



**L A M E T A**

Laboratoire Montpellierain  
d'Economie Théorique et Appliquée

U M R  
Unité Mixte de Recherche

# ETUDES et SYNTHÈSES

«Incertitude et environnement :  
évaluations économiques »

Robert KAST

ES 2007-02

Faculté de Sciences Economiques - Espace Richter  
Avenue de la Mer - Site de Richter C.S. 79606  
3 4 9 6 0 M O N T P E L L I E R C E D E X 2  
Tél: 33(0)467158495 Fax: 33(0)467158467  
E-mail: lameta@lameta.univ-montp1.fr

## INCERTITUDE ET ENVIRONNEMENT : EVALUATIONS ECONOMIQUES

Robert Kast, CNRS, UMR LAMETA, Université de Montpellier 1 et INRA - AGRO Montpellier.

Actes du colloque: *Incertitude et Environnement*,  
17èmes journées scientifiques de la Société d'Ecologie Humaine,  
Arles, 23-25 novembre 2005.

### Introduction

Parmi les nombreux problèmes que posent la prise en compte de l'Environnement en économie et plus précisément dans l'étude des risques, le rôle, la nature et les représentations de l'incertitude sont fondamentaux.

Que ce soit les dangers que provoquent leur environnement aux activités humaines, ou le souci de celles-ci pour l'Environnement<sup>1</sup>, il s'agit pour les humains de prendre des décisions risquées dans les deux cas. Risques naturels, notamment si la nature est ressentie comme ennemie, risques industriels au contraire que subirait une nature amie, ces risques sont caractérisés par des impacts incertains, controversés parmi les populations et parfois parmi les scientifiques, de plus ils sont souvent à échéances lointaines.

Les incertitudes qui caractérisent ces impacts sont de natures et d'origines multiples, elles dépendent des situations, tant naturelles qu'humaines, mais elles portent aussi sur les manières de les aborder, de les représenter et de les apprécier, par les sociétés humaines et les individus qui les composent.

Ainsi, les catastrophes naturelles (provoquées par l'environnement aux activités humaines) sont causées par des phénomènes physiques, géologiques ou biologiques. Certains de ceux-ci sont connus des sciences qui les étudient, elles en ont proposé des représentations dans lesquelles l'incertitude est le plus souvent représentée par sa mesure par des probabilités sur un ensemble bien défini de conséquences possibles.

Inversement, les risques industriels qui menacent l'Environnement naturel, sont causés par des activités bien connues et dont la plupart des impacts ont été, peuvent ou pourraient être étudiés par les différentes sciences (incluant les sciences humaines). Lorsque c'est le cas, la même représentation probabiliste peut être proposée.

Toutefois, les phénomènes récents, peu étudiés et rarement observés, ne permettent pas d'estimer de telles probabilités, ou, lorsque cela est fait, les résultats sont controversés. On parle alors d'incertitude scientifique. Elle peut être représentée par une liste de conséquences assez large pour englober toutes les hypothèses disponibles, le problème qui demeure posé est celui de la mesure de l'incertitude concernant l'occurrence de chaque conséquence. Même si la notion mathématique de « probabilité » peut être retenue, ces mesures ne reflètent pas des fréquences, mais des poids relatifs attribués par les décideurs aux différentes conséquences : probabilités subjectives (mesure de vraisemblance), rapports entre évaluations des dégâts, prix relatifs, etc.

Les controverses portant sur l'appréciation des dégâts (et des bienfaits) potentiels, s'étendent à d'autres qui portent sur la perception même des probabilités (quand elles sont connues, ou sur leur évaluation, sinon). L'utilisation directe de représentations probabilistes est alors peu pertinente et peut conduire à des décisions sous-optimales. Il existe toutefois des notions de mesures de l'incertitude plus générales (plus floues, laissant la place à de l'ambiguïté) qui permettent certaines représentations (et éventuelles formalisations) tenant compte des controverses.

De telles représentations restent toutefois liées à l'hypothèse que les décisions sont prises par un individu unique (une organisation parlant d'une seule voix), alors que, dans le cadre des catastrophes naturelles en particulier, les décideurs comme ceux qui en subissent les conséquences sont nombreux et, le plus souvent, mal identifiés. L'incertitude pesant sur le mode de représentation et sur les procédures de décision doit alors être décrite par les sciences humaines autres que l'économie, celle-ci ne pouvant travailler que sur la base d'organisations, de lois et de systèmes politiques bien définis.

Dans le cadre des risques subis par l'Environnement, le problème est encore plus complexe puisque les décideurs restent humains, alors que ce ne sont pas eux qui subissent (directement) les conséquences. Il est

---

<sup>1</sup> La majuscule indique l'environnement naturel afin de le dissocier des environnements sociaux et politiques des activités économiques.

donc nécessaire dans ce cas de justifier sur quels critères les décideurs choisissent ce qu'ils supposent être bon ou mauvais pour l'Environnement. A nouveau, l'économie est dépendante des représentations proposées par ses sciences consœurs. Elle a pour charge ensuite de définir des coûts de prévention ou de précaution qui soient socialement acceptables.

Enfin, une incertitude fondamentale pèse sur les échéances auxquelles les conséquences sont attendues. En admettant que le temps reste représenté par celui de la Physique (les secondes), les échéances et l'importance relative des intervalles de temps qui les séparent posent les mêmes problèmes de mesures (fréquentielles, psychologiques, sociales et économiques) que les précédentes. En termes économiques simples, la question qui se pose est : quel est le taux d'actualisation à utiliser pour comparer des valeurs à échéances lointaines.

Toutes ces questions ont été abordées par les sciences économiques depuis une trentaine d'années et certains éléments de réponses proposés peuvent servir de base de réflexion aux autres sciences humaines. Dans cet article, une première section se concentre sur la présentation des différentes formes d'incertitudes auxquelles l'on peut faire face. L'incertitude probabilisée qui renvoie à certains phénomènes et à des instruments particuliers est distinguée de l'incertitude scientifique, non probabilisée sans controverse, pour laquelle ces mêmes instruments sont inadéquats. La seconde section s'attache à la valorisation des dommages ou des bénéfices attendus. La troisième fait le lien entre certaines techniques financières, et les instruments existants ou encore fictifs qui pourraient être utilisés pour gérer des risques dans une optique collective.

## **1. Le risque**

La culture classique du risque est fondée sur des phénomènes connus et étudiés dont tous les impacts ont pu être observés ou simulés expérimentalement. D'une manière générale, les risques sociaux ne rentrent pas dans ce cadre puisque les possibilités d'expérimentation sont limitées. Sont aussi difficilement analysables dans un tel cadre classique, les risques qui concernent l'Environnement et les risques de santé, particulièrement lors de l'apparition de nouvelles maladies : les observations ne sont pas exhaustives et les expériences, lorsqu'elles sont réalisables, demandent du temps et des moyens. Dans tous ces cas, les arrivées d'informations futures peuvent avoir un effet aussi bien négatif que positif sur les connaissances. Par exemple, de nouvelles conséquences peuvent apparaître et l'incertitude scientifique augmenter, au lieu de diminuer. Elles peuvent aussi permettre d'adapter les décisions prises, soit en prenant plus tard des mesures qui auraient été trop précipitées, soit au contraire en modifiant celles qui apparaissent alors comme obsolètes. La flexibilité dans les décisions nécessite de prendre en compte la dynamique imposée par les arrivées d'informations et le développement des connaissances. Elle s'oppose aux décisions prises dans une vision statique de phénomènes connus et observés de manière répétée.

### **1.1 Les origines des notions d'incertitude et de risque**

Au commencement des civilisations connues, il n'y avait pas d'incertitude ou bien il n'y avait que cela, aussi la notion et les mots la désignant étaient absents. Ce que nous appelons incertitude était du domaine des dieux. Les pratiques magico-religieuses, ont pu donner quelques certitudes permettant aux hommes d'entreprendre. En particulier, dès la préhistoire, des mesures de précaution ont été prises qui nécessitaient la participation d'un groupe et un effort (investissement) commun. Par ailleurs, dès le début de l'Histoire (Sumer) apparaissent des contrats à termes, ce que nous appelons des contrats « sans risque » : prêts de marchandises ou de monnaie dont le remboursement est certain (« certifié ») par un serment (religieux, à valeur légale). Ce n'est que bien plus tard qu'apparaissent des contrats risqués pour le transport maritime (Tyr-Carthage), et seulement au 12<sup>ème</sup> siècle qu'apparaît le concept désigné par le mot « risque », toujours pour le transport maritime (Constantinople - Venise).

Le concept de risque désigne le fait qu'un capital investi (certain) se transforme en capital futur variable, contingent à la réalisation de certains événements, notamment la rencontre d'un écueil<sup>2</sup>.

D'autres formes d'incertitudes avaient reçu d'autres noms, notamment le «hasard» (*az zahar en nard* en arabe) pour ce que nous appelons dorénavant les mécanismes aléatoires. Le mot «incertitude» n'est apparu que vers le 15<sup>ème</sup> siècle en Europe, à l'époque où les sciences dégageaient des connaissances de la sphère philosophique et théologique et s'apprétaient à proposer de nouvelles « certitudes ».

## 1.2 Le risque et l'incertitude en économie

Après l'explosion scientifique des 18<sup>ème</sup> et 19<sup>ème</sup> siècles, les ingénieurs et les économistes se sont intéressés à la notion de risque : les ingénieurs, dans le sens de contrôler les dangers grâce aux technologies dont ils disposent, les économistes dans celui de mieux comprendre et gérer les contrats « risqués ».

La certitude scientifique consiste à définir une loi déterministe décrivant un phénomène, ainsi qu'une distribution de probabilités sur les erreurs (d'observation) de cette loi : soit,  $Y = f(X)$  la loi déterministe<sup>3</sup> et,  $Y = f(X) + e$ , celle qui peut être observée avec une erreur  $e$ . Contrôler le risque, c'est trouver un contre-phénomène qui réduise la variance de la variable (aléatoire) d'erreur jusqu'à des valeurs « acceptables ».

Le mathématicien et économiste, Frank Knight (1921) a établi une distinction pertinente (quoique étymologiquement malheureuse !) entre la notion de risque et celle d'incertitude. Elle est utilisée depuis en Théorie de la Décision et en Economie.

Les situations de risque sont celles dans lesquelles les conséquences possibles d'une décision suivent une distribution de probabilités. On parle aussi dans ce cas de «risque avéré» ou mesuré, risque qui peut, éventuellement, être contrôlé. Les situations de risques sont celles qui correspondent aux métiers de l'assurance. En effet, ceux-ci se fondent sur la distribution de probabilités des sinistres pour calculer le prix des contrats d'assurance (primes d'assurance contenant une « prime de risque »). Le métier de l'assurance se fonde aussi sur une loi des grands nombres appliquée à un partage mutuel, loi qui montre que le portefeuille de contrats assurés converge vers un portefeuille « sans risque » quand le nombre de clients ayant des risques indépendants tend vers l'infini. Les situations de risques sont formalisées par un espace de probabilités :  $(W, F, P)$  dans lequel la distribution  $P$  sur l'ensemble d'événements  $F$  décrivant les états futurs de l'ensemble  $W$  est connue (en fait ce sont ses images par des variables aléatoires :  $X : W \rightarrow R, P_X$  sur les intervalles de nombres qui sont connues).

Les situations d'incertitude couvrent toutes celles dans lesquelles il n'existe pas distribution de probabilités sur les conséquences possibles des décisions, soit qu'elle ne soit pas établie sans controverses, soit qu'elle ne soit pas définissable. Lorsque l'on peut au moins donner une liste exhaustive des occurrences possibles, la formalisation de telles situations se fait par le formalisme des fonctions mesurables sur un espace  $(W, F)$  non probabilisé a priori. En particulier, l'incertitude peut porter sur les paramètres de la distribution de probabilités :  $P^q$ , où  $q$  n'est pas connu mais pourrait être éventuellement estimé (incertitude de type statistique).

Cependant, dans de nombreuses situations d'incertitude, l'existence même ou la pertinence d'une distribution de probabilités peut être mise en cause. Il s'agit alors, pour les économistes, de mesurer cette incertitude d'une autre manière qu'à travers des mesures statistiques objectives.

## 1.3 Mesurer l'ambiguïté sur les probabilités controversés

Nous distinguons deux manières d'aborder les controverses, la première qui est présentée ici est une approche fondée sur les développements récents de la théorie de la décision individuelle<sup>4</sup>. La seconde fait appel à une évaluation par des marchés concurrentiels, nous la présenterons dans la section 3.

---

<sup>2</sup> Rischio, qui donne risque, vient de *Rhiz-ikon* : le contrat donne "l'image d'un écueil".

<sup>3</sup> De manière plus générale, il existe des théories dans lesquelles les lois sont fondamentalement stochastiques, la formule qui suit est alors la somme de deux variables aléatoires, l'une dont la loi est connue expérimentalement, la seconde restant celle des erreurs.

<sup>4</sup> Quiggin (1982), Schmeidler (1989), Tversky et Kaheman (1982), Yaari (1987).

En théorie de la décision individuelle, comme en économie quantitative, les préférences sur les conséquences d'un risque sont représentées classiquement par une fonction d'utilité (de bien-être, de satisfaction) de ces conséquences. Il s'agit d'une échelle qui n'a pas de signification cardinale (les accroissements d'utilité entre deux conséquences ne représentent pas l'importance relative de ces dernières). Toutefois, dans les situations dites de risque (probabilités connues), la propriété cardinale prend un sens et le risque est évalué par le décideur par une moyenne pondérée par les probabilités des utilités (ou de leurs accroissements): "l'utilité espérée". Les développements récents de cette théorie ont montré, sur la base d'expériences, qu'un tel critère ne représentait pas suffisamment le comportement vis à vis du risque et que, en plus de l'utilité sur les conséquences, il fallait tenir compte d'une éventuelle déformation subjective des probabilités. Une telle déformation est une nouvelle mesure de l'incertitude, elle est moins précise qu'une probabilité en ce sens que, par exemple, elle autorise à donner le même poids (la "probabilité")  $1/3$  à un événement et le même à son complémentaire alors qu'une "vraie" probabilité assignerait au complémentaire la valeur  $2/3$ . Une telle mesure (capacité) représente l'ambiguïté que ressent le décideur sur la fiabilité des probabilités (objectives ou subjectives).

Une telle mesure est adaptée dans le cas des controverses dans lesquelles plusieurs experts, ou plusieurs théories scientifiques, attribueraient des probabilités différentes au même événement. En effet, elle permet d'englober l'ensemble des distributions proposées par cette mesure plus générale<sup>5</sup>. La moyenne pondérée par cette capacité des conséquences monétaires (ou de leurs utilités) est alors un critère de décision qui tient compte de l'ambiguïté sur les probabilités, c'est à dire des controverses.

## 2. Valeurs marchandes et non marchandes

Les métiers de la Finance, en particulier, gèrent les investissements dans des entreprises dont on ne peut prévoir avec précision les résultats futurs. Ils font face à des situations d'incertitude : les paiements futurs des actions d'une société sont rarement mesurables par une distribution de probabilités. Ceci n'empêche pas que de tels contrats (actions, obligations, contrats à terme, options etc.) soient signés et puissent être échangés dans des marchés organisés pour que les offres rencontrent les demandes afin d'en fixer les prix (les Bourses de valeurs, notamment, qui se sont développées dans les pays industrialisés à partir du 18<sup>ème</sup> siècle).

Que ce soit en Finance ou en Assurance, mais aussi pour les risques correspondants qui échappent à ces métiers, tels certains risques liés à l'environnement, la première tâche à remplir pour en analyser les propriétés économiques consiste à évaluer les conséquences futures. L'évaluation se fait d'abord en termes de quantités, puis, plus précisément, en termes monétaires (dans les économies monétaires), ce qui donne au risque une forme assimilable à un actif financier.

Dans les économies monétaires (nous limiterons notre propos à celles-ci), la notion de valeur de référence est celle donnée par les échanges. Il s'agit d'une valeur collective qui n'a de sens que dans un cadre légal et socialement organisé (un marché, n'est pas une foire !), notamment pour définir les contrats (biens et services) échangés, les règles de concurrence et celles de fixation des prix. Les valeurs monétaires mesurent dans une même unité les investissements faits (coûts, mesures de prévention et de gestion) et les bénéfices (ou maléfices, c'est-à-dire dommages) attendus. Ainsi, un contrat d'assurance se base, non sur les dommages (matériels et humains) eux-mêmes mais sur leur valeur. De même, pour comparer les coûts investis dans des projets de prévention, il faut pouvoir estimer la valeur des dommages évités par chacun des projets.

### 2.1 La notion de valeur en économie

---

<sup>5</sup> Mathématiquement, la capacité est l'enveloppe de l'ensemble des probabilités.

La notion de valeur en économie se fonde sur un modèle d'échanges de contrats (pouvant porter sur des conséquences incertaines ou inconnues des participants à l'échange) dans un système concurrentiel<sup>6</sup>. Dans un tel modèle, qui ne précise pas comment les contrats sont définis légalement ni échangés en pratique, les prix d'équilibre sont ceux qui liquident les échanges entre agents. L'existence d'un équilibre repose sur des hypothèses assez générales sur les préférences des agents économiques. Un tel équilibre n'est pas unique et il dépend de plus des dotations initiales dont disposent les agents procédant aux échanges. Deux résultats, appelés « théorèmes du bien être social » expriment deux propriétés qui ont été (honteusement) exploitées par des idéologies opposées (libérale pour la première et dirigiste pour la seconde) :

- à l'équilibre aucun agent ne peut améliorer son bien être sans que celui d'un autre soit diminué (optimum de Pareto, qui n'est en rien un critère de justice sociale);

- toute répartition sociale qui a la propriété précédente peut être obtenue par un équilibre, à condition d'opérer des transferts de dotations adéquats (taxes et subventions) entre les agents.

Une des difficultés rencontrées dans la référence à ce modèle théorique lorsque l'on s'intéresse à des marchés réels vient de ce que, même lorsque des marchés concurrentiels sont organisés, de nombreuses conséquences de décisions prises ne sont pas des biens ni des services échangés. Par exemple, des conséquences peuvent porter sur des biens publics, voire, sur des objets qui ne sont pas perçus de la même manière par différents agents (la biodiversité de l'environnement, ou les effets d'un réchauffement climatique, notamment).

## **2.2 Les méthodes de valorisation des conséquences non marchandes**

Les économistes ont recours à différentes méthodes afin d'évaluer, approximativement, la valeur de conséquences non marchandes. Certaines de ces conséquences peuvent correspondre à des caractéristiques de biens ou de services échangés. Par exemple, la vue que l'on a d'une maison fait partie de sa description, sa valeur peut ainsi être déduite, grâce à des analyse statistiques des prix, du prix de marché d'une maison qui a cette vue. Cette méthode est celle des « prix hédonistes ».

Pour des conséquences de projets dont on n'a pas encore pu observer les résultats, par exemple une nuisance sonore, on a souvent recours à une méthode plus simple qui consiste à les évaluer par les coûts engendrés pour les éviter : coût d'un mur de protection, coût du transport nécessaire pour contourner la zone, etc. Il s'agit des méthodes des coûts d'évitement, couramment employées par les ministères des transports.

Enfin, un ensemble de méthodes directes a été développé sur la base de la théorie économique : la Méthode d'Evaluation Contingente. Il s'agit dans ce cas de procéder à des enquêtes auprès des usagers potentiels afin de leur faire révéler leur « consentement à payer » (ou leur consentement à recevoir un dédommagement) pour un projet susceptible de leur apporter du bien être (comme de les protéger d'un danger) ou au contraire de leur en enlever (en les exposant). De telles enquêtes nécessitent l'élaboration d'un questionnaire qui fait appel à des connaissances dépassant le cadre de l'économie (psychologie, sociologie etc.) et sa diffusion auprès d'une population pertinente. De plus, elles aboutissent à un recueil de données important et complexe, données qui sont analysées par différentes méthodes de statistique descriptive. Enfin, elles sont exploitées par des méthodes économétriques se fondant sur la théorie économique qui permettent d'agrégier les résultats en fonction des caractéristiques des agents. Elles aboutissent à une valeur monétaire globale de la conséquence attendue, cohérente avec les valeurs marchandes. Il est à noter qu'elles permettent d'évaluer en terme monétaire des « valeurs éthiques » ou idéologiques qui sont confrontées aux contraintes économiques des agents sans référence à un organisme tutélaire qui les prendrait en charge, par principe.

## **2.3 Evaluer les conséquences risquées**

---

<sup>6</sup> Afin d'éviter toute confusion entre le modèle de l'Equilibre Général en question et des références idéologiques injustifiées, rappelons que Marx fut un des fondateurs de la notion de valeur telle qu'elle est définie, aux côtés de « libéraux » tels que Walras et Pareto.

En étendant le principe de la méthode d'évaluation contingente à plusieurs scénarios possibles (représentant éventuellement des controverses des différents acteurs concernés sur les impacts potentiels d'un risque), on obtient une liste de paiements monétaires (positifs ou négatifs). Une telle liste correspond à celle des paiements d'un actif financier. Comme nous le verrons dans la section suivante, les marchés financiers évaluent les actifs à conditions qu'ils soient formalisés par des contrats (actions et obligations de sociétés, instruments de couverture tels les contrats à terme, etc.). Les prix de ces actifs (cotations) reflètent une agrégation des comportements des agents économiques qui interviennent sur de tels marchés, en ce sens, ils révèlent le poids économique qu'ils leur accordent. Une méthode expérimentale pour pallier l'absence de tels marchés tout en gardant les propriétés, consiste à en simuler un entre (un échantillon) des acteurs concernés. Il s'agit d'un marché expérimental dans lequel les agents échangent des contrats représentant le risque dont les paiements ont été évalués par la méthode d'évaluation contingente. Comme l'expérience peut s'assurer qu'un tel marché respecte les hypothèses de la théorie (en particulier la concurrence, la non manipulation de l'information et l'indépendance des avoirs initiaux qui sont distribués lors de l'expérience), les prix d'échange agrègent les comportements des acteurs vis à vis du risque à évaluer et en définissent ainsi une mesure collective de l'incertitude<sup>7</sup>.

### **3. La Finance et l'environnement<sup>8</sup>**

Les risques liés à l'environnement relèvent, pour la plupart, du principe de précaution et non du principe de prévention. En effet, les menaces sur l'environnement, comme celles qu'il fait peser sur les activités humaines, sont caractérisées par des incertitudes scientifiques. C'est-à-dire que, au mieux, des théories scientifiques controversées sont proposées pour décrire les phénomènes qui les provoquent. Si l'on reprend la distinction du vocabulaire économique, nous ne sommes donc pas en situation de risque mais en situation d'incertitude. Ceci a deux implications :

- les méthodes de prévention, même s'il en existe, seront aussi controversées que les théories sur lesquelles elles s'appuient ;
- les contrats d'assurance classiques ne s'appliquent pas puisqu'on ne dispose pas de statistiques permettant d'estimer les paramètres de distribution de probabilités et vérifiant les hypothèses des lois des grands nombres.

De plus, les conséquences sont souvent à échéances lointaines, ce qui nécessite de résoudre deux problèmes qui éloignent encore des instruments de gestion classique :

- une modélisation dynamique (faisant intervenir les arrivées d'informations futures) laissant la place à des flexibilités dans les décisions prises pose le problème de la formalisation de l'incertitude et de l'information ;
- une prise en compte de facteurs d'actualisation portant sur des horizons pour lesquelles aucune référence économique n'est disponible : ni sur les marchés (il n'y a pas de taux d'intérêt au delà de 30 ans), ni en tenant compte des préférences individuelles sur les consommations présentes/futures (elles font intervenir des générations futures).

Ces deux types de difficultés ont été abordées récemment en économie. D'une part en économie publique, d'autre part en économie de l'incertain qui couvre les domaines de l'assurance, de la réassurance et de la théorie des marchés financiers. Des éléments de solutions peuvent ainsi être proposés, ils servent surtout à mieux comprendre l'étendue des problèmes à résoudre et les limites des approches classiques.

#### **3.1 Instruments institutionnels, d'assurance et financiers**

Concernant les instruments proposés par les institutions (Etats, collectivités locales ou internationales), les apports de l'économie publique sont nombreux. Ils s'appuient sur la théorie des contrats pour étudier leurs

---

<sup>7</sup> Kast et Luchini (2002).

<sup>8</sup> Voir à ce propos le livre de vulgarisation de E. Briys et F. de Varenne (2003).

rôles incitatifs et les différentes manières de les mettre en œuvre : enchères, réglementations et normes, incitations volontaires, etc. Ces théories s'appuient sur les résultats de la théorie des jeux.

Dans la mesure où de telles institutions délimitent le domaine des risques (des dommages, en fait) et des responsabilités, un certain nombre d'instruments d'assurance de type classique pourraient être proposés. Ces derniers ont pour objet de couvrir les risques qui échappent aux méthodes de prévention (ou de précaution) qui sont mises en œuvre et encadrées par les institutions collectives.

Cependant, la portée de tels instruments reste limitée dans la mesure où, comme il a été souligné plus haut, les controverses et l'incertitude scientifique ne permettent pas mesurer les risques de manière objective (à partir de statistiques). Pour les sociétés d'assurance qui acceptent des contrats dans ce cadre, reste alors le recours à la réassurance pour se couvrir des dédommagements qui dépasseraient leurs disponibilités gérées selon les méthodes habituelles.

Le principe de la réassurance repose à la fois sur ceux de l'assurance (assurer les assureurs) et sur ceux de la finance. En effet, les risques pris au niveau des réassureurs sont du domaine de la finance en ce sens que les conséquences sont incertaines, non probabilisées et à échéances lointaines, tout comme le sont les risques formalisés par les contrats financiers échangés sur les marchés.

Le développement de la théorie des marchés financiers depuis les années 70 a permis de construire, d'évaluer et de promouvoir l'ouverture de nombreux marchés nouveaux où s'échangent des instruments de couverture : marchés d'options, de contrats à termes, d'instruments dérivés des actifs existants<sup>9</sup>. Cette théorie s'appuie sur l'existence de statistiques nombreuses sur les prix des contrats échangés qui permettent une formalisation de l'incertitude qu'ils expriment. Les mathématiques utilisées font appels à la théorie des processus stochastiques, à la programmation dynamique stochastique et à des modèles développés en Physique (pour la dynamique des fluides, notamment). Cette théorie propose des instruments puissants d'analyse, de prévision, et d'évaluation d'actifs qui sont liés à ceux dont on connaît les prix. Elle a permis l'ouverture de marchés d'instruments particulièrement adaptés à certains risques climatiques (dérivés climatiques ou *weather derivatives* basés sur des indices de température ou de pluviosité), catastrophiques (*cat bonds*) et plus généralement, à des risques définis par les projets (publics ou privés) et les sociétés d'assurance (portefeuilles d'instruments de couverture financière : *swaps* etc). Ils pourraient être utilisés, au moins comme référence, pour évaluer les risques pris et les dommages possibles par les organisations institutionnelles.

### 3.2 Vers une évaluation collective des risques

Dans quelle mesure de tels instruments peuvent-ils répondre aux problèmes posés par les risques liés à l'environnement ?

Ils ne font pas référence à des probabilités sur les occurrences pour mesurer les risques, mais seulement à une mesure déduite des prix de contrats existants : les prix définissent une mesure, absolument continue par rapport à la distribution estimées des prix passés<sup>10</sup>, mais qui ne lui est pas égale. Une telle mesure représente l'évaluation des risques, agrégée par les échanges, par les intervenants sur les marchés. Bien entendu, cette agrégation sera d'autant plus pertinente, en tant que mesure collective des risques, que les institutions, associations représentant les individus et groupes organisés de pression, feront partie de ces intervenants.

Ils sont construits dans un cadre et une optique dynamique, contrairement aux mesures de prévention, de financement de projets et aux contrats de couverture des dédommagements classiques (assurances privées ou instruments institutionnels). Par exemple, une option d'achat (*call*) correspond au droit et non à l'obligation d'acheter un instrument avant une échéance donnée, à un prix fixé à l'avance, en fonction des arrivées d'information. Même lorsqu'un tel contrat n'existe pas, sa formalisation théorique permet de calculer le prix qu'il aurait s'il était échangé et donne ainsi une évaluation de l'option de le modifier, «la valeur d'option»,

---

<sup>9</sup> Le marché des options s'est ouvert à Chicago peu après la parution des articles de Black F. and Scholes M. (1973) et de Merton R (1973).

<sup>10</sup> Un événement qui avait une probabilité non nulle, correspond à un contrat dont le prix est non nul.



comprise dans un projet (de prévention ou de couverture financière) dynamique, flexible en fonction des arrivées d'information.

### 3.3 Mesure de marché de risques controversés

le principe du rapprochement de biens non-marchands à avec des biens marchands afin de les évaluer a été étendu aux investissements financiers (théorie des "investissements réels"). La théorie s'appuie sur la théorie de l'évaluation par arbitrage en l'étendant au cas où les risques financiers ne sont pas représentés par des contrats échangeables sur les marchés financiers. L'application de la théorie consiste à trouver, parmi les variables aléatoires définissant l'investissement considéré (par exemple, le prix de cuivre pour une mine de cuivre), une variable similaire qui corresponde à l'incertitude sur les rendements d'un actif négocié (pour le même exemple: un contrat à terme sur le cuivre). L'investissement peut alors être assimilé à un actif dérivé de l'actif négocié (appelé le sous-jacent) et son prix calculé par la théorie de l'évaluation par arbitrage, comme pour une option sur une action.

Suivant ce même principe, des risques, une fois rendus financiers par l'évaluation monétaire de leurs conséquences par l'une des méthodes que nous avons évoquées dans la deuxième section, peuvent aussi être rapprochés de contrats risqués évalués sur les marchés. La difficulté vient de ce que, si dans les investissements réels qui sont de nature industrielle, il est généralement aisé de trouver un sous-jacent naturel échangé, cela n'est pas le cas d'autres risques, les risques environnementaux notamment<sup>11</sup>. Un ensemble de techniques qui sont en cours d'élaboration<sup>12</sup> consiste à fabriquer, sur des bases statistiques, un portefeuille d'actifs négociés dont les paiements répliquent ceux du risque à évaluer. Une fois ce portefeuille construit, le risque peut être assimilé à un actif dérivé du portefeuille et évalué selon la théorie des investissements réels. Il est bien entendu qu'une telle évaluation est grossière et ne peut donner que l'idée d'un ordre de grandeur à rapprocher de celui des coûts investis. La méthode présente cependant un autre intérêt. En effet, le portefeuille qui est construit de manière à répliquer le risque est, par construction, un instrument de couverture de ce risque : en prenant une position inverse sur le portefeuille, ses paiements seront opposés à ceux des conséquences monétaires du risque, par conséquent il les compensent. Cette assertion n'est valable que dans un contexte de gestion dynamique où le portefeuille est modifié dès qu'il ne réplique plus le risque. Ainsi utilisé, un tel portefeuille peut conduire à proposer un contrat du type de ceux des sociétés de ré-assurance qui permettent de financer les dommages en se servant des gains réalisés pendant les périodes où il n'y en a pas.

Notons que ces développements ne permettent une évaluation collective, nécessaire face aux risques liés à l'environnement, que dans la mesure où, effectivement, les collectivités concernées participent aux marchés sur lesquels les valeurs sont déterminées. Bien que tous les marchés (de biens, de services, d'instruments financiers et des devises) soient liés, il est évident que certains acteurs ont un rôle plus déterminant que d'autres, en fonction notamment de leurs dotations initiales et qu'il n'est pas notoire qu'ils partagent les mêmes valeurs que de grandes parties des populations concernées par les risques (mais voir la note 9).

## Conclusion

Bien que les développements récents qui ont été présentés<sup>13</sup> aient fait grandement évoluer l'analyse classique de comparaison entre les coûts (d'investissement et de gestion) et les bénéfices (ou dommages)

---

<sup>11</sup> Du moins pour le moment, en effet, les mesures de protection de l'environnement par les firmes cotées commencent à être reflétées par leurs prix, grâce, notamment, aux fonds de placements éthiques et l'intervention de plus en plus fréquente d'importantes ONG sur les marchés de capitaux.

<sup>12</sup> Kast, Lapied et Pardo (2004).

<sup>13</sup> Une présentation complète des théories évoquées ici et des instruments se trouve notamment dans les ouvrages de R. Kast et A. Lapied (2004) et (2006).

attendus d'un risque ou d'un projet le contrecarrant, ils ne prétendent pas résoudre tous les problèmes ni se substituer aux instruments existants.

De plus, bien que ces instruments soient dynamiques et permettent de tenir compte de flexibilités en fonction des arrivées d'informations futures, ils ne permettent pas d'actualiser des conséquences aux échéances lointaines. Des méthodes de programmation dynamique permettent cependant, dans une approche individuelle (supposée être celle d'un décideur publique bienveillant), de jouer sur différentes hypothèses concernant le poids à donner aux conséquences lointaines<sup>14</sup>.

Enfin, pas plus que le calcul coût-bénéfice classique, ces méthodes d'évaluation ne prétendent se substituer à un critère de décision. Tout au plus offrent-elles aux décideurs une base sur laquelle comparer les décisions réalisables et les faire mieux comprendre et accepter par le public. Elles sont opposables à celles qui seraient fondées sur d'autres hypothèses, et surtout à celles qui ne se fondent que sur une approche éthique, difficilement acceptable sans controverse sur ses fondements et dont les coûts peuvent s'avérer économiquement insoutenables.

## Références

Black F. and Scholes M.(1973), "The pricing of options and corporate liabilities", *Journal of Political Economy*, 81, p. 637-654.

Briys E. et de Varenne F.(2003), *The fisherman and the rhinoceros*, Wiley, Finance.

Heal G. : *Valuing the future*, Columbia University Press, 1998.

R. Kast et A. Lapied (2004), *Analyse économique et financière des nouveaux risques*, Economica, Gestion.

R. Kast et A. Lapied (2006),: *Economics and Finance of Risks and of the Future*, Wiley & Sons.

Kast R., Lapied A. and Pardo S.: "Construction d'un portefeuille sous-jacent virtuel", *Revue Économique*, 55, 2004.

Kast R. and Luchini S. (2002), "Calcul économique et risques socio-politiques : une procédure d'évaluation des projets publics", *Economie et Prévision*, n°156, n° 5, 73-84.

Knight F. (1921), *Risk, uncertainty and profit*, Houghton Mifflin.

Merton R. (1973), "The theory of rational option pricing", *Bell Journal of Economics and Management Sciences*, 4, 141-143.

Quiggin J. (1982), "A theory of anticipated utility", *Journal of economic behavior and organisations*, 3, 4, p. 323-242.

Schmeidler D. (1989), "Subjective probability and expected utility without additivity", *Econometrica*, 57, p. 571-587.

Tversky A. and Kahneman D. (1981), "Loss aversion in riskless choice: A reference-dependent model", *Quarterly Journal of Economics*, 106, p. 1039-61.

Yaari M. (1987), "Dual theory of choice under uncertainty", *Econometrica*, 55, 1, p. 95-115.

---

<sup>14</sup> Heal (1998).

