

## **L'économie du changement climatique et la théorie de l'actualisation**

Cédric PHILIBERT\*

*Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, 27 rue Louis-Vicat, 75737 Paris  
Cedex 15, France*

Reçu le 22 octobre 1998

### **Résumé**

Cet article confronte la théorie de l'actualisation avec l'analyse économique du changement climatique. Une procédure normale d'actualisation donnerait à des dommages éloignés dans le futur une valeur actuelle nette très faible. D'un autre côté, des taux d'actualisation faibles impliqueraient davantage de sacrifices pour les générations actuelles, bien que les générations futures puissent être plus riches. Et l'utilisation de plusieurs taux conduirait à des inefficacités économiques. L'article montre d'abord que les arguments favorisant de façon générale un taux d'actualisation faible ou nul sont faibles, y compris d'un point de vue éthique. Il se poursuit par l'examen de différents arguments en faveur de taux d'actualisation décroissant dans le temps, et rappelle l'argument selon lequel les biens environnementaux non reproductibles devraient se voir attribuer une valeur croissant avec le temps. A travers l'exemple du changement climatique, il montre finalement que ce dernier argument n'implique pas seulement que les coûts des dommages associés au changement climatique ne devraient pas être sous-estimés, mais il renforce aussi la légitimité de l'utilisation de taux d'actualisation décroissants. © 2000 Elsevier Science Ltd. Tous droits réservés

*Mots-clés* : Actualisation ; Changement climatique ; Économie de l'environnement

### **Introduction**

La perspective d'un changement climatique d'origine anthropique, problème caractérisé par un intervalle de temps très long entre les actions humaines et leurs conséquences possibles sur le climat, a suscité un intérêt nouveau pour la théorie de l'actualisation, et la légitimité de son usage dans un contexte intergénérationnel.

On s'en tiendra dans cette communication à un examen de la valeur actuelle d'un changement climatique futur. Le dilemme est simple : la théorie économique prône l'unicité du taux d'actualisation comme condition nécessaire de l'efficacité dans l'allocation des ressources ; il n'est donc pas possible, a priori, d'utiliser un taux spécifique pour l'analyse du changement climatique. Si l'on conserve un taux d'actualisation "normal" (entre 5% et 10%), l'analyse économique semble ne pouvoir accorder à d'éventuelles catastrophes futures qu'un coût actuel très faible, et elle conclut à la légitimité de l'inaction (actualiser à 8% pendant 100 ans revient à diviser par 2200). Si, à l'inverse, on abaisse le taux d'actualisation en général, cela revient à dire qu'il faudrait que la génération présente investisse bien davantage - et ce dans tous les domaines : nous devrions donc consommer moins et épargner plus au profit de descendants pourtant plus riches que nous. Ces deux conclusions heurtent le sens commun.

---

\* Désormais à l'Agence Internationale de l'Énergie, rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15. Adresse E-mail : [cedric.philibert@iea.org](mailto:cedric.philibert@iea.org) (C. Philibert)

Dans un premier temps, nous montrerons que la plupart des arguments avancés en faveur de taux constants mais faibles pour le bien des générations futures sont peu convaincants.

Dans un second temps, nous nous intéresserons à deux types de réponses proposées pour résoudre le dilemme : celle qui consiste à plaider pour des taux d'actualisation décroissant à moyen et long terme, et celle qui consiste à plaider pour une valorisation de certains actifs naturels à un taux croissant au fil du temps au même rythme que le taux d'actualisation. *Nous montrerons comment ces divers arguments se renforcent mutuellement.*

Dans un troisième temps, nous montrerons que l'incertitude devant l'avenir pourrait justifier simultanément l'adoption d'un taux décroissant rapidement avec l'horizon temporel, et une "actualisation effective" des actifs naturels, dans le sens suggéré par Fisher et Krutilla (1975) : le taux de croissance de la valeur de ces actifs doit être légèrement inférieure au taux d'actualisation

Dans un quatrième temps, nous essaierons d'appliquer ces arguments à l'analyse économique du changement climatique – et montrerons comment cet exercice peut renforcer la validité des points ci-dessus.

Enfin, nous tirerons quelques conclusions de nos réflexions sur le taux d'actualisation quant à l'analyse économique du changement climatique et ses limites.

\*\*\*\*\*

### *1 - Les arguments en faveur de taux faibles*

Le Deuxième Rapport d'Évaluation du Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Évolution du Climat, consacre un chapitre entier à la question de l'actualisation (Arrow et alii, 1996), introduisant une séparation fondamentale entre les approches "descriptives" qui s'efforcent de déduire un taux d'actualisation de l'observation des marchés, et les approches "prescriptives", qui conduisent en général à plaider pour des taux d'actualisation sensiblement inférieurs aux précédents, voire rejettent la légitimité de l'actualisation.

L'argumentaire en faveur de taux faibles emprunte généralement la voie suivante :

**1-a** : montrer la domination du taux social de préférence pour le présent sur le taux marginal de rendement de l'investissement privé ;

**1-b** : montrer que les individus sont "isolés" par les marchés, et ne peuvent exprimer leurs préférences réelles à l'égard des générations futures ;

**1-c** : plaider pour une préférence pure pour le présent nulle en contexte intergénérationnelle sur la base d'un argument éthique.

Nous allons examiner successivement ces trois arguments. Puis nous examinerons (**1-d**) l'argument - tout à fait différent - de Martin Weitzman, en faveur d'un taux d'actualisation plus faible du fait de la dégradation environnementale attachée à la croissance économique.

#### a) Le taux social de préférence pour le présent

Dans le monde d'Irving Fisher (1930), le taux de préférence temporelle des consommateurs et le taux de rendement des investissements sont égaux. Dans le monde réel, l'existence de la

fiscalité et des risques créés, considère-t-on habituellement, un écart entre ces deux taux. Lequel de ces deux taux convient-il d'utiliser ? L'un et l'autre ont leurs partisans.

Pour les uns, s'il faut financer un projet ou une politique par un prélèvement supplémentaire sur la consommation, ce projet ou cette politique doit simplement être analysée en fonction du taux social de préférence pour le présent. Si sa valeur actuelle nette est positive, le projet mérite d'être entrepris. Pour les autres, dès lors que la ressource est levée, il faut la dépenser avec la plus grande efficacité possible - et ce pour le bien des générations futures autant que pour celui des générations présentes. Cline (1992) et ses critiques (Birdsall et Steer 1993, Norhaus 1994) illustrent ces vues opposées dans le cas de l'atténuation du changement climatique.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail de ce débat, souvent obscurci par une confusion entre la valeur normative du taux d'actualisation pour les investissements publics - définissant ainsi la taille et le rôle économique de l'État - et sa valeur normative pour les politiques publiques, lesquelles peuvent susciter des investissements privés autant que publics.

Nous admettrons simplement ici que la préférence temporelle du consommateur est le critère nécessaire quand il s'agit d'évaluer l'avantage d'un renoncement à une consommation immédiate au profit d'une consommation future, le but de l'économie étant le bien-être dérivé de la consommation, elle-même dérivée de la production. Mais ceci ne signifie pas que l'on ne devrait pas tenir compte<sup>1</sup> de l'effet d'éviction possible de l'investissement privé dû à la politique publique en question, par le truchement d'un "prix de référence" du capital<sup>2</sup>. Cela ne signifie pas davantage que la préférence temporelle du consommateur est indépendante de la capacité productive de l'économie ; au contraire, elles sont fortement interdépendantes, comme Irving Fisher (1930) nous le rappelle avec le paradigme de l'île déserte. Imaginons une île déserte où des marins ont été débarqués, chacun avec un nombre donné de biscuits marins, et aucune perspective de jamais augmenter leur attribution. C'est là leur seul revenu réel, et ils n'ont aucun espoir de l'augmenter. La seule variation possible de leur revenu - c.-à-d. dans la consommation des biscuits - est la possibilité de modifier le moment auquel les biscuits sont consommés. Dans une telle communauté, le taux d'intérêt en fonction des biscuits sera nécessairement nul, parce que, par définition, ôter un biscuit de la consommation actuelle ne peut conduire qu'à un accroissement équivalent de la consommation future. *"En d'autres termes, le taux de retour par rapport au coût est nul. Dès lors que ce taux doit être égal aux taux de préférence, ou impatience, et aussi au taux d'intérêt, tous ces taux doivent aussi être nuls."*

Il ne fait guère de doute que dans ces circonstances le taux de retour est nul. Mais qu'en est-il du taux d'intérêt ? Aucun prêteur potentiel ne pourrait obtenir un intérêt positif sur une avance, le seul moyen pour un emprunteur de rembourser étant de prélever le remboursement sur le stock initial de biscuit. Car pourquoi emprunter 100 pour une consommation immédiate, s'il faut rembourser 105 l'année suivante ? Autant prélever 100 sur le stock, qui sera diminué l'année suivante de 100, et non de 105.

En va-t-il de même pour la préférence temporelle ? Oui, dit Fisher. Supposons qu'un marin préfère un certain profil de consommation : il n'a qu'à gérer son stock de biscuits de la façon

---

<sup>1</sup> Arrow (1995) et Fankhauser (1995) considèrent que dans le cas du changement climatique seuls comptent les effets sur la consommation. Pour une discussion de cet argument, voir Philibert (1996).

<sup>2</sup> La méthode que recommande Cline est à mon avis la plus complète en théorie, pour des raisons que je ne vais pas expliquer ici. Cependant il peut être sensé, pour simplifier, d'opter pour la méthode utilisant la moyenne pondérée des deux taux, bien qu'elle soit en théorie fautive comme l'a montré Feldstein (1972).

qu'il préfère. Préfère-t-il un biscuit mangé maintenant à un biscuit futur ? Il peut le prendre sur son stock, jusqu'au point où son désir pour la consommation équilibre précisément son désir pour la consommation future, jusqu'au point où les deux sont égaux. Un consommateur prodigue et un avare n'auront bien sûr pas les mêmes profils de consommation, mais pour l'un comme pour l'autre un biscuit aujourd'hui a exactement la même valeur qu'un biscuit dans un an.

Dans un tel cas le taux de rendement de l'investissement domine le taux d'intérêt et le réduit à zéro. D'autres cas représentatifs de la même domination peuvent être imaginés, avec des taux d'intérêt négatifs (remplaçons simplement les biscuits inaltérables par des figues dont la moitié pourrissent chaque année) ou positifs (dans ce cas les biscuits sont remplacés par des arbres ou des moutons, capables de produire et de se reproduire à un certain taux). Mais dans la vie réelle le taux de rendement de l'investissement ne domine pas le taux d'intérêt parce qu'il y a un nombre infini de possibilités : dans cette situation, aucun accroissement ou réduction du revenu réel dans le temps ne peut survenir sans introduire un changement dans le taux de rendement de l'investissement : *“Le résultat est que le taux de préférence pour le présent influence le taux de rendement tout autant que le taux de rendement influence l'impatience. (...) Plus nous investissons et repoussons notre gratification à plus tard, plus notre impatience croît ; plus nous dépensons et hâtons notre satisfaction, le taux de préférence pour le présent diminue et le taux de rendement de l'investissement s'accroît.”*

Dans un monde où le risque et la fiscalité enfoncent un coin entre le taux de rendement marginal de l'investissement privé et le taux social de préférence pour le présent, nous pouvons accepter la domination normative de ce dernier, à condition de ne pas oublier son étroite interdépendance avec le premier.

#### b) Le “paradoxe de l'isolement”

John Broome (1992) résume l'argument développé par Marglin (1963) et Sen (1961, 1967) :

*“Épargner pour une génération future est en partie un bien public. L'épargne de chacun a une valeur pour les autres. A cela, deux raisons. La première s'applique même si chacun ne se préoccupe que de ses descendants. Dans l'économie réelle, ce n'est pas la totalité des bénéfices de mon épargne qui sera reçue par mes propres descendants. Les taxes sur l'héritage, entre autres choses, les répartiront tout autour. Donc quand j'épargne, cela profite aux descendants des autres personnes, et celles-ci – mes contemporains – l'apprécient. La seconde raison s'applique si les gens ont une préoccupation pour la postérité plus large, au-delà de leurs propres descendants. Dans ce cas, même la part de mon épargne qui va à mes propres descendants a une valeur pour autrui.*

*“ Mais les biens publics sont toujours fournis en quantité insuffisante par le libre marché. Le problème du passager clandestin signifie que l'épargne individuelle sera inférieure à l'optimum, à ce que les individus eux-mêmes choisiraient...”*

La fiscalité sur l'héritage répartit l'effort de chacun sur un nombre plus grand “d'héritiers” ; plus encore, nombre de membres de la génération présente laissent quelque chose à leurs propres héritiers : dans les deux cas, la consommation des générations futures se voit ici attribuer le caractère d'un bien public pour la génération présente. Or, la théorie montre que le marché produit spontanément les biens publics en quantité insuffisante.

Broome se situe implicitement ici dans le cadre de la production d'un bien public par souscription, assimilant épargne et investissement à la seule souscription volontaire, par

chacun, pour une part de ce bien public qu'est le bien-être des générations futures. Dans ce cadre, chaque agent égalise le coût marginal de production du bien public avec sa propre volonté marginale à payer; or le niveau optimal de production du bien public résulterait de l'égalisation de ce même coût marginal de production avec la somme des volontés marginales à payer de tous (condition de Bowen - Lindhal - Samuelson). L'écart est d'autant plus grand que le nombre d'agents est important. Cette sous-optimalité résulte d'un défaut de coordination, lequel d'ailleurs ne suppose pas que les agents aient des préférences distinctes.

Cependant, il n'est pas certain que la théorie qui veut que la production de biens publics par le marché soit toujours insuffisante, s'applique nécessairement ici. En effet, ce "bien public" qu'est pour la génération présente le bien-être des générations futures, résulte lui-même de la jouissance de biens privés et de biens publics. La consommation de biens privés des générations futures sera le produit d'un grand nombre de facteurs, et notamment des investissements de la génération présente et des générations intermédiaires successives. Ces investissements pourront être des investissements de long terme, comme l'a montré Robert Lind (1964) avec son modèle à générations enchevêtrées; il faut également tenir compte de ce que nombre d'agents économiques souhaitent laisser des biens à leurs héritiers, et que la plupart ne choisissent ni ne connaissent le moment de leur mort. Autrement dit, la production du "bien public" qu'est le bien-être des générations futures dépend - pour autant que celui-ci dépend d'une consommation de biens privés - de mécanismes dont rien ne démontre qu'ils conduisent nécessairement à une sous-optimalité. Au contraire : si la croissance économique se poursuit sur un rythme plus rapide que la croissance démographique, les générations futures seront plus riches que la nôtre.

La plus grande richesse prévisible des générations futures est l'objection fondamentale que Gordon Tullock (1964) porte à Marglin (1963). En général, seuls ceux qui ont un revenu inférieur à la moyenne sont considérés comme des récipiendaires possibles de dons charitables. Dès lors, tout comportement altruiste devra peser soigneusement l'effet d'un don donné à un pauvre d'aujourd'hui, plutôt qu'à un membre de générations futures plus riches. En tout cas, estime Tullock, les investissements collectifs que propose Marglin "*clairement taxent les pauvres pour aider les riches*".

Baumol (1968) suit la même ligne de raisonnement : "*Dans notre économie, si les tendances passées et les développements en cours peuvent nous guider, une redistribution en faveur du futur peut être décrite comme une action à la Robin des Bois inversée – elle prend aux pauvres pour donner aux riches. Le revenu réel moyen par tête dans un siècle sera vraisemblablement un multiple de sa valeur actuelle. Pourquoi devrais-je abandonner une part de mon revenu au profit de quelqu'un qui aura un revenu plusieurs fois égal au mien ?*" Mais il continue : "*Cependant, cela ne signifie pas que le futur doive être laissé à la merci du marché libre en tous aspects. Il y a d'importantes externalités et investissement du genre biens publics qui demandent une attention particulière. Les irréversibilités en constituent un exemple. Si nous empoisonnons notre sol de telle sorte qu'il ne soit plus jamais le même, si nous détruisons le Grand Canyon en le transformant en une centrale hydroélectrique, nous abandonnons des biens qui, une fois détruits, ne pourront jamais être reproduits. Toute la richesse et les ressources des futures générations ne suffiront pas à les restaurer. L'investissement dans la préservation de tels biens semble parfaitement légitime, mais pour cet objectif l'instrument approprié serait un ensemble de subventions sélectives plutôt qu'un taux d'actualisation généralement bas qui encourage de façon indiscriminées toutes sortes de programmes d'investissements qu'ils soient ou non pertinents.*"

Le point est là : le bien-être des générations futures dépendra également de leur consommation ou accès à un certain nombre de biens publics, parmi lesquels nombre de biens environnementaux. Et bien entendu la théorie des biens publics paraît pouvoir s'appliquer à la production de ces biens publics au futur comme au présent. L'organisation de la lutte contre le changement climatique, du reste, présente la même structure logique que le paradoxe de l'isolement : ce sont des extensions à  $n$  agents du fameux dilemme du prisonnier d'A.W. Tucker. Toute personne informée de la menace du changement climatique peut souhaiter protéger les générations futures de cette menace, et peut être prête, pour ce faire, à quelques sacrifices de consommation immédiate qu'à ce titre nous dénommerons "investissements" (même s'il s'agit, par exemple, de prendre un matin son vélo plutôt que sa voiture: ce sacrifice de confort immédiat donne aux générations futures un peu moins de changement climatique).

Toute personne raisonnable sera néanmoins consciente que son sacrifice individuel sera d'un poids bien faible devant la menace du changement climatique. On considère généralement qu'aucune nation, sauf peut-être les États-Unis, ne pèse assez dans le total mondial des émissions de gaz à effet de serre, pour pouvoir espérer un retour direct de son seul effort d'atténuation. En réalité, chaque nation souhaite voir les autres nations réduire leurs émissions, et veut se dispenser elle-même de tout effort. Cette situation conduit inéluctablement à un résultat global non optimal, sauf si un mécanisme assure la participation de toutes les nations à l'effort, chacune bénéficiant alors, en terme d'atténuation de la menace, des efforts de toutes : telle est la justification fondamentale d'une convention internationale telle que la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, à condition que ses dispositions soient l'objet d'une mise en œuvre sûre.

Ce qui est vrai pour les nations l'est a fortiori pour les individus : nul ne peut s'infliger lui-même les sacrifices nécessaires à l'atténuation du changement climatique, s'il agit de façon rationnelle dans le cadre d'une éthique "conséquentialiste" (celui qui obéit à l'impératif catégorique de Kant choisira naturellement le vélo, même s'il doit être le seul). De même que les nations n'agiront pas pareillement selon que la Convention existe ou non, les individus ne révéleront pas nécessairement, par leurs comportements quotidiens, l'approbation qu'ils sont prêts à donner à l'instauration d'un mécanisme contraignant tous les agents à agir pour atténuer le changement climatique. Le taux d'intérêt observable sur le marché ne pourra donc pas refléter cette disponibilité à agir pour les générations futures. Il y a donc bien, pour cette catégorie particulière d'investissement, un défaut de coordination par les marchés. Mais il n'implique pas qu'il faille réduire le taux d'actualisation ni investir globalement davantage<sup>3</sup>.

### c) La préférence pure pour le présent

Depuis la fin du siècle dernier, l'idée d'une actualisation de l'utilité, qu'Harrod (1948), le premier semble-t-il, nommera "préférence pure pour le présent", dérange, intrigue, fascine<sup>4</sup>. Les condamnations de Pigou (1920), Ramsey (1928), Harrod (1948), sont proverbiales. Plus près de nous, Solow (1992) ne cache pas son embarras. La préférence pure pour le présent semble nécessaire à éviter de trop grands sacrifices de la génération présente au profit des

---

<sup>3</sup> On trouvera une analyse plus complète du paradoxe de l'isolement dans Philibert (1998).

<sup>4</sup> C'est semble-t-il depuis Arrow (1966) que le taux d'actualisation, ou plutôt le "taux social de préférence pour le présent", a pris sa physionomie moderne  $TSSP = \rho + \theta g$  (notation usuelle), somme de la préférence pure pour le présent et du produit de la croissance du revenu par tête par la valeur absolue de l'élasticité-revenu de l'utilité marginale du revenu, produit qu'Arrow (1995) dénomme "l'effet-richeesse".

suivantes, et pourtant elle semble à beaucoup irrationnelle, quand il s'agit de l'utilité même de l'individu confronté à ses choix présents, et insoutenable moralement quand il s'agit de l'utilité des générations futures. De quel droit la génération présente compterait-elle l'utilité des générations futures pour inférieure à la sienne propre ? À l'inverse, sans pure préférence pour le présent, le taux d'actualisation pourrait se trouver ramené à un niveau si bas qu'il impliquerait un niveau d'investissements très élevé de la part de la génération présente<sup>5</sup>. Or celle-ci, a priori moins aisée que les suivantes du fait de la croissance économique, serait ainsi injustement pénalisée. D'où le dilemme : est-il juste de refuser la préférence pour le présent, ou est-il juste d'éviter de demander davantage de sacrifices à la génération la plus pauvre en donnant explicitement à l'utilité des générations futures un poids moindre ?

Nous partons d'une suggestion de John Rawls (1971, 1987) pour traiter ce dilemme : “ *Il est aussi possible de modifier l'accumulation nécessaire en ajustant les paramètres de la fonction d'utilité postulée.* ” Si l'on s'écarte en effet, d'une position purement “ descriptive ”, dans laquelle les préférences des consommateurs sont simplement observées, et que l'on adopte, pour des raisons morales, une position davantage “ prescriptive ”, il est certes logique de “ *fixer à zéro la préférence pure pour le présent* ” (Cline, 1992), mais il convient alors, non pas d'observer l'élasticité-revenu de l'utilité marginale du revenu, mais de la choisir - puisqu'il ne s'agit plus de l'utilité d'un même agent, mais d'une comparaison interpersonnelle. Ainsi pourra-t-on explicitement tenir compte de l'éventuelle plus grande richesse des générations futures. Comme l'admettent Arrow et alii (1996), “ *exactement comme le choix de la préférence pure pour le présent, le choix de l'élasticité de l'utilité marginale a d'importantes implications pour l'équité intergénérationnelle. (...) Plus la société donne d'importance à l'équité inter-générationnelle, plus grande sera sa valeur.* ”

Comment choisir ce coefficient ? Le souci d'égalité pourrait suggérer une valeur infinie : aucun appauvrissement des plus pauvres ne serait légitimé par un enrichissement des plus riches. Mais cette proposition conduit à une indétermination absolue : l'investissement est alors nul, la croissance économique également... et l'effet-riche, auquel le taux d'actualisation est ramené par la nullité de la préférence pure pour le présent, est le produit indéterminé de zéro par l'infini. L'erreur saute aux yeux : le taux d'actualisation détermine le niveau d'investissements, dont le seul objet n'est pas le bien-être des générations futures, mais également le bien-être futur de la génération présente. D'autre part, la croissance économique elle-même dépend du niveau d'investissements : le résultat du produit influe donc en retour sur l'un de ses termes. Il ne semble donc possible, dans une approche normative, que de procéder par ajustements successifs, à l'aide de modèles de croissance, pour déterminer corrélativement la croissance économique souhaitée et le taux d'investissement acceptable. Ou, plus simplement, si le taux observé d'investissement<sup>6</sup> paraît acceptable du point de vue des générations futures, et que l'on fixe à zéro la préférence pure pour le présent, alors semble-t-il légitime d'ajuster le coefficient d'élasticité-revenu de l'utilité marginale du revenu pour que son produit par le taux de croissance du revenu par tête attendu soit égal au taux d'actualisation en vigueur. D'où ce paradoxe : une démarche à moitié prescriptive nous éloigne de ce qu'une démarche descriptive suggère, mais une démarche entièrement

---

<sup>5</sup> Arrow (1995) reprend cet argument qu'il attribue à Tjalling Koopmans en faveur de la préférence pure pour le présent dans l'hypothèse d'une économie stationnaire. Cependant, ces sacrifices créeraient une dynamique de croissance contredisant l'hypothèse de base, et dont “ l'effet-riche ” rend normalement compte. C'est l'argument le plus puissant contre des taux d'actualisation faibles – mais pas nécessairement en faveur de la pure préférence pour le présent.

<sup>6</sup> Arrow (1995) rappelle le résultat classique de Ramsey (1928) que le taux optimal d'épargne est  $1/\theta$ .

prescriptive nous y ramène, puisqu'en définitive, il n'y a aucune raison qu'une démarche éthique ne se satisfasse pas des taux d'actualisation couramment employés, tant que ceux-ci restent compatibles avec une amélioration progressive - en tout cas une non-décroissance - du revenu par tête au fil du temps. Il est d'ailleurs tout à fait remarquable que dans son analyse de la pensée de Rawls sur le juste principe d'épargne, Kenneth Arrow (1973) ne fait nullement appel à la préférence pure pour le présent, mais exclusivement à la décroissance de l'utilité marginale du revenu, pour expliquer que la génération présente limite le niveau de l'effort qu'elle consent en faveur des générations suivantes : “ *Si nous avons quelque souci pour les générations futures (comme la justice le demande) et si le gain résultant de l'attente est suffisamment grand, alors nous voudrions faire quelque sacrifice pour le bénéfice des individus futurs même s'ils sont quelque peu plus riches que nous. Nous ne le ferons pas indéfiniment ; cela est habituellement formalisé en assumant qu'eux et nous avons une utilité marginale décroissante, de sorte qu'à un certain niveau le gain en terme de commodités cesse d'être un gain en terme d'utilité.* ”

#### d) Un taux d'actualisation “environnemental”

L'argument de Martin Weitzman (1994) est d'une nature profondément différente. Son point de départ consiste à lier le niveau de l'activité économique avec ses effets sur l'environnement. Or un investissement marginal qui crée un surplus de croissance entraîne également la nécessité d'une augmentation de la dépense environnementale pour que la qualité de l'environnement - ici considérée comme une externalité - soit maintenue au moins constante. Ceci diminue le rendement - pour la collectivité - des investissements privés. Martin Weitzman montre qu'une formule simple peut rendre compte de cet effet de “résistance environnementale” en liant le taux social d'actualisation,  $r$ , et le taux de rendement marginal de l'investissement,  $i$  :

$$r = i(1 - \gamma)$$

Dans laquelle  $\gamma$  représente un “coefficient de résistance environnementale”, qui est lui-même fonction du pourcentage de la dépense environnementale par rapport au produit national,  $Z$ , et de l'élasticité de l'amélioration de l'environnement par rapport à cette dépense,  $E$ , de la forme :

$$\gamma \equiv Z \left( 1 + \frac{1}{E} \right)$$

Weitzman ici ne plaide pas seulement pour un taux social d'actualisation plus faible que le taux marginal de rendement de l'investissement privé -même dans une économie “sans distorsions” - mais également pour un taux décroissant au fil du temps : la fraction du revenu dévolue à la protection de l'environnement devrait logiquement s'accroître au fil du temps avec le niveau de développement, tant par augmentation de la préférence pour l'environnement que parce qu'une activité économique plus importante “suscite typiquement une dégradation de l'environnement augmentée d'une façon disproportionnée”. Weitzman estime cependant difficile d'évaluer comment l'efficacité de la dépense environnementale est susceptible de varier dans le temps.

L'argumentaire est assez convainquant - mais la correction à apporter au taux d'actualisation, minime. Weitzman évalue la valeur de  $E$  entre  $\frac{1}{2}$  et 1, et à 2,1% la proportion de la dépense environnementale dans le PIB en 1990, ce qui conduirait à fixer entre 4% et 6% le facteur de résistance environnementale. Rappelant que la dépense environnementale aux États-Unis

n'était que de 0,9% en 1972 à 2,1% en 1990, et est estimée par l'Environmental Protection Agency à 2,7% pour 2000, Weitzman note cependant en conclusion que ce coefficient pourrait s'accroître rapidement à l'avenir.

## ***2 - Les arguments en faveur de taux décroissant au fil du temps, et en faveur d'une valorisation croissante des actifs naturels***

Un taux d'actualisation décroissant est la contrepartie nécessaire d'un ralentissement de la croissance économique, que certains tiennent pour acquis du fait des limites de la planète (2-a). Par ailleurs, un écart entre le taux d'actualisation et le rythme de la croissance économique pose des problèmes insurmontables à terme (2-b). Enfin, la rareté absolue de certains actifs naturels justifie que leur valeur relative croisse progressivement (2-c). Ces divers arguments paraissent plus ou moins équivalents (2-d), et peuvent emprunter la modélisation de Weitzman (1994).

### a) Les limites de la planète

Si l'on admet l'hypothèse de limites physiques à la croissance économique - une "capacité de charge" - le taux de croissance n'est constant, i.e. la croissance n'est exponentielle, que sur un "bref" intervalle de temps. En réalité la croissance suit une courbe logistique (courbe en "S"), sa décélération aboutissant tôt ou tard à un état stationnaire de l'économie, et il conviendrait donc d'adopter des taux d'actualisation décroissant au fil du temps.

La formule habituelle :  $1/(1+r)^t$  disparaît au profit de la formule  $r/\{r/c + (r - r/c)(1+r)^t\}$  dans laquelle le paramètre  $c$  représente le rapport du produit brut mondial (P.M.B.) maximal ("capacité de charge") au P.M.B. actuel.

C'est la proposition de Thomas Sterner (1994), qui retient comme évaluation de la "capacité de charge" de la planète une multiplication par dix du P.M.B., qui permettrait à une population mondiale doublée d'atteindre en moyenne le revenu actuel des habitants des pays industrialisés, dans 250 ans.

Il est alors intéressant de comparer les valeurs actuelles d'une unité monétaire à divers horizons temporels, selon que la croissance est durablement exponentielle (taux d'actualisation constant de 3%) ou logistique. Une unité dans vingt ans vaut aujourd'hui 0,554 dans le premier cas, 0,598 dans le second : une faible différence dans l'évaluation de nombreux projets à cette échéance. Cette même unité dans cent ans vaut 0,052 avec une croissance exponentielle, et 0,147 avec une croissance logistique. Dans 250 ans, elle ne vaut plus que 0,0006 dans le premier cas, et 0,101 dans le second. La valeur actuelle des valeurs futures au-delà de cet horizon disparaît pratiquement avec la croissance exponentielle ( $\pm 10^{-13}$  dans 1000 ans,  $\pm 10^{-33}$  dans 2500), tandis qu'elle plafonne indéfiniment à 0,1 avec une croissance logistique.

Martin Weitzman (1999) s'élève contre cette vision pessimiste d'une "capacité de charge" de la planète, arguant que "la raison pour laquelle nous continuons d'avoir toujours plus d'output par unité d'input est le progrès technique, qui est juste un synonyme pour l'ingéniosité ou l'inventivité humaine. C'est le progrès technique qui, en évitant des rendements décroissants, empêche la productivité du capital de s'affaïsser avec le temps." Et il poursuit : "Le réchauffement global peut provoquer une hausse du niveau des mers,

*laquelle peut à son tour inonder des villes de faible altitude si elles ne sont pas entourées de digues et écopées. Mais si cela survient dans deux siècles ou davantage, ce n'est pas si grave parce qu'un programme de très faible épargne commençant maintenant accumulera suffisamment de briques et de métal et ainsi de suite que nous pourrions facilement nous permettre de construire des digues et des pompes et tout ce dont nous aurons besoin, si la tendance actuelle des taux d'intérêt réels demeure à peu près constante. ”*

Pourtant, même si l'on partage l'optimisme de Weitzman quant à l'ingéniosité humaine et la poursuite de la croissance économique<sup>7</sup>, il n'est pas certain que cette croissance légitime une actualisation de longue durée avec un taux élevé : celle-ci suppose un réinvestissement continu et total, au même taux, de générations en générations, comme l'a vu Lind (1990) : “ *La logique qui sert à justifier l'actualisation dans le cadre du coût-bénéfice est qu'un projet doit être adopté si ses bénéficiaires peuvent plus que compenser ses perdants, i.e., si chacun peut, au moins théoriquement, s'en trouver mieux. Le problème avec ce critère, quand on l'applique sur de nombreuses générations, est de mettre en œuvre et garantir de tels transferts intergénérationnels. Par exemple, supposons que la présente génération adopte une politique réduisant fortement le coût de la production énergétique mais qui créerait des coûts environnementaux importants dans 200 ans. Sur la base de l'équité intergénérationnelle, supposons que la génération présente souhaite partager les gains d'une telle politique avec la future génération. Selon la logique de l'analyse coût-bénéfice, si les coûts futurs actualisés (au taux de rendement marginal de l'investissement) sont inférieurs aux bénéfices actuels, une part des bénéfices actuels pourraient être mis de côté, investis et réinvestis pendant 200 ans. Ces investissements affectés fourniraient à la génération future plus qu'assez de ressources supplémentaires pour couvrir les coûts environnementaux qu'elle supportera. Selon cette logique, c'est le taux de rendement du capital privé qui est le taux d'actualisation approprié.*

*“ Il y a des problèmes qui rendent un tel échange impossible à mettre en œuvre même si la génération présente décide de le faire. D'abord, cela nécessiterait un accroissement net de l'investissement dans l'économie qui serait soutenu au travers du réinvestissement pendant 200 ans. Hormis le fait que nous n'avons pas les outils de politique économique nécessaires pour accroître l'investissement net dans l'économie d'un montant désiré quelconque, de façon plus importante il serait nécessaire de contraindre toutes les générations successives à maintenir cette politique. Il n'y a aucun moyen d'y parvenir, car ces générations pourront avoir de fortes incitations à accroître leur propre consommation au détriment de la génération future. En l'absence d'une possibilité de compensation intergénérationnelle, la logique coût-bénéfice est moins convainquante. ”*

A ce problème “politique” s'ajoute un défi logique, dû à l'écart des taux d'actualisation et de croissance, comme nous allons le voir avec Ari Rabl.

### b) L'impossible compensation

Ari Rabl (1996) suggère de considérer l'équation donnant la valeur future  $F$  au temps  $t = N$ , d'un projet créant un bénéfice  $B$  net d'investissement au temps  $t = 0$ , et un coût unique  $C$  au

---

<sup>7</sup> La citation ci-dessus appartient à la première partie de ce texte, qui fut d'abord présentée en novembre 1996 lors d'un atelier de Resources for the Future/Energy Modelling Forum sous le titre “Continuez simplement à actualiser”. Sa force est quelque peu atténuée par la seconde partie (“... , mais”) du même texte, écrit ultérieurement en pleine cohérence avec Weitzman (1998).

temps  $t = N$ . Si la valeur présente  $P$  de ce projet s'écrit :  $P = B - e^{-rN} C$ , en fonction du taux d'actualisation  $r$ , alors la valeur future s'écrit :  $F = e^{rN} B - C$ .

*“ Nous voyons une incohérence, écrit Rabl, si l'on utilise un taux d'actualisation  $r$  supérieur au taux de croissance du produit national brut pendant un temps suffisamment long : le bénéfice annuel  $re^{rN} B$  devient nécessairement plus grand que le produit national brut tout entier - clairement une absurdité ”.*

Or un taux d'actualisation résultant de la somme d'une préférence pure pour le présent avec un “effet-richeesse” qui se confond avec le taux de croissance de l'économie, pour Rabl qui suppose une fonction d'utilité logarithmique (élasticité-revenu de l'utilité marginale du revenu égale  $-1$ ), court le risque de cette absurdité dès que le long terme entre en jeu.

L'origine de cette absurdité doit être recherchée, selon Ari Rabl, dans la double source de l'intérêt, *“ qui se reflète dans les deux composantes du taux d'actualisation: Il y a l'argent que les gens paient pour être en mesure de consommer maintenant plutôt que dans le futur, et il y a le gain venant de la croissance économique. Seul ce dernier représente la création de richesse ; le premier ne fait que la redistribuer. En supposant des taux constants, le gain de la croissance continue pour toujours. Mais l'argent de la redistribution est limité, il est payé par chaque génération pour ses propres préférences quant à la consommation. Ce serait une erreur de le considérer comme un revenu éternel. ”* Les limites de cette redistribution ne sont pas claires, parce que les générations se recouvrent en se succédant, et parce que différents prêts ont des durées différentes. Un prêt redistribue de l'argent pendant un certain temps, et la contribution redistributive de ce prêt au taux d'actualisation social stoppe avec sa fin. On ne peut donc pas compter sur la composante de préférence temporelle du taux d'actualisation pour compenser des dommages au-delà de la durée des prêts en cours lorsqu'un projet est décidé. *“ Au sein de la génération présente le taux habituel est justifié par l'existence d'un marché d'activité d'emprunts et de prêts qui exprime les préférences entre la consommation présente et la consommation future. Il n'y a pas de marché intergénérationnel, et seule la composante de croissance du taux d'actualisation est pertinente pour une analyse coût-bénéfice du point de vue des générations futures. ”*

En conséquence, Rabl (1996) propose une procédure d'actualisation en deux étapes, utilisant le taux conventionnel pour une période courte - par exemple 30 ans - puis un taux réduit pour les effets intergénérationnels. Ce taux réduit serait égal au taux espéré de croissance de l'économie à long terme.

L'argument d'Ari Rabl est puissant, mais problématique. Il pose tout d'abord un problème de cohérence temporelle : la valeur *en 2030* d'un capital quelconque, naturellement égale à la somme actualisée de ses futurs bénéfices nets, variera selon que le calcul sera fait en 2030 ou en 2000. On notera que ce problème ne se posait pas avec la proposition de Sterner, apparemment voisine, mais basée sur d'autres considérations. L'hypothèse d'un taux non constant est légitime si la croissance ralentit ; mais l'hypothèse d'un taux variant avec l'éloignement entre la date de l'analyse et la date de l'événement analysée, est réellement problématique. Cela gênait déjà Ramsey en 1928 : *“ (...) supposer le taux d'actualisation constant (...) est la seule hypothèse raisonnable que l'on peut faire, sans contredire notre hypothèse fondamentale que les générations successives sont mues par le même système de préférences. Car si nous avons un taux d'actualisation variable - par exemple un taux plus élevé pour les cinquante premières années - notre préférence pour les plaisirs en l'an 2000 par rapport à ceux de 2050 sera calculée au taux le plus bas, mais celle des gens vivant en 2000 le sera au taux le plus élevé. ”* Solow (1999) partage cette préoccupation : *“ Si le taux*

*d'actualisation n'est pas constant, la trajectoire de la politique serait sujette à une incohérence temporelle”.*

Cependant, Rabl rejoint en réalité Sterner, dans la mesure où le problème qu'il pose n'existe que s'il s'agit de compenser des coûts futurs très importants, qui cessent donc d'être marginaux. Le traitement du problème doit alors intégrer ces coûts dans le calcul de la croissance, et le taux d'actualisation être revu en conséquence.

Mais peut-on concevoir des coûts environnementaux non marginaux, c'est-à-dire d'un même ordre de grandeur que le PIB ? Oui sans doute, comme nous allons le voir maintenant, si nous prenons garde à la nature irremplaçable de la Nature.

### c) La valorisation des actifs naturels

#### *L'école américaine*

John V. Krutilla (1967) avance deux raisons pour lesquelles la valeur à attribuer à certaines ressources environnementales devrait croître au fil du temps : *“ Il y a probablement une asymétrie dans les implications du progrès technique pour la production de biens et de services basés sur les ressources naturelles, et la production de phénomènes naturels qui donnent lieu à utilité sans nécessiter de fabrication ou autre processus.*

*” En fait, il est improbable que la technologie progressera au point où les grandes merveilles géomorphologiques pourront être reproduites, ou les espèces disparues ressuscitées. Il n'est pas davantage évident que des répliques fabriquées, fussent-elles possibles, auraient une valeur équivalente à celle des originaux. Dans une moindre mesure, le paysage peut être manufacturé d'une façon plaisante avec art, et les machines à remuer la terre de la technologie de construction d'aujourd'hui. Les mines à ciel ouvert peuvent être comblées, et les environs réhabilités d'une façon qui ressemble aux conditions originelles. Mais même là l'entreprise ne peut être accomplie sans la coopération de la nature sur une période de temps substantielle dépendant du taux de croissance de la couverture végétale et des exigences de l'habitat local.*

*” En conséquence, tandis que la fourniture de biens fabriqués et de services commerciaux peut être capable d'une expansion continue à partir d'une ressource de base donnée, du fait des découvertes scientifiques et de la maîtrise technique, la fourniture d'un phénomène naturel est virtuellement inélastique. C'est-à-dire, nous pouvons préserver l'environnement naturel qui reste pour fournir des aménités de cette sorte dans le futur, mais il y a des limites significatives au fait de les reproduire dans le futur si nous échouions à les préserver. ”*

Cette incapacité probable du progrès technique à fabriquer ou reproduire certains biens environnementaux, n'est pas sans conséquence sur l'évolution temporelle des prix qu'il convient de leur accorder aux biens environnementaux : *“ Si nous prenons simplement l'effet du progrès technique au cours du temps, considérant les goûts comme constants, l'échange marginal entre les aménités manufacturées et naturelles va progressivement favoriser ces dernières. Les environnements naturels représenteront des biens irremplaçables d'une valeur s'appréciant au fil du temps. ”*

Une autre raison d'accorder aux biens environnementaux une valeur croissante, est une plus grande préférence pour l'environnement, provenant selon Krutilla d'un apprentissage par la pratique. Les deux, naturellement, peuvent se combiner.

J.V. Krutilla reprendra et développera cette idée à plusieurs reprises, seul ou en collaboration avec A.C. Fisher et/ou C.J. Cicchetti. Une de leurs hypothèses est, tandis que les bénéfices de

la préservation augmentent avec le temps, ceux du développement diminuent, tout investissement “figeant” en quelque sorte la technique dans un état donné, alors que celle-ci continue à progresser.

Fisher, Krutilla et Cicchetti (1972), puis Fisher et Krutilla (1974, 1975) élaboreront peu à peu un nouveau modèle de calcul de la valeur actuelle nette d’un investissement quelconque.

Si l’on suppose que les bénéfices nets (charges variables déduites) et les coûts d’un investissement, actualisés par un taux positif  $i$ , sont constants sur une période de temps infinie, la valeur actuelle nette de l’investissement, désignée  $NPV_d$  s’établirait simplement ainsi:

$$NPV_d = [D_t/(i)] - C_0 - [P_t/(i)]$$

où  $D_t$  représente la valeur annuelle du bénéfice net,  $C_0$  le coût d’investissement initial et  $P_t$  la valeur annuelle du coût net, en l’occurrence le bénéfice de la préservation de l’environnement en l’absence de cet investissement.

Avec les hypothèses de Fisher et Krutilla quant à la décroissance temporelle des bénéfices du développement selon un taux  $g$ , et quant à la croissance des bénéfices de la préservation à un taux  $r$ , la valeur actuelle nette devient :

$$NPV_d = [D_t/(i+g)] - C_0 - [P_t/(i-r)]$$

Par la suite, Porter (1982) montrera que le signe de NPV dépend du taux d’actualisation  $i$ . En effet, un taux très faible assurera la domination des bénéfices exponentiels de la préservation, et la valeur actuelle nette aura une valeur négative. Un taux très fort assurera inversement la domination du coût d’investissement initial sur les bénéfices actualisés du développement, et la valeur actuelle nette sera de nouveau négative. En revanche, si le taux se situe dans l’intervalle, la valeur actuelle nette pourra être positive, et l’investissement consenti.

Mais quelle valeur convient-il d’attribuer aux taux  $g$  et (surtout)  $r$  ? Fisher et Krutilla ne nous donnent aucune piste. Dans leur présentation du modèle de Porter, Hanley et Spash (1993) notent que “ *les taux de croissance peuvent être difficile à estimer et peuvent être instables dans le temps* ”. Reprenant et interprétant à leur tour les travaux de Krutilla et Fisher, les mêmes auteurs listent les raisons de s’attendre à ce que les bénéfices de la préservation croissent : “ *Premièrement, en raison de leur rareté relative croissante. Lorsque la surface de forêt tropicale humide diminue, chaque hectare restant prend plus de valeur et le consentement à payer augmente en raison de la loi de la diminution de l’utilité marginale. En second, parce que l’information sur l’importance de la structure et de la diversité des écosystèmes augmente et se répand dans le temps, les gens deviennent mieux informés; ainsi le consentement global à payer pour préserver les ressources naturelles, telles que les forêts pluvieuses, croît probablement. Finalement, lorsque les revenus réels augmentent, la demande pour les biens et services environnementaux peut également croître.* ” On pourrait en inférer que le taux de valorisation des actifs naturels comprend une composante liée au taux de leur destruction, une deuxième liée à l’augmentation de la préférence pour l’environnement, une troisième étant le taux de croissance du revenu réel.

Desaigues et Point (1993) expliquent quant à eux que la disponibilité totale à payer, permettant d’évaluer le bien environnemental, augmente à un taux  $h+v+vh$ , expression dans laquelle  $h$  représente le taux de variation des “quantités” et  $v$  celui des prix. Comment déterminer ces valeurs ? Desaigues et Point imaginent de se référer “ *à des séries montrant par exemple la hausse de fréquentation dans les espaces naturels protégés (information sur  $h$ ) et à des données renseignant sur l’évolution du prix maximum que des individus attachent à certaines composantes du patrimoine naturel (information sur  $v$ )* ”.

Entre-temps, Arrow et Fisher (1974) et Claude Henry (1974) avancent le concept d'une valeur de "quasi-option" associé à toute décision de ne pas réaliser un développement irréversible. Il s'agit en quelque sorte d'une prime d'assurance que les citoyens peuvent être prêts à payer pour maintenir la possibilité d'autres états du monde que celui résultant du développement, soit encore pour garder ouvertes toutes les options. Comme l'expliquent Arrow et Fisher, " *le point essentiel est que les bénéfices espérés d'un développement doivent être ajustés pour refléter la perte des options qu'il suppose.* "

Cette valeur de "quasi-option", si elle n'est pas nécessairement liée à une question environnementale, est en revanche nécessairement associée à un phénomène irréversible. " *Ce modèle dynamique, expliquent Arrow et Fisher (1974), n'est pertinent que si la pollution est en un certain sens irréversible, comme l'est l'extinction d'une forme de vie, ou la destruction d'un phénomène géomorphologique unique* ". Et nos auteurs poursuivent par un autre exemple, expliquant que " *le même raisonnement s'appliquerait à un effet "macro-environnemental" cumulatif, tel que la croissance de la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère et les changements climatiques associés, comme certains écologistes le prédisent.* "

Concluons sur cette littérature "américaine" : ces auteurs ont en commun, pourrait-on dire, de chercher à évaluer essentiellement le bien-être du consommateur. Ils étudient comment les fonctions d'utilité des agents économiques sont affectées par les dommages apportés à l'environnement. Ils n'ont dès lors aucun a priori quant au taux de croissance des valeurs environnementales. Il convient, selon eux, de les estimer en fonction des évolutions temporelles révélées de la préférence pour l'environnement, et, peut-être, du taux de destruction des ressources naturelles. Aucun lien éventuel n'est fait entre le taux d'actualisation, et le taux d'appréciation des bénéfices de la préservation de l'environnement.

### *L'école française*

Marcel Boiteux (1976) défend, lui, l'actualisation sur un autre terrain : celui du coût d'opportunité. Dès lors, toute ressource disponible en quantité strictement limitée, c'est-à-dire que l'économie ne peut produire ou reproduire, doit se voir selon lui attribuer une valeur croissant à un rythme égal au taux d'actualisation, voire supérieur :

" *Il est vrai que l'actualisation estompe toutes les valeurs à venir lorsque les prix unitaires sont réputés constants avec les années, ou peu variables. Et le fait est, que bien des gens qui pratiquent l'actualisation comme on applique une recette de cuisine oublient un aspect fondamental des études à long terme : la variation des prix relatifs les uns par rapport aux autres. Il est pourtant bien clair qu'à monnaie constante, les prix de l'électronique baisseront grâce aux progrès des techniques, et les prix des salaires augmenteront à la mesure de l'accroissement des niveaux de vie; les prix des productions largement extensibles de l'activité humaine baisseront, les prix des ressources rares augmenteront.*

" *En particulier, tous les modèles économiques montrent que dans une économie en croissance, les prix des ressources disponibles en quantité strictement limitée doivent être supposés croître à un taux annuel au moins égal au taux d'actualisation.*"

" *Or, si les valeurs dont les prix unitaires croissent à un taux inférieur au taux d'actualisation s'estompent rapidement avec les années et disparaissent dans le calcul économique, celles dont les prix croissent au même taux restent inchangées, donc rapidement prépondérantes, et a fortiori celles dont les prix croissent encore plus vite.*

*” Autrement dit, la procédure de l’actualisation nettoie, à terme, ce qui est accessoire car maîtrisable par le génie humain, pour mettre en relief l’essentiel : ce qui est intrinsèquement rare et non reproductible.*

*” On objectera que le calcul économique ne porte généralement que sur les valeurs marchandes. Mais rien n’empêche nos contemporains d’accorder à l’air pur, l’eau propre, la terre vierge, un prix dont le taux de croissance égale au moins le taux d’actualisation: ce serait même la manière la plus concrète de passer du stade prophétique au stade opérationnel.*

*” Plutôt que de condamner l’actualisation, instrument de cohérence des choix bien nécessaire à une époque où l’on a trop tendance à jeter le bébé avec l’eau du bain, ne vaudrait-il pas mieux montrer en quoi l’application obtuse de l’actualisation, à prix constants et sur les seules valeurs marchandes, trahit les réalités et les aspirations profondes de nos sociétés ? ”*

Il faut noter qu’une telle proposition, qui ressemble fort à la règle d’Hotelling (1931) sur l’exploitation des ressources naturelles non renouvelables, est en réalité bien plus favorable à l’environnement que les propositions de fixer à zéro le taux d’actualisation, puisqu’elle équivaut à dire que les valeurs environnementales - mais elles seules ! - seront en quelque sorte actualisées à taux nul (voire négatif).

Si, comme Krutilla et Fisher, Boiteux estime à juste titre que les valeurs des biens environnementaux ne sauraient rester constantes à travers le temps, sa remarque est pourtant différente. Le rythme de croissance des valeurs environnementales n’est dicté ni par leur rythme de disparition, ni, principalement, par l’augmentation du revenu ou l’augmentation de la préférence pour l’environnement, mais plus fondamentalement par le taux d’actualisation, car celui-ci est la contrepartie des opportunités d’investissement.

Si un flux financier  $X$  intervenant dans un temps  $t$  ne vaut aujourd’hui que  $X/(1+i)^t$ , c’est fondamentalement du fait de possibilités d’investissements permettant de fournir, au temps  $t$ , le bien valant  $X$ , en n’investissant aujourd’hui que la somme  $X/(1+i)^t$ . Or cela n’est pas possible pour des biens que la technologie est incapable de produire ou reproduire, ou pour laquelle elle ne peut fournir des biens de substitution. Ces biens-là – et eux seuls – échappent à cette règle.

Le corollaire obligé de cette proposition, c’est bien sûr l’adoption d’un taux d’actualisation basé avant tout sur le coût d’opportunité, c’est-à-dire le taux de rendement marginal de l’investissement. Si en revanche on retient un taux d’actualisation construit principalement sur la théorie du bien-être du consommateur, on se prive alors de cet argument ; il est alors logique de se situer dans le même cadre théorique pour tenter de définir le taux de croissance de la valeur des biens environnementaux. Mais dans ce cas, l’incertitude sur ce taux vient s’ajouter à celle qui entoure la valorisation de ces mêmes actifs au temps présent.

Or nous avons justement estimé, en réponse à la première question posée, que la préférence temporelle du consommateur devait s’imposer. Cependant, celle-ci n’est pas indépendante des capacités productives de l’économie, comme Irving Fisher nous l’a montré - surtout si l’on considère une préférence pure pour le présent nulle et un taux d’actualisation ramené à sa composante d’effet-ricesse.

Les différences apparentes entre les approches américaine et française de valorisation croissant dans le temps des biens environnementaux, comme solution aux difficultés de l’actualisation de ces valeurs, ne doivent donc pas masquer leurs fondements communs : les capacités productives de l’économie sont à la base de l’intérêt et de l’actualisation, et c’est parce que l’économie ne sait pas recréer une espèce ou un écosystème disparus, que la valeur qu’il convient de leur attribuer ne saurait être diminuée artificiellement par l’actualisation au

seul motif que nos actions pourraient en entraîner la disparition - mais plus tard. La nature irremplaçable de la Nature mérite d'être pleinement prise en compte. Rabl (1994) et Markandya (1995) ont rappelé récemment l'argument "Krutilla, Fisher, Boiteux".

#### d) Équivalence de divers arguments

Des coûts environnementaux peuvent devenir très importants par rapport au PIB, du fait de leur caractère irréversible, c'est-à-dire que l'économie ne peut les combattre. S'agissant d'éventuels bouleversements catastrophiques résultant d'un changement climatique important dans cent cinquante ans, il n'y a rien de choquant. L'argumentaire d'Ari Rabl sur l'impossibilité de la compensation des perdants par les gagnants semble donc solide... mais en réalité, le calcul de la croissance économique devrait être revu en fonction de ces coûts externes, ce qui modifierait le taux d'actualisation dans le sens suggéré par Thomas Sterner. Comme l'ont bien vu Hanley et Spash (1993), *"Le réchauffement mondial est une des plus sérieuses menaces environnementales auxquelles l'humanité fait face aujourd'hui. L'analyse coût-bénéfices rencontre des problèmes dus aux incertitudes dans l'estimation des bénéfices, aux attitudes vis-à-vis des générations futures et, plus fondamentalement, la taille même du problème : il y a un point à partir duquel l'analyse marginale du bien-être perd ses bases théoriques"*.

Une autre façon de présenter les choses serait de reprendre et compléter l'argumentaire de Weitzman (1994). Ici, le calcul du PIB n'intègre pas les externalités. Selon Weitzman, la dépense environnementale croît avec la préférence pour l'environnement, et avec des effets plus que proportionnels de la croissance sur l'environnement. Nous pouvons désormais ajouter à cet argumentaire que l'efficacité de la dépense environnementale décroît fortement lorsque des actifs non reproductibles ni substituables par les moyens de l'économie sont détruits. Ainsi, l'élasticité de la dépense environnementale vis-à-vis de l'amélioration de l'environnement, et par là-même le "coefficient de résistance environnementale", sont amenés à croître assez rapidement, et le taux d'actualisation à décroître au même rythme. La modélisation que suggère Weitzman (1994), ainsi complétée, offre une caractéristique intéressante : paramétrer en continu la part d'irréversibilité dans la dégradation de l'environnement, voire le caractère plus ou moins réversible de cette dégradation.

### **3 - L'incertitude**

Si le risque probabiliste d'un investissement marginal ne doit pas influencer sur le taux d'actualisation, la méconnaissance de l'avenir doit nous inciter à la prudence, tant dans l'évaluation des perspectives de croissance (**3-a**) que dans celle des dommages environnementaux (**3-b**). Paradoxalement, l'incertitude sur les états futurs du monde justifie simultanément des taux d'actualisation faible et interdit un taux d'actualisation nul.

#### a) L'incertitude sur la croissance

L'incertitude sur le résultat d'un investissement marginal ne devrait pas modifier le taux d'actualisation utilisé pour réaliser l'analyse coût-bénéfice de cet investissement. L'investisseur devrait plutôt calculer les espérances de résultats et les actualiser tous au même

taux. Mais l'incertitude sur le taux de croissance économique lui-même est différente, car ce taux est un composant majeur du taux d'actualisation (et plus encore si l'on considère que la pure préférence pour le présent est nulle).

Je n'ai pas pris position dans le débat sur l'existence de limites physiques à la croissance économique. On peut simplement reconnaître qu'une incertitude existe – les idées développées par Weitzman (1994) et Boiteux (1976) donnant quelque substance aux hypothèses de Sterner.

Cette incertitude sur la croissance à long terme suffit à justifier que les taux utilisés pour le long terme soient faibles - en tout cas plus faibles qu'à court terme, selon Christian Gollier (1997) et Martin Weitzman (1998).

Pour Gollier, il faut à cette conclusion la condition, généralement vérifiée estime-t-il, d'une hypothèse de "prudence" des individus (cette prudence mesure l'impact du risque sur les décisions de l'agent qui lui fait face, et se distingue de l'aversion au risque, définie comme l'impact du risque sur le bien-être des individus). Si, de plus, l'aversion au risque décroît avec la richesse, alors le taux d'actualisation doit être une fonction décroissante de l'horizon temporel.

Weitzman (1998) ne s'embarrasse pas de telles hypothèses. Sa démonstration semble pouvoir être schématisée comme suit : supposons plusieurs états du monde à long terme. A chacun correspond un taux de croissance, et donc un taux d'actualisation qui lui est lié. Plus l'horizon temporel s'éloigne, et plus le taux d'actualisation à prendre se rapproche du taux le plus faible envisagé, les autres états du monde étant comparativement moins importants, leur valeur actuelle étant très réduite du fait de la puissance des intérêts composés à des taux plus élevés.

Si nous connaissons avec certitude la croissance économique depuis le temps 0 au temps  $T$ , alors le taux d'actualisation reste inchangé. En revanche, si au-delà du temps  $T$  s'ouvre une ère d'incertitude, alors le taux  $r$  doit décliner progressivement et tendre vers une valeur qui doit être la plus petite qu'on ait pu concevoir en fonction des états du monde imaginés pour la période au-delà de  $T$ .

Une telle proposition est-elle "temporellement cohérente" au sens de Solow (1999) ? Oui, bien que la valeur d'un capital donné en 2030 calculée en 2000 puisse prendre une valeur plus faible en 2010 ou 2030, si à ce moment le taux de croissance futur apparaît supérieur au plus faible attendu antérieurement. Cette valeur peut changer "au fil du temps", car ce dernier réduit progressivement l'incertitude sur les taux de croissance futurs.

Weitzman n'exclut pas, à ce stade, que ce taux d'actualisation limite du long terme puisse être nul. Nous sommes peu tentés de le suivre sur ce terrain, au motif que l'incertitude nous paraît justifier également une actualisation minimale - y compris ce que Fisher et Krutilla (1975) ont appelé une actualisation "effective", lorsqu'il s'agit de ces actifs environnementaux dont la valorisation pourrait croître dans le temps au rythme du taux d'actualisation, selon Marcel Boiteux.

#### b) Nécessité d'une "actualisation effective"

Si nous poussons aux limites le raisonnement de Marcel Boiteux, nous pouvons en arriver à des propositions surprenantes. Pour conserver dans nos analyses sa valeur actuelle à l'espèce dont nous programmons la disparition à très long terme, nous pouvons être amenés à considérer (même avec un taux d'actualisation décroissant, s'il reste supérieur au taux de

croissance économique) qu'elle aura alors, pour la génération future considérée, une valeur égale voire supérieure au produit brut mondial - hypothèse qui ne paraît guère raisonnable.

Par ailleurs, la proposition de Marcel Boiteux suggère qu'il n'y a aucun bénéfice à différer dans le temps la disparition d'une espèce - par exemple. C'est en quelque sorte le but recherché. Mais cela suppose de considérer cette disparition comme aussi certaine dans le futur qu'aujourd'hui, en conséquence de nos décisions. Fisher, Krutilla et Cicchetti s'étaient déjà interrogés sur le concept d'irréversibilité du dommage environnemental, fondant leur proposition : “ *Deux sortes de réversions sont possibles, ou pour le moins concevables. L'une est la restauration d'une aire par un programme d'investissement direct.(...) L'autre est le retour naturel à l'état sauvage* ”. Mais ils notaient que cela avait “ *peu de pertinence pour la sorte de phénomènes qui nous préoccupent le plus : une espèce ou une communauté écologique disparue qui ne peut être ressuscitée, un canyon englouti sous les eaux qui ne peut être reproduit, une forêt climacique de séquoias qui ne peut être restaurée, etc.* ”

C'est ici précisément que la proposition de Marcel Boiteux peut conduire à des impasses logiques. Supposons en effet un dommage de coût faible, mais récurrent. Ce pourrait être, par exemple, la disparition d'une espèce vivante. Si aucune limite temporelle n'est fixée au calcul (normalement, l'actualisation s'en charge), et que la valeur attribuée à cette espèce disparue croît au rythme du taux d'actualisation (et a fortiori si elle croît plus vite), la valeur actuelle de cette espèce devient infinie.

S'agit-il là d'une objection purement théorique, ou est-elle réaliste ? Une valeur environnementale peut-elle toucher à l'infini dans un monde en évolution ? Ce n'est pas évident. Pour raisonner sur notre exemple d'une espèce disparue, il semble bien que toute espèce soit appelée à mourir un jour, du fait de l'évolution. Au-delà de cette échéance naturelle, même inconnue, le coût de sa disparition anticipée tombe à zéro.

On peut aussi considérer que, bien avant cela, une espèce disparue disparaît également du champ des possibles, et de ce fait, admettre que sa valeur tombe à zéro en quelques décennies ou siècles. Sa niche écologique est occupée par d'autres espèces, éventuellement nouvelles.

On pourrait objecter à cela la persistance d'une valeur d'existence. Beaucoup d'enfants seraient enchantés de voir un vrai dinosaure vivant. Mais si les dinosaures n'avaient pas disparu, ces enfants ne seraient sans doute pas là pour s'en plaindre.

Nous devons alors, pour résoudre ces paradoxes, reconsidérer la question de l'incertitude. Nous faisons face, avec le changement climatique, à une incertitude qui ne nous permet guère des calculs probabilistes. Et cette incertitude légitime, à mon avis, un taux non nul d'actualisation effective - un écart entre le taux d'actualisation et le taux de progression dans le temps des valeurs que nous convenons d'attribuer aux actifs naturels.

Ce n'est pas seulement là “ *l'excuse érudite habituelle de l'actualisation* ” que Solow (1992) juge “ *tirée par les cheveux* ”: “ *la petite probabilité que la civilisation va finir, durant n'importe quel petit intervalle de temps* ”. C'est une incertitude plus fondamentale, qui croît à mesure que s'allonge la perspective temporelle, sur les états du monde. Peut-être ce changement climatique n'aura-t-il pas les effets délétères que nous lui supposons. Peut-être la science et la technique, qui ne savent pas aujourd'hui recréer une espèce ou un écosystème disparus, le sauront demain - ou plus simplement, sauront, mieux que nous l'imaginons aujourd'hui, nous permettre de les protéger malgré le changement climatique. “ *Tant qu'il y a de la vie, il y a de l'espoir* ” : la sagesse populaire suggère qu'une analyse qui montrerait qu'il n'y a aucun avantage à différer dans le temps un dommage pour l'humanité, ne serait pas raisonnable.

Cette idée d'une actualisation effective contredit-elle la théorie économique qui établit que l'incertitude sur le résultat d'un investissement ou d'une politique particuliers ne devrait pas être traitée par l'utilisation d'un taux d'actualisation spécifiques ? Je ne le crois pas, car ce dont nous parlons ici n'est en aucun cas "marginal".

Il n'est pas acceptable que l'actualisation réduise à rien ou presque la valeur de dommages environnementaux importants, au seul motif qu'ils suivraient de plusieurs décennies nos émissions polluantes. Pour autant, l'analyse économique ne peut pas accorder un même poids à un dommage potentiel dans 150 ans et au même dommage survenant aujourd'hui, et aucune génération ne peut prétendre assumer une responsabilité illimitée à l'égard des générations futures. Comme l'écrit Paul Ricœur (1995), "*l'action humaine n'est possible que sous la condition d'un arbitrage concret entre la vision courte d'une responsabilité limitée aux effets prévisibles et maîtrisables d'une action et la vision longue d'une responsabilité illimitée. La négligence entière des effets latéraux de l'action rendrait celle-ci malhonnête, mais une responsabilité illimitée rendrait l'action impossible. C'est bien un signe de la finitude humaine que l'écart entre les effets voulus et la totalité indénombrable des conséquences de l'action soit lui-même incontrôlable et relève de la sagesse pratique instruite par l'histoire entière des arbitrages antérieurs. Entre la fuite devant la responsabilité des conséquences et l'inflation d'une responsabilité infinie, il faut trouver la juste mesure.*"

#### **4 - Application au changement climatique**

Les premières tentatives d'analyse économique du changement climatique ont suscité de vifs débats entre ceux qui plaidaient pour des taux d'actualisation faibles, comme William Cline (1992), et ceux qui, comme les économistes de la Banque mondiale, (Bridsall et Sterr, 1993) ou William Nordhaus (1994) contestaient ses arguments.

Un faisceau d'arguments convainquants semble aujourd'hui plaider en faveur de taux déclinant à terme vers une valeur assez basse. Il ne faut pas pour autant oublier en route ce que suggèrent Krutilla, Fisher et Boiteux : la valeur des actifs environnementaux que l'économie ne peut reproduire ou substituer doit croître au fil du temps, ou l'on risque de sous-estimer les coûts du changement climatique (**4-a**), et ce d'autant plus qu'on regarde au loin dans le futur (**4-b**). Finalement, des taux d'actualisation décroissant et une valorisation croissante des biens environnementaux ne sont nullement indépendants – le second point étant une part du premier, comme nous le verrons avec une illustration numérique simple (**4-c**).

##### *Une sous-estimation des coûts*

Il semble que les analyses aujourd'hui disponibles ont sous-estimé le coût réel des changements climatiques. La plupart de ces études ont en effet d'abord estimé les coûts du changement climatique vis-à-vis de l'économie d'aujourd'hui. Puis, ils ont projeté cette valeur dans le futur au rythme espéré de la croissance économique. Enfin, par l'actualisation, ils ont donné une valeur actuelle à cette estimation.

Les analystes ont bien vu qu'il ne pouvait s'agir là que d'une approximation négligeant les variations relatives des prix. Ainsi, pour Cline (1992), "*en réalité certains dommages croîtront moins vite que proportionnellement avec le PIB, et d'autres plus que proportionnellement. Les effets sur l'agriculture tendront à croître moins que le PIB à cause*

*de la loi d'Engel (la demande pour la nourriture est inélastique au revenu). Certains effets tels que la demande d'électricité pour la climatisation croîtront sans doute proportionnellement, ou plus que proportionnellement, avec le PIB, car ils présentent probablement une élasticité de la demande égale ou supérieure à l'unité par rapport au revenu par tête. On peut s'attendre à ce que d'autres effets encore, tels que la valorisation de la vie humaine et la valeur des espèces disparues, croissent plus vite que proportionnellement avec le PIB. La valorisation de la vie humaine reflète la capacité de gains durant la vie qui augmente avec le revenu par tête; la valorisation des espèces et des autres valeurs écologiques immatérielles peuvent être élastiques au revenu, car les économies ont une plus grande possibilité de consacrer des ressources à ces aspects à mesure que le revenu augmente au-dessus des niveaux de subsistance. Au total, mettre à l'échelle par le PIB paraît une approximation appropriée."*

Mais la balance est ici trop rapidement faite entre le fait que certains dommages ont une valeur qui croît plus vite que le PIB, et le fait que d'autres ont une valeur croissant moins vite. Du fait de cette approximation, tous ces coûts estimés dans le présent seront globalement "envoyés dans le futur" avec un taux de croissance économique générale (Cline prend 3%), puis ramenés dans le présent par un taux d'actualisation normalement plus élevé (au moins, selon les observations ci-dessus, pendant les premières décennies).

Pour illustrer le problème, prenons une période de cinquante ans, une croissance annuelle espérée du PIB de 3%, et un taux d'actualisation de 8%. Un coût de 100 francs aujourd'hui sera donc estimé dans le futur à 438 francs, ramenés à une valeur actuelle de 9,3 francs par l'actualisation. Supposons maintenant que ces 100 francs soient divisées en deux : 50 F représentent les coûts marchands du changements climatique, 50 F représentent les aménités environnementales absolument rares.

Les valeurs marchandes restent projetées dans le futur à un taux de 3%, tandis que les secondes sont projetées dans le futur à un taux de 7%. Leurs valeurs actualisées à 8% sont respectivement de 4,6 F et 31,4 F, soit un total de 36 F - pratiquement quatre fois plus.

Or les coûts non marchands représentent bien une part significative du total des coûts calculés dans l'économie d'aujourd'hui : d'après la recension d'Arrow et al. (1996), 19% des coûts estimés par Cline (hors aménités et morbidité humaine, hors certaines valeurs associées aux pertes d'espèces), 28% des coûts estimés par Fankhauser, près de 75% des coûts estimés par Nordhaus, 7% des coûts estimés par Titus (ne représentant que les vies humaines, mais ni la morbidité ni les aménités humaines, ni les pertes d'espèces, ni les activités de loisirs), enfin, 73% des coûts estimés par Tol (sans inclure la morbidité humaine).

### *Le changement climatique à long terme : au-delà du doublement du CO<sub>2</sub>*

Un autre point mérite enfin d'être souligné : l'analyse coût-bénéfice de l'atténuation du changement climatique doit prendre en compte, au titre des bénéfiques, les seuls dommages évités. Or il apparaît de plus en plus clairement - notamment après les décisions prises à Kyoto en décembre 1997 - que le doublement de la teneur atmosphérique pré-industrielle en gaz carbonique-équivalent ne sera pas évité (cf. Bolin, 1998). Une grande majorité des études ayant aujourd'hui porté sur ce "seuil" (purement psychologique) du doublement, nous n'avons que fort peu d'éléments pour estimer les bénéfiques réels qui résulteraient d'une action visant à limiter à 2xCO<sub>2</sub> les concentrations atmosphérique, par rapport à un scénario de référence qui les conduirait à tripler, puis quadrupler vers 2150, pour atteindre des niveaux encore supérieur au XXII<sup>e</sup> siècle, pouvant correspondre à un réchauffement égal ou même supérieur à 10°C.

Cline (1992), Spash (1994) et Fankhauser (1995) avaient déjà noté la nécessité d'analyser les effets du changement climatique bien au-delà du doublement de la concentration en gaz carbonique atmosphérique. La remarque prend évidemment une grande importance si l'éloignement temporel de la catastrophe climatique n'affecte pas, ou affecte peu, comme nous l'avons vu, la valeur actuelle de certaines de ses conséquences.

### Un modèle

On peut dès lors s'interroger sur l'effet du changement climatique sur la croissance - et tenter de mesurer ainsi le choc en retour de l'argument "Krutilla, Fisher, Boiteux" sur le taux d'actualisation. Nous allons pour cela construire quelques simulations reposant sur les hypothèses usuellement associées à un doublement du CO<sub>2</sub> dans 100 ans, par rapport à la teneur préindustrielle : les coûts des dommages dus au changement climatique (évalués par rapport à l'économie d'aujourd'hui) représentent 2% du produit brut mondial. Une moitié est constituée des coûts des dommages affectant des biens naturels intangibles. Nous allons leur appliquer la suggestion de Marcel Boiteux, et notre propre suggestion d'une préférence pure pour le présent nulle, et du choix d'un coefficient d'élasticité-revenu de l'utilité marginale du revenu élevé - par exemple, 3. Notons d'ailleurs que si divers auteurs retiennent l'unité pour ce paramètre, valeur synonyme de fonction d'utilité logarithmique, la littérature mentionne des taux estimés variant entre 0,8 et 2.

Prenons un taux de croissance espéré de 2%, et donc un taux d'actualisation de 6%.

Après 100 ans, le P.M.B. est multiplié par 7,2, celui des biens intangibles par 339, soit 47% du P.M.B. espéré, qui n'est donc plus, si l'on internalise ces coûts externes, que 3,8 fois le P.M.B. d'aujourd'hui (on néglige le terme résiduel constitué par les autres dommages). Le taux réel de croissance (ici supposé constant sur la période) n'est donc plus que de 1,35%.

Cependant, le taux d'actualisation ne devrait donc être que de 4%... et la valeur des biens intangibles n'aurait dû progresser que de 50 fois... En réalité, nous cherchons le taux de croissance de l'économie  $g$  permettant de maximiser l'expression :

$$(1 + g)^T - a(1 + \theta \cdot g)^T, \text{ avec } g \leq \dot{g}$$

dans laquelle  $T$  représente l'intervalle de temps considéré,  $a$  la proportion, relative au produit mondial brut, des coûts des dommages aux biens environnementaux non reproductibles ni substituables,  $\theta$  la valeur absolue de l'élasticité-revenu de l'utilité marginale du revenu,  $\dot{g}$  le taux de croissance maximal de l'économie

En l'occurrence, nous avons  $T = 100$  ans,  $a = 0,01$ ,  $\theta = 3$  et  $\dot{g} = 2\%$ .

Ce taux de croissance  $g$  est égal à 1,8%. Il est donc associé à un taux d'actualisation de 5,4%, et le P.M.B. maximal dans cent ans quatre fois celui d'aujourd'hui, une fois déduit le coût des dommages du changement climatique, qui ne représente pas moins de 48% de ce P.M.B.

Supposons maintenant  $T = 150$  ans, sans même supposer un dommage climatique plus grave (le coût en est toujours estimé à 2% du P.M.B., dont la moitié pour les intangibles), nous trouvons  $g = 1,2\%$ , et le P.M.B. maximal de 3,8 fois seulement celui d'aujourd'hui. Quand  $T$  tend vers l'infini,  $g$  tend vers zéro pour peu que  $\theta$  soit supérieur à 1.

Il faut noter ici que sans internalisation du coût externe dans le calcul du PIB, de la croissance et in fine du taux d'actualisation, nous aurions sur cette période de temps un coût des dommages du changement climatique égal à 62 fois le P.M.B. d'aujourd'hui, et donc supérieur au P.M.B. espéré (près de 20 fois le P.M.B. actuel), ce qui serait peu crédible. Ceci

résulterait naturellement du problème identifié par Lind et Rahl de l'impossibilité d'un écart à long terme entre taux de croissance et taux d'actualisation.

Avec internalisation du coût externe, ce problème disparaît. Cependant, l'effet du changement climatique sur la croissance du P.M.B. est d'autant plus important que cet événement est tardif, ce qui peut sembler quelque peu artificiel. C'est au prix de cet artifice, toutefois, que la valeur actuelle des coûts du changement climatique - pour ce qui concerne les biens environnementaux non reproductibles - est maintenue inchangée par rapport à l'estimation que nous pouvons en faire aujourd'hui, si les dommages étaient immédiats. Cependant, cet effet peut être compensé par une "actualisation effective" de ces coûts, dont nous avons plaidé la légitimité du fait de l'incertitude croissant avec le temps, c'est-à-dire le choix d'un taux d'actualisation légèrement plus élevé que le taux de valorisation dans le futur du coût estimé de ces dommages.

## Conclusions

Nos réflexions suggèrent que le taux d'actualisation décroît à long terme. Parmi les taux de croissance estimables pour le futur, le plus faible raisonnablement envisageable doit être choisi, l'incertitude sur la croissance future étant elle-même largement alimentée par les problèmes environnementaux, le changement climatique, et leurs effets sur les biens environnementaux apparemment irremplaçables et non reproductibles. En effet, la valeur relative de ces actifs environnementaux doit croître au cours du temps plus vite que celle des autres biens, à un taux proche du taux d'actualisation.

On peut en tirer plusieurs conclusions et suggestions quant à l'analyse économique du changement climatique, et quant aux politiques à entreprendre pour l'atténuer :

- les coûts à long terme sont dominés par ceux des biens environnementaux non reproductibles ni substituables : peut-être terres arables, ressources en eau, certainement espèces et écosystèmes ;
- il s'agit là des valeurs les plus difficiles à estimer, ce qui est bien entendu fâcheux pour la capacité de l'analyse économique à fixer avec précision le niveau d'action requis ;
- dès lors que la valeur de ces biens dans l'économie d'aujourd'hui doit faire l'objet, in fine, d'une décision collective que la science économique peut seulement espérer informer, les économistes pourraient également proposer, et la collectivité décider, que la valeur actuelle de ces biens soit en pratique conservée constante dans les analyses économiques, ou ne décroissant que très lentement avec l'intervalle de temps nous séparant de leur destruction; on peut soutenir qu'une telle proposition ne tombe pas sous la critique émise par Nordhaus (1999) contre "*des techniciens dissimulant les choix derrière des règles d'approximation compliquées et argumentés en termes abstrus*".
- le coût réel des changements climatiques a été sous-estimé jusqu'à présent, et cependant... l'action d'atténuation du changement climatique, si elle doit être vigoureuse compte tenu de ce que nous venons de dire, ne doit pas pour autant entraver à l'excès le développement économique ; c'est lui en effet qui tend à rendre moins importants dans l'avenir les autres catégories de dommages attendus des changements climatiques (effets sur l'agriculture, la santé, les événements climatiques extrêmes, etc.), en fournissant des biens et services dont la valeur est supérieure, et en facilitant l'adaptation des sociétés humaines au changement climatique

## Remerciements

L'auteur est redevable à Olivier Godard pour de nombreux commentaires utiles sur des versions précédentes de ce texte. Les vues ici exprimées et les erreurs subsistant sont celles de l'auteur. Cet article n'exprime pas une position officielle du Programme des Nations Unies pour l'Environnement<sup>8</sup>.

## Références<sup>9</sup>

- Arrow K.J. (1966) - "Discounting and public investment criteria", in Kneese A.V. et Smith S.C. (Eds), *Water Research*, Johns Hopkins University Press for Resources for the Future, Baltimore, MD, 13-32
- Arrow K.J. (1973) - "Rawl's principle of just saving", *Swedish Journal of Economics*, **75**
- Arrow K.J. (1995) - "Effet de serre et actualisation", *Revue de l'énergie*, (471), octobre
- Arrow K.J., Cline W.R., Maler K.-G., Munasinghe M., Squitieri R., Stiglitz J.E. (1996) - "Intertemporal Equity, Discounting, and Economic Efficiency", in Bruce J.P., Lee H., Haites E.F. (Eds), *Climate Change 1995 - Economic and Social Dimensions of Climate Change*, Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, UK, 125-144
- Arrow K.J., Fisher A.C. (1974) - "Environmental Preservation, Uncertainty, and Irreversibility", *Quarterly Journal of Economics*, **88**, May, 312-19
- Baumol W.J. (1968) - "On the social rate of discount", *American Economic Review*, **58** (4), 788-802
- Birdsall L. N., Steer A. (1993) - "Attaquons-nous dès maintenant au réchauffement de la planète, mais sans trafiquer les chiffres", *Finances et Développement*, mars
- Boiteux M. (1976) - "A propos de la 'Critique de la théorie de l'actualisation'", *Revue d'économie Politique*, Septembre-Octobre
- Bolin B. (1998) - "The Kyoto Negotiations on Climate Change : A Science Perspective", *Science*, **279**, 16 janvier, 330-331
- Broome J. (1992) - *Counting the cost of Global Warming*, White Horse Press, Cambridge, Royaume-Uni
- Cline W.R. (1992) - *The Economics of Global Warming*, Institute of International Affairs, Washington D.C.
- Desaigues B., Point P. (1993) - *Économie du patrimoine naturel*, Economica, Paris
- Fankhauser S. (1995) - *Valuing Climate Change*, Earthscan Publications Ltd, London
- Feldstein M.S. (1972) - "The Inadequacy of Weighted Discount Rates", in Layard R., *Cost Benefit Analysis*, 311-332
- Fisher I. (1930, 1933) - *La théorie de l'Intérêt telle qu'elle est déterminée par le désir de dépenser le revenu et par l'opportunité de l'investir*, édition française par P. Coste, Bibliothèque internationale d'économie politique, Marcel Giard, Paris
- Fisher A.C., Krutilla J.V., Cicchetti C.J. (1972) - "The Economics of Environmental Preservation: A Theoretical and Empirical Analysis", *American Economic Review*, **62**, september, 605-619

---

<sup>8</sup> NdT : le PNUE est ici référencé par erreur. Il faut lire : "L'Agence Internationale de l'Énergie"

<sup>9</sup> NdT : lorsque c'était possible, on a remplacé les références en anglais par des références en français.

- Fisher A.C., Krutilla J.V. (1974) - "Valuing Long Run Ecological Consequences and Irreversibilities", *Journal of environmental Economics and Management*, **1** (august)
- Fisher A.C., Krutilla J.V., Cicchetti C.J. (1974) - "The Economics of Environmental Preservation: Further Discussion", *American Economic review*, december, 1030-1039
- Fisher A.C., Krutilla J.V. (1975) - "Resource Conservation, Environmental Preservation, and the Rate of Discount", *Quarterly Journal of Economics*, August, 358-370
- Gollier C. (1997) - *Discounting an Uncertain Future*, mimeo, GREMAQ and IDEI, University of Toulouse, octobre
- Gollier C. (1998) - "Actualisation du long terme", *Revue de l'énergie*, n°496, mars-avril
- Hanley N., Spash C.L. (1993) - *Cost-Benefit Analysis and the Environment*, Edward Elgar Publishing Limited, Hants
- Harrod R.F. (1948) - *Towards a Dynamic Economics*, Macmillan
- Henry C. (1974) - "Investment Decisions Under Uncertainty: The "Irreversibility Effect", *American Economic Review*, **64** (6), 1006-1012
- Hotelling H. (1931) - "The Economics of exhaustible Resources", *Journal of Political Economy*, **39**, (2)
- Krutilla J.V. (1967) - "Conservation reconsidered", *American Economy Review*, **57**, 777-786, rep. in Oates W.E. (1992), *The Economics of the Environment*, Edward Elgar, Hants, UK, 571-580
- Lind R.C. (1964) - "Further comments", *Quarterly Journal of Economics*, **78**, 336-345
- Lind R.C. (1982) - *Discounting for Time and Risk in Energy Policy*, John Hopkins University Press for Resources for the Future, Baltimore, MD, 21-94
- Lind R.C. (1990) - "Reassessing the government's discount rate policy in light of new theory and data in a world economy with a high degree of capital mobility", *Journal of Environmental Economics and Management*, (18), 5-8-S-28
- Marglin S.A. (1963) - "The social rate of discount and the optimal rate of investment", *Quarterly Journal of Economics*, **77**, 95-111
- Markandya A. (1995) - "General Issues in Valuation: The Treatment of Discounting", in European Commission, DG XII, *EXTERNE, Externalities of Energy*, Volume 2: Methodology, Luxembourg, 441-450
- Nakicenovic N., Nordhaus W.D., Richels R., Toth F.L. (Eds) (1995) - Integrated assessments of mitigation, impacts and adaptation to climate change, *Energy Policy*, **23** (4/5)
- Nordhaus W.D. (1994) - *Managing the global Commons: The Economics of the Greenhouse Effect*, MIT Press, Cambridge, MA
- Nordhaus W.D. (1999) - "Discounting and Public Policies That Affect the Distant Future", in Portney P.R., Weyant J.P. (Eds), *Discounting and intergenerational Equity*, Resources for the Future, Washington D.C., April, 145-162
- Philibert C. (1996) - "Changements climatiques : faut-il aller au-delà des actions sans regrets ? Dix remarques sur le taux d'actualisation", présenté au colloque *Écologie Société Économie: Quels enjeux pour le développement durable ?*, Saint Quentin en Yvelines, 25 mai
- Philibert C. (1998) - *Le paradoxe de l'isolement et le changement climatique*, mimeo, ADEME
- Pigou A.C (1920, 1960) - *Economics of Welfare*, Fourth Edition, MacMillan, London
- Porter R. (1982) - "The new approach to wilderness preservation through cost-benefit analysis", *Journal of Environmental Economics and Management*, (9), 59-80

- Rabl A. (1996) - "Discounting of long term costs : What would future generations prefer us to do ?", *Ecological Economics*, **17**, 137-145
- Ramsey F. (1928) - "A mathematical theory of saving", *Economic Journal*, **38**, 543-559
- Rawls J. (1971, 1987) - *Théorie de la justice*, traduction de Catherine Audard, Seuil, Paris
- Ricœur P. (1995) - *Le juste*, Éditions Esprit, Paris
- Sen A. K. (1961) - "On optimising the rate of saving", *Economic Journal*, **71**, 479-496
- Sen A.K. (1967) - "Isolation, Assurance, and the Social Rate of Discount", *Quarterly Journal of Economics*, **81**, 112-124
- Solow R.M. (1992) - *An almost practical step toward sustainability*, Resources for the Futures, October 8
- Solow R.M. (1999) - "Foreword", in Portney P.R., Weyant J.P. (Eds), *Discounting and intergenerational Equity*, Resources for the Future, Washington D.C., April, vii-ix
- Spash C.L. (1994) - "Double CO<sub>2</sub> and beyond : benefits, costs and compensation," *Ecological Economics*, **10**, 27-36
- Sterner T. (1994) - "Discounting in a World of limited Growth", *Environmental and Resource Economics*, **4**, 527-534
- Tullock G. (1964) - "The social rate of discount and the optimal rate of investment : comment", *Quarterly Journal of Economics*, **78**, 331-336
- Weitzman M.L. (1994) - "On the 'Environmental' Discount Rate", *Journal of Environmental Economics and Management*, **26**, 200-209
- Weitzman M.L. (1998) - *Why the Far-Distant Future Should be Discounted at its Lowest Possible Rate*, mimeo, Harvard University, January 22
- Weitzman M.L. (1999) - "Just Keep Discounting, But..." in Portney P.R., Weyant J.P. (Eds), *Discounting and intergenerational Equity*, Resources for the Future, Washington D.C., April, 23-29