

# ÉCONOMIE DU CLIMAT

## Patience climatique, impatience économique

L'économie repose sur les préférences des individus. Cette rationalité toute démocratique se heurte cependant au temps long et à la globalité intrinsèque du changement possible du climat, lui-même entraîné par les conséquences de décisions largement individuelles. Quelles sont les conséquences de cette apposition ?

### **Interaction de deux systèmes largement différents**

#### ***Processus climatique***

Les propriétés du système climatique ne peuvent guère être présentées rapidement que de manière schématique. Nous n'en retiendrons que les principales, celles qui ont le plus de sens au titre de l'interaction climat-économie. Cette courte présentation est nécessaire pour comprendre les différences de rationalités que nous voulons traiter ici.

Le système climatique peut être représenté par deux processus source-puits (Jacoby et Prinn, 1994). L'un est l'équilibre de la terre en termes de chaleur, d'humidité et de mouvement (dans lequel entrent en jeu radiation solaire, vents et courants océaniques). L'autre processus est

celui des gaz et aérosols (particules en suspension) qui influencent l'équilibre radiatif du globe. Ce dernier processus peut être vu comme un réacteur chimique dont le rôle serait joué par l'atmosphère de la terre. Dans son état naturel déjà, l'atmosphère joue le rôle d'une serre, tous les gaz à effet de serre (GES) et autres aérosols entrant en ligne de compte, sauf les CFC qui sont récents et de facture anthropogène. La biosphère et les océans inspirent et expirent ces gaz au rythme des saisons de même qu'en réaction à des perturbations portant sur un temps plus long (le phénomène El Niño, par exemple, qui s'inscrit à l'échelle de plusieurs décennies). Depuis la révolution industrielle toutefois, les émissions anthropogènes de gaz à effet de serre ont crû suffisamment pour influencer l'atmosphère. Les puits peuvent s'accroître eux aussi dans la mesure où la biosphère, l'atmosphère et les océans réagissent à des niveaux accrus de gaz à effet de serre. Cependant, on observe que, de manière récente, les nouvelles sources ou émissions de GES croissent plus rapidement que les puits si bien que les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère augmentent.

Avec cette radiation additionnelle de chaleur vers la surface de la terre (à peine contrariée par les aérosols d'origine anthropogène et volcanique qui peuvent faire partiellement écran à la radiation solaire), l'équilibre de température globale des neuf derniers millénaires peut être rompu. La chaleur additionnelle, pour une concentration stable de GES, peut aller, via le réchauffement de la surface terrestre (éventuellement ralenti par les courants océaniques polaires) et de l'atmosphère vers la restauration d'un équilibre thermique global. Mais c'est là une vue de long terme, qui peut prendre des millénaires pour se réaliser. À l'échelle de plusieurs décennies ou siècles, d'autres changements apparaîtront. À une plus forte température, l'atmosphère retiendra plus d'humidité tandis qu'une plus forte évaporation se produira sur les océans. Cela signifiera des modifications dans les précipitations, l'évapotranspiration et les écoulements. Ces changements sont rendus plus complexes encore à cause de la rotation de la terre, des saisons et de la distribution des terres émergées. Or, ces modifications sont incertaines quant à leur rythme et leur ampleur, incertitude qui est renforcée par celle-là même relative tant aux émissions de GES et d'aérosols, qu'elles soient naturelles ou anthropogènes, qu'aux puits, océanique en particulier.

Plusieurs processus globaux, physiques, chimiques et biologiques ne sont que partiellement élucidés. Il y a également des limites matérielles à la prédictibilité du système climatique, voire de certains de ses aspects seulement : non seulement commence-t-on à saisir mathématiquement les interactions entre chimie et physique de l'atmosphère, des sols et de l'océan, mais les plus puissants des ordinateurs ne suivent pas encore. Il y a enfin la variabilité naturelle du système climatique et les limites qu'elle impose à nos efforts de prévision. Le système peut même s'avérer imprédictible à cause de certains de ses aspects non linéaires, chaotiques. Non seulement le climat pourrait changer, mais pourrait le faire brusquement et, surtout, pas de manière uniforme sur le globe comme les premiers modèles et les premières estimations l'ont laissé entendre, à cause de leur simplicité et du caractère linéaire des projections.

## Perspectives économiques sur le changement climatique

Que représente pour l'économie sa mise en interaction avec la possibilité d'un changement climatique ?

Le problème du changement climatique, d'une question climatique, est devenu une question politique à travers les implications pour la société et l'environnement construit et/ou naturel. L'économie a tout d'abord été interpellée par les impacts et les dommages qui pouvaient être liés au changement climatique : en premier lieu par les impacts potentiels sur l'agriculture (impacts négatifs ou positifs, selon la latitude et la région), en second lieu par les coûts de prévention qu'entraînerait une élévation du niveau des océans, par les dommages en général dus au changement climatique, qu'il faudrait éviter dès aujourd'hui par des investissements qui ne seraient, hélas, bénéfiques que pour d'autres et loin de nous dans le temps, enfin par des revendications des pays du Sud quant à des transferts financiers et technologiques, ainsi qu'à des droits d'émissions différenciés, destinés à assurer un développement plus équilibré à long terme.

En fait, nous pouvons réduire la perspective économique sur le climat à trois éléments intégrateurs qui sont les suivants : (a) la dimension absolue et le caractère global du phénomène (son échelle), (b) l'horizon de temps (qui dépasse tout horizon économique pensable) et (c) le niveau d'incertitude et de risque attaché à un tel changement, à son ampleur et à son échelle temporelle (*Uncertainty is the Essence of the Issue*, Jacoby et Prinn, 1994). Ces éléments poussent l'analyse économique dans ses derniers retranchements (section suivante). Ainsi est-ce à partir d'eux, et de leurs conséquences sur l'analyse, que nous allons repérer l'émergence de nouvelles rationalités et délimiter les conséquences plus directement institutionnelles de la mise en interaction du climat et de l'économie (dernière section).

## Conséquences fondamentales sur la rationalité économique

### *Globalité*

Le caractère global du changement climatique, qui repose sur le phénomène de forçage radiatif des gaz à effet de serre, fait que chacun, dans la population actuelle du globe, participe à la cause du changement possible des conditions climatiques.

Par définition économique stricte, les menaces sur le climat entraînées par les activités économiques sont des effets externes, négatifs ou positifs, qui touchent au bien-être des individus et au profit des firmes sans qu'il y ait compensation entre les agents. Or, dans le cas du climat, ces externalités sont globales. Ce qui veut dire qu'il n'y a *a priori* aucune possibilité de

compensation entre agents individuels car tous sont à la fois causes et réceptacles de l'effet externe. Plus encore, aucune série d'émissions d'aucun groupe d'agents ne peut avoir un effet spatialement circonscrit. Autrement dit, même une nation ne peut avoir, unilatéralement, qu'un effet marginal sur l'avenir de son « propre » climat, une fois le changement climatique amorcé, quand bien même elle modifierait dramatiquement la distribution de ses activités en fonction des émissions de GES.

La conséquence sur la rationalité économique (maximisation de l'utilité individuelle, optimum<sup>1</sup>) est l'obligation d'aller au-delà d'un schéma de compensation entre individus. La rationalité économique, en effet, n'exige pas une compensation à la lettre, mais dans l'esprit. Elle stipule que pour autant que ceux qui gagnent, dans le passage à un nouvel état possible de l'économie, aient la possibilité, potentiellement, de compenser ceux qui perdent, alors ce nouvel état peut être optimal au sens de Pareto (principe dit de Kaldor-Hicks). Dans le cas du changement climatique, un objectif de stabilisation climatique pour une nation requiert une modification, dans le même sens, du comportement des agents de quasiment toutes les autres. Il y a risque d'auto-ritarisme.

Ensuite, la globalité du changement climatique fait du climat un bien non seulement public, mais, en fonction de ce qui vient d'être dit, un bien international public, ce qui suppose une analyse nouvelle au niveau des droits de propriété, des droits d'émissions, des échanges et transferts technologiques entre pays de niveaux différents de développement ainsi que des instruments économiques incitatifs. Dans la perspective économique, le renforcement de l'effet de serre est un phénomène de pollution par « stock », et non par flux. La concentration des GES dans l'atmosphère augmente et, à cause de la durée de vie longue de ces gaz, continuera d'augmenter même si l'on coupait aujourd'hui les émissions — l'arrivée du flux.

Enfin, les choix, dès lors qu'il s'agit de décider des actions à prendre en vue de stabiliser le climat, doivent s'effectuer à un niveau collectif. Décider, c'est évaluer les enjeux (*outcomes*) des différentes actions faisables et les classer rationnellement. Décider collectivement, c'est déléguer à la négociation internationale — et non plus aux individus — le travail d'évaluation des enjeux, ainsi que leur classement. Cela renvoie également à la recherche, nouvelle, d'un accord global (Choucri, 1993). Nous revenons plus bas sur le cadre de décision.

### ***Escompte, intertemporalité, intergénérationnalité***

Si aucune compensation « classique » (instantanée) n'est envisageable entre agents, c'est également parce que l'échelle temporelle impliquée par le changement climatique n'autorise pas la mise en présence de ceux qui sont la cause et de ceux qui devraient subir les effets du changement climatique. Les externalités sont donc non seulement globales, mais intergénérationnelles. Tournons-nous donc maintenant vers l'échelle temporelle extrême du changement climatique qui exerce une pression elle aussi extrême sur la rationalité économique et les outils d'analyse

conventionnels. Incidemment encore, le caractère intertemporel et intergénérationnel du changement climatique est aussi un obstacle à la négociation internationale.

Clairement, le lent processus d'accumulation et de concentration des GES dans l'atmosphère et sa relative irréversibilité, processus par lequel nous sommes supposés modifier à terme le climat, est repérable. Et il est donc possible de mettre tout le monde en garde et, par conséquent, de se prémunir aujourd'hui de ses effets à terme. Cependant, cela nécessite un temps également long entre le moment où des actions préventives seraient prises (et les coûts supportés) et celui où les effets de ces actions (leurs bénéfiques) seraient vérifiés. Le changement climatique à l'égard duquel nous sommes mis en garde ne va toucher personne qui soit actuellement en vie, ni même nos descendants directs. Si les émissions de GES d'origine anthropogène poursuivent leur tendance, ce seront donc les générations futures qui, progressivement, seront touchées par les dommages. Et plus elles seront éloignées de nous, plus les dommages qui les toucheront seront potentiellement élevés.

Les conséquences sur l'analyse économique sont les suivantes : le coût de la prévention revient à la génération présente. Aucun individu ni aucun groupe ne tire un quelconque bénéfice de son investissement dans la prévention (par ailleurs distraité d'un autre emploi, consommation ou production). À la lettre, chacun, actuellement, se voit perdant de manière non triviale, tandis que seules les générations futures sont gagnantes par l'entremise des dommages évités (Rothenberg, 1993). Économiquement parlant, il s'agit donc de transférer un bien-être réel de la génération présente à des générations futures dans le but de compenser les dommages potentiels que nos activités actuelles font peser sur ces générations-là.

D'un côté, il est nécessaire que tous les groupes (nations) entreprennent une action de prévention, de manière coordonnée (or ces nations diffèrent grandement dans leur disposition à faire un tel sacrifice pour des raisons notamment de développement). De l'autre, une politique préventive peut-elle s'avérer économiquement attractive ?

L'outil économique qui permet de mettre en regard et de comparer des projets ayant des profils temporels de coûts-bénéfices différents est l'escompte. L'opération d'escompte conventionnelle est remise en question du fait des caractéristiques temporelles du changement climatique (principalement intergénérationnelles). En effet, avec l'opération d'escompte, les événements lointains (les bénéfiques des dommages évités) reçoivent un poids considérablement moindre que les événements rapprochés (les coûts des mesures préventives). Il en découle que dans le contexte du changement climatique, les coûts de court terme l'emportent largement — et l'emporteront toujours — sur les bénéfiques de long terme. Les bénéfiques escomptés des mesures de prévention, même avec un taux d'escompte bas, « environnemental » (voir plus loin), ne vaudront en somme jamais leur coût.

L'escompte est à la fois la mesure et la révélation de l'impatience économique face à la longueur de temps climatique. Comment cela fonctionne-t-il ? Supposons, didactiquement, qu'un groupe fixe d'agents se trouve face à trois options d'investissement au temps  $t_1$ . Chacun des projets rapporte le même bénéfice net sur une durée totale qui est la même pour chacun des projets.

Cependant, le projet *A* rapporte un bénéfice constant sur toute sa durée, le projet *B* a des bénéfices qui sont faibles au départ mais croissent au fur et à mesure que le projet se réalise, le projet *C* commence avec des bénéfices élevés qui décroissent ensuite au fur et à mesure de sa réalisation. L'opération d'escompte, qui consiste à calculer la valeur actuelle nette de chacun des projets, va sélectionner le projet *C*. Il va le faire parce que le poids le plus élevé est mis sur la période la plus proche de la période présente et le poids le plus faible sur les périodes les plus éloignées. Le projet *A* se place en second et le *B* se range en troisième position (parce que ses bénéfices les plus élevés sont également les plus éloignés dans le temps).

Si ce type de choix est correct dans l'intertemporalité économique (années), il introduit un biais vis-à-vis de l'intergénéralité dans la mesure où il attribue tant aux périodes qu'aux générations futures une représentation déformée par l'impatience économique et donc la préférence pour le présent. Le biais est d'autant plus fort que le taux d'escompte retenu est élevé. En termes de rationalité économique « classique », ce biais est celui du critère de maximisation de la valeur présente de l'utilité attendue. Il est encore accentué lorsque l'incertitude est prise en compte (Rothenberg, 1993 ; Pillet, 1994 ; voir aussi plus bas).

L'impatience économique peut être approchée par le niveau du taux d'escompte appliqué. Le taux du marché, d'un côté (qui peut aller de 5 à 8 % en Europe à 20 ou 60 % dans les pays en développement), exprime l'impatience économique privée tandis qu'un taux plus bas, par convention, exprime l'impatience économique publique (il s'agit des cas d'investissements publics à plus long terme — eau, énergie, etc. — pour lesquels ce ne sont plus les individus, mais les gouvernements qui sont capables d'agir en fonction de l'avenir ; l'argument selon lequel le gouvernement n'a pas, en principe, de durée de vie finie, comme les individus, est également avancé ; voir par exemple Lind *et al.*, 1982). Le résultat de ce type de réflexion est la reconnaissance toute conventionnelle qu'il est possible de recourir à un taux d'escompte public inférieur au taux d'escompte privé.

Sur le plan environnemental, les auteurs ont procédé par analogie avec un taux public, certains suggérant même un taux d'escompte « environnemental » très proche, égal, voire inférieur à zéro. Le rapport *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 1996) évoque un taux de 0,5 à 3 % pour les investissements relatifs à la prévention du changement climatique.

Un taux d'escompte bas a cependant pour conséquence une compétitivité moindre des investissements environnementaux en comparaison avec les investissements courants. Leur coût d'opportunité, autrement dit le sacrifice de bien-être que la société doit accepter afin d'entreprendre cet investissement, est d'autant plus élevé. Au mieux, puisqu'il s'agit d'un projet de société, pourrait-on parler de coût social d'opportunité (Hediger, 1994) ; cependant faudrait-il encore recourir à une fonction sociale de bien-être afin d'évaluer socialement ce sacrifice. Or, dans la réalité, il n'est pas possible de construire une telle fonction. Les seules ouvertures offertes, si l'on voulait passer aux préférences sociales, seraient de type dictatorial (Arrow, 1951).

Le dictateur peut être bienveillant. Il peut également être un groupe, un lobby, une majorité civique ou civile. Là n'est pas la question. La question est qu'il est impossible de produire une fonction sociale de bien-être qui ne soit pas de forme dictatoriale.

Qu'en est-il de l'environnement? Echappe-t-il à ce théorème d'impossibilité? Doit-on remplacer les préférences individuelles économiques par des préférences civiques, civiles ou ... écologiques? Ou doit-on reconsidérer la rationalité économique sous un éclairage écologique? (Pillet, 1996). Pour l'heure, les décisions collectives, internationales passent par la négociation d'un cadre de décisions.

### ***Incertitude et risque***

L'escompte n'est pas le seul aléa de l'économie du climat. Incertitude et risque sont des éléments majeurs de l'analyse. Du côté de l'économie, incertitude et risque peuvent être traités de manière standard dès le moment où les agents sont en possession d'une information sûre et qu'ils sont réputés capables de gérer le problème posé. Tel n'est pas le cas du changement climatique. On parle alors de *strong uncertainty* (Faucheux et Froger, 1994) et de risques collectifs (Chichilnisky et Heal, 1993) qui, à cause de leurs caractères particuliers, ne seraient pas réductibles les uns aux autres et, par conséquent, échapperaient au traitement probabiliste habituel. Qui plus est, nous avons suggéré (Pillet, 1994; cf. également Beltratti, 1994) que le traitement de l'incertitude forte conduisait à une situation comparable à celle de l'escompte et qu'il instituait donc un biais important par rapport au temps long (en effet, en réaction à une incertitude forte, déterminée par des probabilités non additives, la consommation de la période présente augmenterait et oblitérerait ainsi une plus large possibilité d'investir pour le futur).

L'impatience économique semble donc s'imposer dans le temps court comme dans le temps long. Un élément de patience semble pourtant résider dans l'idée d'attendre — avant de prendre une décision — qu'une information meilleure soit disponible. De manière habituelle, en effet, plus d'information devrait résoudre l'incertitude. L'économie reconnaît ce phénomène en attribuant une valeur à l'information à venir. Mais un autre biais s'installe dans le cas du changement climatique : d'un côté, il n'est pas pensable d'attendre de pouvoir résoudre l'incertitude forte liée au climat avant d'agir du fait des risques de surprise tandis que, de l'autre, du fait du très long terme et de la complexité de la situation, la prime sur l'information n'est logiquement pas élevée pour une résolution (impossible) de l'incertitude, disons dans les deux prochaines décennies (Peck et Teisberg, 1993).

## **Rationalités émergentes et conséquences institutionnelles**

### ***Comportements***

Des changements sont inéluctables en termes de responsabilité environnementale dans le contexte de la politique tant publique que corporative. Nazli Choucri (1994) propose le repérage de ces changements de comportement à travers deux équations aussi simples qu'évidentes.

La première, l'équation de la *législation* environnementale, s'exprime de la manière suivante : dégradation de l'environnement + accentuation de la conscience environnementale + expérience de paiements compensatoires aux victimes de la pollution = plus de règles et plus de législation en matière d'environnement.

La seconde équation, *corporative*, est similaire et peut être énoncée ainsi : législation et protection du consommateur + accentuation de la conscience environnementale + expérience des responsabilités encourues par les firmes pour les dommages à l'environnement (responsabilité fiduciaire) = accroissement des coûts liés à la responsabilité environnementale et incertitude accrue.

Ces éléments devraient prévaloir dans les décisions portant sur le temps long dans la mesure où aucun schéma de décision à long terme n'est connu.

### ***Intergénération***

L'analyse des investissements relatifs aux générations futures devrait faire l'objet d'analyses économiques non conventionnelles. Un exemple d'une telle analyse est fourni par Rothenberg (1994). Il s'agit de l'application du principe de *l'endettement antérieur*.

Le principe de l'endettement antérieur dit ceci : plutôt que de considérer la génération présente comme ayant une responsabilité de type altruiste à l'égard des générations futures, pourquoi ne pas la considérer comme ayant une dette avec le passé, tant envers les générations qui l'ont précédé qu'envers la nature. En somme, ce que nous avons accompli dans notre génération est en grande partie dû à l'héritage des générations précédentes et au travail de la nature. Il y a, autrement dit encore, une mémoire générationnelle et naturelle dans nos accomplissements.

Cette mémoire (qui pourrait correspondre à la mémoire émergétique des réseaux écologiques — cf. Odum, 1983 ; Pillet et Odum, 1987 ; Hall, 1985), plutôt que de la devoir aux générations précédentes, opération impossible en pratique, nous la transmettrions en post-paiement aux générations futures.

En ce sens, la génération présente offrirait à la génération suivante le droit de démarrer son existence *avec au moins le même potentiel de développement que le sien au moment de son propre départ dans l'existence*.

Les marchés, enfin, sont eux-mêmes susceptibles d'évoluer encore, qu'il s'agisse des marchés financiers ou de ceux de l'assurance. Il s'agit là d'une solution susceptible d'éviter le piège d'une dictature socio-environnementale. Un cas de figure de l'évolution des marchés financiers face aux risques associés au changement climatique est fourni par Chichilnisky et Heal (1993), Chichilnisky (1994) et Pillet (1994).

Les ingrédients de cet enjeu nouveau sont le degré d'aversion pour le risque, le taux d'escompte et les *titres d'Arrow* (cf. les travaux d'Arrow et de Debreu dans les années cinquante). Aversion pour le risque et taux d'escompte travaillent en sens opposé par rapport à la



disponibilité à consacrer du revenu afin d'éviter les risques. Plus élevée est l'aversion, plus un pays, par exemple, sera enclin à s'assurer face aux menaces qui pèsent sur l'environnement naturel tandis que plus élevé est le taux d'escompte et plus le futur perd en importance. Des pays différents peuvent ainsi avoir des attitudes différentes face à des investissements climatiques préventifs. Pourquoi alors ne pas ouvrir les paris et mettre en marché des *titres d'Arrow*, papiers-valeurs qui payeraient si et seulement si, à l'échéance convenue, un état particulier du climat se vérifiait — celui sur lequel tel ou tel pays ou groupe de pays aurait engagé les paris, les uns pariant sur de faibles dommages, les autres sur des dommages importants. À l'échéance, des transferts financiers régionaux seraient effectifs. Ces titres, entre-temps, seraient traités sur les marchés financiers internationaux pour des volumes susceptibles d'atteindre des centaines de milliards de dollars.

Quant à l'industrie de l'assurance, liée à des contrats fixes et à court terme, elle est condamnée à revoir sa stratégie future. Avant 1989, les risques naturels assurés n'avaient jamais dépassé le milliard de dollars. En 1992, à la suite du cyclone Andrew, les pertes assurées atteignirent 15,5 milliards de dollars. Une plus forte concentration de richesses matérielles dans des zones à risque et des montants assurés plus élevés expliquent en partie ce phénomène qui, néanmoins, devient plus fréquent (Weilenmann, 1994). En fait, l'industrie de l'assurance pourrait recourir aux *titres d'Arrow* que nous venons d'évoquer afin de se couvrir elle-même face aux risques, majeurs et collectifs, liés au changement possible de climat.

On remarquera ainsi, en fin de compte, que le marché et l'analyse économique, démocratiques, mais *a priori* impatientes face au temps long du climat, ne sont pas totalement évincés de la scène et font montre, au contraire, d'une capacité de souplesse pouvant éventuellement se montrer plus efficiente que des négociations internationales patientes, mais interminables. Il reste que les solutions de type économique ne valent dans l'immédiat que pour une partie du monde.

## NOTES

1. L'*optimum optimorum* est la réalisation de l'*optimum* de Pareto à la fois dans la production et dans l'échange.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARROW, K. J., « Alternative Approaches to the Theory of Choice in Risk-Taking Situations », *Econometrica*, n° 19, 1951, p. 404-437.

— *Social Choice and Individual Values*. New York, Wiley, 1951.

ARROW, K. J., PARIKH, J., PILLET, G., *Decision Making Frameworks for Addressing Climate Change*, IPCC Second Assessment Report, Working Group III. Cambridge, Cambridge University Press, 1996.

BELTRATTI, A., « Environmental Problems and Attitudes Towards Risk and Uncertainty », in G. PILLET et F. GASSMANN (eds), *Steps Towards a Decision Making Framework to Address Climate Change*. Würenlingen, Suisse, Paul Scherrer Institut (PSI-Bericht Nr. 94-10), 1994, p. 67-74.

CHICHILNISKY, G., « Global Environmental Risks and Financial Instruments », in G. PILLET et F. GASSMANN (eds), *Steps Towards a Decision Making Framework to Address Climate Change*. Würenlingen, Suisse, Paul Scherrer Institut (PSI-Bericht Nr. 94-10), 1994, p. 99-114.

CHICHILNISKY, G., HALL, G., « Global Environmental Risks », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 7, n° 4, automne 1993, p. 65-86.

CHOUCRI, N. (Ed.), *Global Accord*. Cambridge, MA, MIT Press, 1993.

— Introduction au volume 2, de *Business and the Contemporary World*, 1994, p. 6-7.

FAUCHEUX, S., FROGER, G., « Decision-Making Under Environmental Uncertainty », in G. PILLET et F. GASSMANN (eds), *Steps Towards a Decision Making Framework to Address Climate Change*. Würenlingen, Suisse, Paul Scherrer Institut (PSI-Bericht Nr. 94-10), 1994, p. 51-65.

HALL, C. A. (dir.), *Maximum Power : the Ideas and Applications of H.T. Odum*. Niwot, CO, University Press of Colorado, 1995.

HEDIGER, W., « On the Opportunity Cost of Climate Change and Policy », in G. PILLET et F. GASSMANN (eds), *Steps Towards a Decision Making Framework to Address Climate Change*. Würenlingen, Suisse, Paul Scherrer Institut (PSI-Bericht Nr. 94-10), 1994, p. 41-47.

IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change], *Climate Change : The Second IPCC Assessment Report*. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 1996.

JACOBY, H. D., PRINN, R. G., *Uncertainty in Climate Change Policy Analysis*. Cambridge, MA, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report 1, December 1994.

LIND, R.C., ARROW, K. J., COREY, G. R., DASGUPTA, P., SEN A. K., STAUFFER, T., STIGLITZ, J. E., STOCKFISH, J. A., and WILSON, R., *Discounting for Time and Risk in Energy Policy*. Washington D.C., Resources for the Future, 1982, 468 p.

ODUM, H. T., *Systems Ecology*. New York, Wiley, 1983.

PILLET, G., *L'Efficace, le juste et l'écologique : Économie normative du bien-être, du choix social et l'environnement*. Fribourg, Éditions universitaires, 1996.

— « Betting on Climate States », in G. PILLET et F. GASSMANN (eds), *Steps Towards a Decision Making Framework to Address Climate Change*. Würenlingen, Suisse, Paul Scherrer Institut (PSI-Bericht Nr. 94-10), 1994, p. 115-137.

PILLET, G., ODUM, H. T., *E<sup>3</sup> énergie, écologie, économie*. Genève, Georg, 1987.

ROTHENBERG, J., « Economic Perspective on Time Comparisons : Evaluation of Time Discounting », in N. CHOUCRI (ed.), *Global Accord*. Cambridge, MA, MIT Press, 1993.

— « Investment for Future Generations : An Unconventional Economic Approach », *Business and the Contemporary World*, vol. 2, 1994.

WEILENMANN, U., « Insurable Risk Associated to Climate Change », in G. PILLET et F. GASSMANN (eds), *Steps Towards a Decision Making Framework to Address Climate Change*. Würenlingen, Suisse, Paul Scherrer Institut (PSI-Bericht Nr. 94-10), 1994, p. 11-17.