



institut du développement durable et des relations internationales – 6, rue du Général Clergerie – 75116 Paris – France – Tél. : 01 53 70 22 35 – [iddri@iddri.org](mailto:iddri@iddri.org) – [www.iddri.org](http://www.iddri.org)

idées  
POUR LE DÉBAT

N° 11/2003 | ENTREPRISES ET BIENS PUBLICS

# État de la connaissance scientifique et mobilisation du principe de précaution

**Claude Henry** (Ecole polytechnique et Iddri, Paris)

**Marc Henry** (Columbia University, New York)

Claude Henry et Marc Henry ont présenté cette communication lors de la conférence qu'ils ont donnée, le 30 septembre 2003 à Paris, dans le cadre du séminaire Economie

de l'environnement et développement durable, co-organisé par l'Iddri et le MEDD.

Ce texte n'engage que ses auteurs. En mettant ce document en ligne sur son site,

l'Iddri a pour objectif de diffuser des travaux qu'il juge intéressants pour alimenter le débat.

**Tous droits réservés**



## Séminaire Développement durable et économie de l'environnement

Organisé par l'Iddri et la chaire Développement durable  
Ecole polytechnique – EDF

Paris, 30 septembre 2003

# Etat de la connaissance scientifique et mobilisation du principe de précaution

**Claude Henry**

*Ecole polytechnique et Iddri, Paris*

**Marc Henry**

*Columbia University, New York*

Le principe de précaution est invoqué dans un nombre croissant de conventions et de jugements internationaux, ainsi que de textes juridiques nationaux. Les formulations en sont variables, mais elles avancent toutes l'idée qu'il ne faut pas attendre pour prendre des décisions, particulièrement en matière d'environnement ou de santé publique, que la connaissance scientifique sur laquelle elles s'appuient soit complètement stabilisée.

### L'essence du principe de précaution

Ainsi la **Convention cadre des Nations unies sur le changement climatique** (1992) enjoint-elle aux parties «de prendre des mesures de précaution pour prévoir, prévenir ou atténuer les causes des changements climatiques et en limiter les effets néfastes. Quand il y a risque de perturbations graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique ne doit pas servir de prétexte pour différer l'adoption de telles mesures, étant entendu que les politiques et mesures qu'appellent les changements climatiques requièrent un bon rapport coût-efficacité, de manière à garantir des avantages globaux au coût le plus bas possible<sup>1</sup> ». L'élément original dans cette injonction est clairement que l'absence de certitude scientifique ne doit pas empêcher toute action de protection de l'environnement, ici du climat de la planète. Qu'une telle action doive avoir une efficacité en rapport avec son coût est un rappel utile mais banal, encore que l'évaluation de l'efficacité et du coût dépende de la connaissance scientifique sur la base de laquelle l'évaluation est conduite ; elle peut être rendue difficile, par exemple, par l'absence d'une distribution de probabilités bien définie pour rendre compte de l'incertitude affectant les effets néfastes à éviter et les coûts pour y parvenir ; ce point sera repris plus bas.

---

<sup>1</sup> Texte reproduit dans OCDE (2002).

En outre, il faut que le risque porte sur des « perturbations graves ou irréversibles » : si les seules perturbations envisageables sont bénignes, il n'y a en effet vraisemblablement pas lieu de se mobiliser à leur sujet, quel que soit le statut du risque ; en revanche, qu'il y ait des perturbations irréversibles à craindre peut être en soi un indice de gravité, car aucune correction ne pourra intervenir ultérieurement et aucun élément supplémentaire d'information ne pourra être utilisé (destruction de la valeur d'option<sup>2</sup>). Quoi qu'il en soit, ces deux conditions, de même que celle portant sur le rapport coût-efficacité, sont pertinentes, qu'il y ait ou non « absence de certitude scientifique » (l'incertitude qui est caractérisée par une distribution de probabilités objectives relève de la « certitude scientifique » ; c'est bien cette absence, et elle seule, qui est liée organiquement au principe de précaution. Des énoncés du principe qui s'y réfèrent dans des termes équivalents sont donc eux-mêmes essentiellement équivalents, de quelque façon qu'ils soient par ailleurs formulés.

Dans la **Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est** (Convention OSPAR, 1992), l'absence de certitude scientifique est définie plus précisément comme l'absence de « preuves concluantes d'un rapport de causalité entre les apports<sup>3</sup> et les effets » ; « concluantes » est utilisé dans le sens, implicite, d'une science complètement stabilisée. Dans la **Déclaration ministérielle de la troisième conférence internationale sur la protection de la Mer du Nord** (1990), l'idée est la même, à condition d'interpréter « preuve scientifique » d'une manière étroitement exigeante : « les participants continueront à mettre en œuvre le principe de précaution, qui est d'entreprendre une action pour éviter les effets potentiellement nocifs de substances qui sont persistantes, toxiques et susceptibles de bioaccumulation, même lorsqu'il n'existe aucune preuve scientifique mettant en évidence un lien causal entre les émissions et les effets<sup>4</sup> ». Que les substances en cause soient persistantes, toxiques et susceptibles de bioaccumulation, qualifie ici leur gravité.

Que le principe de précaution soit invoqué en l'absence de « certitude scientifique », ou de « preuves concluantes d'un rapport de causalité », n'indique pas sur quels éléments de diagnostic il doit s'appuyer. L'Organe d'appel de l'OMC donne quelques indications à ce sujet<sup>5</sup>, dans le jugement qu'il a rendu en dernière instance dans le conflit du « bœuf aux hormones » qui a opposé les Etats-Unis et l'Union européenne. Il le fait en se démarquant du jugement du panel qui avait examiné le différend en première instance :

*« To the extent that the Panel intended to refer to a process characterized by systematic, disciplined and objective inquiry and analysis, that is, a mode of studying and sorting out facts and opinions, the Panel's statement is unobjectionable. However, to the extent that the Panel purports to exclude from the scope of a risk assessment, in the sense of Article 5.1, all matters not susceptible of quantitative analysis by the empirical or experimental laboratory methods commonly associated with the physical sciences, we believe that the Panel is in error ».*

---

<sup>2</sup> Voir C. Henry (1974/1) et (1974/2).

<sup>3</sup> C'est-à-dire les apports d'énergie ou de substances susceptibles d'être nocives dans le milieu marin.

<sup>4</sup> Voir aussi OCDE (2002).

<sup>5</sup> C'est une démarche très rare dans les textes officiels.

## Une science incertaine : jusqu'à quel point ?

La science certaine, stabilisée, telle que le panel la réclamait à l'Union européenne pour justifier le refus d'importer du bœuf aux hormones, est bien illustrée par les deux exemples suivants, l'un en physique, l'autre en biologie. Lorsqu'un faisceau de particules, dans un accélérateur comme celui du CERN, entre en collision à très haute énergie avec une cible de noyaux atomiques, la nature des produits de collision et les trajectoires sur lesquelles ils s'éloignent des points d'impact sont prédites par la mécanique quantique en termes de probabilités objectives, lesquelles sont confirmées par les fréquences statistiques des observations dans les chambres à bulles en aval des collisions. Exemple en biochimie : parmi les très nombreuses protéines que comporte le corps humain, l'une, baptisée CCR5, lorsqu'elle se fixe sur la surface d'une cellule, ouvre une voie d'entrée dans la cellule au virus du sida ; cette propriété a été établie expérimentalement par des chercheurs des National Institutes of Health américains et de l'Université Libre de Bruxelles ; elle est aussi bien comprise théoriquement et elle est à la base de la mise au point d'une nouvelle ligne de médicaments qui empêchent l'ouverture de l'accès à l'intérieur de la cellule.

En contraste avec les caractéristiques de ces deux exemples, il est clair qu'il faut souvent prendre des décisions lourdes de conséquences en l'absence de connaissances scientifiques qui comporteraient une compréhension théorique complète des phénomènes en cause (les dépendances causales exactes, le cas échéant), ainsi que de vérifications expérimentales complètement convaincantes. Pensons par exemple aux différences entre ce qui est suspecté du rôle d'autres protéines, les prions, dans le déclenchement de l'ESB (« maladie de la vache folle ») et ce qui est connu de celui de CCR5 dans le développement du sida. De même, l'interaction des ondes émises par les antennes-relais de téléphonie mobile avec le cerveau humain<sup>6</sup> sont beaucoup moins bien connues que les interactions de particules dans un accélérateur.

Sur quelles bases rationnelles agir alors ? Comment caractériser et utiliser rationnellement des connaissances scientifiques incomplètes, une science incertaine ? Comment résister à la tentation de différer des décisions qui peuvent s'avérer urgentes – par exemple en raison de possibles effets irréversibles si rien n'est fait – sans pour autant céder à des illusions ou des chimères scientifiques, et tout en gardant dans toute la mesure du possible des degrés de liberté pour pouvoir faire ultérieurement usage de connaissances devenues plus précises ? Ces questions peuvent être résumées de la manière suivante : sous quelles conditions touchant à la nature de l'incertitude scientifique est-il pertinent d'invoquer le principe de précaution ? Car il ne suffit évidemment pas de dire, comme dans la Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques (1992), ainsi que dans de nombreux autres textes, que « l'absence de certitude scientifique ne doit pas servir de prétexte pour différer l'adoption de telles mesures » ; on ne peut pas rester purement négatif quant à l'évaluation de l'état de la science et des conditions de l'action.

C'est à partir de quatre dossiers, bien connus quant à l'ampleur de leurs conséquences, maintenant avérées ou seulement encore possibles, mais moins bien connus quant aux ressorts et à la chronologie scientifiques<sup>7</sup> des décisions qu'ils ont impliquées, que nous allons tenter de répondre aux questions que nous venons de poser. Nous allons caractériser et évaluer, aux étapes cruciales du déroulement de

---

<sup>6</sup> Voir Académie des Sciences (2001) ; de ce fait, les effets sur la santé humaine font l'objet de très vives controverses, personne n'ayant ni des éléments de modèle théorique, ni des données empiriques, permettant un jugement scientifiquement structuré.

<sup>7</sup> Nous n'insistons pas ici sur les autres aspects de ces processus de décision.

chacun, la science alors disponible, et la pertinence qu'il y aurait eu de mettre en œuvre le principe de précaution. Les deux premiers sont de notre point de vue essentiellement historiques<sup>8</sup> (ils ne le sont pas en ce qui concerne les conséquences humaines et économiques de décisions trop tardives) ; il s'agit de l'extraction et de l'utilisation de l'amiante d'une part, de l'administration d'antibiotiques aux animaux d'élevage comme promoteurs de croissance, d'autre part. Le troisième, l'ESB et sa variante humaine, est plus récent et reste plus incertain. Le dernier concerne l'avenir à long terme : le changement climatique.

## **Amiante**

En 1898, c'est-à-dire vingt ans après le début de l'exploitation de l'amiante, des inspecteurs médicaux des établissements industriels au Royaume-Uni ont établi des corrélations fortes entre des atteintes aux bronches et aux poumons et l'occupation de postes de travail exposés aux poussières d'amiante. En poussant plus avant leurs investigations, ils ont suggéré un lien de cause à effet : observées au microscope, les poussières d'amiante ont l'aspect de minuscules éclats de verre tranchants. En 1906, c'est en France, dans l'industrie textile, que des éléments concordants sont réunis : forte corrélation établie entre nombres anormaux de décès et conditions de travail exposées aux poussières d'amiante, exploration de liens de causalité. En 1911, des chercheurs britanniques exposent des rats à des atmosphères plus ou moins chargées en poussières d'amiante : leurs résultats s'accordent avec les observations antérieures chez les humains.

Cependant, la nature exacte des « maladies de l'amiante » n'était pas connue à l'époque. Cela n'a pas empêché, dès 1918, des compagnies d'assurance d'estimer les faits et les premières explications scientifiques qui étaient avancées suffisamment convaincants pour les amener à refuser de couvrir les travailleurs exposés à l'amiante. Les autorités publiques n'ont cependant pas suivi à l'époque : elles ont accepté l'argument des industriels qui faisaient valoir que, avec l'amélioration des conditions de travail, l'intensité de l'exposition diminuait, et donc aussi le risque de maladie. Jusqu'à quel point ? Personne n'en avait idée. Mais l'argument fut accepté ; cela faisait vingt ans (délai moyen de développement des maladies) de « gagnés » avant que des observations correspondant aux nouvelles conditions de travail puissent être faites. Sur cette base, les compagnies d'assurance reformulèrent des offres de couverture, sans anticiper à quel point elles auraient à regretter cette décision.

Dans les années 30, l'amiante a été clairement associée au cancer du poumon et, dans les années 50, au mésothéliome (forme par ailleurs très rare de cancer), cette fois dans des environnements qui n'étaient pas uniquement professionnels et avec des délais d'apparition beaucoup plus courts. Mais il a encore fallu quarante ans, et des dizaines de milliers de malades et de morts, avant que les conséquences pratiques de ces résultats scientifiques aient été tirées. Ce n'est manifestement pas l'état de la connaissance scientifique qui peut justifier de tels délais.

## **Antibiotiques comme promoteurs de croissance**

Les problèmes soulevés par les antibiotiques ajoutés à la nourriture des animaux d'élevage sont moins spectaculaires, mais non moins significatifs. Que l'administration d'antibiotiques, à doses subthérapeutiques, favorise la croissance a été reconnu

---

<sup>8</sup> Leurs chronologies détaillées font l'objet de deux chapitres dans European Environment Agency (2001).

au début des années 50, et rapidement exploité à grande échelle en Europe et en Amérique du Nord. Cela pouvait-il présenter des dangers ? La théorie darwinienne suggérait une réponse positive ; dans un autre contexte – mais l'avertissement avait une portée générale – ? Alexandre Fleming avait lui-même mis en garde contre une utilisation incontrôlée de la pénicilline car, disait-il dans une interview au *New York Times* en 1945, « les microbes seraient éduqués à résister à la pénicilline ».

Mais cette référence à la sélection naturelle, aussi pertinente fût-elle, restait trop générale ; elle suggérait une voie d'investigation, mais ne pouvait pas être en elle-même le support scientifique d'une stratégie de précaution. En particulier, il fallait comprendre les effets de l'administration d'un antibiotique sur l'efficacité d'un autre, dans la mesure où, à plusieurs antibiotiques utilisés comme additifs nutritionnels, correspondaient des antibiotiques thérapeutiques, utilisés en médecine vétérinaire ou humaine ; deux antibiotiques sont, en ce sens, correspondants s'ils ont des structures moléculaires et des modes d'action voisins. En 1968 ? on disposait d'assez de données expérimentales positives à ce sujet pour que, sur les bases théoriques et empiriques ainsi disponibles, une commission mise en place par le gouvernement britannique sous la présidence du professeur Michael Swann recommande l'interdiction en alimentation animale de trois antibiotiques spécifiques, en raison de leurs affinités avec des antibiotiques utilisés ou récemment approuvés en médecine humaine. Ces recommandations n'ont pas été contestées, sauf dans les milieux agricoles et par les entreprises pharmaceutiques. Elles sont néanmoins restées lettre morte au Royaume-Uni comme dans l'Union européenne en général.

C'est d'abord en Suède, pas avant 1997 cependant, que les choses ont basculé. Dans ce pays, de plus en plus d'agriculteurs se sont inquiétés de perdre progressivement la confiance des consommateurs. Une commission mise en place par le gouvernement suédois a rapidement produit un rapport reconnaissant « que le risque d'une résistance croissante associée à l'usage généralisé d'antibiotiques comme facteurs de croissance est loin d'être négligeable et que les conséquences potentielles pour la santé humaine et animale sont sérieuses ». La commission suédoise soulignait que la connaissance scientifique était suffisante pour justifier ces conclusions, même si les liens de causalité entre absorption d'un antibiotique par des animaux et résistance à un autre antibiotique dans l'organisme des consommateurs de ces animaux n'étaient pas tous élucidés. Sur cette lancée, le Conseil européen des ministres de l'agriculture a interdit, en 1998, quatre antibiotiques dans l'alimentation animale (dont deux déjà identifiés trente ans plus tôt par la commission Swann), en présentant sa décision comme « une mesure de précaution visant à minimiser le risque de développement de bactéries résistantes et à préserver l'efficacité de certains antibiotiques utilisés en médecine humaine ».

Dans les deux cas, amiante et antibiotiques, il semble qu'une base scientifique appropriée ait été disponible bien avant que des décisions adéquates aient été prises. Cette base était appropriée en ce sens qu'il existait un modèle théorique, sans aucun doute incomplet mais rendant compte des éléments fondamentaux de la réalité, et par ailleurs en accord avec des données empiriques non anecdotiques ; c'est d'ailleurs sur des bases scientifiques comparables, voire plus ténues, que des décisions médicales sont fréquemment prises. Nous devons cependant reconnaître que cette appréciation est fondée sur des histoires achevées, dont le dénouement éclaire la portée des étapes antérieures. Nous allons maintenant nous priver de cet avantage en considérant l'ESB et le changement climatique.

## L'ESB au Royaume-Uni

Le premier cas identifié d'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB) a été porté à la connaissance des autorités britanniques en 1986. A l'époque, on n'en comprend pas davantage l'origine biologique que pour la tremblante du mouton ; cette maladie, observée depuis des siècles, semble avoir une parenté avec l'ESB. Il apparaît bientôt que l'ESB pourrait être liée à une alimentation des bovins à base de farines animales<sup>9</sup>.

Face à cette situation, le ministère de l'agriculture a certes pris des mesures prophylactiques, dans la mesure cependant où elles ne risquaient pas d'effrayer les consommateurs. Ce que le rapport Phillips<sup>10</sup> qualifie ainsi : « les fonctionnaires et les ministres suivirent une approche dont l'objet était en quelque sorte de mettre l'opinion sous tranquilisant ». Fonctionnaires et ministres – y compris les responsables de la santé – sont restés longtemps convaincus que l'ESB ne pouvait pas contaminer l'homme, en raison de l'existence d'une barrière des espèces. C'était une croyance scientifique bien ancrée, qui, jusque-là, n'avait pas été soumise à une véritable expérimentation et qu'aucun développement de la biologie moléculaire ne venait corroborer. Quoi qu'il en soit, il fallait absolument éviter que « le public réagisse de façon irrationnelle ».

Cette croyance en une barrière des espèces a été mise à mal en 1990, lorsque des chercheurs du Royal Veterinary College sont parvenus à inoculer l'ESB à des souris et surtout lorsque, peu après, d'autres chercheurs à l'université de Bristol ont contaminé un chat domestique. Plus grave encore, des cas de maladie de Creutzfeld-Jacob sont apparus chez l'homme en nombre inhabituel ; les symptômes ne sont d'ailleurs pas exactement ceux de cette maladie rare ; en particulier, ce sont systématiquement des personnes jeunes qui sont atteintes. Enfin un biologiste américain, le professeur Prusiner, identifie une famille de protéines, qu'il appelle prions, à propos desquelles il émet l'hypothèse qu'elles pourraient être les agents à la fois de l'ESB et du nouveau variant de la maladie de Creutzfeld-Jacob. C'est une hypothèse révolutionnaire, mais qu'il parvient progressivement à étayer sur le plan tant expérimental que théorique<sup>11</sup>.

Il devient de plus en plus difficile pour les officiels britanniques de s'en tenir à une politique de mesures contraintes par l'impératif de ne pas effrayer les consommateurs. D'ailleurs, la presse accueillait plus volontiers des explications de scientifiques indépendants que des comités d'experts officiels. Néanmoins, le Premier ministre John Major, en décembre 1995, se voulait toujours rassurant : « Il n'existe aucune preuve selon laquelle la maladie puisse se transmettre à l'homme ». Au sens littéral de preuve, c'est exact ; mais c'était ignorer des présomptions scientifiques de plus en plus fortes et de mieux en mieux établies. Le ministère de l'agriculture enfonçait le clou dans un dépliant d'information distribué en février 1996 : « Il n'y a aucune preuve de lien entre l'ESB et la maladie de Creutzfeld-Jacob ; le comité d'expertise indépendant considère que le bœuf britannique est sans danger ».

C'est pourtant ce même comité d'expertise « indépendant » qui, le 16 mars 1996, cédait devant ce qui était devenu le corps de connaissances scientifiques le plus solide disponible à ce moment : il était impossible d'expliquer l'apparition du nouveau variant de la maladie de Creutzfeld-Jacob autrement que par une contamination à partir de l'ESB. Une telle contamination n'était plus inconcevable ; la croyance en une

---

<sup>9</sup> Fabriquées à partir de rebuts d'abattoir.

<sup>10</sup> Rapport de la commission d'enquête réunie en 1997 par le gouvernement britannique sous la présidence de Lord Phillips of Worth Matravers ; voir Phillips *et al.*, 2000.

<sup>11</sup> Suffisamment pour que le prix Nobel de médecine lui soit décerné en 1997.

barrière entre les espèces s'était écroulée. Le 20 mars 1996, le ministre de la santé transmet ce message à la Chambre des Communes. Ainsi que l'indique le rapport de la Commission Phillips : «la réaction du public fut qu'il avait été trompé, délibérément trompé par les pouvoirs publics». Trop d'assurances catégoriques avaient été données, sur une base scientifique très insuffisante, pour que ces révélations, beaucoup plus solidement étayées scientifiquement ne provoquent pas des réactions plus dévastatrices que celles que, pendant des années, on avait voulu éviter en rassurant l'opinion. Et quand, plus tard, l'embargo sur le bœuf britannique, décidé la même année par le Conseil des ministres de l'Union européenne, est attaqué par le Royaume-Uni devant la Cour de justice des Communautés européennes, celle-ci a confirmé la décision au nom du principe de précaution.

## Changement climatique

La base scientifique est ici fournie par les travaux du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC, en anglais IPCC). Le changement climatique se manifesterait principalement par des températures plus élevées, des cycles hydrologiques plus accentués et plus chaotiques, une hausse du niveau des mers, et de possibles «surprises»<sup>12</sup>, comme par exemple l'affaiblissement de circulations thermohalines<sup>13</sup>. Pour estimer ces effets, le GIEC a distingué six scénarios d'émissions de gaz à effet de serre – les gaz dont l'accumulation dans la haute atmosphère est à l'origine du changement climatique –, qu'il insère dans plusieurs modèles climatiques. Les principaux résultats, rapportés dans le troisième rapport GIEC (2001), le plus récent, sont les suivants.

- La concentration de CO<sub>2</sub> (le principal gaz à effet de serre) dans la haute atmosphère s'établirait, en 2100, dans une fourchette comprise en 540 et 970 ppm, soit 1,5 à 2,7 fois le niveau en 1990<sup>14</sup>.
- Entre 1990 et 2100, la température moyenne du globe augmenterait de 1,4° C à 5,8° C.
- Le niveau moyen des mers monterait de 0,09 à 0,88 mètres pendant la même période.

Ces changements seraient plus importants que tout ce que la planète a connu depuis au moins 10 000 ans, et trop rapides pour permettre à la faune et surtout à la flore de s'adapter en bon ordre. Localement, ils pourraient être encore plus marqués (désertification accélérée ou, au contraire, augmentation spectaculaire d'événements pluvieux violents, remontée vers le nord des maladies parasitaires, etc.), mais l'incertitude sur leur répartition géographique reste encore trop grande pour que des cartes puissent sérieusement être proposées.

Pourquoi de tels intervalles d'incertitude ? Parce que de nombreux facteurs critiques sont fondamentalement incertains : l'intensité des émissions de gaz à effet de serre (ainsi, par exemple, entre 1990 et 2000, les émissions de CO<sub>2</sub> ont-elles été sensiblement plus importantes qu'on ne l'avait imaginé au début de la décennie), l'impact des nuages et des aérosols (ainsi a-t-on découvert que, paradoxalement, on aura à regretter, du point de vue de l'évolution du climat, la diminution des émissions

---

<sup>12</sup> Événements dont il est particulièrement difficile de caractériser le degré d'incertitude.

<sup>13</sup> Le cas le plus souvent cité est l'affaiblissement du flux de chaleur transporté vers l'Europe par le Gulf Stream.

<sup>14</sup> Année de base retenue dans le Protocole de Kyoto ; sur l'économie de celui-ci, voir R. Guesnerie (2003).

de SO<sub>2</sub> et de NO<sub>x</sub>, car la présence de ces gaz dans la basse atmosphère tend à réduire l'effet de serre), la capacité des océans à stocker le CO<sub>2</sub> (s'il y avait, ce qu'on ne sait pas, un seuil à partir duquel les océans, au lieu de continuer à stocker du CO<sub>2</sub>, se mettraient à en dégager, le rythme de concentration dans l'atmosphère s'accélérerait fortement), la capacité de nouvelles technologies à stocker en grandes quantités le CO<sub>2</sub> dans le sol ou dans des roches (certains chercheurs nourrissent de grands espoirs à ce sujet), et, bien entendu, la variabilité naturelle du climat.

Aux amplitudes possibles de ces facteurs critiques, aucune distribution de probabilités – qu'elle soit objective ou subjective – ne peut être directement<sup>15</sup> associée ; et il en est évidemment de même pour les manifestations du changement climatique recensées ci-dessus. En ce sens, la science du changement climatique est incertaine. Mais elle est suffisamment structurée et informée par des observations empiriques (fussent-elles celles des carottes glaciaires où du CO<sub>2</sub> fossile se trouve piégé) pour qu'on puisse, en confiance, fixer des bornes à cette incertitude. Ces bornes ne sont pas fournies par la forme canonique d'investigation scientifique conduite dans les conditions contrôlées d'un laboratoire, à la lumière d'une théorie stabilisée et exhaustive, mais elles résultent cependant d'un processus de production scientifique méthodique, systématiquement soumis à la critique, qui ne laisse aucune place aux illusions scientifiques ou aux prophéties incontrôlables.

Le GIEC est un groupe international d'experts scientifiques, travaillant sous l'égide de l'ONU et de l'Organisation météorologique mondiale. Ces scientifiques sont choisis par leurs pairs, pays par pays, et simplement confirmés par leurs gouvernements respectifs. Leur travail est organisé en sous-groupes par domaine d'investigation ; ces sous-groupes confrontent leurs résultats puis les rassemblent dans des rapports publiés périodiquement (1990, 1995, 2001). Pour ce faire, ils collectent dans le monde entier les données pertinentes disponibles, suscitent la production de données nouvelles en tant que de besoin et, sur cette base, mobilisent leur compétences respectives (en physique, chimie, biologie, écologie, économie, etc.) pour évaluer les composantes et les conséquences du changement climatique.

Tout ceci tend à indiquer que le processus, continu, d'investigation du GIEC contribue à la connaissance scientifique de l'évolution du climat d'une manière rigoureuse, systématiquement organisée et contrôlée, tant du point de vue théorique qu'empirique. Le physicien J. Ziman (2000) caractérise la crédibilité scientifique de la manière suivante : « *The credibility of science depends as much on how it operates as a collective social enterprise as it does on the principles regulating the type of information that this enterprise accepts and transforms into knowledge* ». Il semble que les travaux du GIEC se situent favorablement sur les deux échelles.

Il est donc d'autant plus remarquable que le gouvernement des Etats-Unis les rejettent comme non fondés scientifiquement. L'administration Bush a récemment produit un plan de son cru pour mieux connaître les perspectives du changement climatique et y faire face. Ce plan a été examiné par un panel d'experts réunis par la National Academy of Sciences. Selon le *New York Times* (1<sup>er</sup> mars 2003) : « [The panel described Mr Bush's plan as a redundant examination of issues that had largely been settled; bereft of vision, executable goals and timetables – in short, little more than a cover-up for inaction ». C'est-à-dire exactement ce que le principe de précaution, lorsqu'il est invoqué – dans les conditions scientifiques adéquates, que nous nous sommes efforcés de caractériser – doit permettre d'éviter.

---

<sup>15</sup> Une association indirecte, dans un modèle de décision, d'un ensemble de distributions de probabilités, peut par contre être possible ; voir ci-dessous.

## Perspective de théorie de la décision et conclusion

On aurait pu multiplier les champs d'investigation – chlorofluorocarbones et couche d'ozone, maladies induites par les PCB, épuisement des ressources halieutiques dans certains secteurs des océans, etc. –, on aurait toujours identifié, à une certaine marge près, un seuil de connaissance scientifique à la fois théorique et empirique, à partir duquel il paraît justifié de déclencher la mise en œuvre du principe de précaution. Et on aurait toujours observé le retard, souvent d'ampleur et de conséquences considérables (à cet égard, l'ESB fait figure d'exception), entre le moment où ce seuil est franchi et le moment où une action appropriée est engagée<sup>16</sup>.

On est ainsi sur la piste d'un critère de décision. Est-il justifié ? Il faut, pour répondre à cette question, pouvoir l'intégrer à un modèle fourni par la théorie de la décision.

Le modèle de décision économique classique, qui sert de base à l'assurance et à la prévention des risques, est celui de von Neumann-Morgenstern-Savage. Il postule l'équivalence entre une relation de préférence entre différentes actions à mener possibles (satisfaisant certaines propriétés dont celle « d'indépendance » dont il sera question plus loin) et une échelle d'espérance d'utilité. L'espérance est calculée par rapport à une loi de probabilités unique qui agit sur l'ensemble des événements possibles (l'espace d'état dans la terminologie de Savage).

La version descriptive de ce modèle (que nous appellerons « modèle de base ») interprète cette loi de probabilités comme une représentation subjective de la vraisemblance relative des divers événements, tandis que sa version prescriptive identifie cette loi de probabilités à l'information objective du décideur concernant la vraisemblance des événements possibles.

Une « information » objective de cette forme définit une situation de risque précise, et les décisions collectives dans le contexte d'une telle situation sont du domaine de la prévention. Nous parlerons alors d'une situation de risque ou d'une exposition au risque, et nous identifierons la loi de probabilités à un « profil de risque », étant bien entendu qu'une exposition au risque ne se distingue pas d'une situation ou plusieurs profils de risque sont envisagés, chacun étant doté d'un niveau de vraisemblance (car l'usage d'une telle probabilité de deuxième ordre permet de se ramener au cas précédent).

Les cas qui nous occupent ici se départissent de ce contexte en ce sens que l'information objective (ou « scientifique ») dont le décideur dispose ne peut se résumer, ou même se représenter de manière approchée, par une loi de probabilités sur l'espace d'état, quand bien même ce dernier serait bien défini. Le modèle de base ne peut donc s'appliquer directement, car le décideur ne dispose pas d'un profil de risque unique.

L'introduction du troisième rapport du GIEC met cette situation en lumière dans la classification des conclusions scientifiques qu'il propose. Certains scénarios événementiels sont dotés d'un niveau de vraisemblance issu de recoupements de nombreuses expériences et simulations fondées sur des théories qui font l'unanimité parmi les membres du groupe. Ces conclusions définissent donc une exposition au risque et le profil de risque correspondant constitue une « information scientifique

---

<sup>16</sup> Dans des cas plus rares, deux modèles scientifiques, tous deux structurés théoriquement et tous deux en accord avec certaines données empiriques, peuvent se trouver en compétition. Nous n'étudierons pas ici les répercussions sur le principe de précaution, qui méritent une étude autonome.

précise ». Les conclusions du rapport qui ne tombent pas dans cette catégorie constituent l'« information scientifique imprécise », et le rapport du GIEC les répartit selon les dimensions suivantes : degré d'accord des scientifiques du groupe sur la théorie scientifique correspondante (de très controversée à très consensuelle, mais pas unanime), et niveau de corroboration expérimentale (en données réelles ou simulées) de la théorie (de très faible à très élevé, mais non concluant).

Comment guider la décision dans de telles situations où l'exposition au risque n'est pas, ou n'est que partiellement précisée ?

Pour tenter de répondre à cette question, il est utile de se tourner vers les développements récents de la version subjective du modèle de base, développements motivés en grande partie par l'incompatibilité entre le comportement des décideurs individuels postulé par le modèle (les "propriétés" à priori du pré-ordre de préférences) et un fait stylisé généralement connu sous le nom de paradoxe d'Ellsberg. Ce fait stylisé, produit de recoupements de nombreuses expériences en laboratoire, indique que les comportements observés tendent à violer la propriété d'indépendance, qui postule qu'une modification identique de deux actes ne modifie pas l'ordre de préférence entre ces derniers.

La propriété d'indépendance est directement liée à la représentation de la vraisemblance des événements possibles à l'aide d'une unique loi de probabilités, et donc à la représentation de l'incertitude par un profil de risque unique. C'est donc cette propriété qui est abandonnée dans les généralisations du modèle de base, la forme la plus faible étant proposée par Ghirardato, Maccheroni et Marinacci (2003) : la propriété d'indépendance ne s'applique alors qu'aux modifications par des actes constants (un acte constant est un acte dont la conséquence n'est pas incertaine).

Il existe alors une restriction maximale unique de la relation de préférence du décideur qui satisfait la propriété d'indépendance, mais cette restriction n'est bien sûr pas complète (certaines actions ne sont pas comparables). De manière analogue à la représentation des préférences dans le modèle de base, cette restriction se représente par l'unanimité de Bewley, c'est-à-dire qu'un acte est préféré à un autre si, et seulement si, son espérance d'utilité est supérieure, quel que soit le profil de risque utilisé pour calculer l'espérance, parmi une famille de profils de risque, que nous appellerons ensemble de profils de Bewley, en référence à Bewley (1986).

Les actes non comparables à l'aide de la restriction qui satisfait la propriété d'indépendance (c'est-à-dire à l'aide de l'unanimité de Bewley) sont bien évidemment ceux pour lesquels tous les profils de risque envisagés ne conduisent pas à un classement unanime par le calcul de l'espérance d'utilité. Cependant, l'ensemble de profils de Bewley conserve sa prégnance théorique, car deux actes non comparables par l'unanimité de Bewley, le sont par une moyenne pondérée de la plus faible et de la plus forte espérance d'utilité (quand le profil parcourt l'ensemble de profils de Bewley).

La représentation des préférences dans ce modèle très général permet une distinction entre la perception de l'incertitude et l'attitude du décideur à l'égard de l'incertitude. La perception de l'incertitude est représentée non plus par un profil de risque unique, mais par l'ensemble de profils de Bewley. Quant à l'attitude du décideur à l'égard de l'incertitude, elle a deux composantes : la traditionnelle attitude face au risque, qui se retrouve dans la forme de la fonction d'utilité ; l'attitude à l'égard de l'incertitude quant au véritable profil de risque, souvent appelée ambiguïté, qui se retrouve dans la pondération du minimum et du maximum d'espérance d'utilité.

La pondération n'est en général pas constante, mais dépend du degré d'ambiguïté perçu attaché à un acte donné, sachant que le degré d'ambiguïté est défini par la

relation d'équivalence suivante : à deux actes est associé le même degré d'ambiguïté si on peut, en les combinant avec des actes constants, les rendre comparables par le critère d'unanimité de Bewley.

Cette distinction entre perception et attitude à l'égard de l'ambiguïté est précieuse si l'on désire donner une interprétation prescriptive à ce modèle généralisé, car elle permet d'associer l'ensemble de profils de Bewley à l'information scientifique mise à la disposition du décideur – Jaffray (1989) lui donne une forme particulière en utilisant une fonction de croyance à la Dempster.

Une interprétation prescriptive n'est effective que si l'on dispose d'un moyen (estimation économétrique, considérations éthiques) de déterminer la fonction de pondération à utiliser, de même que l'on détermine la fonction d'utilité. Cette tâche est bien entendu très (probablement trop) simplifiée si l'on adopte des propriétés a priori du comportement sous lesquelles cette pondération est constante. Cette dernière peut alors s'interpréter comme un degré de pessimisme, d'autant plus grand que l'on donne plus de poids dans la décision à l'espérance d'utilité calculée dans le pire des cas envisagés – la version extrême étant le maxmin de Gilboa et Schmeidler (1990).

Dans ce cas, la procédure de décision peut être simplifiée (ou plus exactement le calcul de la décision optimale) à l'aide d'un théorème minimax qui permet de résoudre le problème classique pour un profil donné, et ensuite de choisir le profil qui minimise la fonction des profils ainsi obtenue. Ceci revient à sélectionner un profil de risque dans l'ensemble des profils de Bewley – celui qui maximise l'entropie généralisée décrite dans Henry (2002) – et de choisir ensuite l'acte qui maximise l'espérance d'utilité relative à ce profil.

Cependant, il est bien entendu que cette procédure devient en général sous-optimale si le profil n'est pas sélectionné ainsi ou si la pondération n'est pas constante, c'est-à-dire si l'on tente de forcer le modèle de décision classique dans un contexte qui ne s'y prête pas – un comportement que l'on peut qualifier de non précautionneux, selon la terminologie de Henry et Henry (2002). Un autre critère de décision que l'on peut qualifier de non précautionneux dans ce contexte est le critère qui consiste à considérer un acte de référence – *business as usual* selon la terminologie de Henry et Henry (2002) – et de ne l'abandonner qu'à la faveur d'un acte qui lui est comparable par l'unanimité de Bewley.

Ces définitions de critères de décision non précautionneux permettent de circonscrire la modélisation du principe de précaution. Elles semblent assez bien décrire un aspect au moins des failles dans la décision collective identifiées dans presque tous les cas développés plus haut.

## **Bibliographie**

- Académie des Sciences, 2001. Communication mobile – Effets biologiques. Paris, Editions Technique et Documentation
- Bewley T., 1986. Knightian decision theory, Part I. Cowles Foundation Discussion Paper 807
- European Environment Agency, 2001. Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000. Environmental issue report n° 22, EEA, Copenhagen
- P. Ghirardato, F. Maccheroni, M. Marinacci, 2002. Ambiguity from the differential viewpoint. Working Paper n° 17/2002, ICER ([www.icer.it](http://www.icer.it)).
- Gilboa I. & Schmeidler D., 1989. Maxmin Expected Utility with Non Unique Prior, Journal of Mathematical Economics 18, 141-153.
- Guesnerie R., 2003. Kyoto et l'économie de l'effet de serre. Rapport du Conseil d'analyse économique n° 39, Paris, La Documentation française.
- Henry C., 1974. Investment decisions under uncertainty: the irreversibility effect. The American Economic Review, 64 : 1006-1012.
- Henry C., 1974. Option values in the economics of irreplaceable assets. The Review of Economic Studies, Symposium : 89-104.
- Henry C. et M. Henry, 2002. Formalization and Applications of the Precautionary Principle. Cahiers du Laboratoire d'économétrie de l'Ecole polytechnique 2002-008.
- Henry M., 2002. Generalized Entropy Measures of Ambiguity and their Measurement. Mimeo, Columbia University.
- Jaffray, J.-Y., 1989. Linear Utility with Belief Functions. Operations Research Letters 8, 107-112
- Lord Phillips of Worth Matravers, J. Bridgeman, M. Ferguson-Smith, 2000). The BSE Inquiry. House of Commons, London, HMSO.