

## Principe de précaution et indéterminisme métaphysique

Le 21 juin 2006

Frédéric Malaval

En réaction aux controverses suscitées par le réchauffement climatique, l'introduction du principe de précaution dans la législation est la réponse apportée par les juristes à l'indéterminisme métaphysique qui s'impose dans les sciences.

### L'indéterminisme métaphysique

*« Bon gré, mal gré, les scientifiques ont dû, en quelques décennies, apprendre à travailler avec l'incertain. Mais le plus remarquable, c'est que cette révolution culturelle du XXème siècle n'a pas débouché sur une simple acceptation de leur impuissance (...). La recherche moderne fait mieux que cohabiter avec l'incertain, elle l'apprivoise, le domestique, l'utilise ».*

Recensant quelques résultats en mathématiques et en physique à l'origine de ce que Karl Popper (1902-1994) qualifiait d'indéterminisme métaphysique, Jean-Jacques Duby, ancien directeur de Supélec, exprime dans le magazine 'Pour la science' que les scientifiques doivent désormais intégrer l'incertain dans leurs modèles. Cette posture revient à abandonner le rêve laplacien d'une connaissance ontologique. En appui à ce constat, Jean-Jacques Duby cite la mécanique statistique du physicien Ludwig Boltzmann (1844-1906), le traitement du problème à  $n$  corps par Henri Poincaré (1854-1912), et bien sûr, le principe d'incertitude de Heisenberg qui fonde la mécanique quantique. Quittant le monde des physiciens, il évoque aussi les travaux mathématiques de Bertrand Russell (1872-1970), de Kurt Gödel (1906-1978) et d'autres, conclus par le théorème de Church qui démontre qu'il n'existe pas de procédés automatiques pour démontrer un théorème. Enfin, il cite l'apport de Gregory Chaitin montrant les limites à formaliser un nombre, baptisé oméga, parfaitement défini, mais incalculable.

C'est en s'appuyant en partie sur le travail de ce dernier que Jean-Paul Delahaye, d'une manière plus brutale, affirme que la science du XXème siècle a découvert ses propres limites. Jean-Jacques Duby, en revanche, est plus mesuré. Il conclut son article, paraphrasant Carl Jacobi (1804-1851), en soulignant que l'honneur de l'esprit humain est de ne se déclarer vaincu par l'incertain, mais au contraire d'admettre la puissance de cet éternel adversaire de la science et surtout, de l'apprivoiser pour l'utiliser.

Prenant acte des conséquences épistémologiques de l'évolution des mathématiques et de la physique une majorité d'auteurs comme Jean-Jacques Duby refuse d'abandonner l'espérance ontologique alors que d'autres auteurs, comme Jean-Paul Delahaye, vont plus loin en envisageant la fin de la science, ou pour le moins la nécessité d'envisager un autre paradigme de la connaissance.

C'est dans la seconde moitié du 19<sup>ème</sup> siècle que les premières brèches apparurent dans la physique mathématique classique. Pilier de la science moderne, celle-ci avait acquis sa suprématie par son pouvoir prédictif. Le calcul de l'amplitude et de l'heure des marées, la prévision du mouvement des planètes en sont les points d'orgue. La découverte de la planète Neptune par Urbain Le Verrier

(1811-1877) en 1846 en est la réussite la plus exemplaire. Par le calcul, l'astronome détermina l'emplacement d'une planète qui fut observée en se conformant à ses indications. Mais peu de temps après ces succès, face à l'impossibilité de fonder une théorie des gaz à partir de la mécanique, discipline dominante de la physique, L. Boltzmann, partant des travaux de James Clerk Maxwell (1831-1879), fut obligé de définir la loi de répartition des vitesses des constituants pour rendre compte de l'état du gaz à chaque instant. Préfigurant la théorie des quanta, il émit l'hypothèse que l'énergie cinétique de  $n$  molécules ne peut prendre que des valeurs discrètes et finies, multiples d'un certain quantum. Il définit l'état du gaz par l'ensemble des nombres  $n$  et précisa la probabilité relative de cet état. Il montra que le logarithme de la probabilité coïncide avec l'entropie  $S$ , à un facteur et à une constante  $k$  près, dans l'état d'équilibre thermodynamique. Pendant tout processus irréversible, cette probabilité croît de façon continue. Or, cette conclusion contrariait les présupposés épistémologiques de la physique mécaniste. En effet, cette approche probabiliste substituait à une conception ontologiste de la matière une dimension stochastique à l'origine de l'expression de mécanique statistique dont Boltzmann est considéré comme le précurseur. Son œuvre participe à l'émergence de la mécanique quantique qui la première plante un coin dans le corpus philosophique issu de l'étude du mouvement des orbites. Les plus audacieux émettent même l'hypothèse que Boltzmann refusa les conséquences épistémologiques de ses découvertes et qu'il se suicida de dépit.

A la même époque, Henri Poincaré, mais cette fois-ci sans sortir du cadre épistémologique de la mécanique, résolut le problème de l'intégration des trois corps en démontrant que cela n'était pas possible. Il fut parmi ceux qui formalisèrent le mieux les problématiques posées et leurs enjeux en remarquant dès 1899 que, même quand les lois de la mécanique classique s'appliquent, comme dans le problème des trois corps en mécanique céleste, la prédiction n'est pas toujours assurée.

Les problèmes posés par la dynamique des systèmes à  $n$ -corps figurent parmi les défis majeurs lancés à l'analyse mathématique dont les succès les plus manifestes concernent l'évolution des systèmes à 2 corps. Le premier grand ouvrage de Pierre Simon de Laplace (1749-1827), intitulé "Théorie du mouvement et de la figure elliptique des planètes" (1784), utilisa le fruit de recherches antérieures sur l'intégration des systèmes d'équations différentielles et la théorie des séries pour formaliser, par les mathématiques, les mouvements de planètes. Cet auteur s'intéressa au problème des trois corps reconnu par Leonhard Euler (1707-1783), Alexis Clairaut (1713-1765) et Jean d'Alembert (1717-1783) comme la pierre d'achoppement d'une théorie correcte du mouvement des planètes; la solution exprimée par les lois de Kepler ne convient qu'à un système de deux corps s'attirant mutuellement. Dans le prolongement des travaux de ses prédécesseurs, H. Poincaré détermina les conditions d'intégrabilité de ces systèmes à  $n$ -corps et conclut à leur non intégrabilité. En termes communs, cela signifie qu'il n'est pas possible de retracer l'évolution d'un système dynamique, c'est à dire son passé et son futur, autrement que pour les systèmes à 2 corps.

Le principe d'incertitude de Heisenberg, en revanche, établit formellement un des fondements de la mécanique quantique, à savoir que la localisation d'un système atomique dans l'espace et le temps et la détermination de son état de mouvement ne peuvent se faire dans une même opération qu'au prix de limitations réciproques dépendant du quantum d'action. Il n'est donc pas possible de connaître simultanément la vitesse et la position d'une particule. Par ce résultat, Werner Heisenberg (1901-1976) contribua, avec d'autres fondateurs de la mécanique quantique, à une profonde transformation de la théorie de la connaissance développée dans le sillage des réflexions de Laplace qui résulte de la forme essentiellement statistique des lois de la mécanique quantique. L'intuition épistémologique de Boltzmann était confirmée.

L'étude de l'infiniment petit bouleversa les présupposés épistémologiques adoptés avec la mécanique classique. Ceux-ci se résument à trois propositions qui fondent la physique classique: déterminisme, objectivité, complétude. Cette posture intellectuelle trouve ses racines dans l'œuvre de Pierre Simon de Laplace et notamment dans son "Essai philosophique sur les probabilités" (1814) qui constitue tout à la fois le socle sur lequel s'édifie le paradigme classique et l'aboutissement de la philosophie engendrée par l'étude du mouvement des orbes: *"Tous les événements, ceux mêmes qui par leur petitesse semblent ne pas tenir aux grandes lois de la nature, en sont une suite aussi nécessaire que les révolutions du soleil. Dans l'ignorance des liens qui les unissent au système entier de l'univers, on les a fait dépendre des causes finales, ou du hasard, suivant qu'ils arrivaient et se succédaient avec régularité, ou sans ordre apparent; mais ces causes imaginaires ont été successivement reculées avec les bornes de nos connaissances, et disparaissent entièrement devant la saine philosophie, qui ne voit en elles que l'expression de l'ignorance où nous sommes des véritables causes (...). Nous devons donc envisager l'état présent de l'univers comme l'effet de son état antérieur, et comme la cause de celui qui va suivre.*

*Une intelligence qui pour un instant donné connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome: rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir, comme le passé, serait présent à ses yeux."*

Le paradigme classique postule un réel intelligible, ordonné et accessible dans sa totalité à l'esprit humain. Or, le principe d'incertitude de Heisenberg oblige à abandonner le déterminisme, car l'impossibilité de connaître les valeurs initiales d'un système, en l'occurrence une particule élémentaire, casse l'espoir d'une prédictabilité. La majorité des scientifiques refusèrent les conclusions philosophiques induites par la mécanique quantique imposant un indéterminisme métaphysique préalable. Depuis, les controverses sont innombrables. Elles s'articulent, entre autres, à partir du Paradoxe EPR, acronyme associant les noms de Albert Einstein (1879-1955), Boris Podolski et Nathan Rosen. Leurs traditions philosophique et religieuse les amenèrent à réprouver les conséquences épistémologiques de la mécanique quantique. En 1935, dans l'article « Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? » publié dans Physical Review, ils résumèrent leur position par les lignes suivantes : « *Si, sans perturber d'aucune façon un système, on peut prédire avec certitude la valeur d'une quantité physique, il existe un élément de réalité physique (relatif à ce système) qui correspond à cette quantité physique (principe de réalité)* ». Fort de son autorité, Albert Einstein fut un des scientifiques contribuant à populariser dans l'opinion publique l'idée que le monde était compréhensible, intelligible, car 'Dieu ne joue pas aux dés'. Pourtant à son époque une multitude de travaux obligeait à admettre le contraire.

Le paradoxe EPR est considéré comme une des dernières tentatives pour prolonger le rêve laplacien à l'origine d'une physique qualifiée de 'classique' et dont le déterminisme métaphysique est le postulat irréductible. Il l'est encore, les conséquences philosophiques de la mécanique quantique, de la thermodynamique des phénomènes irréversibles ou des mathématiques de la complexité n'ayant pas encore été diffusées et digérées. Grand communicateur, A. Einstein a su bénéficier de réseaux efficaces pour propager ses vues et être reconnu comme l'héritier de Isaac Newton (1643-1727). Les protagonistes au débat supportant des visions contraires, eux, ont du mal à exprimer leurs positions et à les faire partager. Ceux-ci ont en mémoire les prestations désastreuses de Ilya Prigogine

(1917-2003) à la télévision.

Ce dernier est en effet un des héros de la nouvelle science. Il en était parfaitement conscient, même si son audience n'a pas dépassé quelques cercles restreints. La nouvelle dimension qu'il a donnée à l'entropie et au Second principe de la thermodynamique dans le cadre de la thermodynamique des systèmes dissipatifs en non-équilibre est un de ses apports fondamentaux. Dans le prolongement de son œuvre s'est imposée l'obligation d'admettre un désordre consubstantiel à la matière qui paradoxalement limite les possibilités de la connaître mais lui garantit en retour sa permanence. L'idée que deux paradigmes : la paradigme classique, le paradigme écosystémique, structurent la pensée scientifique s'est imposée avec son œuvre en référence. Le premier a la Mécanique comme discipline de référence; le second, la thermodynamique. Les apports d'autres auteurs permettent d'établir une de leurs grandes différences. Alors que le premier postule le déterminisme métaphysique, le second intègre l'idée d'un indéterminisme métaphysique. Cette controverse est essentielle pour adopter un cadre d'où émergeront des grilles de lecture de la crise de l'environnement.

Actuellement, l'usage du mot 'science' reste cependant réservé aux pratiques élaborées dans le paradigme classique. En citant le dictionnaire Robert, Jean-Jacques Duby souligne qu'elle est la connaissance exacte, universelle et vérifiable par des lois. Cette doctrine qui anime la science d'aujourd'hui, surtout en France, a ses racines dans la philosophie grecquo-latine. Ainsi, comme le rappelle J.-J. Duby, Sénèque (4 avJC-65apJC) affirme dans « Questions naturelles » que « *le jour viendra que, par une étude suivie de plusieurs siècles, les choses actuellement cachées paraîtront avec évidence, et la postérité s'étonnera que des vérités si claires nous aient échappé* ». Près de deux mille ans après, Laplace prolonge ces propos en 1773 en affirmant : « *Donnez-moi l'état du monde, je vous donnerai son état futur* ». Sénèque, Laplace, Einstein et d'autres innombrables participent à cette espérance ontologique fondée sur le déterminisme métaphysique, mais ébranlée aujourd'hui par les résultats scientifiques du XXème siècle. C'est cette espérance ontologique, piliers de la science de la Modernité au sens philosophique, qui est à l'origine des deux doctrines politiques qui la réalisent: le libéralisme, le socialisme, portée par l'utopie d'une société harmonieuse. Toutes deux se sont élaborées en cohérence avec un discours philosophique à l'origine de la science moderne montrant que la société idéale était déductible des lois de fonctionnement de nos sociétés : l'équilibre général pour les libéraux, la loi de rendement décroissant du capital pour les socialistes. L'économie mathématique de Léon Walras (1834-1910) et le socialisme scientifique de Karl Marx (1818-1883) ont la physique mathématique de Laplace comme étoile polaire.

Le 20<sup>ème</sup> siècle a ébranlé ces certitudes du 19ème. Les controverses sont particulièrement vives dans le domaine de l'environnement où se pose la question de l'évolution de nos écosystèmes confrontés aux déstabilisations anthropiques. La question du réchauffement climatique en est une des principales.

### Le réchauffement climatique

Une des autorités reconnues concernant la problématique du réchauffement climatique est le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC). Réunissant à ce jour environ 200 scientifiques d'origines diverses, cette association a déjà publié trois rapports en 1990, 1995 et 2001. Dans le premier, le constat dressé par cette assemblée était l'impossibilité de répondre à la question d'un éventuel réchauffement climatique; dans le second, en revanche, ce réchauffement était avéré

avec une forte présomption de l'action de l'homme et notamment sa contribution à l'augmentation des gaz à effet de serre qui bloquent le rayonnement infrarouge émis par la terre; enfin, dans le troisième rapport, le groupe d'experts indiquait que la majeure partie du réchauffement des cinquante dernières années était due à l'augmentation de ces gaz à effet de serre, sans doute imputable à l'utilisation des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz, etc.). Le prochain rapport est attendu en 2007.

Ces préoccupations sont à l'origine de connaissances incontestables. Ainsi, il est admis maintenant que le climat évolue au cours du temps, même sur des périodes très courtes. L'évolution des glaciers des Alpes, par exemple, rend compte des changements de température à l'échelle de décennies. La question reste cependant ouverte sur la contribution relative des phénomènes naturels et des phénomènes anthropiques. Pour résumer, quelle est la part réciproque d'un léger changement de l'axe de rotation de la terre par rapport au soleil et de l'émission de gaz carbonique due à l'utilisation de combustibles fossiles ? Aussi, malgré l'autorité incontestable des experts du GIEC, de nombreux discours contestent ces conclusions. De nombreux phénomènes créent une incertitude irréductible. Le rôle des océans, des nuages, l'évolution des émissions gaz à effet de serre, etc. sont autant d'interrogations limitant la pertinence des modèles actuels et futurs. Quelle attitude adopter face à ce constat ? La première, portée par la majorité des spécialistes du climat, est de poursuivre les recherches en augmentant les budgets qui y sont consacrés. Mais beaucoup d'entre eux avouent leur doute à parvenir à un bilan exact de la situation en faisant remarquer que si le risque est avéré, il sera sans doute trop tard pour le traiter. Sous l'influence de l'indéterminisme métaphysique qui s'impose dans les sciences du climat, la réponse sera toujours tributaire d'une nouvelle recherche ou de nouvelles conditions préalables. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette innovation fondamentale du droit de l'environnement qu'est le principe de précaution.

### Le principe de précaution en question

Après avoir suscité de nombreux débats, le principe de précaution apparaît expressément comme l'un des principes fondateurs de la politique de l'Union européenne dans le domaine de l'environnement (article 174 du Traité de l'Union européenne). Toutefois, son libellé dans les textes, son statut juridique et ses modes d'application varient selon les pays. Inscrit dans la Loi constitutionnelle relative à la Charte de l'environnement, la dernière version française adoptée le 28 Février 2005 par le Parlement réuni en Congrès et promulgué le 1er Mars 2005 par le Président de la République est ainsi rédigée:

*« Art. 5. - Lorsque la réalisation d'un dommage, bien qu'incertaine en l'état des connaissances scientifiques, pourrait affecter de manière grave et irréversible l'environnement, les autorités publiques veillent, par application du principe de précaution et dans leurs domaines d'attributions, à la mise en oeuvre de procédures d'évaluation des risques et à l'adoption de mesures provisoires et proportionnées afin de parer à la réalisation du dommage ».*

Cette rédaction suscite deux types de réactions antagonistes cristallisant les positions exprimées sur ce sujet. Pour les uns, la marque de la précaution permet une plus grande maîtrise collective des risques du développement technologique. L'intelligibilité des phénomènes n'est pas niée, mais le principe de précaution est conçu, en quelque sorte, comme un moratoire établi dans l'attente des résultats d'une recherche dédiée. La précaution ne concerne ainsi que des risques supposés mais non avérés, alors

que la prévention porte, elle, sur des risques bien identifiés. L'espace de compétence de la précaution et de la prévention dépend du niveau de connaissance dont on dispose sur le phénomène suspecté. Adversaires du principe de précaution, d'autres auteurs au contraire, soulignent les dangers de la consécration de cette innovation juridique qui, selon eux, porte un coup sévère au développement de la recherche fondamentale et aux démarches d'innovations technologiques. Dans leur esprit, la connaissance est indissociable de l'expérience et de l'observation. C'est sur ce point que les partisans du Principe de précaution objectent que le temps consacré à l'observation du phénomène suspect peut favoriser l'apparition d'irréversibilités insurmontables. C'est à ce niveau que se situe le débat sur le réchauffement climatique. Force est de constater cependant que les uns et les autres inscrivent leur démarche dans une perspective ontologique où la connaissance d'un phénomène n'est que le résultat de la volonté de connaître.

En complément à cette alternative, l'hypothèse proposée dans cet article est, qu'en contravention avec les attitudes scientistes évoquées, les juristes ont intégré les débats suscités par l'indéterminisme métaphysique de la physique mathématique. Le Principe de précaution en est une des conséquences pratiques. A une connaissance potentielle est désormais opposé un indéterminisme irréductible qui brise le vieux rêve de fonder l'action sur la connaissance. Il est troublant, en effet, de constater que ce principe juridique émerge à une époque où le rêve laplacien s'effondre. Aussi, avec l'émergence du principe de précaution, ce ne sont pas seulement les porteurs de responsabilité, donc de risques et de sinistres, qui sont concernés par l'évolution du droit, mais aussi tous ceux engagés dans une réflexion épistémologique portant sur la fonction sociale de la science. Le débat est ouvert. Il est indissociable d'une réflexion politique.

### Quel paradigme de la connaissance pour la Post-Modernité ?

Bien que la réalisation de la Modernité dans l'espace politique ait eu comme préalables la révolution anglaise du 17<sup>ème</sup> siècle et l'indépendance de l'Amérique au 18<sup>ème</sup>, la France comme république se conçoit comme le berceau de cette Modernité car elle a rompu, par un meurtre symbolique en tranchant la tête de Louis XVI, avec un passé antagoniste à cette Modernité. Cette consécration politique s'est accompagnée de la création des Grandes Ecoles où s'enseignerait une philosophie naturelle utilitaire dont une des vocations est d'instrumentaliser la nature. L'Ecole Polytechnique et l'Ecole normale supérieure en sont les symboles forts voués à supplanter une Université française soumise à l'Eglise qui n'avait pas opéré les mutations rendues nécessaires par le bouleversement des structures sociales que la Révolution française sanctifie. Laplace est à la fois un des fondateurs de l'Ecole polytechnique et de l'Ecole normale. C'est là que la nouvelle philosophie naturelle utilitaire qui deviendra la science moderne s'enseignera: aux polytechniciens, l'action, aux normaliens, l'enseignement. Les révolutions anglaises et américaines furent moins brutales car elles se réalisèrent dans des pays acquis au protestantisme considéré comme la religion de la Modernité.

Deux doctrines politiques sont issues de ce paradigme philosophique, maintenant dominant : le libéralisme dont le fondateur est reconnu en la personne d'Adam Smith (1723-1790) à l'origine de la 'main invisible'; le socialisme à qui Karl Marx a donné sa dimension scientifique. Or, l'un et l'autre ne sont pas catholiques. Smith est protestant, Marx est baptisé protestant, mais d'origine juive. Les deux doctrines, très semblables pour quiconque s'extrait du paradigme de la Modernité, vont s'affronter par Etats interposés après la Révolution russe de 1917. Cette dernière brise l'alliance entre

le Tsar et le pape comme la révolution française avait cassé l'alliance entre le Roi et le prêtre. A l'issue de la Guerre froide (1945-1991), la tête socialiste fut éliminée par la tête libérale. Cette dernière a enfin les moyens de dominer le monde et d'envisager la fin de l'histoire conçue comme la recherche de la perfection. La mondialisation en est la conséquence majeure. Mais cette expression politique trouve ses racines dans une conception philosophique dont la science déterministe classique lui est consubstantielle. Or, cette science classique a produit les savoirs qui la subsument.

La question qui se pose maintenant est de savoir si les dernières contributions de la philosophie naturelle participeront à l'avènement de la société post-moderne au même titre que la science classique a contribué à l'installation de la Modernité. Cette dernière est de plus en plus contestée frontalement car elle est accusée d'être à l'origine d'un mal qui compromet l'avenir de l'humanité : la crise de l'environnement, conséquence de politiques de développement économique qui polluent et bouleversent les cycles naturels, déjà instables à l'échelle des siècles. Le débat sur le réchauffement climatique en est une des meilleures illustrations.

Face aux menaces concrètes de cette mondialisation triomphante, la critique remet tous ses fondements en question. Mais maintenant, ce sont aussi les postulats épistémologiques de son paradigme de référence qui sont ébranlés. Héros tutélaires de nos manuels scolaires, Platon, Descartes, Bacon, Kant et d'autres sont sur la sellette.

La crise de l'environnement, la réflexion des écologistes, l'indéterminisme métaphysique remettent sciemment en question les fondements de cette Modernité. Le paradigme classique dont la mécanique céleste est la science de référence a porté le paradigme politique dont la Modernité est le pivot. Quel paradigme de la connaissance portera la Post-Modernité ?

## Bibliographie

Benec'h Guillaume, « Principe de précaution ? C'est Prométhée qu'on enchaîne ! », Polémia, juillet 2004

Chaitin Gregory, « Les limites de la raison mathématique », Pour la science n° 342, avril 2006

Delahaye Jean-Paul, "Une extension spectaculaire du théorème de Gödel: l'équation de Chaitin", La Recherche, juin 1988

Delahaye Jean-Paul, "Information, complexité et hasard", Hermes, 1994

Duby Jean-Jacques « L'indéterminisme, fatalité domestiquée », (<http://www.radiofrance.fr/chaines/France-culture/sommaire/>), Pour la science n°343, mai 2006

Jammer Max « Le paradoxe d'Einstein-Podolsky-Rosen », La Recherche n° 111, Mai 1980

Joussaume Sylvie, « Les limites des prévisions climatiques », (<http://www.radiofrance.fr/chaines/France-culture/sommaire/>), Pour la science n° 344, juin 2006

Malaval Frédéric, « SurEnvironnement et paradigme écosystémique », (<http://www.polemia.com/SurEnvironnementetparadigme.pdf>), Polémia , septembre 2005

Malaval Frédéric, « Philosophie du risque et principe de précaution », Polémia, février 2004

Prigogine Ilya, Isabelle Stengers, “La Nouvelle Alliance - Métamorphoses de la science”, Gallimard, 1979

Sousa Tania, Tiago Domingos, « Is neoclassical microeconomics formally valid ? An approach based on an analogy with equilibrium thermodynamics », Ecological Economics 58, 2006

Stewart Ian, “ Dieu joue-t-il aux dés ?”, Flammarion, 1992