Incertitude scientifique et décision publique : le recours au Principe de précaution*

Tania Bouglet**
GEM, Institut d'Etudes Politiques de Paris

Thomas Lanzi***
ESC Lille, School of Management

J.-C. Vergnaud****
EUREQua-CNRS, Université Paris 1

1 Introduction

Présent dans la loi française depuis une dizaine d'années, le principe de précaution reste largement débattu tant sa portée opérationnelle reste mal définie malgré une expression simple et en apparence pleine de bon sens (Loi Barnier 1995). Son domaine d'application est clairement délimité. Il s'agit de la gestion des risques environnementaux et sanitaires lorsqu'il y a une incertitude scientifique. Il est censé venir compléter le principe de prévention dont le domaine est celui des risques où l'on dispose de probabilités objectives pour représenter l'incertitude. Du fait de sa formulation très générale, le principe de précaution est au centre d'un débat sur son sens et sur la façon de l'appliquer. À ce titre, Godard (2003) propose une analyse détaillée des controverses mettant en avant notamment une opposition entre un principe d'abstention invitant à ne pas s'engager dans des activités risquées si la parfaite innocuité n'a pas été prouvée et un principe proportionné mis en avant par la Communauté Européenne (2000). La première vision a pour elle sa simplicité conceptuelle mais ses implications radicales sont inacceptables pour le développement économique dont un des moteurs est justement une certaine prise de risque. Il est peu probable que ce principe d'abstention puisse constituer le principe définissant le principe de précaution. La seconde est plus conforme à la raison économique en met-

* Nous remercions un rapporteur anonyme pour ses commentaires sur une version antérieure de ce papier ainsi que J.M. Tallon pour ses suggestions.
** email : tania.bouglet@sciences-po.fr
*** e-mail : t.lanzi@esc-lille.fr
**** email : vergnaud@univ-paris1.fr

tant en avant l'idée d'arbitrage dans les choix publics. Néanmoins, le sens précis donné à la notion de proportionnalité reste suspendu à la nature des arbitrages entrant en compte dans les choix publics.

Le premier objectif du travail présenté ici est de proposer deux modèles concurrents de décision publique qui saisissent deux types d'arbitrage différents. L'analyse porte ensuite sur la comparaison des décisions prises selon les deux critères de décision proposés dans un problème économique simple.

Dans la vision normative à la Harsanyi (1955), le critère de choix du décideur public doit obéir à des axiomes de rationalité individuelle. Le premier modèle s'inscrit dans cette tradition, mais au lieu d'utiliser le modèle d'espérance d'utilité pour lequel Harsanyi (1955) a prouvé un théorème de possibilité d'agrégation des préférences individuelles, nous faisons le choix d'un modèle de croyances multiples introduit par Gilboa et Schmeidler (1989), c'est-à-dire de la maximisation d'une espérance minimum par rapport à une famille de probabilités. Le second modèle s'inspire de considérations d'économie politique. Dans ce modèle, le décideur politique effectue les choix publics en anticipant un risque de sanction électoral auquel il pourrait faire face dans le futur. La sanction future qu'il encourt provient du regret éventuel que les électeurs ressentiront à la date de l'élection.

Le modèle économique sur lequel nous appliquons ces deux critères de décision est un modèle extrêmement simplifié. Il s'agit d'arbitrer entre développement économique et protection de l'environnement : le choix du développement économique permet une accumulation de capital mais contribue également à une accumulation du stock de pollution. Initialement, il existe une incertitude sur l'ampleur du dommage créé par le stock de pollution. Cependant, l'amélioration des connaissances permettra de résoudre cette incertitude d'ici la prochaine élection. Les principaux résultats obtenus montrent une certaine convergence dans les choix issus des deux critères.

L'article est organisé comme suit. Dans la deuxième section, nous introduisons et discutons de la pertinence des deux modèles proposés. Dans la troisième section, nous introduisons formellement le problème économique traité et les deux critères de décision. Dans la quatrième section, nous étudions la statique comparative de ces deux critères par rapport aux paramètres fondamentaux du modèle. Dans la cinquième section, nous comparons les choix résultant des deux critères et analysons dans quelle mesure ces choix divergent. Nous concluons dans la dernière section.

2 Deux modèles de décision publique

Du point de vue de la théorie de la décision individuelle dans l'incertain, la notion de proportionnalité du principe de précaution est naturellement prise en compte dans les choix des agents économiques. Par exemple dans le modèle d'espérance d'utilité, c'est la concavité de la fonction d'utilité qui traduit l'arbitrage entre l'espérance et la dispersion des gains. Par ailleurs, le théorème d'agrégation d'Harsanyi (1955) montre que lorsque les agents sont maximisateurs d'une espérance d'utilité, le critère normatif de décision publique est également un modèle d'espérance d'utilité où la fonction d'utilité collective est une somme pondérée des fonctions d'utilité individuelle. Sous ces fondements normatifs, Gollier et alii (2000), Treich (2000) et Gollier (2001) étudient le principe de précaution avec le modèle d'espérance d'utilité.

La limite du modèle d'espérance d'utilité est qu'il repose sur l'hypothèse que les agents possèdent une unique distribution de probabilités. Cette hypothèse est peu pertinente dans le cas d'une incertitude non probabilisée comme l'ont montré les expériences d'Ellsberg (1961) et plus généralement dans le cas d'une incertitude scientifique où il paraît difficile de s'en tenir à un bayésianisme strict. Dans le domaine de l'expertise scientifique, le bayésianisme prescrit que les avis d'experts soient synthétisés sous la forme d'une distribution moyenne de probabilités. Toutefois, en cas de controverse et de fortes divergences dans les avis d'experts, forcer un tel résultat peut poser problème comme l'indique ici Moss et Schneider (2000) dans des recommandations pour le groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) :

> « In developing a best estimate, authors need to guard against aggregation of results (...) if it hides important regional or inter-temporal differences. It is important not to combine automatically different distributions into one summary distribution. For example, most participants or available studies might believe that the possible outcomes are normally distributed, but one group might cluster its mean far from the mean of another group, resulting in a bimodal aggregated distribution. In this case, it is inappropriate to combine these into one summary distribution, unless it is also indicated that there are two (or more) « schools of thought ». Moss et Schneider (2000), p.42.

Aussi, dans cet article nous faisons le choix d'un bayésianisme élargi en recourant à la notion de famille de probabilités et pour le premier modèle, au choix du critère de choix de Gilboa et Schmeidler (1989). Dans ce critère de choix qui se présente comme une généralisation du critère de l'espérance d'utilité, deux aspects sont présents :

- premièrement, une famille de probabilités est introduite pour mesurer l'incertitude,
- deuxièmement, le critère de décision utilisé permet de tenir compte de l'aversion psychologique au manque de précision de l'information probabiliste disponible mise en évidence dans les expériences à la Ellsberg (1961).

L'avantage de l'outil « famille de probabilités » est qu'il peut justement permettre de tenir compte de l'ampleur des controverses et/ou de l'insuffisance d'information. On peut traduire la présence d'une plus ou moins grande incertitude sous la forme d'un ordre naturel sur la taille de la famille de probabilités. Il sera peut-être pertinent à l'avenir de mesurer l'incertitude scientifique en utilisant d'autres outils mais nous ne connaissons pas de tels outils fondés sur une axiomatique de la décision individuelle. Par exemple, l'échelle qualitative pour représenter l'incertitude scientifique proposée par Godard (2003) ne permet pas de calculs et n'est pas fondée sur une axiomatique explicite des préférences d'un décideur. L'outil des familles de probabilités suppose la connaissance de la liste exhaustive des états de la nature. Le problème des contingences non anticipées, crucial pour l'incertitude scientifique, n'est ici pas pris en compte.

Le critère de choix axiomatisé par Gilboa et Schmeidler (1989) est souvent critiqué pour son pessimisme extrême (voir par exemple Henry et Henry (2003) et Chevé et Congar (2003) qui prônent tout de même l'usage des familles de probabilités). Cette critique n'est pas totalement fondée : Gilboa et Schmeidler (1989) ne prétendent pas que la famille de probabilités utilisée dans le critère de décision coïncide avec la famille de probabilités données, c'est-à-dire dans notre cas, celle qui représenterait les incertitudes scientifiques et qui serait communiquée au décideur. Cette distinction est clairement établie par Gajdos et alii (2004) qui étendent l'axiomatique de Gilboa et Schmeidler (1989) et font le lien entre les familles de probabilités données comme information au décideur et celle que celui-ci utilise dans sa décision : cette dernière est incluse dans la première et elle est d'autant plus petite que le décideur a moins d'aversion psychologique à l'imprécision de l'information disponible. Par conséquent le modèle de Gilboa et Schmeidler (1989) tient compte au niveau individuel tout à la fois de l'aversion au risque et de l'aversion à l'imprécision de l'information probabiliste.

Bien qu'il n'existe pas dans la littérature d'extension du théorème d'Harsanyi au modèle de Gilboa et Schmeidler (1989), nous supposons que le critère de choix du décideur public est un modèle de croyances multiples. Nous supposons donc que le décideur public peut présenter également une telle aversion à l'imprécision. En cas d'absence d'une telle aversion, le décideur public maximise alors simplement une espérance d'utilité. Notons que si tous les agents ont une aversion au risque et une préférence pour de l'information probabiliste plus précise alors l'axiome de Pareto[1] implique que le décideur public doit aussi présenter ces caractéristiques.

Il est clair que ce premier modèle ne constitue pour l'instant qu'une référence normative et que l'on est encore loin d'une mise en oeuvre opérationnelle du principe de précaution se rapprochant de ce modèle. L'émergence d'un principe de précaution inspiré d'un modèle de décision dans l'incertain est conditionnée par la mise en oeuvre d'une mesure des incertitudes scientifiques acceptée socialement. Or cette acceptation sociale est loin d'être acquise. On peut remarquer qu'au sein même de la communauté scientifique, les experts ne souhaitent pas s'engager dans l'expression de leur croyance. Dans le troisième rapport du groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC), les recommandations de Moss

[1] L'axiome de Pareto stipule que si tous les agents préfèrent le choix A au choix B alors le décideur public doit préférer aussi le choix A au choix B.

et Schneider de fournir aux décideurs politiques des probabilités subjectives d'experts n'ont guère été suivies. Le sentiment commun des scientifiques des sciences dures, sentiment d'ailleurs largement répandu, est que l'on ne peut pas parler de probabilités pour un événement, incertain certes, mais qui ne se produira qu'une fois. Il est clair que le concept de degrés de croyances n'est guère diffusé en dehors de la communauté des économistes. Faute d'une évolution culturelle, la voie est libre pour que se maintienne ce que Godard (2001) nomme « l'illusion rétrospective », c'est-à-dire une tendance à juger les actions passées à la lumière des connaissances acquises depuis. La nature de l'incertitude scientifique s'y prête. Si une personne dit qu'il y a peu de chance de réaliser 12 avec deux dés et que 12 se réalise, cette personne n'est pas mise en cause. On ne discute même pas son opinion sur la faible probabilité d'observer de nouveau 12. Par contre, le décideur qui considérait comme peu plausible au début des années 80 l'hypothèse selon laquelle un grand pourcentage de séropositifs finirait par développer un SIDA avéré, est lui rétrospectivement largement condamné. Plus subtilement, Godard analyse « l'illusion rétrospective » comme un biais cognitif qu'il voit notamment à l'oeuvre dans les travaux de M.A Hermitte et D. Dormont (cf annexe du rapport Kourilsky et Viney (2000)). Ceux-ci reconsidèrent l'histoire des décisions prises dans l'affaire de la vache folle et jugent que l'hypothèse de franchissement de la barrière des espèces n'a pas été assez sérieusement considérée au milieu des années 80 au moment de la modification du mode de chauffage des farines animales. Le fait avéré du franchissement de la barrière des espèces est d'une telle prégnance qu'elle leur fait oublier qu'à l'époque, cette hypothèse était très peu étayée et que de multiples autres hypothèses de plausibilité scientifique équivalente étaient également envisageables.

L'idée centrale du second modèle est que le décideur public cherche à se prémunir contre cette « illusion rétrospective » qui peut se traduire par une éventuelle condamnation future de ses décisions présentes. Ce second modèle formalise la situation actuelle qui pourrait perdurer faute de l'émergence d'un principe de précaution opérationnel. Nous considérons donc le problème d'un décideur public soumis à la possibilité de cette condamnation rétrospective. Les agents oublient l'état des connaissances scientifiques au moment de la prise de décision et considèrent uniquement les connaissances acquises au moment du jugement *ex post*. Leur condamnation rétrospective s'exerce quand la décision prise est jugée inadéquate et nous supposons que cette condamnation se traduit par un ressentiment que nous mesurons par un regret[2]. Ce regret se traduit par une sanction électorale si des élections se produisent alors. La carrière ternie des hommes politiques incriminés dans l'affaire du sang contaminé nous semble un exemple frappant d'une telle sanction électorale. Il nous semble de plus que cette affaire a marqué les esprits et que les décideurs politiques anticipent désormais ce risque de sanction. Aussi, en supposant que le décideur est soucieux de sa réélection, qu'il se sait soumis au risque d'une condamnation, nous formalisons son

[2] Cette approche du regret diffère de celle retenue par Bell (1982,1985) et Loomes, Sudgen (1982, 1987).

comportement par un critère de minimisation de regret. Bien entendu, le décideur politique est dans une situation d'incertitude et nous supposerons que ses degrés de croyances coïncident avec la famille de probabilités utilisée dans le premier modèle. Notons que cette hypothèse est critiquable car elle revient à assimiler l'aversion individuelle à l'imprécision du décideur politique à l'aversion collective à l'imprécision résultant de l'agrégation des préférences individuelles. Notons également que ce modèle ne formalise pas la vision radicale du principe de précaution qui nous semble incapable de déboucher sur un principe opérationnel socialement acceptable. Par contre, nous pensons que le principe d'abstention restera présent en tant qu'usage rhétorique de la part du décideur public lorsqu'il prendra une décision dans le sens de la précaution. C'est d'ailleurs cet usage qui s'est développé ces dernières années avec les nombreuses annonces d'interdiction ou de restriction prises au nom du principe de précaution.

3 Le modèle

Dans le modèle nous considérons un risque de pollution de long terme. Nous formalisons l'incertitude simplement en considérant deux hypothèses scientifiques en concurrence sur l'ampleur du dommage potentiel. Dans un avenir plus ou moins proche, l'amélioration des connaissances permettra de trancher entre ces deux hypothèses. À chaque période, le décideur public doit arbitrer entre développement économique et précaution, c'est-à-dire protection de l'environnement. Le modèle est donc très simple quant à l'incertitude (deux hypothèses), aux actions possibles (deux actions possibles)[3] et à la forme économique retenue.

3.1 Le problème de décision

Nous considérons un problème de décision publique intertemporel où il y a un arbitrage entre accumulation de capital et de pollution. Le modèle est un modèle linéaire où à chaque période t, un choix $x_t \in \{0, a\}$[4] avec $a > 0$, doit être réalisé. Ce choix a un impact sur le stock de capital K_t et sur le stock de pollution S_t. On considère que $K_t = x_t + \alpha K_{t-1}$ et $S_t = x_t + \delta S_{t-1}$ avec $0 < \alpha, \delta < 1$. α et δ sont respectivement les taux d'accumulation du capital et de persistance de la pollution.

Le bien-être social instantané est donné par

$$u_t = [uK_t - \theta S_t]$$

[3] En pratique, comme le note Godard (2003), il y a tout un éventail de décisions possibles allant de l'interdiction définitive à la simple veille.

[4] Cet ensemble de choix $\{0, a\}$ est la normalisation d'un cas plus général du type $\{b', a'\}$ tel que $0 \leqslant b' < a'$, avec $b' = 0$ et $a' - b' = a$.

avec u l'utilité par unité de stock de capital et θ le dommage par unité de stock de pollution.

Lorsqu'il n'y a pas d'incertitude scientifique, c'est-à-dire lorsque θ est connu précisément, le bien-être social intertemporel à la date t est la somme actualisée des utilités instantanées futures :

$$U_t = \sum_{\tau=t}^{\infty} \beta^{\tau} u_{\tau} = \frac{uK_t}{1-\alpha\beta} - \frac{\theta S_t}{1-\delta\beta} + \left(\frac{u}{1-\alpha\beta} - \frac{\theta}{1-\delta\beta}\right)\left[\sum_{\tau=t}^{\infty} \beta^{\tau-t} x_{\tau}\right]$$

avec $0 \leqslant \beta \leqslant 1$ le taux d'escompte, K_t et S_t les niveaux à la date t du stock de capital et de pollution.

À la date $t = 0$, il existe une incertitude scientifique sur la valeur des dommages induits par la pollution, i.e. la valeur de θ est inconnue. Deux théories scientifiques s'opposent. L'une conduit plutôt à une estimation optimiste $\underline{\theta}$ du dommage et l'autre à une estimation pessimiste $\overline{\theta}$. Par conséquent deux valeurs sont possibles : $\theta \in \{\underline{\theta}, \overline{\theta}\}, \underline{\theta} < \overline{\theta}$.

Nous introduisons l'hypothèse suivante.

Hypoyhèse 1 $\dfrac{\underline{\theta}}{1-\delta\beta} < \dfrac{u}{1-\alpha\beta} < \dfrac{\overline{\theta}}{1-\delta\beta}$

Sous cette hypothèse, le choix est controversé : le choix optimal diffère selon la vraie valeur de θ. En effet, si $\theta = \underline{\theta}$, alors le bien-être social est maximal pour $x_t = a$ quel que soit t, alors que si $\theta = \overline{\theta}$, le bien-être social est maximal avec $x_t = 0$ quel que soit t.

On dira que le choix $x_t = a$ est *moins précautionneux* que le choix $x_t = 0$ dans la mesure où l'utilité intertemporelle minimum[5] induite par a est inférieure à celle induite par 0.

Nous étudions dans la section suivante l'implémentation du premier critère, correspondant à la maximisation d'une espérance minimum par rapport à une famille de probabilités.

3.2 Premier critère : la décision publique vue à travers le prisme d'un Bayésianisme élargi

Le décideur public doit décider des choix $(x_0, ..x_t, ..x_{T-1})$ entre la date $t = 0$ initiale et la date $T - 1$ qui est la dernière période avant la prochaine élection qui se tiendra à la date T. Nous supposons qu'à la date $T^* < T$, les recherches scientifiques auront permis d'acquérir une certitude sur la bonne théorie et donc sur la vraie valeur de θ. De ce fait, de la période T^* à la période $T - 1$, il effectuera les choix en accord avec l'information reçue. Il choisira donc $x_t = a$ si $\theta = \underline{\theta}$, et $x_t = 0$ si $\theta = \overline{\theta}$. Son problème porte donc sur les choix $(x_0, ..x_t, ..x_{T^*-1})$.

5 Minimum calculé par rapport aux deux théories en présence.

Nous considérons donc le critère de maximisation du minimum de l'espérance de l'utilité collective calculée par rapport à une famille de probabilités correspondant à l'intervalle de probabilité $[\underline{\pi}, \overline{\pi}]$, c'est à dire le problème formel suivant :

$$\max_{(x_0,..x_t,..x_{T^*-1})} \min_{\pi \in [\underline{\pi}, \overline{\pi}]} \pi U_0((x_0, ..x_t, ..x_{T^*-1}, a, a...), \underline{\theta})$$
$$+ (1-\pi) U_0((x_0, ..x_t, ..x_{T^*-1}, 0, 0...), \overline{\theta})$$

On retrouve le modèle de l'utilité espérée lorsque l'intervalle de probabilité $[\underline{\pi}, \overline{\pi}]$ sur l'hypothèse $\underline{\theta}$ se réduit à un singleton. Rappelons que cet intervalle est la résultante de la prise en compte du niveau d'incertitude scientifique et d'une aversion à l'imprécision.

Vue la linéarité du problème, il suffit de regarder si la décision $x_0 = 0$ est meilleure que la décision $x_0 = a$. S'il en est ainsi, alors la politique optimale est de faire $x_t = 0$ entre $t = 0$ et $t = T^* - 1$, jusqu'à l'arrivée d'information. Le minimum de l'espérance de l'utilité pour $x_0 = 0$ est nul alors que le minimum de l'espérance de l'utilité pour $x_0 = a$ est atteint pour la probabilité $\pi = \underline{\pi}$ et vaut

$$\frac{a.u}{1-\alpha\beta} - \frac{\underline{\pi}\,\underline{\theta} + (1-\underline{\pi})\overline{\theta}}{1-\delta\beta}$$

En fait, dans ce problème où il y a une « mauvaise hypothèse », ce critère revient à pratiquer un calcul d'espérance selon la probabilité $\underline{\pi}$. Par conséquent, le choix plus précautionneux ($x_t = 0$, $\forall t = 0, ..., T^* - 1$) est le choix optimal si

$$\frac{\underline{\pi}\,\underline{\theta} + (1-\underline{\pi})\overline{\theta}}{1-\delta\beta} > \frac{u}{1-\alpha\beta}$$

3.3 Second critère : la prudence du décideur public face au risque de condamnation morale

Le décideur public cherche à se garantir contre une condamnation de ses actions passées au moment de son retour devant ses électeurs. Nous formalisons son critère de choix de la façon suivante. À la date T, le décideur public sera réélu sur la base de ses choix passés. Sa politique pourra être jugée insatisfaisante par l'opinion publique s'il a adopté des mesures trop précautionneuses alors que la vraie valeur de θ s'est avérée être $\underline{\theta}$ ou bien s'il a adopté des mesures trop peu précautionneuses si la vraie valeur de θ s'est avérée au contraire être $\overline{\theta}$. Nous mesurons cette insatisfaction par un regret que nous estimons être la différence entre le bien-être social intertemporel réel à la date T et le bien-être social intertemporel maximal qui aurait pu être atteint.

Par souci de simplicité, nous restreignons les politiques possibles à deux choix : nous supposons que pour tout $t \leqslant T^* - 1$ il doit s'astreindre à conserver la décision initialement prise x_0. Cette hypothèse peut se justifier par exemple si le décideur politique est forcé d'adopter une politique *médiatiquement* cohérente. Pour justifier le choix $x_t = a$, il doit invoquer le fait que le scénario du pire n'est pas sûr, qu'il n'est pas scientifiquement prouvé que $\theta = \overline{\theta}$. À l'inverse, pour justifier le choix $x_t = 0$, il peut invoquer le *principe de précaution* et retenir le choix le plus précautionneux. Changer de choix d'une période sur l'autre est impossible à justifier[6].

On note $R_{\underline{\theta}}$ le regret lorsque le décideur politique a effectué le choix $x_t = 0$ de $t = 0$ à $t = T^* - 1$ alors que la vraie valeur de θ connue en T^* est $\underline{\theta}$ et $R_{\overline{\theta}}$ quand au contraire le décideur public a effectué le choix $x_t = a$ de $t = 0$ à $t = T^* - 1$ alors que la vraie valeur de θ est $\overline{\theta}$. Calculons analytiquement ces regrets.

- Lorsque $\theta = \underline{\theta}$, le bien être social maximal à la date T est obtenu pour un choix $x_t = a$ de $t = 0$ à $t = \infty$, et vaut donc

$$\frac{u}{1-\alpha\beta}\left[\alpha^T K_0 + \sum_{\tau=0}^{T-1} \alpha^{T-\tau} a\right] - \frac{\underline{\theta}}{1-\delta\beta}\left[\delta^T S_0 + \sum_{\tau=0}^{T-1} \delta^{T-\tau} a\right]$$
$$+ \left(\frac{u}{1-\alpha\beta} - \frac{\underline{\theta}}{1-\delta\beta}\right)\left[\sum_{\tau=T}^{\infty} \beta^{\tau-T} a\right]$$

Si le décideur public a effectué le choix $x_t = 0$ de $t = 0$ à $t = T^* - 1$ puis $x_t = a$ ensuite, le bien-être social intertemporel réel à la date T est égal à

$$\frac{u}{1-\alpha\beta}\left[\alpha^T K_0 + \sum_{\tau=T^*}^{T-1} \alpha^{T-\tau} a\right] - \frac{\underline{\theta}}{1-\delta\beta}\left[\delta^T S_0 + \sum_{\tau=T^*}^{T-1} \delta^{T-\tau} a\right]$$
$$+ \left(\frac{u}{1-\alpha\beta} - \frac{\underline{\theta}}{1-\delta\beta}\right)\left[\sum_{\tau=T}^{\infty} \beta^{\tau-T} a\right]$$

La différence nous donne le regret $R_{\underline{\theta}}$:

$$R_{\underline{\theta}} = \frac{u}{1-\alpha\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \alpha^{T-\tau} a\right] - \frac{\underline{\theta}}{1-\delta\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \delta^{T-\tau} a\right]$$

[6] Le rapporteur fait remarquer qu'en réalité les hommes politiques sont souvent capables de justifier des changements de politiques « sans que des éléments exogènes nouveaux n'interviennent ». Dans ce cas, d'un point de vue formel il faudrait étendre notre critère du regret à toutes les stratégies possibles.

- Lorsque $\theta = \overline{\theta}$, le bien être social maximal à la date T est obtenu pour un choix $x_t = 0$ de $t = 0$ à $t = \infty$, et vaut donc

$$\frac{u}{1-\alpha\beta}\left[\alpha^T K_0\right] - \frac{\overline{\theta}}{1-\delta\beta}\left[\delta^T S_0\right]$$

Si le décideur public a effectué le choix $x_t = a$ de $t = 0$ à $t = T^* - 1$ puis $x_t = 0$ ensuite, le bien-être social intertemporel réel à la date T est égal à

$$\frac{u}{1-\alpha\beta}\left[\alpha^T K_0 + \sum_{\tau=0}^{T^*-1} \alpha^{T-\tau} a\right] - \frac{\overline{\theta}}{1-\delta\beta}\left[\delta^T S_0 + \sum_{\tau=0}^{T^*-1} \delta^{T-\tau} a\right]$$

La différence nous donne le regret $R_{\overline{\theta}}$:

$$R_{\overline{\theta}} = -\frac{u}{1-\alpha\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \alpha^{T-\tau} a\right] + \frac{\overline{\theta}}{1-\delta\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \delta^{T-\tau} a\right]$$

Nous supposons que pour le décideur public, ses chances d'être réélu décroissent linéairement avec le regret qu'auront ses électeurs par rapport à sa politique passée à la date de l'élection. Finalement, nous supposons que le décideur public utilise pour son choix individuel le critère de maximisation du minimum de l'espérance de son utilité (objectif de réélection) calculée par rapport à la même famille de probabilités $[\underline{\pi}, \overline{\pi}]$ ce qui revient de fait à minimiser le maximum de l'espérance de regret de ses électeurs, maximum calculé par rapport à l'intervalle $[\underline{\pi}, \overline{\pi}]$.

Pour le choix plus précautionneux, c'est à dire $x_t = 0, \forall t = 0, ..., T^* - 1$ le maximum de l'espérance de regret est atteint pour la probabilité $\overline{\pi}$: avec probabilité maximale $\overline{\pi}$ le regret sera $R_{\underline{\theta}}$ et avec probabilité $1 - \overline{\pi}$, il sera nul. Si au contraire, il choisit $x_t = a, \forall t = 0, ..., T^* - 1$, alors le maximum de l'espérance de regret est atteint pour la probabilité $\underline{\pi}$: avec probabilité maximale $(1 - \underline{\pi})$ le regret sera $R_{\overline{\theta}}$ et avec probabilité $\underline{\pi}$, il sera nul. Son choix est donc le suivant : $x_t = 0$ si $(1 - \underline{\pi})R_{\overline{\theta}} > \overline{\pi}R_{\underline{\theta}}$ et $x_t = a$ si $\overline{\pi}R_{\underline{\theta}} > (1-\underline{\pi})R_{\overline{\theta}}$. On voit que le choix sera plus précautionneux si la valeur suivante est positive :

$$\begin{aligned}&(1-\underline{\pi})R_{\overline{\theta}} - \overline{\pi}R_{\underline{\theta}} \\ &= \frac{\overline{\pi}\underline{\theta} + (1-\underline{\pi})\overline{\theta}}{1-\delta\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \delta^{T-\tau} a\right] - \frac{(1 + (\overline{\pi} - \underline{\pi}))\,u}{1-\alpha\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \alpha^{T-\tau} a\right] > 0\end{aligned}$$

4 Vers plus de précaution ?

Les deux critères de décision introduits ci-dessus ont en commun certains paramètres. La proposition suivante indique l'influence de la valeur de quelques paramètres sur la décision prise, ceci quel que soit le critère de décision utilisé. Dans la suite, nous dirons que la variation d'un paramètre conduit à un choix moins précautionneux si elle induit un basculement du choix $x_t = 0$ vers le choix $x_t = a$.

Proposition 2 *Quel que soit le critère de choix, les variations suivantes n'induisent jamais un choix « moins précautionneux »*

- *un accroissement du taux δ de stockage de la pollution,*
- *une diminution du taux α d'accumulation du capital,*
- *lorsque $\delta > \alpha$, une augmentation du taux d'actualisation β,*

Preuve. Le second critère conduit au choix plus précautionneux si et seulement si

$$\frac{\overline{\pi}\underline{\theta} + (1-\underline{\pi})\overline{\theta}}{1-\delta\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\delta^{T-\tau}a\right] - \frac{(1+(\overline{\pi}-\underline{\pi}))\,u}{1-\alpha\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\alpha^{T-\tau}a\right] \geqslant 0$$

Or l'expression

$$\frac{\overline{\pi}\underline{\theta} + (1-\underline{\pi})\overline{\theta}}{1-\delta\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\delta^{T-\tau}a\right] - \frac{(1+(\overline{\pi}-\underline{\pi}))\,u}{1-\alpha\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\alpha^{T-\tau}a\right]$$

est croissante avec δ et décroissante avec α. Par ailleurs, lorsque $\delta > \alpha$ et lorsque

$$\frac{\overline{\pi}\underline{\theta} + (1-\underline{\pi})\overline{\theta}}{1-\delta\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\delta^{T-\tau}a\right] - \frac{(1+(\overline{\pi}-\underline{\pi}))\,u}{1-\alpha\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\alpha^{T-\tau}a\right] \geqslant 0$$

l'expression est croissante avec β. Par conséquent, là aussi le basculement ne peut se faire que vers un choix plus précautionneux.

De même le premier critère conduit au choix plus précautionneux ssi

$$\frac{\underline{\pi}\underline{\theta} + (1-\underline{\pi})\overline{\theta}}{1-\delta\beta} \geqslant \frac{u}{1-\alpha\beta}$$

Des arguments similaires permettent d'obtenir le résultat. □

Ces résultats sont intuitifs. Ils étaient attendus dans le cas du premier critère mais il est intéressant de noter que les choix opérés par le second critère évoluent qualitativement de la même façon par rapport aux paramètres fondamentaux. Ceci est en quelque sorte rassurant si on considère le premier critère comme une référence normative et le second, comme un critère positif par défaut.

Ces résultats éclairent certaines évolutions dans les décisions de ces dernières années. En effet, on peut suggérer que le souci d'être plus précautionneux vient d'une modification de la nature des problèmes à traiter. Par exemple, on peut estimer que les problèmes de pollution actuels ont des effets temporels plus marqués qu'auparavant ou que l'on s'aperçoit que l'on avait sous-estimé le taux de stockage des polluants. Les émissions des usines, depuis longtemps sujet de préoccupation en matière de santé publique, concernent principalement une pollution de l'air locale qui elle, se dissipe en quelques heures ou quelques jours alors que les émissions de gaz à effet de serre, sujet de préoccupation plus récent, mettent des années à être absorbées totalement par les océans. Un souci plus grand des générations futures qui se traduit par une augmentation du taux d'actualisation β produit également des décisions plus précautionneuses.

Par contre, il est d'autres paramètres pour lesquels les deux critères diffèrent et notamment la date de la future élection (T) et la date d'arrivée de l'information (T^*). Ce sont des paramètres qui ne jouent aucun rôle pour le premier critère mais qui jouent de la façon suivante pour le second critère.

Proposition 3 *Lorsque le taux de stockage de la pollution est supérieur au taux d'accumulation du capital, $\delta > \alpha$, pour le second critère, les variations suivantes n'induisent jamais un choix « moins précautionneux »*

- *le recul de la date T de la future élection,*
- *le rapprochement de la date T^* d'arrivée d'information.*

Preuve. Supposons que pour une date d'élection T, le décideur public choisisse le choix plus précautionneux, i.e on a :

$$\frac{\overline{\pi}\underline{\theta} + (1-\underline{\pi})\overline{\theta}}{1-\delta\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\delta^{T-\tau}a\right] - \frac{(1+(\overline{\pi}-\underline{\pi}))\,u}{1-\alpha\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\alpha^{T-\tau}a\right] \geqslant 0$$

Considérons $T' > T$.

$$\begin{aligned}&\frac{\overline{\pi}\underline{\theta} + (1-\underline{\pi})\overline{\theta}}{1-\delta\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\delta^{T'-\tau}a\right] - \frac{(1+(\overline{\pi}-\underline{\pi}))\,u}{1-\alpha\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\alpha^{T'-\tau}a\right]\\ =&\delta^{T'-T}\left(\frac{\overline{\pi}\underline{\theta} + (1-\underline{\pi})\overline{\theta}}{1-\delta\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\delta^{T-\tau}a\right]\right)\\ &-\alpha^{T'-T}\left(\frac{(1+(\overline{\pi}-\underline{\pi}))\,u}{1-\alpha\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\alpha^{T-\tau}a\right]\right)\end{aligned}$$

Puisque $\delta > \alpha$, cette reécriture montre que

$$\frac{\overline{\pi}\underline{\theta} + (1-\underline{\pi})\overline{\theta}}{1-\delta\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\delta^{T'-\tau}a\right] - \frac{(1+(\overline{\pi}-\underline{\pi}))\,u}{1-\alpha\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\alpha^{T'-\tau}a\right] \geqslant 0$$

Par conséquent, on est sûr que si la date de l'élection est plus éloignée et si initialement la décision était la plus précautionneuse, alors elle reste plus précautionneuse. Le seul basculement possible est donc de $x_t = a$ vers $x_t = 0$.

Supposons que pour une date d'arrivée de l'information T^*, le décideur public choisisse le choix plus précautionneux, i.e on a :

$$\frac{\overline{\pi}\underline{\theta} + (1-\underline{\pi})\overline{\theta}}{1-\delta\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \delta^{T-\tau} a\right] - \frac{(1+(\overline{\pi}-\underline{\pi}))\,u}{1-\alpha\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \alpha^{T-\tau} a\right] \geqslant 0$$

$$\Leftrightarrow$$

$$\frac{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \delta^{T-\tau} a\right]}{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \alpha^{T-\tau} a\right]} \geqslant \frac{\frac{(1+(\overline{\pi}-\underline{\pi}))u}{1-\alpha\beta}}{\frac{\overline{\pi}\underline{\theta}+(1-\underline{\pi})\overline{\theta}}{1-\delta\beta}}$$

Or

$$\frac{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \delta^{T-\tau} a\right]}{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \alpha^{T-\tau} a\right]} = \frac{\delta^{T+1}}{\alpha^{T+1}}\left(\frac{1-\alpha}{1-\delta}\right)\left(\frac{\delta^{-T^*}-1}{\alpha^{-T^*}-1}\right)$$

et si $\delta > \alpha$ cela implique que $\left(\frac{\delta^{-T^*}-1}{\alpha^{-T^*}-1}\right)$ est décroissant lorsque l'on fait croître T^*. Par conséquent, puisque pour $T'^* > T^*$ on a

$$\frac{\left[\sum_{\tau=0}^{T'^*-1} \delta^{T-\tau} a\right]}{\left[\sum_{\tau=0}^{T'^*-1} \alpha^{T-\tau} a\right]} \geqslant \frac{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \delta^{T-\tau} a\right]}{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \alpha^{T-\tau} a\right]}$$

on a donc aussi

$$\frac{\overline{\pi}\underline{\theta} + (1-\underline{\pi})\overline{\theta}}{1-\delta\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \delta^{T-\tau} a\right] - \frac{(1+(\overline{\pi}-\underline{\pi}))\,u}{1-\alpha\beta}\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \alpha^{T-\tau} a\right] \geqslant 0$$

ce qui indique que le décideur public choisit également le choix plus précautionneux lorsque la date d'arrivée d'information est plus proche. □

Ces résultats montrent que des considérations électorales particulières jouent dans les décisions publiques. Le décideur public anticipe dans quel état sera l'opinion publique au moment de juger son bilan à la prochaine élection. Si cette élection est lointaine, il sait que les effets positifs du capital s'étant dissipés plus vite que ceux de la pollution ($\delta > \alpha$), ses électeurs risquent de se souvenir uniquement de la pollution créée. A contrario, cette perte de mémoire sera moins forte si la date d'arrivée d'information est proche de la date d'élection.

5 Comparaison des décisions

Venons en maintenant plus spécifiquement à la divergence entre les décisions prises selon les deux critères. En effet, selon la valeur des paramètres du problème de décision, les décisions prises selon les critères peuvent coïncider ou non. Nous considérons tout d'abord le cas particulier probabiliste.

5.1 Cas probabiliste

On suppose ici que l'intervalle de probabilité se réduit à un singleton, i.e $\underline{\pi} = \overline{\pi}$. Pour $\underline{\pi}$ proche de 1, les deux critères coïncideront sur $x_t = a$ et inversement, pour $\underline{\pi}$ proche de 0, les deux critères coïncideront sur $x_t = 0$. Par contre, il existe potentiellement un intervalle $[\underline{\pi}^*, \underline{\pi}^{**}]$ pour lequel les choix divergent. La mesure de divergence que nous retenons est l'écart $\Lambda = \underline{\pi}^{**} - \underline{\pi}^*$. Implicitement, si l'on suppose une loi uniforme sur $[0, 1]$ pour le tirage de $\underline{\pi}$, Λ s'interprète comme le pourcentage de mauvaises décisions prises par le décideur par rapport à la référence normative. Par delà l'arbitraire de la mesure proposée, ce qui est important est d'en étudier la statique comparative. Un aspect que l'on examinera également est d'étudier si le biais de divergence est en faveur du choix plus précautionneux (i.e. sur l'intervalle $[\underline{\pi}^*, \underline{\pi}^{**}]$, le second critère conduit au choix de $x_t = 0$ alors que le premier critère conduit au choix de $x_t = a$) ou non.

Proposition 4 *Lorsque le taux de stockage de la pollution est supérieur au taux d'accumulation du capital, $\delta > \alpha$,*

- *la décision issue du second critère est biaisée en faveur du choix plus précautionneux,*
- *le biais de divergence décroît avec un accroissement du taux d'actualisation β*
- *le biais de divergence s'accroît avec le rapprochement de la date T^* d'arrivée d'information ou avec le recul de la date T de la future élection.*

Preuve. Le second critère conduit à un choix plus précautionneux si et seulement si

$$\underline{\pi} \leqslant \frac{\overline{\theta} - \frac{1-\delta\beta}{1-\alpha\beta} \frac{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \alpha^{T-\tau} a\right]}{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \delta^{T-\tau} a\right]} u}{\overline{\theta} - \underline{\theta}}$$

alors que selon le premier critère, le choix est plus précautionneux si et seulement si

$$\underline{\pi} \leqslant \frac{\overline{\theta} - \frac{1-\delta\beta}{1-\alpha\beta} u}{\overline{\theta} - \underline{\theta}}$$

Pour $\delta > \alpha$, on a donc

$$\frac{\overline{\theta} - \frac{1-\delta\beta}{1-\alpha\beta}\frac{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\alpha^{T-\tau}a\right]}{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\delta^{T-\tau}a\right]}u}{\overline{\theta}-\underline{\theta}} \geqslant \frac{\overline{\theta} - \frac{1-\delta\beta}{1-\alpha\beta}u}{\overline{\theta}-\underline{\theta}}$$

et par conséquent en posant

$$\underline{\pi}^* = \frac{\overline{\theta} - \frac{1-\delta\beta}{1-\alpha\beta}u}{\overline{\theta}-\underline{\theta}}$$

et

$$\underline{\pi}^{**} = \frac{\overline{\theta} - \frac{1-\delta\beta}{1-\alpha\beta}\frac{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\alpha^{T-\tau}\right]}{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\delta^{T-\tau}\right]}u}{\overline{\theta}-\underline{\theta}}$$

pour $\underline{\pi} \in [0, \underline{\pi}^*]$, les deux critères coïncident en faveur du choix plus précautionneux, $\underline{\pi} \in [\underline{\pi}^*, \underline{\pi}^{**}]$, seul le critère positif conduit à un choix plus précautionneux et pour $\underline{\pi} \in [\underline{\pi}^{**}, 1]$ les deux critères coïncident en défaveur du choix plus précautionneux.

Par conséquent

$$\Lambda = \underline{\pi}^{**} - \underline{\pi}^* = \frac{\frac{1-\delta\beta}{1-\alpha\beta}\left[1 - \frac{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\alpha^{T-\tau}\right]}{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\delta^{T-\tau}\right]}\right]u}{\overline{\theta}-\underline{\theta}}$$

Sous l'hypothèse $\delta > \alpha$, on observe que Λ est décroissant avec β. D'autre part, puisque

$$\frac{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\alpha^{T-\tau}\right]}{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1}\delta^{T-\tau}\right]} = \frac{\alpha^{T+1}}{\delta^{T+1}}\left(\frac{1-\delta}{1-\alpha}\right)\left(\frac{\alpha^{-T^*}-1}{\delta^{-T^*}-1}\right)$$

est décroissant avec T, et croissant avec T^*, on a le résultat annoncé. □

À l'inverse, lorsque le taux de stockage de la pollution est inférieur au taux d'accumulation du capital, $\delta < \alpha$ la décision issue du second critère est biaisée en défaveur du choix plus précautionneux. Dans la section précédente, nous discutions de l'évolution historique de l'estimation de δ dans les problèmes environnementaux en indiquant une tendance à un accroissement de celui-ci. En appliquant le résultat indiqué ici, cela suggère que s'il y a 20 ou 30 ans, la tendance était à ne pas en faire assez en matière de précaution ($\delta < \alpha$), au contraire maintenant, la tendance est plutôt à en faire trop ($\delta > \alpha$).

Dans la proposition précédente, nous avions observé que le recul de la date T de la future élection et le rapprochement de la date T^* d'arrivée d'information conduisaient à des choix plus précautionneux. Ce qu'indique le résultat obtenu ici, c'est que cette tendance vers plus de précaution correspond à une augmentation du biais de divergence et donc de mauvaises décisions si on prend le premier critère comme référence normative.

5.2 L'effet d'une plus grande incertitude scientifique

Qu'en est-il lorsque l'intervalle de probabilité n'est plus réduit à un singleton ? On peut noter tout d'abord que seule la probabilité inférieure $\underline{\pi}$ rentre en compte dans le premier critère, alors que les deux bornes jouent leur rôle dans le second. Pour étudier l'évolution du biais de divergence en fonction du niveau d'incertitude scientifique, nous paramétrisons celui-ci en posant $\underline{\pi} = \pi - \varepsilon$ et $\overline{\pi} = \pi + \varepsilon$. Pour ε fixé, il existe comme précedemment un intervalle $[\pi^*(\varepsilon), \pi^{**}(\varepsilon)]$ pour les valeurs de π pour lequel les choix divergent. Le biais de divergence est paramétré par $\varepsilon : \Lambda(\varepsilon) = \pi^{**}(\varepsilon) - \pi^*(\varepsilon)$. La proposition suivante indique l'effet d'une augmentation de l'incertitude scientifique, c'est à dire une augmentation de ε.

Proposition 5 *Lorsque le taux de stockage de la pollution est supérieur au taux d'accumulation du capital,* $\delta > \alpha$,

- *pour* ε *faible, la décision issue du second critère est biaisée en faveur du choix plus précautionneux*
- *si* $\underline{\theta} > \dfrac{1-\delta\beta}{1-\alpha\beta} \dfrac{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \alpha^{T-\tau}\right]}{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \delta^{T-\tau}\right]} u$*, le biais de divergence croît avec* ε.

Preuve. Pour ε fixé, le premier critère conduit à un choix plus précautionneux pour $\pi \in [0, \pi_1]$ avec

$$\pi_1 = \varepsilon + \frac{\overline{\theta} - \frac{1-\delta\beta}{1-\alpha\beta/u}}{\overline{\theta} - \underline{\theta}}$$

et le second, à un choix plus précautionneux pour $\pi \in [0, \pi_2]$ avec

$$\pi_2 = \frac{\varepsilon\left(\overline{\theta} + \underline{\theta}\right) + \overline{\theta} - \frac{1-\delta\beta}{1-\alpha\beta} \frac{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \alpha^{T-\tau}\right]}{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \delta^{T-\tau}\right]} u (1 + 2\varepsilon)}{\overline{\theta} - \underline{\theta}}$$

On a

$$\pi_2 - \pi_1 = \frac{2\varepsilon\underline{\theta} + \frac{1-\delta\beta}{1-\alpha\beta} u \left(1 - (1 + 2\varepsilon) \frac{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \alpha^{T-\tau}\right]}{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \delta^{T-\tau}\right]}\right)}{\overline{\theta} - \underline{\theta}}$$

et pour ε faible, $\pi_2 - \pi_1$ est positif ce qui indique que la décision issue du critère positif est biaisée en faveur du choix plus précautionneux.

Le signe de la dérivée de $(\pi_2 - \pi_1)$ par rapport à ε est du signe de

$$\underline{\theta} - \frac{1-\delta\beta}{1-\alpha\beta} \frac{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \alpha^{T-\tau}\right]}{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \delta^{T-\tau}\right]} u$$

ce qui implique le second résultat de la proposition. □

Le second résultat technique de la proposition indique en fait que l'effet d'une augmentation de l'incertitude est ambigu. En effet, par la condition 1, on a $\underline{\theta} < \frac{1-\delta\beta}{1-\alpha\beta} u$ mais à l'inverse, $\delta > \alpha$ implique $\frac{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \alpha^{T-\tau}\right]}{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \delta^{T-\tau}\right]} < 1$. Par conséquent, on ne peut pas conclure sur le sens de l'inégalité. Notons que puisque $\frac{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \alpha^{T-\tau}\right]}{\left[\sum_{\tau=0}^{T^*-1} \delta^{T-\tau}\right]}$ est décroissant avec T et croissant avec T^*, pour T faible et T^* proche de T, le biais de divergence peut décroître avec ε. Notons que les résultats du cas probabiliste montraient que ce cas correspondait à un plus faible biais de divergence. Par conséquent, en forçant un peu le trait, si le biais de divergence est élevé, une augmentation de l'incertitude scientifique aura tendance à l'accroître encore et inversement, s'il est faible, à le réduire. Quoi qu'il en soit, une plus grande incertitude scientifique ne conduit pas nécessairement à rapprocher les deux critères, ni à les éloigner.

6 Conclusion

Le modèle présenté est bien entendu simple, tant par la forme très spécifique de la fonction objectif retenue que par l'analyse psychologique développée. Notamment, nous postulons une forme linéaire de regret calculée par rapport à l'utilité intertemporelle à la date de l'élection. Cela implique que les flux d'utilité passés ne sont pas pris en compte. Il serait intéressant d'incorporer dans le critère du regret les dommages réalisés dans le passé. En affinant la formalisation du regret, ceci permettrait peut-être de mieux explorer les stratégies politiques qu'un décideur pourrait adopter pour réduire son risque de sanction.

Faute d'une construction théorique de la notion de regret, il est difficile de trancher sur la forme pertinente du regret. En particulier les théories du regret proposées par Bell (1985) ou Loomes et Sudgen (1982) en théorie de la décision individuelle ne nous permettent pas de justifier la spécification adoptée dans l'article. En effet, ceux-ci considèrent des choix simples sur des distributions de conséquences : *on regrette en comparant ce qu'on a obtenu par rapport à ce qu'on aurait pu obtenir.* Il n'y a qu'une période où on obtient une conséquence et il n'y a donc pas de suggestion sur la forme que le regret pourrait prendre dans un cas à plusieurs périodes. Sur le fond, le regret que ces théories exploraient avait également comme source « l'illusion rétrospective », mais dans un cadre d'incertitude probabilisée.

Les résultats obtenus montrent qu'il y a une divergence dans les choix. Notamment, nous montrons qu'un décideur soucieux du jugement rétrospectif de ses électeurs tend à prendre des choix plus précautionneux. Mais au total, les choix du second critère ne sont pas si différents. Ils ont une part de cohérence commune et leur divergence n'existe que pour des probabilités intermédiaires, c'est à dire justement des cas où la « meilleure décision » (au sens du premier critère) ne surclasse pas considérablement « la mauvaise décision ». On peut éventuellement suggérer que ce second critère soit moins mauvais qu'un critère alternatif de décision publique qui pour éviter de traiter un problème dans l'incertain commencerait par ne retenir qu'une des deux hypothèses scientifiques (le scénario du *best guess*) sur des bases plus ou moins arbitraires, pour se ramener à un problème de choix dans le certain.

Il ne faut toutefois pas trop spéculer sur la portée des résultats, vue la spécificité du problème économique traité et la nature particulière de l'incertitude scientitifique retenue. L'objectif premier de ce travail était de proposer une analyse formelle de deux modes de décision publique correspondant à des logiques différentes d'interprétation du principe de précaution.

References

Bell D. (1982), "Regret in decision making under uncertainty", *Operations Research*, 30, pp. 961-981.

Bell D. (1985), "Disappointment in decision making under uncertainty", *Operations Research*, 33, pp. 1-27.

Cheve M. et R. Congar (2003), « La gestion des risques environnementaux en présence d'incertitudes et de controverses scientifiques : une interprétation du principe de précaution », *Revue Economique*, 54, pp. 1335-1352.

Commission des Communautés européennes (2000), *Communication sur le principe de précaution*, Bruxelles.

Ellsberg D. (1961), "Risk, ambiguity and the savage axioms", *Quaterly Journal of Economics*, 75, pp. 643-669.

Gajdos T., J.M. Tallon et J.C. Vergnaud (2004), "Decision making with imprecise probabilistic information", *Journal of Mathematical Economics*, 40 (6), pp.647-681.

Gilboa I. et D. Schmeidler (1989), "Maxmin expected utility with a non unique prior", *Journal of Mathematical Economics*, 18, pp. 141-153.

Godard O. (2001), « Le principe de précaution face au dilemme de la traduction juridique des demandes sociales - Leçons de méthode tirées de l'affaire de la vache folle », *Cahier du Laboratoire d'Econométrie de l'Ecole Polytechnique*, n°2001-009.

Godard O. (2003), « Le principe de précaution comme norme de l'action publique, ou la proportionnalité en question », *Revue Economique*, 54, pp. 1245-1276.

Gollier C. (2001), "Should we beware of the precautionary principle ?", *Economic Policy*, 16, 33, pp. 301-328.

Gollier C., B. Jullien et N. Treich (2000), "Scientific progress and irreversibility : an economic interpretation of the precautionary principle", *Journal of Public Economics*, 75, pp. 229-253.

Henry C. et M. Henry (2002), "Formalization and applications of the precautionary principle", Discussion Papers n°2002-009, IRES, Université catholique de Louvain.

Kourilsky P. et G. Viney (2000), *Le principe de précaution*, rapport au Premier ministre, Odile Jacob.

Loomes G. et R. Sudgen (1982), "Regret theory : an alternative theory of rational choice under uncertainty", *Economic Journal*, 92, pp. 805-24.

Loomes G. et R. Sudgen (1987), "Some implications of a more general form of regret theory", *Journal of Economic Theory*, 41, pp. 270-287.

Moss R.H et S.H. Schneider (2000), "Uncertainties in the IPCC TAR : Recommendations to lead authors for more consistent assessment and reporting", in *Guidance Papers on the Cross Cutting Issues of the Third Assessment Report of the IPCC* (eds R. Pachauri et alii) World Meteorological Organization, Geneva, pp. 33-51.

Treich N. (2000), « Décision séquentielle et principe de précaution, *Cahiers d'économie et sociologie rurales*, n° 55-56.