce titre, elles remplissent un rôle socio-économique indéniable en participant à l'alimentation en eau potable pour la consommation humaine et aux besoins liés aux activités agricoles et industrielles.

### La prévention des risques naturels

Les fonctions hydrologiques contribuent également à la prévention contre les inondations. Ainsi, en période de crue, les zones humides des plaines inondables jouent le rôle de réservoir naturel. Il a

été estimé que le maintien d'une zone d'expansion des crues, en bordure d'une rivière (*Charles River*), au nord-est des États-Unis, représentait au début des années soixante-dix une économie de 17 millions de dollars chaque année compte tenu des dommages qui seraient occasionnés si cette zone n'avait pas été maintenue (voir plus loin).

Inversement, le rôle de réservoir et l'influence des zones humides sur le microclimat permettent de limiter l'intensité des effets de sécheresses prononcées (soutien des débits d'étiage, augmentation de l'humidité atmosphérique).

Elles jouent enfin un rôle dans la *stabilisation et la protection des sols*. Ainsi, la végétation des zones humides adaptée à ce type de milieu fixe les berges, les rivages et participe ainsi à la protection des terres contre l'érosion.

### La production de ressources biologiques

La forte productivité biologique qui caractérise les zones humides est à l'origine d'une importante production agricole (herbage, pâturage, élevage, rizières, cressonnières, exploitation forestière, roseaux...), piscicole (pêches, piscicultures), conchylicole (moules, huîtres...), dont les répercussions financières, difficiles à chiffrer précisément se révèlent néanmoins considérables. À titre d'exemple, la production annuelle (1993) d'huîtres creuses en France est d'environ 140 000 tonnes et génère un chiffre d'affaire d'environ 1,5 milliard de francs.

### Les valeurs culturelles et touristiques

Les zones humides font partie du patrimoine paysager et culturel. Elles forment en quelque sorte la vitrine d'une région et contribuent à l'image de marque de celle-ci. Pourrait-on imaginer le Mont-Saint-Michel sans sa baie aux vasières ourlées de prés-salés, la Camargue sans ses sansouires parcourues par les manades et ses étangs fréquentés par les flamants roses, la Brière sans ses roselières enserrées par le labyrinthe des canaux, la Brenne et la Dombes sans leurs étangs bordés de prairies humides et îlots boisés, Guérande sans sa mosaïque de marais salants...?

Elles sont aussi le support d'activités touristiques ou récréatives socialement et économiquement importantes. Les zones humides constituent aujourd'hui un pôle d'attraction important recherché en particulier par les citadins. Ainsi, la frange littorale atlantique ou méditerranéenne, les pays de lacs et d'étangs attirent une foule de touristes avides d'activités nautiques. À côté de cette fréquentation de masse, un tourisme plus respectueux de l'environnement se développe dans ces espaces naturels. Certains visiteurs viennent ainsi profiter de la beauté des paysages et de la quiétude des lieux; d'autres y pratiquent des activités de chasse, de pêche, d'observation de la nature, de randonnées...

# Les valeurs éducatives, scientifiques et patrimoniales

L'exubérance des manifestations biologiques des zones humides constitue un excellent *support pédagogique* pour faire prendre conscience de la diversité, de la dynamique et du fonctionnement des écosystèmes. Les opérations de sensibilisation et d'information sont essentielles pour la prise de conscience des enjeux économiques et écologiques de ces milieux.

D'un point de vue scientifique, il reste encore bien des aspects fonctionnels à élucider. Une *meilleure compréhension* des processus naturels façonnant les zones humides apparaît indispensable pour une gestion à long terme de ces milieux dans le cadre d'un développement durable.

Enfin, l'ensemble de ces propriétés attribue aux zones humides une valeur patrimoniale reconnue à l'échelle mondiale dans le cadre de la convention de Ramsar.

### Des fonctions écologiques et des valeurs économiques intimement liées

En conclusion, il apparaît que les fonctions écologiques et les valeurs économiques des zones humides sont intimement liées : que l'on touche à l'une des composantes, et c'est le rôle de l'ensemble qui risque d'être perturbé. De ce fait, leur gestion doit être conçue de manière intégrée dans le cadre de projets de développement durable et d'aménagement raisonné. La désignation de sites Ramsar et la mise en œuvre des schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) par unité hydrographique cohérente participent de cette prise en compte du rôle d'infrastructure naturelle joué par les zones humides.

# Les valeurs économiques des zones humides

# La valeur marchande des services rendus par les zones humides

Le premier moyen de concrétiser ces valeurs consiste à chiffrer les infrastructures artificielles, les ouvrages du génie civil (barrages, réservoirs, endiguements, enrochements, stations d'épuration, bassins de décantation, passes à poisson...) construits pour contrecarrer les effets néfastes de la destruction ou de la dégradation des zones humides. Un second moyen est de chiffrer les interventions de gestion (désenvasement et dragage, travaux d'entretien des réseaux hydrographiques et canaux, alevinage et lâcher de gibier, programme de restauration) nécessaires pour assurer la pérennité de certains usages.

# Fonction de « régulation des crues, soutien des débits d'étiage »

Après les inondations de 1995 aux Pays-Bas et en France, le coût des dommages subis dans le nord de l'Europe a été évalué à près de 21 milliards de francs par le Lloyd's List, quotidien britannique spécialisé en assurance. Cette catastrophe s'ajoute à une longue liste d'évènements similaires qui se sont produits en France ces dix dernières années, dont l'origine est liée à la fois aux changements d'occupation des sols et à la destruction des zones humides tampons en tête de bassin versant (Camargue, Redon, Charleville-Mézières, Nîmes...).

La zone inondable de la Bassée entre Nogent-sur-Seine et Bray-sur-Seine apporte naturellement un service en tant que zone d'expansion des crues de la Seine en amont de Paris. Pour remplacer cette infrastructure naturelle par un barrage d'écrêtement des crues, il faudrait débourser entre 650 millions et 2 milliards de francs.

Dans la moyenne vallée de l'Oise, les zones humides contribuent au soutien naturel de l'étiage. Dans l'hypothèse d'une artificialisation de ce soutien par la réalisation d'un barrage, le volume de stockage à réaliser pour se substituer aux zones humides pour cette seule fonction de soutien représenterait une part non négligeable de l'investissement total, estimée entre 120 et 230 millions de francs.

### Fonction de préservation de la qualité des eaux

D'après le ministère de l'Environnement, les dommages annuels liés à la pollution de l'eau (surcoût du traitement, perte de production, coûts de santé...) sont estimés à 20 milliards de francs, soit 0,3 % du PIB. Sur le littoral, les lagunes ont un rôle important vis-à-vis de la salubrité des eaux marines.

Le coût de substitution peut renseigner sur la valeur du service rendu. Connaissant les capacités d'épuration d'un marais et le coût de leur remplacement par une station de traitement des eaux, le service rendu par une zone humide de Louisiane (États-Unis) a ainsi été évalué à environ 8 000 francs par hectare et par an.

En France, la nappe d'eau située sous les zones humides de la vallée de la Saône représente 57,5 millions de mètres cubes pour l'alimentation en eau potable. Le retournement des prairies humides, puis leur mise en culture intensive (maïs) ont progressé à proximité de nombreux champs captants, ceci risquant de rendre obligatoire une intervention lourde de traitement de l'eau potable en raison de la pollution de la nappe. Le coût des équipements d'épuration qui seraient nécessaires pour traiter cette ressource en eau a été évalué entre 30 et 72 millions de francs par an (traitement de l'azote et des pesticides).

# La valeur marchande des productions issues des zones humides

La pêche en eau douce est pratiquée par 1,7 million d'amateurs et 1 400 professionnels qui acquittent des taxes. Elle représente un poids économique de plusieurs milliards de francs ; cette activité est gravement confrontée à l'appauvrissement de la qualité écologique des cours d'eau. À ces chiffres doivent s'ajouter ceux de la location des étangs pour la pêche de loisirs.

En 1986, on estimait que les zones humides des États-Unis d'Amérique contribuaient à hauteur de 10 milliards de dollars (plus de 50 milliards de francs) aux ressources globales de la pêche commerciale.

De plus, 60 à 90 % des poissons et fruits de mer ayant une valeur commerciale dépendent des marais et des estuaires côtiers pour au moins une partie de leur cycle de vie. Cette donnée est à mettre en relation avec le chiffre d'affaires de la pêche dans l'estuaire de la Gironde par exemple, estimé par le Cemagref à 87 millions de francs pour l'année 1981.

Une activité parfois lucrative dans certaines zones humides est la chasse : ainsi, elle représente en Camargue près de 35 millions de francs et 74 emplois. Sans faire de cette ressource une règle générale pour les zones humides, elle peut se révéler pertinente dans certains contextes et certaines conditions (notamment la durabilité de l'écosystème).

D'autre part, une activité traditionnelle telle que la production des roseaux peut encore être mentionnée. Ainsi, en Camargue, la vente des roseaux assure un revenu annuel d'environ 2 000 francs par hectare.

La valeur marchande de la production peut être menacée par l'altération des zones humides. Ainsi, l'eutrophisation des lagunes côtières du Languedoc-Roussillon, liée aux pollutions agricoles et urbaines, entraîne une mortalité importante des coquillages et des poissons durant les étés chauds. En 1987, la destruction de l'ostréiculture locale par ce processus a ainsi causé une perte d'environ 35 millions de francs.

En outre, à l'étang de Leucate (Languedoc-Roussillon), un développement touristique sur le cordon littoral a nécessité, pour une marina, l'élargissement de l'ouverture sur la mer. Le fonctionnement écologique de la lagune a été profondément modifié par l'entrée d'eau de mer, sa salinité ayant brusquement augmenté. En conséquence, le nombre de pêcheurs a chuté de 117 à 47 après l'effondrement des rendements de pêche de 40 à 10 kilogrammes de poisson par hectare et par an.

### La richesse écologique des zones humides au service du développement économique local

Les zones humides sont aussi la vitrine de la qualité environnementale d'une région et elles participent à l'image de marque de celle-ci. Ce sont des atouts fondamentaux pour le développement économique local à long terme. Ces dernières années, on assiste à l'augmentation du « tourisme vert », dépendant en grande partie des richesses naturelles locales. Ainsi, le lac de Der en Champagne, en tant que halte migratoire pour de nombreux oiseaux d'eau, attire environ 100 000 visiteurs par an dont une bonne proportion d'étrangers.

Les zones humides de Texel sur le littoral de la Hollande, réputées pour leur richesse en oiseaux d'eau, attirent 250 000 visiteurs par an.

En France, environ 1 million de touristes se rendent en Camargue pour y visiter la plus prestigieuse des zones humides françaises. Le parc ornithologique du Marquenterre en baie de Somme (Picardie) est visité par 200 000 personnes chaque année. Enfin, les sites du Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres accueillent 10 millions de visiteurs par an ; ils ont indirectement un grand impact sur l'économie locale.

### Peut-on monétariser les écosystèmes ?

Nous étendons ici brièvement le propos. À partir d'analyses agrégeant des potentialités économiques et des services écologiques, des tentatives de monétarisation systématique d'écosystèmes ont été tentées, notamment par des laboratoires américains.

Ainsi Richard Costanza et al. ont-ils proposé dans [145] une évaluation par région du globe de la valeur de la planète. Ils en soulignent toutefois les limites que nous résumons ici.

- Manque d'information sur des catégories de services ou sur des biomes majeurs (désert, toundra, etc.).
- Distorsion des prix à la base des évaluations courantes, notamment par exclusion de la valeur des écosystèmes, du travail ménager, de l'économie informelle. Utilisation de différents indicateurs monétaires (valeur totale, surplus du consommateur, surplus du producteur, etc.) peu comparables.
- Utilisation de consentements à payer pour évaluer les services rendus par des écosystèmes justifiée dans un monde « écologiquement soutenable », socialement équitable et avec information parfaite, mais discutable dans le contexte actuel.
- Courbes d'offre et de demande supposées « élastiques », alors que l'offre de services d'écosystèmes est plutôt inélastique en fonction de la quantité, et que la courbe de demande typique s'approche plutôt de l'infini quand la quantité tend vers zéro.
- Évaluation supposant qu'il n'y a pas d'effets de seuils, de discontinuités ou d'irréversibilités dans les fonctions de réponse des écosystèmes (d'où sous-évaluation).
  - Extrapolation d'estimations ponctuelles à des totaux globaux.

- Utilisation d'un modèle d'équilibre partiel au lieu d'un modèle d'équilibre général (qui incorporerait les interdépendances complexes entre services, pour éviter les doubles comptes).
- Valeurs d'écosystèmes reposant sur des « usages soutenables » (respectant leur capacité de charge, etc.), alors que certains écosystèmes sont surexploités avec le système actuel de prix.
- Non-évaluation de la valeur des écosystèmes correspondant à « l'infrastructure » minimale (permettant d'assurer les cycles écologiques et le maintien de la vie sur la planète).
- Comparaisons entre pays affectées par leurs différences de revenu.
- Nécessité dans certains cas d'utiliser un taux d'actualisation pour convertir des valeurs de stocks en valeurs de flux annuels.
- Estimation reposant sur un « cliché » statique de ce qui est en fait un système dynamique complexe : modèle d'équilibre partiel statique ; pas de prise en compte de non-linéarités critiques et d'effets de seuil, etc.

### L'extension urbaine

Loger convenablement les Français fut depuis la guerre, et reste aujourd'hui, un objectif en soi. Mais paradoxalement, les coûts et avantages collectifs des formes urbaines, notamment du point de vue de l'environnement mais aussi des coûts de fonctionnement induits, semblent avoir motivé peu d'études au regard de leurs implications sociales, économiques et financières. Pour illustrer ce que pourrait être une telle approche, nous utilisons ci-après les données recueillies dans trois domaines : l'analyse micro-économique des coûts de la gestion de l'environnement urbain au sens classique du terme (eau, assainissement, déchets, espaces verts), le bâti à usage de logement et l'étalement urbain, enfin les transports et la densité de population.

# Comptes de l'environnement urbain dans quatre villes

Les progrès de la connaissance sur les services urbains et la gestion locale

Le Plan urbain tente de faire le point, dans [92], sur les relations entre dynamiques urbaines et finances locales. Il examine les charges d'infrastructures collectives dans différentes configurations de croissance des villes et des banlieues, et constate l'irrégularité de l'intérêt qui leur a été porté : « L'accumulation des critiques théoriques et

méthodologiques durant les années 70 et le déplacement de la question urbaine du domaine économique vers le champ social, entraînent toutefois l'abandon progressif, voire le rejet de la problématique des coûts d'urbanisation. La montée de nouvelles interrogations et la résurgence de vieilles questions redonnent, dès le début des années 80, une nouvelle actualité au sujet. »

### Ont été étudiés dans ce cadre :

- l'influence de la demande de logements sur la dynamique des budgets locaux, et donc des coûts supportés par les communes ;
- les effets en retour de la gestion municipale sur les enchères immobilières des acquéreurs de logements dans le cadre des processus de capitalisation fiscale et de formation de la rente foncière;
- l'impact des financements des coûts d'urbanisation sur l'aménagement du territoire et la justice fiscale entre les communes;
- les méthodes prospectives de choix des investissements publics locaux en avenir incertain.

D'après [92], les coûts d'aménagement des nouvelles zones constructibles, hors équipements collectifs d'accompagnement, semblent assez homogènes. « Le prix de revient réel varie faiblement d'une commune à l'autre (en moyenne 140 F en 1983 par m²). En particulier, l'éloignement de la ville centre n'affecte pas sensiblement le coût. Ce résultat inhabituel résulte de la politique publique de réserves foncières qui a maintenu le prix du sol agricole à un niveau très bas et relativement uniforme quelle que soit la distance au centre. Le coût de revient superficiaire apparaît également uniforme dans le temps (hors érosion monétaire). Les gains de productivité obtenus par les entreprises de travaux publics ont compensé en majeure partie l'amélioration, incontestable, de la qualité technique et urbanistique des lotissements et ainsi stabilisé les prix de revient réels. »

Les coûts de développement des services publics locaux augmentent avec la densité urbaine : « le coût marginal de longue période (pour la part du capital) des infrastructures, de l'ordre de 21 000 F (constants 1983) par logement dans les plus petites communes périphériques de l'échantillon (300 logements soit environ 1 000 habitants), atteint 25 000 F dans les localités suburbaines les plus importantes (34 000 logements pour 11 000 habitants), et 31 000 F dans la ville centre (80 000 logements et 200 000 habitants). La concentration urbaine augmenterait donc en permanence les charges marginales d'aménagement des voies et réseaux structurant la ville, toutes choses égales par ailleurs et notamment le potentiel fiscal des localités et le revenu des ménages résidents. »

Une interprétation prudente de ces résultats s'impose : seule la ville principale finance certaines installations très coûteuses, notamment les centres culturels destinés à l'ensemble de l'agglomération. Les coûts récurrents fixes correspondent aux amortissements techniques. Enfin, l'estimation statistique des taux de dépréciation et des durées de vie des équipements publics locaux rencontre de multiples difficultés liées aux imprécisions du cadre comptable.

En outre, de nombreuses installations collectives sont encore récentes (années cinquante-soixante), ce qui réduit pour l'instant les charges de maintenance des équipements. Malgré la reprise actuelle de l'investissement local, les flux de dépenses les plus importants restent encore à venir. « Ensuite, l'enjeu de l'entretien des équipements publics locaux, limité traditionnellement au seul aspect de la dépréciation technique des installations, se pose désormais de plus en plus en termes économiques. »

# Délimitation du champ de l'environnement communal

Les chocs pétroliers avaient durant les années soixante-dix provoqué diverses études montrant que les coûts d'investissement et de fonctionnement des réseaux communaux croissaient fortement à mesure de la dédensification de l'habitat. Après deux décennies de quasi-interruption, de récentes recherches ont étudié de nouveau les coûts comptables de certains réseaux.

La recherche [90] examine, à partir de l'étude de deux villes (Nantes et Amiens), les flux financiers associés à la gestion de l'environnement. L'analyse des comptabilités communales permet d'accorder une certaine généralité aux conclusions méthodologiques, dans un contexte communal ou intercommunal. La définition des champs de la dépense a été établie selon la conception retenue dans les « Données économiques de l'environnement », en correspondance avec le Système européen de l'information économique sur l'environnement (SERIEE) :

- gestion de l'eau (alimentation en eau potable, production, stockage et distribution) et assainissement des eaux usées (réseaux et épuration);
- collecte et traitement des déchets :
- nettoiement:
- cadre de vie, essentiellement dépenses associées aux espaces verts.

L'étude a considéré en outre les dépenses de mobilisation de la ressource en eau et d'amélioration du cadre de vie ; elle n'inclut ni le bruit ni les transports.

Une première conclusion montre une convergence des modes de gestion de l'environnement dans les deux villes. L'intercommunalité, déjà développée, tend encore à progresser; ainsi, à Amiens, la gestion de l'eau passe au district et le transfert à ce niveau de la collecte des déchets est étudié; des indicateurs d'environnement sont mis en place. À Nantes, le projet « 2005 » fait jouer à l'environnement un rôle fédérateur pour le district et s'appuie notamment sur une politique dynamique de transports urbains. La gestion communale évolue vers une organisation plus intégrée. La construction d'un compte des dépenses « environnement » suit cette évolution.

Une seconde étude de cas a été réalisée à Lyon et Poitiers [91], pour identifier les flux financiers (investissement et fonctionnement) et les agents publics intervenant dans les domaines de l'eau, de l'assai-

nissement, des déchets, de l'énergie et des « espaces naturels ». Elle distingue les actions des villes à effet sur les personnes (par exemple la production et la distribution de l'eau potable) et les actions tournées vers le traitement du milieu (par exemple l'assainissement), à travers quatre catégories d'actions :

- actions de protection et de reproduction des ressources (milieu);
- actions d'optimisation des systèmes techniques de gestion des ressources (milieu):
- actions de protection de la santé (personnes) ;
- actions de protection du cadre de vie (personnes).

Par exemple, la protection des captages est considérée comme une protection de la ressource alors que la distribution d'eau potable est classée comme action de protection des personnes (santé).

Les dépenses rentables sont incluses dans le champ de l'étude qui prend en compte les « doubles dividendes et leur importance dans les comportements économiques ». Les auteurs limitent leurs investigations aux agents publics et à leurs délégataires, et distinguent les dépenses des maîtres d'ouvrage et des exploitants, de celles des organismes financiers comme les agences de l'eau.

### Flux, coûts, tarification Flux financiers de l'environnement

Le tableau et le schéma ci-dessous décrivent l'état et les perspectives de la gestion environnementale à Nantes et Amiens.

### Orientations environnementales

	Amiens	Nantes
Eau potable	Remplacement des canalisations en plomb (1991 - 1992)	Projet de production - distribution d'eau brute à usage industriel Quid de la remontée à terme de l'eau salée?
Eau usées	Mise en place à venir d'une nouvelle station d'épuration Diagnostic des besoins «eaux pluviales» Passage au niveau districal à l'étude (y compris eau potable)	Problème du traitement des eaux pluviales Important programme d'investissements à venir
Déchets  Passage de la collecte au niveau districal à l'étude Construction envisagée de 2 déchetteries  Couplage méthanisation + incinération ? Structure intercommunale plus vaste que le district ?		Très forte croissance observée des coûts de traitement Problème de cohérence entre collecte communale et traitement districal.
Nettoiement	Substitution de la municipalité au propriétaire ou locataire (devoir civique)	Substitution de la municipalité aux habitants

	«Plus on nettoie, plus les exigences s'accroissent»	Développement des cani-sites
Cadre de vie	Renforcement du service «jardins et paysages» et de sa visibilité Sectorisation infra-communale	Accent mis sur la réintroduction et la régulation de la vie animale sauvage.  Politique active de maîtrise du foncier (achat à bas prix de terrains occupés par d'anciennes décharges)
	Intégration croissante avec la politique sociale (quartiers défavorisés) et d'insertion	

### Évolution des dépenses communales en environnement (en %)

	Accroissement		
Villes	Annuel 1990/95	Moyen 1985/95	
Amiens	5,6	4,6	
Nantes	5,9	4,7	

L'analyse des dépenses communales porte sur le budget voté en mars de chaque année, et le compte administratif qui exprime les dépenses réellement engagées. On peut en outre examiner, service par service, les comptes courants des dépenses, en allant jusqu'aux justificatifs des dépenses engagées. L'existence de budgets annexes pour l'eau potable et l'assainissement permet d'isoler relativement bien les dépenses dans ces deux domaines. Mais les comptes par secteur sont assez hétérogènes, ce qui peut introduire des biais systématiques. Ainsi, « dans le cas de Nantes et d'Amiens, et pour les années considérées, on a pu vérifier que l'alignement strict sur les pratiques comptables amène une surestimation des ratios de l'eau de type francs par habitant inférieure à 7 %. »

### Coûts collectifs, coûts par habitant

Les informations recueillies confirment les ordres de grandeur nationaux : la dépense « environnement » par habitant tirée de [6] ressort à 2 400 F par habitant pour 1995 ; elle est de l'ordre de 2 376 F pour Amiens et de 2 846 F pour Nantes.

# Dépenses « environnement » d'Amiens et Nantes en 1995 et progression depuis 1990

Nature des dépenses	En KF courants		En F / habitant courants		Accroissement annuel moyen en F courants 1990 - 1995 (%)	
	Amiens (1)	Nantes (2)	Amiens (1)	Nantes (2)	Amiens	Nantes
A. Eau	115 098	275 936	872	1 128	4,8	2,7

<ul><li>B. Déchets</li><li>C Nettoiement</li><li>D. Cadre de vie</li></ul>	53 567 81 642 63 325	142 334 75 935 201 634	406 618 480	406 311 825	5,0 4,8 8,9	12,9 6,5 6,4
1. Environnement (A+B+C+D)	313 632	695 839	2 376	2 846	5,6	5,9
2. Total ville	1 468 439	2 795 259	11 125	11 432	3,6	3,3
3. Environnement total en % (1/2)	21,3 %	24,9 %	21,3 %	24,9 %		

<sup>(1)</sup> Après ventilation des dépenses d'administration propres à l'environnement sur chacun des domaines (eau, déchets, nettoiement, cadre de vie).

L'analyse secteur par secteur confirme la prééminence du domaine de l'eau dans la dépense totale « environnement ». L'environnement représente 20 % des dépenses des villes d'Amiens et de Nantes.

Les investissements « environnement » sont décalés par rapport au cycle économique. « Les années 1985/1990 ont en effet été marquées par une forte croissance et par la gestation d'une génération nouvelle des politiques de l'environnement, en liaison notamment avec l'achèvement du grand marché intérieur européen. Mais ces politiques n'ont pu être mises en œuvre qu'au début des années 90, alors que la conjoncture économique avait basculé défavorablement. Les villes se trouveraient ainsi en porte à faux ; d'où le souci aujourd'hui pressant de maîtrise des dépenses, en particulier dans le domaine de l'eau et sans doute, à terme, dans celui des déchets (à titre indicatif, le coût de traitement des déchets a été multiplié par un facteur 10 en dix ans à Nantes, passant d'environ 50 F/T en 1995 à 580 F/T en 1995). »

Les dépenses « environnement » progressent plus vite que le total des dépenses urbaines de 1990 à 1995 (mise en œuvre des lois sur l'eau, sur les déchets). Comparativement, la croissance a été plus faible de 1985 à 1990. Il faut souligner le développement de « l'externalisation », par progression de l'intercommunalité et non par recours au secteur privé (cf. tableau suivant).

### Structure des coûts « environnement » à Amiens et à Nantes

En % des dépenses «environnement»	Amiens		Nantes	
des depenses «environnement»	1990	1995	1990	1995
Dépenses «environnement» de personnel Dépenses d'investissement Dépenses «intégrées»/dépenses totales (1)	34,4 26,0 nd	29,4 13,7 nd	31,9 20,5 81,1	30,7 15,8 75,8

<sup>(1)</sup> Dépenses intégrées = dépenses totales - achats de biens et services.

<sup>(2)</sup> Total des dépenses, y compris la production d'eau vendue à d'autres communes. Si l'on ne prend en compte que les dépenses imputables aux seuls Nantais, le chiffre pour l'eau est d'environ 200 MF (contre 275,936 MF). Les ratios par habitant seront alors de 818 F au lieu de 1 128 F pour l'eau et de 2 536 F pour le total (au lieu de 2 846).

### Tarification de l'environnement

Les coûts étudiés peuvent être pris en charge par la collectivité, sans qu'il soit toujours facile d'affecter à l'usager ou au citoyen la facture qui en advient. Les coûts correspondants sont à la charge de plusieurs organes payeurs, quelquefois confondus dans des lignes budgétaires globales hors du champ réputé « environnement ». L'eau est de plus en plus fortement payée par l'usager (71,2 % à Amiens en 1995 et 55,4 % à Nantes, cf. tableau Tarification au service rendu en matière d'environnement à Amiens et Nantes); dans ces deux villes gérées en régie, ceci a contribué à la hausse du prix apparent de l'eau, au-delà de l'impact des investissements consentis.

Au niveau national effectivement, selon le panel Ecoloc du Bipe Conseil, le prix de l'eau a augmenté de 9 % par an en francs courants de 1991 à 1996.

### Synthèse et limites

« Dans un tel contexte, le développement de l'intercommunalité peut s'interpréter comme résultant d'un double souci de maîtrise des coûts (rationalisation des modes de gestion, recherche d'économies d'échelle) et de participation d'une plus grande partie de la population agglomérée à certaines charges de centralité. Dans le même temps, le modèle de la commune centre tendrait à se diffuser à la périphérie. » Il n'a pas été possible de mettre en évidence une substitution du capital au travail dans la structure de ces coûts : l'évolution de cette structure porte avant tout la trace de l'intercommunalité croissante. Le cadre de vie reste lui marqué par une logique communale.

## Tarification au service rendu en matière d'environnement à Amiens et Nantes

% des ventes de biens et services dans le total des dépenses	Amiens		Nantes	
	1990	1995	1990	1995
Eau Déchets Nettoiement Cadre de vie	53,3 36,0 0	77,6 57,2 0	87,5 90,6 ε ε	97,8 80,0 ε ε
1. Environnement	47,7	71,2	53,9	55,4
2. Total ville + comptes annexes	8,3	9,3	15,3	16,8

<sup>(1)</sup> Le produit de la taxe d'enlèvement des ordures ménagères est comptabilisé au titre de la tarification au service rendu

### **Indicateurs**

Le tableau Dépenses « environnement » en 1995 rapportées à quelques indicateurs de résultats rapporte les dépenses « environnement »

par secteur à différents indicateurs caractéristiques des résultats associés à ces dépenses : volume d'eau facturée, production de déchets, longueur des rues nettoyées, surface d'espaces verts. S'agissant d'espaces verts, les indicateurs retenus ne rendent pas compte de l'ensemble des services assurés par les municipalités. Par exemple, les activités de nettoiement concernent l'entretien des cours d'école, de gymnases et de luttes contre les décharges sauvages. De même, les services d'espaces verts peuvent avoir une activité de production horticole et d'aménagement d'anciennes décharges qui ne se réduit pas à l'entretien des espaces verts « classiques ». Les coûts obtenus majorent donc les coûts réels, une connaissance plus précise de ces derniers nécessitant d'avoir une affectation des charges par mission (comptabilité analytique).

Pour le cadre de vie, « le coût des espaces verts apparaît supérieur à 200 000 F / ha ; ce ratio est à rapprocher du coût d'un espace agricole qui se situe probablement à un niveau inférieur à 10 000 F / ha ». Le budget « espaces verts » de la ville de Paris se monte à environ 1,3 milliard de francs. L'hypothèse peut être avancée que le développement urbain – et notamment sa forme suburbaine (faible densité) – produit des coûts difficiles à maîtriser par les collectivités.

Ces espaces publics ou privés ont une valeur marchande à travers leur valeur d'usage culturel, immatériel, et parfois une valeur marchande calculable soit au prix du bâti périphérique, soit au prix littéral des produits vendus. Certaines villes s'efforcent de maintenir une agriculture interstitielle à mesure que l'urbanisation progresse; c'est en effet un moyen d'échapper à une trop forte croissance des coûts, ou de favoriser des réserves foncières pour l'urbanisation future, ou de s'assurer un cadre de vie et un approvisionnement proches. Ceci pourrait conduire, dans un souci de maîtrise des coûts et de l'environnement, à revoir le statut des activités liées à l'entretien des espaces dits verts ou assimilés (forêts domaniales, jardins publics, d'agrément, pelouses, jardins « populaires », arbres d'alignement, agricultures résiduelles en attente d'opérations immobilières, etc.), qui ne sont pas inclus dans l'agriculture contemporaine.

# Dépenses « environnement » en 1995 rapportées à quelques indicateurs de résultats

	Amiens	Nantes
A. Eau		
Dépenses imputables à la consommation communale (kF) Eau facturée (x100 m³) Coût unitaire (F/m³)	115 098 105 468 10,09	200 000 300 000 6,7
B. Déchets		
Dépenses (kF) Production de déchets (tonnes) Coût unitaire (F/t)	53 567 85 000 630	142 334 110 000 1 294
C. Nettoiement		

Dépenses (kF)	81 642	75 935
Longueurs de rues (km)	310	574
Coût unitaire	263	132
D. Cadre de vie		
Dépenses (kF)	63 325	201 634
Surface d'espace verts (hectare)	230	850
Coût unitaire 5 kF/hectare)	275	237
E. Total «environnement»		
Dépenses	313 632	619 903
Habitants (nombre)	132 000	244 514
Coût unitaire	2 376	2 536

Le tableau suivant présente une estimation des emplois directs (communes et structures intercommunales) dans le domaine de l'environnement à Nantes et à Amiens. Les emplois directs ont été calculés en s'appuyant sur des ratios économiques de type « valeur ajoutée/emploi », taux de pénétration des importations, etc. La gestion de l'environnement par les villes, sans tenir compte des effets induits, représente de l'ordre de 1 à 2 % de leur population active. Un nombre vraisemblablement non négligeable d'emplois proviennent en outre d'une économie ménagère et informelle, dont personne ne semble aujourd'hui pouvoir estimer la valeur ajoutée par secteur (dont par exemple les productions potagères privées). **Emplois directs et indirects liés à l'environnement à Amiens et à Nantes en 1995** 

Types d'emplois	Amiens	Nantes
Directs : commune + structures intercommunales Indirects	500 400	1 170 1 000
Total «directs + indirects»	900	2 170

Estimation d'après les dépenses de biens et services (hors participation aux structures intercommunales), la valeur ajoutée par emploi, le taux de pénétration des importations et l'élasticité des importations au PIB.

# Évolution et répartition des dépenses environnementales

Les analyses de [90] montrent qu'une logique d'intégration tend à se substituer aux anciennes logiques sectorielles. Les limites sectorielles sont souvent économiques : d'une part les collectivités locales, prises dans les offres industrielles (équipements de traitement des eaux et des déchets) et dans des formes législatives et réglementaires nationales ou supranationales (normes communautaires d'épuration des eaux par exemple), ont perdu de l'autonomie. D'autre part, elles ont peu à peu pris en charge des activités jusqu'alors assurées par les individus eux-mêmes (subsidiarité), comme la collecte sélective des déchets.

Simultanément, la décentralisation et la déconcentration des services administratifs ont créé des marges de liberté qui ne sont pour l'instant exploitées que partiellement, notamment parce que les collectivités territoriales ne disposent guère de moyens d'analyse et d'appareils statistiques efficients. C'est à dire que leur capacité de régulation entre l'offre législative, réglementaire et technologique, et en définitive d'exercer des choix singuliers, reste relativement faible [90].

L'accentuation des politiques environnementales, sectorielles ou non, entraînera à moyen terme un besoin croissant d'indicateurs. Notamment, la croissance des coûts associés aux politiques sectorielles implique désormais de mettre l'accent sur des indicateurs de type « coût/efficacité », qui restent à préciser.

À titre d'illustration, l'étude [90] propose des indicateurs (cf. tableau Déplacements et environnement : système d'information) dans le domaine, plus récemment traité, des transports de personnes.

Les quatre villes étudiées (cf. tableau Dépenses d'environnement (Poitiers, Lyon)) consentent des dépenses très comparables pour l'environnement, autour de 2 100 F par habitant et par an pour les années 1990-95, avec des variations dans les répartitions sectorielles qui tiennent aussi aux données accessibles et aux techniques de mesure.

Certaines différences s'expliquent directement (déchets et nettoiement plus chers à Lyon car le traitement des déchets est plus élaboré et la densité plus forte). Dans les domaines de l'eau et des espaces verts, les différences reflètent surtout les échelles et les types de problèmes rencontrés.

Déplacements et environnement : système d'information

	INDICATEURS D'ÉTAT : air bruit satisfaction	
TRANSPORTS COLLECTIFS Infrastructures Fréquentation Coûts et financements		DÉPLACEMENTS URBAINS Mobilité Répartition par mode Cartographie
	INDICATEURS DE SATISFACTION: environnent qualité de service tarification consentement à payer	

### Dépenses d'environnement (Poitiers, Lyon)

1990/1995	Poitiers	Lyon
Répartition des dépenses publiques d'environnement par objectif en F/hab/an	2 156 F	2 100 F
- protection de la ressource	687 (32%)	1 024 (49%)
- protection de la personne	540 (25%)	699 (33%)
- optimisation	275 (13%)	16 (1%)
- qualité de vie	654 (30%)	327 (16%)

Principaux indicateurs : - dépenses d'environnement en eau/m facturé	13,1 F/m <sup>3</sup> HT (1995)	14,37 F/m <sup>3</sup> HT
- dépenses d'environnement pour les déchets et le nettoiement/tonne d'ordures collectées	966,24 F/t	1 456 F/t
- dépenses d'environnement pour le nettoiement par mètre de rue nettoyée	43 F/mètre (1995)	114 F/mètre (1991)
- dépenses d'environnement	$15,95 \text{ F/m}^2$	$11.2 \text{ F/m}^2$
pour les espaces verts/m <sup>2</sup> d'espace vert	(Poitiers, district)	(Lyon + département)
Dépenses d'environnement par secteur en F/hab/an		
- eau	815	1 193
- déchets	361	576
- énergie	253	16
- paysage	740	315
Part des dépenses couvertes par des recettes spécifique	47%	60%

### La difficulté d'accès à l'information est une réalité générale, qui remet en cause l'hypothèse d'une mesure fiable et simple

Établir des coûts de fonctionnement urbain est encore difficile. L'organisation de la comptabilité publique ne semble pas adaptée au suivi d'une politique transversale. « De plus, les services techniques s'intéressent essentiellement à l'aspect gestionnaire immédiat de leur activité, non au bilan et au coût d'une politique; les élus chargés de l'environnement paraissent finalement très peu sensibles à la question de la mesure systématique : c'est à l'occasion de la négociation d'un dossier que les chiffres circulent, rarement dans la durée... Les actions environnementales ne sont pas repérables dans une nomenclature fondée sur des "fonctions" ou organisée selon le bénéficiaire (exemple : subventions aux associations). Le cas des espaces verts montre clairement la dispersion des sources d'information, puisqu'il dépend des autres services ou d'organismes extérieurs pour une partie du personnel et pour les acquisitions foncières. Il n'y a pas de comptabilité centralisée par activité ou par milieu. Or, la réforme des comptabilités est également liée à celle des organisations... Les méthodes de suivi des administrations publiques (État notamment) ne paraissent guère plus orientées vers la longue période que celles des collectivités. » [91].

# La notion de dépense se heurte en matière d'environnement à des obstacles non résolus

L'étude [91] insiste sur les risques de doubles comptes, comme par exemple les dépenses d'une station d'épuration financée par l'emprunt, se trouvant une fois à la rubrique des travaux, une autre au titre des remboursements de l'emprunt, et même des amortissements.

Les comptes se font par acteur ou par secteur d'activité (pour les dépenses), brouillant les correspondances avec les territoires ou les

milieux concernés (pour les résultats). La mesure des coûts et de la charge supportée diffère de celle de la dépense. Les premiers sont directement utiles soit à la gestion, soit à la négociation des financements. La seconde n'a qu'un intérêt macro-économique. La mesure des coûts contribue à décrire la dépense d'environnement, tandis que la charge nette (après élimination des mouvements croisés de subvention) est un véritable enjeu opérationnel.

Enfin, il est peu significatif de mesurer les coûts des politiques environnementales sans mesurer aussi le coût indirect de l'absence d'actions en ce domaine. L'outil « micro-économique » pourrait devenir, avec ces précautions, un outil d'aide à la décision.

### La prévention et les économies d'énergie, mais aussi l'optimisation dans son ensemble, sont très sous-représentées

« Ces deux types d'actions, qui disposent pourtant d'une ancienneté significative et d'un retour sur investissement excellent (elles coûtent peu par rapport à ce qu'elles rapportent), semblent peu motiver les acteurs publics. Le modèle dominant est celui de la recherche d'un produit rentable, permettant de couvrir la dépense, non d'une diminution des dépenses ou d'une réduction des atteintes au milieu. Il y a là un déficit réel des politiques publiques dont les conséquences devraient être tirées. Il apparaît aussi que le manque d'indicateurs simples de résultats [soit] à l'origine du désintérêt : absence de bilans environnementaux et énergétiques, absence d'outils de suivi de la consommation et des usages. » [91].

# Il existe une tension entre un modèle d'action industriel/réparateur et un modèle plutôt protecteur et peut-être préventif

« Est apparu un contraste entre des actions qui conduisent à traiter la pollution, avec des moyens de plus en plus industriels et coûteux, et des actions qui reposent sur la réglementation, le contrôle, la protection (parfois par des acquisitions), parfois sur la prévention et l'information, qui coûtent sensiblement moins cher, et réduisent aussi efficacement les atteintes au milieu – même si c'est difficile à mesurer », les premières actions étant plus faciles à suivre et mesurer que les secondes, qui souvent ne se matérialisent pas par un produit commercialisable spécifique. Le domaine des espaces verts et naturels, où les deux logiques existent, paraît propre à trouver les moyens d'une cohérence nécessaire entre ces logiques » [91].

### Le cadre de vie et l'eau potable sont les postes les plus lourds

« Les espaces verts urbains sont coûteux et ne procurent aucune recette, tandis que la distribution de l'eau est politiquement sensible. » [91].

### La dépense reflète d'autant moins le coût des politiques environnementales que le processus d'industrialisation se développe

« Peut-on considérer aujourd'hui que le prix de l'eau reflète le coût de la protection du milieu aquatique, ou bien celui de l'industrialisation du secteur ? Les exemples de l'incinération, avec récupération de chaleur, et de l'épuration le montrent clairement. La dépense nette des collectivités est généralement faible, ce qui détourne du développement de la collecte sélective, du recyclage et plus encore de la prévention. C'est un effet pervers de l'industrialisation.

«Un autre effet pervers est l'apparition de nuisances liées aux politiques industrielles de l'environnement, dont le chiffrage devrait auss être une priorité. Les déchets de l'épuration des eaux usées, comme ceux de l'incinération sont effectivement de plus en plus coûteux à éliminer. » [91].

### Qui doit financer la prise de risque?

« Il subsiste une incertitude sur les rôles que doivent jouer l'impôt, le tarif et les recettes annexes commerciales sur ce point. Est-ce à l'impôt de prendre le risque de lancer des techniques novatrices, comme cela s'est produit par le passé ? N'est-ce pas ce qui a permis ensuite le développement d'une industrialisation du secteur, puis l'implantation de grandes entreprises et d'activités bénéficiaires ? Comment rémunère-t-on dans ce cas le capital public investi, et comment mesurer les pertes dues aux expériences malheureuses ? Ou est-ce au secteur concurrentiel de prendre en charge cette expérimentation ? Le tarif, qui offre la possibilité d'une péréquation, doit-il jouer ici un rôle ? » [91].

Les recherches exploitées ci-dessus conduisent à examiner les coûts collectifs de l'environnement urbain selon plusieurs angles :

- comptabilité municipale ou districale, faisant apparaître des approches de comptes séparés de l'environnement;
- construction d'un système d'indicateurs locaux ;
- marges de manœuvre pour faciliter le chiffrage des effets simultanés de facteurs extérieurs et modifier les systèmes comptables internes ;
- réalité d'une certaine autonomie locale.

L'emboîtement des structures et les interactions entre secteurs conduisent à se poser la question des possibilités de régulation. Les modes de concertation (protocoles d'accords, plans municipaux, chartes de l'environnement et agendas 21 locaux) favorisent-ils l'optimisation socio-économique et environnementale urbaine ?

# Le rôle de la coordination sociale dans la régulation des coûts

Selon [89, p. 7], la notion d'économie d'échelle devrait « être équilibrée par l'application d'une sorte de principe de subsidiarité

conduisant à fournir les services, traiter les rejets, recycler ce qui peut l'être, au plus près de territoires de taille raisonnable, afin de limiter la complexité des problèmes et à résoudre et à favoriser la responsabilité ». Selon [96], les réseaux techniques permettent au système urbain d'augmenter son autonomie par rapport à son environnement. Ils assurent un certain nombre d'interactions de la ville avec l'extérieur en rendant un service. En contrepartie, le système urbain dépend de ces réseaux, qui se complexifient et se concentrent avec les exigences réglementaires et normatives : directive européenne de 1991 imposant une fiabilité sur 95 % du temps pour les stations d'épuration, traitements des gaz des usines d'incinération, etc.

Ces économies d'échelle pourraient avoir des limites : préoccupations écologiques, sensibilité croissante aux risques et à l'insécurité, limites proprement économiques liées à la généralisation du modèle et à l'incapacité à monétariser le coût de la ressource, évolution des acteurs politiques et économiques. L'étude [96] indique trois domaines d'expression de cette évolution :

- le positionnement de l'usager/citoyen par rapport aux processus de décision et de production du service;
- les évolutions des objets et des systèmes techniques;
- le territoire comme support et production des services urbains en réseaux.

### L'usager/citoyen

« La notion de subsidiarité place le citoyen et les collectivités au centre à la fois des mécanismes de définition et d'identification des problèmes, de décision et de mise en œuvre des solutions... L'idée subsidiaire dans les services urbains conduit donc à questionner le rôle et la légitimité des citoyens et des pouvoirs locaux aussi bien dans les processus de décision que dans la gestion et l'exécution du service lui-même. » [96]. Entrent dans cette approche par exemple la régulation du service par la demande (demand-side management) pour l'énergie, la prévention à la source de la production de déchets, le tri et la valorisation des déchets dans le cadre de circuits courts locaux. « Au delà des effets écologiques et économiques sur le secteur des déchets, ces actions [...] conduisent à une responsabilisation accrue de l'usager et à un changement de culture de la part des techniciens... Cet usager-là, élevé au rang de coproducteur du service est avant tout citoyen... Le principe de subsidiarité est relié à un meilleur exercice de la citoyenneté dans les services publics. »

### L'évolution technologique

Dans le domaine de l'énergie, selon [96], « à partir d'une organisation très centralisée et concentrée, mise en œuvre par un puissant opérateur monopolistique, la maturité et la standardisation actuelle des technologies d'une part, et les impératifs d'adaptabilité et de flexibilité vis-à-vis des besoins d'autre part, commandent toute une série de

mécanismes de déconcentration » qui rendent le consommateur d'énergie davantage maître de son alimentation (systèmes hors réseau, énergies renouvelables, cogénération).

Dans le secteur des déchets, malgré la concentration encore induite par les exigences d'épuration des fumées des unités d'incinération des ordures ménagères (UIOM), les coûts correspondants, la gestion des risques et les progrès techniques pourraient inverser cette évolution par l'apparition de petites unités performantes et la réduction des quantités de déchets à traiter.

L'évolution des systèmes en réseau suggérée par [96] serait alors :

- « l'émergence, au sein d'un foisonnement technique issu de la recherche-développement, de solutions qui sont progressivement exploitées à petite échelle,
- un apprentissage des techniques qui se révèlent les plus satisfaisantes, apprentissage qui se fait sur des unités toujours plus importantes dans lesquelles se concentrent des savoir-faire et se produit une maturation des technologies.
- enfin une phase de banalisation qui correspond également à une certaine miniaturisation des solutions techniques, limitée par la notion d'échelle pertinente ».

### Territoires et réseaux

Le réseau d'assainissement est fortement déterminé par un territoire naturel qui est celui du bassin versant. La politique de l'eau (lois sur l'eau de 1964 à 1992) lui a superposé un nouveau contexte administratif et institutionnel adapté, les agences et comités de bassin; parallèlement, le souci économique a poussé au regroupement des communes. Le réseau d'adduction et de distribution d'eau potable se conforme aussi au principe de subsidiarité en raison des coûts de transport importants et des risques à gérer (sécurisation de l'approvisionnement et de la distribution).

La gestion des déchets a étendu au département, voire davantage (loi de 1992), le territoire de traitement et d'enfouissement des déchets, tout en restant souvent au niveau communal pour la collecte et les déchetteries, moins susceptibles d'économies d'échelle. L'énergie reste principalement nationale voire internationale, malgré des adaptations locales.

« Les interactions entre la ville et son environnement se trouvent concentrées aux points d'entrée et de sortie des réseaux, sur lesquels ont pu se développer des unités industrielles de production ou de traitement bénéficiant naturellement d'une économie d'échelle. Il y a bien une synergie évidente entre le réseau et la logique d'économie d'échelle liée à la fonction de confinement et d'acheminement de flux opérée par le réseau. Faut-il s'attendre dès lors à ce que des évolutions ou des composantes subsidiaires soient entravées par cette logique imposée du réseau ? » [96]

L'existence d'un réseau évite de surdimensionner les équipements en additionnant les capacités nécessaires pour les pointes de chaque usager, donc en résolvant d'éventuelles crises locales par une mutualisation de niveau supérieur (subsidiarité). D'autre part, un réseau d'eau ou d'énergie peut autoriser une recomposition adaptative des types et lieux de production ou de traitement : « le réseau urbain semble articuler économies d'échelle et principe de subsidiarité, dans des temporalités différentes et au sein d'une même forme organisée. La notion de subsidiarité fonde la notion de niveau pertinent de gestion et de ce qu'il est entendu sous le terme de "gestion intégrée", qui vise à articuler une pensée globale et une action locale. » [96]

Selon Claude Martinand (Recherche Études Environnement Développement, SRETIE, décembre 1992), « il est [...] possible de relier ces réflexions aux démarches visant à intégrer différentes dimensions dans un même projet. C'est notamment le cas de certaines techniques alternatives en assainissement pluvial, où des ouvrages multifonctionnels satisfont aussi bien des objectifs techniques de stockage ou d'infiltration des eaux que des objectifs d'aménagement ou de circulation : bassins de retenue paysagers, chaussées ou parkings à structure réservoir, etc.. La notion de zonage énergétique qui consiste, sur un territoire donné, à attribuer la priorité à telle ou telle source d'énergie (chauffage urbain au gaz par exemple) met également en œuvre cette catégorie particulière d'économie d'échelle que l'on pourrait qualifier d'économie par élargissement ou d'économie d'intégration. »

# Chartes de l'environnement urbain et formation des coûts collectifs La concertation pour dépasser les contradictions coûteuses

Au delà des pouvoirs publics et des opérateurs privés de la gestion environnementale, il existe en France de nombreuses formes ass-ciatives plus ou moins représentatives de la mouvance environnementale.

Ces acteurs, tout en «possédant des cultures et des approches différentes, entreprennent, tous, d'une façon ou d'une autre, des actions de sauvegarde, d'amélioration, de mise en valeur, voire de ré-interprétation d'espaces divers » (Regazzola). Il s'agit des chantiers d'insertion, qui sur objectif d'assistance psychosociale fondent l'efficacité de leur démarche sur la transformation de l'environnement utile pour la collectivité ; il s'agit aussi des chasseurs et pêcheurs, importants pour la gestion des ressources des éco- et agrosystèmes, des innovateurs du développement local, attentifs à la qualité de la nourriture, des paysages, de la santé, de l'accueil des « urbains » au village, etc., des restaurateurs de chemins, sauveteurs d'espèces, etc. Les processus de confrontation et de concertation, encore développés de façon inégale, s'adressent surtout à des représentants officiels, autour d'enjeux ciblés. Les expériences d'éco-développement ont rarement dépassé le Conservatoire du littoral et les parcs régionaux.

Depuis le début des années quatre-vingt, l'État et les collectivités locales ont mis en œuvre, à titre surtout expérimental, un modèle de concertation et de gestion sous la forme de plans ou de chartes de l'environnement urbain. Ce modèle est aujourd'hui testé dans plusieurs dizaines de communes de plus ou moins grande importance. Après un audit financé en partie et agréé par l'État, incluant un large processus de confrontation/concertation, des objectifs sont définis, évalués du point de vue de leur coût, puis mis en œuvre avec le concours de l'État, des agences techniques et financières et d'autres opérateurs. Les chartes, plans, agendas 21 locaux, ne disposent pas le plus souvent de données ou indicateurs micro-économiques entrevus ci-dessus, mais concourent effectivement à faire progresser les interrogations et les procédures de gestion territoriale.

# Les chartes modifient effectivement les coûts finaux des décisions

Les communes ou agglomérations étudiées ci-dessus (Nantes, Amiens, Lyon, Poitiers) se sont portées volontaires pour concourir à l'élaboration de «comptes parallèles» de l'environnement. La ville de Dunkerque et la Région Nord-Pas-de-Calais viennent récemment de décider d'établir des indicateurs environnementaux. Des résultats concrets témoignent des effets positifs de la concertation sur la réduction des coûts collectifs de l'environnement.

Par exemple, la diminution de la dépense peut compenser en partie une diminution de recettes d'une collectivité. Le service des espaces verts et environnement (SEVE) de la ville de Nantes apporte quelques éléments : « La ville ne vend aucun végétal, hormis quelques animaux et légumes d'une ferme pour enfants, ce qui représente à peu près 20 000 F par an. Le gros des recettes se limite à l'entretien des espaces verts d'un camping et du stade de la Beaujoire (à peu près 400 000 F l'an). La production de végétaux est donc auto-consommée, mais externaliser cette production reviendrait beaucoup plus cher. En outre, le climat local fait que les professionnels ne voient jamais d'un très bon œil que les collectivités locales produisent en autonomie des végétaux... Au total, il reste que l'autoconsommation de végétaux de collection a été jugée plus rentable. Au niveau de la gestion des ressources (eau, engrais, pesticides...), le SEVE aurait atteint son optimum technique depuis 1995, avec une stagnation de la consommation. Le fait nouveau est la démarche qualité et la formation divulguée auprès d'autres services utilisateurs (cimetières, voirie), peu techniciens en la matière et gaspilleurs. Une diminution de la consommation des ressources est constatée.» [96].

En valeur absolue les avantages réalisés peuvent paraître négligeables : à Nantes pour le SEVE, 300 000 F sur 200 MF; mais il est probable de pouvoir les multiplier sur l'ensemble d'une politique urbaine. Dans les villes considérées, même si la dépense environnementale augmente depuis quelques années, les démarches de planification environnementale et de concertation amènent plusieurs possibilités de réduction des coûts. Pierre Radanne (Inestene) en distingue quatre types.

- Économies sur les flux : les domaines de l'eau, des déchets, de l'énergie cherchent à réduire des flux qui causent des dépenses de fonctionnement : économies d'électricité, réduction des consommations des voitures, isolation des bâtiments, récupération des eaux pluviales, réutilisation des déchets de procédés...
- Force modernisatrice et industrialisatrice des contraintes : après une réduction des pollutions *end of pipe*, les contraintes environnementales se traduisent souvent par un changement de conception des projets pour les installations neuves. Ces efforts de conception initiale absorbent en grande partie des surcoûts, réduisent les consommations de matière et les risques technologiques, évitent la dégradation des sites et des actifs naturels, fonciers et immobiliers qu'ils représentent.
- Effets positifs de la mise en débat des projets et pratiques : les discussions générées par l'environnement débouchent très souvent sur l'étude de variantes au delà du corps technique ou du métier du concepteur initial. Cette concertation aboutit souvent à des améliorations des projets (davantage que sur leur remise en cause), qui les rendent mieux adaptés à la finalité sociale.
- Constitution d'un secteur économique de recyclage symétrique de celui de l'élaboration des biens : le développement du recyclage constitue une voie de développement endogène, qui substitue de l'emploi à des matières le plus souvent importées (emballages).

On peut y ajouter les économies suscitées par une déclaration d'objectifs et une vision intersectorielle qui évitent les contradictions coûteuses entre orientations spécialisées. Grâce aux procédures de concertation et d'évaluation stratégique qu'ils favorisent, les chartes, plans et agendas 21 locaux paraissent donc capables de diminuer certains coûts collectifs en promouvant une vision globale des processus.

On a vu que les techniques de comptabilité et la structure des services dans les collectivités ne semblent pas aujourd'hui adaptées à ces évolutions organisationnelles, ce qui débouche une fois encore sur des difficultés importantes pour isoler les coûts des formes urbaines et des systèmes qu'elles impliquent. Nous tentons ci-après une approche de ces coûts sous deux angles : celui du bâti et de l'habitat, celui des transports urbains.

### **Urbanisme et habitat**

Rappelons qu'il ne s'agit pas ici de reconstruire une politique de l'urbanisation, ni de remettre en cause l'objectif d'améliorer le confort et la sécurité des logements; nous ne nous placerons que du point de vue de l'évaluation économique, pour l'exercice de laquelle plusieurs éléments de contexte sont apparus importants au groupe de travail. Pour aborder ce sujet très complexe, nous avons retenu deux points de vue : les bâtiments eux-mêmes, leurs caractéristiques techniques et leurs marchés; les dynamiques de l'urbanisation et les jeux d'acteurs impliqués.

### Le logement

### Les performances intrinsèques des bâtiments

Le bâtiment (habitat et secteur tertiaire) est avec les transports un domaine prioritaire pour les économies d'énergie : il représente en effet 35 % de la consommation française d'énergie (41 % avec le fonctionnement des équipements) et 25 % des émissions nationales de CO<sub>2</sub>. Selon [144], si la France a économisé en 15 ans le quart de sa consommation pétrolière sous l'effet des chocs des années 1974 et 1985, cet effort a essentiellement porté sur la consommation des entreprises et la production d'énergie nucléaire. Aujourd'hui, les réserves d'économies d'énergie à l'horizon 2020 s'établiraient environ comme suit :

Secteur	Habitat	Transports	Agriculture	Industrie
Potentiel (TWh)	31	22	17	13

À cet horizon en effet, la croissance de la consommation des pays du Sud reste à l'échelle mondiale inférieure aux potentiels d'économie des pays du nord [144]. Les politiques d'économie d'énergie dans les pays développés restent donc prioritaires même de façon absolue. Or, si les investissements induits dans le logement par les formes urbaines commencent à faire l'objet de suivis (Beture, CDC), ce n'est pas le cas des coûts de fonctionnement associés, notamment des charges diverses liées au bâtiment.

La qualité environnementale des bâtiments est associée à une réduction des coûts associés aux impacts correspondants. Outre l'insertion paysagère et énergétique (disposition des bâtiments les uns par rapport aux autres, transports induits), les relations d'un bâtiment avec son environnement comprennent :

- l'énergie, préoccupation majeure précédemment citée ;
- l'eau, qu'il faut économiser en s'orientant vers l'utilisation des eaux « grises»;
- la ventilation des immeubles, car les défauts des dispositifs actuels commencent à poser des problèmes (santé publique, dégradation de certains logements);
- les nuisances sonores, internes et externes au bâtiment ;
- la collecte sélective des déchets qui impose des aménagements en architecture et aménagement;
- l'utilisation des matériaux de construction en fonction des préoccupations d'environnement et de santé publique, ainsi que pour la réutilisation des gravats et la réduction des volumes de déchets ultimes [81]. L'accord passé entre la Fédération nationale du bâtiment (FNB) et le ministère de l'Environnement vise à promouvoir et généraliser les pratiques de construction économes en terme de coûts de fonctionnement induits et d'impacts environnementaux, notamment pour les chantiers et gravats [82].

Les choix énergétiques pour le fonctionnement des bâtiments doivent se faire d'une part en fonction de la possibilité pour l'utilisateur de régler facilement le chauffage et l'éclairage, d'autre part en fonction de l'efficacité énergétique et environnementale totale du système choisi (rendements globaux à partir de la source d'énergie primaire, contribution à la pollution locale et régionale et à l'effet de serre). La loi du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie impose des diagnostics et suivis énergétiques des performances des bâtiments. Parallèlement, dans un souci de santé publique, les questions sanitaires liées à la qualité de l'air intérieur devront être approfondies (épidémiologie, entre autres).

La consommation énergétique des bâtiments neufs a été considérablement améliorée par la réglementation thermique de 1989; une sévérisation est en cours dans le secteur tertiaire (objectif de réduction de 25 % de la consommation énergétique actuelle). Elle doit être appliquée aux bâtiments publics, et les processus de réhabilitation de l'existant réexaminés en ce sens quant aux choix techniques et aux méthodes de financement. Comme la moitié de la production de logements neufs est le fait de constructeurs de maisons individuelles, un effort d'information, de diffusion et de contrôle de l'application de la réglementation existante doit être mené dans leur direction. Effectivement, entre 1982 et 1990, 54 % des urbanisations nouvelles franciliennes ont concerné l'habitat, dont 50 % pour l'individuel et 4 % pour le collectif [87].

# Les marchés du logement : des déterminants sociaux lourds

L'expression « marchés du logement » suggère des marchés dans lesquels une information judicieuse convenablement répartie entre les acteurs suffit à en réguler le fonctionnement, en faisant apparaître les coûts induits par les différents choix possibles. Mais les logiques à l'œuvre dans ces domaines relèvent assez peu de calculs économiques usuels, et plus souvent de comportements sociaux non réductibles à de tels calculs. Ainsi, sur les sept types de marchés fonciers et immobiliers que l'on peut répertorier en France, deux seulement fonctionnent suivant les rapports de l'offre et de la demande. Les autres dépendent trop de régulations administratives ou de facteurs comportementaux pour que ce principe puisse en rendre compte (Jean-Paul Lacaze, [83]).

Ainsi, la décohabitation des familles (réduction des tailles des ménages, séparation parents/enfants) a contribué à faire croître la demande d'espace : de 1962 à 1990, l'espace d'habitation est passé de 0,95 à 1,33 pièce par personne en Île-de-France, soit un gain de 40 % (Vincent Fouchier). Aujourd'hui, quelle peut être l'influence de la crise économique sur le regroupement des familles pour raisons financières (la progression des revenus ne se fait plus régulièrement au cours de la vie, les enfants quittent leurs parents de plus en plus tard) et donc sur la demande de logements ?

Comme l'écrit le directeur de l'Agence de développement et d'urbanisme du pays de Brest (ADEUPa), Marc Wiel, « le temps,

l'histoire, les jeux d'acteurs au travers des institutions, transforment et rendent caduque la meilleure reconstitution des préférences instantanées des acteurs » [84]. En particulier, pour espérer maîtriser en partie les coûts induits, il devient capital de tenter d'éclairer les règles d'évolution du prix du foncier, déterminant important des modes de production urbaine [83], dont les principaux facteurs pourraient être :

- les comportements patrimoniaux (héritages);
- les rigidités structurelles de marchés de biens non mobiles ;
- le rôle des marquages sociaux de l'espace, qui permet selon Jean-Paul Lacaze d'établir un parallèle entre la formation des prix des logements et ceux des œuvres d'art;
- le fait que le marché des logements existants joue un rôle directeur et régulateur pour l'ensemble des autres marchés fonciers et immobiliers.

### L'urbanisation

### Étalement et environnement

Les enjeux collectifs liés à l'urbanisation sont nombreux. Nous indiquons en annexe les éléments de leur description recommandés pour toute étude d'impact d'un projet urbain. Citons ici :

- la fourniture de logements en qualité et nombre suffisant pour la population concernée;
- le maintien de la fonction de socialisation et d'intégration (contre la ghettoïsation, facteur de tensions et de vulnérabilités tant individuelles que collectives);
- l'efficacité économique [118];
- le maintien et le développement des aménités urbaines (attractivité pour les résidents voire les touristes, qu'il s'agisse du cadre de vie, des fonctionnalités offertes ou des chants d'oiseaux!);
- la consommation d'énergie, notamment par l'habitat, les transports, la polarisation du territoire;
- la consommation d'espace, notamment par la place des transports routiers;
- le bruit ;
- la pollution de l'air, qu'elle vienne des chaufferies, des habitations, des entreprises ou des transports ;
- les risques, notamment naturels (constructions en zones inondables, en zone de glissements de terrain, d'avalanches...).

La question posée est de savoir si et comment l'évaluation économique peut permettre, dans un univers aussi complexe, d'évaluer les décisions permettant de minimiser les impacts négatifs des décisions d'urbanisme tout en atteignant ses objectifs, qualitatifs et quantitatifs, pour les logements et les espaces urbains.

D'un point de vue spatial, l'urbanisation consomme chaque année en France entre 500 et 600 km² d'espace, principalement prélevés sur des terres agricoles (70 % de cette avancée urbaine) [85]. Par exemple, 440 km² supplémentaires devraient être urbanisés en Île-de-France d'ici 2015 ([86], [87]). En 1990, les cantons périurbains représentaient 58 millions de km², 12 millions d'habitants (près du quart de la population française), avec une densité moyenne de 208 habitants par km².

L'étalement des villes recouvre deux phénomènes : d'une part la croissance des surfaces occupées par elles, d'autre part la dédensification du tissu urbain, notamment, mais pas seulement, en périphérie des agglomérations et des communes. Dans les années soixante-dix, le choc pétrolier fit craindre que les formes peu denses d'habitat (périphéries, mitages des campagnes) n'induisent des dépenses considérables du fait des réseaux à construire (énergie, assainissement, voirie) et des comportements induits (en transports notamment). On trouve ainsi dans [93] (ministère de l'Équipement), la comparaison des coûts de fonctionnement communal par construction nouvelle en habitat groupé et en tissu lâche (180 m de chaussée par construction nouvelle).

Coûts de fonctionnement communal par construction nouvelle

Coûts (en F 1977/an)	Habitat groupé	Tissu lâche	Commentaires
Réseaux eau-électricité Entretien chaussée Ramassage scolaire Distribution du courrier Ordures ménagères	240 100 0 80 120	367 240 466 103 230	1 primaire et 1 secondaire
Total commune Transport individuel domicile-travail	<b>540</b> 0	<b>1 406</b> 1 576	trajet de 2 km, 3 allers-retours/jour, 0,36 F/km
Total général	540	2 982	

Depuis, les effets conjugués de la baisse des prix du pétrole, de la décentralisation et de l'éparpillement des acteurs semblent avoir, jusque très récemment, interrompu ces études.

Selon [94], « les communes qui de rurales sont devenues urbaines ont connu une vive progression [de leur population]: +1,7 % par an entre 1936 et 1990. Les prix élevés du marché immobilier dans les pôles principaux, le type d'habitat plus vieux et inconfortable en centre ville, la création d'ensembles locatifs excentrés et pour certains le désir d'accession à la propriété : autant d'éléments qui ont conduit au développement des banlieues. Près des deux-tiers des communes de plus de 50 000 habitants ont perdu des résidents entre 1975 et 1990 au profit de leur périphérie, dont les huit plus importantes : Paris, Marseille, Lyon, Toulouse, Nice, Strasbourg et Bordeaux. Ce sont les communes rurales périurbaines, dans la mouvance des grandes agglomérations, qui se développent le plus vite. Plus le pôle d'attraction est grand, plus la croissance de cette population est forte. Ainsi, aux alentours de Paris, le nombre d'habitants en communes périurbaines croît de 2,5 % par an sur les vingt dernières années, contre 0,5 % pour l'ensemble de la France... Cadre de vie, terrain à prix abordables, essor des infrastructures, généralisation de la voiture, expliquent aussi l'attractivité de ces communes. »

Aujourd'hui, le processus d'étalement observé diffère suivant deux catégories de taille d'agglomération : si l'on considère la distance

entre une commune-centre d'agglomération et une commune périphérique comme étant la distance séparant leurs centres-ville respectifs, l'étalement des villes de moins de 500 000 habitants, mesuré par le rayon dans lequel on trouve la moitié de la population de l'agglomération (distance médiane), semble indépendante de la taille de celle-ci [97]; elle se trouvait en 1990 entre 5 et 7 km. L'étalement s'y est surtout traduit entre 1982 et 1990 par une densification de la zone située entre les distances médiane et « nonantane » (regroupant 90 % de la population). En revanche, les agglomérations de plus de 500 000 habitants se sont étendues dans cette période au-delà de la distance « nonantane ».

La dédensification des agglomérations se produit à la fois par désurbanisation des centres-ville notamment par création d'espaces verts ou de friches urbaines, et par production d'urbanisation périphérique peu dense. Ainsi, comme le souligne Vincent Fouchier dans le cas de l'Île-de-France : « Cette tendance à la désurbanisation se traduit même spatialement, puisque Paris intra-muros a vu se transformer 115 hectares d'espaces urbains, devenus parcs et jardins, entre 1982 et 1990. La désurbanisation s'accompagne d'une dédensification humaine : Paris intra-muros perd à la fois populations et emplois depuis plusieurs années (-24 000 habitants et -12 000 emplois par an entre 1982 et 1990). Or, en raison des différentiels de densité, la création d'un hectare de parcs dans Paris équivaut à consommer neuf hectares d'urbanisation nouvelle en périphérie pour compenser la dédensification opérée dans le centre. Introduire la natur en ville oblige donc à détruire la nature en périphérie » [87]. Certes, les populations concernées par les espaces verts urbains d'une part, l'extension périphérique d'autre part, ne sont en général pas identiques; mais l'écart entre les consommations d'espace requises pour une même population reste réel.

Cette urbanisation s'est faite surtout aux dépens de terres agricoles, moins sur des terrains boisés : 70 % des surfaces occupées par les zones urbaines créées entre 1982 et 1990 sont d'anciennes terres cultivées. C'est encore davantage le cas pour les nouvelles zones de loisirs (parcs, golfs, terrains de sports...) [85]. Le choix d'occuper des terrains non encore urbanisés plutôt que de densifier l'existant répond à plusieurs facteurs, dont l'un est le coût apparent de l'opération pour le promoteur et le maître d'ouvrage et son degré de complexité. Néanmoins n'apparaissent pas dans les coûts envisagés ceux que représente la perte d'un potentiel agricole situé très près de sa clientèle potentielle : frais de transport et dépenses énergétiques réduits, possibilité accrue de ventes directes et donc de maintien d'exploitations assez nombreuses et diversifiées, traçabilité simplifiée des produits et donc confiance du consommateur, possibilité pour les citadins de mieux connaître certains apports de la campagne à la ville et les contraintes liées à leur préservation, comme le montrent de nombreux exemples à Rouen, Grenoble, Lyon, Brest [88]. L'activité agricole périurbaine représentait en 1990 environ 3 millions d'hectares (10,4 % de la surface agricole utile), 127 000 exploitations et 401 000 personnes. La pression foncière qui pèse sur les exploitations rend leur avenir plus incertain qu'ailleurs malgré la clientèle proche et forte, ce qui tend à leur faire adopter une attitude en moyenne plus

attentiste que le reste de la profession. Effectivement, on ne peut attendre du fonctionnement du marché de réaliser un équilibre de mixité spatiale en périurbain, puisque le prix de la terre agricole se situe autour de 3 F/m<sup>2</sup> et celui des terrains à urbaniser autour de 500 F/m<sup>2</sup>. Aujourd'hui, « il existe rarement une demande spontanée pour les services que peut proposer une exploitation agricole : l'heure n'est pas encore à se partager un marché, mais plutôt à l'inventer et le faire croître » [88].

Selon Peter Calthorpe, l'urbanisation dans le monde suit un processus de zonage (voir aussi [106, p. 228]) qui demanderait un meilleur équilibre entre la spécialisation par activité et l'intégration des fonctions urbaines. Elle implique aujourd'hui une standardisation des produits et des matériaux offerts, qui conduit à perdre à la fois la culture et l'environnement locaux. Les villes, comme les entreprises ou les équipements, ont tendance à croître en taille, tandis qu'y diminuent les parties communes et les lieux de socialisation, au profit d'une logique d'individualisation [101]. Néanmoins, cette logique rencontre des limites, notamment dans les coûts collectifs de gestion (infrastructures), les implications environnementales (pollutions) et sociales (ghettoïsation).

### Jeux d'acteurs

Les résultats d'une évaluation économique sont très liés, d'une part, à l'observateur du point de vue duquel elle se place, d'autre part, pour un même objectif visé, à la façon dont les acteurs s'organisent pour l'atteindre. Dans le cas de l'étalement urbain, la question de l'observateur et de l'organisation se pose donc ; là aussi, elle est complexe.

Parmi les mécanismes qui entraînent l'étalement urbain [100], pour nous en tenir aux jeux d'acteurs, on constate qu'à côté d'intervenants nationaux ou locaux multiples, l'État détient en matière d'habitat et de construction des responsabilités essentielles :

- les moyens budgétaires, financiers et fiscaux de la politique nationale du logement;
- la politique d'information (soutien aux « villages expo »);
- la politique réglementaire, notamment en matière d'environnement;
- la tutelle des maîtres d'ouvrage publics, qui appliquent les politiques et peuvent mobiliser les acteurs locaux;
- la capacité de recherche et d'expérimentation (CSTB, PCA...).

Qu'il s'agisse de logements ou de zones d'activités, les jeux de rôles institutionnels créent un processus de production d'espace urbain dont aucun acteur n'a la maîtrise [84] et qui pousse à l'étalement des villes sans pilotage d'ensemble :

- une grande partie des ménages motorisés désire une maison individuelle abordable;
- la rétention foncière n'est pas pénalisée;
- les communes urbaines ne peuvent à bon marché intervenir sur le coût du foncier, et préfèrent jouer de la taxe professionnelle pour accueillir des activités, ou réhabiliter l'existant;
- les communes périurbaines ont besoin des apports fiscaux des nouveaux ménages, qui sont d'abord plus avantageux que les coûts induits, et leurs

communautés de communes n'ont pas le pouvoir d'imposer une politique foncière d'ensemble ;

- le Conseil général « subit une forte demande routière de la part de ses conseillers, il ne rechigne pas à faire payer par la majorité des contribuables urbains des infrastructures demandées par la majorité rurale de ses conseillers », et « la structure viaire de la ville de demain est constituée par le réseau financé par le département » [84];
- « l'État routier », préoccupé par la fluidité des réseaux, multiplie les contournements d'agglomération, qui modèlent ensuite l'urbanisation;
   « l'État constructeur » considère que « quand le bâtiment va tout va »

« l'État constructeur » considère que « quand le bâtiment va tout va »
 [84].

La commune périphérique joue donc dans l'agglomération le rôle politique de l'ancien quartier, à mesure que l'agglomération s'étend : « le territoire de la ville est celui qui permet d'aller au centre-ville en une demi-heure en voiture. Cette durée circonscrit maintenant l'aire des échanges urbains (aire de solidarité) » [84]. Or, il n'existe pas d'entité organisationnelle de pilotage, ni d'observateur identifié correspondant à cette échelle, notamment dans le domaine fiscal (les impôts locaux sont en grande partie perçus par le Land en Allemagne, mais par la commune en France).

Comme par exemple dans le cas de la politique des déchets ménagers, on voit qu'il faut tenir compte des scénarios institutionnels et des relations des acteurs entre eux pour déterminer la faisabilité et le coût des évolutions des extensions urbaines, non seulement parce que les articulations de compétences et d'intérêts (dont aucune instance n'a la régulation globale) constituent autant de biais dans les prises de décisions successives, mais aussi parce qu'elles déterminent les conditions de redistribution des avantages et inconvénients de ces décisions. Ainsi, la participation des citoyens au tri et la coopération des industries et des communes pour la gestion des emballages ont permis d'effectuer ces opérations à un coût moindre [82].

### Gérer l'existant : le fonctionnement d'abord

Les marges de manœuvre financières des collectivités locales semblent réduites pour un certain temps. On peut estimer que les vingt prochaines années seront marquées par la nécessité d'optimiser la gestion de l'existant plutôt que par une création importante d'équipements. Les circonstances sont favorables au fait de porter davantage attention aux frais et modes de fonctionnement induits par les choix d'investissements : l'urbanisme de dalle (Argenteuil, Sartrouville, Tolbiac, etc.) s'est avéré ruineux en création et en entretien et peu convivial; les espaces verts classiques sont aussi d'un entretien coûteux : ainsi la ville de Paris leur consacre-t-elle environ 1,3 milliard de francs par an, soit 20 % du budget municipal. Il est possible d'imaginer des modes de gestion plus participatifs permettant à la fois l'appropriation par les habitants de leur cadre de vie et une diminution de ces dépenses ; d'autre part, au titre des coûts collectifs environnementaux figurent les pollutions des eaux induites par la gestion intensive de ces espaces (engrais, pesticides), ainsi que le gel des potentialités biologiques (y compris agricoles) des surfaces imperméabilisées, et leurs impacts en terme de ruissellement. Une information et une diffusion de pratiques mieux adaptées permettraient la réduction des intrants et des coûts. De manière générale, des interventions désormais axées sur le fonctionnement devraient être accompagnées par une révision des critères d'attribution d'aides aux collectivités (investissement *versus* fonctionnement) [7]. Elles permettraient de surcroît de soutenir davantage l'emploi que le matériel.

De même que le choix entre investissement et fonctionnement infléchit largement la nature et l'efficacité de l'intervention publique, la source du financement (consommateur ou contribuable) influe sur les modes de régulation de ces dépenses et sur leur ressenti collectif, donc sur la plus ou moins grande facilité perçue pour y avoir recours. Aujourd'hui, les réseaux collectifs sont financés de façon mixte, par le contribuable et par l'usager, avec des proportions variables suivant les secteurs : plutôt le contribuable pour les déchets (94 %) et l'usager pour les eaux usées [95]. Pour ce qui concerne les réseaux de transports, d'après [119], on trouve pour 1993 en Île-de-France (hors véhicules utilitaires): 40,3 milliards de francs venant des entreprises et administrations, 114,8 milliards de francs venant des ménages (utilisateurs) et 23,5 milliards de francs venant des collectivités (contribuables), soit respectivement 22 %, 62 % et 13 %, le reste (5,6 milliards de francs, soit 3 %) étant notamment composé d'emprunts. Du point de vue du financement par l'usager, les transports se situeraient donc en position intermédiaire entre les secteurs de l'eau et des déchets.

Une part importante des coûts urbains sont aujourd'hui représentés par des coûts de réhabilitation : il existe environ 100 000 hectares de friches urbaines en France. La plupart demandent une réhabilitation afin d'éviter la déqualification progressive des territoires voisins. L'exemple de l'Île Seguin montre que ces coûts directs sont élevés : entre 1 et 7 MF/ha, autour d'une moyenne de 3 MF/ha, ce qui représenterait 300 milliards de francs pour les friches urbaines nationales. Ces coûts sont bien plus élevés que ceux de création d'espaces nouveaux (20 kF/ha selon CDC Consultants). Ainsi, la majeure part des investissements urbains à plus de 30 ans (réseaux, friches) sont aujourd'hui destinés à réparer les erreurs du passé et non à structurer des effets externes positifs pour l'avenir. Nous avons ici un exemple du coût de passifs dont l'éventualité n'a pu être prise en compte dans les décisions de départ, notamment concernant la qualité et l'adaptabilité du bâti décidé. Ceci étant, le renouvellement du tissu urbain fait partie de l'évolution normale des villes, et toutes les évolutions ne peuvent être anticipées à distance de 50 à 100 ans (c'est le cas par exemple pour l'expansion de l'automobile, vue du début du XXe siècle).

# Adéquation aux besoins pour éviter les surprises ?

Nous avons rappelé ci-dessus l'influence des scénarios sociaux (coopération plus ou moins forte) sur l'évaluation des coûts des décisions. La primauté des questions de fonctionnement et les

contraintes financières demandent qu'une attention croissante soit portée aux modes de participation des citoyens pour la définition de leurs besoins, l'adéquation des organisations possibles et la maîtrise des coûts de gestion. Il est donc indispensable de faire débattre tous les acteurs concernés en amont, pendant le cours et en aval des études d'infrastructures, notamment sur les critères d'évaluation des projets, sous peine de multiplier les coûts inattendus [84]. En particulier, quel serait l'effet, compte tenu de l'inertie des systèmes urbains, d'un renchérissement important des coûts de transport ou d'une baisse de disponibilité des carburants à l'horizon 2020, ce qui correspond à quelques-uns des scénarios élaborés par le Commissariat général du plan (*Energie 2010-2020*, 1997)?

### Trouver un pilote?

Les pays et les agglomérations, échelles proposées par la loi d'orientation sur l'aménagement du territoire, sont-elles susceptibles de fournir une échelle organisationnelle cohérente avec les aires de solidarité urbaines définies par les bassins d'emplois? Un grand nombre de ressources peu ou non renouvelables demandent en effet à être mieux exploitées, entretenues ou préservées. C'est le cas des zones de calme, des espaces agricoles, du patrimoine naturel périurbains, mais aussi par exemple des ressources en eau : ainsi, 18 000 m³/an sont aujourd'hui disponibles aux USA en 1995 pour chaque habitant, mais selon certains prospectivistes, il n'y en aurait plus que 2 000 m³/an en 2025 compte tenu des consommations et pollutions actuelles [101].

### **Urbanisme et transports**

Le thème des transports, vu sous l'angle des coûts (budget, temps passé) et bénéfices (gains de temps) qu'ils génèrent pour les individus (déplacements contraints notamment), a été traité dans un chapitre précédent. Nous examinons maintenant les relations entre urbanisme et transports, en terme de choix modaux, de coûts évaluables et de risques de rupture.

### Poids et tendances des transports urbains

La part des transports dans la consommation énergétique nationale est importante (60 %), ainsi que les impacts environnementaux qui lui sont liés [106]: plus de 60 % de la consommation de pétrole, 35 % des émissions de CO<sub>2</sub>, un tiers des émissions d'hydrocarbures non méthaniques (HCNM) et de particules, 71 % des NOx, 87 % du CO, 80 % de la croissance du CO<sub>2</sub> de l'Union européenne (qui est estimée à 7 % environ de 1990 à 2000). La route correspond dans ce total à 80 % de la consommation de carburants, entre 80 et 98 % des émissions de polluants, et plus de 60 % des investissements publics d'infrastructures de transport depuis 1983.

Les transports urbains (au sens du bassin d'emploi) sont contributeurs majeurs pour la plupart de ces impacts, essentiellement à travers le mode routier, personnes et marchandises : 75 % des COV, 66 % du CO, plus de 60 % de l'énergie et du CO<sub>2</sub> (dont 20 % en interurbain proche, le bassin de vie), 35 % des NOx et particules. Même en ville, le transport routier de marchandises représente la moitié de ces impacts, dont 60 % des émissions de particules ; il sera en France en 2010 le premier fournisseur de précurseurs d'ozone et de particules fines.

#### Les modes routiers dans les transports urbains

	Conso.	CO2	NOx	Partic.	со	HCNM	SO <sub>2</sub>
VP	55 %	55 %	40 %	40 %	50 %	65 %	50 %
TRM	40 %	40 %	35 %	60 %	21 %	15 %	50 %
2 roues						20 %	

Sources: Ademe, Inrets, [106]

### Coûts des transports et formes urbaines Des coûts variables suivant l'observateur

Les coûts du transport urbain varient suivant le point de vue. Si l'on se place du point de vue du concessionnaire de l'ouvrage à péage par exemple, l'important est le consentement à payer de l'utilisateur de l'infrastructure pour le temps et le confort éventuels qu'il gagne à l'emprunter; ceci dépend bien entendu du revenu de chaque usager. De ce point de vue, [122] suggère une capacité à payer pour les franciliens de 30 F/heure en moyenne (33 F à Paris, 25 F en petite couronne et 28 F en grande couronne) pour des déplacements personnels (porté à 40 F/l'heure après les travaux de [126]) et de 200 F/heure pour des déplacements professionnels. Comme la répartition des revenus moyens en Île-de-France n'est pas uniforme, une « valeur du temps » moyenne n'est d'aucune utilité pour évaluer la rentabilité financière d'un ouvrage ou d'un service donné (voir en deuxième partie du rapport la discussion théorique de cette notion).

Le coût ressenti par trajet effectué dépend aussi de l'observateur, suivant qu'il s'agit du client de l'ouvrage ou du service, de la collectivité gestionnaire ou de l'ensemble des cofinanceurs, ou de la collectivité qui intègre les gains de temps réalisés, comme le montre le tableau ci-dessous (Coût d'un déplacement en Île-de-France en 1993).

Une autre conclusion de ce tableau est que le coût d'un trajet, pour un même observateur et un même mode, dépend de la forme urbaine, puisque les résultats sont très différents suivant la densité de la zone dans laquelle se situe le parcours.

Ces chiffres montrent aussi que le coût ressenti par le voyageur pour se rendre de la grande couronne à Paris est dorénavant plus élevé pour les transports en commun que pour l'automobile (alors que pour l'ensemble des financeurs, l'ordre reste inverse), ce qui peut être en relation avec la désaffection des transports collectifs enregistrée récemment. Une politique des transports urbains doit prendre en compte ce type d'éléments dans son élaboration. Rappelons que de 1959 à 1992, le prix du carburant en francs constants a diminué de 33 % tandis que celui du ticket de bus s'élevait de 65 % [106].

### Coût d'un déplacement en Île-de-France en 1993

Coût d'un déplacement (en francs)	Coût ressenti par le voyageur (avec le station- nement)		Coût tous financeurs confondus (dont infrastructures)		Coût économique* et social (motif personnel)		Coût économique* et social (motif professionnel facturable)	
	TC	VP	TC	VP	TC	VP	TC	VP
Paris-Paris	3	9,5	8	15	25	28	114	92
Paris-petite couronne	6	8,5	13	22	38	42	180	148
Paris-grande couronne	14	13,5	28	51	65	85	266	247
Petite-petite couronne	7	3,5	17	10	34	18	157	74
Petite-grande couronne	18	7	42	30	73	50	269	160
Grande-grande couronne	8	2,7	18	10	37	18	149	64

<sup>\*</sup> dont : nuisances selon le Compte Transports Île-de-France de 1993 (valeurs très faibles devant celles utilisées aujourd'hui), valeur du temps, valeur de l'espace urbain consommé, accidents.

Il faudrait, du point de vue social, inclure dans les coûts ci-dessus ceux des impacts environnementaux et sanitaires des déplacements : les monétarisations sont très variables suivant les modes, et varient aussi d'un pays à l'autre pour un même mode dans les mêmes conditions ; de nombreux paragraphes de ce rapport et le chapitre « Coûts des effets sur la santé de la pollution atmosphérique » p. 268 illustrent et commentent cette variabilité. Ainsi, les coûts du transport de personnes estimés en France [133], par la D.G. VII de la Commission européenne [141] ou en Suisse et en Autriche (étude [142]) vont-ils du simple au sextuple :

#### Coûts environnementaux et sanitaires

En cts 1994 par voy.km	[133]	[141]	[142]
VP	4,9	23,1	32,6
Rail	0,1	5,2	6,5

#### Selon les densités

Selon les densités urbaines, les impacts environnementaux varient. Nous l'avons vu en terme de consommation d'espace; c'est aussi le cas pour d'autres paramètres. Ainsi, selon [127], en prenant comme mesure de la densité le nombre d'habitants et d'emplois (P+E) à l'hectare urbanisé (hors parcs et jardins), les valeurs prises par quelques indicateurs de pollution en zones franciliennes de densité minimale, par rapport aux zones de densité maximale, sont les suivantes :

- distance journalière parcourue : multipliée par 2,3 en zone de densité minimale par rapport au centre le plus dense ; le nombre moyen de kilomètres parcourus annuellement en voiture est de 15 000 km pour les immatriculations en grande couronne, 10 000 km en petite couronne et 5 000 km au centre de l'agglomération parisienne ;
- consommation énergétique : multipliée par 3,2 ;
- émissions de CO<sub>2</sub> : multipliées par 4,4 ;
- émissions de CO : multipliées par 4,4 ;
- émissions d'hydrocarbures : multipliées par 4,2 ;
- émissions de NOx : multipliées par 6 ;
- émissions de particules : multipliées par 2,7.

On constate donc que les pollutions varient plus fortement que les distances parcourues. Ceci exprime le fait que le mode prédominant en zone peu dense, l'automobile, est moins efficace énergétiquement et environnementalement que les modes privilégiés en zone dense, transports collectifs, bicyclette et marche. Comme l'écrit Vincent Fouchier, « le résultat est que plus la densité de la commune de résidence est forte, moins l'individu porte atteinte à l'environnement par ses déplacements » [127].

De plus, selon les densités urbaines (toujours mesurées par P+E), l'efficacité des modes de transport varie. Dans [126], on évalue, en région Île-de-France, le coût pour la collectivité d'un déplacement permettant à un résident d'une zone donnée d'avoir accès à 500 000 emplois théoriques (de parcourir le rayon de la surface contenant 500 000 emplois). On trouve alors les performances suivantes, par ordre d'efficacité décroissante (c'est-à-dire de coûts croissants pour la collectivité), avec un consentement à payer pour le temps gagné de 40 F/heure :

#### Coûts pour la collectivité d'un déplacement

Emplois par hectare (E brut)	>200	120-200	60-120	<60	60-200	<60	>200	
------------------------------------	------	---------	--------	-----	--------	-----	------	--

Mode	Métro	Métro léger en site propre intégral	Tramway en site propre au sol	Automobile	Auto ou bus sur voirie banalisée	Bus	Automobile
Coût pour la collectivité (tous financeurs) du déplacement domicile-travail	36 F (25 F)	47 F	83 F	107 F	102-113 F	107-122 F	113 F

L'auteur souligne que « le coût pour la collectivité du mode "optimal" (suivant ces critères) triple lorsque la densité est divisée par dix : il est trois fois plus élevé en deuxième couronne qu'à Paris. Le coût pour la collectivité de l'automobile varie en sens inverse mais plus faiblement (-20 % lorsque la densité décroît de 400 à 40 P+E) ». En tenant compte des parts modales réelles dans les différentes zones franciliennes, on obtient les coûts de transport optimaux et observés dans ces diverses zones, figurés p. 258. La conclusion est que, si on ne peut espérer beaucoup diminuer les coûts de transport en deçà de 80 (P+E) à l'hectare, en revanche, la part modale de l'automobile est encore très élevée pour les densités supérieures, et un transfert modal vers les transports collectifs et déplacements « doux » serait pour la collectivité source d'économies importantes [126].

Ces deux exemples, portant sur les coûts des pollutions et les coûts des déplacements, illustrent comment le calcul économique peut contribuer à éclairer un processus de décision, même s'il ne peut à lui seul trancher entre toutes les options possibles (voir le paragraphe sur les crises ci-après).

Compte tenu des densités d'emplois existant dans les différentes zones de l'Île-de-France et des performances en temps des modes, les conséquences pour les résidents concernés apparaissent dans le tableau suivant [126].

Nombre d'emplois accessibles en 30 mn selon le lieu de résidence et le mode de transport en Île-de-France

(VP : véhicule particulier ; TC : transports en commun)

	Paris	1 <sup>re</sup> couronne dense proche	1 <sup>re</sup> couronne plus éloignée	2e couronne
Densité d'activités Population+Emplois par hectare (P+E/ha)	600 à 1 100	200 à 600	100 à 200	20 à 50
Densité moyenne d'emplois à l'ha	200	60	25	10

Rayon de la zone d'accessibilité à 500 000 emplois	2 820 m	5 150 m	7 980 m	12 620 m
Emplois accessibles en VP en moins de 30 mn (temps de recherche de station- nement nul)	>1,5 million	900 000	850 000	550 000
Emplois accessibles en TC en moins de 30 mn (dont autour de 10 mn de parcours terminaux)	>1,5 million	120 000 à 230 000 (autobus) >1 million (métro léger)	100 000 à 190 000 (autobus) 220 000 à 420 000 (tramway en site propre au sol)	30 000 à 70 000 (autobus)

Cependant tous les métiers n'ont pas le même rayon de chalandise : un boulanger, un informaticien, ou un spécialiste en balistique n'ont en principe pas besoin, pour chercher un emploi adapté, de parcourir les mêmes distances. La question des conditions nécessaires à l'accessibilité des emplois ne se pose donc pas dans les mêmes termes pour toutes les professions.

Il est clair que les habitants non motorisés de la petite, mais surtout de la grande couronne, sont fortement pénalisés professionnellement par rapport aux populations de zones denses, ce qu'il ne peuvent compenser qu'en allongeant les parcours quotidiens. « Toutes les couches de la population n'ont pas le même accès au transport, notamment automobile. L'accès à l'automobile est intimement lié aux revenus (mais aussi à une aptitude à la conduite) et il est relativement autonome vis-à-vis de l'espace, alors que l'accès aux transports en commun est très spatialisé, en fonction de l'offre, elle-même déterminée par la masse et la densité de population en présence... On touche ici à l'enjeu d'équité sociale que représente la mobilité. L'automobile n'est pas accessible à tous ; on ne peut donc pas planifier des villes uniquement conçues pour elle. L'âge, les revenus, la disponibilité d'un véhicule, la capacité de conduire, la possibilité d'accéder à pied ou à bicyclette dans un rayon raisonnable aux principales destinations, la présence d'une desserte en transports en commun, etc., sont parmi les facteurs importants justifiant une certaine prudence du planificateur à l'égard du "système urbain automobile" » [127].

Ainsi, un pourcentage relativement faible, mais sensible, de la population est forcé de consentir des temps de parcours de plus d'une heure, souvent sous peine d'éviction économique. L'Insee montre que, pour les ouvriers et employés, l'accession à la propriété s'est traduite par un allongement du temps de parcours domicile-travail, même lorsqu'il s'agit de logements collectifs. Dans le cas des cadres ou professions intermédiaires, seul un choix volontaire d'un certain cadre de vie conduit à allonger les trajets. Si la moitié des actifs d'Île-de-France font moins de 5,7 km pour se rendre à leur travail, 11 % font plus de 20 km (Économie et statistique, Insee, juillet 1996) et 4% produisent 40% des trajets en voyageurs-km [115]. C'est un élément de vulnérabilité important des systèmes urbains. Déjà, des éléments indiquent que certaines populations peu aisées sont dans une situation économiquement très sensible au

renchérissement des coûts de transport : d'après une étude de l'Iaurif, malgré une motorisation moyenne importante (2,3 véhicules par ménage) et une faible desserte en transports en commun, les habitants de communes comme Sainte Geneviève aux Bois (Essonne) utilisent peu leur voiture pour se rendre au travail et consentent de longs trajets quotidiens. L'étude suggère que ce décalage provient de ce que la plupart de ces ménages possèdent de vieilles voitures et ne peuvent acquitter le montant des réparations obligatoires que leur demanderait un contrôle technique. Ils renoncent alors à les utiliser. Cet exemple illustre la fragilité économique du mode de vie périurbain pour les ménages les moins aisés.

Faut-il en conclure que, pour rééquilibrer les chances d'accès à l'emploi de la population comme pour améliorer l'état de l'environnement urbain, la redensification des villes est la mesure décisive? De nombreux pays font des choix concrets d'urbanisme explicitement en ce sens. C'est le cas des Hollandais, des Britanniques ou des Norvégiens, et du Livre Vert de la Commission européenne sur l'environnement urbain de 1990 ([86], [127], [106]).

Nous reproduisons ici une contribution de Vincent Fouchier [127].

« Les autorités publiques locales et nationales britanniques, hollandaises, norvégiennes, etc., ont mis en place des politiques urbaines visant à limiter la mobilité automobile. Elles ont ainsi défini comme objectif prioritaire de la planification une certaine densification des tissus urbains, supposée éviter une banalisation excessive de l'automobile et donc une large part des nuisances en ville et au-delà.

«Le Livre Vert de la C.E.E. synthétise ces principes : "Les stratégies qui préconisent des affectations mixtes et un développement plus dense sont les plus aptes à rapprocher les gens de leur lieu de travail et des services nécessaires à leur vie quotidienne. La voiture pourrait alors devenir un choix plus qu'une nécessité". La séparation des fonctions et les faibles densités sont très clairement désignées comme responsables de la croissance de la mobilité automobile. Et la voiture est elle-même accusée de dégrader l'environnement ; il ne faut donc pas en rendre l'usage quasi-obligatoire par un développement urbain inadapté.

«Dans cet esprit, le gouvernement britannique a publié une directive nationale, la *Planning Policy Guidance* n° 13 (mars 1994) : celle-ci fixe l'objectif national de limitation des déplacements automobiles et indique qu'un urbanisme dense et mixte autour des stations de transports publics permet de l'atteindre. Les autorités publiques de rangs inférieurs doivent respecter cette directive. Il s'agit ici d'un principe et non d'actions concrètes de la part du gouvernement.

«Aux Pays-Bas, en revanche, le gouvernement ne s'arrête pas aux principes généraux, mais organise lui-même le développement urbain selon des principes identiques à ceux des Britanniques. Le plan d'aménagement du territoire de 1991 ambitionne de "dissuader l'usage de l'automobile, en particulier pour les déplacements domicile-travail". Plusieurs moyens sont mis en œuvre pour atteindre cet objectif. Outre des

mesures de réglementation du stationnement, de péage urbain, une politique de localisation des "générateurs de déplacements" a été lancée : la politique de l'ABC. Elle consiste à "placer la bonne entreprise au bon endroit". Les différentes parties du territoire sont classées en trois catégories, en fonction de leur accessibilité :

- profil A : activités tertiaires ou équipements ayant beaucoup d'employés ou attirant de nombreux visiteurs, dont la localisation sera de type centre-ville, bénéficiant de tous les transports publics ;
- profil B : activités attirant moins de personnes, mais qui doivent rester accessibles par automobile (production, distribution), dont la localisation devra combiner une double desserte automobile et transports publics, plus loin des centres ;
- profil C : activités dépendant uniquement du transport routier, dont la localisation sera périphérique.

«Une démarche partenariale a été engagée, non seulement avec la participation de différents ministères, mais aussi avec des acteurs privés. C'est ainsi un ensemble de mesures convergentes qui doivent concourir à ce projet » [127].

On constate que l'option retenue par le schéma directeur de l'Île-de-France ne retient pas ces principes, mais celui d'un accroissement volontaire de l'espace disponible pour chacun (dédensification), compensé dans ce scénario par une hausse théorique du pouvoir d'achat permettant à tous d'avoir accès à l'automobile.

« Le raisonnement du développement durable suppose d'une part que l'augmentation de densité aura un impact significatif sur l'usage de l'automobile, et d'autre part que les économies d'énergie et les pollutions évitées sont suffisantes pour justifier la densification. Le raisonnement du gain d'espace suppose quant à lui que la consommation d'espaces naturels par l'urbanisation n'est pas un problème majeur, que la technologie sait résoudre la plupart des nuisances de l'automobile et que l'économique prime l'écologique.

«Tous ces débats viennent en fait d'une double difficulté :

– on ne sait pas desservir correctement les zones peu denses avec les transports collectifs ; c'est un problème d'allocation de ressources, car il n'y a pas de difficulté technique ;

- à l'inverse, on ne sait pas bien faire des quartiers denses avec un fort taux de motorisation : la difficulté ici est à la fois financière (coût du stationnement souterrain ou sous dalle) et urbanistique (il y a peu de succès en urbanisme de dalle, et des voies à large gabarit sont peu compatibles avec la densité) » [127].

Effectivement, le degré de motorisation des ménages est fortement corrélé en négatif avec la densité, ce qui est aussi le cas du linéaire de voirie. En 25 ans, les rues en Île-de-France se sont allongées d'un facteur dix [127], ce qui se traduit, comme l'énonçait en 1977 le ministère de l'Equipement [93], par un fort accroissement des coûts d'entretien de voirie et de collecte des déchets par ménage, toutes choses égales par ailleurs.

### Les crises possibles des villes

Un certain nombre d'impasses possibles se dessinent à l'horizon 2010-2030 si les tendances sur lesquelles s'appuient la plupart des scénarios actuels de transports et d'urbanisation (les renforçant par là-même) se maintiennent.

- Atteinte vers 2010 d'un niveau de pollution de fond en ozone de basse altitude (80 g/m³) interdisant le respect des normes OMS (120  $\mu$ g/m³) en ville [106], d'après l'Académie des sciences ; prise en compte croissante des données de l'environnement en général par l'opnion, aboutissant à un refus des conditions réalisées.
- Inquiétude grandissante envers de graves changements climatiques, contraignant à revoir l'usage des combustibles fossiles, notamment des carburants.
- Concentration des ressources pétrolières au Moyen-Orient et prédominance des consommations énergétiques de la Chine et de l'Inde autour de 2030, avec les tensions correspondantes sur les prix, voire les disponibilités des carburants, sans doute dès 2020 (Conseil mondial de l'énergie, Commissariat général du Plan).
- Croissance de la congestion automobile (véhicules utilitaires compris) dans la plupart des métropoles du fait des faibles capacités de financement consenties pour les transports publics et de leur efficacité limitée en urbanisation peu dense [119]. Des questions économiques pourraient ainsi annoncer la fin de l'ère de l'automobile : l'exemple de Los Angeles montre comment il devient impossible financièrement de construire assez d'infrastructures dans des agglomérations pour y satisfaire correctement les besoins de transports lorsque ceux-ci sont entièrement assurés par la route (personnes et biens) (Peter Calthorpe, [101]).
- Restriction des possibilités de participation à la vie de la cité pour la frange « non motorisable » de la population [119]. Le problème de l'exclusion urbaine ne correspond pas seulement à l'incapacité à trouver un logement (du fait du montant du loyer par exemple), mais aussi éventuellement à celle d'assumer les charges diverses (efficacité énergétique des bâtiments, impôts locaux) et le coût du mode de vie imposé à l'endroit du logement par la conception urbaine. Le coût du transport pour accéder aux emplois ou à la vie urbaine peut devenir insupportable pour certaines parties défavorisées de la population. Selon Peter Calthorpe, le budget moyen de transports correspondrait à 20 % du revenu moyen aux USA et moins de 10 % en Europe [101]. « Ce n'est pas la mobilité qui doit être durable, mais la ville qui en résulte » [127]. Or, le budget automobile est en moyenne de 24 000 F par an d'après [130].

Dans une situation où les carburants deviendraient soit moins disponibles pour des raisons de difficultés géopolitiques, soit rapidement beaucoup plus chers suite notamment à des mesures prises contre le changement climatique, les populations peu aisées et captives de l'automobile (notamment en périphérie non desservie par les transports collectifs) seraient les plus touchées. Leurs conditions de vie seraient remises

en cause par manque d'accès aux emplois d'une part, au patrimoine urbain et aux autres quartiers. Même s'il s'agissait d'un pourcentage minoritaire de la population urbaine, il pourrait néanmoins en découler une situation d'exclusion inacceptable et des crises socio-économiques locales graves.

Effectivement, une bonne part des déplacements est imposée aux individus par les choix urbains [106]; comme le dit M. Wiel: « Imputer le trafic à l'initiative individuelle de celui qui franchit chaque jour le seuil de son domicile est non seulement réducteur, mais falsificateur » [84]. Pour prévoir la viabilité d'une ville, « les moyennes n'ont pas de sens car ce sont les queues de distribution qui posent problème : les trajets longs, les ménages pauvres et les zones industrielles mal desservies » [119]. Nous retrouvons ici un point essentiel : dans l'évaluation économique d'une décision, ses inconvénients et avantages n'ont pas le même impact socio-économique et politique suivant qu'ils sont répartis à faible intensité sur la majeure part de la population ou qu'ils se concentrent sur une minorité, situation beaucoup plus vulnérable malgré des ratios moyens éventuellement semblables. Aussi les effets redistributifs d'une décision, même s'ils ne sont souvent pas pris en compte par la pratique économique traditionnelle, doivent-ils toujours être examinés dans une évaluation économique au sens large, telle que nous la préconisons dans ce rapport.

Les coûts de ruptures possibles sont aujourd'hui plus ou moins évaluables en termes monétaires, mais doivent évidemment entrer dans les raisonnements à moyen et long termes des aménagements urbains. Le seul objectif de densification des habitats n'apparaît pas alors suffisant, si d'autres mesures de plus court terme ne sont pas prises simultanément [129], visant par exemple à rendre l'usage de l'automobile moins attractif (tarifs, zones à vitesse réduite, stationnements gratuits rares) ou moins obligatoire (raréfier les établissements situés hors des dessertes collectives).

Comme l'écrit Vincent Fouchier : « La séparation des fonctions dans le tissu urbain, corollaire des extensions de faible densité, est également responsable de la place accrue de l'automobile dans les déplacements. La desserte en transports en commun de zones uni-fonctionnelles (parcs d'activités, par exemple) ne sera jamais suffisante pour être attractive vis-à-vis de l'automobile. Or, une large part des urbanisations récentes consistent en des délocalisations d'équipements ou de lieux d'activités autrefois localisés dans des secteurs plus denses et mieux desservis en transports en commun. Ces nouvelles localisations sont une concurrence à celles qui restent en centre-ville. Les créations de complexes de cinémas périphériques, après celles des centres commerciaux, contribuent à renforcer la place de l'automobile dans les agglomérations : leur accessibilité est bien meilleure pour les personnes motorisées que pour les autres. En matière de transports, les caractéristiques qualitatives de l'urbanisation ont donc des conséquences au moins aussi déterminantes que son étendue géographique ou son intensité d'un point de vue quantitatif » [127].

C'est pourquoi les politiques de densification ne doivent pas être conçues seulement en visant l'habitat, mais peut-être surtout en établissant les zones attirant les trafics en fonction des dessertes collectives existantes : 46 % des urbanisations nouvelles entre 1982 et 1990 correspondent à des équipements ou des zones d'activités industrielles et commerciales [87].

De quels systèmes d'évaluation dispose-t-on aujourd'hui pour tenter de piloter et de suivre l'évolution nécessaire ?

# Des méthodes d'évaluation à actualiser Distribution des « valeurs du temps »

Nous avons vu plus haut que les valeurs utilisées pour quantifier le temps gagné ou perdu du fait des transports sont discutables. En effet, même en écartant la préoccupation d'un exploitant d'ouvrage sur le consentement réel des usagers à acquitter le prix du péage, l'utilité collective d'une infrastructure dépend du fait qu'elle soit effectivement utilisée comme le prévoyait l'évaluation. Notamment, pour les infrastructures routières urbaines, l'évaluation doit tenir compte de la capacité effective à dépenser les sommes requises pour utiliser ces moyens de transport (par exemple, le coût d'acquisition et d'entretien d'une automobile).

Nous avons vu que les modèles le plus souvent utilisés, notamment dans le cas du schéma directeur de l'Île-de-France, avancent des « valeurs de temps » pour les transports en commun de moitié moins élevées que celles utilisées pour le temps passé en voiture, ce qui manque de justification, et tendent donc à surestimer le temps gagné par les automobilistes [125]. Nous retrouvons ici le rôle important des modèles et la nécessité pour l'évaluation d'en éclaircir les hypothèses et les conventions.

En tout état de cause, les effets de la dispersion croissante des revenus sont souvent considérés comme négligeables dans ces modèles, au motif que les impôts assurent une redistribution des ressources telle que les inégalités financières d'accès au transport disparaîtraient. Au vu des exemples observés, cette hypothèse paraît douteuse. Une valeur élevée et unique du temps pour tous manque donc de pertinence pour construire un schéma de transports garantissant le fameux « droit au transport » de la LOTI [125].

# Conditions d'une mobilité durable : qu'est-ce qu'un « coût de congestion » ?

Tant que le seuil d'acceptabilité n'est pas franchi, malgré les difficultés de sa mesure [106], la congestion peut être considérée et monétarisée. Ainsi, dans [124], les coûts de congestion en Île-de-France, en terme de temps perdu valorisé à hauteur du consentement à payer, sont estimés à 8 milliards de francs (1996) par an.

En revanche, les exemples de Mexico, Los Angeles et, à l'opposé, de Hong-Kong montrent, soit par l'ampleur des dégâts et dépenses consenties en infrastructures, soit à rebours par l'importance des moyens mis en œuvre pour l'éviter, que la congestion routière urbaine

peut, dépassé un certain seuil, devenir un fléau à la fois environnemental, social et économique pour le fonctionnement de la cité [118]. À Los Angeles, agglomération côtière linéaire de 80 km, les encombrements, le *smog* et les sommes à investir deviennent telles que la ville a commencé, malgré une urbanisation très peu adaptée et une mauvaise image culturelle locale des métros et bus, à développer des lignes de transports collectifs. Le seuil de blocage dépend sans doute en grande partie de la configuration urbaine. On voit donc que la progression des coûts de congestion n'est pas linéaire.

Citons Vincent Fouchier : « Pour atteindre une mobilité socialement durable, deux méthodes sont applicables :

- «1) s'appuyer sur une augmentation du pouvoir d'achat (ou baisse des prix) qui permettrait une plus grande diffusion de l'automobile, favorisée par des investissements routiers et des créations de nombreux parcs de stationnement;
- «2) produire une ville permettant aux individus n'ayant pas accès à l'automobile (pour des raisons matérielles ou physiques), et a fortiori à tous les individus, de s'en passer sans les exclure de certaines zones urbaines.

«Les évolutions passées indiquent que l'on se situe plutôt dans le premier cas de figure : les catégories socio-professionnelles à revenus élevés ont stabilisé la progression de leurs distances parcourues quotidiennement (avec une part modale très en faveur de la voiture), alors que les catégories de revenus moindres ont vu leurs distances de déplacements augmenter à un rythme très important, avec une part modale automobile fortement croissante.

«En localisant des zones d'emplois, de commerce ou de loisirs en périphérie de faible densité, on renforce une forme d'exclusion. Une ville de l'automobile se constitue progressivement autour d'une ville des transports en commun; peu d'échanges entre les deux sont possibles » [127].

### Composantes de la qualité urbaine

L'attractivité d'une ville passe aussi par la perception que ses habitants et visiteurs en ont. Dans [106] par exemple, la vision qu'offrent de la ville ses moyens de transports pendant leur usage est évoquée.

D'autre part, ni la fonctionnalité ni l'esthétique d'un quartier, même en focalisant l'attention sur les relations entre densité et transports, ne sont déterminées par le paramètre le plus utilisé, le coefficient d'occupation des sols (COS). Comme le rappelle [128], un même COS peut correspondre à des formes urbaines très diverses, soit collectives soit individuelles. On ne peut ni assimiler fortes densités et habitat collectif, ni considérer que l'habitat individuel est synonyme de densités faibles. Les urbanistes scandinaves proposent des zones d'habitat individuel dense, et les tours et barres du nord de Paris correspondent à des COS bien inférieurs aux immeubles haussmaniens du centre-ville.

De plus, comme il a été déjà mentionné, la conception et la desserte des zones d'activités, de commerce et de loisirs influent beaucoup sur la qualité des zones concernées, mais aussi sur celles des habitats qui dépendent de ces services [87]. En effet, la qualité d'une zone urbaine ne dépend pas seulement de sa conception propre, mais du fonctionnement de tout l'ensemble urbain auquel elle appartient. Dans le cas de l'Île-de-France, « les pics de pollution mesurés à Paris ne pourront pas être empêchés par la multiplication des surfaces traitées en espaces verts. Ce sont des masses d'air qui entrent en jeu : une présence végétale seule ne peut pas résorber cette pollution localement. Au contraire, on a vu que la multiplication des parcs et jardins participe à la périurbanisation et à la motorisation qui lui est liée » [87]. De même, il ne suffit pas d'observer à courte échéance et dans un périmètre restreint les effets sur les trafics et l'environnement d'une infrastructure pour en déduire ses impacts à terme.

### Vers des coûts urbains globaux?

Les choix urbains ont de nombreuses conséquences dans des domaines très variés [106]. Bien entendu, les aspects environnementaux, comme chacun des autres types d'aspects, ne sont pas déterminants à eux seuls, sauf lorsque des seuils d'acceptabilité ou d'alerte sont atteints (facteur limitant). Par exemple, « aujourd'hui, la technique nous offre un choix, pour lequel aucune décision consensuelle et explicite n'est prise : souhaite-t-on étendre les villes, au risque de rompre les liens de proximité physique, au bénéfice d'une mobilité accrue (en automobile) et de télé-actions plus nombreuses, ou souhaite-t-on densifier les villes pour valoriser les centralités et les proximités, et autoriser un usage accru des transports en commun ?... C'est la définition de ces objectifs qui détermine les grandes orientations de stratégie urbaine » [127].

Y a-t-il aussi un dilemme entre une croissance des nuisances totales induite par la dédensification urbaine et le recours croissant au mode routier, et la concentration en cité plus dense d'une moindre quantité de nuisances? Nous avons tendance à penser que, même en supposant des véhicules personnels et utilitaires non polluants, des contraintes environnementales, sociales et financières pèseraient sur la généralisation de villes peu denses, sous la forme de consommation croissante d'espace en absolu et de leur part en voiries et parkings, de consommation d'énergie peu durable, d'exclusion sociale par difficultés d'accès financier et/ou réglementaire aux véhicules non polluants et une circulation intensifiée ([127], [118]). Ceci signifie que pour concevoir les villes de demain, conviviales et durables [86], des architectes et des urbanistes inventifs et informés de tous ces enjeux seront socialement, économiquement et environnementalement indispensables. Une évolution en ce sens des enseignements et formations correspondantes devient nécessaire.

Les coûts liés à ces divers enjeux sont difficiles non seulement à agréger, mais même pour certains à définir et évaluer. Ils ne ressortissent sans doute pas tous aux mêmes méthodes d'appréciation. Ils supposent une bien meilleure connaissance qu'aujourd'hui des comportements individuels des jeux institutionnels, des contraintes économiques et environnementales,

des répartitions des charges et avantages, des ruptures et crises logiquement possibles. Tant dans le souci de définir des critères de durabilité pour la ville que dans celui d'orienter les politiques d'aménagement urbain, un travail scientifique et socio-économique important devient indispensable, ce qui n'empêche pas d'infléchir les tendances dès aujourd'hui.

# Vers une décision séquentielle : lancer dès aujourd'hui les signaux de maîtrise des consommations d'énergie

C'est au plus tôt que doivent être lancés les signaux de maîtrise des consommations d'énergie, notamment par la mise en cohérence des décisions d'urbanisme et des possibilités de transport peu consommateurs d'énergie et d'espace (transports collectifs et non motorisés).

L'évolution nécessaire des conceptions urbaines demande d'abord de moderniser, de clarifier et de faire partager les hypothèses et les conventions de conception urbaine utilisés. Les grands choix stratégiques et politiques, qu'il s'agisse de redistribution, des risques acceptables ou non, des options cohérentes de fonctionnement urbain désirées, doivent être définis en amont des modèles employés, et non en aval, ni a *fortiori* être traités séparément. Si beaucoup de progrès restent possibles et nécessaires tant dans la connaissance des phénomènes que dans l'analyse et le suivi chiffrés des fonctionnements induits par les structures urbaines (réseaux d'assainissement, de transports, d'énergies...), la monétarisation des avantages et inconvénients des formes urbaines a des limites, notamment pour ce qui concerne les modes de vie que l'on en attend et les risques environnementaux et sociaux que l'on souhaite éviter.

Réfléchissons aussi au fait que les villes des pays riches offrent aux autres nations une image de la réussite économique, et que neuf des dix premières mégalopoles de 2015 se situeront dans des pays en voie de développement. Cela signifie que dans l'évaluation économique des conséquences du maintien du modèle urbain occidental actuel, il faut intégrer des coûts stratégiques tels que son extension aux autres métropoles, par exemple en terme de consommations énergétiques, de changement climatique, d'accumulation d'ozone troposphérique, d'imperméabilisation des surfaces, de dépenses minimales imposées aux ménages et de crises éventuelles qui peuvent en résulter. Si les nations favorisées et leurs entreprises veulent collaborer avec ces pays dans le sens d'un développement durable, elles doivent considérer que, pour la plupart d'entre eux, l'énergie reste chère et que, comme le rappellent parfois leurs représentants, ce n'est pas en y multipliant les automobiles que les difficultés qu'ils connaissent y seront résolues (il semble que le taux de motorisation y soit aujourd'hui d'autant plus élevé que le niveau de richesse y est plus faible d'après [111]). Mais leur fonction, volontaire ou non, de modèles pour le développement, les oblige à infléchir leurs propres modes de production de villes et de transports.

Parce que les phénomènes urbains ont une inertie importante, une stratégie de précaution pour les villes doit s'élaborer selon une prise de décision séquentielle, dont le sens général est de diminuer la dépendance énergétique envers le pétrole et la nocivité des émissions polluantes pour la

santé (ainsi que le bruit, etc.). Chaque étape consiste alors à choisir un certain nombre de mesures qui vont dans ce sens tout en apportant d'autres avantages à la collectivité. Cette stratégie doit par ailleurs prévoir les moyens d'éviter l'exclusion des populations exposées à la crise (soit en leur fournissant d'autres modes de transport, soit en se donnant les moyens de leur assurer une transition financièrement convenable en cas de cris ).

Le choix des premières mesures à prendre dépend du contexte et du décideur. Par exemple, il peut s'agir pour une commune de commencer à diminuer l'attractivité de la voiture et d'accroître celle des autres modes de transport par des mesures peu coûteuses : la priorité aux feux des transports collectifs, le partage de voirie en faveur des modes autres que l'automobile et le gardiennage de parkings à vélos. Par ailleurs, l'évolution urbaine étant très lente, s'étalant sur plusieurs décennies, minimiser le risque de crise conduit à commencer tout de suite à infléchir ce mouvement, par exemple en mettant en cohérence les décisions d'urbanisme et les ressources en transports peu consommateurs d'espace et d'énergie, à l'instar de la politique néerlandaise. Le rééquilibrage des coûts d'usage des différents modes peut se faire progressivement par exemple par l'intermédiaire de la fiscalité (sur les carburants, ou la fiscalité locale sur l'usage de l'espace), en fonction des coûts que ceux-ci provoquent pour la collectivité et de leur caractère plus ou moins porteur du risque maximal que la stratégie est destinée à éviter. En tout état de cause, l'évaluation économique des décisions en matière urbaine peut, moins que toute autre, faire l'économie de scénarios explicites et débattus.

# Coûts des effets sur la santé de la pollution atmosphérique

Nous allons ici nous attacher à suivre le cheminement qui va de la pollution atmosphérique (en particulier d'origine routière) jusqu'aux coûts des impacts sanitaires. Ceci va nous permettre d'apprécier les nombreux types d'évaluation (chimiques, physiques, sanitaires, économiques) par le biais desquels est pris en compte l'environnement.

Comme il est noté dans [66, p. 157], l'évaluation des risques pour la santé liés aux polluants atmosphériques nécessite d'identifier les populations à risque, d'estimer la distribution de l'exposition aux polluants atmosphériques au sein des différents segments de la population, au cours de leurs activités, éventuellement d'apprécier la part attribuable au trafic routier, aux industries ou au chauffage, de connaître les relations concentration-réponse entre les polluants et les effets connus sur la santé et, enfin, de mieux caractériser la nocivité à court, mais surtout à long terme des polluants émis ou produits secondairement.

On peut ainsi apprécier les spécificités de l'évaluation économique, conditionnée par les résultats d'autres évaluations, mais avec son

originalité propre. Nous verrons que, malgré des connaissances insuffisamment développées en France dans le domaine des effets sanitaires de la pollution atmosphérique (les principales lacunes actuelles tenant aux limites des réseaux de surveillance de la qualité de l'air, au manque aigu de données de surveillance sanitaire et à la faiblesse générale de la recherche en santé environnementale et préventive en France), des évaluations économiques sont possibles et pertinentes dès qu'on mesure la portée de leurs hypothèses.

### **Trois sources d'information**

La pollution atmosphérique d'origine automobile et la santé publique (Société française de santé publique, 1996)

Pour ce qui est des impacts sanitaires, nous nous appuierons essentiellement sur le rapport de mai 1996 de la Société française de santé publique, La pollution atmosphérique d'origine automobile et la santé publique [66], qui fait le point sur les connaissances actuelles concernant la pollution atmosphérique (présence dans l'air de substances susceptibles, compte tenu des connaissances scientifiques du moment, de provoquer un effet nocif ou de créer une nuisance ou une gêne) due à l'usage de l'automobile, et limite son objet aux effets de cette pollution sur la santé humaine. Ce travail est une actualisation du rapport [64] écrit en 1983 sous la direction du Professeur André Roussel qui dressait l'état des connaissances sur les conséquences biologiques et sanitaires des émissions des véhicules automobiles. Cette synthèse est aujourd'hui unique en France, par le panorama qu'elle dresse (un bilan de 15 ans de recherche internationale) et par le pluralisme des participants qui ont contribué à sa réalisation, deux caractéristiques qui renforcent son crédit.

# Erpurs, évaluation des risques de la pollution urbaine pour la santé (1994)

Pour décrire une évaluation du risque par quantification des impacts sanitaires, nous nous appuyons sur le projet Erpurs (évaluation des risques de la pollution urbaine pour la santé [60]) qui est remarquable car c'est en France la seule étude contrôlée avec un protocole élaboré dans le cadre du projet européen Aphea (Air Pollution on Health: a European Approach).

Erpurs est un projet collaboratif qui associe le réseau Airparif, l'École nationale de santé publique, la faculté de pharmacie de Paris V, le laboratoire d'hygiène de la ville de Paris, l'observatoire régional de santé d'Île-de-France et le Réseau national de santé publique, ainsi qu'un réseau pluridisciplinaire d'une cinquantaine de partenaires dans les domaines de la métrologie, de l'épidémiologie et de la médecine. Ce projet a vu le jour en décembre 1990 avec pour objectif, d'une part, de caractériser les liens à court terme entre la pollution atmosphérique

urbaine *de fond* et la santé de la population francilienne et, d'autre part, d'évaluer la pertinence de la mise en place, en Île-de-France, d'un système de surveillance épidémiologique, couplé au système de surveillance de la pollution atmosphérique.

Une étude épidémiologique de type «écologique temporelle » portant sur la période 1987-1992 a été réalisée : il s'agissait d'étudier les liens entre les variations journalières des niveaux de pollution et celles des indicateurs de santé, sur l'ensemble de la période d'étude, qu'il y ait eu ou pas des « pics » ou épisodes de pollution.

On notera que l'étude Erpurs ne porte pas spécifiquement sur les impacts sanitaires d'origine automobile, mais sur ceux liés à la pollution atmosphérique dans son ensemble (sachant que certains indicateurs de pollution [comme les particules] sont majoritairement imputables à la circulation routière).

Évaluation monétaire des effets à court terme de la pollution atmosphérique sur la santé. Application à l'Île-de-France (GREQAM, octobre 1996)

Pour ce qui est de la partie économique, nous nous sommes très largement inspirés de [72] qui présente clairement les étapes de ce mode d'évaluation, mettant en lumière les hypothèses et conventions retenues (ce qui permet d'en envisager d'autres), plaçant ses résultats en perspective (autres études, étrangères ou nationales), etc.

Notons qu'une habitude de langage désigne souvent par « pollution d'origine automobile » la pollution en fait émise par tous les véhicules routiers, utilitaires inclus. Nous avons donc parfois également utilisé cette expression dans ce sens général. Toutefois, l'évaluation économique de [72] ne porte pas spécifiquement sur les impacts sanitaires d'origine automobile. Mais nous verrons que l'indicateur de pollution à l'origine des coûts les plus élevés est constitué des particules en suspension et autres poussières, majoritairement imputables à la circulation routière.

# Des émissions aux impacts sanitaires : des chaînes causales complexes et une surveillance insuffisante

Comme le note [66, p. 165-166], partant de l'estimation de la contribution des transports et des relations connues entre exposition et manifestations sanitaires, il est possible pour certains polluants et certains effets d'évaluer le risque attribuable à la circulation routière. Cet exercice de «caractérisation du risque», reposant sur quelques hypothèses simplificatrices et des extrapolations, est la méthode aujourd'hui communément reconnue pour évaluer quantitativement les conséquences de la pollution atmosphérique d'origine automobile en terme de santé publique.

Rappelons que, selon la définition de l'OMS, bonne santé ne signifie pas seulement absence de maladie, mais « état complet de bien-être physique, mental et social ».

# Polluants et indicateurs de pollution : deux notions à distinguer

Nous suivons [67] dans sa présentation succincte des phénomènes de pollution atmosphérique, sujet d'étude en pleine évolution, qui présente de multiples paradoxes et un certain nombre de pièges. On trouve ici illustrée, dans ce cas particulier, la question des indicateurs d'environnement discutée dans le chapitre « Des enjeux environnementaux d'appréciation souvent délicate ».

La première difficulté qui se pose est celle de la caractérisation de la pollution atmosphérique. Une usine ou un véhicule en fonctionnement rejette dans l'atmosphère plusieurs centaines de composés chimiques. Parmi ceux-ci, plusieurs dizaines peuvent être toxiques pour la santé humaine, pour les végétaux ou pour la conservation de certains biens (le noircissement des bâtiments dans les agglomérations est un exemple de dégradation des biens causée par la pollution). Ces composés chimiques, une fois dans l'atmosphère, sont susceptibles de réagir pour donner naissance à de nouvelles espèces, elles-mêmes plus ou moins toxiques. Il n'est évidemment pas possible de mesurer en permanence l'intégralité de ces composés ; la mesure de certains d'entre eux nécessite d'ailleurs des moyens extrêmement lourds et onéreux. Un choix est alors effectué et seules quelques espèces (de l'ordre de la dizaine) sont suivies.

Ces espèces sont appelées des indicateurs de la pollution atmosphérique; le choix des indicateurs est une étape particulièrement critique qui doit être réalisée avec le plus grand soin et sur laquelle il convient de s'interroger régulièrement. Il est capital de garder en mémoire que les indicateurs de pollution ne sont que des témoins de la pollution de l'air et qu'ils ne résument pas à eux seuls l'ensemble des polluants. L'oubli de ce phénomène est à l'origine de nombreuses erreurs d'interprétation.

Comme il est souligné dans [66, p. 164-165], en raison de la multiplicité des polluants respirés dans l'air, les quelques composés qui apparaissent «responsables» d'une incidence accrue de troubles respiratoires doivent plutôt être considérés comme des indicateurs de la qualité de l'air, parfois aussi comme des marqueurs d'une source de pollution complexe.

Par exemple, la question se pose de savoir ce que représente l'indicateur « dioxyde d'azote » en atmosphère urbaine. Bien que les études toxicologiques et expérimentales montrent la nocivité à forte concentration de ce polluant oxydant, les résultats des études épidémiologiques ne sont pas aussi probants. De même, les indicateurs ozone, dioxyde de soufre et sulfates particulaires doivent vraisemblablement être considérés comme représentant une classe de polluants (oxydants ou

acido-particulaires, respectivement), même s'ils peuvent aussi avoir un impact propre. Les interactions parfois observées entre les effets des différents polluants dans certaines études expérimentales (dioxyde de soufre/dioxyde d'azote, dioxyde de soufre/particules ou dioxyde d'azote/ozone...) pourraient expliquer que les associations entre les symptômes respiratoires et ces indicateurs de pollution, appréciés dans les études épidémiologiques, puissent varier quantitativement d'une étude à l'autre dans les conditions de la vie courante.

### Les «cocktails» de polluants

Le tissu industriel de la région de Rouen est différent de celui des environs de Lyon. Il en résulte que les «cocktails» de polluants émis par ces deux zones industrielles sont distincts et comportent des espèces dont la toxicité n'est pas comparable. Dans les deux cas, l'indicateur principal retenu pour suivre l'évolution de la pollution atmosphérique est le dioxyde de soufre, mais un niveau équivalent de dioxyde de soufre dans ces deux villes rend compte de situations de pollution différentes. Il ne sera donc pas possible d'extrapoler à Lyon les résultats d'une étude épidémiologique sur l'effet sanitaire des niveaux de dioxyde de soufre effectuée à Rouen et vice versa.

# L'ozone inhalé en altitude ne représente pas le même cocktail que l'ozone d'origine routière

On peut observer au sommet du mont Blanc en été des niveaux d'ozone élevés, comparables à ceux atteints à Paris les jours de pointes de pollution. Néanmoins, à Paris, l'ozone est l'indicateur de la transformation photochimique d'un grand nombre de polluants émis par la circulation routière et de forts niveaux d'ozone sont toujours accompagnés de forts niveaux d'un certain nombre d'autres polluants, tandis qu'au sommet du mont Blanc l'ozone est généralement le seul polluant présent. Un même niveau d'ozone aura donc des effets sanitaires plus marqués à Paris qu'en haute montagne. Ceci explique pourquoi les résultats des études épidémiologiques sur les effets de l'ozone dans les grandes agglomérations mettent en évidence davantage de conséquences pour la santé que les études sur la toxicité propre de l'ozone : dans un cas, on mesure la réaction d'une population à un cocktail de polluants dont l'ozone est l'indicateur, et dans l'autre, on mesure la réaction d'un groupe de personnes exposé expérimentalement à de l'air pur auquel est rajouté exclusivement de l'ozone.

En ce qui concerne le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), la même distinction est à faire selon qu'il provient de sources intérieures (chauffage au fuel, cuisinière à gaz, etc.) ou extérieures (combustions automobiles, industrielles, thermiques) [66, p. 80-87].

### Une confusion entre polluants et indicateurs de pollution peut conduire à des décisions inadaptées aux enjeux

À confondre polluants et indicateurs de pollution, on risque de porter l'effort sur un polluant seulement parce qu'il est aussi un indicateur : on pourra alors observer une diminution de ce polluant, sans que diminuent les autres substances auxquelles il est associé dans le « cocktail» dont il est l'indicateur : si le plomb était considéré comme un indicateur, on en déduirait aujourd'hui que « la pollution atmosphérique » s'atténue...

Pour les particules en suspension, l'indicateur est généralement l'indicateur dit PM<sub>10</sub>, particulate matter 10, qui mesure la fraction des particules de moins de 10 µm. Or cet indicateur est global alors que les particules ont des diamètres, des compositions et donc des impacts sanitaires très variés. Comme les autorités médicales déclarent aujourd'hui que l'effet sanitaire des particules en suspension a été sous-estimé, une révision à la baisse des seuils de protection du public a été proposée. Pour réfléchir à d'éventuelles mesures visant à réduire les particules en suspension, il convient de ne pas oublier qu'elles sont un indicateur de pollution, c'est-à-dire qu'une part des effets sanitaires observés peut provenir d'autres polluants primaires non mesurés émis en même temps, et que la variable particules en suspension est une donnée composite faisant la somme massique de particules de nature différente dont la toxicité est a priori variable... Ainsi, toute action qui diminuerait les concentrations en particules de diamètre important verrait décroître l'indicateur, mais pourrait manquer la cible des fines particules, alors qu'un « consensus se dégage pour considérer que l'essentiel des effets associés aux particules est le fait des particules les plus fines (< 2 à 3 µm de diamètre aérodynamique) », d'après [66, p. 58].

### Les principaux indicateurs de la pollution

Les indicateurs de pollution les plus fréquemment retenus actuellement sont le dioxyde de soufre, les poussières ou les particules en suspension, l'ozone et le dioxyde d'azote. Ils ont des significations et des propriétés fondamentalement différentes.

#### **Polluants primaires**

Le dioxyde de soufre et certaines particules en suspension sont des polluants primaires, c'est à dire qu'ils sont émis directement par les sources de pollution, qu'elles soient fixes (usine, chaufferie) ou mobiles (voitures).

Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) est généralement considéré comme l'indicateur de la pollution industrielle encore que, dans des grandes agglomérations comme l'agglomération parisienne, les sources mobiles contribuent de manière significative à la pollution soufrée.

Les véhicules, et en particulier ceux fonctionnant au gazole, peuvent aujourd'hui être considérés comme la source la plus préoccupante d'émissions de *particules en suspension* en agglomération.

On utilise le terme de *poussières*, de *particules en suspension* (PS) ou de *fumées noires* (FN) selon le dispositif de mesure adopté. En effet, d'après [66, p. 58], les particules en suspension constituent un ensemble hétérogène dont la qualité, sur le plan physique, chimique et/ou

biologique est variable selon les sources d'émissions à l'échelle locale ou à plus longue distance, selon la saison (en raison des phénomènes de chimie atmosphérique), ainsi que selon les méthodes de mesure employées (fumées noires, méthodes gravimétriques ou radiométriques, PM10, PM2,5, sulfates particulaires...). Les particules en suspension d'un diamètre inférieur à 13  $\mu$ m (notées PS13) sont mesurées par radiométrie bêta : on étudie la quantité de particules déposées sur un filtre par absorption de rayons bêta. L'indice de fumées noires (FN) consiste à observer le coefficient de réflexion du dépôt produit par les particules collectées sur un filtre (réflectométrie). Les fumées noires ont une taille inférieure à 4 ou 5  $\mu$ m.

Les pointes de polluants primaires s'observent quand les capacités de dispersion de l'atmosphère sont les plus faibles, c'est-à-dire avec une atmosphère très stable et un vent quasiment nul, conditions fréquentes lors des grands anticyclones hivernaux. Pour les polluants primaires, les niveaux observés au voisinage des sources sont très supérieurs aux niveaux moyens de l'agglomération; ainsi les niveaux mesurés au milieu du trafic urbain sont fréquemment trois fois supérieurs aux niveaux moyens, voire encore plus dans les tunnels.

#### **Polluants secondaires**

L'ozone (O3) est un polluant secondaire : il n'est pas émis directement par les sources de pollution, mais résulte de transformations chimiques des polluants primaires. Ces réactions de transformation étant liées à la température et au rayonnement, les pointes d'ozone se produisent le plus fréquemment l'été avec un beau temps et un vent faible. La formation des polluants secondaires pouvant nécessiter un certain temps durant lequel les masses d'air se déplacent, les pointes de polluants secondaires concernent souvent des territoires plus étendus que les pointes de polluants primaires.

D'après [66, p. 15], les teneurs de fond en ozone dans les basses couches de l'atmosphère (troposphère) d'Europe de l'Ouest croissent régulièrement sur le long terme (+1,5 % par an depuis 20 ans). L'ozone se distingue des principaux autres polluants associés aux transports en ce qu'il se distribue sur de larges échelles géographiques, à l'échelon régional voire, suite à des périodes d'ensoleillement prolongé, sur de vastes espaces à travers l'Europe.

Il faut noter que l'ozone n'est sans doute pas le meilleur indicateur de la pollution photochimique, car il a la particularité d'être détruit très rapidement par le monoxyde d'azote (NO) émis par les véhicules. C'est pourquoi les niveaux d'ozone en centre ville et au voisinage des grands axes de circulation sont plus faibles qu'en grande banlieue ou que dans les zones avec un faible trafic. Ces «faibles » niveaux sont malheureusement trompeurs car les autres polluants photochimiques dont l'ozone est l'indicateur ne sont pas détruits par le monoxyde d'azote et restent bien présents... Une réflexion pour définir un autre indicateur de la pollution photochimique devrait certainement être conduite.

Dans l'agglomération parisienne, la pollution photochimique résulte de manière quasiment exclusive des véhicules. Ce n'est pas le cas partout en France : dans la zone de Fos-Berre par exemple, les émissions industrielles contribuent pour beaucoup aux niveaux d'ozone observés.

#### **Polluants mixtes**

Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), quant à lui, est un polluant mixte : il est émis directement par certaines sources (mobiles ou fixes), mais peut également provenir de la transformation d'autres polluants primaires (le monoxyde d'azote) par réaction photochimique. Les pointes de polluants mixtes peuvent se produire aussi bien l'hiver que l'été. Des niveaux plus élevés sont observés près des sources, mais ce phénomène est moins marqué que pour les polluants primaires. Dans les grandes agglomérations, le dioxyde d'azote est surtout un indicateur de la pollution d'origine routière, mais certaines activités industrielles en rejettent également des quantités importantes, et la part respective des deux sources d'émission doit être étudiée au cas par cas à proximité d'une forte zone de production.

Certaines particules en suspension peuvent également être des polluants secondaires, notamment en été par des processus de conversion de gaz en particules.

# Des liens complexes entre les émissions et les concentrations

Comme le souligne [66, p. 19], les émissions sont reliées de manière imparfaite aux expositions des personnes, c'est à dire aux risques pour la santé. Ces derniers sont déterminés par les concentrations des polluants dans l'air inspiré et par les volumes inhalés.

Un grand nombre de facteurs physico-chimiques (conditions météorologiques, hauteur d'émission, présence d'autres polluants...) conditionnent en effet, à partir des sources d'émissions (industrielles, résidentielles ou automobiles...), les teneurs ambiantes des différents polluants, qu'ils soient directement émis (polluants primaires) ou qu'ils résultent de réactions chimiques plus ou moins différées (polluants secondaires). Ces valeurs de *concentration ambiante* (parfois appelée *immission*) sont mesurées au moyen des capteurs de surveillance de la qualité de l'air.

Même pour les polluants primaires, il n'y a pas de relation directe entre la quantité de polluants émis par les sources et les niveaux de pollution observés. Entre ces deux éléments, la météorologie pilote la dispersion des produits dans l'atmosphère : la vitesse du vent, l'intensité de l'inversion thermique et l'épaisseur de la couche de mélange constituent trois paramètres clefs pour la pollution atmosphérique par les polluants primaires. La situation est plus compliquée pour les polluants secondaires, car entre l'émission et l'observation s'intercalent non seulement la dispersion, mais également des transformations chimiques (plu-

sieurs centaines de réactions). Il faut donc ajouter aux paramètres précédents la température et l'intensité du rayonnement, mais ce ne sont pas forcément les seuls. Même à émissions de polluants identiques, les conditions météorologiques évoluent sensiblement d'une année sur l'autre et les niveaux de polluants observés dans l'atmosphère également. Ceci est particulièrement vrai si les données de pollution atmosphérique recherchées ne sont pas les niveaux moyens, mais le nombre et l'intensité des pointes de pollution. Il serait utile de pouvoir disposer d'un indice de la qualité dispersive de l'atmosphère (ou de la transformation photochimique) qui permettrait de comparer des niveaux de pollution en mettant de côté les particularités météorologiques.

Les villes sont des puits d'ozone en raison des émissions de monoxyde d'azote qui la consomment pour donner des oxydes d'azote (NOx), qui contribueront eux-mêmes à la formation d'ozone. C'est ainsi que les franges urbaines sont plus touchées que les lieux d'émission : l'ozone émise à New York peut affecter des zones situées à quelques centaines de kilomètres ; on ne sait pas encore à quelle distance de Paris la concentration en ozone baisse significativement ; compte tenu des transformations chimiques, des oscillations éventuellement amplifiées de concentrations en ozone se produisent à des échelles régionales, voire continentales. L'ozone a une durée de vie de l'ordre du mois, mais son contrôle est difficile car il provient de différentes sources.

Le SO<sub>2</sub> crée des sulfates qui voyagent aussi (jusqu'à 1 500 km), de sorte que la seule mesure des émissions directes de SO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub> est insuffisante.

### Généralités sur les études sur la nocivité des polluants

Nous suivons ici [66, p. 51-52, p. 164-165] et une contribution de William Dab.

Les connaissances acquises sur la nocivité des polluants proviennent de différents types d'approches. Principalement il s'agit de physico-chimie, de toxicologie expérimentale (toxicité aiguë, subaiguë ou chronique, études *in vitro* ou *in vivo*, sur l'animal ou sur l'homme) et d'épidémiologie.

### Toxicologie expérimentale

Les études expérimentales peuvent concerner l'homme ou l'animal. Chez l'homme, on expose des volontaires sains à différents niveaux de pollution, en laboratoire. Ces études se heurtent à des impératifs éthiques, d'où l'intérêt des études chez l'animal; l'affirmation de la causalité y est plus facile, mais se pose la question délicate de l'extrapolation des résultats à l'homme. On peut encore faire des études *in vitro* sur des cellules ou des tissus; elles servent à approcher la compréhension des mécanismes physiopathologiques.

Si la toxicologie permet une étude fine des modes d'action des polluants, elle ne reproduit jamais les conditions réelles :

- elle étudie en général l'effet d'un polluant seul (ou au mieux de quelques associations simples) ;

 les relations dose (ou concentration) / effet (ou réponse) qui en sont issues sont rarement transposables directement pour la population humaine générale en situations réelles (en particulier tenant compte de la variabilité biologique et des expositions multiples).

### Épidémiologie

Les études épidémiologiques chez l'homme comparent la fréquence des maladies dans des zones très ou peu polluées, ou comparent des jours très ou peu pollués (comme l'a fait le programme Erpurs en Île-de-France [60]). L'avantage de l'épidémiologie est qu'elle étudie l'homme dans ses conditions de vie réelles. Son inconvénient principal est, qu'étant une science d'observation, le jugement de causalité requiert une certaine prudence.

Les études épidémiologiques permettent d'observer les effets des polluants dans les conditions réelles d'exposition de la population générale, comprenant donc les enfants, les personnes âgées, les malades, etc. De ce fait, les résultats présentent une pertinence forte du point de vue de la santé publique. Les périodes d'observation sont généralement bien plus longues qu'en exposition humaine contrôlée, et les populations exposées sont plus importantes en nombre, ce qui confère à ces études une plus grande puissance pour estimer les risques faibles.

Cependant la multiplicité des expositions rend leur analyse et leur interprétation délicates. On trouve dans [56] une description des limites propres à l'épidémiologie environnementale : erreurs de mesure, mesure de l'exposition, mesure de l'effet pathologique, facteurs de confusion... La connaissance de l'exposition des personnes ou des groupes ne peut être qu'approchée. De plus, la complexité de la pollution atmosphérique, notamment de la pollution chimique d'origine routière, rend théoriquement impossible l'attribution par l'épidémiologie seule de tel ou tel effet à l'un ou l'autre de ses composants. Les facteurs de confusion à prendre en compte, particulièrement pour les effets à long terme, sont nombreux.

La toxicité chronique due aux faibles doses est plus difficile à objectiver que la toxicité aiguë liée à des doses importantes de polluants (qui pose moins question), et ce pour plusieurs raisons : l'intensité des effets est faible ; la caractérisation de l'exposition est délicate quand celle-ci est constituée d'un mélange complexe de polluants à faible teneur et que la qualité de l'air est en constante évolution ; les effets apparaissent après un délai de latence parfois très long pour des maladies comme le cancer ; les maladies provoquées sont d'origines multiples avec une intrication de facteurs endogènes et exogènes ; elles ne sont pas spécifiques d'un polluant (au niveau individuel, le médecin ne peut pas identifier la pollution atmosphérique comme une cause de bronchite). L'affirmation

d'une relation de causalité prête donc souvent à discussion, voire à spéculation.

### C'est la confrontation des approches qui permet d'apprécier le risque sanitaire

C'est la confrontation des connaissances issues de ces différents types d'approche qui permet d'estimer le risque sanitaire attribuable à la pollution atmosphérique, l'épidémiologie permettant de valider et de quantifier chez l'homme les hypothèses soulevées par la toxicologie, et la toxicologie apportant la plausibilité biologique nécessaire à l'interprétation d'observations épidémiologiques.

C'est par la conjugaison des travaux expérimentaux, sur matériel cellulaire, sur l'animal ou chez l'homme, et d'investigations épidémiologiques, en milieu professionnel ou en population générale, que le savoir sur l'impact biologique et sanitaire de ces polluants a pu progresser. En effet, alors que l'approche épidémiologique est irremplaçable pour analyser la nocivité de l'air pollué dans les circonstances et aux concentrations de la vie courante, notamment pour des sujets les plus vulnérables (enfants, personnes âgées, malades), cette discipline ne permet pas d'affirmer des relations de cause à effet entre niveaux de pollution et état de santé. Ce sont les connaissances toxicologiques acquises en laboratoire (y compris sur des volontaires humains) qui confèrent alors une «plausibilité biologique» aux associations mises en évidence par l'épidémiologie, et apportent les arguments de la démonstration.

Plusieurs exemples témoignent de la pertinence de cette conjugaison des approches scientifiques.

Ainsi, le constat que le nombre d'hospitalisations pour cause cardiaque varie parallèlement à la teneur environnementale en CO est en cohérence avec la physiopathologie hypoxiante de ce gaz, démontrée expérimentalement.

De même, les particules fines, qui pénètrent profondément dans les poumons, se trouvent associées aux admissions hospitalières pour causes respiratoires, au développement de manifestations irritatives chez l'enfant et à l'usage de broncho-dilatateurs par les asthmatiques, ou encore à la mortalité générale, respiratoire et cardio-vasculaire. La physiopathologie de l'agression particulaire n'est pas très bien connue, mais la saturation des mécanismes de défense joue sans doute un rôle important, les effets s'observant avec une uniformité surprenante dans des contextes d'émission variés, c'est-à-dire avec des natures particulaires différentes. Un effet possible de sensibilisation chez l'asthmatique est également suggéré par les études sur l'immunité chez diverses espèces animales.

Enfin, les études épidémiologiques sur l'ozone sont convaincantes, en particulier du fait que ce polluant varie de manière relativement indépendante des autres, dans le temps et dans l'espace. À court terme, il est associé à des manifestations inflammatoires de la muqueuse respiratoire, à une baisse de la fonction respiratoire, observations tout à fait conformes aux acquis des connaissances expérimentales sur ses puissantes propriétés oxydantes.

# Impacts à court terme avérés de la pollution de l'air sur la santé

En France, les études sur les liens entre pollution et santé sont récentes. L'étude [60] occupe une place particulière par son rôle de déclencheur dans la prise de conscience publique des questions de santé liées à la pollution atmosphérique en ville, et par la détermination de relations dose-réponse permettant des évaluations monétaires.

Les effets dits «aigus» concernent ceux intervenant lors d'une augmentation du niveau de pollution, ou dans les quelques jours la suivant ; il s'agit d'affections survenant dans un laps de temps très court après l'exposition.

Dès lors que l'on dispose d'informations sur l'exposition de la population, on peut mettre en évidence des impacts sanitaires attribuables à des états de l'atmosphère caractérisés par certains indicateurs de pollution. C'est ainsi que les particules fines et l'ozone (majoritairement), suivis du dioxyde de soufre, sont à l'origine :

- d'atteintes respiratoires aiguës (mesurées par l'intermédiaire de consultations hospitalières ou ambulatoires, par de l'absentéisme en milieu scolaire ou professionnel, etc.), comme des crises d'asthme chez des sujets asthmatiques;
- d'atteintes cardio-vasculaires.

Ces affirmations reposent sur des études suffisamment nombreuses, issues de territoires variés, convergentes dans leurs ordres de grandeur.

### Impacts sur la santé : des faits

S'étant efforcé d'être une fidèle expression de l'état actuel des connaissances, le rapport [66] comporte de nombreuses zones d'ombre, mais il est catégorique sur l'existence d'impacts sur la santé.

Il est ainsi affirmé dans [66, p. 163] que, grâce « aux progrès de l'épidémiologie et à l'avancée remarquable des connaissances toxicologiques depuis une quinzaine d'années, on sait à présent avec certitude que santé et pollution atmosphérique urbaine sont liées, aujourd'hui, dans nos grandes cités, même à des niveaux de concentrations relativement modestes respectant les "normes" actuelles de la qualité de l'air. »

L'incertitude ne doit pas masquer les faits et freiner la décision, comme il est souligné dans [66, p. 169-170]. « Malgré ces lacunes, les faits sont aujourd'hui suffisamment établis pour justifier un renforcement considérable des efforts de chacun visant à réduire la menace que constitue pour les habitants des grandes cités, et tout spécialement pour les personnes les plus fragiles, la pollution atmosphérique d'origine automobile. Il ne s'agit certes pas du principal problème de santé publique aujourd'hui en France. Mais il est bien identifié, son

impact est loin d'être négligeable, ses causes sont bien cernées, ses solutions, enfin, de natures très diverses, sont bien documentées et, pour certaines, déjà mises en œuvre par les différents acteurs concernés, ici ou au delà de nos frontières. »

Nous reproduisons ici le tableau XXI de [66, p. 144]. Ce tableau prend en compte des informations issues d'études expérimentales, d'études épidémiologiques en milieu professionnel ou général, ou d'études relatives à l'exposition. Il ne s'agit pas d'une mesure de l'importance du problème en terme de santé publique mais d'un jugement d'experts porté sur l'existence et la fiabilité des données nécessaires à l'évaluation de l'impact de la pollution d'origine automobile.

Qualité de l'information disponible pour l'évaluation du risque à court terme, pour la santé de l'homme, des polluants atmosphériques d'origine automobile dans l'environnement général

Polluant-indicateur	Particules	$SO_2$	NO <sub>2</sub>	03	Aldéhydes	co
	E2	E2	E2	E1	Е?	E1
	A1	A1	A1	A?	A1	A1
Mortalité générale	++	++	?	?	?	?
Mortalité respiratoire	++	++	?	?	?	?
Mortalité par asthme	+	+	?	?	?	?
Mortalité cardio-vasculaire	++	++	?	?	?	+
Fonction respiratoire	++	++	++	++	?	0
Voies aériennes supérieures	+	++	+	+	+	0
Voies aériennes inférieures	++	++	++	++	+	0
Crises d'asthme	+	++	+	+	+	0
Affections cardio-vasculaires	++	?	?	?	?	++
Troubles neuro-comportementaux	?	?	?	?	?	++
Troubles ophtalmologiques	?	?	?	+	+	0

SFSP, 1996

Exposition de la population	E? E1 E2	inconnue connue ponctuellement peut être estimée
Part de la source automobile dans l'exposition	A?	inconnue
-	<b>A1</b>	peut être estimée
Qualité de l'information sur les effets sanitaires	0	absence d'effet
	?	pas d'effet établi

effet connu	mais non	quantifié
effet con	nnu et qua	antifié

. ++

#### Mortalité

Comme noté dans [66, p. 166-168], des variations de la *mortalité respiratoire et cardio-vasculaire* ont été observées à de nombreuses reprises en liaison avec les fluctuations de la pollution acido-particulaire, avec une insistance sur le rôle des particules fines, régulièrement mises en cause pour de faibles teneurs.

Les auteurs soulignent que cet effet sur la mortalité n'est pourtant pas forcément le plus pertinent du point de vue de la santé publique car il concerne une population vulnérable, dont l'espérance de vie ne serait que modestement raccourcie. Cependant, outre la question éthique soulevée ici, il est des cas où le décès a été vraisemblablement fortement précipité.

Ainsi en est-il des décès «prématurés» correspondant à des pathologies qui frappent une population aux caractéristiques différentes de celles touchées par les effets aigus (notamment en ce qui concerne leur âge). En effet, une personne décédant d'une crise d'asthme, d'un cancer du poumon ou d'une crise cardiaque causés ou exacerbés par une exposition prolongée à la pollution possédait, avant ce décès prématuré, une espérance de vie de beaucoup supérieure à celle d'une personne fragilisée décédant lors d'un épisode de pollution élevée.

#### Morbidité

Comme souligné dans [66, p. 168], les particules fines sont régulièrement mises en cause pour de faibles teneurs dans la survenue de troubles respiratoires, d'épisodes asthmatiques, dans la modification de divers indicateurs d'activité sanitaire (consultations, urgences hospitalières...). Ainsi, il est avancé dans [66, p. 167] une estimation de l'ordre de 5 à 6 000 hospitalisations annuelles pour épisodes aigus respiratoires (soit de l'ordre de 2 % des hospitalisations pour affections respiratoires) en liaison avec la pollution particulaire d'origine automobile dans les grandes cités françaises. Ces conséquences sanitaires sont sources de gênes et de souffrances.

On note aussi dans [66, p. 167] que certains micro-environnements fortement pollués par la proximité du trafic sont vraisemblablement à l'origine d'une *aggravation* de leur état chez les personnes souffrant d'*angine de poitrine* (sans que l'on dispose encore aujourd'hui en France d'informations suffisantes sur l'exposition pour quantifier cet impact).

De nombreuses observations épidémiologiques sur l'ozone, indicateur de pollution photo-oxydante, établissent des liens avec la morbidité respiratoire inflammatoire et la sensibilisation des asthmatiques. Ce point est affirmé dans [66, p. 168] qui ajoute que la nocivité de l'ozone est avérée et que le fait que ses variations spatio-temporelles soient relativement indépendantes des autres polluants confère un caractère très convaincant aux observations épidémiologiques le concernant.

# Estimation du risque sanitaire : l'exemple d'Erpurs

L'ampleur des risques pour la population justifie une meilleure évaluation des risques liés aux faibles niveaux de pollution, car un risque faible pour chaque individu devient préoccupant, au plan collectif, si la population exposée est importante. Le choix d'un risque acceptable ne relève plus ensuite d'un travail purement scientifique, mais d'une décision politique de santé publique.

Pour décrire une évaluation du risque par quantification des impacts sanitaires, nous nous appuyons sur le projet Erpurs (évaluation des risques de la pollution urbaine pour la santé [60]), présenté plus haut.

### Choix des indicateurs de pollution

Les indicateurs de la pollution ont été sélectionnés selon deux critères : faire l'objet de relevés journaliers ou horaires par les stations de mesure du réseau Airparif, et présenter un caractère nocif sur la santé mis en évidence par des études antérieures. Les auteurs de l'étude Erpurs ont, de plus, privilégié les stations de mesure de fond à celles dites de proximité, dans la mesure où ces dernières sont trop influencées par la pollution locale (rappelons que le projet Erpurs avait pour objet la pollution de fond).

### Seuls cinq polluants sont actuellement réglementés dans l'air ambiant

Comme le note [66, p. 25], seuls cinq polluants sont actuellement réglementés dans l'air ambiant : le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), les particules en suspension (PS), le plomb (Pb), l'ozone (O<sub>3</sub>). Leur choix a résulté de leur caractère nocif, de leur prévalence dans l'air ambiant, et du fait qu'ils ont longtemps été jugés comme de bons indicateurs de la pollution atmosphérique générale. Ce sont également les principaux polluants émis par les sources fixes ou mobiles de pollution, à l'exception de l'ozone dont les rejets directs sont faibles, mais qui découle de la transformation dans l'air des NOx et COV (composés organiques volatils).

Ces indicateurs sont apparus progressivement insuffisants pour caractériser pleinement de nouvelles formes de pollutions liées par exemple au trafic automobile ou à d'autres rejets (ainsi les COV ne sont pas réglementés dans l'air ambiant). De plus, diverses études toxicologiques et épidémiologiques mettent en évidence des effets toujours perceptibles de la pollution de l'air sur la santé humaine.

Les polluants mesurés dans le cadre du projet Erpurs ne sont qu'un reflet partiel de la complexité de la pollution atmosphérique urbaine et doivent être considérés plutôt comme des indicateurs, des traçeurs de la pollution atmosphérique urbaine. Leur sélection a tenu compte des valeurs de référence de l'Union européenne dans les directives de qualité de l'air et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour l'établissement des valeurs-guides.

### Les valeurs de référence sont le fruit d'un arbitrage

Les valeurs actuellement recommandées par l'OMS pour la protection de la santé humaine sont présentées au tableau n° VI de [66, p. 27]. Les normes actuellement applicables en France sont présentées au tableau n° VII de [66, p. 28].

Ces valeurs de référence sont l'expression, à un moment donné, d'un arbitrage entre des préoccupations sanitaires et environnementales (fondées sur les résultats des travaux scientifiques publiés jusqu'alors) d'un côté, et des contraintes réalistes économiques et technologiques d'autre part. Il devient de plus en plus évident que, s'agissant des principaux polluants atmosphériques, on ne peut plus parler en terme de sécurité absolue; le respect des normes de qualité de l'air est un objectif de gestion pour les pouvoirs publics et les acteurs économiques.

Cela ne signifie pas, pour autant, que tous les individus seront protégés : on trouvera toujours des sujets particulièrement fragiles qui souffriront de la nocivité des polluants présents, même à de faibles concentrations [66, p. 29]. Comme le note [4, p. 156], les valeurs limites de certains polluants atmosphériques sont proches de la gamme de concentrations pour lesquelles les individus les plus sensibles peuvent manifester des effets sanitaires (enfants, personnes âgées, asthmatiques...).

C'est ainsi que plusieurs des valeurs recommandées par l'OMS en 1987 seront sensiblement réduites dans le rapport en cours de préparation par la SFSP pour tenir compte de l'évolution des connaissances scientifiques sur la nocivité des polluants atmosphériques.

### Les cinq indicateurs de pollution retenus par Erpurs

Ces indicateurs de pollution sont l'indice de fumées noires (FN), le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), l'ozone (O<sub>3</sub>) et les particules en suspension d'un diamètre inférieur à 13 µm (PS<sub>13</sub>). Leurs teneurs ont été relevées chaque jour sur 15 stations de fond de mesure de l'indice de fumées noires, 4 stations de fond de mesure de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> du réseau Airparif.

- Les fumées noires, d'un diamètre aérodynamique inférieur à environ 4 à 5 μm, sont mesurées sur 15 sites répartis sur les quatre départements concernés (valeurs moyennes des teneurs journalières).
- Le dioxyde de soufre est mesuré sur 4 sites (un dans chaque département, valeurs moyennes des teneurs journalières et valeurs moyennes des teneurs maximales horaires).
- Le dioxyde d'azote est mesuré sur 4 sites (un dans chaque département, valeurs moyennes des teneurs journalières et valeurs moyennes des teneurs maximales horaires).
- L'ozone est mesuré sur 4 sites (un dans chaque département, valeurs moyennes des teneurs sur 8 h et valeurs moyennes des teneurs maximales horaires).

 $\,$  – L'indicateur  $PS_{13}$  est à considérer avec précaution du fait d'un nombre important de données manquantes

#### **Indicateurs** sanitaires

En ce qui concerne les données sanitaires, des choix ont dû être effectués afin de retenir les indicateurs les plus pertinents compte tenu de la disponibilité des données sur la période étudiée. Là encore, il ne s'agit que d'indicateurs traduisant les conséquences plausibles de la pollution sur l'état de santé de la population :

- les données de mortalité (source INSERM) classées d'après la classification internationale des maladies, 9<sup>e</sup> révision (CIM-9), qui représentent la totalité des 47 000 décès par an de la zone d'étude;
- les hospitalisations de court séjour dans les 27 hôpitaux de l'Assistance publique-hôpitaux de Paris (source APHP), par code CIM-9, soit environ 800 000 séjours par an représentant environ 50 % des hospitalisations de court séjour en Île-de-France;
- les urgences pédiatriques à l'hôpital Trousseau (source APHP) codées par classification interne propre, soit environ 6 600 visites par an;
- les visites médicales à domicile en urgence (source SOS-Médecins) codées par classification interne propre, soit environ 300 000 visites par an représentant 20 % des visites à domicile effectuées par des généralistes;
- l'absentéisme professionnel (source EDF-GDF), par classification interne propre, concernant environ 18 000 agents résidant dans la zone d'étude.

Les auteurs du rapport Erpurs se sont surtout intéressés à la mortalité non accidentelle, aux pathologies respiratoires et cardio-vasculaires, aux maux de tête et aux maladies oculaires.

# Méthode d'analyse statistique et construction de fonctions «dose-réponse»

Nous suivons ici [72, p. 26-29].

Pour dégager une relation d'intérêt entre pollution atmosphérique et santé, l'étude Erpurs s'appuie sur une analyse statistique élaborée dans le cadre du projet européen Aphea et approuvée lors du congrès d'épidémiologie environnementale de 1994. Le sérieux de cette étude, qui en justifie le choix, repose sur un traitement préalable rigoureux des différentes séries et sur la prise en compte d'un ensemble de facteurs de risque qui peuvent interférer avec les indicateurs de santé et de pollution atmosphérique. Ce dernier point mérite une attention toute particulière puisqu'il faut appréhender correctement la complexité de la relation entre la santé et la pollution.

La procédure retenue dans Erpurs le fut après que deux autres méthodologies eurent été essayées. Toutes deux ne s'avérant pas totalement adéquates, la méthode finalement choisie fut une analyse statistique répondant aux objectifs de construction de fonctions de risque relatif, définie en collaboration avec le spécialiste américain Joël Schwartz. Son déroulement complet se résume aux étapes suivantes, dont les deux premières sont effectuées dans l'étude Erpurs.

- 1) Estimer une fonction de dommage f, qui relie un dommage (dégradation d'un indicateur sanitaire) à une cause (ici, une augmentation du niveau de pollution atmosphérique) : réponse = f (indicateurs de pollution, autres variables).
- 2) Calculer à partir de cette fonction le coefficient reliant le dommage à divers niveaux de pollution, au travers de régressions statistiques. On dispose d'un coefficient, généralement appelé *risque relatif* (noté RR), pour chaque couple indicateur sanitaire-indicateur de pollution retenu : il mesure l'intensité du lien entre l'exposition à un facteur de risque et une variable sanitaire.
- 3) Calculer la part des dommages attribuables à différents niveaux de pollution : il s'agit du *risque attribuable* (noté RA). Il mesure la proportion de cas dans une population pouvant être attribuée au facteur de risque.

L'estimation de la fonction de dommage (ou fonction dose-réponse) comprend plusieurs étapes. Statistiquement, il s'agit d'étudier une relation à court terme entre deux séries temporelles, une série de niveaux journaliers d'un indicateur de pollution atmosphérique et une série d'indicateurs sanitaires (nombre de décès, etc.).

Tout d'abord, les indicateurs sanitaires sont corrigés de divers effets, les séries de données sont « filtrées » des phénomènes temporels pour lesquels il est raisonnable de penser qu'un effet de confusion est important. Ainsi, les variables suivantes peuvent constituer des facteurs de confusion faussant l'analyse :

- les variations temporelles «à long terme» telles que la tendance (introduction d'un terme linéaire ou quadratique), les variations annuelles, saisonnières (filtrées par des fonctions sinusoïdales ou des variables saisonnières) et hebdomadaires (variables binaires) :
- les variations liées aux grèves hospitalières et aux périodes de vacances;
- les épidémies de grippe et les périodes de pollinisation ainsi que les effets à court terme de la météorologie (température, humidité).

Ensuite, comme nous nous trouvons dans le cas de l'étude d'un grand nombre d'individus, dont la probabilité individuelle de décéder ou d'être hospitalisé un jour donné est faible, les comptes journaliers d'un indicateur sanitaire sont modélisés par un processus dit de Poisson. Ce processus est non stationnaire; son paramètre, qui mesure la valeur moyenne Y<sub>t</sub> de l'indicateur sanitaire au jour t, dépend d'un vecteur X<sub>t</sub> de variables explicatives comprenant l'indicateur de pollution dont on souhaite tester l'influence (au même jour t, voire aussi quelques jours avant pour tenir compte d'effets différés).

Il existe généralement un délai entre l'observation d'un épisode de forte pollution (qui est immédiate puisque les mesures se font pratiquement en continu) et celle d'une modification d'un indicateur sanitaire (qui peut demander deux ou trois jours compte tenu du délai d'apparition des symptômes, et de la prise de décision d'une consultation ou d'une hospitalisation). Pour chaque indicateur de santé, la relation à court terme avec un indicateur de pollution a été étudiée avec un décalage dans le temps variant de 0 à 3 jours. Différentes hypothèses ont été testées concernant la durée de ce délai par la construction de plusieurs variables à partir de chaque indicateur de pollution : la valeur initiale de l'indicateur, la moyenne des valeurs du jour et de la veille, la moyenne des valeurs du jour et des deux jours précédents, et enfin celle du jour et des trois jours précédents.

Ainsi, différentes variables sont incorporées de façon successive dans des modèles linéaires ou non-linéaires pour déterminer  $X_t$  et une relation statistiquement satisfaisante entre ce vecteur et  $Y_t$ . On retient un modèle de la forme log  $Y_t = X_t$   $\beta$ , où  $\beta$  est un vecteur de paramètres (estimés statistiquement).

L'exponentielle du coefficient associé à un indicateur de pollution s'interprète comme le risque relatif RR, ou (par normalisation à l'unité) le pourcentage de modification du risque, (RR-1)\*100, ajusté des autres variables explicatives. L'étape suivante est le calcul, pour différents niveaux de pollution, des risques relatifs associés à chaque indicateur sanitaire.

#### Choix de la valeur de base

La valeur de base, retenue pour le calcul des risques pour la santé liés à différents niveaux de pollution, a été fixée au cinquième percentile de la distribution des valeurs journalières de chaque indicateur de pollution, c'est à dire au niveau de pollution non dépassé ou atteint au cours des 18 jours les «moins pollués» de l'année.

Pour chaque indicateur de pollution, et en fonction de la distribution statistique des valeurs journalières observées en Île-de-France, les risques pour la santé ont été calculés pour trois situations différentes : – niveau «moyen» de pollution, atteint ou dépassé 50 % des jours de l'année :

- niveau «élevé» de pollution, atteint ou dépassé les 18 jours de plus forte pollution, soit 5 % des jours de l'année;
- niveau «encore plus élevé» de pollution, observé de 5 à 8 jours par an selon les indicateurs et les années ; cette situation correspond à une augmentation de  $100~\mu g/m^3$  du niveau de base des teneurs moyennes sur 24~h (ou 8 h) de chaque indicateur de pollution.

### Des lacunes dans la surveillance sanitaire de la population en raison d'une anticipation insuffisante

Comme le relève [66, p. 169], beaucoup de points restent encore obscurs concernant les relations entre la pollution atmosphérique d'origine automobile et la santé : ces lacunes portent selon les cas sur l'estimation de l'exposition des individus, la mesure de la nocivité des effluents, la compréhension des mécanismes de l'agression ou la quantification de l'impact sanitaire.

Nous nous contenterons ici pour l'essentiel de citer *in extenso* de larges extraits de [66]. Si l'énumération de citations est fastidieuse, elle marque néanmoins l'impréparation aux impacts du développement de la circulation routière, souvent appelée ici « circulation automobile » en dépit du fait qu'elle concerne aussi les véhicules utilitaires pour une bonne part du problème [106].

### Des mises en garde non entendues

Ce développement programmé de la circulation routière n'a pas été accompagné de recherches adaptées consacrées à ses effets négatifs, malgré certains signaux d'alarme. Ainsi, le rapport [64] constatait un certain nombre de lacunes et présentait des recommandations. Dès 1983, il est notamment affirmé que « l'accroissement du parc automobile équipé en moteurs Diesel, principaux responsables de l'émission des fumées, n'est pas souhaitable jusqu'aux conclusions définitives des expérimentations en cours. »

Dans ce contexte, les lacunes actuelles dans les connaissances sanitaires ne peuvent être considérées comme des indices d'une innocuité de la pollution concernée.

# Des lacunes dans le dispositif d'estimation de l'exposition des individus

L'existence d'informations sur l'exposition de la population conditionne la possibilité d'établir des relations entre la pollution atmosphérique et un certain nombre d'indicateurs sanitaires.

[66, p. 169] «Ceci est dû en partie au fait que la surveillance par les réseaux de mesure permanente est encore insuffisante, malgré des progrès récents, en ce qui concerne la couverture géographique et les polluants à surveiller. Des équipements mobiles de surveillance devraient compléter les réseaux fixes pour des études particulières (garages, tunnels, proximité de grandes voiries, inter-cités). L'amélioration de la stratégie d'implantation des capteurs des réseaux, ainsi que des études spécifiques, devraient notamment permettre de mieux évaluer la part de la source automobile dans la pollution générale, et dans l'exposition des populations. L'effort devrait également porter sur le développement de modèles prédictifs des pointes de pollution, et de la distribution géographique des concentrations ambiantes. Les recherches sur la mesure ou l'évaluation de l'exposition de la population à la pollution d'origine automobile devraient aussi être promues. »

#### Des réseaux de mesure à améliorer

Comme l'architecture des réseaux n'est pas toujours conçue pour la surveillance d'une pollution liée spécifiquement à la circulation, on ne dispose généralement que de données mal adaptées à l'étude de son impact sur la qualité de l'air [66, p. 38]. D'après [66, p. 23], la structure des réseaux est relativement hétérogène, en particulier en matière de surveillance de la pollution routière. En effet, jusqu'au milieu des années quatre-vingt, l'activité métrologique des réseaux a été en priorité orientée vers la mesure du SO<sub>2</sub> et des particules en suspension, le plus souvent

en zone industrielle ou à proximité de centrales thermiques. Sous l'impulsion des pouvoirs publics et des collectivités territoriales et conformément à des directives européennes (plomb et NO<sub>2</sub>) plus tardives, des stations de mesure furent progressivement installées en centres urbains et en zones affectées par la pollution émise par le trafic. À Paris, dès le début des années soixante-dix, des stations de mesure du monoxyde de carbone CO ont été mises en place.

### Des sites de proximité en nombre insuffisant

[66, p. 159] «L'implantation des sites de mesure n'a pas toujours fait l'objet d'une réflexion approfondie, sauf en région parisienne où des stations axées sur la surveillance de sites plus ou moins influencés par le trafic automobile ont été mises en place. Le nombre de stations dites "de proximité" est ainsi insuffisant sur la plupart des agglomérations. »

[66, p. 154] «Bien que le CO soit surveillé par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air, d'une part le nombre de stations de mesure est relativement faible en France (35 sites sur l'ensemble du territoire) et d'autre part, principalement mesurés par des stations de proximité, les résultats sont très dépendants du site d'implantation de celles-ci. L'exposition moyenne au CO des citadins est donc aujourd'hui encore difficile à caractériser.»

### Des analyseurs en nombre insuffisant

[66, p. 159] «En ce qui concerne les polluants à surveiller, le nombre d'analyseurs automatiques de CO, NO<sub>x</sub>, particules fines en suspension (en caractérisant leur profil granulométrique) et d'hydrocarbures aromatiques (benzène et HAP notamment) sur les stations de proximité est insuffisant.»

# Des équipements mobiles de surveillance nécessaires mais en nombre insuffisant

[66, p. 160] «La surveillance par stations fixes, si elle apparaît indispensable, ne saurait être suffisante, ne serait-ce que parce que le nombre de stations ne peut couvrir l'ensemble des situations de proximité ou de fond. Des études ponctuelles de plus courte durée sont nécessaires pour apprécier des situations particulières (ouvrages souterrains, voiries en tranchées ou enterrées notamment), ou des plaintes de riverains. Ce type d'études n'est pas assez développé dans la plupart des grandes agglomérations ou au voisinage de grandes voiries distantes des agglomérations. »

### Des mesures sensibles à la localisation des capteurs

À travers l'exemple du CO, il est souligné dans [66, p. 31] en quoi, pour tous les polluants primaires, le choix du site d'implantation de la station peut influer considérablement sur les données recueillies : une station déplacée de quelques mètres dans une rue peut voir ses résultats de mesure multipliés ou divisés par un facteur deux selon sa position par rapport aux feux de circulation les plus proches, sa distance à la voie, la proximité du trafic montant ou descendant, sa localisation sur le trottoir au vent ou sous le vent de la rue, la présence d'un obstacle ou d'arbres, etc.

Nous avons déjà indiqué que, pour les polluants primaires, les niveaux observés au voisinage des sources sont très supérieurs aux niveaux moyens de l'agglomération : par exemple, les niveaux mesurés au milieu du trafic urbain sont fréquemment trois fois supérieurs aux niveaux moyens, voire encore plus dans les tunnels.

### Des mesures plus ou moins représentatives

Les capteurs de fond sont situés le plus loin possible des émetteurs de pollution; en contrepartie, ils mesurent ce à quoi les individus ne peuvent échapper. D'un autre côté, les niveaux quasi systématiquement plus élevés observés sur les stations situées en proximité de voies routières (à l'exception de l'ozone) montrent que l'exposition à la pollution de l'air est significativement plus prononcée au voisinage des axes de circulation que dans l'atmosphère générale [66, p. 38].

La métrologie de l'ozone est très liée à la situation du capteur. En outre, pour un polluant secondaire, il est difficile d'identifier la source. Toutefois, grâce aux méthodes utilisées pour évaluer les pollutions transfrontalières, on commence à mieux connaître la contribution du mode routier.

Si l'on compare les concentrations mesurées à celles fournies par les capteurs du réseau de surveillance Airparif, il est observé dans [66, p. 46-47] que les sites de fond sous-estiment largement l'exposition des usagers, d'autant plus que ces derniers sont plus proches du flux automobile et que les sites de proximité sont assez représentatifs, en général, de l'exposition du piéton, mais moins des usagers des transports. Comme l'ont montré des travaux américains, les capteurs fixes de proximité sous-estiment l'exposition réelle des populations sur 1 h, mais évaluent plus correctement l'exposition sur 8 h.

D'après [66, p. 46], l'automobiliste est le plus exposé, devant le cycliste, le piéton, l'usager de bus ou de métro, et, en moyenne, l'enfant en situation basse sur le trottoir est exposé plus (30 %) que l'adulte.

### Part de la pollution automobile dans l'exposition

Dès 1983, le rapport [64] affirme que parmi « les responsables de la pollution atmosphérique, la circulation automobile, c'est-à-dire le moteur thermique, est incontestablement un élément important. » Sur l'appréciation des responsabilités respectives des foyers fixes et des foyers mobiles dans la pollution des villes, il estime encore que cette « querelle est en réalité dépourvue d'intérêt », ajoutant qu'il « n'est pas sérieusement contestable que la responsabilité des foyers mobiles et parmi eux de l'automobile, est grande. »

[66, p. 166] «Malgré les efforts considérables des industries automobile et pétrolière pour réduire les émissions unitaires de chaque véhicule – efforts couronnés de succès importants – la croissance continuelle du trafic, avec un lent renouvellement du parc, absorbe tout (pour les particules) ou partie (pour les composés organiques volatils, par exemple) de ces gains technologiques. Si l'air n'est sans doute pas, en masse, plus pollué qu'il y a vingt ans, il l'est différemment tant du point de vue des polluants que des caractéristiques de l'exposition.»

### Une part croissante d'estimation parfois délicate

[66, p. 165] «Dans le cas des études se basant sur la pollution urbaine générale, issue de diverses sources, il faut considérer l'importance de la contribution automobile. Les progrès de la prévention des émissions ou de leur dépollution dans l'industrie et, parallèlement, la forte augmentation du trafic en agglomération ont eu pour conséquence une part croissante de l'origine automobile dans les émissions urbaines de polluants, et encore plus dans l'exposition de la population des villes, en raison de la proximité de la source et de phénomènes de dispersion horizontale et verticale des polluants. Cette part de la source automobile dans l'exposition de la population ne peut pas encore être estimée précisément pour un grand nombre de polluants, en raison des limites actuelles des techniques de mesure, de la surveillance de la pollution urbaine et des connaissances sur le budget espace-temps des citadins.»

### Une part majoritaire pour certains polluants

[66, p. 165] «Bien qu'elle varie d'un site à l'autre, selon l'importance du trafic et des autres sources, la part de la source automobile dans l'exposition de la population est aujourd'hui majoritaire pour le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote, les hydrocarbures mono-aromatiques, les particules fines et le plomb atmosphérique, et minoritaire pour le dioxyde de soufre. Elle est difficile à apprécier pour les polluants secondaires tels que l'ozone, l'aérosol acide et les aldéhydes. »

[66, p. 166] «Deux améliorations sensibles sont à souligner. La baisse notable des teneurs atmosphériques pour le plomb est à consolider, car il n'y a pas de seuil reconnu pour les effets du plomb sur le développement psychomoteur de l'enfant. Le monoxyde de carbone est lui aussi en baisse, tendance qui devrait, selon toute logique, s'accentuer en raison de l'extension du parc de véhicules à essence catalysés. Cependant l'aggravation du risque cardiaque existe même pour de faibles teneurs, et localement, notamment en des lieux confinés ou mal ventilés (parkings, tunnels), on peut observer des teneurs encore excessives.»

### Une exposition spécifique

Le mélange complexe issu des sources automobiles a pour caractéristique d'être souvent émis à proximité immédiate des voies respiratoires de la population générale.

[66, p. 166] «Pour apprécier l'exposition des citadins, il faut également considérer des espaces dans lesquels, si les séjours sont habituellement d'une durée relativement brève, les concentrations des polluants émis directement par les véhicules peuvent être considérables. L'habitacle des voitures ralenties par des embouteillages, les parkings en sous-sol ou les tunnels et leur immédiate proximité apparaissent comme des lieux de haute concentration des polluants.»

[66, p. 19] «D'autres facteurs interviennent aussi pour caractériser l'exposition : le degré de ventilation respiratoire des personnes (influencé par l'âge, le sexe, l'activité physique), le temps passé dans différents milieux au cours de la vie courante : air extérieur dans lequel les séjours sont habituellement brefs par rapport aux milieux intérieurs, espaces clos plus ou moins bien ventilés, tabagisme actif et passif... À cet égard, la pollution atmosphérique d'origine automobile influence dans une certaine mesure la qualité de l'air dans les espaces clos proches des voiries, les teneurs intérieures (en l'absence de sources propres) étant le reflet des valeurs en façade, avec une inertie dépendant du taux de renouvellement de l'air intérieur (écrêtage des valeurs). D'autres facteurs déterminent également l'importance de la réaction des systèmes biologiques à cette exposition (susceptibilité individuelle, état de l'appareil respiratoire...). C'est l'ensemble de ces paramètres qu'il faut considérer pour apprécier les risques liés aux émissions des véhicules automobiles. Or les polluants issus des transports automobiles présentent pour caractéristique d'être émis à proximité immédiate des individus, notamment des personnes les plus fragiles.»

### De rares données d'exposition nationales

- [66, p. 167] «Certains micro-environnements fortement pollués par la proximité du trafic sont vraisemblablement à l'origine d'une aggravation de leur état chez les personnes souffrant d'angine de poitrine, sans que l'on dispose encore aujourd'hui en France d'informations suffisantes sur l'exposition pour quantifier cet impact. D'autres effets à long terme, connus par la toxicologie animale et l'observation de populations professionnellement fortement exposées, n'ont pas été mis en évidence de façon indubitable sur la population générale, là encore en raison d'une mauvaise connaissance de l'exposition des groupes et des individus. Par exemple, la part prise par la pollution d'origine automobile dans l'incidence des cancers en population générale n'est pas connue alors que le benzène est classé "cancérogène certain pour l'homme", plusieurs autres polluants "cancérogènes probables pour l'homme" (1,3 butadiène, formaldéhyde, benz [a] anthracène, benzo [a] pyrène et dibenz [a, h] anthracène), tandis que l'effluent diesel dans son ensemble est considéré comme "cancérogène probable pour l'homme" et l'effluent essence "cancérogène possible pour l'homme" par le Centre International de Recherche sur le Cancer. Des estimations sur l'impact des émissions automobiles sur la fréquence des cancers sont publiées dans des pays proches du nôtre, disposant de données d'exposition plus nombreuses.»
- [66, p. 45] «Des études ont porté sur le mesurage direct de l'exposition des citadins aux polluants automobiles en fonction de leur mode de déplacement quotidiens en zone (sub) urbaine, qu'il s'agisse de l'automobile, des transports en commun (bus, métro, rail) ou de déplacement en bicyclette ou à pied. La plupart de ces études, étrangères, ont été réalisées aux USA, néanmoins, quelques unes sont françaises (LHV Paris, INRETS) et récentes.»
- [66, p. 113] «Aucune étude publiée à ce jour ne porte sur l'exposition de la population [au formaldéhyde, probablement cancérogène pour l'homme] par le biais de l'automobile.»
- [66, p. 154] «Si l'augmentation de la prévalence de la maladie asthmatique ne peut [...] actuellement être expliquée par la pollution

atmosphérique, il est au contraire clairement démontré aujourd'hui que les polluants constituent des facteurs de risque de déclenchement de crises chez les sujets asthmatiques connus. [...] En l'absence de données sanitaires précises sur l'ensemble du territoire national, il n'est pas possible aujourd'hui de procéder à une évaluation du risque de déclenchement des crises d'asthme pour la pollution atmosphérique.»

- [66, p. 154] «Si les niveaux de concentrations du monoxyde de carbone dans certains micro-environnements sont relativement bien connus, en l'absence de données concernant le budget espace-temps de la population générale urbaine dans ces micro-environnements, l'estimation de l'exposition globale de la population au CO est difficile.»
- [66, p. 155] «La connaissance de la distribution des expositions de la population urbaine française est encore insuffisante pour pouvoir caractériser le risque [de cancer dû au benzène] de manière valable.»

### De rares études épidémiologiques nationales

D'après [66, p. 169], la surveillance épidémiologique – notamment à partir des statistiques de mortalité, des systèmes d'information des urgences hospitalières et ambulatoires, de l'activité en médecine de ville ou de consommation de médicaments – est grandement insuffisante, ce qui rend difficile l'appréciation quantitative des pathologies susceptibles d'être liées à la pollution atmosphérique d'origine routière.

- [66, p. 167] «D'une façon générale, pour les effets à long terme (cancers, mais aussi révélation d'un terrain potentiellement allergique ou troubles chroniques de la fonction respiratoire), la mesure ou l'estimation d'une exposition cumulée est pour l'instant nettement insuffisante, rendant l'épidémiologie impuissante à quantifier d'éventuels effets. L'expérimenta tion animale est également plus difficile à conduire pour ces effets différés, et ses enseignements sont souvent délicats à extrapoler à l'espèce humaine. »
- [66, p. 117] «La connaissance des effets sur la santé humaine de l'exposition à l'acétaldéhyde [probablement cancérogène pour l'homme] est actuellement limitée du fait de l'absence d'études épidémiologiques ; seules des extrapolations des résultats d'études animales essayent de l'appréhender.»
- [66, p. 135] «Sur les dix dernières années, sept auteurs seulement à notre connaissance ont tenté d'étudier les effets sur la santé de la pollution d'origine automobile en tant que source de pollution responsable de l'émission d'un mélange de polluants. Les effets étudiés sont pour cinq d'entre eux axés sur la sphère respiratoire et pour deux autres études sur les leucémies ou cancers. De par leur disparité, tant au niveau des effets étudiés que des protocoles proposés, il est difficile de réaliser une synthèse de ces études.»
- [66, p. 144-145] «Les connaissances nécessaires à l'évaluation de l'impact de la pollution atmosphérique d'origine automobile sont encore fort lacunaires. À court terme, l'impact de l'exposition de la population urbaine aux particules en suspension et du SO<sub>2</sub> sur la mortalité,

principalement respiratoire et cardio-vasculaire, et sur les manifestations inflammatoires des voies respiratoires peut être estimé avec une incertitude acceptable. À long terme, les informations nécessaires sont encore plus rares. En l'état actuel des connaissances en France, seul l'impact de la pollution acido-particulaire sur la fonction et l'état des voies respiratoires, l'impact du benzène à hautes concentrations sur le risque de leucémie, et celui du plomb inhalé sur le développement psychomoteur de l'enfant peuvent être raisonnablement caractérisés.»

[66, p. 117] «La connaissance des effets sur la santé humaine de l'exposition à l'acétaldéhyde est actuellement limitée du fait de l'absence d'études épidémiologiques ; seules des extrapolations des résultats d'études animales essayent de l'appréhender.»

### Des lacunes dans la compréhension des mécanismes de l'agression

[66, p. 169-170] «D'une manière plus générale, la recherche dans le domaine des relations entre l'environnement et la santé doit être renforcée en France. C'est le cas de l'approche toxicologique expérimentale qui devrait concerner en particulier les particules d'origine automobile et les mélanges de polluants. Enfin l'épidémiologie orientée sur les groupes vulnérables, les effets à long terme, le coût médico-social de la pollution atmosphérique automobile, constitue aussi un champ disciplinaire indispensable pour éclairer l'action des pouvoirs publics et des acteurs économiques. Les priorités à cet égard portent sur l'impact à long terme de l'exposition aux particules fines et à l'ozone, notamment chez les enfants, avec un accent particulier sur le cancer et le développement de la maladie asthmatique. L'ensemble de ces recherches permettrait de développer l'utilisation de la méthodologie d'évaluation des risques appliquée au domaine de la pollution automobile.»

[66, p. 59] «Au cours des 5 à 10 dernières années, des progrès considérables ont été faits en matière de connaissance des effets à court et long terme des particules fines, au moyen d'études épidémiologiques empruntant divers protocoles (études transversales, longitudinales ou écologiques temporelles). Le cas des particules en suspension est ainsi singulier dans le champ des connaissances sur l'impact des nuisances environnementales. En effet, alors que les travaux épidémiologiques sont légion et impressionnants par la cohérence de leurs résultats, les données expérimentales chez l'homme ou l'animal sont rares ou d'interprétation délicate du fait du caractère très composite des particules, qui se prête mal à l'expérimentation.»

### La pratique des évaluations de coûts des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique

À l'examen des évaluations de coûts des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique, on s'aperçoit que la plupart suivent un cheminement commun que nous allons tenter de suivre et d'illustrer.

### Des évaluations reposant sur les impacts avérés de la pollution de l'air d'origine automobile sur la santé

Malgré les lacunes relevées plus haut, il est aujourd'hui avéré que la pollution de l'air d'origine automobile provoque un certain nombre d'affections. Ce sont sur celles-ci que reposent généralement les évaluations de coûts.

Le rapport de mai 1996 de la Société française de santé publique, La pollution atmosphérique d'origine automobile et la santé publique [66] dresse un bilan de 15 ans de recherche internationale. On y trouve référencées les principales études – dont quatre études étrangères qui sont des références incontournables dans ce domaine [58], [59], [65], [62] – sur lesquelles se fondent la plupart des évaluations économiques existantes.

## Généralités sur les méthodes employées dans les études économiques

Nous suivons ici [72] dans son analyse des variations de bien-être engendrées par des impacts sur l'environnement, ou par des choix en matière de politique de santé publique ou environnementale.

### Ce que révèlent et ne révèlent pas les dépenses de santé

L'idée centrale sur laquelle s'appuient les méthodes d'évaluation économique est le fait que l'on puisse interpréter l'arbitrage observé ou révélé entre les revenus et la santé comme une mesure des consentements à payer pour une amélioration de la santé. Ainsi, à travers le choix que font les agents dans la répartition de leur consommation entre dépenses pour la santé et dépenses pour les autres biens, se révèleraient les valeurs qu'ils attribuent à la santé.

Toutefois, cette perspective est soumise à plusieurs restrictions [72, p. 43].

- Selon les pays, une partie plus ou moins importante des dépenses individuelles de santé est reportée sur le reste de la société. Les choix de consommation individuels ne reflètent donc pas cette partie du coût.
- La nature altruiste de certains individus peut faire qu'il existe des préférences pour la santé d'autrui non révélées par les choix de consommation individuels.
- Les individus peuvent avoir des préférences pour la santé qui ne sont pas exprimables à travers leur consommation. Par exemple, le fait qu'un asthmatique utilise très fréquemment l'aspirateur pour éviter de vivre dans un environnement poussiéreux représente un effort et une perte de temps qui ne sont pas révélés sur un marché.

Ainsi, la mesure des consentements à payer pour une amélioration de la santé par l'analyse des comportements de consommation ne met pas à jour l'ensemble des préférences pour la santé. Elle peut aussi être soumise à des biais par l'existence de mécanismes de mutualisation des risques. En effet, ces mécanismes de répartition des coûts de la santé de l'individu vers la société dans son ensemble perturbent les mécanismes de marché pur sur lesquels se fonde ce type d'analyse.

### Le bien-être en matière de santé ne peut pas toujours s'évaluer par le biais d'un marché

Le caractère non marchand de certaines composantes du bien-être en matière de santé et d'environnement complexifie l'analyse. La dégradation de l'environnement, ici la qualité de l'air, peut affecter le bien-être des individus par des biais divers [36]:

- augmentation des dépenses médicales associées aux affections chroniques ou aiguës (augmentation de crises d'asthme, de bronchites chroniques...);
- pertes de revenu occasionnées par des arrêts maladie ;
- augmentation des dépenses de protection contre les effets de la pollution (achat de purificateur d'air...);
- diminution de bien-être induite par la maladie ou l'impossibilité de poursuivre des activités récréatives;
- diminution de l'espérance de vie ;
- dégradation de la santé d'autrui (enfants, famille, enfants à naître, voisinage, etc.).

À cela s'ajoute évidemment l'ensemble des bénéfices d'une amélioration de la qualité de l'environnement qui ne transite pas par la santé, comme, par exemple, la satisfaction de vivre dans un environnement plus sain, ou encore la valeur de legs pour les générations futures d'un patrimoine naturel préservé.

L'augmentation des dépenses médicales, les pertes de revenus liées à l'inactivité et l'augmentation des dépenses de protection possèdent une contrepartie monétaire facilement identifiable, et c'est pourquoi, en pratique, c'est sur ces types de coûts que reposent les évaluations. Afin d'avoir une mesure la plus complète possible de ces bénéfices ou de ces coûts, les économistes ont développé plusieurs méthodes d'évaluation.

### Des modes d'évaluation économique théoriquement ouverts, mais limités en pratique

La pratique des évaluations économiques en matière de santé fait ressortir deux principaux types d'approche.

Dans la première, on trouve les méthodes qui estiment la valeur attribuée à une modification des indicateurs de pollution. On questionne directement les individus sur leur consentement à payer pour une modification donnée (hypothétique) de leur état de santé ou de leur environnement. On peut aussi les interroger sur la façon dont leur comportement changerait si la modification était mise en œuvre, ou sur la façon dont ils classent certaines situations alternatives (combinaisons différentes de revenus, santé et autres biens).

Dans la seconde, on trouve les méthodes qui mesurent la valeur attribuée à la modification d'indicateurs sanitaires ou environnementaux après une variation des indicateurs de pollution. Elles reposent alors sur des relations statistiques entre la variation d'indicateurs de pollution et la variation d'indicateurs sanitaires (déterminées par ailleurs et en dehors du champ de l'évaluation économique). Elles sont suivies de méthodes fondées sur l'analyse de la demande, des fonctions de coût, des prix de marché, des choix et comportements observés, des pertes de revenus, etc.

De fait, on observe que la plupart des études économiques existantes font appel à la seconde approche. En ce cas, l'évaluation économique se situe à l'extrémité d'une chaîne :

- choix des polluants et suivi dans l'environnement (air...);
- passage des émissions à l'exposition des populations (éventuellement à l'aide de modèles);
- établissement de relations dose-réponse (généralement relations à court terme les mieux connues);
- estimation de coûts (de différents types, sous diverses hypothèses et conventions).

# Une étude exemplaire du Greqam sur l'évaluation économique de la pollution atmosphérique en Île-de-France

L'étude [72] repose sur les évaluations sanitaires de l'étude Erpurs. Nous en reprenons de larges extraits.

### Trois indicateurs sanitaires : décès, hospitalisations et visites à domicile

Si les données de mortalité sont exhaustives, ce n'est pas le cas de celles concernant les hospitalisations (l'APHP effectue 50 % des hospitalisations de court séjour en Île-de-France) et les visites à domicile (SOS-Médecins représente 20 % des consultations à domicile de généralistes). De ce fait, la généralisation à l'ensemble de la population (effectuée lors du calcul du coût total) est soumise à caution dans la mesure où les valeurs retenues pour les divers coûts, les durées d'hospitalisation, le nombre et la fréquence de chaque indicateur, peuvent ne pas représenter correctement celles de l'ensemble de la population.

#### Niveaux de pollution de référence

Avant toute chose, il convient de définir ce que l'on entend par pollution, tout étant question de niveau puisqu'une pollution nulle n'existe pas dans les agglomérations.

Se conformant aux critères retenus par l'étude [60], les jours de pollution pour chaque polluant sont définis comme les 95 % les plus pollués de l'année (parmi ces derniers, 5 % sont considérés comme traduisant un niveau élevé). Le niveau de référence dit de faible pollution correspond donc au niveau des 5 % de jours les moins pollués.

Le choix du niveau de pollution de référence détermine nombre de calculs, et il est donc de fait une convention importante sur laquelle les acteurs doivent s'accorder. Ainsi, prendre un niveau de référence correspondant au niveau des 5 % de jours les moins pollués, ce n'est pas prendre les niveaux recommandés par l'OMS. Un niveau de référence est un niveau de faible pollution relative, et il reste toujours des impacts sanitaires à ce niveau.

### Risques attribuables

À partir des risques relatifs (RR) estimés par l'étude Erpurs, on détermine le nombre d'occurrences attribuables à chaque indicateur de pollution atmosphérique. La fraction de risque attribuable (RA) s'exprime à partir de l'expression du risque relatif, et représente la proportion de cas qui serait évitée si l'exposition à la pollution était supprimée, dès lors bien sûr que la relation est causale.

Mathématiquement, la fraction de risque attribuable s'exprime dans le cas général comme RA = e (RR-1) / [1+e (RR-1)], où e représente la fréquence d'exposition au facteur considéré. Pour calculer RA, il est donc nécessaire de connaître la fréquence d'exposition dans la population et le risque relatif. Du fait que la mesure est une mesure de pollution de fond, on peut admettre que la fréquence d'exposition de la population de l'Île-de-France à la pollution atmosphérique extérieure est partout la même à une date donnée, c'est-à-dire que e≡1 dans l'expression ci-dessus. Ainsi, la formulation générale de RA se simplifie en RA= (RR-1) /RR, qui est appelé fraction étiologique du risque attribuable (FER) par définition, puisque 100 % des individus sont considérés comme étant exposés

#### Relations impacts-coûts

Les calculs de coût sont effectués sur la base des fonctions « dose-réponse» significatives du rapport [60], après avoir attribué des valeurs monétaires aux différents états sanitaires.

L'analyse est menée dans un premier temps polluant par polluant, dans la mesure où les évènements climatiques font que les jours de forte pollution diffèrent selon les polluants. Les fonctions «dose-réponse» sont calculées pour chaque polluant par rapport à un niveau de référence dit de faible pollution (5 % des jours les moins pollués), et doivent donc être appliquées aux valeurs des indicateurs sanitaires correspondant à ces jours.

Seuls sont quantifiés les coûts correspondant à la mortalité, aux hospitalisations pour causes respiratoires et circulatoires, aux arrêts de travail (pertes par jours d'inactivité, coûts des journées de travail perdues), et aux visites à domicile associées à la pollution atmosphérique. Nous avons déjà discuté de la « valeur du mort » : l'étude [72] retient une valeur de 5,5 MF sur la base de consentements à payer. Les autres coûts sont mesurés par le biais de prix observés.

L'absence de données a contraint à ne pas prendre en compte les coûts associés aux journées avec douleur ou désagréments (toux, gêne respiratoire, etc.).

L'échantillon sur lequel se fonde l'enquête épidémiologique doit être assez large pour permettre l'utilisation de coûts moyens unitaires par variable sanitaire.

#### Évaluations monétaires

Le coût sanitaire associé aux seules dépenses de santé et prenant en compte la valeur économique de la vie humaine est compris, pour l'Île-de-France, entre 2,8 et 8,6 milliards de francs selon les indicateurs de pollution.

Nous reproduisons ici un tableau de [72, p. 65]. L'indicateur PS<sub>13</sub> est à considérer avec précaution du fait d'un nombre important de données manquantes. Les coûts ne peuvent être ajoutés indicateur par indicateur en raison d'effets conjoints. Le coût total est rendu sous forme de fourchette dont les bornes dépendent de l'indicateur de pollution. Pour un indicateur donné, la borne inférieure du coût total est la somme des bornes inférieures des coûts par catégorie ; il en est de même pour la borne supérieure, somme de bornes supérieures.

D'autres types d'évaluation sont possibles, comme celle consistant à estimer les gains sanitaires annuels associés à une réduction du niveau moyen annuel de pollution (tableau 17, [72, p. 68]). Par exemple, une baisse de 20 % du niveau annuel moyen de l'indicateur de fumées noires conduirait à un gain d'environ 1,35 milliard de francs.

En étendant l'analyse de [72] à l'échelle nationale – en sachant que la population urbaine française s'élève à 20 millions d'habitants, dont une partie évolue dans un environnement pas forcément moins pollué que celui de l'Île-de-France (Grenoble, Le Havre, Lille, Lyon, Marseille, Rouen, Strasbourg ou Toulon en sont des exemples) – il n'est pas déraisonnable de penser que le coût des affections aiguës dues à la pollution atmosphérique peut s'élever à 20 milliards de francs, et le coût total à environ 60 milliards de francs [72, p. 76]. Pour la France, le chiffre le plus couramment repris est de 50 milliards de francs.

Évaluation du coût sanitaire annuel attribuable à chaque indicateur de pollution atmosphérique en Île-de-France (en millions de trancs)

Indicateurs de pollution Variables sanitaires	•	PS13	SO <sub>2</sub>	NO2	03
Mortalité non accidentelle		<b>8.376,5</b> 3.674-12.980	<b>4.020,5</b> 2.277-5.764	<b>2.447,5</b> 611-4.323	3.767,5 390-7.276
Hospitalisation pour cause respiratoire	32,6 5,6-58,5		37,8 4,5-71,2		
Hospitalisation pour cause cardio-vasculaire	195,7 119,8-275,5	160,7 55,3-268,5	189,4 91,9-287,7	90 10,4-167,5	
Coût total des hospitalisations	228,3 125,4-334	160,7 55,3-268,5	227,2 96,4-358,9	90 10,4-167-5	

Consultations pour affection VRS	40,8		37,8	113,9	
pour affection viks	4,5-77,4		16,8-59,4		71-157,4
Consultations	12,6	19,2	13,9	39,8	31
pour affection VRI	5,1-20,3	3,2-35,7	5-23	13,7-65,9	1,5-59,5
Consultations pour asthme	3,1	4,2	2,8	6,8	2,8
	1,2-5,1	1,3-7,2	0,6-5,2	3,6-10,5	0-5,6
Consultation	7,3	8,9	3,5	8,8	
pour maux de tête	3,8-10,8	4,3-13,5	1,6-5,9	5,2-12,5	
Consultations					2,1
pour maux de tête					0,5-3,7
Coût total des consultations	63,4	32,3	58	167,3	35,9
de généralistes	14,6-113.6	9,8-56,4	24-93,5	93,5-246,3	2-68,8
Coût des arrêts	89,3	54,9	87,6	136,9	29,2
de travail liés aux indicateurs de morbidité	34,7-145	15,9-95	35,9-140,4	66,2-208,8	1,3-56,5
Coût total (106 FF)	6.563,6	8.624,3	4.393,4	2.843,3	3.832,7
	3.205-10.063	3.754-13.400	2.433-6.357	781-4.946	394-7.402

<sup>---</sup> relation non significative au seuil de 5 %.

Gregam, 1996

### Sensibilité des évaluations monétaires

Le résultat de l'évaluation du coût sanitaire associé aux seules dépenses de santé et prenant en compte la valeur économique de la vie humaine est particulièrement sensible aux hypothèses retenues.

#### Conventions sur la « valeur du mort »

Si l'on retenait la valeur pour la vie humaine préconisée par l'Union européenne (17 millions de francs), l'évaluation ferait plus que tripler [72, p. 93]. Or, on sait que les «valeurs du mort» varient d'un facteur 1 à 10 par exemple dans l'Union européenne [3], ce qui illustre le poids des conventions nationales.

Inversement, si on n'impute pas la totalité du coût de la vie statistique à la pollution atmosphérique, l'évaluation peut-être divisée par dix. Nous détaillons ce point.

Dans un développement ultérieur de leur étude [72] (séminaire Predit), les auteurs du Greqam ont approfondi la question du concept de décès prématuré.

Du fait de leur caractère non expérimental (et par contraste avec les études cliniques qui recherchent les effets de la pollution à partir de procédures médicales standardisées appliquées sur des populations exposées différemment, ou sur une même population lors de niveaux d'exposition à la pollution différents), les études épidémiologiques ne permettent pas de déterminer, lors de l'observation d'un décès associé à un niveau de pollution, quelle aurait été la date de décès en l'absence de ce facteur déclenchant. Il est vraisemblable que des niveaux de pollution élevés font sentir leurs effets d'abord sur une population fragilisée

(malades, personnes âgées, asthmatiques ou allergiques), et dont la probabilité de mortalité (ou de morbidité) est plus élevée que celle de la population en général (ce fait est d'ailleurs confirmé par la forme des courbes dose-réponse, puisque l'effet des indicateurs de pollution sur divers indicateurs sanitaires est généralement logarithmique ou linéaire).

D'un point de vue purement méthodologique, la valeur économique d'une vie statistique dépend de l'espérance de vie des individus considérés. L'imputation de la totalité de cette valeur à l'occurrence de décès revient à considérer que l'espérance de vie de l'individu avant son décès lié à la pollution est indépendante de sa cause de décès. Or s'il est possible d'admettre que dans le cas d'accidents (de la route par exemple) cette hypothèse est valide, en revanche, elle ne peut être maintenue dans le cas de la pollution pour deux raisons. Il existe, d'une part, un biais de sélection, qu'il serait nécessaire de pouvoir contrôler, dans la population de référence : à court terme la pollution touche plus spécifiquement les personnes déjà fragilisées par d'autres pathologies ou plus âgées. D'autre part, si nous considérons que la pollution est un facteur aggravant des pathologies et se trouve éventuellement à la source d'effets chroniques susceptibles de réduire l'espérance de vie, se pose un problème d'imputation totale ou partielle de la valeur économique.

De l'avis général, et en l'absence d'études précises, il est admis que la survie n'aurait pas dépassé un an pour cette population. Dans un rapport [32] concernant quatre pays européens, il est choisi une valeur de 15 mois de vie perdus pour un décès lié à des effets aigus (et trois ans pour un décès lié à une affection chronique); dans [Rabl: 95], on considère une médiane de quelques mois, inférieure à une moyenne située autour de douze mois (et 12,5 ans pour un décès lié à une affection chronique). L'imputation totale du coût de la vie statistique calculée à partir d'une durée de vie moyenne est donc discutable.

Aussi les auteurs du Greqam ont-ils choisi de présenter une variante du tableau p. 299 en utilisant des valorisations annuelles d'une vie statistique à partir de la valeur totale de 5,5 millions de francs. Une durée (arbitraire mais plausible) d'une année est utilisée pour une réduction de l'espérance de vie liée à des effets aigus, valorisée à 280 000 francs suivant [Geniaux : 97]. Pour la mortalité chronique, une durée de 10 ans est retenue, valorisée à 150 000 francs par an compte tenu du temps de latence (15 ans en moyenne) entre exposition et décès, et d'un taux d'actualisation fixé à 3 % par an (voir [Geniaux : 97]).

### Évaluation du coût sanitaire annuel attribuable à chaque indicateur de pollution atmosphérique en Île-de-France (en millions de francs)

Variables sanitaires\ Indicateurs de pollution	FN	PS <sub>13</sub>	so <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	03
Mortalité non accidentelle	<b>314,7</b> 154-482	<b>426,4</b> 187-660	<b>204,7</b> 116-293	<b>144,6</b> 31-220	<b>191,8</b> 20-370
Hospitalisation pour cause respiratoire	32,6 5,6-58,5		37,8 4,5-71,2		

Hospitalisation pour cause cardio- vasculaire	195,7 119,8-275,5	, -	189,4 91,9-287,7	90 10,4-167,5	
Coût total des hospitalisations	228,3 125,4-334	160,7 55,3-268,5	227,2 96,4-358,9	90 10,4-167,5	
Consultations pour affection VRS	40,8 4,5-77,4		37,8 16,8-59,4	113,9 71-157,4	
Consultations pour affection VRI	12,6	19,2	13,9	39,8	31
	5,1-20,3	3,2-35,7	5-23	13,7-65,9	1,5-59,5
Consultations pour asthme	3,1	4,2	2,8	6,8	2,8
	1,2-5,1	1,3-7,2	0,6-5,2	3,6-10,5	0-5,6
Consultations pour maux de tête	7,3 3,8-10,8	8,9 4,3-13,5	3,5 1,6-5,9	8,8 5,2-12,5	
Consultations pour maladies de l'oeil					$^{2,1}_{0,5-3,7}$
Coût total des consultations	63,4	32,3	58	167,3	35,9
de généralistes	14,6-113.6	9,8-56,4	24-93,5	93,5-246,3	2-68,8
Coût des arrêts de travail liés	89,3	54,9	87,6	136,9	29,2
aux indicateurs de morbidité	34,7-145	15,9-95	35,9-140,4	66,2-208,8	1,3-56,5
Coût total (106 F)	695,7	674,3	577,5	518,8	256,9
	325-1.074	268-1.080	272-886	201-843	23-495

--- : relation non significative au seuil de 5%.

VRS : Voies Respiratoires Supérieures; VRI : Voies Respiratoires Inférieures.

Greqam, 1996

L'indicateur PS<sub>13</sub> est à considérer avec précaution du fait d'un nombre important de données manquantes.

Avec ce type d'évaluation économique de la vie humaine, on trouve des coûts situés entre 250 et près de 700 millions de francs, soit de l'ordre du dixième de l'estimation précédente.

### Prise en compte des effets de long terme

Si on attribue à la mortalité chronique la même sensibilité à la pollution que celle trouvée par [58], l'évaluation initiale ferait plus que tripler [72, p. 75]. La prise en compte des effets sanitaires aigus et chroniques rend l'évaluation économique plus robuste envers des variations de la «valeur du mort» qu'elle ne l'est pour les seuls effets aigus.

### Prise en compte d'autres coûts

La prise en compte des pertes liées aux arrêts de travail, ainsi que le coût des maladies chroniques associées à la pollution contribuerait aussi de façon significative à l'augmentation du coût total.

### Comparaisons avec d'autres évaluations économiques

On trouve dans [72, p. 63] le rappel de quelques évaluations internationales du coût sanitaire de la pollution atmosphérique.

### Étude de la Commission européenne

Pour permettre une comparaison avec leurs travaux, les auteurs du Greqam reprennent les résultats d'une étude de la Commission européenne [32], mais avec une valeur de la vie humaine de 5,5 millions

de francs (au lieu des 2,6 millions d'écus préconisés par la Commission, soit environ 17 millions de francs), tout en conservant les choix communautaires pour les variables de morbidité.

En Allemagne, le coût de la pollution par dioxyde de soufre, comprenant les décès et la morbidité chronique associée, est évalué à 29 milliards de francs.

Pour l'Italie, le coût total de la pollution (mortalité et morbidité aiguës et chroniques) est évalué à 403 milliards de francs, alors qu'il l'est à 181 milliards pour les Pays-Bas. La Commission européenne émet toutefois certaines réserves puisqu'elle considère ces deux résultats comme particulièrement élevés, et conseille qu'une plus grande attention soit portée, entre autres, aux niveaux de pollution choisis comme référence.

Pour le Royaume-Uni, le coût total de la pollution atmosphérique sur la santé est évalué à 208 milliards de francs.

### Étude britannique (T. Crowards et D. Pearce)

Dans un numéro spécial d'*Energy Policy* consacré aux coûts de la pollution de l'air, T. Crowards et D. Pearce étudient les coûts de morbidité et de mortalité (à court terme) attribuables aux émissions de particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM<sub>10</sub>) d'origine anthropique (soit environ 70 % d'entre elles) [15].

Avec une valeur pour la vie humaine d'environ 12 millions de francs, tenant compte du fait que les personnes prématurément décédées sont en général plutôt âgées, les coûts se situent autour de 17 milliards de livres, soit environ 130 milliards de francs.

Plus précisément, les coûts de mortalité sont estimés entre 5,02 et 10,52 milliards de livres (estimation moyenne de 7,77 milliards de livres) et les coûts de morbidité entre 3,14 et 10,55 milliards de livres (estimation moyenne de 6,27 milliards de livres) : les coûts totaux sont donc évalués entre 10,34 et 25,65 milliards de livres.

Une allocation des coûts de mortalité est effectuée : elle révèle que les transports en seraient responsables à hauteur de 3,92 milliards de livres, soit environ 30 milliards de francs.

#### Étude du Beta

L'étude [75], établie sur les données sanitaires de l'étude Erpurs, fait une évaluation en Île-de-France. Elle diffère de l'étude [72] par des calculs plus agrégés et par une valeur de la vie statistique fondée sur la méthode du capital humain et évaluée à 1,2 millions de francs. Ce dernier chiffre est justifié par le fait que la pollution atmosphérique est *a priori* plus dangereuse pour les individus de plus de soixante ans.

Elle aboutit à un coût de 3 milliards de francs pour l'Île de France, dont environ 80 % liés à la mortalité et donc au choix de la « valeur du mort ».

### Étude de l'institut universitaire de santé publique de Grenoble

L'étude [74], qui ne repose pas sur l'étude Erpurs, est menée sur les villes de Lyon et Grenoble principalement. Elle ne chiffre pas la mortalité, mais seulement la morbidité ambulatoire et ses coûts : automédication et achat de médicaments sans recours à une ordonnance ; consultations médicales, prescriptions secondaires et arrêts de travail ; consultations et hospitalisations en urgence pour des symptômes et maladies respiratoires et ORL aigus. Elle estime le coût médico-social annuel (mortalité exclue) attribuable à l'indicateur particulaire entre 13 et 76 millions de francs pour la ville de Grenoble, et entre 27 et 128 millions de francs pour la ville de Lyon.

### Étude pour le département fédéral des transports helvétique

L'étude d'Ecoplan [73] a été effectuée sur mandat du service d'étude des transports du département fédéral des transports, des communications et de l'énergi helvétique. Elle évalue les coûts des répercussion sur la santé, à la fois les « pertes de production » (capacité de travail, invalidité, décès), les frais de traitement médicaux, mais aussi les « coûts immatériels » (souffrance physique et psychique, choc, peur, angoisse, perte de joie de vivre) évalués par le biais des prestations en dommages-intérêts accordées par les tribunaux en cas de décès ou de perte de l'intégrité corporelle.

Seuls sont pris en compte les coûts attribuables aux émissions de particules de diamètre inférieur à  $10~\mu m~(PM_{10})$  et imputables aux transports. Il est souligné que les effets globaux de la pollution atmosphérique sont sous-estimés pour différentes raisons :

- effets indirects de la pollution négligés ;
- maladies chroniques évaluées sous le seul angle de l'accroissement de leur fréquence ;
- minoration des effets sur les enfants ;
- effets moyen et long terme négligés pour certains indicateurs sanitaires ;
- pas d'évaluation des effets d'autres polluants (ozone...).

Comme le font remarquer les auteurs [73, p. 15 du résumé] : « Les premières estimations des préjudices causés à la santé par la pollution de l'air imputable aux transports en Suisse tablaient sur des coûts de moyenne importance. Les résultats obtenus ici obligent à les corriger. » En effet, les coûts globaux sont évalués à 1,632 milliard de francs suisses, soit environ 7 milliards de francs.

La majeure partie est représentée par les « pertes de production » (71,3 %), en raison de l'importance monétaire des décès, suivie des « coûts immatériels » (27,4 %). On rappelle que ces coûts reposent sur des évaluations monétaires prudentes et qu'ils constituent une limite inférieure. Ainsi, la « valeur du mort » retenue est de 740 000 francs suisses (3,2 MF), « ce qui est fort peu en regard d'autres études estimant que la population serait prête à payer entre 3 et 9 millions de francs [suisses] par décès évité », d'après [73, p. 16 du résumé].

## Étude du ministère des Transports de Colombie britannique

L'importance significative des particules fines ( $PM_{10}$ ) est encore soulignée dans [132]. Il est estimé que les particules attribuables aux sources mobiles causent un nombre de morts comparable à celui des accidents de la circulation. Les coûts varient de 250, 1 500 à 3 500 F/kg suivant les conditions atmosphériques (715 F/kg en moyenne en Suède, 5 à 15 fois plus que les autres polluants). L'impact de l'ozone troposphérique est lui estimé par [132] à la moitié du coût des  $PM_{10}$ , dont un tiers en dommages sanitaires et deux tiers en dommages aux cultures.

#### Commentaires

Les études précédentes permettent de souligner un certain nombre d'éléments récurrents insatisfaisants pour l'évaluation actuelle des impacts sanitaires de la pollution, dont les conséquences sont une sous-estimation générale de ceux-ci. Ils mettent également en lumière un coût social important, même sous des hypothèses minimales.

### Des coûts qui reposent peu sur l'expression de préférences individuelles

Dans le cas des effets sanitaires de la pollution atmosphérique, on observe sur l'étude du Greqam et sur les quelques autres brièvement analysées, que les coûts ne sont pas tous évalués du point de vue de l'individu (à qui on demanderait d'exprimer ses préférences), mais surtout du point de vue de la société, de l'État. Ne sont généralement pris en compte que les coûts sanitaires supportés par la société, à savoir certaines pertes (congés maladie, pertes de production par décès...) et certains coûts directs (hospitalisations, consultation ou visite à domicile du praticien, dépenses pharmaceutiques engagées, dépenses de protection...).

Le cas de la mortalité est problématique. En effet, certaines études l'évaluent sur la base de pertes de production, alors que d'autres le font par le biais de consentements à payer. La première optique est cohérente avec un calcul fait du point de vue de l'État « productiviste », mais n'est pas conforme avec les fondements individualistes de la théorie économique. La seconde optique y est plus conforme, mais elle conduit souvent à mélanger deux types de coûts (individus/société), notamment lorsqu'on somme des coûts de mortalité et des coûts de congé maladie, par exemple.

En tout état de cause, les évaluations sur la base de révélations de préférences individuelles ne devraient pas se limiter à la mortalité, mais s'étendre aux désagréments liés aux symptômes de morbidité, à la douleur (pretium doloris), à la souffrance, à la détresse, au stress, à la perte de temps de loisirs, à la gêne, aux odeurs, aux pertes de qualité de vie, etc. Elles seraient alors sans doute plus en phase avec la sensibilité de la population, et donc permettraient mieux d'anticiper ses réactions.

### L'évaluation économique révèle les faiblesses en matière de veille sanitaire

Les faiblesses d'évaluations économiques peuvent être propres à la discipline économique, mais aussi provenir d'autres origines. L'analyse pas à pas de la chaîne allant des émissions aux coûts est un révélateur des faiblesses en matière de veille sanitaire. C'est ainsi que de nombreux impacts ne sont pas pris en compte pour cause de doutes sur la qualité de données, sur leur validité (appareillage), voire d'absence de données.

Les études peuvent aussi souffrir d'un défaut de coordination : intégration inexistante ou tardive des préoccupations d'économie dans les études médicales, ou de médecins dans les travaux des économistes (mauvaise interprétation des données médicales).

### Des incertitudes qui peuvent être déterminantes pour l'évaluation économique

Les questions de l'exposition des populations et des effets long terme apparaissent comme des sources majeures d'incertitude qui peuvent bouleverser une évaluation économique.

### Des hypothèses et des conventions sensibles pour l'évaluation économique

Les montants des coûts reposent sur des hypothèses, des conventions de calcul et des simplifications. Destinées à réduire l'incertitude, elles peuvent avoir des conséquences importantes.

Ainsi, des hypothèses moyennes sont faites sur la population pour pouvoir agréger des résultats. Or, une division en sous-populations pourrait conduire à des évaluations sensiblement différentes. Par exemple, selon qu'une hospitalisation touche un actif ou un non-actif, ses conséquences sur l'activité productive ne sont pas comparables, etc.

Toutefois, s'il y a accord sur les conventions et les hypothèses, on observe que les évaluations monétaires sont relativement proches. Au sujet des conventions, nous approfondissons ici la question des critères de bien-être.

#### Le choix de la « valeur du mort » est déterminant

Toutes les études citées soulignent le rôle-clef joué par la valeur économique associée à une vie statistique. Par exemple, dans [72, p. 66], on indique que le coût associé à la mortalité détermine à lui seul entre 86 % et 98 % du coût total attribuable à la pollution selon les indicateurs retenus. Sa prédominance impose d'examiner la sensibilité des résultats aux variations de cette valeur. Pour ce faire, les auteurs ont choisi de représenter le coût annuel de la pollution par indicateurs sanitaires agrégés (mortalité, hospitalisations, consultations et arrêts de travail), en choisissant quatre valeurs pour la vie humaine : deux issues de la théorie du capital humain (1,2 MF [75] et 3,3 MF [69]) et deux issues de méthodes d'évaluation contingente (5,5 MF [68] et 17 MF [valeur recommandée par l'Union européenne]).

### Le choix de la « valeur du mort » éclipse une réflexion sur les critères de bien-être

Cette importance de la « valeur du mort » dans les coûts totaux est troublante. Elle révèle en fait l'incapacité à apprécier les coûts associés aux désagréments liés aux symptômes de morbidité, à la douleur (*pretium doloris*), à la souffrance (migraines...), à la détresse, au stress, à la perte de temps de loisirs, à la gêne (picotements des yeux...), aux odeurs, aux pertes de qualité de vie, etc.

Si les politiques sanitaires reposaient exclusivement sur les évaluations telles que pratiquées aujourd'hui, elles négligeraient implicitement ces aspects « qualitatifs » des nuisances et pourraient se trouver en porte-à-faux avec les attentes de la population. Il faut donc s'interroger sur les options premières en matière de choix des critères d'évaluation : la mortalité doit-elle se voir attribuer à ce point plus de poids que la dégradation de la qualité de vie ? quelle importance attache-t-on à la souffrance, etc. ?

On rappelle que, selon la définition de l'OMS, bonne santé ne signifie pas seulement absence de maladie, mais « état complet de bien-être physique, mental et social ». En outre, il est fait référence dans [72, p. 55] à la définition de la morbidité à laquelle se réfère la législation américaine. La morbidité y est définie comme « une déviation d'un état physique ou mental sain, résultant d'une maladie ou d'un préjudice, dont la personne affectée a conscience ». Dans cet esprit, on trouve d'autres indicateurs : QALY (quality-adjusted life-year), HYEs (healthy-years equivalents), DALE (disability-adjusted-life-expectancy), etc.

#### Des évaluations d'impacts sanitaires a minima

Les études citées soulignent la prudence de leurs évaluations et les nombreux effets non pris en compte (nous ne reviendrons pas sur l'absence quasi systématique des effets qualitatifs), ce qui contribue à sous-estimer l'impact de la pollution.

Les évaluations économiques, indicateur de pollution par indicateur, ne sont bien sûr pas ajoutées les unes aux autres puisque l'action des polluants est globale. Néanmoins, chacune d'entre elles donne un aperçu minimisé de l'impact général de la pollution.

Les incidences à moyen terme de l'augmentation de la fréquence des affections (rhumes, rhino-pharyngites, allergies...) sur l'état général de la population (fatigue, baisse de productivité...) ne sont pas appréciées en tant que telles.

Les effets chroniques concernent des symptômes résultant plutôt d'une exposition prolongée à la pollution (toux persistante, sifflements, essoufflements, bronchites chroniques...) et sont considérés comme des effets à long terme. Or, les effets en terme de mortalité et morbidité chronique sont rarement pris en compte dans les études épidémiologiques ; il se peut toutefois que la variation d'un indicateur sanitaire résulte d'une exposition prolongée – bronchite chronique, problèmes cardio-vasculaires,

etc. – mais c'est l'exacerbation du niveau de pollution qui va déclencher son observation.

Les effets à long terme qu'une exposition prolongée à la pollution entraîne sur une population fragile (les enfants, par exemple) demeurent encore largement méconnus puisqu'ils commencent à peine à être observés.

Toutefois, comme on observe des effets visibles sur la santé malgré une mauvaise mesure de l'exposition, il en résulte que les risques relatifs réels sont certainement très supérieurs aux risques observés. Il convient ainsi de considérer l'ensemble des résultats comme des ordres de grandeur plausibles fournissant une estimation basse des coûts de santé.

## Des coûts plus liés à une exposition de fond qu'à des « pics de pollution »

On constate que la plus grande partie des coûts sanitaires est liée à une exposition durable à des niveaux de pollution moyen (ce phénomène est lié à la forme des fonctions dose-réponse, logarithmique et linéaire).

### Des coûts majoritairement imputables aux particules

La revue des différentes études fait apparaître que, parmi les indicateurs de pollution, ce sont ceux associés aux particules en suspension et poussières (PM<sub>10</sub>, PS<sub>13</sub>, FN) qui sont à l'origine des coûts les plus élevés. Or, plus du tiers des émissions de poussières sont imputables au transport, ainsi que plus de la moitié des particules fines [106, p. 137]. Ainsi, la circulation routière est à l'origine d'une part essentielle dans les coûts. Ceci est accentué par le développement particulier du parc de véhicules diesel en France (sans oublier les particules émises par les véhicules à essence).

# Discussion sur d'autres estimations envisageables

Compte tenu des commentaires faits dans le paragraphe précédent, nous proposons ici quelques pistes pour d'autres types de coûts que ceux traditionnellement pris en compte.

# Prendre en compte les risques importants de long terme reposant sur des hypothèses solides

Nous avons souligné à plusieurs reprises en quoi seuls étaient généralement pris en compte les effets sanitaires de court terme. Pour les effets de long terme, on peut tenter d'évaluer certains coûts ou aussi recommander une approche de précaution dans la décision.

### Effets chroniques et de long terme : des suspicions fondées

Nous reproduisons ici le tableau XXII de [66, p. 145]. Ce tableau prend en compte des informations issues d'études expérimentales, d'études épidémiologiques en milieu professionnel ou général, ou d'études relatives à l'exposition. Il ne s'agit pas d'une mesure de l'importance du problème en terme de santé publique, mais d'un jugement d'experts porté sur l'existence et la fiabilité des données nécessaires à l'évaluation de l'impact de la pollution d'origine routière.

Qualité de l'information disponible pour l'évaluation du risque sanitaire à long terme des polluants atmosphériques d'origine automobile

Polluant-indicateur	Particules	SO <sub>2</sub>	NO2	03	Benzène	HAP	Aldéhyde	co	Pb
	E2	E2	E2	E1	E?	E?	E?	<b>E2</b>	E2
	A1	A1	A1	A?	A1	A?	A1	A1	A1
Mortalité générale	+	?	?	?	?	?	?	?	?
Mortalité respiratoire	+	?	?	?	?	?	?	?	?
Mortalité par asthme	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Mortalité Cardio-vasculaire	+	?	?	?	?	?	?	?	?
Mortalité par cancer	+	?	?	?	?	?	?	?	?
Incidence cancers respiratoires	+	0	?	?	0	+	?	0	0
Incidence leucémies	?	0	?	?	++	?	+	0	0
Incidence autres cancers	?	0	?	?	?	+	+	0	0
Fonction respiratoire	++	+	?	+	?	?	?	0	?
Voies aériennes supérieures	+	+	?	?	?	?	?	0	?
Voies aériennes inférieures	++	++	+	?	?	?	?	0	?
Prévalence de l'asthme	?	+	+	+	?	?	?	0	?
Affections cardio-vasculaires	?	?	?	?	?	?	?	?	+
Troubles neuro- comportementaux	?	?	?	?	?	?	?	?	++

SFSP, 1996

Exposition de la population	E? E1 E2	inconnue connue ponctuellement peut être estimée
Part de la source automobile dans l'exposition	A?	inconnue
dans i exposition	A1	peut être estimée

Qualité de l'information sur les effets sanitaires	0	absence d'effet
	?	pas d'effet établi
	+	effet connu mais non quantifié
	+	effet connu et quantifié

À l'examen de ce tableau, on constate que certains effets de long terme sont connus et quantifiés, notamment sur :

- la fonction respiratoire [particules];
- les voies aériennes inférieures (toux, gêne respiratoire, oppression thoracique, bronchite, crise d'asthme, etc.) [particules, SO<sub>2</sub>].

En outre, il existe des éléments de présomption assez forts (hypothèses et données solides) et des risques suffisamment importants pour discuter de l'application du principe de précaution pour les affections suivantes :

- augmentation de la prévalence de l'asthme [SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>];
- voies aériennes supérieures (irritation du nez, de la gorge, etc.) [SO<sub>2</sub>];
- fonction respiratoire [SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>];
- incidence sur les cancers respiratoires [particules];
- mortalité générale, respiratoire, cardio-vasculaire, par cancer [particules].

### Des coûts pouvant tripler

En évaluant des risques relatifs de mortalité chronique, de bronchites chroniques, d'arrêts de travail liées aux particules en suspension  $PM_{10}$  à partir de différentes études étrangères (de telles études étant inexistantes en France), une évaluation des coûts « d'effets long terme » est tentée dans [72, p. 72-75].

Compte tenu de l'ensemble des hypothèses retenues, le coût sanitaire total associé à l'indicateur de pollution «fumées noires» est estimé pour l'Île-de-France à 21,7 milliards de francs, avec une fourchette réaliste variant de 18 à 27,6 milliards. Ainsi, la prise en compte des effets chroniques conduit à multiplier par trois environ le coût associé aux seuls effets aigus.

Si on n'impute pas la totalité du coût de la vie statistique à la pollution atmosphérique, comme l'ont fait les auteurs du Greqam dans un développement ultérieur de leur étude [72], on aboutit à une estimation de 9,4 milliards de francs.

### Calculs envisageables

L'accumulation de particules fines dans les alvéoles pulmonaires a un effet sur la fonction respiratoire et sur les voies aériennes (supérieures et inférieures). Or les enfants constituent une population sensible, notamment jusqu'à trois ans, car leur appareil respiratoire est en pleine maturation et développement (200 à 300 millions d'alvéoles sont créées de 0 à 3 ans) et que leur activité est importante à l'extérieur.

On pourrait tenter d'évaluer les coûts associés au type de scénario suivant : si x % (1 %, 5 %, 10 %, etc.) de jeunes enfants sont soumis aux effets des particules fines dans leur phase de développement

des alvéoles pulmonaires et deviennent insuffisants respiratoires, quels seront les coûts correspondants ?

Un calcul similaire pourrait être envisagé pour l'augmentation de la prévalence de l'asthme sous l'effet du dioxyde de soufre, du dioxyde d'azote, de l'ozone. Si un terrain de fragilisation se développe et que x % de jeune enfants contractent de l'asthme, quels seront les coûts correspondant ?

# Estimer des coûts de crise provenant d'inquiétudes sanitaires sur les émissions de particules diesel

On a déjà indiqué combien certains risques (transfusion sanguine, « vache folle »...) ont fait l'objet de sous-estimations lourdes. Les réactions de l'opinion, sur un sujet comme celui de la pollution atmosphérique, qu'elles soient justifiées ou non, peuvent être brusques et de grande ampleur : les conséquences sur l'industrie automobile et les circulations de marchandises, dans leur configuration actuelle, pourraient être importantes. Nous présentons ici un « scénario du pire » qui pourrait servir de support à une évaluation économique (ordres de grandeur).

### Les effets sanitaires des particules fines se manifestent pour des concentrations relativement faibles

D'après [66, p. 58], un consensus se dégage pour considérer que l'essentiel des effets associés aux particules est le fait des particules les plus fines (< 2 à 3 µm de diamètre aérodynamique). Or, les particules issues des pots d'échappement des véhicules se caractérisent précisément par leur très petite taille (pics à 0,1 et 0,3 µm, [106]), qui leur confère une aptitude particulière à pénétrer très profondément dans les voies aériennes d'où elles mettront beaucoup de temps à être éliminées. De plus, les véhicules à essence émettent des particules encore plus fines, soit directement, soit par formation secondaire à partir d'aérosols, qui ne sont actuellement pas mesurées. Dans la gamme des tailles de ces particules ultra-fines, de l'ordre de 20 à 40 % pourront se déposer au niveau alvéolo-intersticiel [66, p. 59].

D'un point de vue biologique et sanitaire, ces particules ultra-fines sont donc sans doute les plus préoccupantes. Les effets mis en évidence concernent principalement la mortalité cardio-vasculaire et respiratoire à court terme, les atteintes fonctionnelles respiratoires, l'incidence d'épisodes asthmatiques, et divers indicateurs d'activité sanitaire (consultations ambulatoires, entrées aux urgences hospitalières...). Ces effets se manifestent pour des concentrations relativement faibles ( $< 50~\mu g/m^3$ ), inférieures aux valeurs de référence actuelles de la qualité de l'air [66, p. 60].

À plus long terme, la responsabilité des particules, à fortes concentrations, dans la genèse et le développement de la bronchite chronique est établie depuis longtemps. Deux études récentes sur des cohortes américaines constituées d'adultes «tout-venant» suggèrent aussi que l'exposition sur 10 à 15 ans à des teneurs relativement modérées de

particules serait associée à une réduction de la survie. La mortalité en cause est encore de type cardio-respiratoire, mais comporte également des décès par cancer pulmonaire, le meilleur indicateur prédictif de ce risque étant les particules fines (< 2,5 μm), avec des risques accrus de 5 à 35 % selon le degré de pollution des zones comparées [66, p. 61-63].

### Les émissions diesel sont probablement cancérigènes

On souligne dans [66, p. 66] qu'il est « couramment admis par la communauté scientifique que les particules diesel sont responsables de la cancérogénicété expérimentale des émissions diesel. »

En outre, le CIRC (Centre international de recherche sur le cancer) et l'Agence américaine de l'environnement ont classé les émissions diesel comme étant *probablement cancérigènes* (classe 2a du CIRC) chez l'homme [66, p. 69]. Ceci a été réaffirmé par le Comité de prévention et de précaution en 1997.

### Les particules diesel de très petite taille constituent la plus grande part des poussières en suspension en milieu urbain

D'après [66, p. 59], « selon une étude réalisée par l'industrie automobile, en considérant la composition du parc automobile en 1995, 87 % des particules émises à l'échappement des voitures proviendraient des véhicules diesel, 12 % des voitures essence sans catalyseur et 1 % des voitures essence avec catalyseur » (en masse). Il faut y inclure les particules provenant des véhicules utilitaires qui représentent 60 % des particules émises en ville d'après [106, p. 108].

Et, d'après [66, p. 64], les particules diesel (diamètre aérodynamique moyen de 0,5 µm) constituent aujourd'hui la plus grande part des poussières en suspension en milieu urbain. C'est à dire que, par delà la diminution qui a pu être observée, depuis 20 ans, des valeurs d'immission (teneurs atmosphériques) des particules (mesurées alors par la technique des fumées noires), la nature des particules a aussi évolué. Tout laisse à penser que les particules présentes aujourd'hui dans l'air urbain montrent, par leur taille et leur composition chimique (et peut-être les polluants associées), une nocivité plus marquée que celles qui étaient historiquement associées aux processus de combustion industriels et du chauffage résidentiel traditionnel.

### Quelles seraient les conséquences si les particules d'échappement suscitaient une inquiétude accrue ?

Imaginons que les émissions du gazole s'avèrent cancérigènes. Ou encore que, suite à l'installation de capteurs de pollution atmosphérique, on s'aperçoive que les enfants sont particulièrement exposés aux particules diesel et que des effets long terme se révèlent chez des adultes exposés dans leur enfance. On peut alors craindre réactions et mesures prises dans la précipitation («scénario vache folle»), ou une nouvelle décrédibilisation des pouvoirs publics en matière de santé (on a déjà rappelé que le rapport [64] affirmait, en 1983, que « l'accroissement du parc automobile équipé en moteurs Diesel, principaux responsables de

l'émission des fumées, n'est pas souhaitable jusqu'aux conclusions définitives des expérimentations en cours »).

Sur la base de simples craintes, pas forcément étayées, des pays où le diesel n'existe pratiquement pas pour les véhicules légers (USA), ou est bien moins développé que chez nous (Europe du Nord), n'hésiteraient pas à prendre des mesures de prévention brutales, ce qui déstabiliserait l'industrie automobile nationale.

Quels seraient les coûts d'une telle crise?

## Effets de synergie, valeurs d'altruisme, pertes de qualité de vie

Dans ce dernier paragraphe, nous indiquons brièvement quelques autres pistes.

### Prendre en compte de possibles effets de synergie

Les impacts de la pollution atmosphérique peuvent dépendre d'autres facteurs, comme la présence d'allergènes ou d'agents infectieux, les antécédents médicaux (notamment l'asthme), etc. Ainsi, on notera qu'en France les allergies affectent 30 % à 40 % de la population et qu'on compte 3 millions d'asthmatiques (dont 1 million d'enfants).

Le *sick building syndrom* (« syndrome du bâtiment malade ») illustrerait selon certains l'existence de synergies toxiques entre polluants, bien que chacun d'entre eux soit situé en dessous de la norme.

#### Intégrer des valeurs d'altruisme

Comme seuls les coûts individuels sont évalués, on néglige d'éventuels coûts d'altruisme, par exemple ce que des parents seraient prêts à payer pour réduire les nuisances auxquelles leurs enfants sont exposés

### Évaluer des pertes de qualité de vie

L'étude des effets de la pollution atmosphérique sur la fréquentation de certains lieux (rues commerçantes, parcs et jardins, etc.) pourrait permettre d'estimer ses impacts sur certains aspects de qualité de vie.

Des évaluations contingentes de perte de bien-être consécutives à des crises d'asthme, à des oppressions thoraciques pourraient alimenter une estimation plus complète des coûts de la pollution atmosphérique que celle fondée uniquement sur l'augmentation des visites et des frais médicaux.

# La prévention des changements climatiques

Réunies à Rome en décembre 1995, le bureau du GIEC (dont les membres sont proposés par les gouvernements) et ses assemblées plénières (constituées de membres désignés par les gouvernements et d'experts les assistant) approuvent son deuxième rapport d'évaluation. Ce rapport est le fruit de la collaboration internationale de plus de deux mille chercheurs et spécialistes qui ont fait une revue, avec procédures d'expertise et de contre-expertise, de l'état de la littérature scientifique sur l'évolution du climat, sur les incidences de cette évolution, incluant ses aspects socio-économiques.

La version définitive du document de synthèse [50] a été approuvée mot à mot lors de cette onzième session à laquelle ont assisté des représentants de 116 gouvernements, de 13 organisations intergouvernementales et de 25 organisations non gouvernementales. Ce document énonce notamment que « le faisceau d'éléments disponibles suggère qu'il y a une influence perceptible de l'homme sur le climat global ». En voici quelques autres extraits. « En moyenne globale, la température de surface a augmenté de 0,3 à 0,6 °C environ depuis la fin du XIXe siècle ». « La concentration de gaz à effet de serre continue d'augmenter ». « De nombreux gaz à effet de serre restent très longtemps dans l'atmosphère (de plusieurs dizaines d'années à plusieurs siècles pour le CO<sub>2</sub> et le N<sub>2</sub>O) ». « On s'attend à ce que le climat continue d'évoluer ». « La future évolution du climat risque [...] de nous réserver des "surprises", dues notamment au caractère non linéaire du système climatique ». « Des modifications potentiellement graves ont été identifiées, y compris, dans diverses régions, une multiplication des phénomènes extrêmes liés à des températures élevées, des inondations et des sécheresses, entraînant des incendies, une augmentation de parasites et certaines conséquences pour la composition, la structure et le fonctionnement des écosystèmes, notamment leur productivité primaire ».

Ici, nous nous attacherons plus particulièrement aux contributions du GIEC sur les aspects socio-économiques de l'évolution du climat. Compte tenu de la qualité de l'expertise du GIEC (tant par les contributeurs, que par les procédures d'expertise et de contre-expertise), les comptes rendus de ses travaux sont une référence.

# Un témoignage sur le groupe III du GIEC vu de l'intérieur... ou la nature de l'expertise économique

Jean-Charles Hourcade, qui a participé au groupe III du GIEC consacré aux aspects socio-économiques de l'évolution du climat, décrit dans [28] son fonctionnement. Ce témoignage met en lumière les qualités et les limites de l'évaluation économique comme mode de coordination

sur un dossier difficile comme celui du changement climatique. Nous en reproduisons ici de larges extraits.

« Le mandat du Groupe III était paradoxal puisqu'il était demandé à une discipline qui se définit comme la science du choix rationnel de ne formuler aucune conclusion opérationnelle, de s'en tenir à une posture strictement analytique et de conserver cette posture de scientificité pure en éclairant trois questions clefs au caractère politiquement très sensible : faut-il agir ou pas ? comment partager équitablement les charges de l'action ? quels instruments économiques sont susceptibles de coordonner des actions préventives ?

«Il fallait donc travailler sans jamais franchir la ligne rouge qui sépare l'affirmation scientifique et la recommandation, ligne dont le tracé se détermine en pratique par une série de tensions entre scientifiques et représentants politiques autour de ce qui est acceptable et de ce qui ne l'est pas. Mais il fallait aussi travailler sous le regard des collègues de "sciences dures" c'est-à-dire avec leur méthode de validation des énoncés scientifiques. Cette double contrainte va produire des effets qui sont loin d'être négatifs.

«Pratiquant, comme les autres disciplines, l'évaluation par les pairs via des publications et colloques, les économistes n'ont pas à leur disposition l'outil de l'expérimentation en laboratoire pour tester des résultats et ils organisent des colloques ou revues où s'échangent les idées entre partisans de telle ou telle approche et hors de la présence des contradicteurs. Cette structuration en "tribus" a une conséquence pratique immédiate sur le mode de validation des connaissances : l'économiste se comporte souvent, volens nolens, comme "conseiller du prince" ou de l'opposition au prince et chaque administration peut alors passer une étude, chaque journal demander un article, à la tribu qui lui donnera la réponse qu'il attend (une non-réponse s'il s'agit de montrer que tout est très compliqué!). Il y a donc tendance à la reproduction à l'infini de discours confortablement parallèles qui ne se réfutent jamais, chacun protégeant ainsi sa niche symbolique et son marché.

«Or les règles du GIEC vont contraindre ces tribus à se comporter en communauté scientifique, c'est-à-dire à se confronter dans des lieux précis, dans une période de temps limitée, pour rédiger un document commun rendant compte de leurs acquis et de leurs désaccords. Cette contrainte d'unité de temps, de lieu et d'action, sous les regards d'autrui produira des effets immédiats avec une marginalisation de ceux qui refuseront en fait la confrontation, mais surtout se révélera très efficace pour produire du consensus.

«Certes, ce consensus résulte en partie, on le verra, sur des subtilités rhétoriques et l'utilisation de la polysémie des concepts. D'une part, il fallait jouer le jeu sous peine de disqualification du travail des économistes, soupçonnés avec quelque raison de produire des résultats numériques inexploitables parce que totalement divergents. D'autre part, il fallait produire un texte acceptable non seulement par les signataires, mais aussi par les représentants des gouvernements à l'assemblée générale

du GIEC. Ici, la contrainte politique interviendra très directement. Les règles du jeu sont en effet les suivantes :

- le rapport lui-même doit être *accepté* par l'assemblée générale ; les gouvernements et les ONG ont fait parvenir des contre-propositions (du type : "in ligne n° XX changer par YYY") au bureau du GIEC qui les a réparties entre les coordinateurs des chapitres. Pour donner un ordre de grandeur, j'ai reçu, pour les deux chapitres dont j'avais la charge, de l'ordre de deux fois 50 pages de textes, souvent contradictoires d'ailleurs. L'équipe de rédaction devait répondre brièvement par écrit à chaque proposition et, en assemblée générale, le coordinateur devait expliquer les raisons de l'intégration ou du rejet de chaque remarque. Sur cette base, l'assemblée générale pouvait encore demander des corrections partielles et, en cas de désaccord profond avec certaines délégations, exiger d'enlever des paragraphes, des sections du texte, voire [...] un chapitre entier;
- le "summary for policy-maker", vite perçu comme le seul document vraiment important car "lu par les journalistes", doit être **approuvé** ligne à ligne par l'assemblée générale;
- le "synthesis report", qui dégage les éléments importants pour l'application de la convention-climat, n'engage que le bureau du GIEC et l'équipe de rédaction mais doit être **accepté** par l'assemblée générale. [...]

«On pouvait donc craindre que seul un consensus mou ne sorte de ce jeu entre scientifiques, puis entre scientifiques et politiques. La lecture de certains passages pourrait le laisser penser tant ils fleurent bon l'artefact rhétorique; en fait, au delà des apparences, il y a bien eu production de consensus vrai, même si ce consensus porte moins sur le contenu des réponses que sur la reformulation des questions initiales ou plutôt de la question initiale. »

# Une contribution économique construite a priori autour de l'analyse coûts-bénéfices

Nous poursuivons avec le témoignage de Jean-Charles Hourcade.

« Tout s'ordonne en fait autour de la question "faut-il agir ou pas ?" qui seule, en définitive, intéresse les politiques. On peut même aller plus loin et dire que, malgré les milliers de pages écrites contre le caractère réducteur des approches coûts-bénéfices, la forme de la réponse attendue par ces politiques était bien en terme de bilan monétaire des coûts et gains de l'action. C'est donc autour du schéma coût-bénéfice que sera construit le rapport avec [...] des conséquences inattendues sinon surprenantes. Après deux chapitres cadrant la discussion, le rapport expose les concepts clefs de l'analyse coûts-bénéfices (dont la question de l'actualisation) puis la question de l'équité. Le chapitre n° 6 évalue alors le coût des dommages, avant que les chapitres n° 8 et 9 n'abordent les coûts des politiques visant à réduire les émissions. Les chapitres 6-8-9 fournissant les ingrédients de l'analyse coût-bénéfice, il restait au chapitre n° 11 à traiter des instruments d'incitation.

«Cette structure du rapport posera des problèmes de cohérence interne révélatrice des impasses intrinsèques de l'analyse coût-bénéfice en ce domaine. Mais rien ne pouvait résister, au départ, aux pressions pour poser les problèmes en ces termes, toute réserve étant assimilée à une diversion, à une posture de verbiage inefficace. Il importe ici de souligner à quel point il y avait convergence entre les réflexes des politiques qui veulent des réponses simples leur simplifiant la tâche, et les scientifiques "durs" qui comprennent mal la réticence à s'appuyer sur des chiffres même s'ils sont convaincus des difficultés de l'exercice (mieux vaut un chiffre faux mais rationnellement réfutable qu'une suite d'arguments littéraires). Il sera d'autant plus difficile de résister à cette pression que l'approche coût-bénéfice constitue la méthode de référence des économistes professionnels, certains même assimilant le refus d'utiliser de telles méthodes à une rupture par rapport à la discipline.

«L'intérêt du rapport du GIEC est de montrer comment, en jouant sérieusement ce jeu là, les équipes mobilisées vont en définitive opérer un intéressant changement des perspectives, et, peut-être aider à "déplacer les regards" sur un problème de forme inédite. »

À présent, nous allons utiliser le document de synthèse du deuxième rapport d'évaluation du GIEC [50] pour mettre en lumière la fragilité de l'analyse coûts-avantages en situation d'incertitude.

### Coûts des dommages : l'impasse

Dans [50], les considérations sur le coût social du changement climatique résultant des activités humaines (dommages imputables à l'augmentation des gaz à effet de serre) indiquent combien les évaluations possèdent un caractère spéculatif, à tel point qu'il est précisé que le « GIEC n'endosse aucune des fourchettes de valeurs publiées en ce qui concerne les dommages marginaux imputables aux émissions de  $\rm CO_2$  » [50, p. 51].

### L'importance des conventions de calcul et l'instabilité des évaluations

Le rapport du GIEC souligne également le rôle des conventions de calcul dans les incertitudes considérables observées dans la littérature sur les estimations. « Il est impossible de considérer la fourchette des estimations comme une barre d'erreur, étant donné les hypothèses et les méthodologies très diverses adoptées pour les différentes études. » [50, p. 15]. « La large gamme des dommages estimatifs reflète les différences des scénarios, des taux d'actualisation et d'autres hypothèses. Il faut souligner que les estimations concernant le coût social de l'évolution du climat sont caractérisées par un degré d'incertitude important en raison de notre connaissance limitée des incidences de cette évolution, à des incertitudes quant à l'avenir des développements technologiques et socio-économiques et à l'éventualité d'évènements catastrophiques ou inattendus. » [50, p. 51].

De même, on note dans [50, p. 49] que la littérature concernant le coût social « se fonde essentiellement sur des recherches effectuées dans des pays développés, dont les résultats sont souvent extrapolés pour les pays en voie de développement. »

### Divergences sur les incidences non liées au marché

Ces conventions de calcul frappent bien sûr les évaluations hors marché (incidences telles que la dégradation de la santé humaine, le risque de mortalité et la détérioration des écosystèmes) qui représentent une part importante des estimations. « Les ouvrages sur l'évaluation financière de ces incidences reflètent des opinions et des approches divergentes. » [50, p. 50]. On observe que les estimations non marchandes des dommages « sont très incomplètes et possèdent un caractère hautement spéculatif », et qu'il n'existe pas de principes économiques largement admis pour l'évaluation de certaines catégories de répercussions sur l'environnement, la culture et la santé. Ceci n'implique pas que ces dommages en deviennent négligeables.

### Absence de consensus sur la valeur de la vie humaine

Parmi ces conventions, la valeur de la vie humaine est déterminante : « Il n'existe aucun consensus quant à la façon d'évaluer la valeur d'une vie statistique ou de regrouper les vies statistiques pour plusieurs pays. » [50, p. 49].

On note combien la valeur de la vie humaine, comme nombre de valeurs d'actifs non marchands, dépend de la « scène » (ici nationale ou internationale) sur laquelle elle est convoquée : « Si l'on donnait partout à la vie humaine la même valeur que celle qu'on lui attribue généralement dans les pays développés, la valeur des dommages exprimée en termes financiers serait multipliée par un facteur de plusieurs unités et la part des pays en voie de développement dans l'estimation du dommage total s'accroîtrait encore. » [50, p. 15].

# Constat sur la grande variabilité des situations face aux dommages

Les impacts de l'évolution du climat sur certaines populations sont soulignés : « Les petites îles et les zones côtières de faible altitude sont particulièrement vulnérables. » [50, p. 15]. Deux situations qui diffèrent par la distribution des impacts ne conduisent ni à la même perception socio-politique, ni aux mêmes conséquences en terme d'acceptabilité, et donc en terme d'évaluation des impacts. L'usage d'un indicateur moyen identique pour représenter des situations contrastées peut masquer des problèmes de répartition et d'éthique.

# Pas d'évaluations des coûts d'éventuelles surprises climatiques

Les possibilités de surprises ne sont pas prises en compte dans les coûts : « Ces estimations ne tiennent pas compte des dommages découlant d'éventuelles catastrophes à grande échelle telles que des changements de la circulation océanique. » [50, p. 15].

### Des effets non monétarisables

On note dans [50, p. 50] la différence de point de vue entre certains « qui considèrent l'évaluation monétaire des répercussions de l'évolution mondiale du climat sur le bien-être humain comme essentielle pour prendre des décisions avisées » et d'autres qui, pour des raisons éthiques, « rejettent la valorisation monétaire de certaines de ces répercussions, telles que le risque de mortalité humaine ». Il est en outre estimé que le risque de disparition de civilisations entières ne peut être considéré en termes financiers, car il « implique une perte de diversité humaine, dont nous ne possédons aucun indicateur capable de mesurer la valeur économique ».

### L'impraticable analyse traditionnelle coûts-bénéfices

Ainsi, on relève avec [50, p. 49] combien « les coûts et les bénéfices peuvent être difficiles et parfois impossibles à évaluer, en raison de l'ampleur des incertitudes, de la possibilité de catastrophes ayant de très faibles probabilités d'occurrence ou simplement du fait qu'il n'existe pas de méthode homogène pour en exprimer les effets en termes monétaires ». Il faut aussi compter avec l'aspect mondial, régional et intergénérationnel de la question, qui complexifie encore la tâche.

Tout ceci rend délicate l'application pratique de l'analyse traditionnelle coûts-bénéfices qui repose sur le principe selon lequel, à tout moment, le degré de réduction des émissions est déterminé de façon que les coûts marginaux soient égaux aux bénéfices marginaux.

### Vers la décision séquentielle

Ainsi, appliquée à l'effet de serre, une analyse coût-bénéfice repose sur trop de paramètres non prévisibles ou non directement observables pour aider à la coordination des anticipations et à l'émergence d'un consensus. Le contexte d'incertitude exige d'autres approches, comme l'affirme [50, p. 17]: « Le problème n'est pas de définir aujourd'hui la meilleure politique pour les cent ans à venir, mais de choisir une stratégie prudente et de l'adapter ultérieurement en fonction des nouvelles informations disponibles. »

Ce cadre séquentiel revient à renoncer à l'idée d'optimiser une fois pour toutes les trajectoires de long terme, au profit de l'identification du noyau de décisions à prendre à court et moyen terme, en sachant que ces décisions devront être complétées, ou révisées à différents horizons. L'attention est centrée sur le choix du meilleur moment d'engagement de l'action (agir aujourd'hui, demain, après-demain) en tenant compte à la fois des constantes de temps respectives des phénomènes physiques, écologiques, économiques et politiques, des perspectives d'apprentissage et d'amélioration des connaissances scientifiques, mais aussi des possibilités attachées au progrès technique. La dimension de la réversibilité des engagements permettant de se mettre en position de bénéficier des améliorations futures de l'information devient un élément important de jugement sur les options d'action.

### Un cas type où la norme ne peut être édictée qu'en dehors de la théorie économique

Du fait du constat précédent, la détermination d'un niveau de concentration pour les gaz à effet de serre échappe en partie à l'évaluation économique, en raison de la trop grande fragilité des évaluations de coûts et bénéfices marginaux susceptibles de déterminer le degré « optimum » de réduction des émissions. Elle relève d'une autre forme de coordination collective, qui inclut d'ailleurs des aspects socio-économiques.

À ce sujet, on peut rappeler que la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques reconnaît la menace planétaire et fixe comme objectif ultime « la stabilisation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique ». Elle est entrée en vigueur en 1994 et les plus de 150 États (dont la France) qui, à ce jour, l'ont ratifiée se sont engagés à un retour en l'an 2000 des émissions anthropiques de gaz à effet de serre au niveau de 1990. La troisième conférence des parties à Kyoto en décembre 1997 vient de fixer pour les pays développés des objectifs quantifiés : de -6 % à -8 % en 2008-2012, même si la question des outils reste à débattre en 1998.

S'agissant de définir les conditions de détermination d'un seuil de dommage acceptable (puisque la référence à un dommage zéro représente une impossibilité comme norme générale), cette question ne relève pas seulement d'une expertise technique et économique, mais d'une « négociation » avec la société. Ceci n'empêche pas que des études économiques sur les consentements individuels à payer le prix de la précaution envers des types de risques définis peuvent fournir des informations utiles et des points de comparaison.

Les pourcentages actuels de réduction d'émissions par pays (ou groupes de pays) résultent de compromis entre des objectifs économiques, sociaux, écologiques, politiques, diplomatiques, au sein desquels les calculs économiques n'ont représenté qu'un argument parmi beaucoup d'autres.

# Une issue par le biais de « coûts d'évitement collectif » et d'évaluation de « risques externes »

L'analyse traditionnelle coûts-bénéfices ne pouvant déterminer le degré de réduction des émissions, celui-ci proviendra en fait d'un consensus « politico-économico-scientifique ». L'évaluation économique se verra alors mobilisée pour évaluer les moyens d'atteindre un tel objectif.

Parmi ces instruments, on trouve une taxe sur le contenu en carbone, dont le niveau dépendrait de la cible fixée. Le niveau d'une telle taxe mesure en quelque sorte un coût d'évitement collectif d'un risque environnemental global. Ainsi, par exemple, le groupe de travail finlandai sur la monétarisation (1993) propose que, pour la planification routière, les coûts du changement climatique soient évalués en termes monétaires à partir du budget nécessaire à l'arrêt de la croissance des émissions de CO<sub>2</sub> [135, p. 59]. C'est, dans l'esprit, ce qui est fait pour le CO<sub>2</sub> lorsqu'on lui attribue le montant du projet européen d'écotaxe comme coût par tonne émise.

D'un point de vue théorique, pour l'analyse économique, un effet externe est une interdépendance non marchande et involontaire, au moins de la part de l'une des deux parties, entre deux agents, telle qu'elle affecte leurs fonctions d'utilité ou d'objectifs. Pour un enjeu comme le renforcement de l'effet de serre, les relations simples de causalité entre phénomènes sont rares. Il est donc trop difficile d'identifier des chaînes évènementielles allant d'un agent A à un agent B, ce qui serait le propre d'un calcul d'effet externe.

Une autre approche est nécessaire. Pour des risques potentiellement graves et irréversibles, dont il été collectivement décidé qu'ils ne seraient pas courus, la notion d'effet externe peut être étendue à celle de « coût d'évitement collectif » comme suit :

- l'effet externe est perçu comme un risque;
- des cibles et des seuils sont définis par le biais d'une appréciation politique du risque;
- les moyens pour atteindre ces cibles mesurent un « effet externe étendu ».

Olivier Godard retient le statut de « risque externe », plutôt que celui d'effet externe, pour les dommages redoutés. Ce concept de « risque externe » débouche sur la détermination du consentement à payer collectif pour la prévention d'un tel risque, très incertain puisque les surprises ne sont pas exclues, potentiellement catastrophique localement ou régionalement, largement non réparable, dont les conséquences peuvent être à la fois majeures et éloignées dans le temps. Un tel concept décrit une attitude normative adaptée à un contexte incertain, non réductible aux types de risques probabilisables sur la base d'un grand nombre d'évènements identiques, fondement de l'assurance ; il relève d'une culture de la précaution.

Du point de vue de la théorie économique, des valeurs d'option (en statique), et des quasi-valeurs d'option (en contexte d'incertitude avec irréversibilité et perspective d'amélioration de l'information) doivent alors se surajouter à l'espérance mathématique de la valeur des dommages attendus.

Une telle approche permettrait de fixer des indicateurs monétaires qui pourront servir de repères de coordination pour les décisions individuelles prises par différents acteurs (entreprises, collectivités locales, administrations, etc.) : il pourrait en aller ainsi de la valeur maximale accordée à la tonne d'équivalent-carbone évitée. Elle représenterait alors ce qu'on pourrait appeler le *consentement collectif à payer le prix de la précaution* envers le risque climatique. Compte tenu des limites des évaluations économiques des dommages, déjà évoquées, une telle valeur ne peut être déterminée que de deux manières :

- comme le niveau du signal-prix qu'il faut donner aux acteurs décentralisés pour que leurs nouveaux comportements permettent collectivement de réaliser un objectif donné de réduction des émissions de gaz à effet de serre, s'il a été possible de s'accorder, dans chaque pays et à l'échelon international, sur de tels objectifs;
- comme valeur a priori du consentement à payer maximal pour la prévention d'un risque climatique qualifié de manière minimale comme incertain dans ses conséquences, mais potentiellement très dommageable et engageant une responsabilité intergénérationnelle.

### **Exemples d'évaluations de « risques externes »**

Une estimation du « prix de la précaution »

Olivier Godard propose une estimation du « prix de la précaution » entre 50 et 100 \$ la tonne de carbone, c'est à dire environ entre 300 et 600 F, sur la base du raisonnement suivant.

On rappelle que 1 tonne de carbone (1 tC) représente 3,66 tonnes de CO<sub>2</sub>, ou encore 7,7 barils de pétrole. Une taxe de 100 \$ par tC représente ainsi 27 \$ par tCO<sub>2</sub>, ou encore 13 \$ par baril.

Traduits en terme de coûts à la tonne marginale de carbone, l'approche de Nordhaus, qui ignore la dimension d'incertitude attachée au problème et donc la question des attitudes à son endroit, conduit à une valeur d'environ 7 \$ la tonne [33], généralement considérée comme une évaluation plancher. Hope et Maul montrent dans [25] comment une évaluation de cet ordre, par une approche comparable à celle adoptée dans d'autres domaines de risques technologiques (notamment en prenant une valeur unique pour la vie humaine statistique, quelle que soit la région de résidence), conduit à une valeur moyenne de 24 \$ la tonne (modèle Page). Le plafond de la fourchette obtenue avec ce modèle se situe à 50 \$, valeur que les auteurs proposent d'adopter comme valeur de référence de la précaution.

Sur une période d'un siècle ou plus, toute évaluation est très sensible à la valeur adoptée pour le taux d'actualisation. Par exemple, selon que l'on retienne 2 % ou 5 % sur cent ans, la valeur actuelle des dommages obtenue se situe déjà dans un rapport de 1 à 20. Sur deux cent ans, le rapport est de 1 à 400; et si au lieu de prendre 2 % on prenait 1 %, le ratio serait de 1 pour 2 400. Les simulations réalisées par Manne et Richels dans [31] montrent que le choix de se caler sur un scénario mondial dans lequel les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> ne dépasseraient pas 550 ppm représente une « meilleure » option, robuste face aux incertitudes sur le choix du taux d'actualisation entre 2 et 5 %. Or, d'après le GIEC, pour parvenir à ce résultat, la moyenne annuelle globale des émissions ne devra pas dépasser la moyenne actuelle au cours du siècle prochain et devra même devenir nettement inférieure avant la fin et au-delà du XXIe siècle [50, p. 9] : tout dépassement du niveau actuel d'émissions devrait donc être compensé par une baisse des émissions futures en dessous du niveau actuel, en moyenne mondiale.

Les mêmes auteurs donnent une fourchette de valeurs pour la tonne de carbone évitée selon les scénarios. Dans le scénario central, sans surprise, cette valeur commence à 6 \$ en 2000 pour parvenir à 10 \$ en 2020. Dans un scénario combinant un changement climatique drastique (élévation de la température moyenne de 5°C pour un doublement de la concentration atmosphérique en gaz à effet de serre) et un consentement à payer élevé (calibrage à 2 % du revenu pour une augmentation de température de 1° C), la valeur de la tonne de carbone évitée est de 114 \$ en 2000, pour dépasser les 200 \$ avant 2020. La valeur de précaution se situe pour Manne et Richels dans cette fourchette, selon les probabilités subjectives accordées par les décideurs aux différents scénarios. L'objectif de stabilisation durable des émissions mondiales à leur niveau de 1990, sans dépassement aucun, ne peut se justifier aux yeux de ces auteurs que dans une logique d'évitement du scénario le moins favorable pris en compte, qui est aussi un scénario qui leur paraît avoir une faible probabilité. Il est cependant noté dans [50, p. 16] que dans « le cas précis d'une stabilisation des émissions au niveau de 1990, la plupart des études aboutissent à une estimation du coût annuel comprise entre -0.5 % du PIB (ce qui équivaudrait à un gain total d'environ 60 milliards de dollars pour les pays de l'OCDE, au niveau actuel du PIB) et +2 % du PIB (ce qui équivaudrait à une perte d'environ 240 milliards de dollars) pendant les prochaines décennies ».

Sur la base de ces évaluations, on peut raisonnablement défendre que le prix de la précaution se situe aujourd'hui à l'échelle mondiale entre 50 et 100 \$ la tonne de carbone, c'est à dire entre 300 et 600 F. Une telle évaluation ne prend en compte que les risques climatiques et ignore les avantages secondaires qui pourraient résulter d'une réduction des émissions des gaz à effet de serre. Compte tenu des responsabilités propres qui incombent aux pays industriels (la conventioncadre des Nations Unies sur les changements climatiques fait état de « responsabilités communes mais différenciées » et souligne la responsabilité première des pays industriels) et de leurs revenus par tête plus élevés

que la moyenne mondiale, le prix de la précaution à payer dans ces pays aurait *a priori* à être plus élevé que le prix mondial.

On notera que le projet européen d'écotaxe fournit un coût de 490 F par tonne de carbone émise, et que la mission interministérielle de l'effet de serre retient un montant de 1 000 à 2 000 F.

Des coûts d'inertie et une valeur attachée à l'information sont évalués dans [27] à près de 18 \$/tC.

## Une estimation du rythme d'évolution du signal-prix

D'après [110], une augmentation du prix du carburant de l'ordre de 7 % par an en termes réels sur deux ou trois décennies serait nécessaire pour ramener les émissions de CO<sub>2</sub> aux niveaux considérés comme indispensables par le GIEC. Ici, l'important est la progressivité de la croissance du prix sur longue durée.

On notera que ce type de mesure a été pris au Royaume-Uni depuis 1993, avec une hausse de 5 % par an en termes réels, et de 6 % depuis 1997.

# **Annexes**

Annexes 323

# Instructions du ministère des Transports

pour la prise en compte de l'environnement dans l'étude d'un projet de liaison routière

# Instruction relative aux méthodes d'évaluation des investissements routiers en rase campagne

(direction des routes/SETRA, mars 1986)

# Type d'évaluation

L'évaluation se fait à partir d'un tableau multicritères comportant les points suivants :

- développement économique et aménagement du territoire ;
- sécurité ;
- avantages pour l'usager (temps, confort...);
- environnement :
- situation initiale exceptionnellement défavorable ;
- incidences sur autres modes ;
- emploi ;
- énergie ;
- bilan financier pour la puissance publique;
- bilan coûts-avantages monétarisables.

À partir de ce tableau (renseigné qualitativement ou quantativement selon les critères), le chef de projet effectue une synthèse. Aucune indication de méthode n'est précisée pour faire cette synthèse.

#### Prise en compte de l'environnement

Pour chaque critère, on indique si possible des objectifs explicites (bruit, parc naturel...) et on évalue l'effet en le qualifiant de neutre, favorable ou défavorable. Le critère «environnement» (point 4) est formé à partir d'un ensemble de critères regroupés en trois grands domaines :

- ressources naturelles et écosystèmes : sol, air, eau, faune, flore ;
- activités humaines : aménagement urbain, agriculture, sylviculture ;
- cadre et qualité de vie : bruit, pollution, paysage, patrimoine.

Le critère « énergie » (point 8) renseigne sur les dépenses énergétiques et le critère « sécurité » (point 2) sur les morts, les blessés, les dégâts matériels.

# Instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport

(secrétariat d'État aux transports, 3 octobre 1995)

Les faiblesses et les problèmes soulevés par l'instruction précédente ont été discutés dans le rapport [133] du Commissariat général du Plan, *Transports : pour un meilleur choix des investissements*. Suite à ses recommandations, le secrétariat d'État aux transports a présenté une instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport [134].

# Type d'évaluation

À présent, l'évaluation est de type socio-économique (bilan coûts-avantages), pouvant être complétée par d'autres critères (rentabilité financière, répartition des avantages...). Il est précisé que l'évaluation économique des projets ne se substitue pas à la décision politique.

#### Prise en compte de l'environnement

Compte tenu du choix de l'évaluation socio-économique sur la base d'un bilan coûts-avantages, la prise en compte de l'environnement se fait par le biais de monétarisations. Ces dernières sont issues du groupe de travail présidé par Marcel Boiteux à partir de calculs annexés dans [133] sur la base de résultats d'études collectés dans [137]. Seuls le bruit et la pollution atmosphérique font l'objet de monétarisations.

#### Bruit

Les recommandations de [133] et leur transcription dans [134] conduisent à valoriser les coûts du bruit de la manière suivante.

On estime le nombre de personnes soumises à plus de 65 dB(A) (resp. entre 60 et 65 dB(A), entre 55 et 60 dB(A)) qu'on pondère par 0,75 (resp. 0,20, resp. 0,05), pondération correspondant à la proportion moyenne de personnes se déclarant gênées par un tel niveau de bruit dans une population qui y est soumise. On multiplie la somme pondérée (correspondant au nombre moyen de personnes gênées) par 963 F (1994) (qui est une évaluation moyenne du coût annuel ressenti par une personne gênée par le bruit). Enfin, l'évolution de la perception du dommage sera supposée évoluer dans le temps comme la consommation finale des ménages par tête augmentée de 1 %.

#### Sécurité et accidents

Une revalorisation des valeurs antérieurement utilisées conduit aux évaluations suivantes :

- 3,7 millions de francs (1994) pour le « coût du mort » ;
- 381 000 F (1994) pour le coût du blessé grave ;
- 81 000 F (1994) pour le coût du blessé léger.

À titre expérimental, pour l'étude de sensibilité, ces valeurs seront multipliées par 15 lorsqu'il y a plus de 9 personnes transportées : ceci « traduit la nécessité pour les transports collectifs d'être plus sûrs que les transports individuels ».

# Pollution locale et régionale

Les recommandations de [133] et leur transcription dans [134] conduisent à valoriser les coûts de la pollution locale et régionale par le biais d'un barême, selon les modes et selon le milieu (rase campagne ou urbain), ramenés en équivalent CO aux centimes par tonne-kilomètre ou centimes par voyageur-kilomètre. Enfin, les émissions devraient baisser de 4,5 % par an (durcissement des normes) et l'évolution de la perception du dommage sera supposée évoluer dans le temps comme la consommation finale des ménages par tête augmentée de 1 %.

La valorisation par le coût des dommages (sur la santé, les bâtiments, la végétation) repose sur un panel d'études étrangères, et elle est complétée par une valorisation par le coût d'évitement (technologies...). Il est malaisé de suivre les hypothèses et les calculs, mais il apparaît toutefois que les particules fines et l'ozone n'apparaissent pas comme tels dans les évaluations.

#### Effet de serre

Le coût des émissions de CO<sub>2</sub> est évalué sur la base du projet européen d'écotaxe de 490 F par tonne de carbone émise, avec un barême en centimes par t-km ou centimes par voy.-km, selon les modes et selon le milieu (rase campagne ou urbain).

### Effets de coupure et autres nuisances

De tels effets sont simplement décrits qualitativement.

#### Autres

L'énergie n'est pas intégrée *en soi* ; elle apparaît de fait dans les variations des impôts et taxes (TVA, TIPP) de sorte qu'une consommation énergétique accrue se traduit par un avantage pour l'État.

# Évaluation de projet d'infrastructure routière : liste-guide d'impacts

Nous avons tenté de recenser les charges et les avantages induits par le passage d'une infrastructure routière ou autoroutière, afin d'en recommander la prise en compte par les évaluations. La liste ci-dessous doit donc être vue comme une grille d'analyse, et pas comme l'affirmation que tous ces impacts sont observés à chaque réalisation. D'autre part, les effets directs de l'infrastructure nouvelle relevés ici ne sont souvent pas spécifique au mode routier. Lorsque des effets ont été monétarisés, on l'indique en citant des sources. Certains effets particuliers (santé, valeur du temps, effet de serre, etc.) sont traités dans le corps du rapport.

L'exercice se veut ouvert ; c'est pourquoi les impacts recensés sont de toutes natures (impacts du chantier, impacts directs, impacts dérivés, impacts irréversibles/réversibles) et de toutes échelles (échelle locale, sub-régionale, régionale, nationale, globale). Toutefois, l'intégration de certains effets dérivés est délicate au niveau d'une infrastructure : la diffusion mondiale du mode de transport par la route, par effet d'exemple, a des impacts très importants en terme de consommation d'énergie et d'effet de serre, mais ceux-ci sont plus appréciables au niveau de l'ensemble des investissements de transport qu'au niveau d'une infrastructure isolée, alors même que celle-ci est la concrétisation locale de l'orientation politique générale.

Pour établir cette liste, on a utilisé :

- les contributions du groupe de travail ;
- la circulaire 93-73 du 27 septembre 1993 du ministère de l'Environnement (non publiée au journal officiel), pour l'application du décret 93-245 du 25 février 1993 relatif aux études d'impact et au champ d'application des enquêtes publiques, établit une liste des impacts potentiels (impacts directes et impacts dérivés);
- l'étude [78], déjà exploitée partiellement dans le rapport [106];
- le rapport [106].

# Eau : ressource et usages

#### Impacts négatifs

#### Régime des cours d'eau

Les constructions routières peuvent modifier le régime des cours d'eau en ralentissant ou en accélérant l'écoulement, et en réduisant les possibilités d'expansion des crues.

Une route transversale à un cours d'eau peut faire obstacle à l'écoulement si ses ponts sont insuffisamment dimensionnés, voire favoriser la formation d'embâcles.

Une infrastructure longitudinale à un cours d'eau peut former une digue et consommer une partie du champ d'expansion des crues (cumul de remblais, endiguements, empiétements). L'écoulement rapide d'eau de crues peut entraîner des dégâts plus loin en aval, nécessitant la construction de barrages réservoirs. Comme pour la RN6 dans la vallée de l'Arc, la forte proximité de la rivière impose des travaux pour protéger de l'érosion les berges supportant l'ouvrage.

Certains travaux routiers en vallées étroites peuvent conduire à des rescindements de méandres. En plus d'effets hydrobiologiques, ceci peut augmenter la vitesse d'écoulement et entraîner soit l'érosion du fond de la rivière au droit des rescindements, soit le rehaussement des crues en aval.

Les emprunts, dans le lit majeur des cours d'eau, de matériaux destinés aux constructions d'ouvrages peuvent perturber les régimes des eaux. C'est le cas de l'extraction de sables dans la Loire. Ces opérations peuvent faire disparaître une nappe après l'emprunt de matériaux, ou faire capturer le cours d'eau par la gravière.

L'exigence d'un exhaussement maximal peut conduire à passer en viaduc avec un différentiel de coût important par rapport au remblai : de 3 à 15 millions de francs du km (remblais) jusqu'à 100 à 200 millions de francs du km (viaduc). Si la possibilité de tels coûts n'est pas intégrée assez tôt au calcul économique, ils apparaîtront après comme des surcoûts au risque d'être refusés. Par comparaison, le coût de construction d'une autoroute de rase campagne se situe entre 30 et 50 millions de francs du km (hors taxes).

À titre d'exemples, le tracé par Langeais passe dans le lit mineur de la Loire et on envisage de faire l'autoroute dans un caisson; le tracé du TGV sud-est dans la Durance a considérablement multiplié les ouvrages nécessaires et accru les coûts.

#### Nappes phréatiques

Les constructions routières peuvent perturber, qualitativement et quantitativement, le régime des nappes superficielles d'eaux souterraines. Soit la fondation de la chaussée obstrue les écoulements, soit les déblais/remblais et les emprunts de matériaux (carrières, etc.) mettent à nu la nappe phréatique (risques de pollution). L'imperméabilisation des zones de réalimentation (bas-fonds...) peut aussi jouer un rôle.

En présence de champs captants, par exemple pour les eaux minérales, les risques de pollution accidentelle de la ressource doivent être examinés. Ainsi, dans le cas du projet autoroutier Annemasse-Thonon (A400), un accident touchant les champs d'Évian aurait induit un manque à gagner de 5 milliards de francs, soit deux fois le coût de l'ouvrage qui est de 2,5 milliards de francs (source Danone). Pour éviter ce type d'accident, l'autoroute Beaune-Mulhouse a demandé 400 millions de francs de travaux d'étanchéification. Les coûts supplémentaires éventuels pour diversifier l'alimentation en eau, du fait du passage d'un projet sur des champs captants, devraient aussi être envisagés, ainsi que les installations de traitement supplémentaires en cas de reprise de captage. On notera que les assureurs refusent d'assurer les champs captants d'eaux minérales.

#### Ruissellement

L'imperméabilisation supplémentaire des sols conduit à une augmentation du ruissellement pouvant accentuer les crues (rus, ruisseaux en cas d'orage), ou à des apports d'eaux polluées par le lessivage des chaussées, jusqu'aux dispositifs de traitement.

Nous citons ici [106]. Lorsque l'eau de pluie lessive des surfaces asphaltées en zones urbaines (rues, routes, pistes d'aéroport...), elle entraîne dans les réseaux d'assainissement de forts débits d'eau chargée d'une pollution diffuse (métaux, hydrocarbures...) qui peut perturber le traitement dans les stations d'épuration. En zone non imperméabilisée ou rurale, cette pollution atteint les sols, les nappes phréatiques ou cours d'eau présents. On a estimé cet impact à 230 à 400 kg de DCO (demande chimique en oxygène), 1,5 à 2,5 kg de zinc, 1 kg de nickel et 50 g de cadmium par an et par km de route à deux voies pour 12 000 véhicules/jour. De plus, par effet de synergie, la dose létale pour ces métaux présents simultanément peut être divisée par dix. L'intense circulation de camions en Autriche a entraîné une pollution grave des sols de la vallée de l'Inn par le plomb, au-delà des valeurs-limites européennes. Le salage des voies chaque hiver fait lessiver entre un demi-million et un million de tonnes de sel. Le sablage apporte aussi une quantité importante de sédiments supplémentaires dans les cours d'eau.

Des pollutions peuvent provenir de l'utilisation de matériaux polluants en sous-couche (mâchefers insuffisamment stabilisés, cendres, etc.) [82]. Des dispositifs d'atténuation existent (bassins de collecte, de rétention...).

En zone urbaine, les coûts induits devraient pouvoir être appréciés par exemple par la différence de coût entre chaussées poreuses et non-poreuses, ou par les évaluations de modifications de redevances faites par les agences de l'eau.

Les coûts de la polluti des eaux et des impacts hydrologiques sont estimés par [132] de 0,05 à 0,1 F par véhicule-km.

#### **Impacts positifs**

Un obstacle à l'écoulement par un pont peut être recherché pour freiner une crue et protéger des zones en aval. Une route digue peut servir de protection d'une partie du lit majeur contre une inondation. Dans les deux cas, le report de l'impact de la crue sur d'autres zones doit être pris en compte dans l'évaluation.

# Qualité de l'air, émissions atmosphériques, émissions lumineuses

#### Impacts négatifs

Micro-climats

Des modifications micro-climatiques consécutives à la percée de l'infrastructure peuvent introduire des gelées suffisantes, par exemple, pour perturber un vignoble [106].

# Pollution atmosphérique

Les effets sur la santé ont été examinés dans le chapitre « Coûts des effets sur la santé de la pollution atmosphérique ».

L'ozone et les dioxydes de soufre ou d'azote ont un effet nocif sur la végétation (perturbation des fonctions de photosynthèses et de respiration des feuilles, pertes de rendement agricole...) [106], et les poussières et le plomb sur les cultures maraîchères. Les coûts des atteintes à la végétation sont estimés être comparables à ceux des atteintes sanitaires dues à la pollution atmosphérique dans [137, p. 48]. Les effets de l'ozone sur les cultures dans la région de la *Lower Fraser Valley* (Colombie britannique) sont estimés être deux fois plus coûteux que les impacts sanitaires [132, p. 195].

Les façades de bâtiments souffrent de salissures, voire de dégradations («maladie de la pierre»). en terme de coûts, les dégâts aux bâtiments sont estimés à la moitié de ceux des atteintes sanitaires dues à la pollution atmosphérique dans [73]. On retrouve cet ordre de grandeur dans [137, p. 48].

#### Impacts positifs

Pour dégager les centre-villes ou fluidifier le trafic dans une agglomération, la construction de rocades est destinée à reporter plus loin le trafic de transit (elles peuvent également permettre de redistribuer les surfaces de voirie urbaine entre modes et usages). Lors de l'épisode de pollution de février 1997 à Lyon, le préfet avait ainsi détourné les poids lourds vers la périphérie de l'agglomération pour soulager le centre urbain.

Il faut cependant rappeler trois points:

- si certains polluants sont très locaux, comme les hydrocarbures volatils, d'autres se déplacent sur des dizaines, voire des centaines ou milliers de kilomètres (particules fines, ozone troposphérique surtout), contribuant à une pollution de fond que n'atténue pas l'éloignement des sources;
- la fluidification locale du trafic par une infrastructure supplémentaire crée à assez court terme, surtout en zone urbaine, un appel pour d'autres véhicules, soit au détriment des transports en commun par augmentation de l'attractivité de l'automobile, soit par détournement de trafics situés plus loin et attirés par la facilité nouvelle, soit par urbanisation autour du nouvel axe (voir plus loin), jusqu'à nouvel engorgement;
- les habitants des banlieues lyonnaises ont protesté contre le report de la pollution locale et du bruit chez eux...

# Sols : qualité et déchets

#### Impacts négatifs

Qualité des sols

Les retombées de poussières plombées ou hydrocarbonées, les fuites de lubrifiant ou de carburant, etc. contribuent à la pollution chimique des sols de chaque côté d'une route. Par accumulation, ceci peut aboutir à une diminution de la productivité végétale. Toutefois, de tels effets n'ont jamais été observés en France à des niveaux significatifs.

Les polluants soufrés contribuent à la stérilisation des sols par acidification. Le plomb de la circulation des camions au Brenner a pollué les sols de la vallée de l'Inn [106].

Il y a risque de pollution par métaux lourds, par déversement de produits toxiques, en cas d'accident.

Le prélèvement de surfaces agricoles productives par les infrastructures – directement (emprises) ou indirectement (urbanisation ou zones d'activités d'accompagnement) – est un impact sur plusieurs générations en raison de la longue durée de vie des ouvrages. Actuellement, cet impact est monétairement minimisé par le bas prix des terres agricoles au regard du terrain viabilisé constructible. Mais cet écart est-il représentatif de la valeur de ces terres au regard des divers besoins des générations futures ?

L'érosion des terres pendant les chantiers constitue aussi un impact important. Une pollution des sols peut aussi avoir lieu lors du chantier de l'infrastructure (érosion, produits divers employés); l'érosion atteint 100 000 tonnes de matériaux au km² de chantier, avec une surface d'emprise directe de 7 à 8 ha par km, échangeurs, stations-service et parkings inclus [106].

Une étude pour la Deutsches Bundesbahn (*Coûts externes du transport*, Essen, 1990) évalue à 2,5 milliards de DM (1985) la contribution du trafic terrestre à la pollution du sol et des eaux (appréciée par les coûts d'évitement) en ex-Allemagne de l'Ouest.

#### Déchets (dépôts de terre, de matériaux)

On trouve dans [77, p. 29] et dans [78] une analyse des mouvements de terre liés à la réalisation d'infrastructures (carrières, lieux de dépôt).

Les dépôts de matériaux en zone inondable peuvent poser des difficultés hydrologiques (perturbation des écoulements) ou biochimiques (pollutions). La gestion des déchets de chantier fait partie des engagements de la convention signée entre la Fédération nationale du bâtiment et le ministère de l'Environnement [82]. Enfin, l'emploi de matériaux divers (mâchefers, cendres stabilisées...) pour les chaussées doit être évalué du point de vue de ses conséquences en terme de pollutions.

# **Impacts positifs**

La construction d'une infrastructure peut être une opportunité de valorisation de mâchefers ou d'autres résidus, comme l'indique la circulaire du 9 mai 1994 du ministère de l'Environnement. D'anciennes carrières peuvent être comblées, et d'anciennes décharges réhabilitées.

# Espaces naturels et écosystèmes Impacts négatifs

#### Faune

Malgré les «passages de faune» pratiqués, les infrastructures linéaires forment toujours un obstacle aux déplacements des animaux, d'où des morts par collision ou écrasement plus ou moins nombreuses (batraciens, etc.), mais surtout une perturbation importante de leur comportement et parfois une éviction des lieux [78]. On sait aussi que le bruit de la circulation perturbe les comportements reproducteurs d'un certain nombre d'oiseaux.

Les projets d'infrastructures touchant directement un cours d'eau peuvent avoir des effets sur les écosystèmes aquatiques et la faune associée : destruction pendant les travaux en rivière, modification de l'habitat dû au changement de dynamique fluviale, etc. [106].

#### Flore

Les travaux de construction peuvent entraîner la dévégétalisation de surfaces étendues.

# Écosystèmes

La luminosité et la ventilation introduites au passage d'une infrastructure dans une forêt induisent une nécrose végétale pour les espèces adaptées à la demi-lumière, qui peut gangréner peu à peu toute la lisière du massif [78]. De plus, les bruits et lumières diurnes et nocturnes poussent la faune à abandonner toute la zone où ces phénomènes sont sensibles : des études existent depuis plus de vingt ans à ce sujet [106]. Si la réglementation européenne attendue sur les feux obligatoirement allumés pour tout véhicule en mouvement, de jour comme de nuit, prend effet, cet impact lumineux sera accentué pour la faune.

Le morcellement des écosystèmes contribue, par effet de coupure, à une réduction de la diversité biologique. Pour donner un ordre de grandeur, un territoire morcelé en dix parties voit sa diversité biologique divisée par deux d'après [146]. En mettant l'accessibilité routière au cœur des politiques de transport des pays développés, on contribue à répandre un modèle de morcellement de l'espace auprès de pays qui détiennent une part importante de la diversité biologique de la planète (que les États se sont engagés à préserver au sommet de Rio).

#### Zones humides

Certaines constructions peuvent entraîner l'assèchement de marais (coupure des circulations hydrauliques superficielles), avec des effets sur la conservation des ressources en eau ou sur la survie de certaines espèces par réduction des aires de répartition (migrations d'oiseaux).

La réglementation française impose néanmoins des mesures compensatoires en cas d'atteinte à une zone humide : acquisition d'autres zones humides et remise, «après réparation», à un conservatoire.

Le cas des zones humides est traité de façon plus appropriée dans le chapitre « Valeurs des zones humides ».

#### Forêts

Certaines constructions peuvent entraîner une réduction des surfaces boisées (emprise du corridor). L'évaluation de l'impact doit prendre en compte la cohérence des actions publiques; ainsi, pour l'autoroute Langeais-Tours, les coupes décidées dans les forêts n'ont pas pris en compte le fait que l'ONF en avait valorisé la plantation.

Elle doit aussi prendre garde aux effets de seuil. Ainsi, la forêt de Saint-Amand près de Lille était la dernière grande forêt à être entaillée par une infrastructure.

#### Impacts positifs

On peut trouver des biotopes diversifiés sur les talus le long des autoroutes, ou dans l'emprise d'emprunts de matériaux (source ASFA).

#### **Territoires**

#### Impacts négatifs

#### Occupation du territoire

Il ne s'agit pas seulement des impacts de la chaussée, mais aussi des autres emprises (postes EDF, aires de service sur les autoroutes, échangeurs, etc.) et des surfaces altérées ou modifiées par le passage de l'infrastructure. D'après [106], l'emprise au sol des infrastructures représente, pour les autoroutes, une largeur moyenne de 23,50 mètres hors talus (soit environ 33 mètres avec talus) et, pour les voies ferrées TGV, 13,90 mètres hors talus (soit environ 24 mètres avec talus) : on observe ainsi un rapport de 2/3 entre surfaces immobilisées. L'Allemagne fournit pour cette comparaison un rapport de 3 entre les surfaces. Les jumelages autoroute-TGV occupent 60 mètres hors talus (soit environ 70 mètres avec talus). Ces linéaires doivent être complétés par les surfaces d'emprises de chantiers et d'aménagements (parkings...) et de remembrement. L'étude [78] évoque un impact direct de 7 à 8 hectares au kilomètre linéaire, mais de 250 hectares altérés au kilomètre linéaire en incluant les surfaces remembrées à l'occasion du passage de l'ouvrage.

En zone urbaine, l'espace urbain consommé ou altéré devrait aussi être valorisé.

D'après [132], le coût des dommages aux espaces se situe vraisemblablement au dessus de celui du bruit et en dessous de celui de la pollution de l'air. D'après l'étude Planco, citée dans [131], le coût de l'altération des espaces (pollution des eaux et des sols, effet de coupure, étanchéification de surfaces) est évalué à 0,30 F (1993) par véhicule-kilomètre.

En périphérie d'agglomération, les effets urbanisants des rocades de contournement destinées initialement à détourner le trafic de transit doivent être estimés. On passe généralement d'une fonction d'évitement à une nouvelle fonction de desserte, ce qui renforce les

problèmes ailleurs. À titre d'exemple, une évolution de la vocation initiale de l'autoroute A86 est évoquée dans [103, p. 43] : la fonction d'évitement pour la circulation de transit s'est progressivement transformée, sous l'effet du développement urbain, en une mission de desserte de la région (accès aux pôles de développement économique de Rungis, Marne la Vallée et La Défense et déplacements domicile-travail).

Le chapitre «Urbanisme et habitat», p. 245 (voir aussi l'annexe concernant les facteurs de l'étalement urbain, p. 351) évoque les effets de l'étalement urbain avec ses conséquences environnementales : accroissement des surfaces de contact avec le milieu naturel, surconsommation énergétique, effets sur la santé d'un moindre exercice physique, etc.

#### Les effets de barrière et de coupure

En milieu urbain, il s'agit de l'accroissement du temps de traversée, de l'inconfort et du danger imposés aux piétons et aux cyclistes. Les conséquences sont variées : nécessité de conduire les enfants à l'école en voiture, crainte, stress, perte de qualité de vie dus à l'insécurité, perte de temps, effort supplémentaire, renoncement au vélo, effets sur la santé d'un moindre exercice physique, etc.

En milieu rural, les coupures des chemins, les modifications des cultures et le changement des pratiques sociales peuvent avoir des effets mineurs ou au contraire être fortement déstabilisants. Cet aspect de l'évaluation doit faire appel à la sociologie ([106], [3]).

D'après des études norvégiennes en milieu urbain, les coûts des effets de barrière sont estimés du même ordre de grandeur que ceux dus au bruit, qui correspondent à environ 15 % du total des coûts connus [132, p. 223].

# **Paysages**

Sur le plan purement paysager, les ouvrages peuvent représenter des intrusions visuelles importantes, en milieu rural (viaducs par exemple) ou urbain (instaurant par exemple une coupure entre la ville et son fleuve, comme à Avignon, Valence, Lyon). L'urbanisation industrielle et commerciale autour des axes routiers des entrées de villes a sur ce plan suscité une réaction sous la forme de l'article 52 de la loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement.

En zone rurale, les remembrements qui accompagnent souvent les ouvrages principaux, ainsi que les travaux connexes (accès, rondspoints), produisent un effet similaire de banalisation du paysage. Cet effet doit être évalué, notamment dans des zones touristiques ou en présence de sites naturels ou culturels inscrits ou classés; en effet, la banalisation d'un paysage, outre la perte de beauté ou de spécificité qu'elle représente, peut aussi signifier une diminution de l'attractivité de la zone, défavorable pour le tourisme.

Aux Pays-Bas, le besoin de zones d'aspect moins artificiel a conduit le gouvernement, sous la pression publique, à engager des opérations de «renaturation» à hauteur de 300 millions de florins.

#### Impacts positifs

#### Occupation du territoire

Les réalisations routières nouvelles peuvent améliorer l'accès à des sites récréatifs, touristiques, culturels. Encore faut-il que ces sites ne soient pas défigurés ou altérés dans leurs caractéristiques attractives : c'est le cas des dégâts causés par le bruit dans de nombreuses parties de la forêt de Fontainebleau, ou du projet (repoussé) de parking au pied du Pont du Gard par exemple.

Si la réalisation d'une infrastructure est accompagnée par une politique urbaine maîtrisant les effets décrits ci-dessus, elle peut contribuer à la structuration du développement urbain.

#### **Paysages**

Le principal atout présenté pour les infrastructures autoroutières nouvelles est l'amélioration des vues sur le paysage depuis le véhicule. On trouve aussi la création de nouveaux paysages (aires de service, grands ouvrages d'art, etc.). Effectivement, c'est en ce sens qu'est conçu le fonds 1 % «paysage et développement».

# Socio-économie

# Impacts négatifs

#### Services

D'après [76], [80], [106], il n'est pas prouvé que la traversée d'un territoire par des services, *a fortiori* par des infrastructures, de transport soit garante de son développement, et des contre-exemples existent.

### **Transports**

Une offre routière accrue détourne davantage de trafic depuis des modes moins agressifs pour l'environnement vers le mode routier. Doit donc être évalué aussi l'impact économique de la nouvelle réalisation sur les réseaux existants et sur les autres projets (par exemple, impact de la réalisation de nouvelles autoroutes transalpines sur la rentabilité de la liaison ferroviaire Lyon-Turin).

#### **Tourisme**

Les nuisances apportées par une intensification du trafic routier peuvent être défavorables au tourisme local. Ainsi, le maire de Chamonix a constaté en février 1997 que la qualité de l'air dans sa ville n'était pas meilleure que celle de Grenoble du fait de la circulation importante de poids lourds dans la vallée de la Maurienne, ce qui porte atteinte à l'un des atouts majeurs de l'image de la station, l'air pur.

L'impact du tracé nouveau sur les autres activités locales, appuyées sur la qualité du paysage, du calme, etc., doit aussi entrer dans l'évaluation. Par exemple, le tracé de l'A51 remet en cause le plan départemental d'itinéraires de randonnée (PDIR), l'activité des gîtes et centres équestres, etc. Le bilan en emplois et en création de richesses pérennes devrait être établi pour chaque projet.

Le tourisme peut être modifié dans sa nature en devenant un tourisme de masse. L'évolution de la Côte d'Azur en est un exemple connu

#### Industries

Selon leur état de préparation et l'accompagnement du projet, les industries et services locaux peuvent soit gagner des clients en devenant plus rapidement accessibles, soit en perdre du fait de la mise en concurrence brutale avec des pôles économiquement plus forts [76].

# Agriculture (et forêts)

L'emprise de l'infrastructure représente toujours une perte de surface cultivée ou cultivable, mais peut aussi diminuer la qualité de certaines productions : effets météorologiques sur des vignobles, effets de pollutions des eaux et sols sur des cultures à label biologique, diminution des rendements céréaliers par augmentation de la concentration locale en ozone troposphérique, etc. [106]. L'effet de l'emprise ne doit pas se mesurer seulement en fonction de la surface directement occupée, mais aussi de celle des surfaces affectées alentour par le morcellement, l'effet sur le chevelu hydraulique, etc. Il existe des effets de seuil : affecter 1 hectare sur 10 hectares disponibles ne représente pas la même intrusion qu'affecter 1 hectare sur 1 000.

Des membres du groupe de travail ont évoqué les possibles effets pervers des fortes indemnisations d'agriculteurs, qui auraient provoqué leur retraite anticipée, et des conséquences en chaîne allant vers une désertification accélérée (manque de repreneurs à ce rythme, disparition plus rapide de coopératives, etc.) Enfin, le gel de terrains non bâtis et la spéculation foncière ont aussi été mentionnés parmi les effets évaluables d'un projet.

#### Habitat, population

La perte d'aménités ou l'apport de nuisances peuvent faire fuir les résidents (vallée de la Maurienne). Les équipements (routes nationales moins bien entretenues après installation de l'autoroute) et services (ramassage scolaire par exemple) préexistants peuvent aussi être mis à mal. En zone urbaine, de nouvelles dessertes routières favorisent l'étalement urbain, l'urbanisation dispersée et l'accroissement des populations strictement dépendantes du mode automobile (ce qui suppose un budget moyen de 24 000 F par voiture et par an, d'après [130]).

### Pertes financières et dépenses locales

Dans ce sujet complexe à étudier au cas par cas suivant les contextes, le document [138] évoque :

- la perte fiscale sur impôt foncier non bâti suite au désenclavement des parcelles dans le périmètre d'emprise (chemins d'exploitation de desserte);
- la perte fiscale sur impôt foncier non bâti suite à des effets induits dans le périmètre d'emprise (carrières ou zones d'emprunt de matériaux, zones de dépôt, baisse de productivité des parcelles riveraines du fait de ruptures de cycles écologiques);
- la perte de valeur du bâti (valeur vénale ou locative) : taxe immobilière, impôt foncier;
- les coûts de travaux connexes hors du périmètre d'emprise : réparations, restructuration, équipements, aménagements ;
- les coûts de réorganisation de la vie sociale suite aux effets de coupure et de déstructuration : chasse, ramassage scolaire;
- les coûts d'élargissement et d'entretien des voies communales suite à une densité plus forte de trafic au voisinage d'un échangeur autoroutier.

# **Impacts positifs**

#### Gains de temps

Ce sujet est discuté dans le paragraphe « Que représente (et comment est fixée) la "valeur du temps" ? », p. 204.

### Services et entreprises

L'objectif premier d'une infrastructure de transport est de faciliter les échanges de personnes et de biens, pour, en première analyse, faciliter l'activité économique en général. La demande reste donc souvent forte, malgré des inconvénients ou des aléas de mieux en mieux identifiés.

Les effets de relance et d'entraînement sur les industries et services locaux d'une nouvelle infrastructure routière ou autoroutière sont souvent évoqués; on a vu plus haut que le sujet était controversé, hormis pour les emplois de BTP le temps du chantier. Le manque de points zéro et de suivis réels des conséquences des ouvrages est sans doute en bonne

partie responsable de ces controverses. En tout état de cause, un accompagnement structuré et une préparation du tissu économique local sont indispensables pour résister à la concurrence accrue favorisée par l'infrastructure nouvelle.

#### Transports

Une nouvelle infrastructure fait souvent gagner en rapidité et en sécurité sur le parcours à condition que les débouchés de l'infrastructure permettent effectivement l'écoulement prévu. Elle permet de détourner le trafic de transit hors d'une agglomération (si elle reste voie de contournement et ne se transforme pas en voie de desserte).

#### **Tourisme**

Du fait d'une infrastructure d'accès nouvelle, le tourisme local peut bénéficier d'un effet d'entraînement, en tous cas pour les destinations finales de l'infrastructure. Ce point est controversé pour les destinations intermédiaires, malgré la politique de communication faite sur les aires de repos autoroutières ou sur la voie pour les sites traversés ou proches.

#### Ressources locales, équipements et réseaux

Outre les ressources tirées du péage, des travaux annexes sont financés par les opérateurs à titre de compensation (il peut s'agir aussi bien de ronds-points que d'itinéraires de randonnée ou de sentiers anciens), ou réglementairement (remembrements).

Les activités liées au fonctionnement d'une autoroute apportent à la fois des taxes professionnelles et des populations.

# Patrimoine bâti

### Impacts négatifs

Patrimoine bâti rural, urbain

Certaines infrastructures peuvent provoquer la destruction ou la dégradation d'éléments du patrimoine bâti national (premier projet, repoussé, d'autoroute A14 dans le parc du château de Saint-Germain-en-Laye, etc.).

Par les nuisances locales qu'elle apporte, une route peut contribuer à diminuer la valeur d'habitations exposées ou de terrains.

#### Patrimoine archéologique

Les archéologues s'inquiètent des dégâts commis par les travaux d'infrastructures et les remembrements associés [79, p. 67].

#### **Impacts positifs**

Des constructions routières et autoroutières ont permis de mettre à jour et d'inventorier un grand nombre de sites archéologiques correspondant le plus souvent en France aux époques gauloises et franques.

La circulaire du 7 novembre 1995 du ministère de la Culture codifie les mesures de sauvegarde rendues obligatoires par la loi du 15 juillet 1990. Les fouilles sont à la charge du maître d'ouvrage.

# Risques et santé

#### Impacts négatifs

#### **Traumatismes**

L'insécurité routière reste un facteur majeur de blessures et de décès en France. En 1995, on dénombrait, d'après la direction de la sécurité et de la circulation routières du ministère des Transports, 8 891 tués à 30 jours, 38 778 blessés graves, 142 146 blessés légers. Le coût des accidents corporels est estimé à 58 milliards de francs (avec le coût des accidents matériels non corporels, le coût de l'insécurité routière est évalué à 118 milliards de francs) en 1996.

# Risques naturels

Les infrastructures routières peuvent aggraver les impacts d'une inondation, et donc les coûts des dommages aux habitations. Elles peuvent favoriser des glissements de terrain ou des éboulements (premiers projets de contournement de Poitiers). Une accessibilité trop massive de certains espaces naturels fragiles peut en accroître les risques de dégradation (incendies, érosion, piétinement, pollution par les déchets, etc.) si la régulation, l'information et le contrôle sont insuffisants.

#### Santé : bruit, polluants, odeurs

Les éléments de bruit et de pollution atmosphérique sont traités dans le rapport. Ajoutons que certaines odeurs apportées par la circulation peuvent être inoffensives au plan médical, mais néanmoins créer une gêne importante.

#### Impacts positifs

Le principal effet positif des nouvelles infrastructures routières évoqué est une meilleure sécurité. Effectivement, en moyenne nationale en 1996, on trouve les résultats suivants en nombre de tués par 100 millions de km parcourus (source Observatoire de la sécurité routière (OSR)) :

- rase campagne et agglomérations de moins de 5000 habitants : 2,28;
- autoroutes urbaines : 0,41;
- autoroutes interurbaines : 0,53;
- total général :1,36.

# Énergie et effet de serre

### Impacts négatifs

#### Ressources fossiles et vulnérabilité

Une discussion sur les coûts stratégiques associés au fait que la circulation routière dépende crucialement du pétrole (non renouvelable et massivement situé en zone géopolitiquement sensible) figure dans différents paragraphes du rapport (« Urbanisme et transports », p. 245, « Ces coûts cachés des décisions publiques », p.88).

#### Accroissement de l'effet de serre

Ce sujet est aussi abordé dans le chapitre « Prévention des changements climatiques ».

#### **Impacts positifs**

En zone urbaine, une nouvelle infrastructure est souvent réputée désengorger le trafic, permettant donc aux moteurs de fonctionner mieux et de consommer moins. Il faut néanmoins tenir compte, outre la consommation d'énergie induite par la construction de l'infrastructure elle-même (analyse de cycle de vie), du fait qu'une offre routière supplémentaire accroît l'attractivité et donc la part modale de l'automobile, alors que ses performances énergétiques et environnementales sont de 5 à 10 fois moins bonnes que celles des transports collectifs. De plus, en zone rurale, la vitesse autorisée par les voies autoroutières fait croître sensiblement la consommation unitaire, et donc l'émission de gaz carbonique. L'évaluation des effets énergétiques des nouvelles infrastructures doit donc être faite avec minutie, dans un périmètre pertinent (pas trop étroit dans le temps et l'espace).

# Compléments sur la « valeur du temps » et sur la tarification des infrastructures routières

Nous reprenons ici une analyse de la valeur du temps exposée dans [117].

#### Le consentement des ménages à payer pour gagner du temps (temps personnel)

Le consentement à payer des ménages dépend principalement de la richesse du ménage, de la part d'argent non affectée à des dépenses obligatoires telles que logement, nourriture, transport, etc., du temps libre total (hors sommeil, repas, travail, transport...).

Une valeur du temps peut être estimée en divisant le revenu des ménages non affecté à des dépenses indispensables (loyer, nourriture, habillement...) par le temps non affecté à des tâches incompressibles (sommeil, travail, repos...). Les études faites sur Paris, Lyon, Marseille montrent bien la croissance de la valeur du temps moyenne par commune en fonction du revenu moyen par commune, et une variation très grande selon la richesse moyenne des communes. En Île-de-France, les sept plus riches communes (200 000 ménages concernés) ont des valeurs de temps moyenne supérieures à 100 F/heure, mais les deux millions de ménages les plus pauvres ont une valeur du temps s'étageant entre 33 F et 0 F. Et encore, il ne s'agit que de moyenne par commune, ce qui écrase les valeurs extrêmes.

Pour contrôler le résultat obtenu, on peut chercher une fonction reliant la valeur des appartements (en F/m² telle que donnée par les statistiques notariales) aux paramètres de valeur du temps calculée comme indiquée ci-dessus, de distance au centre de Paris, de revenu disponible des ménages. Les calculs indiquent que la relation est meilleure avec le paramètre valeur du temps qu'avec le revenu disponible des ménages.

Mais d'autres paramètres sont essentiels : la répétitivité de la dépense, c'est-à-dire son poids dans le budget des ménages ; sa comparaison avec le budget qui engendre le déplacement.

- a) Payer 12 F tous les matins et tous les soirs pour gagner 20 minutes à chaque trajet représente 480 F par mois pour aller travailler en se levant plus tard, et en rentrant plus tôt. Le budget du ménage le supporte-t-il, sachant qu'une voiture coûte déjà 1 000 F à 1 500 F par mois au minimum (amortissement + usage)?
- b) Payer 12 F le samedi matin pour aller au supermarché dépenser 1 000 F n'a pas grande importance par rapport au budget général de l'opération.
- c) Payer même 200 F d'autoroute lorsqu'on part en vacances une ou deux fois par an n'est pas un grand problème : le gain de temps par rapport à la solution alternative gratuite (routes nationales) est tel qu'il engendre des économies par ailleurs (une nuit d'hôtel en moins par exemple) et la somme dépensée s'impute sur le budget vacances, bien souvent supérieur à 10 000 F pour le ménage. C'est ce qui explique que la valeur du temps est d'autant plus forte que le trajet est plus long, pour une même catégorie socioprofessionnelle : la raison n'en est pas la longueur du trajet, mais sa fréquence et le budget associé à l'action qui le motive.

# Le consentement des entreprises à payer pour gagner du temps (temps facturable)

Il dépend principalement de la richesse de l'entreprise et de sa politique en la matière (certaines sociétés ont tardé à payer l'avion pour les déplacements longs en France de leurs agents), de la fonction de l'agent qui se déplace, du coût de l'agent qui se déplace. La question principale consiste à savoir si le temps gagné entraîne directement un accroissement du chiffre d'affaires (temps facturable). C'est le cas pour un artisan plombier, pour un médecin, pour un commercial, pour certain personnel de bureaux d'études... C'est moins immédiat pour le personnel ayant des rôles fonctionnels dans l'entreprise, mais la logique reste la même.

Pour estimer le consentement à payer d'une entreprise, il faut additionner le coût du véhicule, le coût de l'agent conduisant le véhicule, le coût des agents transportés dans le véhicule, le coût d'immobilisation de la marchandise transportée dans le véhicule. Ce dernier coût est évidemment très variable suivant la nature de la cargaison (périssable ou non...) le mode d'exploitation du client destinataire (fonctionnement en flux tendus ou non), l'importance de l'heure d'arrivée (distribution de journaux, informations importantes...).

# Remarques complémentaires

D'autres phénomènes viennent encore compliquer les études sur les valeurs révélées, notamment pour les ménages.

#### Les captifs de l'horaire

De même qu'il y a des captifs du mode de transport, il y a des captifs de l'horaire, notamment tous les parents qui déposent ou reprennent des enfants à l'école ou à la crèche. La souplesse d'horaire est nulle et la valeur du temps est relativement forte, même si le budget des ménages est faible.

# Le temps de transport n'est pas toujours du temps perdu

Il y a une évolution très rapide dans ce domaine. Les pays nordiques (Norvège, Suède) différencient bien pour un même motif et une même personne des valeurs du temps selon la phase du trajet (attente, temps en véhicule, changement, marche à pied...). De même, le temps n'aura pas la même valeur suivant la qualité d'équipement de la voiture, du train ou de l'avion. Le degré de fatigue du voyageur est un élément d'appréciation essentiel.

Il existe une valeur d'usage du temps de transport, qui n'est pas prise en compte aujourd'hui. Un train confortable offre à ses utilisateurs une période possible de travail ou de repos ; une voiture confortable offre silence, température régulée, musique ou informations... Si ces services ne se trouvent pas à destination, faut-il à tout prix réduire la durée du trajet? Le temps de transport, considéré à tort comme « perdu », n'aurait-il pas alors une valeur réelle, de signe contraire à celle que l'on utilise dans les modèles ? C'est là que la notion de «confort » prend tout son sens.

# Conséquences pour les ouvrages à péage

Les usagers d'ouvrages à péage ont donc des valeurs de temps très diverses, correspondant à la segmentation du marché et aux algorithmes internes des modèles de trafic : la notion de valeur du temps absolue n'existe pas.

Les études les plus récentes sur l'exemple de Marseille (tunnel Prado Carénage) montrent que les valeurs révélées sont très dispersées, s'étalant de 50 F à 250 F selon une courbe d'allure log-normale, avec une moyenne très supérieure à la médiane. Des calculs ([116], [119]) indiquent que le temps facturable varie entre 150 F et 250 F/h et que la moyenne barycentrique, avec 70 % de déplacements personnels (budgets des ménages) et 30 % de déplacements facturables (budgets des entreprises), présente une valeur de l'ordre de 85 F/h (pour utilisation avec le modèle Davis).

Quelques orientations se dégagent donc concernant les consentements à payer pour l'usage d'infrastructures ou de services de transport :

– ne pas utiliser de valeur moyenne, car on masque complètement les véritables phénomènes : la segmentation du marché est l'acte fondamental ;

- raisonner en terme de services proposés et non uniquement d'ouvrages à amortir;
- se concentrer sur l'évaluation des services rendus par les transports (ceux pour lesquels un client accepte de payer);
- évaluer correctement les coûts de maintenance et d'exploitation de services, coûts aujourd'hui dont la définition reste encore floue, notamment dans le domaine ferroviaire.

# Facteurs de l'étalement urbain

Nous reproduisons ici une contribution de Florence Toilier, extraite de sa thèse en cours [100] sur l'évaluation des coûts et avantages sociaux de l'étalement urbain (Laboratoire d'économie des transports, École nationale des travaux publics de l'État).

Si le mouvement d'étalement urbain n'a été clairement identifié à travers les résultats du recensement qu'à partir de 1982, il a débuté bien plus tôt, dès la fin des années soixante. L'étalement ne résulte pas d'un simple hasard mais de la mise en adéquation d'une offre, rendant possible une croissance excentrée, et d'une demande pour ce type de développement. L'ampleur en a été accrue par la mise en œuvre de mesures incitatives de la part des autorités locales ou nationales.

# Les facteurs permissifs de l'étalement : l'existence d'une offre

#### Offre de communications

La croissance excentrée a demandé certaines conditions, d'abord techniques : c'est parce que l'offre en moyens de communication et de télécommunication se développait que les espaces éloignés du centre devenaient accessibles et que le besoin de centralité était moins vif. Ce développement du réseau a permis à l'accessibilité de s'améliorer, c'est-à-dire que la durée des trajets a pu se réduire sous l'effet d'une augmentation des vitesses de circulation. Cette plus grande facilité d'accès a rendu possible des implantations loin du centre. Il en est de même de l'offre en transports collectifs, de type RER, associée ou non à la création de villes nouvelles.

#### Offre automobile

Le développement de l'offre routière accompagnait à l'époque la montée de l'équipement en automobiles. En effet, si en 1953 seulement 21 % des ménages étaient équipés d'une voiture particulière, cette proportion a connu une rapide progression jusqu'en 1975 pour représenter 65 % des ménages. La croissance s'est poursuivie jusqu'à aujourd'hui mais à un rythme plus lent puisque 77 % des ménages étaient équipés en

1990. Cette croissance de l'accession à l'automobile s'est accompagnée, avec un léger décalage, d'une augmentation de la motorisation (c'est-à-dire du nombre de véhicules possédés) et plus particulièrement de la multimotorisation. Ainsi, la proportion de ménages disposant de deux véhicules ou plus a atteint 25 % des ménages en 1990 contre 11 % en 1975 (Thierry Lambert et Jean-Loup Madre, *Prévisions à long terme du trafic automobile*, Credoc, collection des rapports, nº 60, mai 1989; Caroline Gallez, *Modèles de projection à long terme de la structure du parc et du marché automobile*, 1994). La multimotorisation a donc pris le relais quand le développement de l'équipement s'essoufflait.

#### Effet de la croissance

Les conditions économiques favorables ont non seulement impulsé les conditions techniques mais les ont aussi renforcées. Sous l'effet de la croissance, les niveaux de vie se sont élevés, rendant possible la motorisation. Une fois motorisés les individus ont pu bénéficier d'une plus grande liberté de déplacement les autorisant à s'éloigner du centre et à s'installer dans des zones moins bien desservies par les modes de transport collectifs.

#### Production immobilière de masse

Enfin, il convient de souligner le rôle des promoteurs-constructeurs qui ont appliqué à la production immobilière les principes de la production de masse. Ceci leur a permis de réduire les prix de vente des maisons individuelles du fait d'économies d'échelle sur un nombre de modèles limité. L'accession à la propriété de maisons individuelles est devenue possible car l'offre était abondante et s'affichait par le biais de catalogues, d'expositions (les « villagexpo ») et de publicité. On a donc appliqué à la maison individuelle les mêmes stratégies de commercialisation que celles employées pour les autres produits de consommation courante afin de susciter un désir, une demande et permettre de la satisfaire.

### Motivations à l'origine de l'étalement

Cependant, la simple existence d'une offre (de transport et de logements individuels) n'est pas suffisante pour expliquer le développement périurbain. Celui-ci résulte en effet de l'adéquation de cette offre à une demande. Les motivations à l'origine de l'implantation périurbaine sont nombreuses mais la plus importante d'entre elles consiste en la volonté d'accéder à la propriété et en particulier d'accéder à une maison individuelle. En 1966, date qui correspond à peu près au tout début de ce mouvement, N. Haumont, A. Haumont, H. Raymond et M-G. Raymond indiquaient dans leur ouvrage *L'habitat pavillonnaire* que 82 % des ménages aspiraient à la propriété (Institut de sociologie urbaine, centre de recherche et d'urbanisme).

L'élévation des niveaux de vie a également joué sur le désir d'accession à la propriété. L'investissement logement est un placement à long terme qui permet en outre de détenir un capital qui pourra être transmis ou bien revendu en cas de besoin. C'est enfin un élément de prestige social.

Un autre facteur à prendre en considération est le désir d'acquérir un logement plus grand, en réponse aux problèmes de pénuries de logements qui ont caractérisé l'après-guerre. Les grands ensembles, souvent éloignés de la ville (car situés en banlieue), mal isolés au niveau phonique, mal desservis par les équipements collectifs, ont été fuis par les ménages de catégorie moyenne ou supérieure dès que cela leur a été possible. Mais les ménages capables d'assumer la charge que représente l'acquisition d'un logement sont tout de même minoritaires. À côté des moyens techniques, des facteurs économiques et de l'évolution des aspirations des ménages, c'est essentiellement l'existence d'incitations à l'étalement urbain qui permet de comprendre l'importance de ce phénomène.

#### L'ampleur du mouvement : une demande stimulée par des incitations financières

Le rôle de l'État Incitation sociale

L'État a joué un rôle moteur dans ce mouvement. Il a impulsé la mise en œuvre de nouvelles méthodes de production dans le secteur de la maison individuelle. Il a également stimulé la promotion publicitaire de ces maisons en créant en 1966 les « villagexpo », une exposition permanente de maisons individuelles aux portes des agglomérations. En 1969 il a lancé le concours de la maison ainsi que les « chalandonnettes » (constructions répétitives à bas coût).

#### Réglementation dans l'urbanisme

Toutes ces interventions vont donner un coup d'envoi au développement de l'habitat individuel d'autant plus que, parallèlement à cette politique promotionnelle, il fournissait les moyens techniques de son développement en favorisant l'ouverture à l'urbanisation de nouveaux terrains par le biais des ZAD (zones d'aménagement différé, créées en 1962 afin de maîtriser l'usage des sols et de lutter contre la pression foncière pour préparer l'urbanisation future) et des ZAC (zones d'aménagement concerté, créées par la loi d'orientation foncière en 1967, permettant aux collectivités de répartir les coûts d'équipement des grands projets d'aménagement entre elles et l'aménageur, et de reporter sur les promoteurs une partie des charges d'urbanisation).

#### Construction d'infrastructures

À la même période, l'État développait le réseau routier et autoroutier pour permettre ce mouvement.

#### **Incitations financières**

L'État encourageait également nettement l'étalement urbain en fournissant les subventions portant à la fois sur l'usage de l'automobile (sous-tarification de l'usage des infrastructures : autoroutes urbaines gratuites) et sur la construction de maisons individuelles par la création des prêts PAP (prêts d'accession à la propriété) et conventionnés qui permettaient de solvabiliser la demande. De ce fait, l'accession à la propriété a pu se banaliser et concerner des ménages jeunes alors qu'auparavant il était nécessaire d'avoir accumulé une épargne pour pouvoir acheter son logement. Au contraire, les prêts PAP s'adressent plutôt à des ménages modestes avec des enfants à charge, c'est-à-dire à des ménages jeunes, qui n'auraient sans doute pas pu accéder à la propriété en d'autres circonstances. Les PAP, aujourd'hui disparus, ne pouvaient être attribués que pour des opérations de construction ou d'amélioration des logements servant de résidence principale. Il fallait donc que des travaux soient entrepris, ce qui résultait de l'objectif de soutien de l'activité du bâtiment. Ces prêts n'étaient accordés qu'à des ménages ayant des revenus inférieurs à un plafond fixé par arrêté ministériel. Pour les ménages qui ne satisfaisaient pas à ces conditions restrictives sur les revenus et les charges familiales, des prêts conventionnés étaient mis en place. En leur proposant des prêts à taux faibles et une aide au remboursement (APL, aide personnalisée au logement), c'est une aide à la personne qui est donc attribuée aux ménages (locataires ou propriétaires) en fonction de leurs caractéristiques (revenu et charge familiale). D'après la loi de 1977 qui l'institue, elle doit permettre « de faciliter l'accession à la propriété et d'adapter les dépenses de logement à la situation familiale et aux ressources des occupants ».

# L'objectif de l'État : stimuler la construction de maisons individuelles

L'État a stimulé la construction de maisons individuelles pour soutenir l'activité du bâtiment à une époque où la production de logements en collectif s'essoufflait. En effet, la construction de logements en immeubles a tendance à stagner, voire à chuter en 1966, pour s'effondrer après 1974 (voir la figure sur les chiffres des mises en chantier de logements). En 1980, seulement 150 000 logements de ce type sont construits contre un peu moins de 300 000 en 1974. À l'inverse, les constructions de logements individuels connaissent un formidable essor à partir de 1967 passant de 139 000 logements en 1967 à 278 000 en 1978, période où les constructions atteignent leur maximum pour ensuite se stabiliser progressivement à un peu moins de 200 000 (chiffres extraits de l'ouvrage de J-F. Goux, Crise économique et formes d'urbanisation, 1979, d'après des données issues du ministère de l'Équipement). Le maintien de cette activité avait pour objectif d'entraîner les autres secteurs de l'économie et de soutenir la croissance menacée par le choc pétrolier.

#### Évolution des mises en chantier de logements, par type

(source : ministère de l'Équipement)

# Des choix individuels fortement suscités, mais peu éclairés et informés

Comme les aides ne pouvaient concerner que des ménages modestes, c'est-à-dire ayant très peu voire pas du tout d'apport personnel, il fallait qu'ils s'éloignent du centre pour trouver en périphérie des terrains plus abordables. On retrouve ici la théorie de la localisation d'Alonso, pour qui les ménages doivent arbitrer entre des coûts de transport croissants avec l'éloignement et des coûts fonciers au contraire décroissants avec la distance. Comme la valeur du temps n'est qu'une valeur d'usage que l'on a du mal à apprécier car elle ne fait pas l'objet de transactions sur un marché, on a donc tendance à la sous-estimer par rapport à la valeur du sol, qui est elle bien réelle car affichée par le marché. De ce fait, on privilégie l'éloignement au centre pour limiter ce coût du foncier, même si parallèlement le coût généralisé de transport (qui intègre outre le coût monétaire du déplacement, des considérations de durée, de pénibilité...) s'accroît. Il s'accroît d'autant plus qu'il est souvent sous-estimé par les ménages par rapport à d'autres dépenses (logement) et aux coûts induits pour la collectivité. À mesure que l'accession à la propriété se développait, les limites de l'urbanisation ont dû être repoussées de plus en plus loin pour pallier la rareté de terrains qui allait résulter de l'abondance de la demande. En fin de compte, on s'aperçoit que cette localisation excentrée est plus souvent subie que choisie.

#### Le rôle des communes Urbanisation

L'État n'a pas été le seul à intervenir dans ce mouvement. Les communes y ont également été partie prenante car ce sont elles qui ont ouvert leurs terres à l'urbanisation. En effet, depuis la décentralisation, les communes ont la compétence en matière d'urbanisme à la condition qu'elles disposent d'un POS (plan d'occupation des sols) approuvé.

#### Recettes financières : le rôle de la fiscalité

La périurbanisation a des justifications économiques et financières. En rendant constructibles leurs terrains, les communes pouvaient récupérer des recettes de plusieurs natures.

- Au niveau fiscal : élargissement de l'assiette de certaines taxes :
- taxes sur les mutations : lors de la cession de terres les communes perçoivent une rémunération ;

- les « quatre vieilles » (taxe professionnelle, taxe d'habitation, foncier bâti et foncier non bâti) : la population nouvelle va fournir des recettes fiscales à la commune.
- Subventions et dotations sont souvent fonction de la population, et les communes ont ainsi tout intérêt à accepter de nouvelles populations. Compte tenu des seuils d'attribution de ces aides, il peut être intéressant pour une commune de voir sa population s'accroître légèrement pour pouvoir passer dans une classe de communes bénéficiant de subventions plus importantes.

En outre, l'arrivée de « sang neuf » dans la commune peut y développer ou y maintenir l'activité, d'où des recettes fiscales (taxe professionnelle, sur les débits de boisson, sur les spectacles...) plus importantes.

#### Effets de seuils de population

Ces considérations de recettes ne sont cependant pas les seules à avoir joué : la population est également un atout en soi. Une commune plus peuplée pourra plus facilement qu'une autre accéder à des services, à des équipements commerciaux ou administratifs qui augmenteront le confort des résidents. Ainsi, une pharmacie ne peut s'installer dans une commune que sous condition de population minimale ; il en va de même pour certains équipements intercommunaux (gendarmerie, bureau de poste, collège...). La commune qui reçoit ces équipements permet à ses habitants de réduire leurs contraintes de déplacements.

# Des choix de localisation d'entreprises

Un autre élément d'explication de cet éloignement au centre est que les entreprises elles-mêmes se sont délocalisées vers la périphérie, attirées par les communes rurales qui ont créé des parcs d'activités et des facilités fiscales. Les communes ont besoin d'entreprises sur leur territoire, pour fournir des emplois à leur population et plus spécifiquement aux nouveaux arrivants. Ceci leur permet également de récupérer des ressources fiscales et des participations aux équipements, tout en desservant leur population notamment en équipements commerciaux (dans le cas des supermarchés et des galeries marchandes). Du côté des entreprises, une telle localisation leur permet d'échapper à des coûts fonciers élevés, à des locaux trop petits, à des problèmes d'encombrements et de desserte par les camions de livraison. Le mouvement concerne donc aussi bien les entreprises industrielles que tertiaires. Pour les grandes surfaces commerciales, cette localisation en périurbain vient de ce qu'y existe un marché important. Pour le tertiaire d'encadrement, ce sont plutôt des raisons liées au besoin d'avoir un espace de qualité qui sont à l'origine de l'éloignement. Le tertiaire de décision ainsi que les petits commerces restent quant à eux dans le centre, pour des raisons de prestige et de proximité à la demande.

#### Un mouvement auto-entretenu

La diffusion spatiale des emplois et de l'habitat prend donc la forme d'un mouvement auto-entretenu. Comme les entreprises partent vers la périphérie, les ménages ont un besoin de centralité moins important et *vice versa*. Cette implantation des ménages et des entreprises à la périphérie des villes n'est pas sans conséquences, notamment au niveau des déplacements.

# Évaluation de projet bâti urbain : liste-guide d'impacts

Nous tentons ici de dresser une liste de différents types d'impacts à faire entrer l'évaluation d'un projet bâti urbain. Beaucoup d'entre eux ont été étudiés par les professions concernées, en particulier les consommations énergétiques des logements ou les questions d'isolation. D'autres le sont moins ou pas du tout, comme les aménités urbaines, les impacts polluants des ruissellements ou les implications économiques des choix pour les ménages visés. Une revue des divers aspects à examiner montre qu'une vision globale des incidences des projets est nécessaire pour en estimer le bien-fondé et l'efficacité. L'étude poussée de ces questions demanderait beaucoup plus de temps et de recherche que ne l'autorisait le sujet ciblé de ce rapport. Nous établissons donc ici une simple liste-guide indicative avec quelques éléments de réflexion, dont beaucoup de sujets pourraient alimenter soit des programmes de recherche urbaine, soit, en aval de ceux déjà réalisés, leurs modalités d'application.

# Impacts des modes de construction (bâti, réseaux)

#### Conduite du chantier

Un protocole d'accord entre la Fédération nationale du bâtiment et le ministère de l'Environnement, signé en 1996, comporte un chapitre sur les réductions des nuisances dues aux chantiers. (Voir aussi le chapitre « Urbanisation et habitat » et [82])

# Activités économiques et emplois induits

 Coûts comparés de la réhabilitation en zone déjà urbanisée et du logement neuf en zone non urbaine.

La réhabilitation nécessite *a priori* moins de nouveaux équipements «périphériques» (écoles, commerces, etc.) que le neuf, hors questions démographiques.

Le contournement des villes par des rocades (qui, d'une fonction d'évitement passent à une fonction de desserte) contribue à l'installation de magasins et de services le long de ces voies, au détriment des activités commerciales des centres plus densément habités et des zones commerciales récentes (ce qui peut favoriser les friches de centre-ville).

Les emplois et activités économiques induits ou maintenus par la construction neuve ou par la réhabilitation, tous effets confondus, n'ont pas été à notre connaissance examinés séparément, car les catégories Insee traitant du bâtiment et des travaux publics n'isolent pas les deux secteurs. On peut constater à ce stade que l'amélioration du parc de logements représente plus de la moitié du chiffre d'affaire du secteur du bâtiment. De plus, la construction et surtout l'aménagement et la réhabilitation des bâtiments non industriels (maçonnerie, menuiserie, aménagements et finitions, plomberie, etc.), représentent près de 49 000 entreprises sur les 57 500 environ du BTP, dont 47 000 PME de moins de 50 salariés (soit 86 % des PME du BTP). Ces emplois sont surtout des services de relative proximité, donc peu soumis à une concurrence internationale. À titre de comparaison, la construction de chaussées ne correspond qu'à environ 400 entreprises dont 320 PME (source Insee).

L'étude britannique [5, p. 44] fournit les chiffres suivants :

Domaine de création d'infrastructure	Efficacité énergétique dans l'habitat	100 000 nouveaux logements	Pont routier	Autoroute East Coast (GB)
Coût par emploi créé	8 750-17 500 £	20 000 à 40 000 £	65 000 £	66 000 £

#### Impacts directs des logements

#### Consommation d'énergie

Les différences de consommation proviennent pour beaucoup des modes de chauffage et de l'isolation des logements.

# Comparaison entre logement neuf et logement ancien réhabilité

Il existe des études comparant les moyennes des logements neufs et des logements anciens. Mais, lorsqu'on réhabilite de l'ancien, ce dernier devient différent de la moyenne de l'ancien. Sans autres données disponibles, on considère donc en général que la consommation dans le logement ancien est la consommation moyenne nationale. Les éléments d'analyse suggérés par le groupe de travail sont :

- impact du choix du chauffage électrique dans les coûts et consommations ;
- coûts et gains des choix de bâtiments bioclimatiques ;
- impact de la réhabilitation sur les économies d'énergie ;
- coûts et gains de la climatisation.

#### Comparaison entre logements individuels et collectifs

Le choix des équipements doit bien entendu se faire en fonction du bilan global des coûts d'installation et de fonctionnement. En raison des coûts de chauffage, les consommations en habitat individuel sont supérieures aux consommations en habitat collectif. Là non plus, les données ne semblent pas permettre de répondre assez finement à la question posée. On considère en général que la consommation dans l'individuel est la consommation moyenne nationale.

#### Émissions atmosphériques Atmosphère extérieure

- Source d'énergie utilisée et traitement des émissions.
- Bilan global depuis la source d'énergie primaire pour les pollutions régionales et globales.

#### Atmosphère intérieure

- Mode de ventilation.
- Matériaux, équipements et revêtements employés (radon, fibres, peintures, textiles, équipement ménager).

#### Impacts des modes d'occupation du sol

Il faut distinguer les risques préexistants à l'implantation envisagée (risques naturels et technologiques) et ceux induits par elle (dont une possible aggravation des risques naturels, mais aussi les occupations d'espace et les pollutions). Les plans d'exposition aux risques (PER) sont imposés par la loi française. Chaque commune et département doit publier l'état de risques auxquels sont exposées les populations résidentes, qu'il s'agisse de risques naturels (loi de 1982) ou technologiques (loi de 1987).

#### Risques naturels **Inondations**

Les coûts des mesures de protection des habitats en zone inondable doivent entrer en ligne de compte dans les décisions d'affectation des sols : coûts directs de réalisation, d'assurance et d'entretien, coûts de leurs effets sur les milieux naturels (suppression de champs d'expansion de crues, remblais des infrastructures de desserte). L'impact psychologique de la menace n'est pas à négliger.

- Coûts des dégâts du fait de l'implantation en zone inondable suite à des choix d'urbanisation (notamment dus à un développement hors des limites administratives, ce qui pose le problème des limites communales): dommages corporels, morts, dommages matériels, expropriations suite à des inondations résultant de choix d'aménagement du territoire.
  - Coûts des assurances.
  - Coût des secours, des réseaux de mesure et d'alerte.
- Coûts de construction de réseaux avant de constater l'impossibilité de construire pour inondabilité.
  - Coûts d'expropriation pour risques naturels majeurs.
  - Perte de valeur des constructions après affichage tardif du risque.

Les inondations en vallée de Loire de 1996 ont permis de constater que les zones dans lesquelles la protection avait été faite par entretien de champs d'expansion des crues avaient été plus efficaces pour limiter la crue, pour un coût global d'installation et de fonctionnement moins élevé, que le classique blocage par des digues qui renforcent l'impact des inondations en aval et dont certaines ont cédé. L'évaluation économique globale des coûts des solutions alternatives doit avoir toute sa place dans l'élaboration de la décision.

#### Incendies, avalanches, glissements de terrain

 Coûts des mesures de protection et d'alerte efficaces en cas de construction en zone dangereuse, toutes origines de dépenses confondues.

#### Risques technologiques

Coûts du manque à gagner urbanistique : la loi de 1987 prévoit des zones d'urbanisation restreinte autour des sites industriels à risques; s'y ajoute le coût d'une prévention efficace des risques et celui de l'accident possible.

#### Espace et territoires

- Valeur de l'espace consommé (artificialisé) au détriment d'autres activités, actuelles (terres fertiles, champ d'expansion des crues, zones de surstockage, zones humides à rôle de régulateur hydrologique et biologique) ou futures (protection de ressources épuisables, réserves « vertes», etc.).
- Coût de déstabilisation de l'agriculture en zone péri-urbaine, dont le rôle socio-économique des «jardins d'ouvrier» (vergers-potagers).
   La capacité actualisée de production agricole n'est pas prise en compte par le code de l'urbanisme.
  - Consommation d'espace souterrain.

#### Faune et flore

Les zones naturelles strictement protégées et interdites représentent moins de 1 % du territoire. D'après la directive *Habitats*, 1 600 sites répartis sur 8 millions d'hectares, soit 15 % du territoire, pourraient, sur des critères strictement naturalistes, être classés «zones spéciales de conservation», avec de grands contrastes régionaux. La moitié des surfaces consommées en Île-de-France était inscrite en sites naturels en 1976.

Consommation d'espaces naturels: la dispersion de l'habitat contribue à accroître les surfaces de contact avec les zones naturelles et favorise le morcellement progressif des espaces. Cette forme d'accessibilité peut se justifier en partie pour des objectifs récréatifs (forêts, etc.), si elle est contenue dans des proportions ne menaçant pas l'attractivité et le fonctionnement des écosystèmes eux-mêmes. Sinon, ses conséquences (déchets, pollutions, dispersion des nuisances, etc.) vont à l'encontre du maintien de ces zones à l'abri de telles atteintes, c'est-à-dire d'une trop forte pression d'usage humaine.

- Coût de perte d'espèces spécifiques par invasion par les espèces adaptées aux milieux anthropisés.
- Coûts de maintien ou de création de milieux favorables à la faune en zone urbaine (toits et parois des immeubles et nichage des oiseaux notamment), comparés aux coûts d'emplois d'insecticides pour les espaces verts et jardins (sans compter l'attrait d'une ville où les oiseaux chantent!).

#### Micro-climats

 Création de micro-climats urbains du fait des circulations d'air entre les bâtiments : effet Venturi, urbanisme de dalle, etc. Les coûts énergétiques, voire sanitaires, de ces choix devraient être inclus dans l'évaluation économique.

#### Réseaux d'eau : consommations et rejets Consommation d'eau

La consommation d'eau dépend du niveau de vie, mais aussi de l'équipement des bâtiments (réutilisation d'eaux usées par exemple).

- Coûts de raccordement au réseau d'adduction d'eau potable.
   Effets de la longueur du réseau (investissement, entretien), c'est-à-dire aussi de la dispersion de l'habitat.
- Coûts de recherche de nappes et de cours d'eau autour de l'agglomération.
  - Coûts des ruptures d'approvisionnement.
  - Consommation d'eau par les espaces verts (arrosage).

#### Rejets dans l'eau

- Coûts comparés des modes d'assainissement : autonome/collectif, en fonction des densités, des sols, etc.
- Coûts de raccordement au réseau d'assainissement collectif.
   Effets de la longueur du réseau (investissement, entretien), c'est-à-dire aussi de la dispersion de l'habitat.

#### Eaux de ruissellement

- Traitement des eaux pluviales : imperméabiliser totalement ou laisser des zones d'infiltration diminuant le ruissellement.
  - Perte de couvert forestier régulant le ruissellement.
- Coût d'une prévention des pollutions diffuses (métaux lourds notamment) d'une part, et d'une gestion de boues d'épuration polluées ou de rivières dégradées en aval.

#### Gestion des déchets

 Coûts des collectes et traitements en fonction des densités et formes d'habitats retenus.

#### Pollution des sols

 Coûts de dépollution pour réutilisation de sols pollués, comparés aux gains réalisés en épargnant aux acteurs en cause le traitement de leurs polluants.

# Impacts de l'organisation des déplacements

Il s'agit de regarder l'ensemble des modes de transport possibles et l'impact du mode d'urbanisation choisi sur les possibilités de déplacement des populations. En particulier, l'accès aux services (emplois, commerces, groupes scolaires [ramassage], santé, etc.) à un coût non discriminant est une condition indispensable pour éviter la ghettoïsation.

#### Budgets énergie-pollution

- Consommation énergétique et pollutions émises par les déplacements (enquêtes-ménages) des habitants suivant la forme urbaine (voir le chapitre « Urbanisation et transports »). La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie prévoit que l'étude d'impact en urbanisme intègre ces effets induits.
- Consommation d'énergie et pollutions induites par les implantations d'équipements drainant du public (cinémas, zones commerciales) ou du personnel (zones d'activités)

#### Entretien de voirie

Un COS ne suffit pas pour apprécier la forme urbaine obtenue, ni par conséquent les modes de déplacement économiquement possibles. En Île-de-France, le linéaire de voirie est corrélé négativement à la densité [127].

 Coûts de réalisation et d'entretien de la voirie nécessitée par la forme urbaine envisagée.

## Budget des ménages

Revenu minimal d'un ménage nécessaire pour vivre dans la zone du projet, compte tenu des coûts d'accès liés aux modes de déplacements effectivement disponibles; recherche des effets d'exclusion. Le coût moyen d'une automobile serait de 20 000 F par an (27 000 F par an en Île-de-France, 18 000 F par an en province), en tenant compte de l'achat de voitures d'occasion [130]. En Île-de-France, la motorisation est

corrélée négativement avec la densité, pouvant représenter une dépense obligée importante pour des populations aux revenus faibles [127].

#### Qualité de vie

On constate que les nuisances sont souvent corrélées entre elles : les zones bruyantes sont aussi celles où la pollution atmosphérique est importante, les dessertes moyennes, le cadre de vie largement améliorable et les revenus des résidents faibles.

#### **Bruits**

- Coûts des dégâts sanitaires et psychologiques des bruits, comparés aux coûts de traitement préventif ou curatif des nuisances.
- Les bruits d'intérieur du logement (qualité du bâti) et les bruits d'ambiance extérieure (fonctionnement et conception de l'urbanisation locale et des voiries) sont à distinguer dans l'analyse. Dans le neuf, la sévérisation des normes phoniques se traduit par une hausse de 5 % des coûts. Quelles sont les possibilités d'isolation phonique en réhabilitation? L'isolation thermique traitée sans considérer le bruit a eu des effets pervers : bruits piégés.
- Les perturbations sonores externes ne sont que partiellement compensables par une meilleure isolation du bâtiment.
- Les formes urbaines, denses ou non, doivent intégrer le paramètre de bruit dans leur conception.

#### Air

Les pollutions à considérer sont locales (COV), mais aussi régionales (particules fines, ozone troposphérique) et globales (CO<sub>2</sub>).

## Espace intérieur

- Espace de vie disponible par habitant rapporté à l'espace consommé par le projet. La croissance du logement individuel s'est accompagnée d'une augmentation forte du volume et du nombre de pièces disponibles par habitant. Les architectes et urbanistes scandinaves et allemands conçoivent des zones d'habitation denses à partir de logements individuels avec jardins privatifs ou collectifs.

## Temps et mode de déplacement

- Temps et mode de déplacement nécessaires pour atteindre au quotidien, depuis la résidence, les commerces, espaces récréatifs, lieux de loisir, de travail... Incidence des modes d'accès (autoroute, chemin, transport collectif...) et de la conception urbaine (grands ensembles) sur les modes de déplacements contraints.

### Aménités urbaines

- Cadre de vie, esthétique.
- Fonctionnalité, appropriation possible.
- Chants d'oiseaux.

# L'économie informelle dans les coûts des projets urbains

La formation des villes répond à de nombreux déterminants : données géographiques, jeux d'acteurs institutionnels, processus économiques plus ou moins formels, impacts environnementaux, phénomènes sociologiques et culturels. Pour évaluer les coûts collectifs du choix d'une forme urbaine, la question du périmètre d'observation est donc particulièrement délicate. Pour illustrer ce point, nous reproduisons ici une contribution de Jean-Claude Lévy sur le cas des flux financiers provoqués par les équipements et le fonctionnement urbains.

#### Flux financiers dans la ville

La ville a un coût. Quel est ce coût ? Qui finance l'urbanisation ? La ville précède-t-elle ou accompagne-t-elle seulement le développement économique ?

Vitruve, architecte romain s'interrogeant sur le coût des réseaux d'assainissement au I<sup>er</sup> siècle av. J.C. se posait déjà ces questions. Lorsque Deng Tsiao Ping assignait aux métropoles chinoises bordières du Pacifique la fonction de développer, à terme, toute la République populaire de Chine, il y répondait de façon optimiste; les États, les hommes politiques et les historiens se sont interrogés sur les villes, le coût et le financement de leur construction, l'amortissement des investissements consentis, leur place dans l'essor socio-économique des États, leur fonction dans l'accumulation du capital, leur rôle d'organisation, au cours des trois phases, parfois superposées, de l'évolution économique au fil du temps : troc et économie matérielle, économie de marché et plus tard capitalisme.

Un détour par Fernand Braudel s'impose pour apprécier ces phases qu'il appelle aussi des « strates » ; pour lui, il existe une différence politique entre économie de marché et capitalismes. « Keynes, pour son compte, parlait de concurrence imparfaite ; les économistes contemporains vont plus loin : pour eux, il y a les prix du marché et les prix des monopoles, c'est à dire un secteur monopoliste et un "secteur concurrentiel", soit deux étages. La double image est aussi bien chez J. O'Connor

que chez Galbraith. Alors est-ce un abus d'appeler économie de marché ce que certains dénomment aujourd'hui secteur concurrentiel ? Au sommet ce sont les monopoles, au dessous la concurrence réservée aux petites et médiocres entreprises. [...] Mais mon propos n'est pas de multiplier les exemples. Il est seulement de signaler qu'il y a une marge inférieure, plus ou moins épaisse, de l'économie - appelez-la comme vous voulez, mais elle existe, et elle est faite d'unités indépendantes. Alors ne dites pas trop que le capitalisme est l'ensemble du social, qu'il enveloppe nos sociétés entières. [...] Enfin, il faut ajouter que le secteur concurrentiel ne saisit pas, quant à lui, tout ce que le capitalisme des hauteurs a laissé de côté, ou même abandonné. Il y a aujourd'hui encore, comme au XVIIIe siècle, un large rez-de-chaussée qui, à dire d'économistes, représente jusqu'à 30 et 40 % des activités, dans les pays industrialisés du monde actuel. Ce volume, récemment estimé et qui surprend par son ampleur, est l'addition, hors des marchés et des contrôles de l'Etat, de la fraude, du troc des biens et des services, du "travail au noir", de l'activité des ménages, cette économie de la maison qui, pour Saint-Thomas d'Aquin, était l'economia pura et qui subsiste de nos jours. » (Fernand Braudel, Civilisation matérielle, économie et capitalisme, Armand Colin, 1979).

C'est dire que les villes fonctionnent selon plusieurs strates économiques qui interviennent dans la formation des coûts collectifs de l'urbanisation, suivant le périmètre auquel on s'attache. Fernand Braudel expliquait déjà en 1979 que « nos statistiques qui ne tiennent pas compte, dans leurs chiffres, de ce rez-de-chaussée de nos sociétés, sont une analyse incomplète. »

#### Sources et ressources

Il existe des sources écrites, comptables, iconographiques, qui permettent d'apprécier à partir de monographies les coûts et avantages socio-économiques, y compris les consommations de ressources, engendrés par les grandes politiques urbaines de certaines époques. D'Amsterdam à Venise en passant par Florence, Lyon ou Bordeaux, il n'est pas impossible de se faire une idée après coup des enjeux financiers et sociaux mis en œuvre, qu'il s'agisse de la morphologie, des rénovations entreprises dans ces villes, ou de l'évolution de leur positionnement géo-économique. Les villes du capitalisme marchand des grandes foires de Champagne ou de la Hanse, les villes toujours marchandes du quattrocento italien, les villes ultérieures du capitalisme industriel, jusqu'à Haussmann, peuvent être relativement bien connues.

En revanche, nous ne disposons en France d'aucun appareil statistique approprié à l'étude micro-économique des villes. Concernant les infrastructures urbaines (transports énergie, réseaux divers), et surtout les plus récentes qui concernent l'environnement (eau potable, assainissement...), la comptabilité administrative des collectivités locales ne permet pas d'obtenir des résultats satisfaisants sans opérer des approximations quelquefois hasardeuses. En outre, la crise des finances locales et les difficultés engendrées par diverses formes de spéculation favorisent

des investissements de très court terme. « L'urbanisme d'État » (Jean-Paul Lacaze) qui se substituait aux collectivités locales pour l'étude, l'ingénierie et le financement des grands projets d'infrastructures, n'a plus une position souveraine (c'est vrai aussi dans d'autres États, pensons à Brasilia); de plus, les finances locales supportent aujourd'hui des charges considérables en termes sociaux, ou même en gestion environnementale (extension des espaces verts, travaux de propreté non assurés par les habitants, déchets, eaux surtout).

# Le rez de chaussée et l'autonomie sociale

Par la formule de « rez-de-chaussée », qui désigne aussi les économies informelles, Fernand Braudel désigne des phénomènes prestigieux comme la Silicon valley, ou d'autres moins connus comme la substitution progressive des casinos et restaurants traditionnels par des restaurants chinois, qui répondent à la crise de l'épicerie ou de la restauration en apportant de la valeur ajoutée grâce à des cycles de production ou de management hors des normes de temps, de travail et d'espace relationnel de ces activités « classiques ». Il s'agit d'activités différentes dans le temps et l'espace de leur déroulement, qui se développent dans les interstices des marchés financiers classiques. C'est ce qu'Yves Barel appelait en 1982-83 le « retour du troc » (USS Grenoble, Centre d'étude des dynamiques sociales). « Il y a troc dans la mesure où deux ou plusieurs partenaires sociaux négocient pour parvenir à un échange équilibré d'éléments dont certains sont monétaires ou quantifiables, mais dont les autres ne peuvent pas recevoir une expression économique parce qu'ils sont directement politiques, culturels, psychologiques, affectifs, etc. Ce troc moderne, par rapport à l'échange marchand, auquel il est évidemment associé de manière intime, présente les caractéristiques suivantes : il porte sur des éléments nombreux et divers au lieu d'un échange simple d'un bien ou d'un service contre de l'argent; certains de ces éléments sont inévitablement de nature politique; luimême prend la forme d'une négociation politique, échappant aux critères de la négociation économique; il comporte souvent la prise en considération du temps. Ce nouveau troc se développe aux deux extrémités du "spectre social": aux micro-niveaux, il accompagne les modestes efforts observables en matière "d'auto-production", de mini-réseaux économiques affinitaires, mettant en jeu la famille, les voisins, des individus ou des groupes choisis pour ce qu'ils sont, etc. Mais ce troc est aussi présent dans les stratégies des grands acteurs politiques et économiques. A partir de 1973, par exemple, on voit surgir et se généraliser la technique qui consiste à lier les contrats d'armement et contrats pétroliers. »

Cette analyse tend à montrer que, d'une part, la place de la négociation sociale est essentielle à déterminer pour gérer symboliquement l'environnement quotidien et planétaire (les démolitions spectaculaires de « barres » des grands ensembles constituent des coûts collectifs originaux, en raison des coûts des opérations elles-mêmes, mais aussi pour

leurs habitants parce qu'elles annulent la valeur sociale de leur habitat initial) et, d'autre part, ce « rez-de-chaussée » constitue un ensemble de ressources physiques, humaines et économiques mobilisables directement pour la gestion pratique de cet environnement.

Nous sommes dans le «rez-de-chaussée» de Fernand Braudel, au plan de l'injonction symbolique, lorsque les citoyens sont invités à trier eux-mêmes leurs déchets, ou à déneiger par temps d'hiver. Il est alors fait appel aux ressources de conscience, de liberté de mobilisation, d'autonomie de chaque collectivité. L'effort de travail gratuit est demandé au nom du développement durable, des générations futures, et pour une activité dont la réalisation et le coût collectif ne sont pas à la portée financière de la collectivité. Le symbolique, le politique et l'économique sont donc profondément imbriqués ; par exemple, le tri sélectif à la source tend à être accepté à la suite d'un long processus de négociation.

L'exemple des platanes de la Place de la Canourgue à Montpellier permet d'imaginer les mécanismes qui agissent souvent de façon imprévisible sous la pression sociale. Le maire de la ville a renoncé devant la réprobation de ses concitoyens à effacer un patrimoine architectural et végétal relativement ancien. Mais cette affaire, dont le coût financier était relativement modeste, a eu une telle intensité médiatique et symbolique que toute la politique environnementale de la municipalité en a été modifiée. La stratégie d'urbanisme de la ville de Montpellier, qui a signé depuis une « charte d'écologie urbaine », qui fait de l'écologie un outil de « marchandisation » (J.P. Volle, Sretie, ministère de l'Environnement, 1992) pour attirer investissements et activités, qui prévoit un tramway durant le prochain mandat municipal, etc., a été rénovée par une question de platanes : un réaménagement urbain relativement modique contribua sans doute fortement à la décision d'une dépense environnementale de plusieurs milliards de francs.

Sur le versant non plus du symbolique, mais de la gestion matérielle de l'environnement urbain, la prise en considération du « rez-de-chaussée» et des autonomies s'avère importante pour apprécier les coûts collectifs, les réduire ou les augmenter. Par exemple, dans certains pays en développement, de nombreux enfants et adolescents vivent de récupération sur des décharges d'ordures. Bien que nous ne sachions pas bien monétariser ce service, il y a là production d'une valeur ajoutée monétaire essentielle aux familles par cette activité. Mais quel est le coût collectif en retour de cette activité sur le plan de la santé? Ou le bénéfice de les faire ainsi mieux échapper aux circuits de la prostitution ou de la drogue?

# Modifier l'offre pour maîtriser les coûts

En matière de coûts collectifs urbains, le calcul se heurte donc à des contradictions difficiles à résoudre, en dehors de la difficulté propre aux enjeux environnementaux eux-mêmes. L'hygiénisme haussmannien se trouve aujourd'hui aux limites de ses possibilités, les sociétés contemporaines sont placées devant des investissements énormes de traitement de

l'environnement, les collecteurs d'épargne ont tendance à se tourner vers la spéculation sur le marché des valeurs. L'offre de la strate financière et technologique la plus moderne de l'économie contemporaine répond mal à la demande écologique des villes. Les issues envisagées dans les années soixante, du type *small is beautifull*, près du terrain, ne constituent pas une alternative généralisable. Il n'est pas impossible en revanche que certaines formules telles que chartes ou Agendas 21 locaux, ne puissent réduire les coûts collectifs de gestion de l'environnement, notamment en utilisant les réseaux d'information nouveaux, supports de nouvelles possibilités de régulation.

On voit apparaître de nombreux réseaux « duals, c'est à dire des réseaux d'informations sur les flux physiques écoulés par les réseaux et permettant leur régulation en temps réel. [...] A cette fin, il faut maintenant réarticuler dans une démarche stratégique différentes approches et tout particulièrement celles relatives au développement économique et social, à l'aménagement urbain, aux réseaux d'infrastructures et à la gestion des différents flux correspondants : tout ceci pour aboutir à une vision renouvelée et enrichie d'une approche urbanistique intégrant mieux les unes et les autres. » (Claude Martinand, Recherche Études Environnement Développement, SRETIE, décembre 1992). Claude Martinand préconise, concernant l'eau, les déchets, les transports, l'énergie, un développement durable par plus de régulation systémique. « Faire émerger des coopérations et des compromis entre ces acteurs dépassant ainsi les conflits ou les contradictions, qui sont dans la nature même de toute société humaine, telle est l'ambition de la régulation », selon trois dimensions majeures « temporelle pour arbitrer entre le court terme, le moyen et le long terme (différents horizons temporels), spatiale pour mettre en cohérence les différents niveaux territoriaux (différentes échelles), sociale pour arbitrer entre les aspirations individuelles et celles de la collectivité ou de la société ».

La forte culture scientifique et technique, pratique et informative, nécessaire pour opérer les nouveaux réseaux, les importantes sources de financement qui doivent être mobilisées pour les réaliser, rencontrent aujourd'hui des limites. Les gestionnaires de l'environnement se demandent si les économies d'échelle favorisées par la réalisation et la mise en connexion en temps réel de réseaux de plus en plus vastes, ne se traduisent pas par des rendements décroissants, auxquels il conviendrait de remédier par des politiques de subsidiarité. C'est l'optique de l'offre éco-industrielle qui est interrogée.

## Groupes de travail Comité de pilotage

## **Groupes de travail**

#### Économie

Cointe Raymond (mission interministérielle de l'effet de serre)

**Foray Jean-Pierre** (ministère de l'Environnement, direction de la prévention des pollutions et des risques)

Gastaldo Sylviane (École nationale de la statistique et de l'administration économique, directrice des études)

Glachant Matthieu (Cerna, École nationale supérieure des mines de Paris)

Godard Olivier (CIRED, Centre international de recherches sur l'environnement et le développement, École des hautes études en sciences sociales)

**Hourcade Jean-Charles** (CIRED, Centre international de recherches sur l'environnement et le développement, École des hautes études en sciences sociales)

Lagadec Patrick (laboratoire d'économétrie, École polytechnique)

Legrand Henri (ministère de l'Industrie, conseil général des Mines)

Lezon Catherine (ministère de l'Économie et des Finances, Commission de contrôle des assurances)

Litvan David (ministère de l'Économie et des Finances, direction de la prévision)

Moisan François (Ademe, directeur de la programmation)

Morcheoine Alain (Ademe, directeur des transports)

**Orfeuil Jean-Pierre** (Inrets)

Pagès Jean-Pierre (Commissariat à l'énergie atomique, direction de la communication)

#### Santé

**Chanel Olivier** (GREQAM, Groupement de recherche en économie quantitative d'Aix-Marseille, École des hautes études en sciences sociales – universités d'Aix-Marseille II et III)

Courvalin Catherine (ministère de l'Environnement, service de la recherche et des affaires économiques)

Dor Frédéric (Ademe)

**Festy Bernard** (laboratoire d'hygiène et de santé publique, faculté de pharmacie, Paris)

Giroult Éric (ministère de l'Équipement, du Logement et du Tourisme, conseil général des ponts et chaussées)

Gremion Catherine (centre de sociologie des organisations, École des mines de Paris)

**Grimfeld Alain** (pédiatre, Hôpital Trousseau / chargé de mission auprès du ministre de l'Environnement)

Kamami Yves-Victor (hôpital de Saint-Cloud)

Landrieu Guy (Ineris)

**Médina Sylvia** (observatoire régional de la santé d'Île-de-France)

**Rychen Frédéric** (GREQAM, Groupement de recherche en économie quantitative d'Aix-Marseille, École des hautes études en sciences sociales – universités d'Aix-Marseille II et III)

Willinger Marc (bureau d'économie théorique et appliquée, université de sciences économiques, Strasbourg)

Zacklad Guy (ministère de l'Industrie, direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement Île-de-France)

**Zmirou Denis** (laboratoire d'hygiène et de santé publique, université Joseph Fourier, Grenoble)

#### **Infrastructures**

Aubert Jean-Marc (ministère de l'Économie et des Finances, direction de la prévision)

Barrès Danielle (INRA, délégation à l'environnement)

Chassande Pierre (ministère de l'Équipement, du Logement et du Tourisme, conseil général des ponts et chaussées)

Cointe Raymond (mission interministérielle de l'effet de serre)

**Delaunay Alexis** (ministère de l'Environnement, direction de l'eau)

**Garnier Christian** (France nature environnement)

Guyot Patrice (ministère de l'Environnement, direction de l'eau)

**Hussenot Vincent** (ministère de l'Environnement, direction de la nature et des paysages)

Kovasachzy Marie-Christine (ministère du Tourisme, observatoire national du tourisme)

Lambert Jacques (Inrets)

Lamure Claude (Inrets)

Landrieu Guy (Institut national de l'environnement industriel et des risques)

**Litvan David** (ministère de l'Économie et des Finances, direction de la prévision)

Oesinger Jean-Claude (Fédération nationale des usagers des transports)

Orfeuil Jean-Pierre (Inrets)

**Piron Vincent** (Société générale d'entreprises, département concessions)

**Senna Philippe** (ministère de l'Environnement, direction de la nature et des paysages)

**Tardif Delphine** (ministère de l'Environnement, direction de l'eau)

#### Bâti

Ader Gérard (Insee)

Bernard Henri (confédération syndicale du cadre de vie)

**Bossebœuf Didier** (Ademe, direction de la programmation)

Checcaglini Paul (ministère de l'Équipement, du Logement et du Tourisme, direction de l'architecture et de l'urbanisme)

Chosson Alain (confédération syndicale du cadre de vie)

Coiffard Jean (Centre d'études et de recherches économiques sur l'énergie)

**Cointe Raymond** (mission interministérielle de l'effet de serre)

Comby Joseph (Études foncières)

**Dresch Michel** (ministère de l'Équipement, du Logement et du Tourisme, conseil général des ponts et chaussées)

Forestier Laurent (CDC Consultants)

**Fouchier Vincent** (EPEVRY)

**Hertzog Robert** (centre de recherches administratives et financières, université Robert Schumann, Strasbourg)

**Hornung Pascal** (ministère de l'Économie et des Finances, direction de la prévision)

**Hussenot Vincent** (ministère de l'Environnement, direction de la nature et des paysages)

Lacaze Jean-Paul

Legrand Henri (ministère de l'Industrie, conseil général des Mines)

Levy Jean-Claude (ministère de l'Environnement, service de la recherche et des affaires économiques)

Lezon Catherine (ministère de l'Économie et des Finances, Commission de contrôle des assurances)

**Litvan David** (ministère de l'Économie et des Finances, direction de la prévision)

**Nicol Jean-Pierre** (association 4D)

Orfeuil Jean-Pierre (Inrets)

Ossadzow Alexandre (ministère de l'Équipement, du Logement et du Tourisme, conseil général des ponts et chaussées)

**Piron Vincent** (Société générale d'entreprises, département concessions)

Poutrel Jean-Marie (CDC Consultants)

Renard Vincent (laboratoire d'économétrie, École polytechnique)

Roseau Nathalie (Datar)

Rumeau Geneviève (AMF, association des maires de France)

**Toilier Florence** (laboratoire d'économie des transports, École nationale des travaux publics de l'État)

#### Eau

Aguilar Serge (Cergrene, École nationale des ponts et chaussées)

Barraqué Bernard (Latts, École nationale des ponts et chaussées)

**Bebin Jean** (Lyonnaise des Eaux)

**Bédiot Guy** (agence de l'eau Seine-Normandie)

**Bonnefoi Serge** (chargé de cours à l'Institut d'études politiques de Toulouse)

**Deneuvy Jean-Philippe** (ministère de l'Environnement, direction de l'eau)

Faudry Daniel (Institut d'économie et de politique de l'énergie, CNRS, Grenoble)

Herremans Louis (Anjou Recherche)

Lavoux Thierry (Ifen)

Legrand Henri (ministère de l'Industrie, conseil général des Mines)

Litvan David (ministère de l'Économie et des Finances, direction de la prévision)

Xambeu Philippe (AMF, association des maires de France)

# Comité de pilotage de la Cellule prospective et stratégie

Armand (Richard), comité exécutif Pechiney.

Bureau (Dominique), ministère de l'Économie et des Finances, direction de la prévision.

Gelly (Jean-Paul), compagnie Saint-Gobain, directeur des relations sociales et de l'environnement.

**Grossetête** (**Françoise**), député européenne, conseillère régionale Rhône-Alpes.

**Legrand** (Patrick), Institut national de la recherche agronomique, France - Nature - Environnement.

Lequenne (Philippe), Les Amis de la Terre.

**Matheu** (Michel), Commissariat général du Plan, chef du service de l'énergie et des activités tertiaires (secteur transports).

Molle (Jean-François), Danone, directeur général réglementation-sécuritéenvironnement.

Pélissard (Jacques), député-maire de Lons-le-Saunier (Jura).

Philip (Patrick), Commissariat à l'énergie atomique, mission environnement.

Rousselot (Michel), ingénieur général, Conseil général des ponts et chaussées.

Salmon (Jean), vice-président de la FNSEA.

**Theys** (**Jacques**), ministère de l'Équipement et des Transports, DRAST, Centre de prospective et de veille stratégique.

Tramier (Bernard), ELF-Aquitaine, directeur de l'environnement.

#### **Annexe 8**

## **Glossaire**

#### **Abréviations**

**ACV** 

analyse du cycle de vie

**ADEME** 

Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

**AIRPARIF** 

réseau de mesure de la qualité de l'air de Paris et de la région Île-de-France

AOT

autorités organisatrices de transport

**APHEA** 

Air Pollution on Health a European Approach

**APHP** 

Assistance publique – hôpitaux de Paris

**ASFA** 

Association des sociétés françaises d'autoroutes

BTP

bâtiments et travaux publics

**CEMAGREF** 

Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et forêts.

**CERTU** 

Centre d'étude sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et

les constructions publiques

**CFC** 

chlorofluorocarbones

**CFDD** 

Commission française du développement durable

**CGPC** 

Conseil général des ponts et chaussées (MELTT)

**CITEPA** 

Glossaire 377

Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique

CO

monoxyde de carbone

CO<sub>2</sub>

dioxyde de carbone

COV

composés organiques volatils

DERU

directive sur les eaux résiduaires urbaines

DIREN

direction régionale de l'Environnement

DRAST

direction de la recherche et des affaires scientifiques et techniques (MELTT)

DREIF

direction régionale de l'Équipement d'Île-de-France

**EPA** 

Environmental Protection Agency

**EPEVRY** 

Établissement public d'Évry

**ERPURS** 

évaluation des risques de la pollution urbaine pour la santé

DERU

directive sur l'épuration des eaux résiduaires urbaines

FN

(indice de) fumées noires

**FNAUT** 

Fédération nationale des usagers des transports

**FNSEA** 

Fédération nationale des syndicats d'exploitants agricoles

**GIEC** 

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC)

**GREOAM** 

Groupement de recherche en économie quantitative d'Aix-Marseille, École des hautes études en sciences sociales – universités d'Aix-Marseille II et III

HAP

hydrocarbures aromatiques polycycliques

HC

hydrocarbures

**HCFC** 

hydrochlorofluorocarbones

**IAURIF** 

Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région d'Île-de-

France

**IFEN** 

Institut français de l'environnement

IFP

Institut français du pétrole

**INERIS** 

Institut national de l'environnement industriel et des risques

INESTENE

Institut d'évaluation des stratégies sur l'énergie et l'environnement en Europe

**INRA** 

Institut national de la recherche agronomique

**INRETS** 

Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité

**INSEE** 

Institut national de la statistique et des études économiques

**INSERM** 

Institut national de la santé et de la recherche médicale

**IPCC** 

International Panel on Climate Change (GIEC)

LOTI

loi d'orientation des transports intérieurs (nº 82-1153 du 30 décembre 1982)

**MELTT** 

ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et du

Tourisme

**MIES** 

mission interministérielle de l'effet de serre

NO

monoxyde d'azote

 $NO_2$ 

dioxyde d'azote

NOx

oxydes d'azote (NO, NO2)

Glossaire 379

 $N_2O$ 

protoxyde d'azote

**OCDE** 

Organisation de coopération et de développement économiques

**OMS** 

Organisation mondiale de la santé

ONF

Office national des forêts

O3

ozone

PIB

produit intérieur brut

PNB

produit national brut

 $PM_{10}$ 

particulate matter 10, fraction des particules de moins de 10 µm

**PNUE** 

programme des Nations Unies pour l'environnement

POS

plan d'occupation des sols

**PREDIT** 

programme pour la recherche, le développement et l'innovation dans les transports terrestres

PS

particules en suspension

PS13

particules en suspension d'un diamètre inférieur à 13 µm

RR

risque relatif

RA

risque attribuable

**SETRA** 

service d'études techniques des routes et autoroutes

**SNADT** 

schéma national d'aménagement du territoire

 $SO_2$ 

dioxyde de soufre

SOx

oxydes de soufre (SO2...)

SO2-

sulfates

**TGV** 

train à grande vitesse

**TIPP** 

taxe intérieure sur les produits pétroliers

**ZNIEFF** 

zone naturelle d'intérêt écologique faunistique et floristique

**Unités** 

cm

centimètre

cts

centimes

dB

décibel

F

franc français

G [unité]

giga ou milliard

g

gramme

h

heure

ha

hectare

k [unité]

kilo ou millier

kep

kilo équivalent pétrole

kg

kilogramme

km

kilomètre

 $\,km^2\,$ 

kilomètre carré

kt

kilotonne

ktep

kilotonne équivalent pétrole

Glossaire 381

kW

kilowatt

1

litre

M [unité]

méga ou million

MF

million de francs

Mtep

million de tonnes équivalent pétrole

m

mètre

mg

milligramme

μ [unité]

micro

n [unité]

nano

ppm

partie pour million

t

tonne

tep

tonne équivalent pétrole

t-km

tonne-kilomètre

véh.-km

véhicule-kilomètre

voy.-km

voyageur-kilomètre

# **Bibliographie**

1 – L. Boltanski, L. Thévenot, *De la justification, Les économies de la grandeur*, NRF essais, Gallimard, Paris, 1991.

*Cf.* p. 141.

2 – Commission française du développement durable, Le développement durable. Contribution au débat national, 1996.

Cf. p. 51, 122.

3 – D. Dron, *Environnement et choix politiques*, «Dominos», Flammarion, 1995.

Cf. p. 46, 170, 207, 299, 339.

- 4 IFEN, L'environnement en France, Dunod, 1994. Cf. p. 112, 283.
- 5 Working future? Jobs and the environment, Friends of the Earth, november 1995.

Cf. p. 360.

6 – Ministère de l'Environnement, Données économiques de l'environnement, Economica, Paris, 1996.

*Cf.* p. 232.

7 – Stratégie nationale du développement durable, République française, 15 février 1997.

Cf. p. 75, 103, 252.

8 – M. Angel, *Limites de l'évaluation économique et de l'analyse coûts-avantages*, Cerna, École nationale supérieure des mines de Paris, décembre 1995.

Cf. p. 140, 157, 168, 169, 176, 177.

9 – K. J. Arrow, « Application de l'analyse économique de l'investissement à la lutte contre "l'effet de serre" », *Problèmes économiques*, nº 2456, 24 janvier 1996.

*Cf.* p. 186, 187, 188, 189.

- 10 J.-P. Barde, Économie et politique de l'environnement, 2<sup>e</sup> édition, PUF. Paris, 1992.
- *Cf.* p. 53, 147, 148, 149, 152, 170, 171, 175, 176, 178, 202, 207.

11 – G. Bertolini, « Économie de la collecte des résidus ménagers : les articulations entre récupération et élimination », Revue d'économie politique, 5, p. 631-648, 1987.

Cf. p. 91.

12 – M. Boiteux, « À propos de la "Critique de la théorie de l'actualisation telle qu'employée en France" », *Revue d'économie politique*, n° 332, septembre-octobre 1976.

Cf. p. 44, 105, 192, 192.

13 – F. Bonnieux, P. Rainelli, «Learning from Amoco Cadiz oil spill: damage valuation and court's ruling », *Industrial and Environnemental Crisis Qaterly*, vol. 7, no 3, 1993.

Cf. p. 156, 174.

14 – Commissariat général du Plan, *L'économie face à l'écologie*, La Découverte/La Documentation française, Paris, 1993.

*Cf.* p. 53, 108, 152, 153.

- 15 T. Crowards, D. Pearce, *Energy Policy*, vol. 24, no 7, 1996. *Cf.* p. 302.
- 16 Direction de la prévision, ministère de l'Économie, «Croissance et Environnement», *Les Notes Bleues*, nº 603, Paris, juillet-août 1992. *Cf.* p. 191.
- 17 S. Faucheux, J.-F. Noël, *Les menaces globales sur l'environnement*, La Découverte, 1990.

*Cf.* p. 128.

- 18 O. Godard, « Stratégies industrielles et convention d'environnement : de l'univers stabilisé aux univers controversés », dans *Environnement-économie*, Insee Méthodes n° 39-40, p. 145-174, décembre 1993.

  \*\*Cf. p. 26, 49, 153.
- 19 O. Godard, « Le développement durable : paysage intellectuel », *Nature-Sciences-Sociétés*, 2 (4), p. 309-322, 1994. *Cf.* p. 108, 161, 166, 167, 185.
- 20 O. Godard, « L'évaluation économique comme procédure de coordination dans la protection de l'environnement et de la santé », Les Cahiers du Groupe épistémologie des cindyniques, n° 3, décembre 1996. Cf. p. 20, 46, 116, 139, 162, 164, 166.
- 21 O. Godard, « Les sciences économiques et les recherches sur l'environnement », rapport de conjoncture au programme interdisciplinaire de recherche « environnement, vie et société » du CNRS, décembre 1996. Cf. p. 145.
- 22 B. Guerrien, *L'économie néo-classique*, La Découverte, Paris, 1989. *Cf.* p. 144.
- 23 C. Henry, « La micro-économie comme enjeu et langage de négociations », *Revue économique*, 35 (1), janvier 1984. *Cf.* p. 116, 183, 200.

- 24 C. Henry, « Efficacité économique et impératifs éthiques : l'environnement en copropriété », *Revue économique*, 41 (2), mars 1990. *Cf.* p. 161.
- 25 C. Hope, P. Maul, « Valuing the impact of CO<sub>2</sub> emissions », *Energy Policy*, 24, (3), p. 211-219, 1996. *Cf.* p. 170, 321.
- 26 J.-C. Hourcade, « Analyse économique et gestion des risques climatiques », *Nature-Sciences-Sociétés*, 2 (3), p. 202-211, 1994. *Cf.* p. 57, 104, 142, 157, 187.
- 27 J.-C. Hourcade, T. Chapuis, « No-regret potentials and technical innovation. A viability approach to integrated assessment of climate policies », *Energy Policy*, vol. 23, nº 4/5, p. 433-445, 1995. *Cf.* p. 323.
- 28 J.-C. Hourcade, « Consensus inespéré ou artefact théorique », *Les cahiers de Global Chance*, nº 7, juillet 1996.

  Cf. p. 26, 164, 213, 313.
- 29 « Y a-t-il des éléments nouveaux dans le rapport rédigé par le Groupe I de l'IPCC ? », interview de J. Jouzel par P. Roqueplo, *Les cahiers de Global Chance*, nº 7, juillet 1996.

  Cf. p. 122.
- 30 E. Malinvaud, « La science économique et les décisions d'économie globale », *Revue de l'énergie*, n° 390, février-mars 1987. *Cf.* p. 161, 163.
- 31 A. Manne, R. Richels, «The Greenhouse Debate: Economic Efficiency, Burden Sharing and Hedging Strategies», *The Energy Journal*, 16, (4), p. 1-37, 1995.

  \*\*Cf. p. 322.
- 32 A. Markandya et al., *Green Accounting in Europe. The role of damage estimation. Four case studies*, European Commission, DGXII, Bruxelles, 1996.

Cf. p. 213, 302.

33 – W. Nordhaus, «To slow or not to slow: the economics of the greenhouse effect », *The Economic Journal*, Vol. 101, July, p. 920-937, 1991.

Cf. p. 321.

34 – R. Passet, *L'économique et le vivant*, 2<sup>e</sup> édition, Economica, Paris, 1996.

Cf. p. 145, 174.

35 – C. Philibert, « Changements climatiques : faut-il aller au-delà des actions "sans regrets" ? (dix remarques sur le taux d'actualisation) », dans Écologie société économie : quels enjeux pour le développement durable ?, 1996.

*Cf.* p. 161, 185, 187, 190, 191, 193.

36 – P. Point, B. Desaigues, Économie du patrimoine naturel, Economica, Paris, 1992.

Cf. p. 171, 176, 295.

37 – L. Puiseux, « Bifurcations et irréversibilités dans l'histoire économique de l'énergie depuis 1945 », dans Colloque EHESS *Irréversibilités dans les modes de croissance*, Paris, 21-23 juin 1989.

Cf. p. 102.

38 – C. Riveline, Évaluation des coûts, éléments d'une théorie de la gestion, École des Mines de Paris, 1996.

Cf. p. 46.

- 39 M. Sagoff, *The economy of the Earth*, Cambridge studies in philosophy and public policy, Cambridge university press, 1988. *Cf.* p. 67, 138, 141, 194.
- 40 SCE Impact économique des pollutions agricoles sur la potabilisation de l'eau dans le bassin Loire-Atlantique, mai 1995. Cf. p. 101.
- 41 G. Scemini, « Environmental Politics and Anticipatory Strategies », dans Simonis U.E. (ed.), *Präventive Umweltpolitik*, Campus Verlag, Frankfürt/Main, Allemagne, p. 27-48, 1988.

  \*\*Cf. p. 158.\*\*
- 42 R. Shackleton, M. Shelby, A. Cristofaro, R. Brinner, J. Yanchar, L. Goulder, D. Jorgenson, P. Wilcoxen, P. Pauly, *The Efficiency Value of Carbon Tax Revenues*, Washington DC, USEPA, March 1992. *Cf.* p. 170.
- 43 B. Walliser, *Le calcul économique*, La Découverte, Paris, 1990. *Cf.* p. 178.
- 44 R. Guesnerie, L'économie de marché, « Dominas », Flammarion, 1996

Cf. p. 40.

- 45 C. Lezon, « Assurance de risques industriels et protection de l'environnement », *La Jaune et la Rouge*, mars 1996. *Cf.* p. 174.
- 46 N. Bouleau, « Splendeurs et misères des lois de valeurs extrêmes »,
   Risques, n° 4, p. 85-92, janvier 1991.
   Cf. p. 128.
- 47 V. Cohen, « Probabilité et statistique : du doute à l'action », *Annales des ponts et chaussées*, nº 72, p. 64-68, 1994. *Cf.* p. 108.
- 48 V. Cohen, « Utiliser ou non une théorie ? l'exemple du risque » Annales des ponts et chaussées, nº 76, p. 4-10, 1995.

  Cf. p. 127.

49 – J.-P. Moatti, « La gestion des risques pour la santé : l'analyse économique à la poursuite du risque acceptable », *Annales des ponts et chaussées*, nº 76, 1995.

*Cf.* p. 126.

50 – Deuxième Rapport d'évaluation du GIEC, Changements climatiques 1995, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, résumés à l'intention des décideurs, OMM-PNUE, 1996.

*Cf.* p. 21, 26, 58, 88, 97, 103, 105, 106, 109, 113, 121, 130, 132, 143, 169, 185, 186, 188, 189, 197, 198, 199, 207, 208, 214, 313, 316, 317, 318, 322.

- 51 Le principe de précaution, sous la direction d'Olivier Godard, éditions de la Maison des sciences de l'homme, INRA, Paris, 1997. Cf. p. 156.
- 52 O. Godard, « L'ambivalence de la précaution et la transformation des rapports entre science et décision », dans *Le principe de précaution*, sous la direction d'O. Godard, éditions de la Maison des sciences de l'homme, INRA, Paris, 1997.

Cf. p. 129, 130.

53 – G. Megie, « Incertitude scientifique et décision politique : le cas "historique" de l'ozone stratosphérique », dans *Le principe de précaution*, sous la direction d'O. Godard, éditions de la Maison des sciences de l'homme, INRA, Paris, 1997.

Cf. p. 97, 121.

54 – P. Roqueplo, *Climats sous surveillance*. *Limites et conditions de l'expertise scientifique*, Economica, Paris, 1993.

Cf. p. 121, 125.

55 - P. Lagadec, « Au service du public, jusque dans les crises », *Management et conjoncture sociale*, nº 481, 2 avril 1996. *Cf.* p. 196.

56 – Actualité et dossiers en santé publique, *Santé et environnement*, n° 13, décembre 1995.

Cf. p. 277.

57 – Airparif, Surveillance de la qualité de l'air en Île-de-France, rapport d'activité 1995.

*Cf.* p. 111.

58 – D.W. Dockery et al., « An association between air pollution and mortality in six U.S. cities », New England Journal of Medicine, vol. 329,  $n^{\circ}$  24, p. 1753-1759, December 9, 1993.

*Cf.* p. 294, 301.

59 – D.W. Dockery, C.A. Pope III, « Accute respiratory effects of particulate air pollution », *Annu. Rev. Public Health*, 15, p. 107-132, 1994. *Cf.* p. 294.

60 – S. Médina, A. Le Tertre et al., Évaluation de l'impact de la pollution atmosphérique urbaine sur la santé en Île-de-France, rapport ORSIF, 1994.

Cf. p. 132, 269, 277, 279, 282, 297.

61 – GERPA, Contribution au rapport au Parlement concernant l'application de l'article 15 de la loi du 31 décembre 1992, ministère de l'Environnement (mission bruit), 28 octobre 1994.

*Cf.* p. 112, 124, 172, 175.

62 – C.A. Pope III et al., « Particulate Air Pollution as a Predictor of Mortality in a Prospective Study of U.S. Adults», *Am. J. Respir. Care Med.*, vol. 151, p. 669-674, 1995.

*Cf.* p. 294.

63 – H. Pujol, « Environnement et cancer : point de vue d'un cancérologue », dans *Nature de la santé, santé de la nature*, Coll. J.-P. Guérin et J.-C. Lévy, *Revue de Géographie Alpine*, n° spécial, 1992.

Cf. p. 91, 107.

64 – *Impact médical des pollutions d'origine automobile*, rapport présenté par le professeur A. Roussel, supplément au n° 99 de la revue Pollution Atmosphérique, juillet-septembre 1983.

Cf. p. 32, 113, 158, 269, 287, 289, 312.

- 65 J. Schwartz, « Air Pollution and Daily Mortality: A Review and Meta Analysis », *Environmental Research*, 64, p. 36-52, 1994. *Cf.* p. 294.
- 66 Société française de santé publique, La pollution atmosphérique d'origine automobile et la santé publique, Bilan de 15 ans de recherche internationale, Collection santé et société nº 4, mai 1996.

*Cf.* p. 82, 105, 113, 123, 124, 131, 269, 271, 273, 274, 275, 276, 279, 280, 281, 282, 283, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 308, 310, 311.

- 67 G. Zacklad, « Pollution de l'air : l'état des incertitudes... », Annales des Mines, Responsabilité et environnement, janvier 1996.

  Cf. p. 271.
- 68 B. Desaigues, A. Rabl, « Reference values for human life », dans N. Schwab et N. Soguel (Eds), *Contingent valuation, transport safety and value of life*, Kluwer, 1995.

Cf. p. 212, 213, 306.

69 – M. Le Net, *Le prix de la vie humaine*, Commissariat Général du Plan, Paris, 1992.

*Cf.* p. 213, 306.

- 70 M. Le Net, Le prix de la vie humaine : calcul par la méthode des préférences individuelles, Commissariat Général du Plan, Paris, 1994. Cf. p. 212.
- 71 W. Viscusi, Fatal tradeoffs: Public and private responsabilities for risk, Oxford University Press, New-York, 1992.

*Cf.* p. 213.

72 – O. Chanel, G. Geniaux, F. Rychen, C. Deniau, B. Ghattas, Évaluation monétaire des effets à court terme de la pollution atmosphérique sur la santé. Application à l'Île-de-France, groupement de recherche en économie quantitative d'Aix-Marseille, contrat pour le ministère de l'Environnement, octobre 1996.

*Cf.* p. 84, 177, 208, 270, 284, 294, 296, 298, 299, 301, 302, 303, 306, 309.

73 – Ecoplan, *Monétarisation des coûts externes de la santé imputables aux transports*, étude réalisée sur mandat du service d'étude des transports du département fédéral helvétique des transports, des communications et de l'énergie, Berne, mai 1996.

Cf. p. 123, 303, 304, 334.

74 – Coût médico-social à court terme de la pollution atmosphérique en milieu urbain. Une étude dans la région Rhône-Alpes (Lyon, Grenoble, Chambéry), Institut universitaire de santé publique de Grenoble, novembre 1995.

Cf. p. 303.

75 – M. Willinger, S. Masson, Évaluation des coûts de la pollution atmosphérique sur la santé en Île-de-France, étude réalisée pour l'Ademe, septembre 1996.

Cf. p. 303, 306.

76 – J. Brua, Accessibilité des zones de faible densité de population, Conseil général des ponts et chaussées et Conseil général du génie rural, des eaux et des forêts, 1993.

Cf. p. 93, 340, 341.

77 – C. Lamure, *Infrastructures de transport et environnement*, Conseil général des ponts et chaussées, 1991.

*Cf.* p. 336.

78 – Société Eco-Projet®, *Autoroutes et environnement*, étude réalisée pour le ministère de la Qualité de la Vie, 1976.

Cf. p. 331, 336, 337, 338.

- 79 P. Legrand, «Le casse des siècles», *Métropolis*, 56, 1983. *Cf.* p. 344.
- 80 J.-M. Offner, «Les "effets structurants" du transport : mythe politique, mystification scientifique», *L'Espace géographique*, n° 3, p. 233-242, 1993.

Cf. p. 93, 340.

81 – Contribution du ministère de l'Équipement, du Logement et du Transport à un plan national de développement durable, février 1997. Cf. p. 246.

82 – D. Dron, *Déchets municipaux : coopérer pour prévenir*, rapport au Ministre de l'Environnement, Cellule de prospective et stratégie, ministère

de l'environnement, La Documentation française, rapports officiels, mai 1997.

Cf. p. 90 91, 127, 246, 252, 333, 336, 359.

83 – J.-P. Lacaze, *Le logement au péril du territoire*, éditions de l'Aube, Datar, à paraître en 1997.

Cf. p. 247.

84 – M. Wiel, « La dimension institutionnelle dans les problèmes d'évaluation des politiques de déplacement », intervention au séminaire Predit du 25 février 1997.

Cf. p. 247, 251, 253, 263.

85 – « "Bâtiment-parking-pelouse", le visage contemporain de l'urbanisation», *Les données de l'environnement*, Ifen, n° 4, avril 1994.

Cf. p. 248, 250.

86 – V. Fouchier, « La densification : une comparaison internationale entre politiques contrastées, éclairage du schéma directeur francilien par des exemples étrangers », *Les Annales de la recherche urbaine*, nº 67, p. 94-108, 1995.

Cf. p. 248, 260, 267.

87 – V. Fouchier, « Les paradoxes écologiques de la dialectique densiténature : le cas de l'Île-de-France », actes de la Biennale des villes et des urbanistes d'Europe, fédération des agences d'urbanisme, Lyon, 4-6 décembre 1995.

Cf. p. 246, 248, 249, 264, 266.

88 – A. Chanard, « Le dialogue ville-campagne au cœur du développement de l'agriculture périurbaine », dans *Agriculture et forêt périurbaine sortent de l'ombre*, numéro hors série, septembre 1996.

Cf. p. 250.

89 – Atelier sur les morphologies urbaines et le développement durable, Nations unies, Conseil économique et social, CEE, rapport HBP/R 301 pour le Plan urbain, 15 juillet 1993.

*Cf.* p. 240.

90 – Étude microéconomique des services environnementaux dans deux agglomérations : Nantes et Amiens, étude pour le ministère de l'Environnement, BIPE et CDC Consultants, 1996

Cf. p. 229, 236.

91 – La gestion de l'environnement à Poitiers et Lyon, Barthélémy/Faudry, étude pour la DAEI (ministère de l'Équipement), 1996.

*Cf.* p. 230, 238, 239, 240.

92 – Services urbains et gestion locale : enjeux et perspectives de recherche – Dynamiques urbaines et finances locales, Alain Guengant, Crefaur, université de Rennes I, étude pour le Plan urbain, Ministère de l'Équipement, 1995.

Cf. p. 228.

- 93 Attention mitage!, ministère de l'Équipement, direction de l'aménagement foncier et de l'urbanisme, service de l'urbanisme, février 1977. Cf. p. 248, 262.
- 94 J.-C. Fanouillet, C. Madinier, «L'extension des villes de 1936 à 1990 », *Insee Première*, n° 451, mai 1996.

  Cf. p. 249.
- 95 « Gestion des eaux usées et des déchets : près de 100 milliards en 1995 », Les données de l'Environnement, Ifen, n° 27, janvier 1997. Cf. p. 252.
- 96 T. Prost, E. Alakih, P. Le Gauffre, A Cabanes, P. Radanne, *Le génie urbain entre subsidiarité et économie d'échelle*, Convention n° 94 31 088 00 223 75 01, Institut national du génie urbain, pour le Plan urbain, MELTT, août 1996.

Cf. p. 240, 241, 242, 244.

97 – B.H. Nicot, « Une mesure de l'étalement urbain en France, 1982-1990 », Revue d'Économie Régionale et Urbaine n° 1, p. 71-98, 1996.

Cf. p. 249.

- 98 Qui doit payer la ville?, collectif, direction de l'architecture et de l'urbanisme (ministère de l'Équipement), ADEF, 1996.
- 100 F. Toilier, Évaluation des coûts et avantages sociaux de l'étalement urbain, thèse en cours de rédaction, Laboratoire d'économie des transports, École nationale des travaux publics de l'État, 1997.

Cf. p. 351.

- 101 *Futures Environmental Forum*, actes, Washington, avril 1997. *Cf.* p. 250, 253, 262, 263.
- 102 Autoroutes 2020, nº 37, janvier 1996. *Cf.* p. 98.
- 103 Cour des comptes, *La politique routière et autoroutière : évaluation de la gestion du réseau national*, rapport au Président de la République, mai 1992.

Cf. p. 98, 339.

104 – Commissariat général du Plan, *Transports 2010*, La Documentation française, juin 1992.

*Cf.* p. 28, 107.

105 – Commissariat général du Plan, *Transports : le prix d'une stratégie*, La Documentation française, 1996.

*Cf.* p. 98.

106 – D. Dron, M. Cohen de Lara, *Pour une politique soutenable des transports*, rapport au ministre de l'Environnement, Cellule de prospective et stratégie, ministère de l'Environnement, La Documentation française, rapports officiels, septembre 1995

- *Cf.* p. 22, 36, 37, 73, 83, 89, 92, 97, 100, 112, 117, 135, 136, 187, 250, 254, 255, 260, 262, 263, 265, 266, 287, 307, 310, 311, 331, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341.
- 108 A. Reocreux, D. Dron, *Débat public et infrastructures de transports*, rapport au ministre de l'Environnement, Cellule de prospective et stratégie, ministère de l'Environnement, La Documentation Française, rapports officiels, septembre 1996.

Cf. p. 22, 24, 71, 74, 200.

109 – Y. Durand-Raucher, « Variabilité comportementale en matière de pratique des déplacements : l'exemple de l'information routière en région Île-de-France », *La Jaune et la Rouge*, n° 516, juin-juillet 1996. *Cf.* p. 111.

110 – OCDE, Transports urbains et développement durable, 1995. Cf. p. 182, 323.

111 – P. Newman, « Reducing Automobile Dependance », dans *Vers des transports durables*, conférence internationale de l'OCDE, Vancouver, Canada, 24-27 mars 1996.

Cf. p. 268.

- 113 J.-P. Orfeuil, Énergie, environnement, fiscalité, déplacements quotidiens, Inrets, décembre 1993.

  Cf. p. 103, 203.
- 114 J.-P. Orfeuil, L'emploi et l'énergie mobilisés par le transport de voyageurs, rapport de convention Mies, Dest-Inrets, avril 1996.

  Cf. p. 107.
- 115 J.-P. Orfeuil, « Qui paye quoi pour aller où ? La mobilité dans la ville éclatée », *La Jaune et la Rouge*, nº 523, mars 1997. *Cf.* p. 112.
- 116 V. Piron, « À propos du prix du temps dans le calcul des coûts de transport », *Études Foncières*, nº 69, p. 52-53, décembre 1995. Cf. p. 204, 349.
- 117 V. Piron, «Les valeurs du temps dans les infrastructures de transport», *Transports*, n° 377, mai-juin 1996. *Cf.* 347.
- 118 M.-P. Rousseau, « Paris surproductif et surencombré », Études foncières, nº 68, septembre 1995.

  Cf. p. 247, 265, 267.
- 119 V. Piron, « Moyens de transports et densité », *Études foncières*, nº 66, p. 17-23, mars 1995. *Cf.* p. 252, 262, 263, 349.
- 120 J.-Cl. Duplessy, P. Morel, *Quand l'océan se fâche*, éditions Odile Jacob, Paris, 1996.

Cf. p. 113, 122.

121 – S. Rahmsdorf, « Bifurcations of the Atlantic thermohaline circulation in response to changes in the hydrological cycle », Institut für Meereskunde, Kiel, *Nature*, vol. 378, p. 145-9, 9 novembre 1995.

Cf. p. 113, 122.

122 – V. Piron, « Savoir choisir un mode de transport », Études foncières, nº 68, p. 7-12, septembre 1995.

*Cf.* p. 254.

123 – V. Piron, « Densités et coûts de transport dans quelques villes européennes, coûts de fonctionnement et d'investissement », *Urbanisme*, n° 289, juillet-août 1996.

Cf. p. 204.

124 – V. Piron, «Modèles de trafic en zone urbaine : une méthodolgie qui reste à inventer», *Transports*, nº 379, septembre-octobre 1996. *Cf.* p. 265.

125 – Transports urbains et calcul économique, rapport du groupe de recherche Équipement-Économie (CGPC, direction de la prévision), décembre 1996.

Cf. p. 264, 264.

126 – J. Vivier, Coûts des déplacements en Île-de-France, éléments pour une politique d'investissement et de tarification, RATP, janvier 1997. Cf. p. 255.

127 – V. Fouchier, « Densité urbaine et mobilité : que sait-on, que peut-on faire ? Le cas de la région parisienne », actes du colloque international francophone A.T.E.C. *La mobilité dans un environnement durable*, Paris, Presses de l'École nationale des ponts et chaussées, 28-30 janvier 1997.

Cf. p. 256, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 364,

365.

128 – V. Fouchier, « Penser la densité », Études foncières, nº 64, p. 7-12, septembre 1994.

*Cf.* p. 266.

129 – V. Fouchier, « Quel transport pour quelle ville ? », *Urbanisme*, nº 289, juillet-août 1996.

*Cf.* p. 263.

130 – V. Piron, « L'acceptabilité politique du péage routier », *Transport*, octobre 1997.

Cf. p. 263, 342, 364.

131 – Beauvais consultants, Étude de la rentabilité financière, économique et environnementale du projet d'autoroute ferroviaire entre Gand et Orange, octobre 1995.

*Cf.* p. 338.

132 – P. Bein, C.J. Johnson, T. Litman, *Monetization of Environmental Impacts of Roads*, Planning Services Branch, Ministry of Transportation and Highways, Victoria, British Columbia, July 1995.

Cf. p. 123, 201, 304, 334, 338, 339.

133 – Commissariat général du Plan, Transports: pour un meilleur choix des investissements, La Documentation française, Paris, 1994.

*Cf.* p. 28, 59, 114, 180, 181, 184, 192, 200, 201, 205, 256, 328.

134 – Secrétariat d'État aux Transports, *Instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport*, jointe à la circulaire du 3 octobre 1995 du secrétaire d'État aux transports.

Cf. p. 28, 30, 114, 115, 184, 194, 200, 201, 205, 328, 329.

135 – J. Lambert, C. Lamure, Évaluation monétaire des impacts des transports sur l'environnement, Inrets-Setra, avril 1996.

Cf. p. 171, 176, 201, 320.

136 – J.-P. Orfeuil, *Les coûts externes de la circulation routière*, Inrets, janvier 1996.

Cf. p. 77, 103, 181, 182, 204.

137 – E. Quinet, Les coûts sociaux des transports, dans Internaliser les coûts sociaux des transports, CEMT-OCDE, Paris, 1994.

Cf. p. 28, 200, 201, 202, 328, 334.

138 - G. Ray, Autoroute - indemnisation des communes, allocution du 26 août 1990 à la Fnaut.

*Cf.* p. 342.

139 – G. Sainteny, La fiscalité des espaces naturels, éd. Victoires / La Découverte, 1993.

*Cf.* p. 134.

- 140 J. J. Mackenzie, R. C. Dower, D. D.T. Chen, *The Going Rate:* What it Really Costs to Drive, World Resources Institute, juin 1992. Cf. p. 203.
- 141 Vers une tarification équitable et efficace dans les transports. Options en matière d'internalisation des coûts externes des transports dans l'Union européenne, Commission de l'Union européenne, janvier 1996.

Cf. p. 256.

142 – Effets externes du transport, Infras A. G. (Zürich) et IWW (Karlsruhe), étude pour l'Union internationale des chemins de fer, novembre 1994.

*Cf.* p. 256.

143 – J.-C. Hourcade, M. Kostopoulou, « Quelles politiques face aux chocs énergétiques », Futuribles, n° 189, p. 7-27, juillet-août 1994. *Cf.* p. 46.

144 – P. Radanne, « Énergie : panorama avant un retour sur le devant de la scène », intervention devant la Commission française du développement durable, 7 décembre 1995.

Cf. p. 245.

- 145 R. Costanza et al., « The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital », *Nature*, vol. 387, p. 253-260, 15 mai 1997. *Cf.* p. 226.
- 146 E. O. Wilson, *La diversité de la vie*, éd. Odile Jacob, Paris, 1992. *Cf.* p. 124, 137, 337.
- 147 Entre terre et eau. Agir pour les zones humides., dossier d'information, ministère de l'Environnement, 1997.

  Cf. p. 220.
- 148 M. Amar, «Qui paye quoi dans les différents modes de transport?», *Transports*, nº 382, p. 81-91, mars-avril 1997. *Cf.* p. 103, 182.

#### Annexe 10

# Index

# A

Analyse(s) coûts-avantages 28, 30, 40, 43-45, 50, 56-57, 60, 66, 68, 76, 78, 80, 87, 137, 143, 155, 158, 160-161, 169, 178, 180, 182-183, 195, 198, 215, 316, 383

Arrow-Debreu 40, 55, 144

# В

Biais 12-13, 20, 22-24, 35, 38, 43, 47, 52, 55, 61, 68, 76, 88, 94, 105, 117, 129, 132, 145-148, 151, 153, 157, 160-161, 163, 169, 176-178, 185, 188, 199, 201, 205-206, 212, 232, 252, 268, 292, 295, 298, 300, 303-304, 320, 328-329, 352-353

Biodiversité 7, 137, 153, 221

Bruit 4, 28-31, 74, 77, 92, 111-112, 114, 117, 124-125, 133-135, 146, 149-150, 167, 171-176, 184-185, 200-201, 203, 205, 230, 237, 248, 268, 327-329, 335-336, 338-340, 344, 365, 387

# C

Charte(s) 80, 89, 240, 243, 245, 370-371

CO<sub>2</sub> 26, 30, 60, 67-68, 75-76, 88, 104, 109, 132, 134, 136, 142, 154, 157, 164, 167, 182, 187, 194, 202, 245, 254, 256, 313, 316, 320-323, 329, 365, 379, 385

Coase 146-147

Compensable(s) 30, 53, 153, 365

Consentement(s) à payer 12, 29, 35, 46, 61, 83, 119, 141, 144, 149-150, 154-155, 160, 168-170, 176-178, 184, 200-202, 205-213, 227, 237, 254, 257, 265, 294-296, 298, 304, 320-322, 347-349

Consentement(s) à recevoir 29, 61, 83, 144, 168-170, 177, 202

Contingente 44, 149, 177-178, 181, 209, 212, 306

Index 397

Convention(s) 11, 13, 20-21, 29-31, 35-36, 40, 59, 61-63, 74, 77, 83, 90, 103, 117-118, 131, 137-138, 144, 161-162, 164, 170-171, 200, 204-205, 222-223, 264, 267, 270, 296-297, 299, 305, 315-317, 319, 322, 336, 384, 392

Coordination(s) 11-12, 20-21, 24, 42, 47-50, 52, 55-57, 59, 64-66, 74, 78-79, 83, 116, 120, 138, 140, 144, 155-156, 163, 166-167, 177, 214, 240, 305, 313, 318-319, 321, 384

Coût(s) stratégique(s) 81, 267, 345

Crise(s) 8, 19, 25-26, 32, 45-46, 56, 65, 69, 75-76, 80-82, 84, 89, 100-104, 106, 144, 156, 158, 183, 186, 195-197, 219, 242, 247, 257, 262-263, 267-268, 279, 281, 292, 295, 309-310, 312, 368-369, 387

Critère(s) 12, 21, 27-28, 35, 39, 43, 45-46, 48, 55, 60, 68-69, 81, 84, 99, 115, 124, 129-130, 143, 156-157, 160-161, 166, 173, 176, 179, 183, 194, 196-197, 199, 214-215, 219, 252-253, 257, 267, 282, 297, 305-306, 327-328, 362, 369

#### D

Décision(s) séquentielle(s) 56, 58, 65, 69, 82, 198-199, 267-268, 318

Densité 80, 92-93, 219, 228-229, 234, 236, 248-249, 255-257, 259, 261-263, 265-266, 342, 364-365, 389-390, 392-393

Dépendance 24, 26, 31, 37-38, 74, 80, 88, 97, 100, 104, 136-137, 166-167, 203-204, 207, 268

Déplacement(s) 24-25, 31, 33, 76, 80-81, 88, 112, 117, 181, 198, 204, 206, 228, 254-257, 260-261, 263, 265, 292, 336, 339, 348-349, 352, 355-357, 364-365, 390, 392-393

Dommage(s) 20, 29, 31, 34, 43, 45, 51-56, 62, 64, 68, 83, 104, 106, 114, 149, 151-153, 155-156, 159-160, 163, 168, 174-175, 178, 182-186, 189-190, 192-193, 198, 200-203, 214, 222, 224, 285, 303-304, 315-322, 329, 338, 344, 361

Droit(s) 13, 29, 54-56, 60-61, 77, 79, 83, 144-147, 151, 155, 159-161, 168-170, 174, 176-177, 186, 213, 264, 332

#### E

Eau 7, 15, 19, 33-34, 47, 59, 71, 74, 78-79, 90-93, 96, 101, 108, 123, 132, 134-135, 146, 151, 153, 175, 180-181, 193, 219-222, 224-226, 228-234, 236-237, 239, 242, 244, 246, 248, 252-253, 328, 332-333, 337, 363, 368, 371, 374-376, 386, 394

Effet(s) redistributif(s) 36-38, 55, 71, 79, 84, 94, 111, 136, 263

Énergie 4, 19, 27-28, 32-33, 47, 67, 70, 81-82, 88-89, 102, 107, 109-112, 115, 137, 157, 163-165, 177, 230, 237-238, 241-242, 244-246, 248, 254,

261-262, 266-268, 303, 327-328, 330-331, 345, 360-361, 364, 368, 371, 373, 375-377, 379, 385-386, 389, 392

Environnement urbain 80, 228, 240, 243, 260, 370

Externalité(s) 23-24, 29, 38, 42, 103, 147-148, 182

Externe(s) 39, 53, 68-69, 71, 75-77, 102-103, 111, 116, 123, 137, 141, 145, 147-148, 152, 180, 182, 246, 253, 320-321, 336, 365, 389, 394

# G

Générations futures 12, 22, 30-31, 37-38, 41, 47, 49-50, 55-56, 67, 71, 83, 105, 120, 132, 135-136, 142, 144, 148, 154-155, 161, 170, 184-188, 190-191, 295, 335, 370

GIEC 13, 26, 51, 65, 96, 103, 121-122, 131-132, 166, 169-170, 185, 188-189, 198, 207, 214, 313-316, 322-323, 380, 386

# Н

Hédoniste 150, 175-176, 210 Hotelling 30, 63, 145, 192, 204

# 

Incertitude(s) 8, 12-13, 20-21, 26-27, 34, 36, 43-45, 49-50, 55-57, 59, 64, 66-68, 108, 120, 126, 129-130, 141, 144, 149, 153, 156-157, 161, 170-171, 176, 180, 190-191, 195-201, 208, 239, 280, 293, 305, 316, 318, 321-322, 388

Indicateur(s) 8-9, 34, 36, 55, 65, 80, 82, 88, 124, 131, 150, 175, 184, 202, 206, 208, 215, 220, 227, 230, 234-237, 239-240, 243, 256, 270-275, 279-287, 296-301, 303, 306-311, 317-318, 321

Infrastructure(s) 4, 11, 13, 15, 19, 21-22, 25, 27-29, 31, 33, 59, 61, 63, 67, 73, 76, 91-94, 98, 100, 103, 107-108, 114-115, 117, 119-120, 125, 135, 143, 154, 167, 176, 180-184, 194, 198, 200-202, 204, 206, 213, 220, 224, 227-229, 249-251, 253-255, 262, 264-266, 328, 331-345, 347, 349, 353-354, 360-361, 368-369, 371, 391-393

Inondable(s) 91, 222, 224, 248, 336, 361

Inondation(s) 8, 33, 104, 121, 132, 134, 222, 224, 313, 334, 344, 361-362

Irréversibilité(s) 25, 43-44, 49, 55, 58, 60, 64, 66, 69, 81, 101, 149, 154-156, 158, 227, 321, 386

Index 399

L

Logement(s) 4, 47, 112, 133, 150, 172, 175, 209-212, 228-229, 245-248, 251, 260, 262, 347, 352-355, 359-360, 365, 389

# M

Modèle(s) 23, 25, 27-28, 40, 44, 49, 54, 65, 67, 74, 103, 108-110, 116, 121, 123, 127-128, 130, 136-137, 144, 146, 163, 165-166, 170, 192, 195, 205-206, 227, 233, 238-240, 243, 264, 267-268, 286-287, 296, 321, 337, 349, 352, 394

# N

Nature 7, 11-12, 23, 33, 40, 45, 47, 49-51, 53, 55-56, 60, 62, 67-68, 78, 80, 87, 92, 116, 119-120, 122, 124-125, 129, 134, 144, 150-152, 154-156, 160, 171, 182, 189-190, 202, 221, 223, 249, 252, 273, 295, 311, 313, 341, 348, 369, 371, 374-376, 388, 390

Norme(s) 34, 46-47, 88-90, 92, 96, 101, 115, 123, 128, 133-134, 139, 160, 181, 187, 215, 236, 262, 280, 283, 312, 319, 329, 365, 369

#### 0

Objectif(s) 7-8, 11, 22, 33-34, 45-46, 49-50, 57, 62, 65-66, 70, 73, 75, 78-79, 81-83, 89, 95, 100, 103, 108, 119, 123, 131-133, 167, 177, 195, 208, 210, 227, 237, 242-246, 248, 250, 260-261, 263, 266, 270, 283, 285, 319-322, 327, 342, 354, 362

Optimum 41, 43, 52-53, 69, 139, 151-153, 160, 163, 244, 319

Ozone 3, 65-66, 76, 97, 114, 121, 128, 135-136, 187, 202, 254, 262, 267, 272-276, 279, 282-284, 289-290, 293, 303-304, 310, 329, 334-335, 341, 365, 381, 387

# P

Particules 24, 36, 82-84, 88, 97, 114, 121, 124, 135, 187, 202, 254, 256, 270, 272-275, 278-279, 281-283, 288, 290, 293-294, 302-304, 307, 309-312, 329, 335, 365, 381

Point(s) de vue 12, 19-20, 24-25, 29-30, 35, 37, 41, 46, 53, 55, 59, 62, 70, 77-78, 83-84, 87, 102, 113, 116-117, 124, 127, 139, 142-144, 148, 150, 152, 155, 157, 159, 167-169, 171, 180, 182-183, 192, 200, 204-205, 209-210, 213, 223, 227, 243, 245, 248, 250, 252, 254, 256, 264, 277, 281, 290, 300, 304, 310, 318, 320-321, 336, 388

Pollueur-payeur 12, 37-38, 52, 54, 61, 75, 83, 144, 146, 159-160, 169

Pollution 3-4, 8, 11-12, 14, 19, 28-29, 31-32, 35-38, 50, 52-54, 56, 62, 65-66, 71, 73, 76-77, 82-84, 88-89, 93, 95, 101-103, 105-106, 108, 111, 113-114, 117, 123, 128-133, 135-136, 138, 147, 149-153, 156-160, 167, 171, 174, 176-178, 182, 184-185, 187, 189, 194, 200-203, 205, 207, 212-214, 219, 224-225, 239, 246, 248, 256, 262, 266, 268-304, 306-312, 328-329, 333-336, 338, 344, 364-365, 379-380, 387-389

Précaution 12, 21, 44, 51-52, 55-56, 58, 64, 69, 91, 95, 100, 103, 114, 123, 126, 130, 155-157, 160, 190, 196-197, 200, 203, 268, 284, 298, 301, 308-309, 311, 319-323, 387

Préférence(s) 12, 20, 29, 35, 39-42, 46-48, 54-56, 61, 63-64, 66-67, 118-119, 139-144, 146, 149-150, 153-158, 161-162, 168-169, 171, 177, 183, 187-188, 190, 192, 194, 197, 201-202, 209, 211-213, 247, 295, 304-305, 388

Prévention 8, 12, 24, 27, 51-54, 58, 78, 89, 91, 95-96, 100, 103, 106-107, 113, 117, 133, 148, 152-153, 158-159, 164, 170, 189-190, 198, 200-201, 203, 222, 238-239, 241, 290, 311-313, 320-321, 362-363, 373

# R

Renouvelable(s) 13, 30, 44, 63, 115, 145, 191-192, 241, 253

Réparation(s) 53-54, 62, 83, 114, 150, 153, 155, 160, 174, 183, 202, 260, 337, 342

Risque(s) 8, 12, 21, 27, 32-33, 35-36, 39, 43, 45, 48-51, 55-57, 59, 61-62, 64-66, 68-70, 75-76, 79-80, 82, 84, 89-91, 95-97, 100-102, 104, 106-107, 113-114, 117, 120-122, 125-127, 132, 138, 148, 153-161, 164, 166-167, 169-170, 172, 177-180, 182, 189, 195-197, 199, 203, 207-215, 222-223, 238-242, 244, 248, 254, 266-269, 271, 273, 275, 277-278, 280, 282, 284-286, 290-293, 295, 297, 307-311, 313, 317-322, 332-333, 335, 344, 361-362, 373, 375, 380-381, 385-386

Rythme(s) 25, 34, 57, 63, 69, 95, 98, 122, 129-130, 157-158, 172, 187, 193-194, 204, 265, 323, 341, 351

# S

Scénario(s) 8, 13, 23-24, 32, 36, 44, 46, 59-61, 63, 65, 67, 69, 74-75, 80-81, 83-84, 102-103, 108-110, 115, 158, 180-182, 199, 207, 212, 251, 253, 261-262, 268, 310, 312, 316, 322

Scientifique(s) 13, 15, 24, 26-27, 31, 49, 51-52, 57, 60-61, 65-66, 93, 103, 106, 108-109, 120-123, 125-131, 154-157, 165-166, 171, 189, 195, 198, 201, 214, 219, 223, 267, 269, 278, 282-283, 311, 313-316, 319-320, 371, 379, 387

Index 401

Seuil(s) 13, 23, 32, 39, 43, 53-54, 65-66, 68, 74, 93, 99, 112, 130-131, 133-134, 146, 151-152, 158, 173, 176, 206, 227, 263, 265-266, 273, 290, 299, 301, 319-320, 338, 341, 356

Substituable(s) 127, 143, 193, 203

Surprise(s) 44-45, 55, 64, 68, 70, 103-104, 112-113, 121-122, 128, 132, 195-197, 253, 313, 318, 320, 322

# T

Taux d'actualisation 30-31, 44, 59, 61, 63, 113, 118, 145, 179-180, 185-194, 200, 204, 209, 213, 227, 301, 316, 322, 385

# U

Univers controversé 50, 64, 69, 81, 153

Univers stabilisé 49, 60, 384

Urbanisation 8, 14, 25, 32, 47, 79, 100, 136, 219, 228, 235, 245-251, 261-265, 335, 339, 342, 353-356, 361-362, 364-365, 367-368, 390

# V

Valeur du mort 35, 59, 62, 83, 113-114, 167, 207, 213-214, 298-299, 301, 303-306

Valeur(s) du temps 29, 46, 59, 183, 204-206, 255, 264, 331, 342, 347-349, 355, 392

# Z

Zone(s) humide(s) 14-15, 59, 134-135, 137-138, 219-226, 337, 362, 394

Lettre de mission	3
Lettre de mission	3
Sommaire	5
Préface	7
Avant-propos	11
Remerciements	15
Première partie Synthèse	17
Les coûts occupent une place croissante dans les débats	19
On observe des antagonismes récurrents	
économie-environnement (études de cas)	21
La réalisation d'une infrastructure routière	21
<ul> <li>Détermination du schéma directeur autoroutier</li> <li>Instructions du ministère des Transports pour la prise</li> </ul>	22
en compte de l'environnement dans l'étude d'un projet	
de liaison routière	27
- Étude d'un projet de liaison autoroutière : un effort de rationalisation et de prise en compte de l'environnement	
pénalisé par une application routinière	28
L'extension urbaine	32
La directive de 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires	33
Les effets de la pollution atmosphérique sur la santé	35 35
Les évaluations de coûts reposent généralement	
sur des conventions peu explicites mais déterminantes	35
<ul> <li>Les effets redistributifs des décisions prises pour réduire les coûts de santé sont insuffisamment appréciés</li> </ul>	36
L'économie n'est pas « l'économisme »	39
Des acceptions multiples du terme économie	39
Le noyau du corpus théorique économique	40

Le cœur : fonder les choix publics sur les préférences individuelles	40
Le marché n'est qu'un moyen d'articuler les préférences individuelles	41
-L'équilibre concurrentiel	41
-L'unité de mesure de l'évaluation économique	42
Des visions et des pratiques pas forcément conformes à la héorie et à la discipline économiques	42
Le marché est un mode de coordination privilégié, mais pas exclusif, entre les agents économiques	42
-Un système « parfaitement flexible » ne tend pas nécessairement vers un équilibre	43
- L'analyse coûts-avantages privilégie un certain critère de décision parmi de nombreux critères envisageable	43
- La théorie n'impose pas de faire des calculs à la marge autour d'un scénario de référence	44
-L'actualisation ne doit pas être pratiquée comme on applique une « recette de cuisine » -Les enjeux redistributifs sont masqués dans certains bilans	44
qui pourraient être désagrégés  -L'incertain ne peut être réduit à un risque probabilisable	45 45
Le coût d'une action dépend du contexte	45 45
-L'évaluation ne se réduit pas à fournir un chiffre	46
L'évaluation économique comme mode de coordination	47
Comment s'effectue la coordination d'intérêts divergents pour aboutir à la décision?	47
L'évaluation économique comme procédure sociale	48
La nature des enjeux environnementaux modifie la perspective de l'évaluation économique	49
Principes environnementaux	50
-Le développement durable	50
Le principe de prévention et le principe de précaution	51
Le principe pollueur-payeur	52
Prendre en compte préventivement les contraintes	
de reproduction des milieux	52
Préciser les droits de propriété sur les actifs collectifs	54
Elargir les intérêts en jeu (dimension éthique)	55
nsérer la coordination économique dans d'autres	
procédures de coordination collective en situation d'incertitude ou en cas de risques de dommages graves et	
rréversibles	55
Passer de l'analyse coûts-avantages à la "décision séquentielle"	56
Préconisations générales	59
Veiller à ce que l'évaluation économique	
oue effectivement son rôle de coordination,	
par le partage des conventions	59
La pratique de l'évaluation économique	
doit être renforcée et affinée, notamment	~~
en univers stabilisés	60
Appliquer l'analyse coûts-avantages dans des conditions d'univers stabilisés	60

Prêter attention au choix des critères dans une analyse coûts-efficacité	60
Établir des scénarios contrastés	60
Évaluer l'effet du cadre réglementaire, fiscal et tarifaire sur les scénarios	61
Expliciter la distribution des droits de propriété sur l'environnement	61
Expliciter les asymétries d'aversion aux risques Pratiguer plusieurs évaluations de coûts (sous différentes	61
nypothèses)	62
<ul> <li>Évaluer des coûts selon différents points de vue</li> <li>Évaluer des coûts de dommages, des coûts d'évitement, des coûts de réparation</li> </ul>	62 62
Choisir une fourchette de taux d'actualisation Valoriser spécifiquement les actifs environnementaux non	63
renouvelables	63 63
Effectuer des analyses de sensibilité du bilan actualisé Des procédures de coordination <i>ad hoc</i> doivent être élaborées pour la gestion	63
des risques collectifs Mettre en place des forums contradictoires	64
et durables sur de grandes questions environnementales Fixer, pour certains risques environnementaux, des niveaux-seuils ne dépendant pas exclusivement des	64
évaluations économiques En situation d'incertitude, l'évaluation	65
économique doit mettre l'accent sur la gestion du temps de l'action et des risques	66
Élargir le spectre des scénarios, compte tenu du contexte des contraintes environnementales	67
Évaluer des coûts adaptés aux décisions en univers controversés - Évaluer des « coûts d'évitement collectifs »	68
et des « risques externes »	68
<ul> <li>Évaluer des valeurs informationnelles et de temps gagné</li> <li>Évaluer les coûts des irréversibilités induites</li> <li>par une décision</li> </ul>	68 69
Mettre l'accent sur la gestion du temps de l'action (décision séquentielle)	69
- Privilégier les mesures « sans regrets » - Porter l'attention sur les domaines les plus inertes	70 70
Les effets redistributifs des décisions	
doivent être systématiquement évalués	71
Préconisations sur les cas étudiés	73
Infrastructures routières	73
Élaborer des procédures de coordination permettant le partage des conventions et des épreuves d'évaluation des schémas directers de transport	74
par l'ensemble des acteurs et négociateurs concernés Pratiquer une évaluation économique des schémas directeurs de transport mettant l'accent sur la gestion du temps et des risques de crises	74 75

<ul> <li>Articuler scénarios de trafic et contraintes environnementales à long terme</li> </ul>	75
<ul> <li>Analyser plus largement les déterminants des scénarios</li> </ul>	73
de trafic	75
<ul> <li>Évaluer les gains à repousser des décisions aux conséquences potentiellement graves et coûteuses</li> </ul>	76
- Évaluer les coûts de crises consécutives à une poursuite	70
des tendances	76
Réserver l'analyse coûts-avantages aux variantes locales	76
- Élargir les variantes	76
- Ne pas oublier d'effets externes majeurs dans l'évaluation	76
<ul> <li>Évaluer les coûts externes environnementaux par différentes méthodes</li> </ul>	77
- Assurer la cohérence des évaluations	77
Épuration des eaux résiduaires urbaines	77
Établir une analyse économique a posteriori des équipements réalisés	77
S'accorder sur les hypothèses des évaluations ultérieures	78
Retenir un objectif stratégique ne dispense pas d'en faire l'évaluation économique	78
Considérer les modes d'application des décisions comme des conditions de leur efficacité et les inclure dans les	
évaluations	79
Extension urbaine	79
Systématiser l'usage de l'évaluation économique, notamment dans le cadre des Agendas 21 locaux	79
Collecter les données et indicateurs nécessaires aux évaluations	80
Étendre le périmètre d'analyse et les effets étudiés dans l'évaluation	81
Enrichir les scénarios étudiés et privilégier l'approche séquentielle	81
Pollution atmosphérique et santé	82
Combler les faiblesses du dispositif national de suivi	82
Expliciter les conventions de l'évaluation	83
Ne pas emprisonner les scénarios avec des populations moyennes et du court terme	83
Examiner systématiquement les effets redistributifs des	
décisions possibles	84
Deuxième partie	
L'environnement dans les décisions :	0.5
place ac l'etalaation coonomique	85
Ces coûts cachés des décisions publiques	88
Coûts d'une approche partielle de la décision  – L'approche sectorielle des nuisances et les effets	88
de transfert	88
-Le manque de cohérence des systèmes de traitement	90
- Le manque de cohérence des actions publiques :	
coûts institutionnels de décrédibilisation, coûts conjoints de dégradation et de prévention	91
<ul> <li>La définition de normes trop sévères au regard des bilans coûts/avantages</li> </ul>	92

<ul> <li>Les coûts et effets redistributifs d'un surdimensionnement des décisions</li> </ul>	94
- Les financements d'emploi biaisé	94
Coûts d'un échéancier inadapté de la décision	94
- Coûts d'interventions publiques imprévisibles :	•
risques de déstabilisation	95
- Coûts du report d'interventions publiques	96
<ul> <li>Coûts d'interventions publiques tardives : risques de bifurcations</li> </ul>	100
Coûts d'irréversibilités d'une action : les vrais coûts des crises environnementales	101
<ul> <li>Coûts de déstabilisation de filières :</li> <li>l'exemple des filières alimentaires</li> </ul>	101
<ul> <li>Les coûts d'un accident nucléaire dépassent ceux de ses impacts sanitaires et environnementaux</li> </ul>	102
<ul> <li>Les coûts de la sous-tarification du transport dépassent le manque à gagner fiscal et s'étendent à des coûts de fragilisation du système de transport</li> </ul>	103
<ul> <li>Les coûts du changement climatique sont aussi ceux d'impacts surprises déstabilisants</li> </ul>	104
Des raisonnements asymétriques	
qui biaisent l'évaluation d'une décision	105
Surestimation du court terme et sous-estimation du long terme	105
- Les avantages pour aujourd'hui, les coûts pour demain	105
- Prévention insuffisante, suivi inexistant	105
- Défaut de veille	106
- Prolongement des tendances et défaut d'anticipation	106
<ul> <li>Réparation immédiate des dommages plutôt que prévention sur le long terme</li> </ul>	106
Sur et sous-estimation des emplois créés	107
Sur et sous-estimation des "preuves"	108
Sur et sous-estimation du rôle des modèles	108
- Modèles de trafic et modèles de climat	108
<ul> <li>Le rôle des modèles « ascendants » et « descendants » dans l'évaluation des coûts d'abattement de gaz à effet</li> </ul>	
de serre	109
Sur et sous-investissement dans l'effort de recherche	110
Sur et sous-information des populations en jeu	111
Sur et sous-considération des populations en jeu et des effets redistributifs	111
Sur et sous-estimation des "surprises"	112
Sur et sous-usage de la prévention	113
Sur et sous-usage de la précaution	114
Sur et sous-usage de la valorisation des risques	114
Sur et sous-justification de la norme	115
Sur et sous-estimation de la fragilité	115
L'évaluation économique : un instrument efficace de médiation dans les différends	116
L'évaluation économique permet la comparaison en élargissant le contexte	116
L'évaluation économique met en scène la notion	. 10
de choix	117

L'évaluation économique propose des épreuves d'évaluation communes aux différents acteurs	118
L'évaluation économique permet transactions et interactions	119
Des enjeux environnementaux d'appréciation	
souvent délicate	120
Des « surprises » graves peuvent se produire	121
-La découverte du « trou d'ozone » antarctique	121
Les surprises climatiques	121
Les instruments d'analyse des phénomènes liés à l'environnement sont limités	122
- Veille scientifique et collecte de données	122
- Expérimentation	123
- Mesure	124
- Appareil statistique	125
Les acteurs ont des perceptions contrastées	400
des enjeux	129
- Assumer ou manipuler l'indétermination scientifique ?	129
- Enjeux minimisés ou perçus comme négligeables	132
- Visions segmentées des effets, des moyens, des coûts	135
- Périmètre de consolidation : quelles limites prend-on pour les effets étudiés ?	136
· ·	138
- Distinction entre les risques	130
L'évaluation économique et l'intégration d'enjeux	
environnementaux : rapprochements et décalages	138
Des évaluations marquées par la théorie	139
- Une conception du bien commun fondée sur les préférences individuelles	139
- Des préférences individuelles données et hiérarchiquement	440
ordonnées	140
- Une hypothèse de compensation entre avantages et coûts	143
<ul> <li>- Une dualité biens/agents où les premiers sont des consommables pour les seconds</li> </ul>	143
-Une répartition implicite des droits aux ressources au profit de la génération présente	144
<ul> <li>- Un mode de coordination privilégié, le marché,</li> <li>ne favorisant pas un large échange d'information</li> </ul>	144
Des sciences économiques attentives aux questions de	
l'environnement	145
<ul> <li>- Un effort d'intégration par le biais de la question de la consommation optimale des ressources naturelles : la règle de Hotelling</li> </ul>	145
- Un effort d'intégration par le biais de la clarification	
du rôle des droits de propriété	145
<ul> <li>Un effort d'intégration par le biais des effets externes et des méthodes d'évaluation de « valeurs de l'environnement »</li> </ul>	147
- Un effort d'intégration par le biais de la détermination	- <b></b>
d'un « optimum économique de pollution »  Un mode d'évaluation pouvant être inadapté	151
à apprécier les contraintes de reproduction des milieux	151
- Un « optimum économique de pollution » qui excède la « capacité écologique d'assimilation d'un milieu »	152
- Une évaluation d'un « optimum de pollution » qui peut saper	152

- Une évaluation par le biais de coûts de dommages sans rapport avec des coûts de réparation	153
Un mode d'évaluation déficient en univers controversé et en	133
situation d'incertitude	153
-Ce qu'on appelle « univers controversés »	153
<ul> <li>- Une coordination insuffisante et des évaluations instables en situation d'incertitude, de doute, de crise</li> </ul>	156
Les principes des politiques environnementales à la fois complémentaires et contradictoires	
de ce mode d'évaluation	159
-Le principe de prévention	159
Le principe pollueur-payeur	159
Le principe de précaution et le développement durable	160
Questions aux pratiques d'évaluation	
économique des enjeux environnementaux	
pour la décision	161
Les conventions sur lesquelles reposent	464
les évaluations sont-elles explicites ou partagées?  - Les conventions de calcul	161 162
	162
<ul> <li>Le partage des règles techniques de calcul</li> <li>Le contexte</li> </ul>	166
- La distribution des droits de propriété : consentement	.00
à payer ou à recevoir?	168
<ul> <li>Les évaluations convergent si les conventions de calcul sont partagées</li> </ul>	
	170
Questions aux méthodes de monétarisation	171
<ul> <li>Questions aux méthodes indirectes d'évaluation</li> <li>Questions à l'analyse hédoniste (marchés de substitution)</li> </ul>	171 175
- Questions a ranalyse nedoniste (marches de substitution)  - Questions aux évaluations contingentes	175
Questions à l'analyse coûts-avantages	178
- Démarche de l'analyse coûts-avantages	178
- La situation de référence est-elle bien définie et partagée	
par tous?	180
- L'éventail des projets possibles est-il assez ouvert?	181
- L'évaluation n'est-elle pas contingente à un scénario ? Et s'il y a plusieurs scénarios ?	181
-Peut-on agréger des coûts de nature différente?	182
-Peut-on agréger des effets affectant des agents différents?	183
-Quel taux d'actualisation choisir?	185
- Ne faut-il pas valoriser spécifiquement les actifs environnementaux non renouvelables, au moins au taux	404
d'actualisation?	191 193
<ul> <li>Quel horizon temporel pour l'analyse?</li> <li>Peut-on prendre en compte les surprises et les crises comme on le fait avec les risques probabilisables?</li> </ul>	
	195
Comment déterminer le domaine d'observation ?	199
Qui pratique les évaluations économiques ? Qui évalue les risques ? Qui collecte et dispose	
des données nécessaires aux évaluations?	199
Comment sont décidées les conventions du calcul	000
économique public ? - Pourquoi gommer les valeurs extrêmes des coûts	200
des nuisances routières?	200
- La dépendance envers une ressource rare n'est-elle pas un coût associé à l'usage des carburants fossiles ?	203

<ul> <li>Les effets de la congestion routière sur les autres modes de déplacement n'ont-ils pas un coût ?</li> </ul>	204
- Que représente (et comment est fixée) la « valeur du temps » ?	204
- Que représente la « valeur du mort » ?	207
·	
Ţroisième partie	
Etudes de cas : l'évaluation	
économique d'enjeux environnementaux en situation	217
Valeurs des zones humides	
	220
À quoi servent les zones humides?	220 220
<ul> <li>Les fonctions écologiques</li> <li>Les valeurs ou services rendus</li> </ul>	220
<ul> <li>Les valeurs ou services rendus</li> <li>Les valeurs éducatives, scientifiques et patrimoniales</li> </ul>	223
<ul> <li>Les valeurs educatives, scientifiques et patrifioniales</li> <li>Des fonctions écologiques et des valeurs économiques</li> </ul>	223
intimement liées	223
Les valeurs économiques des zones humides	224
- La valeur marchande des services rendus par les zones	004
humides	224
<ul> <li>La valeur marchande des productions issues des zones humides</li> </ul>	225
- La richesse écologique des zones humides au service	
du développement économique local	226
Peut-on monétariser les écosystèmes ?	226
L'extension urbaine	227
Comptes de l'environnement urbain dans quatre villes	228
- Les progrès de la connaissance sur les services urbains	228
et la gestion locale  - Délimitation du champ de l'environnement communal	229
- Flux, coûts, tarification	230
Évolution et répartition des dépenses environnementales	236
- La difficulté d'accès à l'information est une réalité	
générale, qui remet en cause l'hypothèse d'une mesure	
fiable et simple	237
<ul> <li>La notion de dépense se heurte en matière d'environnement à des obstacles non résolus</li> </ul>	238
<ul> <li>La prévention et les économies d'énergie,</li> </ul>	230
mais aussi l'optimisation dans son ensemble,	
sont très sous-représentées	238
- Il existe une tension entre un modèle d'action	
industriel/réparateur et un modèle plutôt protecteur et peut-être préventif	239
- Le cadre de vie et l'eau potable sont les postes	
les plus lourds	239
- La dépense reflète d'autant moins le coût des politiques	
environnementales que le processus d'industrialisation se développe	239
- Qui doit financer la prise de risque ?	239
Le rôle de la coordination sociale dans la régulation des	
coûts	240
- L'usager/citoyen	241
- L'évolution technologique	241
- Territoires et réseaux	242

- Chartes de l'environnement urbain et formation des coûts	242
collectifs Urbanisme et habitat	243 245
- Le logement	245
- L'urbanisation	247
Urbanisme et transports	254
- Poids et tendances des transports urbains	254
- Coûts des transports et formes urbaines	254
- Des méthodes d'évaluation à actualiser	264
Coûts des effets sur la santé de la pollution atmosphérique	268
Trois sources d'information	269
<ul> <li>- La pollution atmosphérique d'origine automobile et la santé publique (Société française de santé publique, 1996)</li> </ul>	269
- Erpurs, évaluation des risques de la pollution urbaine pour la santé (1994)	269
<ul> <li>Évaluation monétaire des effets à court terme de la pollution atmosphérique sur la santé. Application à l'Île-de-France (GREQAM, octobre 1996)</li> </ul>	270
Des émissions aux impacts sanitaires : des chaînes causales complexes et une surveillance insuffisante	271
<ul> <li>Polluants et indicateurs de pollution : deux notions à distinguer</li> </ul>	271
- Les principaux indicateurs de la pollution	273
- Des liens complexes entre les émissions	
et les concentrations	275
- Généralités sur les études sur la nocivité des polluants	276
<ul> <li>Impacts à court terme avérés de la pollution de l'air sur la santé</li> </ul>	279
- Estimation du risque sanitaire : l'exemple d'Erpurs	282
<ul> <li>Des lacunes dans la surveillance sanitaire de la population en raison d'une anticipation insuffisante</li> </ul>	287
La pratique des évaluations de coûts des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique	294
<ul> <li>Des évaluations reposant sur les impacts avérés de la pollution de l'air d'origine automobile sur la santé</li> </ul>	294
<ul> <li>Généralités sur les méthodes employées dans les études économiques</li> </ul>	294
<ul> <li>Une étude exemplaire du Greqam sur l'évaluation économique de la pollution atmosphérique en Île-de-France</li> </ul>	296
Comparaisons avec d'autres évaluations économiques     Commentaires	302 304
Discussion sur d'autres estimations envisageables	304
Prendre en compte les risques importants de long terme	001
reposant sur des hypothèses solides  - Estimer des coûts de crise provenant d'inquiétudes	308
sanitaires sur les émissions de particules diesel  - Effets de synergie, valeurs d'altruisme, pertes de qualité	310
de vie	312
La prévention des changements climatiques	313
Un témoignage sur le groupe III du GIEC vu de l'intérieur ou la nature de l'expertise économique	313
Une contribution économique construite <i>a priori</i> autour de l'analyse coûts-bénéfices	315
Coûts des dommages : l'impasse	316

L'importance des conventions de calcul et l'instabilité des	040
évaluations	316 317
- Divergences sur les incidences non liées au marché - Absence de consensus sur la valeur de la vie humaine	317
- Constat sur la grande variabilité des situations face aux	0.7
dommages	317
- Pas d'évaluations des coûts d'éventuelles surprises	
climatiques	318
- Des effets non monétarisables	318
L'impraticable analyse traditionnelle coûts-bénéfices	318
Vers la décision séquentielle	318
Un cas type où la norme ne peut être édictée qu'en dehors de la théorie économique	319
Une issue par le biais de « coûts d'évitement collectif » et	313
d'évaluation de « risques externes »	320
Exemples d'évaluations de « risques externes »	321
- Une estimation du « prix de la précaution »	321
- Une estimation du rythme d'évolution du signal-prix	323
Ammayaa	005
Annexes	325
Annexe 1	
Instructions du ministère des Transports	
pour la prise en compte de l'environnement	
dans l'étude d'un projet de liaison routière	327
Instruction relative aux méthodes d'évaluation	
des investissements routiers en rase campagne	
(direction des routes/SETRA, mars 1986)	327
Type d'évaluation	327
Prise en compte de l'environnement	327
Instruction cadre relative aux méthodes	
d'évaluation économique des grands projets	
d'infrastructure de transport (secrétariat d'État	
aux transports, 3 octobre 1995)	328
Type d'évaluation	328
Prise en compte de l'environnement	328
- Bruit	328
- Sécurité et accidents	329
- Pollution locale et régionale	329
- Effet de serre	329
- Effets de coupure et autres nuisances	330
- Autres	330
A = = = = = 0	
Annexe 2 Évaluation de projet d'infrastructure	
routière : liste-guide d'impacts	331
Eau : ressource et usages	332
	332
Impacts négatifs - Régime des cours d'eau	332 332
- Regime des cours d'éau - Nappes phréatiques	332
- Nappes prireatiques - Ruissellement	333

Impacts positifs	334
Qualité de l'air, émissions atmosphériques,	
émissions lumineuses	334
Impacts négatifs	334
- Micro-climats	334
- Pollution atmosphérique	334
Impacts positifs	335
Sols : qualité et déchets	335
Impacts négatifs	335
- Qualité des sols	335
<ul><li>Déchets (dépôts de terre, de matériaux)</li></ul>	336
Impacts positifs	336
Espaces naturels et écosystèmes	336
Impacts négatifs	336
- Faune	336
– Flore	337
– Écosystèmes	337
- Zones humides	337
– Forêts	337
Impacts positifs	338
Territoires	338
Impacts négatifs	338
- Occupation du territoire	338
Les effets de barrière et de coupure	339
- Paysages	339
Impacts positifs	340
- Occupation du territoire	340
- Paysages	340
Socio-économie	340
Impacts négatifs	340
- Services	340
- Transports	340
- Tourisme	341
- Industries	341
- Agriculture (et forêts)	341
- Habitat, population	342
- Pertes financières et dépenses locales	342
Impacts positifs	342
- Gains de temps	342
- Services et entreprises	342
- Transports	343
- Tourisme	343
- Ressources locales, équipements et réseaux	343
Patrimoine bâti	343
Impacts négatifs	343
- Patrimoine bâti rural, urbain	343
- Patrimoine archéologique	344 344
Impacts positifs	
Risques et santé	344

Impacts négatifs  - Traumatismes  - Risques naturels  - Santé: bruit, polluants, odeurs Impacts positifs  Énergie et effet de serre Impacts négatifs  - Ressources fossiles et vulnérabilité  - Accroissement de l'effet de serre Impacts positifs	344 344 344 345 345 345 345 345
Annexe 3	
Compléments sur la « valeur du temps » et sur la tarification des infrastructures routières	347
Le consentement des ménages à payer pour gagner du temps (temps personnel)	347
Le consentement des entreprises à payer pour gagner du temps (temps facturable) Remarques complémentaires - Les captifs de l'horaire - Le temps de transport n'est pas toujours du temps perdu - Conséquences pour les ouvrages à péage	348 348 349 349 349
Annexe 4	
Facteurs de l'étalement urbain  Les facteurs permissifs de l'étalement : l'existence d'une offre  - Offre de communications  - Offre automobile  - Effet de la croissance  - Production immobilière de masse  Motivations à l'origine de l'étalement  L'ampleur du mouvement : une demande stimulée par des incitations financières  - Le rôle de l'État  - Des choix individuels fortement suscités, mais peu éclairés et informés  - Le rôle des communes  - Effets de seuils de population	351 351 351 351 352 352 352 353 353 353 355 356
- Des choix de localisation d'entreprises  Annexe 5	356
Évaluation de projet bâti urbain :	050
liste-guide d'impacts Impacts des modes de construction (bâti, réseaux)  - Conduite du chantier  - Activités économiques et emplois induits Impacts directs des logements  - Consommation d'énergie  - Émissions atmosphériques	359 359 359 360 360 361
Impacts des modes d'occupation du sol  - Risques naturels  - Risques technologiques	361 361 362

- Espace et territoires	362
- Faune et flore	362
- Micro-climats	363
- Réseaux d'eau : consommations et rejets	363
- Eaux de ruissellement	363
- Gestion des déchets	364
- Pollution des sols	364
Impacts de l'organisation des déplacements	364
- Budgets énergie-pollution	364
- Entretien de voirie	364
- Budget des ménages	364
Qualité de vie	365
- Bruits	365
– Air	365
- Espace intérieur	365
-Temps et mode de déplacement	365
- Aménités urbaines	366
Annexe 6	
L'économie informelle dans les coûts	007
des projets urbains	367
Flux financiers dans la ville	367
Sources et ressources	368
Le rez de chaussée et l'autonomie sociale	369
Modifier l'offre pour maîtriser les coûts	370
Annexe 6 Groupes de travail Comité de pilotage	373
Groupes de travail	373
Économie	373
Santé	374
Infrastructures	374
Bâti	375
Eau	376
Comité de pilotage de la Cellule prospective	
et stratégie	377
Annexe 8	0=0
Glossaire	379
Abréviations	379
Unités	381
Annexe 9 Bibliographie	383
Annexe 10 Index	395