

Climat et générations futures - Un examen critique du
débat académique suscité par le Rapport Stern

Olivier Godard

Juillet 2007

Cahier n° 2007-13

LABORATOIRE D'ECONOMETRIE

1 rue Descartes F-75005 Paris

(33) 1 55558215

<http://ceco.polytechnique.fr/>

<mailto:lyza.racon@shs.polytechnique.fr>

Climat et générations futures - Un examen critique du débat académique suscité par le Rapport Stern

Olivier Godard¹

Juillet 2007

Cahier n° 2007-13

Résumé:

Approuvé par plusieurs prix Nobel (Mirrlees, Sen, Solow, Stiglitz) le Rapport Stern sur l'économie du changement climatique a également été vivement critiqué par plusieurs économistes de renom, en particulier nord-américains. Le cœur des critiques concerne les choix en matière de taux d'actualisation, le traitement de l'incertitude et celui de l'adaptation des générations futures à la nouvelle donne climatique. L'équipe Stern est globalement accusée d'avoir manipulé la méthodologie économique afin de pouvoir dresser un tableau catastrophiste du problème. De l'examen du débat, il ressort que le rapport Stern n'est pas à l'abri de tout reproche mais qu'il a raison sur l'essentiel contre ses critiques si l'on reste dans le cadre de la philosophie utilitariste dont procède l'analyse coûts-avantages. Comme un boomerang, ce débat a permis de révéler le lot d'hypothèses contestables ou mal fondées qui sous-tendaient les évaluations avancées par nombre d'économistes prisonniers de concepts et de conventions de méthode inadaptées au problème du changement climatique planétaire. L'approche séquentielle de la décision, plus en phase, n'a jusqu'à présent pas recueilli l'audience qu'elle mérite, elle aussi prisonnière d'un débat théorique largement décalé. Plus radicales, les alternatives non-utilitaristes rencontrent des difficultés non négligeables, en particulier autour de l'idée de droits des générations futures. Les débats sur le climat mettent en évidence une relation difficile et confuse entre éthique et économie. Ainsi, l'habillage en termes d'efficacité économique dont est revêtu le débat critique sur le rapport Stern est largement trompeur, car le problème abordé est dominé par le statut éthique à reconnaître aux générations futures et la légitimité de transferts imposés de coûts en contexte asymétrique, deux questions qui échappent à l'analyse économique.

Abstract:

Applauded by several Nobel-price winners (Mirrlees, Sen, Solow, Stiglitz) the Stern review of the economics of climate change has also been exposed to severe criticisms of other well-known economists, noticeably North-American. The core of those criticisms targets choices of the discount rate and the way uncertainty and adaptation of future generations to new climatic conditions have been approached. It is said that the Stern team had cooked the economic book in order to sketch a catastrophic picture of the climate issue. The results of a critical examination of the debate are that the Stern review can be rightly opposed some methodological limits and shortcuts, but also that for essential matters, it is more right than wrong, in the context of the utilitarian philosophy that provides the conceptual basis of cost-benefit analysis used as well by Stern and his critics. Curiously, like a boomerang, the positions of certain of his eminent critics caught by ill-adapted concepts and economic routines, have been revealed by this critical debate to be rather dubious or inconsistent. More relevant, the sequential approach to decision under uncertainty has not yet gained the audience it deserves, being embarked in out of line theoretical debates. More radical, non-utilitarian alternatives do not offer an easier way to go, since several of them also meet important difficulties, particularly in relation with the idea of rights of future generations. Debates on right climate policies enlighten a rather difficult and confused relationship between economics and ethics. Notwithstanding the choice of the best analytical framing, the dressing of the critical appraisal of the Stern review in terms of economic efficiency is deceiving since the issue is dominated by the ethical standing to be acknowledged to future generations and the legitimacy of imposed transfers of costs in asymmetrical contexts, two questions that economic analysis is not well-equipped to arbitrate.

Mots clés :

changement climatique, actualisation, équité intergénérationnelle, analyse coûts avantages, approche séquentielle, adaptation, rapport Stern

Key Words :

climate change, discount rate, intergenerational justice, cost-benefit analysis, sequential approach, adaptation, Stern Review

Classification JEL:

D63, D80, Q25, Q28

¹ CNRS et Ecole polytechnique, Département Humanités et Sciences Sociales

Introduction

Les risques climatiques résultant de l'effet de serre ont peu à voir avec les risques ordinaires dont l'analyse économique est familière. Ils mettent en jeu un bouleversement d'ensemble et très durable (plusieurs milliers d'années) (Archer, 2005) des conditions de la vie sur terre qui constitue un défi intellectuel majeur pour l'évaluation économique. Peut-on prétendre faire le tour d'un tel phénomène et embrasser l'essentiel de ses effets à partir des outils de la théorie de la décision développée pour les marchés financiers et de l'analyse coûts-avantages inventée pour évaluer des projets d'infrastructures (barrages, autoroutes, aéroports...)? L'action des responsables publics et privés en ce domaine doit-elle se déterminer en recherchant l'optimisation du ratio des dommages évités aux coûts de la prévention, comme le préconisent généralement par *habitus* les économistes? Doit-elle s'organiser plutôt en fonction d'un but général comme celui retenu par la Convention cadre sur le changement climatique, adoptée en 1992, à savoir: « éviter une interférence dangereuse des activités humaines avec le climat de la planète », et d'objectifs intermédiaires touchant les données physiques du problème: le niveau des émissions annuelles de gaz à effet de serre (GES) à différents horizons (2020, 2030, 2050...), et les valeurs correspondantes possibles des concentrations atmosphériques de ces gaz?

L'humanité ne s'est pas dotée d'un gouvernement mondial, se contentant d'une gouvernance flottante, tout en percevant chaque jour davantage les périls que cette situation comporte. Parmi ces périls, le bouleversement du climat de la planète occupe l'une des premières places dans l'esprit d'une partie des dirigeants occidentaux. Pourtant, la communauté internationale est demeurée jusqu'à présent fort hésitante lorsqu'il s'est agi de passer à l'action. Depuis que la question est devenue politique, il y a une vingtaine d'années, elle a un peu progressé dans les esprits et les résolutions, mais est restée jusqu'à ces dernières années largement enlisée pour ce qui est des avancées pratiques. Toutefois, la machine a toujours été relancée et les perspectives d'une action internationale concertée sont devenues plus crédibles en 2007, sans être assurées.

On doit ces modestes progrès à la multiplication des phénomènes physiques et écologiques qui manifestent que le changement de climat est déjà en cours, qu'il se produit plus rapidement qu'il n'était anticipé, et qu'il n'est donc pas seulement une perspective lointaine réservée aux seules générations futures. On le doit aussi aux formulations de plus en plus fermes des rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC-IPCC) quant à la science de base des phénomènes climatiques et aux impacts à anticiper. L'influence des diagnostics scientifiques a cependant été freinée par des polémiques publiques qui, lancées périodiquement par certaines personnalités soucieuses de leur notoriété, ont été complaisamment relayées par les médias au nom de la lutte contre la pensée unique et de l'équilibre des points de vue. On le doit enfin à la dramatisation intervenue à l'automne 2006 à l'occasion de la publication du rapport sur l'économie du changement climatique commandé un an auparavant par le ministre de l'Échiquier britannique à son conseiller économique, ancien économiste en chef de la Banque mondiale, Sir Nicholas Stern (2006).

En dépit des dangers identifiés, la communauté internationale peine à s'engager dans une action de prévention. Jusqu'à présent les économistes ont eu une contribution ambiguë à l'éclairage des enjeux en dépit d'un investissement intense: d'un côté, le déploiement de

leurs raisonnements et outils classiques n'a pas permis de parvenir à des préconisations convergentes et convaincantes ; de l'autre côté, les économistes les plus en vue ont contribué à diffuser une représentation lénifiante et erronée du problème climatique qui a fait perdre une quinzaine d'années pour des réorientations qui s'inscrivent objectivement dans une course contre la montre du fait de des inerties des dynamiques en jeu et de l'irréversibilité des évolutions physiques engagées à l'échelle planétaire. Plus adaptée au problème et à l'esprit du principe de précaution, l'approche séquentielle est encore marquée par la dispersion des conclusions, étant prise entre les irréversibilités environnementales et les irréversibilités économiques, dans une fausse symétrie analytique elle aussi trompeuse. L'engagement résolu dans des stratégies de développement durable permettrait de lever certaines difficultés dans l'approche du long terme en focalisant l'attention sur le monde physique et humain connu. Encore faudrait-il reconnaître les ruptures conceptuelles qu'apporte au raisonnement économique l'adoption de la référence au développement durable.

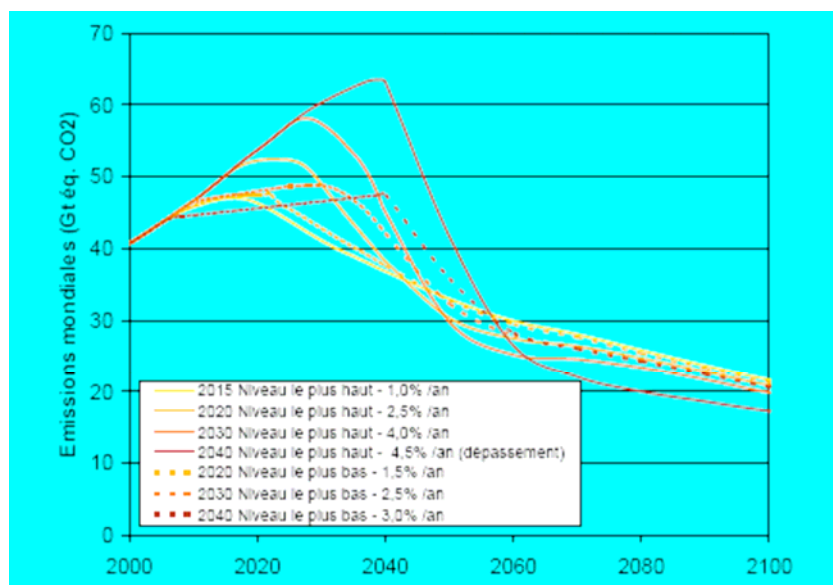
1. Les grands messages du rapport Stern

La présentation publique et l'endossement de ce rapport par le Premier ministre du Royaume Uni¹ ont donné lieu à des formulations saisissantes. Sans action forte et rapide, le développement économique de l'humanité engendrerait des risques de perturbations majeures dans ce siècle et dans le siècle suivant d'une ampleur comparable à celles qui ont été associées aux grandes guerres et à la dépression économique de la première moitié du XX^e siècle. Autrement dit, ramenés à une annuité constante, les dommages climatiques pourraient représenter de 5 à 20% du Produit mondial brut (PMB) annuel dès aujourd'hui et pour l'éternité. La fourchette mentionnée ne donne pas une indication de l'incertitude, mais seulement les valeurs centrales à considérer selon l'étendue des phénomènes auxquels on s'intéresse : à 5%, seuls les dommages sur la production et les activités sources de revenu (en particulier l'exploitation des ressources naturelles) sont considérés. L'intégration des pertes de vie humaines et des pertes écologiques (notion de services écologiques) fait plus que doubler le pourcentage. La prise en compte d'hypothèses plus extrêmes sur la sensibilité du climat et sur l'existence de rétroactions positives amplifiant les déséquilibres (émissions de méthane du permafrost dégelé, moindre absorption par les océans,...) font passer le coût des dommages à 14%. Enfin, la reconnaissance du fait que les populations les plus pauvres des pays les moins développés seront proportionnellement les plus touchées - elles dépendent davantage des conditions naturelles pour satisfaire leurs besoins élémentaires, elles ont de moindres capacités d'adaptation et elles se trouvent objectivement situées dans des régions qui seront davantage frappées physiquement - conduit aux 20%.

Le second message du rapport Stern est que l'humanité a les moyens, pour un coût assez modéré, d'éviter ces perspectives catastrophiques. Une politique internationale de maîtrise de ce risque climatique n'imposerait pas de renoncer à la croissance économique, ni au Sud ni au Nord. Que cette promesse se réalise dépend toutefois du choix d'un objectif approprié et de la rapidité à engager des politiques fortes et bien conçues pour être

¹ Dans un article au *Sun* du 30 octobre 2006, Tony Blair écrivait : "Today the Government will publish the most important report on the future which I have received since becoming Prime Minister. The Stern Report should be seen across the globe as the final word on why the world must act now to limit the damage we are doing to our planet."

économiquement efficaces. Un pic mondial des émissions de gaz à effet de serre (GES) devrait s'imposer au plus tard d'ici 2020 pour que l'humanité ait des chances sérieuses de stabiliser à long terme les concentrations de ces GES à un niveau de 550 ppm² de CO₂eq³. Puis les émissions devraient décroître de façon absolue à un taux annuel de 2,5% alors que la tendance actuelle est à un accroissement annuel de 1,3%. La figure 1, extraite du rapport Stern, montre l'arbitrage entre la précocité et l'intensité de l'effort de décarbonisation de l'économie à accomplir pour tenir l'objectif de concentration atmosphérique des GES à 550 ppm.



Source : The Stern Review, p. 199

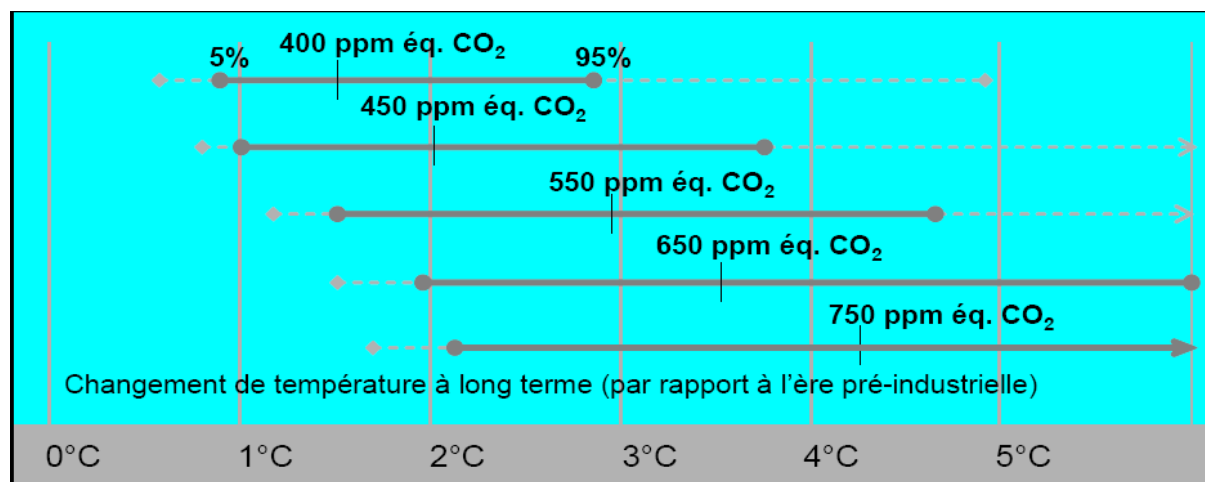
Figure 1 : trajectoires d'émission de GES compatibles avec une stabilisation des concentrations atmosphériques à 550 ppm de CO₂eq (monde)

Déjà pour ce niveau de concentration de 550 ppm, la valeur centrale, à l'équilibre de long terme, de l'estimation de l'augmentation de température moyenne de la planète par rapport à l'ère préindustrielle est de 3 degrés Celsius, avec une probabilité non négligeable qu'elle dépasse les 4 degrés (voir la figure 2). Ce n'est donc pas un scénario de la tranquillité climatique ! Le point de passage en 2050 serait un niveau d'émissions inférieur de 25% au niveau mondial actuel. Le rapport Stern estime que ce résultat pourrait être atteint pour un

² ppm signifie « parties par million ». 1 ppm égale un millionième. Dans le contexte climatique, les ppm sont calculées en volume. La concentration atmosphérique des gaz à effet de serre (GES) qui sont visés par la Convention sur le climat se situe entre 280 (valeur préindustrielle) et 380 (valeur présente) pour le CO₂ et 430 pour les 6 GES considérés par le Protocole de Kyoto (gaz carbonique, méthane, oxyde nitreux et trois composés fluorés). Pour l'avenir, à l'horizon 2100, on s'attend à des valeurs comprises entre 450 (quasi-stabilisation au niveau actuel à l'échelle mondiale) pour une politique très forte et sans délai et 1000 pour un scénario de laisser-aller. Pour faire 1 ppm de plus, il faut émettre entre 15 et 20 Gt CO₂.

³ Le gaz carbonique, CO₂, sert d'étalon pour déterminer l'incidence respective des différents gaz sur le forçage radiatif. La table de correspondance tient compte du pouvoir instantané de réchauffement et de la durée de vie conventionnelle attribuée aux différents gaz. Le CO₂eq est une unité de mesure « universelle » pour tous les GES, ces derniers comptant au prorata de leur équivalent-CO₂.

coût annuel, sur la période, situé dans une fourchette de -3% du PMB (impact positif sur la croissance) à + 3% (cas pessimiste ignorant tous les facteurs de baisse de coûts des techniques existantes ainsi que les opportunités déjà avantageuses), avec une estimation centrale de 1% du PMB, soit environ 1000 Mds\$ à l'horizon 2050.



Source : The Stern Review, p. 294

Figure 2 : Correspondance entre niveaux de stabilisation des concentrations de GES et fourchettes de probabilité d'augmentation de la température moyenne de la planète à l'équilibre de long terme

Les lignes horizontales indiquent la fourchette 5% - 95% de probabilité établie à partir des rapports du GIEC et d'une étude d'ensemble du Hadley Centre. Les pointillés reflètent la dispersion des valeurs sur l'ensemble des études. Les traits verticaux indiquent la valeur moyenne de la médiane (50% de chance que la valeur soit inférieure ou supérieure)

Si la concentration atmosphérique des GES était contenue à ce niveau de 550 ppm, les coûts des dommages climatiques encourus seraient équivalents à une perte annuelle et pour toujours de 1,1% de la consommation par habitant. Ainsi, dans ce scénario se situant aux limites de l'acceptable aux yeux de l'équipe Stern, le coût total du changement climatique (coût des dommages et coût de la prévention) serait équivalent à un peu plus de 2% de la consommation mondiale par habitant maintenant et pour toujours. Il ne reste déjà que très peu de temps à l'humanité pour le mettre en place.

Que penser de tout cela ? Il est utile d'entrer plus avant dans la présentation des résultats du rapport Stern et des principaux choix de méthode qui y ont conduit, afin de permettre une meilleure appréciation des principales conclusions. Il est également utile de saisir les termes des controverses très vives que le rapport Stern a suscitées, en particulier de la part d'économistes américains, après avoir été salué par d'autres économistes, dont quatre prix Nobel d'économie (James Mirrlees, Amartya Sen, Robert Solow, Joseph Stiglitz). Certains de ces critiques, comme William Nordhaus, avaient engagé des travaux sur l'économie du changement climatique depuis de nombreuses années (Nordhaus, 1977) et avaient jusqu'alors fait des recommandations inverses de celles du rapport Stern quant à l'urgence et à l'intensité de l'effort de prévention à engager. Contrairement à l'affirmation de Tony Blair, nombre d'experts ne considèrent pas que le rapport de son conseiller économique

ait mis un point final à l'expertise économique de ce redoutable problème du climat. Il en est même qui, comme Richard Tol (2006), professeur à Hambourg, Amsterdam et Pittsburgh, considèrent qu'il vaudrait mieux mettre ce rapport de côté et n'en tenir aucun compte, tellement ses choix méthodologiques et ses conclusions leur apparaissent irrecevables.

En dépit de toutes les critiques émises, la presque totalité des économistes ayant commenté le rapport Stern s'accordent aujourd'hui pour considérer que le problème du climat est un problème sérieux qui demande l'engagement immédiat d'une action internationale visant à la fois la prévention du risque et l'adaptation à la part de changement qui se produira de toute façon. À cet effet, ils s'accordent également pour dire qu'une politique efficace implique de recourir aux instruments économiques qui permettent de donner un prix au carbone et de stimuler avec ampleur la recherche pour engendrer de nouvelles technologies à bas profil en carbone. La portée pratique des désaccords méthodologiques et théoriques se limite donc au choix de la cible à viser (une concentration de GES comprise entre 450 et 550 ppm nous dit Stern) et au rythme à suivre pour la maîtrise des émissions de GES.

2. Que trouve-t-on dans le rapport Stern ?

The Review of Economics on Climate Change a été réalisée par une équipe *ad hoc* d'une vingtaine de spécialistes, climatologues et économistes, travaillant sous l'impulsion de Nicholas Stern. Un ensemble d'études spécialisées par thèmes ont en outre été commandées à différents centres de recherche. Le travail de l'équipe s'est enrichi d'une procédure de consultation et d'appel à contributions et de la présentation du travail, à différentes étapes, lors de colloques.

Rendu public le 30 octobre 2006, le rapport comporte six parties. La première fait le point sur les connaissances scientifiques sur le climat et définit le cadrage de l'exercice d'évaluation économique. La deuxième recense les données concernant les différentes catégories d'impacts et les agrège finalement dans un modèle d'évaluation intégrée pour déboucher sur une évaluation des dommages. La troisième étudie les enjeux économiques de la stabilisation des concentrations atmosphériques de GES en fonction de différentes cibles de concentration, en évalue les coûts, étudie les problèmes de compétitivité et compare coûts et bénéfices de la prévention. La quatrième partie étudie plus en détail les politiques de prévention (*mitigation*) reposant sur la réduction des émissions nettes, et la cinquième considère les politiques d'adaptation des personnes et des économies aux changements de climat qui se produiront en dépit du niveau de prévention retenu. La sixième et dernière partie aborde l'action internationale. Il n'est pas d'aspect important du problème climatique que le rapport Stern n'ait pas considéré.

Un tel rapport est proche par la perspective et par la forme des rapports du GIEC : il adopte une perspective mondiale et s'appuie sur les résultats saillants d'une large revue de la littérature scientifique internationale. Cependant, à la différence des rapports du GIEC, il n'a pas été soumis à un processus de revue critique internationale par les pairs, ni à la contrainte d'une approbation mot à mot de ses résumés et conclusions par les représentants des gouvernements de toutes les régions du monde. Aussi bien le rapport Stern témoigne-t-il d'une plus grande liberté dans le choix de ses sources, en prenant en compte des résultats récents ou des exercices réalisés à sa demande.

Sans donner à cet exercice une importance démesurée⁴, car elle y voyait seulement des éléments supplémentaires d'information par rapport au tableau désagrégé des dommages redoutés, l'équipe Stern s'est livrée à un exercice d'évaluation quantitative agrégée des relations entre économie et climat : des scénarios économiques, ici calés sur ceux des rapports du GIEC, déterminent des scénarios d'émissions, puis de concentration de GES. Une fonction de sensibilité climatique traduit les concentrations en augmentation des températures et impacts par grandes régions. Une fonction de dommage traduit ces impacts en pertes de consommation, au sens large, par habitant par rapport à un scénario de référence « sans changement climatique ». Du fait de l'importance des incertitudes aux différents points d'articulation, l'équipe Stern a adopté une approche probabiliste et s'est notamment appuyée sur des simulations de Monte Carlo pour la fonction de sensibilité climatique. Afin de mener à bien cet exercice, l'équipe Stern a utilisé un modèle d'évaluation intégrée, le modèle PAGE2002, qui avait été développé par Chris Hope à l'Université de Cambridge⁵.

3. Les principaux résultats

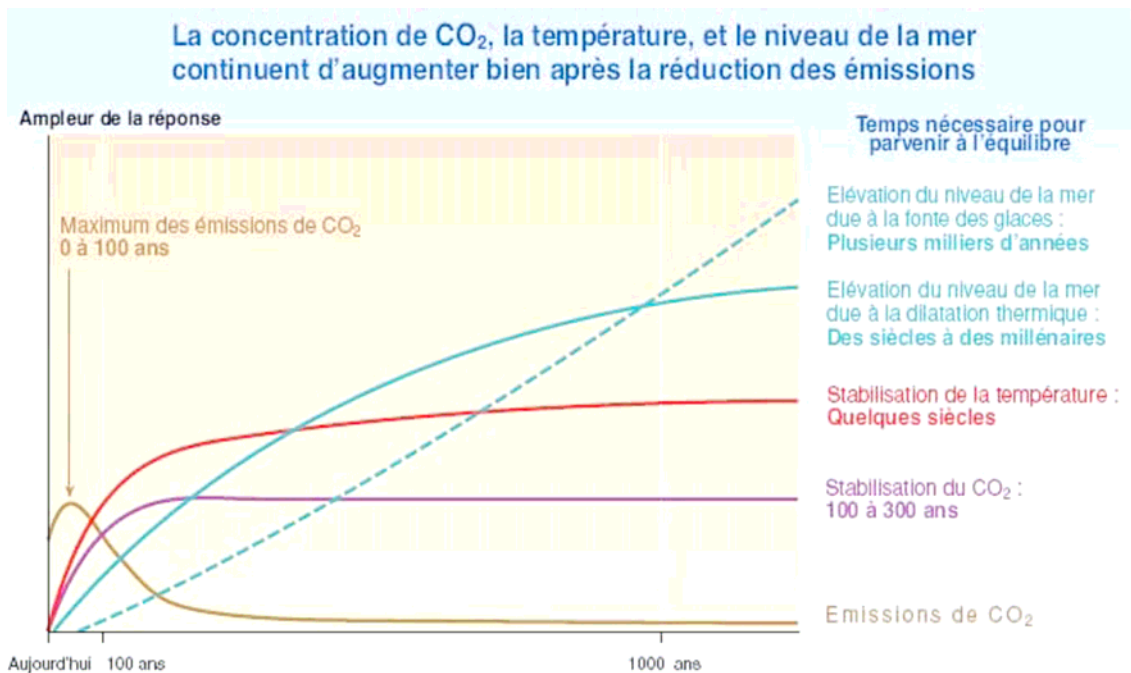
Des dommages potentiels à long terme de grande ampleur et durables

S'agissant des impacts physiques, un doublement de la concentration préindustrielle de GES (280 ppm), soit aux alentours de 550 ppm, qui pourrait être atteint entre 2030 et 2060 impliquerait vraisemblablement une augmentation significative de la température moyenne à long terme, par rapport aux valeurs préindustrielles, comprise dans la fourchette de 2 à 5 °C. À ce niveau de concentration de GES, il y aurait 20% de chances que la température moyenne dépasse les 5 degrés. Une élévation de 5 degrés dépasserait toute expérience historique de l'humanité.

Un tel changement provoquerait des dommages physiques et écologiques, troublerait l'accès aux ressources naturelles essentielles de centaines de millions de personnes, et affecterait leur santé. Tout cela aurait des effets sur les différentes composantes du capital productif, et aurait un effet dépressif sur la croissance économique d'autant plus marqué que seraient frappées des populations pauvres ayant peu les moyens de faire face. En incidence cumulée, cet effet négatif sur la croissance pourrait au moins doubler le niveau des dommages climatiques directs. Afin de réduire la vulnérabilité climatique des populations les plus pauvres et de faciliter leur adaptation, il est urgent de lever les obstacles à leur développement, nous dit l'équipe Stern.

⁴ L'exercice formalisé d'évaluation économique des dommages climatiques occupe deux chapitres du rapport : le chapitre 2 (pp. 23-54) qui donne le soubassement théorique des choix de méthode et le chapitre 6 (pp. 143-166) présentant les résultats obtenus avec le modèle PAGE2002, soit une cinquantaine de pages pour un rapport de 600 pages.

⁵ La première version du modèle PAGE date de 1991. Sa dernière adaptation (PAGE2002) a été faite en 2002 pour tenir compte des demandes formulées par le GIEC dans son rapport de 2001. Ce modèle intégré distingue 8 régions différentes par la sensibilité climatique et les niveaux de développement économique. Les variables de résultats sont des impacts économiques (pertes de revenus) et non économiques (pertes humaines et pertes d'espèces et d'écosystèmes). Il est conçu pour accueillir une approche probabiliste des valeurs des différents paramètres : niveaux d'émissions, relations entre émissions et concentrations atmosphériques, etc. Il prend en compte la possibilité de discontinuités fortes dans les dommages, sous la forme d'une probabilité croissant en fonction de l'écart de la température par rapport à un seuil tolérable. Les paramètres sont choisis de telle manière que de telles discontinuités ne peuvent se produire que si l'augmentation de température dépasse les 5°C. Les projections sont menées jusqu'en 2200. Voir Hope (2006).



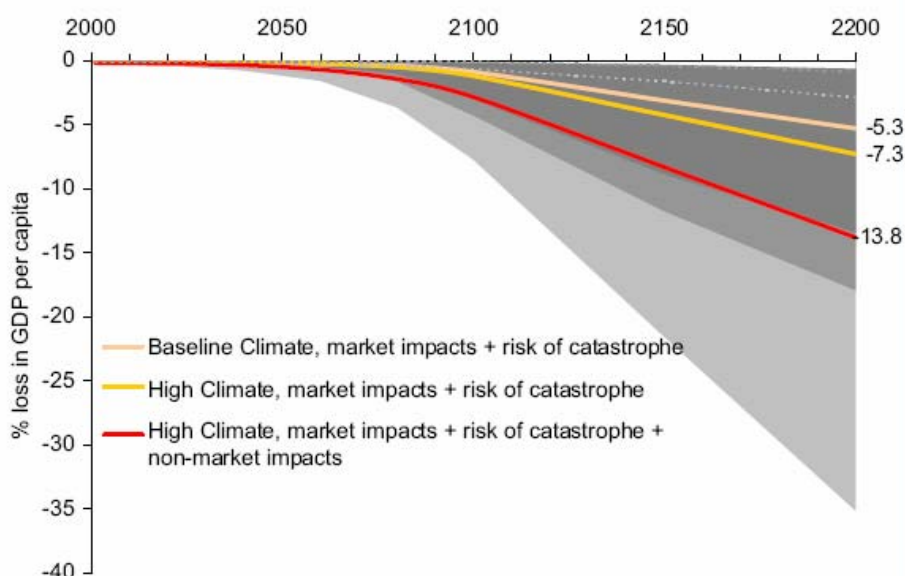
Source : rapport de synthèse du GIEC, 2001

Figure 3 : échelle temporelle des phénomènes physiques déclenchés par les émissions de GES

Contrairement au sentiment qui peut être donné par une lecture superficielle du message principal (une perte de consommation par tête de 5 à 20% dès maintenant et pour toujours) le profil temporel des dommages est très contrasté. Ces dommages seront ressentis pour la plus grande part à très long terme, surtout au-delà de 2100, mais seront alors extrêmement durables (voir la figure 3). Ainsi les valeurs centrales des pertes seraient de moins de 1 % en 2050, de 3 % en 2100, et de 14 % en 2200 dans la combinaison la plus pessimiste⁶. Les écarts des dommages mesurés en pourcentage d'un Produit Mondial Brut (PMB) qui serait lui-même en croissance dans le temps, seraient de 1 à 4 entre 2060 et 2100, 1 à 20 entre 2060 et 2200 (voir la figure 4). Le problème climatique est vraiment un problème de très long terme plongeant ses racines dans le passé et le présent et impliquant un grand écart temporel entre le temps des actions (émissions de GES) et le temps de leurs effets. Qui vit dans les pays industrialisés et est indifférent au sort de l'humanité après 2050 n'a pas besoin de faire du changement climatique une préoccupation majeure.

⁶ L'évaluation du rapport Stern s'arrête en 2200. Certes, il s'agit là d'un horizon déjà fort éloigné par rapport à celui des décisions humaines habituelles. C'est néanmoins une décision arbitraire qui pourrait laisser croire que les dommages s'arrêtent à cette date, ce qui n'a aucune raison de se produire compte tenu de l'inertie de phénomènes climatiques qui s'étendent à l'échelle de millénaires. D'après le calcul fait par G. Yohe (2006), avec le taux de préférence pour le présent choisi par l'équipe Stern (0,1%) (voir plus loin), les dommages postérieurs à l'année 2200 devraient doubler l'estimation des dommages totaux imputés au changement climatique.

Figure 4 - Scénarios de dommages climatiques



Source : la *Stern Review*, p. 157 :

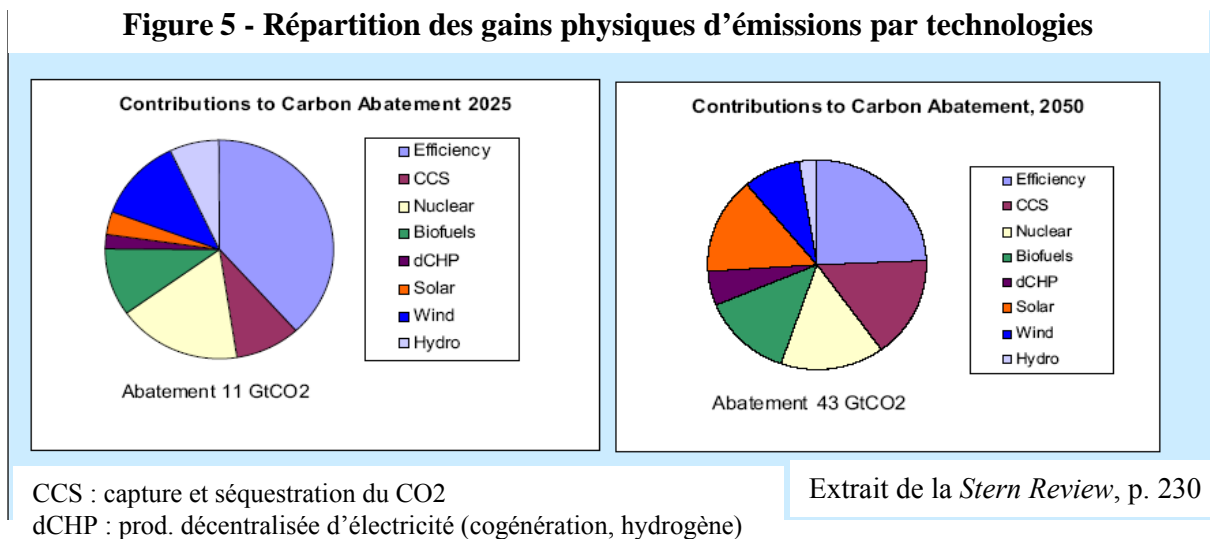
la surface grisée donne la fourchette pour une probabilité > 5 %

Ces dommages seront très inégalement répartis selon les régions de la planète : l'élévation de température sera plus rapidement et plus fortement sensible sur les terres que sur les océans, aux hautes latitudes que sous les tropiques ; les disparités géographiques existantes de la distribution des pluies seront accentuées, les zones les plus affectées par une raréfaction de l'eau étant les zones sous-tropicales (zone sahélienne-méditerranéenne, Afrique du Sud) et l'Asie du Sud-Est. Pour 2 °C d'augmentation de température, ces zones sous-tropicales pourraient perdre 30% de précipitations en volume. Au total les dommages estimés pour l'Afrique, le Moyen-Orient, l'Inde et l'Asie du Sud-Est seraient plus du double de la moyenne mondiale en pourcentage de PIB à l'horizon 2100.

La prévention de la catastrophe climatique peut être obtenue pour un coût modeste

La catastrophe climatique globale n'a rien d'inéluctable. Techniquement et économiquement possible, la maîtrise internationale du problème climatique dépend toutefois de l'objectif poursuivi et de la rapidité à engager des politiques fortes. Le rapport Stern plaide pour une politique devant nécessairement marcher sur deux jambes. D'un côté il s'agit de faire émerger un prix mondial du carbone, en instaurant un marché international de quotas de GES ou un système de taxation, afin de coordonner le mouvement d'ensemble au moindre coût. De l'autre côté, il faut mettre en place une politique de stimulation orientée du progrès technique (programmes de R & D, coopération et transferts de techniques, progrès technique induit par des signaux-prix). Ainsi, les progrès technologiques attendus devraient diviser par 2 les coûts

d'abattement moyen d'ici 2025. Seule la combinaison de ces deux orientations serait à la hauteur des enjeux. La figure 5 donne les répartitions possibles des réductions à obtenir par la voie technologique.



Le maintien d'un coût modeste de prévention (de l'ordre de 1% du PMB) dépend ainsi de plusieurs conditions :

- que l'action soit entreprise par la plus grande partie des pays représentant la plus grande part des émissions de GES ;
- que soient engagées sans délai des politiques fortes, en particulier celles qui ont une influence sur l'innovation technique, de façon à avoir commencé à infléchir significativement les trajectoires d'émissions avant 10-20 ans. Tout retard dans la mise en œuvre des politiques impliquerait à la fois pour l'avenir un effritement rapide des chances d'atteindre l'objectif fixé, mais aussi la nécessité ultérieure d'engager dans un délai réduit des actions beaucoup plus fortes et coûteuses. Ainsi reporter de 2020 à 2030 le pic des émissions planétaires multiplierait par 2 le rythme ultérieur de décroissance des émissions nécessaire pour atteindre une stabilisation à 550 ppm de CO2eq (voir la Figure 1).
- qu'on retienne des politiques utilisant, en tant que de besoin, toute la panoplie des instruments d'action de façon à toucher l'ensemble des secteurs, mais en privilégiant celles qui donne un prix aux émissions de GES. Il s'agit de combiner la fermeté de la direction d'ensemble et la flexibilité dans l'application sectorielle et locale des politiques. Particulièrement important est le bon usage des stratégies de recyclage fiscal du revenu des taxes sur les GES ou des permis qui seraient vendus aux enchères par les autorités publiques.

La limitation des coûts de la prévention dépend de la mobilisation intelligente de différentes variables, dont la Figure 6 indique le potentiel évalué à l'horizon 2030. Quatre variables sont à souligner dans ce bilan : les stratégies de recyclage du produit fiscal des instruments de politique ; le progrès technique induit ; les bénéfices environnementaux annexes (hors changement climatique) résultant par exemple de la réduction de l'incidence sanitaire de la pollution automobile ou du chauffage au charbon en milieu urbain ; l'existence de mécanismes internationaux de flexibilité.

Average impact of model assumptions on world GDP in 2030 for stabilisation at 450ppm CO₂ (approximately 500-550ppm CO₂e)
(% point levels difference from base model run)

Worst case assumptions	-3.4
Active revenue recycling ⁴	1.9
CGE model	1.5
Induced technology	1.3
Non-climate benefit	1.0
International mechanisms	0.7
'Backstop' technology	0.6
Climate benefit	0.2
Total extra assumptions	7.3
Best-case assumptions	3.9

Source: Barker et al. 2006

Source : *Stern Review*, p. 243

Figure 6 - Les principales sources de gains sur les coûts de la prévention

4. Retour sur l'approche choisie par l'équipe Stern

Sur le plan économique, les éléments essentiels de la démarche s'inscrivent dans la plus pure orthodoxie de l'économie du bien-être (*welfare economics*), que le rapport manie avec sophistication : démarche conséquentialiste et utilitariste pour évaluer les dommages, ce qui signifie que tous les événements physiques et écologiques sont appréciés à la seule aune des opportunités et des inconvénients pour les individus, en particulier du point de vue de leur activité économique ; comparaison des coûts des dommages et des coûts de la prévention et de l'adaptation pour déterminer un spectre de politiques souhaitables ; proposition d'une optimisation des sentiers d'émission sur 200 ans (jusqu'à 2200) en recourant à l'approche probabiliste des risques climatiques.

En dehors des rapports du GIEC, il y a peu de rapports qui aient une envergure comparable à celle du rapport Stern⁷, puisque ce rapport couvre l'ensemble du spectre des

⁷ Au Royaume Uni, le rapport publié en juillet 2005 par la Chambre des Lords sur l'économie du changement climatique prenait surtout l'allure d'une revue critique des travaux du GIEC, faisant notamment la part belle aux quelques scientifiques « sceptiques » et aux économistes privilégiant les stratégies d'adaptation, comme Richard Tol. En France le rapport confié à Roger Guesnerie (2003) par le Conseil d'analyse économique avait une

champs de questions et de disciplines scientifiques concernées et fourmille d'informations puisées dans sa revue de littérature. Sa principale originalité est cependant ailleurs et explique qu'il parvienne à des conclusions très différentes de celles issues de nombre de travaux d'économistes nord-américains comme William Nordhaus, Robert Mendelsohn, Richard Richels ou Gary Yohe⁸. Cette originalité tient à trois facteurs : un cadrage centré sur l'économie du risque ; ses choix éthiques pour le traitement des générations futures ; la volonté de corriger les effets des inégalités distributives.

Une économie du risque

Le rapport entend se placer tout entier dans la perspective d'une économie du risque et de l'incertitude. Au lieu de s'en tenir à des valeurs espérées standard (espérance mathématique des dommages) l'équipe Stern s'est attachée à saisir l'étendue des possibles sans se limiter aux possibilités jugées les plus probables par les scientifiques du climat. Elle recourt aux probabilités lorsque l'information disponible le permet, mais elle intègre également la possibilité de ruptures et d'évolutions extrêmes. Elle a pris en compte le phénomène de l'aversion au risque dans la fonction d'utilité, tout en demeurant attentive aux éléments d'incertitude en suspens. L'incertitude est ainsi prise en compte soit de façon indirecte à travers l'attention donnée au repérage des possibilités « extrêmes » identifiées dans la littérature scientifique, soit par des jugements qualitatifs ajoutés aux évaluations quantitatives probabilistes et annoncés comme susceptibles de tirer ces dernières vers le haut.

Un postulat éthique : le traitement égal de toutes les générations

L'équipe Stern a adopté une ligne éthique précise quant à la manière de traiter les générations successives jusqu'en 2200 : s'appuyant sur les présupposés de la philosophie utilitariste, elle a décidé de donner le même poids à « l'utilité » de chaque génération, que les gens vivent en 2010 ou en 2150. Hormis un petit coefficient annuel (0,1) supposé représenter la probabilité de l'extinction de l'humanité, la seule source de pondération intergénérationnelle introduite est liée à la richesse plus ou moins grande dont devraient bénéficier les différentes générations du fait du processus de croissance économique attendu. Le motif principal des techniques d'actualisation utilisées pour rendre comparables des flux intervenant à des dates différentes n'est donc pas le temps, mais l'augmentation de la richesse future que l'écoulement du temps

ambition plus limitée, se concentrant, après un positionnement général, sur l'évaluation du dispositif du Protocole de Kyoto. Les rapports parlementaires publiés en 2006 par l'Assemblée nationale et le Sénat avaient d'autres visées, le premier (rapport Kosciusko-Morizet - Le Déaut) lançant l'alerte et proposant une esquisse des actions à engager, le second (rapport Laffitte - Saunier) se concentrant sur la prospective des émissions de GES et celle des apports du progrès scientifique et technique à l'invention de solutions.

⁸ Bien représentée par William Nordhaus, cette école "américaine" conclut de ses travaux qu'à court terme, seule une politique de prévention modérée doit être engagée, pour se durcir progressivement dans les décennies suivantes. Ainsi pour Nordhaus (2006), il n'y aurait pas lieu en 2050 d'avoir réduit les émissions de plus de 25% par rapport à un scénario au fil de l'eau, qui serait un scénario de doublement des émissions par rapport à leur niveau de 2000.

permet quand l'économie est en croissance⁹. Ce choix se traduit par une valeur faible du taux utilisé par comparaison avec les choix couramment faits par les économistes pour l'évaluation des investissements, mais aussi pour évaluer les politiques climatiques alternatives.

La valeur du taux dépend des scénarios de croissance économique. Il n'y a donc pas un taux unique dans le rapport Stern. Cependant leur valeur centrale est de 1,4% (1,3% pour la croissance à long terme de la consommation mondiale par tête, 0,1% pour refléter la possibilité d'une disparition de l'espèce humaine, seul élément intervenant ici dans le taux de préférence pour le présent). Bien qu'argumentés sur le terrain éthique, ces choix sont loin d'être consensuels au sein de la communauté des économistes et sur la scène politique internationale. Hormis les évaluations proposées par William Cline (1992)¹⁰ au début des années 1990, qui reposaient sur un taux d'actualisation de 1,5%, les économistes du climat ont l'habitude d'utiliser des taux d'actualisation beaucoup plus élevés, supposés davantage en rapport avec le fonctionnement économique courant¹¹. Dans sa controverse de 1993 avec Cline, les économistes de la Banque mondiale (Birdsall et Steer, 1993) prônaient alors un taux de 8%, qui était celui utilisé pour les choix d'investissement de la Banque. Dans les simulations récentes réalisées avec son modèle DICE, William Nordhaus (2007) adopte, à la suite d'un calibrage à partir de données d'observation sur les choix en matière d'investissement, un taux initial de préférence pour le présent de 3, ce qui conduit à un taux d'actualisation de l'ordre de 4,5%.

Le choix de ce taux a une influence majeure sur l'évaluation de la valeur actuelle des dommages climatiques et sur les recommandations en faveur d'une action forte et rapide de maîtrise des émissions de GES¹². Ainsi il existe une différence de 1 à 20 entre les évaluations respectives par Nordhaus et par Stern de la valeur actuelle du dommage marginal résultant de l'émission d'une tonne de CO₂eq. Le choix du taux d'actualisation, 4,5% d'un côté et 1,4 % de l'autre, explique à lui seul la moitié de cet écart ! C'est le choix d'un taux faible par l'équipe Stern qui a été la principale cible des critiques.

Corriger les évaluations brutes pour tenir compte des inégalités

Au lieu de s'en tenir à une évaluation monétaire brute des dommages climatiques, le choix a été fait d'introduire des correctifs pour tenir compte des écarts de revenu et de niveau de

⁹ La formule canonique du taux d'actualisation, reprise par l'équipe Stern est la suivante : $r = \delta + \eta g$ δ étant le taux de préférence pure pour le présent, η l'élasticité de l'utilité marginale de la consommation par tête et g le taux de croissance de la consommation par tête.

¹⁰ Voir également sa contribution à la réunion du Consensus de Copenhague, organisée par Bjorn Lomborg en 2004 (Cline, 2004).

¹¹ Pour un point général sur l'actualisation, voir par exemple Arrow et al. (1997). Dans le contexte du changement climatique, se reporter à Guo et al., (2006) et à la revue critique du problème de l'actualisation établie par Lecocq et Hourcade (2003). Cette revue montre les incohérences et problèmes formels auxquels conduisent les différentes solutions proposées dans la littérature : comment ne pas condamner la croissance et ne sacrifier aucune génération ? Elle relativise néanmoins l'impact du choix d'un taux sur les actions à engager à court terme, dès lors que l'incertitude scientifique et l'objectif d'éviter des niveaux dangereux de concentration de GES sont intégrés de façon centrale dans une approche séquentielle de la décision.

¹² Par exemple, selon que l'on retienne 2% ou 5%, la valeur actuelle des dommages dans cent ans se situe 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 2400.

consommation entre les régions touchées par les impacts climatiques (pays industrialisés, pays émergents, pays en développement). Ces corrections donnent une valeur d'autant plus élevée à l'effet d'une unité monétaire de dommages sur le bien-être des victimes que ces dernières ont un revenu faible. Le coefficient adopté est toutefois modéré : il s'agit d'une élasticité de l'utilité marginale de la consommation de 1. Dans son modèle DICE, Nordhaus utilise la même valeur pour cette élasticité. Cela signifie que des dommages représentant le même pourcentage de perte de consommation des victimes pèsent du même poids dans la fonction d'utilité collective, quel que soit le niveau de base de la consommation. Il est alors justifié que les générations présentes acceptent un coût de prévention de 1% de leur consommation par tête si cela permet d'éviter aux humains de l'an 2150 un dommage supérieur à 1% de leur propre consommation.

Une variable centrale tirillée entre des considérations multiples

Le souci de concision formelle de l'équipe Stern dans son emploi du modèle PAGE2002 a eu une limite forte : elle a conduit à la solution imparfaite dans laquelle une seule variable, l'élasticité de l'utilité marginale de la consommation, a été chargée de représenter de façon équilibrée les exigences opposées de plusieurs éléments de jugements :

- l'attitude envers le risque : plus le risque se manifeste par une dispersion des valeurs possibles autour de la valeur espérée du revenu futur, moins on est généralement prêt à sacrifier un revenu présent, plus le taux est poussé à la hausse ; en revanche, plus il y a d'incertitude scientifique et donc d'espérance d'en savoir plus demain qu'aujourd'hui, plus des agents très prudents sont enclins à constituer davantage d'épargne de précaution, ce qui pousse le taux à la baisse (Gollier et al., 2000) ; de même, plus les risques envisagés peuvent prendre la forme de dommages catastrophiques, plus la volonté d'éviter la catastrophe conduit à adopter un taux bas ; risques et incertitude ont donc un effet d'ensemble ambigu sur la valeur de l'élasticité ;
- des jugements sur la justice intragénérationnelle : plus on est égalitariste et enclin à la redistribution du riche vers le pauvre, plus on adopte un taux élevé si l'on a confiance dans l'hypothèse que les générations futures seront plus riches que les présentes ;
- des jugements sur la justice intergénérationnelle : plus on est soucieux de l'intérêt des générations futures éloignées ou du sort de l'humanité en tant que telle, plus on adopte un taux bas ;
- des jugements sur la valorisation respective des biens productibles par le génie humain et des aménités et services environnementaux : en toute rigueur l'actualisation ne peut s'appliquer qu'à une structure correcte des prix relatifs de l'ensemble des biens et services ; la raréfaction physique des biens naturels face à une demande croissante en fonction de l'élévation des revenus devrait conduire à une augmentation continue de leurs prix relatifs par rapport aux biens productibles à une valeur au moins égale à celle du taux d'actualisation, d'autant plus que les biens productibles profitent du progrès technique qui abaisse leur coût ; cela devrait formellement conduire à une réévaluation continue à la hausse des dommages environnementaux au regard des

évaluations courantes¹³ ; pas plus que ses détracteurs, le rapport Stern ne prend cela en compte de façon explicite ; une manière indirecte d'intégrer cet effet consiste à pousser le taux d'actualisation vers le bas, puisque ce taux est essentiellement appliqué par le rapport Stern à l'étude des dommages environnementaux à long terme.

On s'accordera sur le fait que tout cela est bien compliqué. Appliquée à des risques planétaires non marginaux à très long terme, l'approche coûts-avantages enracinée dans la philosophie utilitariste, qui a été retenue par l'équipe Stern, apparaît très vulnérable. Ses résultats sont extrêmement sensibles à des choix délicats qui peuvent être discutés à l'infini concernant la valeur de la variable centrale qu'est le taux d'actualisation. Or on serait pourtant en droit d'attendre d'une méthode d'aide à la décision qu'elle soit robuste pour le type de décision qu'elle doit éclairer. Il faudrait que les valeurs des variables qui font l'essentiel du sens de ses résultats du point de vue de l'action puissent être déterminées avec une marge d'erreur modérée et bénéficier d'une justification largement partagée. Les controverses suscitées par le rapport Stern montrent que ce n'est pas le cas de l'analyse coûts-avantages pour aborder le problème climatique.

5. Un examen critique du débat économique

Les critiques adressées au rapport Stern se sont généralement organisées autour de trois lignes d'argumentation :

- 1) l'équipe Stern aurait fait un usage sélectif de la littérature scientifique dans le sens du catastrophisme¹⁴ ;
- 2) elle aurait commis des erreurs techniques (double comptage des risques, refus de prendre en compte l'abaissement considérable des dommages permis par les stratégies d'adaptation, oubli de certains coûts économiques des politiques de prévention, incohérence entre les dommages décrits et les hypothèses de croissance économique, en particulier pour l'Afrique...)
- 3) elle aurait manipulé les concepts et outils économiques, en particulier le taux d'actualisation, pour parvenir à la présentation d'un tableau alarmiste des dommages qui se produiraient faute d'une action forte et rapide de la communauté internationale.

5.1. *Biais catastrophiste ou économie du risque en phase avec le principe de précaution ?*

La première ligne de critique manifeste une incompréhension de la démarche du rapport Stern, qui se place dans la perspective d'une économie des risques. Cette démarche demande à ceux qui la pratiquent d'être attentifs à des hypothèses qui, même d'allure extrême, sont

¹³ Commentant le rapport Stern et la controverse qu'il a suscitée, Sterner et Persson (2007) montrent l'effet de cet argument du changement de prix relatifs lorsque sont en présence biens productibles et ressources environnementales : on aboutit à des résultats équivalents à ceux de Stern. Il y a trente ans Marcel Boiteux (1976) avait déjà souligné l'importance de cette asymétrie entre les deux types de biens, empêchant d'appliquer un taux d'actualisation unique à une structure de prix relatifs inchangée, pour conclure qu'à long terme la valeur des biens intrinsèquement rares, en particulier environnementaux, dominerait.

¹⁴ C'est l'une des critiques formulées par Tol et Yohe (2006).

jugées suffisamment étayées dans leur possibilité par des travaux scientifiques, sans être encore « certifiées ».

À dire vrai, voulant éviter d'être accusés de verser dans le catastrophisme, nombre de scientifiques du climat sont « conservateurs » dans leur présentation publique des risques encourus, s'en tenant à des estimations prudentes de ce qu'ils jugent les valeurs les plus probables et laissent hors champ les hypothèses sur lesquels nombre d'entre eux travaillent. De plus, s'agissant de l'expertise collective élaborée au sein du GIEC, les rapports sont soumis à une double revue critique par les pairs et par les scientifiques représentant les gouvernements de toutes les régions de la planète, aux intérêts si divers et souvent opposés. Les rapports qui en résultent doivent donc être considérés comme des formulations *a minima*. Le rapport Stern n'était pas confronté à cette exigence, même s'il se situait lui-même dans un contexte politique précis, compte tenu des positions antérieurement prises par le Premier ministre britannique sur le problème du changement climatique.

À la différence de nombre de travaux précédents, l'équipe Stern ne s'en est pas tenu aux valeurs moyennes ou « best guess » et n'a pas réduit les possibles pris en compte aux seuls possibles avérés. Bien qu'elle n'ait utilisé que les formalismes du calcul de probabilités, l'attention qu'elle a donnée aux hypothèses plus extrêmes d'évolution du climat est empreinte à juste titre des exigences du principe de précaution, d'ailleurs mentionné comme référence.

Instruire la seconde ligne de critique conduirait à entrer dans des débats techniques qui dépassent le propos de cet article. Plusieurs points sont de second ordre. D'autres manifestent un désaccord plus fondamental sur le cadrage de la *Stern Review*. Il en va ainsi de la question du taux d'actualisation et du thème de l'adaptation. Considérons successivement ces deux points.

5.2. Un taux d'actualisation grossièrement manipulé ou ajusté avec discernement ?

Les choix faits par l'équipe Stern en matière d'actualisation ont été vivement critiqués. Plusieurs économistes (Barrett, Mendelsohn, Nordhaus, Tol, Weitzman, Yohe) considèrent qu'elle a manipulé le taux à seule fin d'arriver à la démonstration voulue. Ainsi Martin Weitzman (2007) estime que la plupart des économistes auraient spontanément adopté un triplé de 2 pour définir le taux le plus plausible : $\delta = 2$; $\eta = 2$; $g = 2$, ce qui donne $r = 6\%$, au lieu des valeurs respectives retenues par Stern (0,1 ; 1 ; 1,3).

S'agissant de la valeur de la préférence pour le présent, c'est au nom du réalisme économique (conformité aux choix réels des investisseurs compte tenu du marché des capitaux) que Nordhaus mais aussi l'OCDE utilisent une valeur $\delta = 3$. Ce choix n'est pas étayé par une argumentation éthique, si ce n'est qu'on ne peut pas sacrifier les générations présentes pour des gains faibles mais s'étendant sur un nombre illimité de générations. En revanche Partha Dasgupta (2006), en conformité avec la position philosophique utilitariste initiée par Ramsey en 1928, approuve le principe de traitement égal de l'utilité de chaque génération.

Conforme aux hypothèses les plus couramment faites, le choix d'une élasticité de l'utilité marginale de la consommation égale à l'unité a aussi donné lieu à des appréciations critiques diamétralement opposées. Certains comme Partha Dasgupta considèrent cette valeur comme beaucoup trop faible, demandant un chiffre compris entre 2 et 4. Il faut cependant

s'attarder sur la signification de la valeur choisie. Avec une élasticité de 1, un dommage brut d'un euro subi par quelqu'un dont le revenu est 100 a un poids en bien-être dix fois plus élevé qu'un dommage de même valeur affectant quelqu'un dont le revenu est 1000. Ou bien une action qui diminuerait à la marge le revenu du riche de 10 mais permettrait de réduire le dommage subi par le pauvre d'au moins 1 améliorerait le bien-être collectif. Si l'on prenait une valeur de 2, il deviendrait légitime de prélever 100 sur les riches si cela permet au groupe dont le revenu est dix fois inférieur de bénéficier d'au moins 1 en plus... D'autres observateurs, comme Thomas Sterner, considèrent en fait la valeur de 1 comme déjà élevée, puisque elle impliquerait des transferts de revenus importants des riches vers les pauvres qu'on n'observe pas dans l'économie contemporaine.

Un autre type de critique a été formulée : le choix d'un taux d'actualisation aussi faible que 1,4% contreviendrait aux règles adoptées par le Trésor britannique pour les choix d'investissement (Tol, 2006). On pourrait dire la même chose des règles applicables en France¹⁵. En fait, aux yeux de l'équipe Stern, le problème étudié (planétaire, macroéconomique et non marginal, à très long terme) impose de rompre avec les pratiques développées par les administrations publiques pour l'analyse de projets d'investissement, qui se situent à la marge de trajectoires de croissance économique considérées comme données.

En croisant les critiques et préconisations respectives de Dasgupta, qui approuve le postulat de traitement égal de l'utilité de toutes les générations ($\delta = 0,1$), mais récuse la valeur $\eta = 1$ comme insuffisamment correctrice des inégalités, et de Nordhaus, qui voudrait un taux important de préférence pour le présent ($\delta = 3$), mais adopte $\eta = 1$ au nom du réalisme, les choix de l'équipe Stern se trouvent paradoxalement confortés, sous réserve de surmonter la critique d'incohérence des valeurs choisies au regard du fonctionnement courant de l'économie. Mais l'argument du réalisme est-il ici pertinent ? Le point est fondamental et concerne les rapports du positif et du normatif et plus généralement les conditions d'exercice des choix éthiques.

En premier lieu, quels que soient les jugements éthiques sur le poids à donner au bien-être de générations éloignées ou à l'état du monde à un horizon d'un ou plusieurs siècles, je soutiens que ces jugements ne peuvent pas être légitimement déduits de la manière dont nos contemporains gèrent leur vie personnelle en faisant des arbitrages sur leur épargne, leurs contrats d'assurance et leurs investissements. Il y a plusieurs raisons à cela. La plus évidente est l'écart entre l'horizon de vie de chaque être humain et celui de l'humanité en tant que telle. La seconde tient aux limites des mécanismes de marché : les consommateurs ne peuvent jamais exprimer une préférence qu'au sein d'une offre préexistante ; ils ne peuvent pas faire valoir sur un marché leurs préférences sur l'éventail et le contenu de l'offre dont ils souhaitent la disponibilité à différents horizons. En particulier, les générations présentes ne disposent pas de mécanismes économiques pour révéler leurs préférences éthiques bien pesées quant à la manière de considérer l'humanité à venir et de traiter l'environnement planétaire, dont une partie essentielle n'est pas insérée dans l'univers de la marchandise. Le contexte de choix dont

¹⁵ En France, le taux d'actualisation applicable aux investissements publics a été récemment ramené de 8 à 4% pour les durées s'étendant au proche long terme (30 ans). Au-delà de 30 ans, il devient décroissant pour atteindre à très long terme un plancher incompressible de 2%. Ce changement qui, incidemment, assure nettement la rentabilité de l'investissement dans la filière nucléaire, fait suite au rapport « Révision du taux d'actualisation des investissements publics », élaboré au sein du Commissariat général du Plan par le groupe d'experts présidé par Daniel Lebègue et publié en janvier 2005.

sont issues les soi-disant valeurs réalistes ne correspondent pas au contexte du problème de choix d'une politique climatique.

Ensuite, même si les contextes se faisaient écho de façon crédible, une position à la Nordhaus ne peut se justifier que sous deux hypothèses : pour la première, l'exercice légitime des choix éthiques se situe exclusivement dans la sphère privée, alors même que sont en jeu des biens collectifs planétaires de première importance ; pour la seconde, l'exercice légitime des choix dans l'espace public doit se contenter de mimer les choix privés. L'une comme l'autre correspond à un individualisme moral mal compris. S'agissant d'engager le sort de la communauté des humains, les choix éthiques ont à s'inscrire dans la sphère de la délibération réflexive menée au sein de l'espace public et à s'articuler aux valeurs fondamentales affirmées par les institutions de nos États démocratiques. Pour reprendre une formule de Mark Sagoff (1988), c'est faire une erreur de catégories que de confondre le mode de détermination des préférences du consommateur dans l'espace privé et des préférences du citoyen dans l'espace public, bien que dans les deux cas ce soient des individus qui sont appelés à formuler un jugement.

En dépit des critiques et des apparences, le positionnement du rapport Stern est beaucoup plus juste que la plupart des travaux économiques sur le climat qui l'ont précédé, en étayant son évaluation sur une norme éthique explicite bien établie dans le contexte de l'éthique utilitariste, à savoir le principe d'égalité d'attention à accorder à l'utilité de chaque homme, quelle que soit sa date de naissance. Cela ne dispense pas de procéder à un examen critique des choix éthiques adoptés par l'équipe Stern, ce que je ferai plus loin, mais cet examen doit être mené sur le bon terrain, celui de l'éthique et non en brandissant la réalité économique courante comme seul argument.

D'ailleurs cette dernière ne se livre pas de façon non ambiguë. La lecture des indicateurs de marché conduit à des conclusions très opposées, aujourd'hui non réconciliables dans un modèle unique de comportement, ce que souligne Martin Weitzman (2007). D'un côté le taux de rendement réel des placements à long terme les moins risqués est de 1 à 2%. De l'autre côté le rendement des actions peut se situer entre 6 et 8%...Quelles sont les « vraies valeurs » à intégrer dans les calculs ?¹⁶

Cette controverse entre Cline et l'équipe Stern d'un côté et, de l'autre côté, plusieurs économistes américains ayant tenu le haut du pavé de l'économie du climat depuis parfois de très nombreuses années, a un effet de dévoilement des hypothèses éthiquement contestables dont les évaluations proposées par ces derniers dépendaient de façon essentielle. Sur ce point, ce n'est pas l'équipe Stern qui en ressort affaiblie, mais bien certains de ses éminents critiques.

5.3. Sur la durée, une contribution ambiguë des économistes à l'intelligence du problème climatique

Au sein des sciences de l'homme et de la société, les économistes ont été très largement majoritaires dans la prétention à fournir les clés de la définition de l'action climatique. Parmi eux, les économistes de l'énergie, les macroéconomistes et certains théoriciens de la décision

¹⁶ W. Cline (2004) estime que le taux d'intérêt sans risque auquel ont accès les épargnants américains (la rémunération de longue période des Bons du Trésor américain) avoisine en fait zéro.

se sont taillé la part du lion. Se voulant porte-parole de la rationalité et de l'efficacité, ils ont avancé des réponses sur toutes les grandes questions : déterminer les objectifs à poursuivre à long terme, composer le menu des actions à entreprendre, définir le calendrier « optimal » de maîtrise des émissions de gaz à effet de serre, concevoir des mécanismes de coordination internationale, choisir les formes et les instruments de l'action (instruments économiques, réglementations, normes et information, investissements publics, engagements volontaires).

Cette prétention a incontestablement quelque fondement. L'appréciation de ce qui est et sera technologiquement possible et réaliste sur les plans économique et politique participe au jugement sur les limites d'émission de gaz à effet de serre que les États peuvent se donner. Cependant, la contribution des économistes ne saurait suffire à clore les débats. Le schéma où la décision la meilleure serait identifiée par le calcul économique s'est révélé illusoire tant il suppose à la fois un accès au tableau complet des coûts et des avantages des options ou scénarios en présence et l'adéquation du schéma intellectuel consistant à calculer les coûts et les avantages d'une déviation par rapport à une situation de référence déterminée. Les incertitudes sont trop multiformes, l'horizon temporel pertinent trop éloigné, la connaissance des états du monde possibles trop parcellaire et la structure conceptuelle trop inadaptée ou contestable pour que les choix stratégiques majeurs leurs soient confiés.

Des évaluations minorantes qui ont contribué à faire perdre un temps précieux

On est fondé à considérer avec scepticisme les contributions que certains des économistes les plus en vue ont apporté depuis vingt ans à la définition des stratégies d'action pour le climat. Face à un risque collectif majeur et inédit, mais lourd d'incertitudes radicales, une majorité d'économistes, pour beaucoup nord-américains, a en effet contribué tout au long de la décennie 90 à installer une image lénifiante des dommages climatiques (un montant de 1%, voire moins du PIB annuel) et plutôt catastrophiste des actions visant à en limiter la portée (des coûts s'élevant annuellement à plusieurs points de PIB ; des transferts financiers internationaux gigantesques¹⁷).

Ainsi, postulant une incidence climatique modérée tant dans sa transition que son aboutissement (+ 2,5 degrés) et ignorant les paramètres d'aversion au risque et à l'ambiguïté, les premières évaluations des dommages marchands réalisées par Nordhaus (1991) pour un doublement de la concentration atmosphérique du CO₂ se situaient à 0,25% du PIB annuel des États-Unis. En intégrant les dommages non marchands, Cline (1992) aboutissait à 1,16% du PIB, toujours pour les États-Unis. A l'échelle du monde, Fankhauser (1994) concluait à un dommage annuel de 1,4% du PIB mondial et Tol (1995) à 1,9%, leurs estimations variant surtout pour les pays du Sud. Une revue des études disponibles menée par Pearce (2003) sur le coût social de l'émission de CO₂ se concluait sur une fourchette de valeur marginale entre 1,21 et 2,43 euros/tCO₂ avec un taux d'actualisation constant à 3% sans correction des inégalités de revenu. La fourchette se situait entre 1,7 et 11 euros/tCO₂ lorsque Pearce prenait un taux d'actualisation décroissant avec le temps et introduisait une correction pour équité donnant dix fois plus de poids au dommage unitaire subi par les plus pauvres qu'à celui

¹⁷ L'argument des transferts financiers gigantesques qu'appellerait la prise en charge équitable de la question climatique a conduit Lomborg (2001) à la condamner pour irréalisme politique et Cooper (2001) à considérer que le marché international du carbone créé par le Protocole de Kyoto, et donc le protocole, sont intrinsèquement viciés.

affectant les plus riches. Il concluait que de telles valeurs ne justifiaient ni le Protocole de Kyoto, ni la valeur de 28,5 euros/tCO₂ préconisée par un rapport de l'administration britannique (Clarkson & Deyes, 2002).

Entre ces différentes évaluations et celles du rapport Stern, c'est donc une fourchette d'estimations allant de 1 à 50 et des recommandations totalement inversées selon les études considérées qui sont présentées aux responsables politiques et au public. La prétention des défenseurs de l'analyse coûts-avantages à en faire le juge de paix de la politique du climat est ainsi clairement démentie par leurs pratiques collectives. Ce serait faire œuvre utile que de se tourner vers d'autres types de cadrage à la pertinence pratique mieux assurée pour la définition des politiques.

De l'analyse coûts-avantages à l'approche séquentielle de la décision

L'affirmation du repère qu'est le développement durable a un rôle précis sur le terrain de l'analyse économique, celui de marquer la rupture avec la base conceptuelle de l'analyse coûts-avantages lorsqu'elle aborde les enjeux environnementaux en termes d'effets externes et met en balance les coûts des dommages externes et les coûts de l'internalisation : avec la conceptualisation économique du développement durable introduite par Robert Solow (1993), est en effet de traiter l'environnement comme un capital. Pour reproduire ce dernier dans la durée, il faut incorporer de façon routinière dans le système économique l'équivalent de ce que représente le concept d'amortissement pour le capital productif (Godard, 2006) : au coût du dommage externe il convient de substituer dans les évaluations le coût d'entretien ou de réhabilitation du capital naturel. Cette remise en cause conceptuelle se combine avec l'ampleur des incertitudes de base pour limiter la valeur pratique qu'il est possible de retirer des évaluations classiques susmentionnées qui ne s'intéressent, pour l'essentiel, qu'aux effets seconds de l'érosion ou de la destruction de ce capital naturel sur la production.

Cherchant une voie moyenne, une partie de la discussion académique avait pourtant basculé dans les années 90. Consciente des difficultés de l'analyse coûts-avantages pour aborder les enjeux climatiques à long terme, elle s'était tournée vers une approche séquentielle des stratégies d'action (Hammit et al. 1992 ; Hourcade, 1997 ; Ha-Duong et al., 1997), plus conforme à l'esprit du principe de précaution (Godard et al., 2002) explicitement choisi comme référence dans la Convention de Rio (1992). 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. Les décisions sont alors conçues pour être complétées et révisées à différents horizons. Il faut pour cela tenir compte à la fois des constantes de temps et inerties respectives des phénomènes physiques, écologiques, économiques et politiques (Grubb et al. 1995), des perspectives d'apprentissage et d'amélioration des connaissances scientifiques, mais également des possibilités attachées au progrès technique et de l'éventualité que se révèlent à l'avenir des informations plus alarmistes et plus pressantes sur le danger climatique. L'idée de mettre les responsables en position de pouvoir tirer les conséquences des améliorations futures de l'information devient un élément important de jugement des options d'action.

Le passage d'une analyse coûts-avantages de long terme à un cadre séquentiel modifie de façon importante la justification de l'action. Le problème n'est plus d'éviter tel niveau de dommages et de tolérer tel autre niveau au vu des coûts de la prévention. Il est de déterminer

une politique permettant à la société, sans faire peser un poids déraisonnable à aucune génération, de faire face à l'état du monde et aux connaissances qui se présenteront à différents horizons : 15 ans, 25 ans, 50 ans, etc.¹⁸. La métaphore de la conduite automobile est ici parlante. Pourquoi freine-t-on avant d'entrer dans un virage qui cache la vue sur la route ? Il y a trois raisons : la vitesse moyenne compatible avec la trajectoire est plus petite dans un virage qu'en ligne droite ; la tenue de route est meilleure si on est en phase d'accélération dans le virage ce qui, compte tenu de la contrainte précédente, suppose une entrée dans le virage à une vitesse ralentie ; surtout, le conducteur doit se mettre en position de pouvoir faire face à temps aux éléments d'information qu'il va progressivement découvrir en entrant dans le virage. Un obstacle peut se trouver sur la route et il doit avoir les moyens de l'éviter. C'est cette troisième raison qui nous intéresse ici. Pour entrer dans sa logique intuitive, il suffit d'avoir une conscience claire de la possibilité crédible d'un danger auquel il y aurait capacité et obligation de parer, de reconnaître l'incertitude de la situation, mais aussi de prendre appui sur le fait qu'une information nouvelle va se révéler ultérieurement. Dans un tel contexte, s'en tenir à un calcul réalisé *ex ante* de façon irréversible de la vitesse optimale et de la trajectoire à suivre n'est pas la stratégie la plus intelligente et la plus sûre.

Plutôt que de faire fond sur les bribes d'information disponibles pour sauver formellement le principe d'un monde et d'une stratégie calculables sur deux cent ans, l'approche séquentielle préfère prendre acte de l'incertitude pesant sur des aspects essentiels du problème et réserver les procédures de calcul aux phénomènes effectivement calculables appartenant au monde connu sur lequel les agents contemporains ont une prise. Ce sont alors les constantes de temps du changement de la base matérielle du fonctionnement économique qui importent : plus les facteurs d'inertie sont importants et empêchent d'envisager une adaptation rapide des comportements face à l'information révélée, plus il est nécessaire de s'engager de façon précoce dans le changement en faisant évoluer, à l'occasion du renouvellement du capital, les systèmes techniques et les organisations vers plus de flexibilité et de robustesse face aux événements en même temps que vers la sobriété en carbone. Cet argument pèse d'autant plus en faveur du développement précoce d'un pluralisme technologique qu'on peut attendre du soutien aux nouvelles technologies à faible contenu en carbone qu'il contribue de façon significative à l'amorce de trajectoires de progrès technique endogène assurant à plus long terme baisse des coûts et extension de la diffusion de ces techniques (Grubb & Ulph, 2002).

On avait cru un moment que le basculement de référentiel se confirmerait après le rapport 1995 du Groupe 3 (dimensions économiques et sociales) du GIEC qui marquait un début de reconnaissance de cette approche séquentielle (Bruce et al., 1997, Chapitre 2, pp. 43-70). Las ! Les théoriciens de la décision en incertain se sont empressés de montrer que le jeu de l'incertitude, de l'irréversibilité et de l'amélioration de l'information pouvait être un jeu complexe et ambigu dans ses conclusions : à l'irréversibilité environnementale s'ajoutait en effet l'irréversibilité des décisions touchant au capital productif. Cette dernière incite à l'attente avant de prendre des décisions d'investissement qui pourraient se révéler inutilement coûteuses. Partant de représentations stylisées inégalement pertinentes pour traiter du problème climatique – certains se sont par exemple donné une irréversibilité modeste en

¹⁸ Ce souci d'équité dans la répartition intergénérationnelle de la charge fait directement écho aux idées qui forment le soubassement de l'objectif de développement durable : « satisfaire les besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de satisfaire les leurs ».

matière de climat¹⁹ et une irréversibilité forte en matière d'engagement du capital ou n'ont pas vu que les *trends* récents d'investissement sont en train de créer de fortes irréversibilités en faveur d'une économie dépendante du carbone au moment même où l'enjeu est d'organiser la décarbonisation de l'économie – une partie de ces travaux ont conclu soit à l'indétermination de la direction donnée par ces facteurs sur le calendrier de l'action (Ulph and Ulph, 1997), soit à la domination des enjeux d'irréversibilité de l'engagement du capital sur ceux de l'irréversibilité environnementale (Kolstad, 1996, Pyndick, 2000). D'autres travaux (Ha-Duong, 1998 ; Hourcade et al. 2003 ; Grubb, 2006) ont continué à explorer l'incidence conjointe de l'incertitude et des inerties socio-économiques sur le calendrier et le niveau de l'action à court et moyen terme. Ces facteurs jouent nettement, selon ces auteurs, dans le sens d'une action plus précoce et plus vigoureuse que celle préconisée par l'autre courant. Ainsi même la prise en compte, par l'approche séquentielle, des facteurs d'irréversibilité et d'inertie ainsi que des valeurs d'option qui en découlent, n'a pas permis à la littérature économique de converger dans ses préconisations, faute de savoir faire la part des choses entre les différents types d'irréversibilité considérés et d'adopter un cadrage adéquat, celui du développement durable.

Depuis 1995 les modèles intégrés « économie-climat » ont pris sous la pression des décideurs une grande importance dans les travaux de l'expertise économique du climat. On peut y voir une source de progrès méthodologique dans l'art de la modélisation. Cependant, avec ces modèles, est revenue en force la prétention à optimiser croissance et choix stratégiques sur de longues périodes de temps. L'exemple récent le plus marquant est naturellement le rapport Stern : ce dernier avance une plage d'objectifs de référence à l'horizon 2050 en fonction d'une quasi-optimisation établie sur deux siècles.

5.4. Les fragilités et perversités de certains plaidoyers en faveur des stratégies d'adaptation

D'ores et déjà, un certain changement climatique est inéluctable. Il est l'une des expressions les plus fortes de l'empreinte du développement de l'espèce humaine sur la planète. Il n'est donc pas contestable que toute politique de l'effet de serre doit intégrer des mesures visant à faciliter l'adaptation des personnes, de la production et des sociétés à ce changement. Cependant, dans les positions de certains économistes, l'adaptation est présentée comme un substitut global à la prévention, c'est-à-dire à la réduction des émissions de GES par les générations présentes. L'argument mis en avant est alors celui de l'efficacité économique. Cette manière d'aborder la question soulève des difficultés éthiques sérieuses.

¹⁹ En fonction de l'hypothèse que progressivement le CO₂ atmosphérique se transfère vers d'autres milieux (océans, biomasse terrestre).

Dans le meilleur des mondes...

Richard Tol (2006, 2007)²⁰, mais aussi Scott Barrett (2007) voient dans les stratégies d'adaptation des générations futures un tel facteur d'atténuation des dommages que seules se justifieraient des politiques de prévention très modestes. Et Tol de contester les sources scientifiques utilisées par Stern lorsqu'elles n'intègrent pas l'adaptation que les victimes devraient réaliser²¹. En caricaturant, ces positions sont les suivantes : la mer va monter ? Il suffit de remonter les digues. Les épidémies (malaria et autres) vont se déplacer et s'étendre ? Avec le développement économique, les populations concernées disposeront des médicaments nécessaires pour vacciner ou soigner tout le monde. Il y aura des sécheresses ? Il aura suffi de sélectionner ou de fabriquer à l'aide de biotechnologies des plantes résistantes au stress hydrique. Il y aura des cyclones ? Des mesures simples de protection des habitations et des mécanismes d'assurance y pourvoient. Il n'y aura plus de neige dans les stations de sports d'hiver ? Les canons à neige et les pistes artificielles comme celle de Dubaï combleront les manques. Etc. Il n'y a pas de problèmes que les générations futures ne puissent ainsi résoudre à moindre coût. Dans ces conditions, que reste-t-il des dommages climatiques et de l'ardente obligation de réduire drastiquement les émissions de GES ?

Avec ce genre de raisonnement, on se demande comment il a été possible que le cyclone Katrina dévaste New Orleans et sa région, que la malaria et le SIDA sévissent encore en 2007 et que se compte encore en milliards le nombre d'être humains dont les besoins essentiels ne sont pas satisfaits ! Le monde futur de Tol est un monde flexible où tout va pour le mieux dans le meilleur des mondes, où l'ensemble des agents s'ajustent avec célérité aux circonstances et aux opportunités, où l'incertitude ne règne pas, où le progrès technique permet de donner une solution satisfaisante à tous les problèmes. Mais ce monde est réservé au futur car, s'agissant du monde actuel, l'adaptation préventive que demandent les politiques de maîtrise des émissions de GES est jugée excessivement coûteuse, source de chômage dans certaines branches et de difficultés accrues pour satisfaire les besoins essentiels des populations. En d'autres termes, les générations présentes seraient peu adaptables, mais les générations futures, plus riches, le seraient infiniment plus. Ce lien ainsi postulé entre niveau de richesse et capacité d'adaptation est séduisant mais demande à être regardé de plus près. De façon polémique on objectera par exemple que l'une des économies les plus riches et les plus puissantes du monde, celle des États-Unis, a été présentée depuis 15 ans par nombre de porte-parole et d'experts comme incapable, sans catastrophe économique, de maîtriser ses émissions de GES : les rigidités de sa structure territoriale et de l'organisation de ses villes, l'attachement à un mode de vie reposant sur l'énergie à bas coût, notamment, empêchaient ce grand pays de s'adapter à la nouvelle donne... C'est moins le niveau absolu de richesse que le surplus disponible, à travers l'investissement, pour réorganiser la base économique qui est la

²⁰ Estimant que l'adaptation est de loin la voie la moins coûteuse - incidemment, il faut ajouter qu'à la différence de la prévention, elle relève principalement de la responsabilité décentralisée des collectivités, des entreprises et des particuliers sans nécessiter de cadre international coordonné -, Richard Tol critique sévèrement non seulement le rapport Stern, mais aussi les objectifs de réduction des émissions adoptés par l'Union européenne en référence à un objectif planétaire de limitation de l'augmentation de la température moyenne à 2°C par rapport aux valeurs pré-industrielles, objectif jugé totalement arbitraire et sans fondement économique. Voir la revue de littérature proposée par l'intéressé (Tol, 2007) pour démontrer cette absence de fondement.

²¹ Ce dernier conclut sa revue critique du rapport Stern : "The Stern Review can therefore be dismissed as alarmist and incompetent. (...) unsound analyses like the Stern Review only provide fodder for those skeptical of climate change and climate policy."

variable pertinente pour apprécier la capacité d'adaptation. De ce surplus, rien ne nous permet de dire que les générations futures en seront plus dotées que les générations actuelles.

Il n'est pas dans mes intentions de nier les possibilités attendues du progrès technique et d'ignorer l'importance du rythme de renouvellement du capital productif pour la pénétration à moindre coût du progrès technique. Ces deux facteurs jouent d'ailleurs un rôle important dans le raisonnement de l'équipe Stern. Toutefois les objections de Tol contre la prévention et en faveur de l'adaptation seraient plus convaincantes si une même vision des imperfections du monde, des inerties, de l'imprévisibilité, des jeux à somme négative résultant des conflits, etc. sous-tendait l'approche du présent et du futur²².

Les conditions d'une adaptation réussie

Des possibilités d'adaptation existeront à l'avenir, certes de façon inégale au sein des sociétés concernées, pour des chocs circonscrits. Elles risquent d'être vite dépassées par des chocs systémiques. Or les différents types de dommages résultant du changement climatique sont susceptibles d'avoir non seulement une incidence propre mais d'interagir entre eux. Cette composition des phénomènes peut amplifier considérablement les effets économiques et l'impact d'ensemble sur le bien-être des populations touchées : perturbation du cycle de l'eau, aspects sanitaires, moindre production agricole, événements extrêmes à répétition pourront se combiner pour devenir des obstacles sérieux au développement et multiplier les trappes à pauvreté.

De plus, même si les différentes sources de perturbations ne combinent pas trop leurs forces désorganisatrices, l'adaptation est mobilisable à la mesure de potentiels préalablement constitués et de capacités préalablement développées et entretenues. Autrement dit, la réussite de l'adaptation future dépend de l'ampleur de l'investissement antérieur et du caractère modéré des perturbations climatiques. L'un et l'autre dépendent d'une prise en charge précoce du problème climatique par les générations présentes, sous la forme d'une réduction forte des émissions et d'un investissement dans des capacités d'adaptation. Ce serait un trompe-l'œil que de postuler une formidable capacité naturelle d'adaptation des futurs humains à seule fin de mieux alléger le fardeau des générations présentes, traitées comme des inadaptables.

Dès lors, d'un point de vue technique, le fait que les possibilités d'adaptation future dépendent de l'investissement adéquat des générations antérieures conforte paradoxalement l'approche de l'équipe Stern qui n'endogénéise pas des politiques d'adaptation au stade de l'évaluation des dommages climatiques, ce que lui reproche Tol violemment. En effet dans la logique de l'approche coûts-avantages retenue à la fois par l'équipe Stern et par ses détracteurs, il est nécessaire de disposer d'une évaluation des impacts bruts des dommages climatiques sur le bien-être des générations futures afin de pouvoir calibrer l'investissement dans les capacités d'adaptation à mettre en place par les générations présentes. Cela correspond à la démarche suivie par l'équipe Stern qui, hormis les marges d'adaptation

²² La forme la plus immédiate d'adaptation au changement climatique est la migration. Comme l'indique le rapport Stern, les tenants d'une approche d'adaptation ou de laisser-faire doivent être déterminés à organiser l'accueil de 200 millions de réfugiés climatiques. Or les partisans de l'adaptation sont souvent les mêmes qui trouvent exorbitants les transferts financiers Nord-Sud qu'il faudrait mettre en œuvre par souci prioritaire d'équité intra-générationnelle...

individuelle, traitent des politiques d'adaptation dans les chapitres 18 à 20 de leur rapport, comme une réponse à l'évaluation des dommages possibles et à éviter.

La capacité d'adaptation des générations futures justifierait-elle qu'on leur transfère le fardeau ?

Tel qu'il est manié par Tol et certains de ses semblables le thème de l'adaptation instaure une asymétrie radicale de traitement entre générations présentes et générations futures. Les premières sont représentées comme libres, pouvant exercer leur choix sur l'étendue de leur responsabilité morale – dans quelle mesure veulent-elles se soucier du sort des générations futures ? – et sur les différentes combinaisons d'actions possibles. Cela va de l'investissement dans les recherches climatiques à la modification des modes de vie, en passant par la R & D sur les alternatives énergétiques et la promotion de l'efficacité énergétique. En revanche les secondes ne sont pas représentées comme des sujets libres d'exercer leurs choix. On leur attribue d'office un comportement, consistant à s'adapter de façon supposée optimale aux événements climatiques. Les générations présentes ont ainsi le choix, ce qui est bien, mais sont invitées à déterminer leur action en attribuant aux générations futures un comportement déterminé, jugé optimal du point de vue des premières. On peut sérieusement s'interroger sur la valeur éthique de cette façon d'instrumenter les générations futures, sans prendre en compte leur libre arbitre, leur droit à l'erreur et même la possibilité qu'elles refusent l'adaptation sur laquelle leurs ancêtres voudraient parier.

La recherche de l'efficacité a ici bon dos, puisqu'elle couvre de sa respectabilité un transfert du fardeau aux générations qui auront à subir les dommages, à la façon dont le personnage joué par Louis de Funès dans la Grande Vadrouille s'installe sur le dos du personnage joué par Bourvil. Quand bien même les générations à venir auraient des moyens significatifs de s'adapter au nouveau cours climatique, cela justifie-t-il que les générations présentes leur infligent ces dommages alors que ces dernières bénéficient, elles, des contreparties positives de ces dommages ?²³

Certes tout discours sur l'adaptation n'est pas aussi caricatural. Ainsi Scott Barrett (2007), au nom conjoint de l'efficacité et de la responsabilité, préconise deux priorités immédiates pour les pays développés : financer la recherche de techniques nouvelles à bas profil en carbone et aider financièrement et techniquement les pays en développement afin qu'ils accroissent leur résilience face aux événements climatiques et qu'ils suivent des trajectoires de développement moins intensives en GES au moment où ils développent leurs infrastructures productives. En contrepartie, l'effort de réduction des émissions dans les pays du Nord pourrait se limiter, nous dit Barrett, à suivre le rythme de renouvellement normal du capital productif. L'idée de rechercher une répartition géographique des actions la plus performante en dynamique et de ne pas ignorer les coûts de mise au rebut prématurée des équipements productifs est recevable sous conditions. Elle ne doit pas agencer la défausse pure et simple des pays de vieille industrialisation sur les pays émergents et en développement ou des générations présentes sur les suivantes ; elle doit permettre de tenir une trajectoire de maîtrise des émissions débouchant sur un plafond de concentrations ne dépassant pas les 550 ppm.

²³ Sur ce thème, voir Gardiner (2006) et A. Gosseries (2006).

L'argument de la richesse future

L'argument général de Tol, Nordhaus, Schelling, Barrett ou Lomborg en faveur d'une prévention limitée est le suivant : une politique forte et rapide de réduction des émissions de GES comme celle que préconise le rapport Stern revient à faire supporter des coûts non négligeables aux générations les moins riches, les générations actuelles. Tout cela au profit de générations futures qui, dans un siècle et plus, seront beaucoup plus riches que les premières. Sur la base des hypothèses de croissance retenues par le rapport Stern, la consommation par tête est en effet supposée passer de 7 600 \$ aujourd'hui à 94 000 \$ en 2200, soit un ratio de 1 à 12. Quand bien même les dommages climatiques amputeraient 30% du PMB de 2200, les humains vivant à cette époque seraient encore 9 fois plus riches que ceux d'aujourd'hui. Y a-t-il là de quoi justifier de bouleverser le niveau et les modes de vie des générations présentes ? Si ces dernières veulent être généreuses, continue l'argument, elles peuvent l'être à bien meilleur escient en transférant les ressources nécessaires à la satisfaction des besoins des populations contemporaines les plus démunies et en favorisant l'accélération du développement des pays du Sud pour les rendre moins sensibles aux futurs aléas climatiques. Cette manière de voir ne remet pas en cause, en tant que telles, les évaluations du rapport Stern, mais seulement les orientations et les priorités que ses auteurs en tirent.

Apparemment décisif, l'argument de ces auteurs n'emporte pas la conviction autant que ses promoteurs le souhaiteraient. Je voudrais soulever trois objections. D'abord, l'hypothèse d'une croissance économique annuelle moyenne de 1,3% de la consommation par tête jusqu'en 2200 n'a rien de garanti, même si elle est pratique pour faire des calculs. Des raisons diverses, géopolitiques ou naturelles, peuvent interrompre ce processus de croissance et même provoquer un effondrement économique de l'humanité. Or, l'inertie considérable des phénomènes physiques engagés dans le changement de climat rendront irréversibles pour de nombreux siècles les changements que l'humanité aura laissé advenir durant les trois prochaines décennies. En d'autres termes rien ne garantit que les générations futures éloignées ne seront pas confrontées à des changements climatiques majeurs, si rien n'est fait pour les prévenir, sans disposer des ressources de la croissance économique. Aucun calcul de probabilité ne peut arbitrer une telle possibilité qui touche aux incertitudes de l'histoire.

Ensuite, comme le note Martin Weitzman (2007), la difficulté du problème de décision posé aujourd'hui ne tient pas au cas où un changement mineur de climat aurait des impacts modérés mais à la possibilité que se produisent des évolutions vraiment catastrophiques, allant jusqu'aux grands cataclysmes que la planète a connus avant que l'humanité n'apparaisse, ceux qui ont provoqué une extinction massive de nombreuses formes de vie (Hansen, 2006)²⁴. Face à de telles perspectives, aucune considération de richesse ou de compensation par davantage de bien-être matériel ne peut tenir.

Cela nous conduit sur la voie du troisième argument. Comme cela a déjà été mentionné à propos de l'actualisation, raisonner en termes de richesse globale indifférenciée est insatisfaisant, tant du point de vue heuristique que du point de vue philosophique. À ce point de l'histoire de l'humanité, la condition humaine nous fait obligation de reconnaître

²⁴ J. Hansen est le directeur du Goddard Institute for Space Studies de la NASA et professeur associé au Earth Institute de l'Université de Columbia.

l'asymétrie radicale entre les facteurs environnementaux planétaires, marqué par des limites absolues et une raréfaction physique, et les biens productibles offerts sur les marchés qui, dans les conditions ordinaires, ne connaissent d'autres limites que les coûts à assumer pour leur production. Le point de vue anthropocentré, qui sous-tend une philosophie utilitariste et qui ne fait du monde et de tous les êtres qu'ils abritent que des instruments, en devient ici autiste. Référons-nous ici au deuxième considérant du Préambule de la Charte de l'environnement intégrée à la Constitution française le 1er mars 2005 : « l'avenir et l'existence même de l'humanité sont indissociables de son milieu naturel ». À l'opposé de cette affirmation de solidarité de l'homme et de la nature, la logique ultime de la rhétorique de l'adaptation à un environnement bouleversé est d'approfondir la dissociation entre la vie humaine et le fonctionnement de la biosphère. Paradoxalement, les solutions d'adaptation qui permettent d'atténuer l'effet dommageable ressenti par les hommes du fait d'une dégradation de l'environnement ont pour résultat d'accélérer le processus menant à la catastrophe écologique en augmentant à chaque période le niveau « optimal » des pressions exercées sur l'environnement (voir la Figure 7 extraite de Godard, 2006). Certes lorsque l'altération de l'environnement est inéluctable, mieux vaut prendre des mesures pour s'adapter que de rester vulnérable. Cependant, lorsque cette altération ne l'est pas, une stratégie d'adaptation atténuée la charge des problèmes à court et moyen terme aux dépens de leur gonflement ultérieur plus rapide. Autrement dit, l'existence de stratégies d'adaptation pousse à l'accélération rationnelle du processus de dégradation environnementale.

C'est le sens du concept de développement durable que de marquer une rupture avec la base conceptuelle de la théorie des effets externes lorsqu'elle conduit à mettre en balance les coûts des dommages environnementaux et les coûts de l'internalisation ou de la prévention. Je l'ai déjà souligné, du point de vue de la théorie économique le sens de l'introduction du concept de développement durable est de traiter l'environnement comme un capital à reproduire dans la durée (Godard, 2006), mais en décentrant l'équivalent-amortissement de ce capital du seul point de vue immédiatement anthropocentré. Ce décentrage est en effet nécessaire du fait de l'incertitude sur les besoins futurs et sur les services écologiques qui pourront être rendus à l'avenir. Le traitement du problème du climat met en évidence qu'on ne peut pas sans inconvénient assimiler les conditions naturelles d'existence de l'économie humaine à des biens soumis aux mêmes principes d'évaluation que les biens productibles ordinaires. La réponse économique classique était de considérer ces conditions naturelles comme un donné inaltérable définissant le jeu des contraintes qui s'imposaient d'elles-mêmes à l'activité humaine. Or la problématique de l'environnement a émergé de la prise de conscience que ce donné était altérable et que les contraintes qui en émanaient ne s'imposaient pas d'elles-mêmes de façon immédiate mais avec un retard reflétant leur temps propre. Elles doivent désormais être assumées comme conditions du développement sans être réduites au sort commun des biens productibles. De ce point de vue, ne faisant pas la part des choses entre biens productibles et conditions naturelles de l'existence humaine, les raisonnements s'appuyant sur un concept de richesse indifférenciée sont dénués de pertinence et mettent sur la mauvaise voie.

La meilleure façon d'exprimer formellement ces nouvelles exigences serait d'introduire un ordre lexicographique : quelque soit la richesse future des hommes, il est essentiel à l'humanité de préserver un fonctionnement climatique et écologique qui soit

accueillant pour la vie humaine et qui permette de donner un tour concret à l'idée d'une communauté d'expérience vécue par l'humanité à travers les temps.

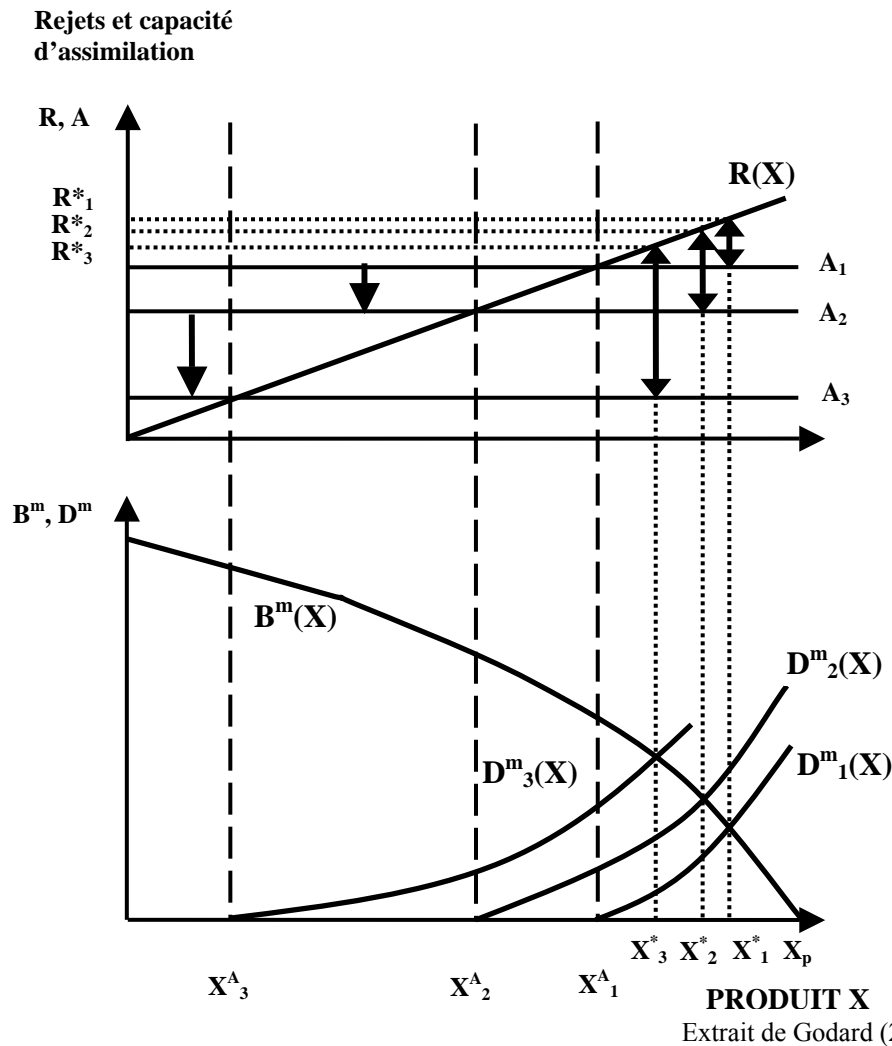


Figure 7 – Incidence de l'adaptation sur le rythme de dégradation de l'environnement

Soit la production d'une entreprise ou d'un pays dont résulte un produit en quantité X et des rejets polluants R , tels que la quantité de rejets soit une fonction croissante du niveau de production ($R = R(X)$ et $R'(X) > 0$). Ces rejets sont diffusés dans l'environnement et on suppose que ce dernier dispose d'une capacité d'assimilation A_t , définie comme la quantité de rejets R qu'il peut absorber, décomposer et réintégrer dans les cycles naturels pendant la période t (par exemple un an) lorsque la capacité A_t est disponible en début de période t . La fonction $R(X)$ et la capacité A sont représentées dans la partie supérieure de la figure. Dans la partie inférieure, on représente d'une part la fonction B^m , de profit marginal privé, net des coûts privés de production, qui dépend du niveau de production X , et d'autre part les fonctions de dommage marginal externe D^m_t , représentant l'évaluation du dommage marginal externe associé à l'émission de rejets pendant la période t , compte tenu du niveau de capacité d'assimilation A_t disponible au début de cette période. Cette fonction de dommage est croissante en fonction du niveau des rejets et donc du niveau de production. Elle ne prend corps qu'à partir du moment où la capacité d'assimilation de l'environnement est dépassée puisque, en deçà, l'environnement assimile les rejets, sans dommage pour d'autres agents économiques. La logique standard d'internalisation des effets externes conduit à comparer le dommage social au profit privé représenté par la courbe $B^m(X)$. Il en résulte

la détermination d'un niveau optimal de pollution R^* et une production optimale correspondante X^* . Du fait des lois de conservation de la matière et de l'énergie, cette pollution optimale qui est néanmoins en excès par rapport à la capacité d'assimilation (écart $R(X) - A$), vient diminuer la capacité d'assimilation disponible de période en période. Cela se traduit sur la partie supérieure de la figure par l'abaissement progressif de A . Avec une stratégie d'adaptation, les agents économiques se montreraient de moins en moins sensibles aux dommages environnementaux, ce qui se représente sur la figure par un aplatissement croissant, de période en période, de la fonction $D^m(X)$. Le résultat est d'accélérer le processus de surexploitation des services écologiques et de mener plus vite vers la catastrophe écologique en augmentant à chaque période le niveau « optimal » des rejets en excès de la capacité d'assimilation de l'environnement.

6. Une interrogation éthique sur le cadrage du rapport Stern

Même si nombre de critiques adressées au rapport Stern ne sont pas fondées, ce dernier n'est cependant pas à l'abri de toute critique et de toute interrogation éthique du fait de son cadrage. Je ne vise pas ici les critiques techniques qui peuvent être importantes du point de vue des résultats pratiques²⁵, mais le fondement éthique des principaux choix qui traversent l'évaluation présentée dans ce rapport. Je mentionnerai deux points de critique interne, puis proposerai une interrogation plus large qui vise en fait le cadre utilitariste de l'analyse coûts-avantage emprunté par l'équipe Stern.

L'évaluation proposée repose sur des choix qui ne sont pas établis d'une façon totalement cohérente, renvoyant tantôt à une position éthique assumée, tantôt à l'observation des valeurs adoptées dans la littérature ou dégagées à partir d'études empiriques de la réalité économique. C'est le cas du traitement asymétrique des variables clés déterminant le taux d'actualisation : δ est choisi en fonction d'un positionnement éthique, tandis que la valeur de η est supposée résulter de l'observation de la pratique courante de nos sociétés. Sur ce terrain Dasgupta est plus cohérent lorsqu'il propose un traitement normatif des deux variables, même si on ne s'accorde pas avec lui quant à la valeur à attribuer à η .

Ensuite, dans sa discussion des politiques d'adaptation, l'équipe Stern adopte une position réaliste. Elle reconnaît que de nombreux obstacles s'opposeront à une adaptation aisée aux événements climatiques et à l'exercice de la solidarité entre hommes - thème des conflits pour l'appropriation des ressources raréfiées par les crises climatiques ou résultant de mouvements migratoires importants -. Nous ne vivons pas dans le meilleur des mondes et le monde futur ne s'en rapprochera pas fondamentalement si on laisse aller la question climatique. Dans ce contexte, les choix normatifs faits par l'équipe Stern (égal intérêt pour le bien-être de toutes les générations) et ses préconisations (organisation de transferts financiers importants des pays du Nord vers les pays en développement, par exemple) postulent un volontarisme altruiste ou un sens moral partagé qui ne sont guère en phase avec ce réalisme. On retrouve ici un écho de l'opposition entre approche descriptive et prescriptive de l'actualisation, même si cette opposition est simplificatrice, dans la mesure où le prescriptif s'appuie sur une certaine représentation de la réalité (les possibilités techniques, etc.) et le descriptif choisit certaines interprétations de la réalité de façon tout à fait normative comme le soulignait William Cline (2004). Il y a en fait une opposition, plus profonde : l'équipe Stern veut croire que les citoyens et dirigeants auxquels elle s'adresse ont un sens moral qui les

²⁵ Ainsi la cohabitation d'une croissance économique poursuivie de façon inébranlable sur le long terme à un taux annuel de 1,3% et d'un tableau catastrophique des dommages infligés par le changement climatique laisse perplexe et doit être considérée comme une facilité de modélisation.

conduira à vouloir éviter que se mettent en place les circonstances objectives susceptibles d'assurer l'emprise du mal sur les générations futures. À ces dernières elle ne fait donc pas une grande confiance morale pour faire face au monde dont elles auront hérité en préservant les valeurs humanistes de respect des droits et libertés en même temps que de solidarité. D'une façon inversée par rapport aux présupposés de Tol sur l'adaptation, la position de l'équipe Stern revient à postuler une asymétrie morale essentielle entre générations présentes et générations futures.

Au-delà de ces éléments de critique interne, la *Stern review* appelle une interrogation plus large sur le bien fondé de l'approche utilitariste de type coûts-avantages pour aborder un problème aussi vaste que le changement climatique. Comme cela a été noté à l'occasion de la discussion sur l'actualisation, l'utilitarisme connaît une difficulté particulière sous la forme de son acceptation de principe du sacrifice : le bien-être de tous vaut bien le sacrifice de quelques uns²⁶. Une forme atténuée de cette idée sous-tend le critère standard de l'analyse coûts-avantages qu'est le critère de compensation potentielle de Hicks-Kaldor : une décision est bonne si les avantages l'emportent sur les coûts car il serait possible aux bénéficiaires des avantages de verser des compensations à ceux qui supportent surtout les coûts, tout en restant bénéficiaires. Ce critère n'oblige pas au sacrifice, mais il n'élève aucune barrière conceptuelle et méthodologique à son règne. C'est que l'utilitarisme et son expression outillée dans le calcul économique ne reconnaissent pas la prééminence de certains droits et soumettent le juste à la maximisation d'un bien collectif appréhendé comme une somme absolue ou pondérée des utilités individuelles. D'où la volonté de nombre de participants aux débats sur les choix intertemporels de contenir ce que l'utilitarisme peut avoir de sacrificiel, sans y parvenir de l'intérieur même de la philosophie utilitariste. Il n'y a ainsi guère d'espoir, sauf à sortir de l'utilitarisme, de ramener la paix entre ceux qui ne veulent pas qu'on sacrifie les générations futures et ceux qui ne veulent pas qu'on sacrifie les générations présentes.

Que cette sortie soit désirable, cela ne fait pas de doute. Qu'elle permette d'éviter de rencontrer de redoutables problèmes est moins sûr. Il en va ainsi de l'approche consistant à reconnaître des droits à chaque génération et, par exemple, un droit à bénéficier du climat dont les générations antérieures ont bénéficié ou tout autre définition positive de ce droit climatique. En effet les générations éloignées n'existent pas, c'est une lapalissade. Comment pourraient-elles avoir des droits ? Comme le soulignent Wilfred Beckerman et Joanna Pasek (2001), l'existence est une pré-condition de la faculté d'une personne de se voir reconnaître des droits : l'avoir – des droits- pré suppose l'être. Les personnes qui viendront au monde à une date future disposeront alors de droits, mais ces droits ne pourront jamais s'exercer que vis-à-vis de leurs contemporains, ceux avec lesquels elles auront à nouer des coopérations et à régler des conflits.

On remarquera, à ce propos, le caractère impropre de la formulation selon laquelle les générations présentes infligeraient des dommages aux générations futures, car l'idée de dommages suppose celle de droits. Tant que les droits respectifs n'ont pas été définis par une institution, il est impossible de qualifier une situation en termes de dommages occasionnés par l'un et subis par l'autre, sauf à recourir à l'idée hasardeuse d'un droit naturel hors de l'histoire

²⁶ La Théorie de la justice de John Rawls (1984) s'est précisément construite contre cette tendance sacrificielle de l'utilitarisme. Sur ce thème se reporter aux réflexions de Jean-Pierre Dupuy (1992), au chapitre IV « John Rawls, l'utilitarisme et la question du sacrifice », de son ouvrage *Le sacrifice et l'envie*.

et de l'institution. Dans un cadre strictement utilitariste, cette expression ne devrait pas non plus avoir cours : seules pourraient être constatées des différences d'utilité entre différentes situations comparées, par exemple différentes trajectoires d'émission de GES ayant différents impacts climatiques. Le constat d'une moindre utilité par rapport à un scénario de référence ne constitue pas en tant que tel un dommage.

Ce n'est pas tout. Lorsque l'idée de justice est construite à partir de l'idée de plaintes ou reproches que pourraient formuler à l'encontre des générations présentes les personnes futures devant exister dans des temps éloignés (après 2100...), on tombe sur le problème de la 'non-identité'²⁷. Du fait des relations d'engendrement, un lien indissociable s'établit entre l'identité individuelle des personnes et le monde dans lequel elles sont mises au monde. Comme Axel Gosseries (2004) l'a démontré à propos de l'affaire Perruche en France, l'idée de dommage subi par une personne devient impropre lorsque l'attribut qu'on serait tenté de qualifier ainsi est inséparable de l'identité des personnes concernées²⁸. Quelque soit l'état du monde transmis aux générations futures éloignées, l'identité des personnes qui habiteront ce monde-là n'en est pas détachable. Leurs ancêtres se seraient-ils comportés autrement, les personnes futures qui, par hypothèse, auraient à adresser des reproches à leurs ancêtres ne seraient jamais venues à l'existence et les reproches n'auraient pas pu être formulés. La théorie du reproche est frappée d'incohérence logique. À différentes trajectoires d'émissions de GES et d'évolution à long terme du climat correspondent des personnes différentes. On ne peut plus s'en tenir à des idées de variations du profil des coûts et des avantages qui seraient imputés aux mêmes personnes. Choisir un profil intertemporel différent, c'est également choisir de faire advenir au monde d'autres personnes. Hors de l'utilitarisme, la comparaison des coûts et des avantages sur des temps impliquant des générations aujourd'hui absentes ne tient plus.

Quelles voies nous reste-t-il alors pour penser une idée d'action engagée au nom des générations futures ? Une solution consiste à dépersonnaliser les termes du jugement, mais sans retomber sur l'utilitarisme. Une réflexion comme celle de Hans Jonas (1990), habitée par la préoccupation pour la survie de l'humanité et par celle de l'humain dans l'humanité, ouvre une direction qui récuse d'ailleurs les calculs de coûts et d'avantages mâtinés de probabilités dès lors que l'issue apocalyptique est en vue. Une autre voie propose de s'appuyer sur les différentes formes de promesses que les générations présentes veulent faire aux générations futures, au nom de l'image morale qu'elle veulent laisser d'elles à leurs lointains successeurs mais aussi de l'image morale d'elles-mêmes qu'elles veulent préserver à leurs propres yeux. Il n'est plus question ici de droits des générations futures, ni de maximisation du bien-être intergénérationnel, mais du désir des vivants de vouloir transmettre à ceux qui les suivront tout ou partie du monde dont ils ont hérité et usé, augmentée de ce qu'ils jugent être leurs meilleures contributions à l'expérience humaine, celle en laquelle ils souhaitent être reconnus. C'est la combinaison de ces deux approches qui peut donner une assise juste à l'objectif de développement durable.

²⁷ Ce problème a été soulevé initialement par Schwartz (1978) et repris par Derek Parfit (1984).

²⁸ Les personnes souffrant d'un handicap congénital ne peuvent pas faire reproche à leurs parents de leur avoir occasionné un dommage. En effet si ces parents avaient pris certaines dispositions pour éviter la naissance d'enfants handicapés, les personnes alors mises au monde auraient été des personnes autres que celles handicapées et non pas ces dernières délivrées de leur handicap.

Références

- Archer D. (2005), "Fate of Fossil Fuel CO₂ in Geologic Time", *Journal of Geophysical Research*, 110, C09S05, doi:10.1029/2004JC002625.
- Arrow K.J., W.R. Cline, K.-G. Mäler, M. Munasinghe, R. Squitieri, J. Stiglitz (1997), « Chapitre 4 – Équité entre générations, actualisation et efficacité économique », in J. Bruce, H. Lee et E. Haites (dir.) (1997), *Le changement climatique. Dimensions économiques et sociales. Contribution du groupe de travail III au Deuxième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Paris, Ed. 4D, diffusion la Documentation française : 121-143.
- Barrett S. (2007), "Who Should Foot the Bill on Climate Change?", *Yale Global*, 2 mars.
- Baumstark L. (rapp.) (2005), *Révision du taux d'actualisation des investissements publics. Rapport du groupe présidé par Daniel Lebègue*. Paris, Commissariat général du Plan.
- Beckerman W. et J. Pasek (2001), *Justice, Posterity and the Environment*, Oxford University Press.
- Birdsall N. et A. Steer (1993), « Attaquons-nous dès maintenant au réchauffement de la planète, mais sans trafiquer les chiffres », *Finances & Développement*, 30(1) : 6-8.
- Boiteux M. (1976), « A propos de la 'Critique de la théorie de l'actualisation' telle qu'employée en France », *Revue d'économie politique*, septembre-octobre : 1-17.
- Bruce J., H. Lee et E. Haites (dir.) (1997), *Le changement climatique. Dimensions économiques et sociales. Contribution du groupe de travail III au Deuxième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Paris, Ed. 4D, diffusion la Documentation française.
- Clarkson R and K. Deyes (2002), *Estimating the Social Cost of Carbon Emissions*. GES Working Paper 140. London: HM Treasury. Available at <http://www.hm-treasury.gov.uk/media/209/60/SCC.pdf>
- Cline W.R. (1992), *The Economics of Global Warming*. Washington DC, Institute for International Economics.
- Cline W.R. (2004), "Meeting the Challenge of Global Warming", *The Copenhagen Consensus Meeting*, Copenhagen.
- Cooper R. (2001), "The Kyoto Protocol : a Flawed Concept", *Environmental Law Review*, 31(12): 11484-11492.
- Dasgupta P., *Comments on the Stern Review's Economics of Climate Change*, University of Cambridge (UK), 12 Décembre.
- Dupuy J.-P. (1992), *Le sacrifice et l'envie*. Paris, Calmann-Lévy, 1992.
- Fankhauser S. (1994), "The social costs of greenhouse gas: an expected value approach", *Energy Journal*, 15(2) : 157-184.
- Gardiner S. (2006), « Why Do Future Generations Need Protection? », *Cahier de la Chaire Développement durable EDF – École polytechnique*, DDX-06-16, juillet.
- GIEC (2001), *Bilan 2001 des changements climatiques : Rapport de synthèse – Résumé pour décideurs*. Genève. http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/vol4/french/fig5-2.htm
- Godard O. (2006), « La pensée économique face à l'environnement », in A. Leroux et P. Livet (dir.), *Leçons de Philosophie économique – Tome II : Économie normative et philosophie morale*. Paris, Economica : 241-277.
- Godard O., C. Henry, P. Lagadec et E. Michel-Kerjan (2002), *Traité des nouveaux risques. Précaution, crise, assurance*. Gallimard, Folio-Actuel 100.

- Gollier C., B. Jullien et N. Treich (2000), "Scientific progress and irreversibility: an economic interpretation of the 'Precautionary Principle'", *Journal of Public Economics*, **75**: 229-253.
- Gosseries A. (2004), *Penser la justice entre les générations : de l'affaire Perruche à la réforme des retraites*. Paris, Aubier, Coll. Alto.
- Gosseries A. (2006), « Égalitarisme cosmopolite et effet de serre », *les Séminaires de l'IDDRI*, (14).
- Grubb M. (2006), "Climate change impacts, energy, and development", *Annual Bank Conference on Development Economics*, Tokyo, 30 May.
- Grubb M., T. Chapuis & M. Ha-Duong (1995), "The economics of changing course: implications of adaptability and inertia for optimal climate policy", *Energy Policy*, **23**: 417-432.
- Grubb M. & D. Ulph (2002), "Energy, the Environment and Innovation", *Oxford Review of Economic Policy*, **18**(1): 92-106.
- Guesnerie R. (2003), *Kyoto et l'économie de l'effet de serre*. Paris, la Documentation française, Coll. des rapports du CAE.
- Guo J., C.J. Hepburn, R.S.J. Tol and D. Anthoff (2006), "Discounting and the social cost of carbon: a closer look at uncertainty", *Environmental Science & Policy*, **9**: 205-216.
- Ha-Duong M. (1998), "Quasi-option value and climate policy choices", *Energy Economics*, **20**: 599-620.
- Ha-Duong M., M. Grubb and J.-C. Hourcade (1997), "Influence of socio-economic inertia and uncertainty on optimal CO₂-emissions abatement", *Nature*, **390**: 270-273.
- Hammit J.K., R.J. Lempert and M.E. Schlesinger (1992), "A sequential-decision strategy for abating climate change", *Nature*, **357**: 315-318.
- Hansen J. (2006), "The threat to the planet", *The New-York Review of Books*, **53**(12), 13 juillet.
- Hope C. (2006), « The marginal impact of CO₂ from PAGE2002: an integrated assessment model incorporating the IPCC's five reasons for concern », *The Integrated Assessment Journal*, **6**(1): 19-56.
- Hourcade J.-C. (1997), « Précaution et approche séquentielle de la décision face aux risques climatiques de l'effet de serre », in O. Godard (dir.), *Le principe de précaution dans la conduite des affaires humaines*. Paris, Éd. de la MSH et INRA-Éditions : 259-294.
- Hourcade J.-C., P. Ambrosi, S. Hallegatte, P. Dumas, F. Lecocq, M. Ha-Duong (2003), "Optimal control models and elicitation of attitudes towards climate damages", *Environmental Modeling and Assessment*, **8**: 133-147.
- Jonas H. (1990), *Le principe responsabilité. Une éthique pour la civilisation technologique*. Paris, Éd. du Cerf.
- Kolstad C. (1996), "Learning and Stock Effects in Environmental Regulations: the Case of Greenhouse Gas Emissions", *Journal of Environmental Economics and Management*, **31**: 1-18.
- Kosciusko-Morizet N. (rapp.) (2006), *Rapport fait au nom de la Mission d'information sur l'effet de serre – président J.-Y. Le Déaut*. Paris, Assemblée nationale, (3021), 12 avril.
- Laffitte P. et C. Saunier (2006), *Rapport sur les apports de la science et de la technologie au développement durable - Tome I : Changement climatique et transition énergétique : dépasser la crise*. Paris, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, (3197), juin.

- Lecocq F. et J.-C. Hourcade (2003), « Incertitude, irréversibilités et actualisation dans les calculs économiques sur l'effet de serre », in R. Guesnerie, *Kyoto et l'économie de l'effet de serre*. Paris la Documentation française, Coll. des rapports du CAE : 177-199.
- Lomborg B. (2001), *The Skeptical Environmentalist – Measuring the Real State of the World*. Cambridge (UK), Cambridge University Press.
- Nordhaus W. (1977), “Economic Growth and Climate: The Case of Carbon Dioxide”, *The American Economic Review*, (2), May.
- Nordhaus W.D. (1991), “To slow or not to slow: the economics of the greenhouse effect”, *Economic Journal*, **101**: 920-937.
- Nordhaus W. (2006), *The Stern Review on the Economics of Climate Change*, Yale University, 17 Novembre.
- Nordhaus W. (2007), *The Challenge of Global Warming: Economic Models and Environmental Policy*, Yale University, 4 avril.
- Parfit D. (1984), *Reasons and Persons*. Oxford, Clarendon Press.
- Pearce D.W. (2003), “The social cost of carbon and its policy implications”, *Oxford Review of Economic Policy*, **19**: 362-384.
- Pindyck R. (2000), “Irreversibilities and the Timing of Environmental Policy”, *Resource and Energy Economics*, **22**: 233-259.
- Ramsey F. (1928), “A mathematical theory of saving”, *Economic Journal*, **38**: 543-559.
- Rawls J. (1984), *Théorie de la justice*. Paris, Seuil, Coll. Empreintes.
- Sagoff M. (1988), *The Economy of the Earth*. New York, Cambridge University Press.
- Schwartz T. (1978), “Obligations to posterity”, in R.I. Sikora et B. Barry (eds), *Obligations to Future Generations*. Philadelphia, Temple University Press: 3-13.
- Select Committee on Economic Affairs (2005), *The Economics of Climate Change – Volume I: the report*. London, House of Lords, 2nd Report of Session 2005-06, 6 July.
- Solow, R. (1993), “An Almost Practical Step Toward Sustainability”, *Resources Policy*, **19**(3), September: 162-172.
- Stern N. (dir.) (2006), *The Stern Review Report: the Economics of Climate Change*. London, HM Treasury, 30 Octobre, 603 p.
- Sterner T. et U.M. Persson (2007), *An even Sterner Review - Introducing Relative Prices into the Discounting Debate*. Göteborg University, février.
- Tol R.S.J. (1995), “The Damage Costs of Climate Change. Towards More Comprehensive Calculations”, *Environmental and Resource Economics*, **5**, (4), June, pp. 353-374.
- Tol R.S.J. (2006), *The Stern review of the economics of climate change: a comment*. 30 Octobre.
- Tol R.S.J. (2007), « Europe's long-term climate target: a critical evaluation », *Energy Policy*, **35**: 424-432.
- Tol R.S.J. and G.W. Yohe (2006), “A Review of the Stern review”, *World Economics*, **7**(4), Octobre-Décembre: 233-250.
- Ulph A. et D. Ulph (1997), “Global Warming, Irreversibility and Learning”, *The Economic Journal*, **107** (442): 636-650.
- Weitzman M.L. (2007), *The Stern Review of the Economics of Climate Change*, Harvard University, 13 mars.
- Yohe G. (2006), “Some thoughts on the damage estimates presented in the Stern Review – A Editorial”, *The Integrated Assessment Journal*, **6**(3): 65-72.