

**Changement climatique, incertitudes et
perspectives éthiques : le rôle des
outils d'aide à la décision**

C. Fertel
J.-Ph. Waaub

G-2013-18

Mars 2013

Changement climatique, incertitudes et perspectives éthiques : le rôle des outils d'aide à la décision

Camille Fertel

*GERAD et HEC Montréal
Montréal (Québec) Canada, H3T 2A7*

camille.fertel@gerad.ca

Jean-Philippe Waaub

*GERAD et Université du Québec à Montréal
Montréal (Québec) Canada, H3C 3P8*

waaub.jean-philippe@uqam.ca

Mars 2013

Les Cahiers du GERAD

G-2013-18

Copyright © 2013 GERAD

Résumé : Le changement climatique constitue un défi majeur du 21^e siècle. C'est un phénomène global, transfrontalier s'inscrivant dans un horizon de temps long. Il se caractérise par des conséquences multiples difficiles à prévoir, tant du point de vue du lieu, du moment, que de l'ampleur de ces occurrences. Il impose aux décideurs politiques d'agir dans un environnement essentiellement caractérisé par une incertitude forte et multidimensionnelle. Du point de vue de l'aide à la décision, chacun de ces éléments contribue à la complexité du processus de décision dont la portée pour la société dépasse l'arithmétique coût-avantage traditionnelle. Cet article propose d'étudier le rôle des outils d'aide à la décision – qu'il s'agisse des modèles économiques intertemporels, de la programmation stochastique, de la programmation robuste ou de la modélisation multicritère – dans la prise en compte de l'incertitude liée au changement climatique selon une pluralité de perspectives méthodologiques, décisionnelles et éthiques.

Mots clés : Changement climatique, incertitudes, modélisation, aide à la décision, éthique.

Introduction

La question des changements climatiques pose des défis singuliers aux décideurs publics. Si jusque récemment nos modes de régulation socio-économiques avaient réussi à gérer, avec plus ou moins de succès, ce que la révolution industrielle avait radicalement opposé ; à savoir l'industrie et la nature, l'individu et la société ou encore la liberté et le risque ; ce n'est plus le cas. Force est de constater que nos modes de production et de consommation ne permettent plus d'assurer une régulation suffisante des conflits qui les animent. D'une part, la production industrielle et la consommation qui en résulte, bouleversent les grands équilibres écologiques de la planète telle que la régulation du climat, menaçant ainsi les conditions de survie de l'espèce humaine. D'autre part, ces menaces sont exacerbées par des inégalités socio-économiques croissantes, entre pays (les pays développés concentrent toujours 80% de la consommation mondiale) et à l'intérieur même des pays (l'indice de Gini a progressé de 9.2% entre 1990 et 2009¹) ; ce qui vient saper les possibilités d'une cohésion sociale et d'améliorations du bien-être des populations à moyen terme.

À la fin du XX^e siècle ces remises en question se sont cristallisées autour de la notion de développement durable (Brundtland, 1987). Concept plurivalent, le développement durable cherche à repenser les relations entre le social, l'économique et l'environnemental, en réorganisant le conflit des logiques inhérentes aux trois pôles de ce triptyque dans une perspective holistique et intégrée.

Ce concept ouvre un nouveau champ d'étude, il introduit un nouvel objet de science et les idées de limites et de diversité au développement. Il invite à remettre en question les cloisonnements disciplinaires, ceux des savoirs, la spécialisation du travail, par l'évidence d'une unité de l'action humaine. Mais, l'ajout de l'adjectif « durable » n'est pas une simple addition de composantes locales, régionales, économiques, sociales, écologiques, territoriales et culturelles. Car, en pratique, il soulève la question quantitative et qualitative des flux et des stocks de matière et d'énergie prélevés ou dissipés, et ne se dissocie pas de la solidarité normative et éthique, horizontale avec les plus démunis et verticale avec les générations futures. Il s'agit là d'une remise en question profonde et inédite pour l'humanité, l'impératif de penser le temps long dans nos décisions présentes, pour intégrer les conséquences éventuelles intangibles par essence puisque l'on n'en connaît ni la nature, ni l'ampleur, ni l'horizon temporel. Cette remise en question doit permettre une redéfinition plus précise des contours des stratégies de développement, incorporant des limites écologiques, sociales et éthiques (Fertel, 2009).

Parmi ces enjeux, le changement climatique représente un défi majeur pour nos sociétés mais, il est peut-être également l'élément le plus symptomatique de la crise actuelle qui les secoue et ce à plusieurs égards.

De par ces origines d'abord, le réchauffement climatique est provoqué par une augmentation de la concentration dans l'atmosphère de gaz à effet de serre (GES), dont les plus connus sont CO₂, CH₄, N₂O, et CFC². Parmi ces gaz, les CFC sont exclusivement d'origine anthropique (activités humaines : industrie, agriculture, transport, etc.), les autres sont à la fois d'origine naturelle et anthropique. Mais, ce que montrent les études tendanciennes sur la concentration de CO₂ dans l'atmosphère, c'est que cette concentration tend à s'accroître depuis la révolution industrielle (fin du XVIII^e siècle) due à l'augmentation des émissions liées à l'utilisation massive des ressources fossiles comme moteur du développement des économies industrialisées. À titre d'exemple, en 2008 au Canada, les secteurs de l'énergie (électricité, pétrole et gaz) et du transport représentaient plus de 61% des émissions de GES (Environnement Canada, 2011). La question du changement climatique dans sa version problématique est donc une conséquence des activités de développement économique, imprévisible il y a 200 ans.

De par ces dimensions ensuite, le changement climatique est un phénomène global, transfrontalier s'inscrivant dans un horizon de temps long. Il se caractérise par des conséquences multiples difficiles à prévenir (montée du niveau des océans, sécheresses, événements climatiques extrêmes, etc.), tant du point de vue du lieu, du moment, que de l'ampleur de ces occurrences. Ainsi, la problématique des gaz à effet de serre polarise l'ensemble des tensions qui animent la société post-industrielle. Comme une réponse symbolique à l'arrogance de nos sociétés individualistes post-industrielles face à l'avenir de l'humanité, il oblige les décideurs politiques

1. Selon « Les inégalités de revenu progressent plus vite au Canada qu'aux États-Unis », paru dans Le Devoir du 14 septembre 2011.

2. CO₂ : dioxyde de carbone, CH₄ : méthane, N₂O : oxyde nitreux et CFC : chlorofluorocarbures.

à agir, à décider en « méconnaissance de cause », dans un environnement essentiellement caractérisé par une incertitude forte et multidimensionnelle, et sur un horizon temporel qui englobe plusieurs générations dont les conditions d'existence sont très largement inégales. Il oblige, qui plus est, à décider ensemble, la coopération étant un élément clé de la mécanique des politiques climatiques.

Cette nécessité de s'adapter, de gérer le changement climatique ramène sur le devant de la scène politique et économique des questions d'une portée éthique considérable. En effet, les implications de l'action et de la décision publique face aux incertitudes inhérentes au changement climatique ne sont pas seulement d'ordre politique socio-économique ou scientifique mais également d'ordre éthique. Si l'on sait déjà que ne rien faire serait catastrophique, agir pourrait l'être tout autant. Dans un tel contexte, il est tout aussi nécessaire de s'interroger autant sur le rôle et la portée des outils d'aide à la décision dans la gestion de cette incertitude et la formulation de politiques climatiques, que sur les enjeux éthiques de ces décisions.

1 Changement climatique et incertitudes

Incertitudes : éléments de définition et typologie

Depuis les travaux de Knight (1921), on distingue 2 types de risque, le risque mesurable ou assurable que l'on peut probabiliser, et le risque d'entreprise ou incertitude non mesurable. Le changement climatique se caractérise par de fortes incertitudes de différents types, et de différents degrés. Cette section présente des éléments de définitions et typologies possibles de l'incertitude issues de la littérature et pour lesquelles existe un consensus relativement large. Les articulations possibles avec les notions de risque et d'ignorance, y sont également précisées avant de réintroduire la question dans la perspective du changement climatique.

L'incertitude provient du fait que l'avenir est soumis à l'aléatoire, aux contingences de tous ordres, à l'existence de différents futurs possibles, en un mot à l'imprévisible. C'est pour cette raison que l'on cherche à prévoir le futur afin d'être capable d'anticiper un tant soit peu notre avenir et donc de prendre les décisions adéquates compte tenu de nos choix de futurs possibles. Une telle démarche nécessite donc d'avoir recours à la prévision et à la prospective afin d'accroître notre visibilité de l'avenir. Le statut de l'incertitude constitue la base commune de la prévision et de la prospective, mais là où la prévision produit des certitudes (déterministes ou aléatoires), la prospective, elle, dégage des anticipations les futurs possibles. Gonod (1996) propose quatre types d'incertitudes inspirées des travaux de Yehezkel Dror (1993) fondés sur la reconnaissance de la dynamique des processus et la logique des ensemble flous :

- **type 1** : prévision à contenu déterministe, et quasi mécaniste. C'est le domaine de la certitude. Il s'agit de processus dont les lois de transformation et de mouvements sont connues et quantifiables. Ainsi, les lois de la nature sont utilisées et concrétisées en technologies, où la transformation des intrants en extrants obéit à des lois physiques ;
- **type 2** : prévision aléatoire, stochastique. Là aussi, les lois de transformation sont connues ainsi que leurs équations conditionnelles. La connaissance des corrélations, des coefficients d'élasticité, permet de prédire les alternatives futures dans le temps avec leur probabilités d'occurrence. La prévision de la consommation, par exemple, appartient à cette catégorie ;
- **type 3** : certitude qualitative et incertitude quantitative. L'orientation des processus est connue mais ne peut être assorti d'un jeu de probabilités d'occurrence. C'est le cas par exemple, des effets d'entraînement de la construction d'une autoroute ;
- **type 4** : incertitude qualitative, et quantitative. Il est impossible de connaître les alternatives des futurs. Cette incertitude peut venir de l'absence d'information mais également de la nature des phénomènes de mutations, etc.

La question de la forte incertitude est souvent réglée en attribuant une très faible probabilité d'occurrence. Ce qui, selon Gonod, est très préjudiciable car cela masque l'ignorance et empêche de se poser les bonnes questions, donc réduit considérablement la portée de l'exercice de prospective dans l'aide à la décision. De même, dans le cas de la prévision aléatoire, les probabilités d'occurrences ne sont pas connues avec certitude, et sont estimées ou bien approximées. D'autres considérations sont nécessaires pour compléter cette typologie notamment tous ce qui concerne l'incertitude relative à la connaissance (scientifique) et à

l'information, centrale dans le cas du changement climatique, ainsi que sur le contenu conceptuel et systémique de l'incertitude. En effet, les processus en cours aujourd'hui ont, en partie, leur origine dans le passé ; c'est-à-dire qu'ils sont la conséquence de choix passés. Les incertitudes futures sont le produit de celles du présent, et du passé. Notre vision des futurs souhaités ou redoutés, va influencer nos choix présents selon une dialectique reliant le passé, le présent et le futur. En s'appuyant sur la typologie précédente, Gonod (op.cit.) propose de catégoriser les différents types d'incertitudes selon leur dialectique temporelle.

a) Les incertitudes du présent et du passé

Elles ont des catégories communes qui se rattachent à l'état des informations et des connaissances disponibles :

- les incertitudes de la connaissance de l'état du système actuel et celui à T-n,
- les incertitudes des processus en cours et des processus passés,
- les incertitudes des contradictions au sein du système,
- les incertitudes des stratégies et projets des acteurs actuels,
- les incertitudes des progrès de la connaissance, qui lèvent des incertitudes et en créent d'autres.

b) Les incertitudes du futur

Elles ajoutent aux incertitudes de la connaissance du présent et du passé, celles des anticipations des processus, et donc de toutes les modifications temporelles qui vont conduire à de nouveaux états du système à des temps T+n. On peut les résumer ainsi :

- les incertitudes des émergences et des ruptures, des continuités et des discontinuités,
- les incertitudes des réversibilités et des irréversibilités,
- les incertitudes de la découverte scientifique, de l'innovation technologique, et de sa diffusion
- les incertitudes des innovations sociales,
- les incertitudes de l'évolution des contradictions dans la société, de leur explosion et de leur résolution,
- les incertitudes du mode de pensée, des valeurs et du comportement des générations dans l'avenir,
- les incertitudes des temps prospectifs, des délais, des vitesses des processus.

La prise en compte de la dynamique temporelle des incertitudes est importante lors des exercices prospectifs car elle permet de rationaliser la façon d'anticiper les impacts des événements passés et présents (choisis ou subis) sur le futur en s'appuyant sur une chaîne d'informations des processus et relations de causes-à-effets entre « état des systèmes-décision-action-état des systèmes » à l'intérieur d'un continuum analytique. Cette perspective permet d'enrichir et de mieux structurer la connaissance, y compris de ce que l'on ignore, lors des processus décisionnels, et notamment de ne pas traiter de la même façon les incertitudes sur le passé et le présent, que celles portant sur le futur.

Malgré ces apports significatifs, cette forme de catégorisation ne dit rien sur le degré d'incertitude, élément fondamental de la prise de décision, en particulier lorsqu'il s'agit de hiérarchiser les différentes alternatives envisageables et surtout d'estimer leur coût social. La typologie proposée par Stirling (1999, 2008) permet de remédier au problème. L'auteur classe les situations dans quatre catégories : risque, ambiguïté, incertitude et ignorance. Ces distinctions théoriques se traduisent en pratique par les situations suivantes :

- résultats connus, probabilités estimées = risque,
- résultats connus, probabilités inconnues = ambiguïté,
- résultats inconnus, probabilités estimées = incertitude,
- résultats inconnus, probabilités inconnues = ignorance.

Très proche de Stirling, Wickson et al. (2010) proposent d'introduire une nuance supplémentaire dans cette typologie de l'incertitude. Ils estiment en effet que l'ambiguïté caractérise une situation où un certain nombre de repères différents doivent être utilisés pour effectuer le calcul. Cependant, les auteurs ne donnent aucune indication sur la façon d'évaluer le risque et de prendre en compte l'incertitude dans la décision publique. À l'inverse, les travaux de Stirling permettent non seulement de clarifier les concepts de risque et d'ignorance

ainsi que leur articulation autour de la notion d'incertitude, mais également une taxonomie des réponses politiques ou de gouvernance possibles.

Le risque et l'ambiguïté correspondent à une incertitude de types 1 et 2 dans la typologie proposée par Gonod, tandis que l'incertitude et l'ignorance correspondent aux types 3 et 4.

Tableau 1 – Définition conceptuelle du risque, de l'incertitude et de l'ignorance

Types d'incertitude	Connaissance des résultats	Connaissance des probabilités	Approche scientifique/ politique
Risque	Bonne	Bonne	Méthodes probabilistes classiques
		Faible	Méthodes probabilistes Bayésiennes
Ambiguïté	Faible	Bonne	Théorie des ensembles flous, Analyse de sensibilité
		Faible	
Incertitude	Bonne	Aucune	Analyse de scénario
Ignorance	Faible	Aucune	Précaution

Les incertitudes relatives au changement climatique

Les incertitudes relatives au changement climatique sont à la fois de nature épistémique et ontologique. Épistémique provient du grec « épistémé » (science) signifie « *qui est relatif aux connaissances* » (scientifiques, entre autres) et ontologique c'est-à-dire lié à la nature même, à l'essence du phénomène du changement climatique. Cette distinction peut paraître de prime abord quelque peu ténue dans le contexte de notre propos mais s'avère essentielle dans une perspective de gestion des risques collectifs. En effet, issue du Grec « *onto* » signifiant « *étant* », l'ontologie est l'étude des propriétés générales de tout ce qui est, selon la définition proposée par Aristote. De façon plus contemporaine, l'ontologie est la conceptualisation d'un domaine, c'est donc un choix (consensuel) quant à la manière de décrire ce domaine, permettant de catégoriser les relations entre les concepts propres à ce domaine (Gruber, 1995). Il est donc raisonnable de penser que plus la connaissance du changement climatique progresse, plus il est possible de décrire avec précision la dynamique des relations qui animent le phénomène. Seulement, les incertitudes de nature ontologiques renvoient souvent aux effets d'interactions « Homme-Nature », ou « Nature-Nature » imprévisibles. Par exemple, on ne connaît pas la sensibilité du climat à la concentration de CO₂ dans l'atmosphère, la relation n'est pas linéaire et la seule possibilité d'envisager cette interaction est de procéder à des analyses de sensibilité, mais on ne peut exclure que quelque chose d'imprévisible se produise. Cette catégorie relève de la dialectique temporelle des incertitudes, notamment celles portant sur le futur puisqu'elles font état de la difficulté à anticiper les processus et modifications qui entraineront un nouvel état du système. Les problèmes d'ordre ontologique nécessitent donc résilience et robustesse.

Les incertitudes épistémiques sont certainement les plus connues car elles font régulièrement l'objet de controverses quant à la fiabilité du discours (et des données) scientifique à propos du changement climatique. En effet, la connaissance scientifique du changement climatique souffre de plusieurs lacunes. D'abord, l'incomplétude des observations factuelles ainsi que les erreurs et biais de mesures rendent les simulations sujettes à caution. Les incertitudes sur la validité et la portée des cadres théoriques appliqués à la modélisation intégrée du climat, ainsi que la capacité prédictive des modèles, peuvent également être controversées. Par exemple, l'articulation des différentes temporalités, économie-société-climat, peut s'avérer problématique et nécessite des hypothèses fortes sur les anticipations. Dans cette perspective, ce type d'incertitudes référerait plutôt aux incertitudes relatives au passé et au présent puisqu'elles se rattachent à l'état de la connaissance et à l'information disponible. Concernant la science du climat, la connaissance progresse à un rythme soutenu. D'abord, les techniques d'observation et de calcul s'améliorent constamment grâce, entre autres, aux technologies qui décuplent la puissance de calcul des modèles et à l'effort soutenu d'intégration des connaissances des équipes multidisciplinaires. Par exemple, la résolution spatio-temporelle des modèles de circulation générale océan-atmosphère double lorsque la puissance des ordinateurs est multipliée par 16, ce qui ne demande que 6 ans environ, si l'on admet que la puissance des processeurs électroniques double tous les 18 mois (Hasselmann, 1997). Rappelons, également qu'en l'espace de cinq ans (1990-1995), la communauté scientifique (groupe de

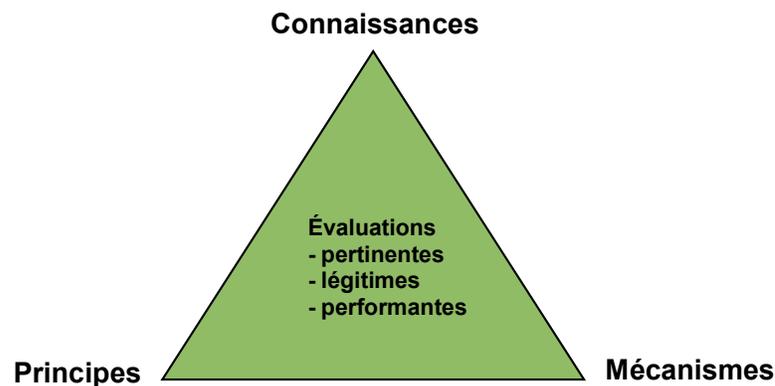
travail I, GIEC) est passée d'un discours de prudence, « on ne peut être certain de l'existence d'une perturbation climatique » à un discours catégorique, « on est en mesure de discerner une influence anthropique sur l'évolution du climat » (Ha Duong, 1998). Ce type d'incertitudes diminue donc au fil du temps.

Ce continuum dynamique d'incertitudes sur les caractéristiques du changement climatique ainsi que sur l'ampleur, et le degré de ses effets, combiné à la nécessité d'agir, place le décideur face à des enjeux non plus seulement techniques mais également éthiques. Le fait que l'incertitude ne puisse jamais être réduite à zéro, nous oblige donc à tenter d'une part d'adapter les outils d'aide à la décision existants ; et d'autre part à en développer de nouveaux, afin de mettre en œuvre des stratégies de gestion des risques sous-jacents.

2 Gestion de l'incertitude et outils d'aide à la décision : quelques exemples

L'évaluation environnementale

D'une manière générale, l'évaluation environnementale (ÉE) regroupe un ensemble de méthodologies relativement « soft » comparativement aux modèles mathématiques, visant à faciliter la mise en œuvre d'un développement durable. Ce n'est donc pas un outil spécifique d'analyse et de gestion de l'effet de serre. Seulement, l'ÉE peut s'avérer un instrument de prévention et de gestion des risques environnementaux liés à des projets ou politiques de développement (économique) et à ce titre utile dans la lutte contre le réchauffement climatique. L'ÉE présente l'avantage d'être relativement inclusive, ancrée dans la pratique du développement, guidée par le principe de ne pas nuire (conservation et prévention : atténuation ou compensation), celui du partage des responsabilités entre les différents acteurs, ou encore de reconnaître l'importance d'intégrer l'adaptation au changement climatique, la biodiversité, la diversification des activités ou encore les stratégies de lutte contre la pauvreté, etc. Tous les enjeux relatifs à l'ÉE exigent une prise en compte simultanée des aspects scientifiques, juridiques et politiques.



Source : Waaub et al. 2010

Figure 1 – Enjeux relatifs à l'évaluation environnementale

Les apports principaux de l'ÉE à la gestion de l'incertitude relative à au changement climatique, résident essentiellement dans 2 éléments. (i) L'ÉE a la capacité à produire une information pratique et très contextualisée intégrant les intérêts des acteurs vis-à-vis des enjeux des décisions à prendre. Il y a là l'idée non seulement de produire une information scientifique sur les risques liés à un projet mais également de faire remonter vers les sphères décisionnelles la question de la perception du risque par les parties concernées ainsi que la notion de risque ou incertitude acceptable. Concrètement, l'ÉE permet de : reconnaître, étudier et valoriser les capacités spontanées d'adaptation en relation avec la vulnérabilité du milieu humain et naturel ; améliorer la gouvernance par la participation, la cohérence multi-niveaux et multisectorielle des interventions ; analyser la pertinence des technologies et leurs conditions d'appropriation, en tenant compte des barrières à la fois culturelles et économiques ; et enfin intégrer adaptation et développement en évitant de les opposer. (ii) L'ÉE repose sur une base de connaissance scientifiques qui offre : la reconnaissance d'une pluralité de

modèles et de connaissances ; une meilleure formation et coopération interdisciplinaire, en particulier dans les pays en développement (non seulement partager des résultats mais aussi élaborer ensemble des priorités) ; de pouvoir repérer et atténuer les barrières à l'accès à l'information scientifique (technologie, coût, langue...) ; une meilleure connexion entre science et décision politique ; l'intégration de tous les acteurs concernés y compris « *les pollueurs* » dans le processus de production de l'information.

L'exemple d'une approche multicritère dynamique combinée à un modèle de planification énergétique

Cette approche s'inscrit dans le cadre des négociations mondiales sur le climat, et notamment le protocole de Kyoto (UNFCCC, 1997) imposant des cibles de réduction des GES aux pays développés. Cette analyse s'intéresse aux systèmes de permis d'émissions comme mécanisme de négociation internationale. L'idée ici est d'aller plus loin que le cadre conventionnel en incluant la participation des pays en développement aux négociations internationales. En effet, leur croissance économique rapide entraînant une augmentation considérable de leurs émissions de GES, il semble difficile de pouvoir stabiliser les émissions mondiales en les excluant des efforts internationaux. Seulement, l'intégration de ces pays dans cet exercice soulève de nombreuses questions notamment en matière d'équité. L'objectif est alors de développer un outil d'aide à la décision permettant de fournir aux décideurs de l'information pertinente sur différents schémas d'allocation équitable des permis et de partage de la charge de la réduction des émissions de GES dans un contexte de coopération mondiale.

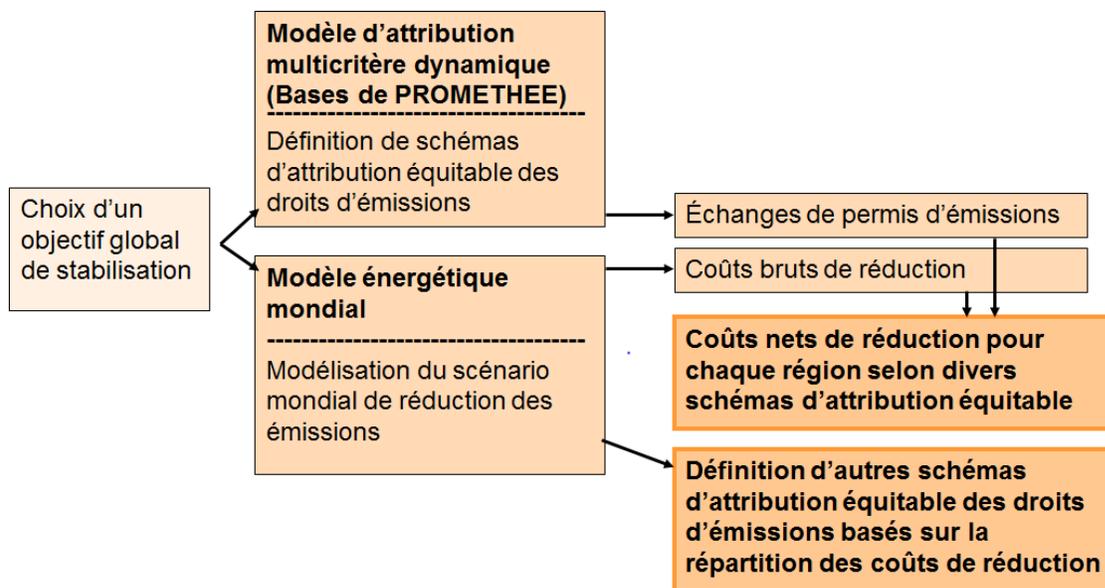


Figure 2 – Méthodologie générale du modèle d'aide à la décision : Équité et scénarios mondiaux de réduction des gaz à effet de serre (Vaillancourt et Waub, 2006)

Comme décrit dans la figure 2, la méthodologie consiste à utiliser la modélisation multicritère (Base PROMETHEE, Brans et al., 1986 ; Brans et Mareschal, 2002) dynamique (D'Avignon et al., 1996) pour définir des schémas d'attribution équitables des droits d'émissions. Il s'agit d'attribuer à différents principes d'équité retenus (issus de différentes conceptions de la notion de justice) des critères comme indiqué dans l'encadré 1.

Les critères sont ensuite pondérés par les décideurs (représentant chaque pays dans la négociation internationale), permettant ainsi de refléter leurs valeurs et leurs priorités. Ce modèle multicritère comporte trois étapes importantes. (i) L'évaluation des régions du monde en fonction des critères d'attribution ; (ii) le calcul d'un index de priorité ; (iii) la répartition des permis d'émissions entre les régions en utilisant leur index de priorité à chaque période de temps. L'avantage de ce modèle est qu'il prend en compte les besoins de base des régions, leurs caractéristiques et leurs évolutions temporelles mais permet aussi le réajustement de ces

Encadré 1 – Principes d'équité et critères correspondants

Principes	Critères
<ul style="list-style-type: none"> ● Égalitarisme ● Besoins vitaux ● Pollueur-payeur ● Responsabilité ● Capacité de payer ● Souveraineté 	<ul style="list-style-type: none"> ● Population ● Seuils de PIB ● Émissions actuelles ● Émissions cumulatives ● PIB, PIB per capita ● Émissions historiques
<ul style="list-style-type: none"> ● Coûts comparables ● Horizontalité ● Verticalité 	<ul style="list-style-type: none"> ● Coûts (PIB ou Population) ● Coûts (PIB ou Population) ● Coûts et PIB

Source : Vaillancourt et Waaub, 2006

considérations selon différentes définitions de l'équité. De plus, des analyses de sensibilité et de robustesse sont effectuées afin d'explorer diverses situations d'incertitudes concernant l'évaluation des paramètres du modèle tel que les poids donnés aux critères en fonction des priorités des décideurs, ou l'évaluation des régions selon les divers critères (incertitudes reliées aux mesures). La modélisation multicritère et multi-acteurs est ainsi particulièrement intéressante à plusieurs titres, notamment : son volet participatif et contributif impliquant des décideurs (ou des parties prenantes), la reconnaissance des critères visant à bien représenter la complexité d'un problème sans le compliquer, et l'exploration des incertitudes.

La seconde étape consiste à utiliser un modèle de planification énergétique mondial TIAM (TIMES Integrated Assessment Model) afin de modéliser des scénarii mondiaux de réduction des émissions de GES. Le modèle TIAM est un modèle mondial à 15 régions qui inclut toutes les fonctionnalités de TIMES (The Integrated Markal-Efom System)³ avec : (i) un module climatique reliant les émissions aux concentrations de GES dans l'atmosphère, les océans, et à la température par le biais d'une équation XXX ; et (ii) avec la programmation stochastique. Il s'agit de modèles d'optimisation linéaire dynamique de type bottom-up. Ces modèles se caractérisent par la reproduction des systèmes énergétiques, basée sur des caractéristiques technologiques très détaillées, et desquelles il est possible de tirer des résultats plus agrégés, d'où le terme d'approche « bottom-up » (structure ascendante où l'information remonte du niveau le plus désagrégé au niveau le plus agrégé). Ils sont utilisés pour la modélisation des politiques énergétiques et climatiques car ils permettent de rendre compte de l'évolution des émissions des gaz à effets de serre liées au secteur énergétique d'une ou plusieurs régions. On parle de planification énergétique stratégique car ces modèles sont dynamiques et permettent d'orienter les grands axes stratégiques des décideurs sur le long terme en matière énergie et de réchauffement climatique. D'une manière générale, on considère des horizons temporels allant jusqu'à 2050 pour les politiques énergétiques et 2100 pour les politiques climatiques.

Dans notre exemple, la combinaison de l'approche multicritère et du modèle énergétique a permis de quantifier les coûts nets de réduction de GES selon différents schémas d'équité d'attribution des droits d'émissions dans chaque région du monde et de proposer des recommandations en matière d'attribution de ces permis à partir de schémas de répartitions des coûts de réductions équitables (pour plus de détails voir Vaillancourt et Waaub, 2006). Ils offrent donc la possibilité aux décideurs d'explorer l'impact (coûts et faisabilité dans le temps) de différentes options de politiques climatiques en explicitant des enjeux relatifs aux processus décisionnels coopératifs en univers incertains. D'un point de vue plus technique, la limite de cette approche est que dans cette version les modèles de type TIMES permettent d'évaluer la faisabilité, les coûts et les moyens (technologiques) d'une option de politique climatique particulière, mais selon des hypothèses déterministes (anticipation parfaite, marché parfait, etc.). En conséquence, l'incertitude sur les taux de croissance économique, de la demande en services énergétiques, etc., échappe totalement à l'analyse.

3. TIMES a été développé dans le cadre de l'ETSAP (Energy Technology Systems Analysis Program) en 1997 comme le successeur des anciens générateurs MARKAL et EFOM, en ayant les mêmes fonctionnalités que ses prédécesseurs, avec de nouvelles fonctionnalités facilitant ainsi la compréhension des systèmes. Il représente une nouvelle amélioration de ces anciens modèles en offrant une plus grande flexibilité. Pour plus de détails, cf. Documentation for the TIMES Model, (Loulou et al., 2005).

La prise en compte de l'incertitude peut se faire grâce des analyses de sensibilité de différents paramètres, par exemple en faisant varier la valeur de certains paramètres exogènes comme le taux de croissance du PIB ou, via l'utilisation de l'élasticité prix/demande pour les technologies selon différents scénarii. L'autre alternative pour prendre en compte l'incertitude est de faire appel à la modélisation stochastique ou robuste. Il existe une version TIMES stochastique dont l'objectif est de dépasser les limites déterministes du modèle de base pour traiter la question de l'incertitude de façon explicite. La programmation stochastique⁴ est une méthode permettant de déterminer la décision optimale en univers risqué. L'idée étant de prendre en compte l'incertitude sur les paramètres (totalement ou partiellement) du programme linéaire du modèle. Habituellement, les paramètres considérés sont les coûts, la matrice coefficients technique, etc. Chaque paramètre est alors considéré comme une variable aléatoire à laquelle on attribue une distribution de probabilité (représentant l'occurrence). La fonction « objectif » devient également une variable aléatoire. Pour rendre l'optimisation possible, un critère de décision doit être choisi, généralement il s'agit du coût espéré ou de l'utilité espérée du système (Kanudia et Loulou, 1998). L'incertitude sur un paramètre donné est supposée être résolue à un moment donné, (*time resolution*), c'est-à-dire le moment auquel la valeur actuelle du paramètre est révélée. La distribution de probabilité et le moment où date de résolution d'un paramètre peuvent être représentés par un arbre de décision. Par exemple, la figure 1 décrit une situation énergie/environnement typique. Dans cet exemple, on assume que le temps présent se situe en 2000. L'incertitude porte sur 2 paramètres : le niveau d'atténuation (des émissions de GES) qui peut prendre 2 valeurs, faible ou élevée qui seront connues en 2010 ; et le taux de croissance de la demande (en services énergétiques) qui peut prendre également 2 valeurs, faible ou élevée qui seront connues en 2020. Enfin, les probabilités de chaque alternative apparaissent sur les branches de l'arbre ci-dessous, correspondant chacun à des états du monde (*States-of-the-world*) probables.

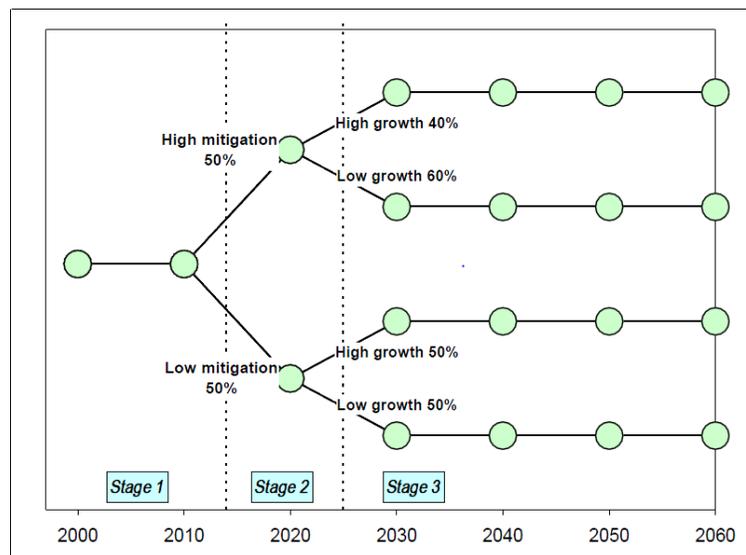


Figure 3 – Arbre pour un modèle TIMES stochastique en 3 étapes

À partir de là, l'idée est alors soit d'effectuer une analyse de sensibilité, ou bien d'effectuer des analyses de compromis « *Trade-off analysis* ». L'analyse de sensibilité portera sur les différents états du monde (technologiques) envisagés tandis que la « *Trade-off analysis* » visera à analyser l'écart entre la solution optimale issue de la fonction objectif classique (minimiser le coût total actualisé du système énergétique sans incertitude) et les solutions optimales issues de fonctions objectif incluant l'incertitude et pour lesquelles le marché ne peut donner un prix. Il s'agit de trouver le meilleur compromis entre les coûts de réduction et l'augmentation des températures, et de pouvoir proposer aux décideurs des stratégies de couverture du risque climatique non désiré. Cela revient à effectuer une analyse coûts/bénéfices en prenant en compte la valeur de l'acquisition de l'information dans le temps et donc la possibilité de modifier la stratégie dans le temps.

4. Cette présentation de la programmation robuste s'appuie sur Loulou et Lehtila (2012) : <http://www.iea-etsap.org/web/Docs/TIMES-Stochastic.pdf>.

L'autre option pour tenir compte de l'incertitude est la modélisation robuste (voir par exemple : Babonneau et al., 2012). L'objectif de cette méthode est de dépasser les problèmes de calcul des probabilités (indispensables dans l'approche stochastique), en définissant un ensemble de réalisations pertinentes de façon explicite plutôt que de façon implicite par des probabilités. Cette approche est utilisée pour modéliser d'importantes sources d'incertitude dans TIMES telle que l'incertitude sur les paramètres de sensibilité du module climatique ou encore l'incertitude sur le déploiement des technologies de recharge, de type capture et séquestration du carbone. L'hypothèse de base est que le décideur a une connaissance limitée de l'incertitude avec laquelle il doit décider, il ne peut que fournir un intervalle de variation du ou des paramètre(s) incertain(s). À partir de là, la logique de la modélisation robuste consiste à minimiser la valeur du pire scénario, c'est-à-dire le plus risqué.

Toutes ces options de modélisation contribuent à améliorer la prise en compte d'une certaine forme d'incertitude et offrent aux décideurs des stratégies de gestion du risque climatique. Cependant, l'évaluation des stratégies climatiques, c'est-à-dire ici des coûts de réduction des émissions de GES dans le temps selon divers scénarii, repose sur l'arbitrage intertemporel, nécessitant le recours à l'actualisation. Le choix d'un taux d'actualisation relève d'un ensemble d'hypothèses théoriques fortes sur les anticipations des agents, la conception de la décision ou encore l'intégration des générations futures dans le calcul économique. Beaucoup de controverses liées à la décision sous incertitude se sont cristallisées autour du choix du taux d'actualisation, nous allons voir dans la section suivante que les enjeux relatifs au changement climatique dépassent souvent le débat sur le choix d'un taux d'actualisation. Nous tenterons de montrer comment et pourquoi les outils d'aide à la décision malgré leurs limites sont importants dans les tentatives de formulation de politique de lutte contre le réchauffement climatique.

3 Changement climatique, décision et enjeux éthiques

Si « gouverner c'est prévoir », force est de constater que cela devient très compliqué dans le cadre du changement climatique. L'enjeu est alors de coordonner les anticipations de différents agents sur différents futurs possibles en présence de fortes controverses, scientifiques, éthiques et politiques. Cette situation oblige à reconsidérer les schémas traditionnels de décisions publiques afin de s'ajuster aux contraintes imposées par ce contexte de fortes incertitudes. Au niveau international, cette préoccupation est apparue dans le cadre des travaux du groupe de travail III du GIEC qui introduisit les aspects socio-économiques du changement climatique. En effet, l'objectif principal du groupe de travail III était l'aide à la décision et notamment la question des coûts des politiques de lutte contre le réchauffement climatique (atténuation, et dans une moindre mesure adaptation). Cette dimension de l'action en faveur des politiques climatiques soulève des enjeux éthiques dont la portée est considérable.

La question de la répartition des coûts doit se faire sur plusieurs générations, mais comment tenir compte des générations futures et sur quel horizon temporel? Quels types d'efforts sommes-nous prêts à concéder en s'assurant de ne pas sacrifier une génération à une autre. En conséquence, comment répartir ces efforts? Reconsidérer les questions de justice sociale à l'aune des changements climatiques devient incontournable. La problématique de la justice distributive nous oblige classiquement à nous interroger sur la meilleure façon de répartir la charge non seulement des conséquences et bénéfices du changement climatique actuel mais aussi dans le futur. S'agit-il de faire payer les pays qui ont le plus contribué même sans le savoir? Cette logique distributive échappe aux modes de régulation par le marché (Fertel, Op.cit.) puisque dans la dynamique marchande les réductions se feront là où c'est le plus efficace et pas nécessairement là où c'est le plus juste. En effet, nous pouvons aisément concevoir les conséquences du changement climatique comme une externalité au sens économique du terme (Samuelson et Nordhaus, 1997). La compensation devient alors une alternative, mais cela suppose que les « perdants » du changement climatique puissent être dédommagés; à la fois ceux qui subissent les conséquences des actions passées et ceux dont l'économie serait négativement impactée suite à des mesures de réduction des émissions de GES. Ce type d'action pose le problème de l'imputabilité donc de l'identification des responsabilités passées, présentes et futures du changement climatique. Compte tenu des incertitudes qui pèsent encore sur le sujet, cela paraît difficile à envisager et pourrait faire courir le risque de bloquer le processus de négociation entre pays. Face à des horizons temporels impliquant plusieurs générations et par conséquent un degré d'incertitude non négligeable, la question de la justice procédurale

est souvent évoquée comme principe de gestion des relations intra-et-intergénérationnelles (Fertel, *op.cit.*; COMEST, 2010). Plutôt que de s'entendre de façon normative sur la justification d'une décision (bonne ou juste), il s'agit de s'intéresser à qui doit participer au processus de décision, conduisant à des mesures de lutte contre le réchauffement climatique, de façon à le rendre légitime. L'idée étant d'envisager les processus décisionnels comme un espace de négociation des intérêts et valeurs des acteurs afin d'établir une structure de priorité des actions à entreprendre sur laquelle il y a consensus. Compte tenu de l'incertitude qui pèse encore sur les données scientifiques du problème et qu'il est relativement inconséquent de postuler la stabilité des valeurs dans le temps. La décision doit être alors conçue comme un processus révisable, capable d'intégrer au fur et à mesure de nouvelles données scientifiques et laisser la possibilité aux générations de traiter ces problèmes selon leurs propres systèmes de valeurs.

D'un point de vue pratique, et notamment chez les économistes, ces enjeux se sont cristallisés autour de la question du taux d'actualisation, de la valeur d'option et du principe de précaution.

Changement climatique, actualisation et décision

L'analyse coûts-bénéfices est une méthodologie couramment utilisée lorsqu'il s'agit d'évaluer plusieurs options politiques sur la base de différents scénarii. Schématiquement, il suffit d'établir la chronique des coûts et des bénéfices des différentes options, d'optimiser ces chroniques sur la base d'un taux d'actualisation et de retenir la ou les options dont la valeur actualisée nette est positive. Dans le cadre du changement climatique, il s'agit de comparer les coûts des politiques de réduction des émissions de GES aux bénéfices futurs c'est-à-dire les dommages évités (Lecocq et Hourcade, 2004). Or, dans cette logique, la valeur actuelle des bénéfices futurs dépend de la valeur du taux d'actualisation. En effet, un bénéfice de 1\$ en 2100 ne vaut que 0.1 cent en valeur actuelle, pour un taux d'actualisation de 8% et 1 cent pour un taux de 5% (COMEST, 2005). Comparé aux coûts élevés des politiques climatiques contemporaines, il faudrait alors des dommages climatiques considérables pour justifier une action aujourd'hui, en postulant qu'à ce rythme les générations futures seront suffisamment riches pour se payer les politiques nécessaires. Dans ce contexte particulier, on comprend facilement que le choix du taux d'actualisation soit l'objet de controverses aussi importantes.

Cependant, il ne faut pas oublier non plus que le choix de la valeur d'un taux d'actualisation n'est pas nécessairement libre comme pourrait le laisser croire certains débats. Il n'a de sens qu'à l'intérieur d'un système de représentation des futurs possibles et ne peut se confondre avec la définition des scénarios portant sur ces futurs. Dans le cadre des modèles à générations imbriquées à la Ramsey (1928), tel que ceux utilisés dans les modèles d'évaluation intégrée du changement climatique de type MERGE (Model for Evaluating the Regional and Global Effects of GHG reduction policies; Manne et al., 1995), le taux d'actualisation dépend entre autres des hypothèses faites sur le taux d'épargne, l'évolution du progrès technique et le taux de croissance. Le taux d'actualisation est donc endogène aux modèles de croissance. Sans trop entrer dans les détails, Arrow montre que dans ce type de modèle de croissance le taux d'actualisation est égal à la productivité marginale du capital. Par exemple, faire l'hypothèse d'un taux de croissance élevé impliquerait un taux d'actualisation lui-même élevé et donc peu réaliste du point de vue de la productivité marginale du capital. Même lorsque l'on ne raisonne plus sur un modèle complet de croissance, on ne peut définitivement pas fixer un taux d'actualisation de façon arbitraire. En effet, il est nécessaire de tenir compte entre autres de l'incertitude sur les taux de croissance futurs, ou de l'impact de la dégradation de l'environnement sur les facteurs de production, et donc de la productivité du capital dans le temps. D'une manière générale, les économistes font l'hypothèse d'un taux de croissance à long terme aux alentours de 1% avec un taux d'actualisation décroissant avec le temps pour tenir compte des incertitudes dues à l'évolution du progrès technique. Quant à l'impact de la dégradation de l'environnement, la solution consiste à réévaluer régulièrement les anticipations sur la diminution de la productivité. On le voit, les débats sur le taux d'actualisation ne peuvent raisonnablement être considérés en dehors d'un système visant à articuler rationnellement différentes visions des futurs possibles.

Par ailleurs, dès que l'on cherche à prendre en compte les incertitudes entourant la question du changement climatique, le taux d'actualisation est loin d'être le seul élément à considérer. La théorie économique du risque a connu de nombreux développements dans les années 40 et 50, avec les travaux de Von Neumann et Morgenstern (1944), puis de Savage (1954). Seulement la question traitée était plus celle de la rationalité des décisions individuelles d'un point de vue normatif que de l'efficacité des décisions publiques dans un contexte

d'environnement incertain. Cette lacune fut comblée avec les travaux d'Arrow, Fisher et Henry (1974) au début des années 70, initiés par les réflexions de Weisbrod (1964). L'idée était, d'une part d'appliquer le critère de l'utilité espérée aux décisions publiques placées d'emblée dans un contexte d'environnement risqué, et d'autre part, de considérer explicitement la dynamique temporelle des choix publics dans un tel contexte. Mais cette théorie, initialement développée pour appréhender les risques (ou incertitudes) exogènes, s'applique assez mal à la problématique de l'effet de serre, notamment en raison de l'existence d'incertitudes endogènes c'est-à-dire dépendantes de nos décisions et non plus d'événements aléatoires extérieurs. Cette forme d'incertitude conduit à des équilibres multiples à long terme, c'est-à-dire de multiples futurs possibles auxquels il faut attribuer une probabilité d'occurrence. Cette situation rend les arbitrages traditionnels quelque peu caducs dans la mesure où un futur possible « moyen » ne correspond pas nécessairement à une forte probabilité d'occurrence. Par ailleurs, l'utilisation de critères de décision en avenir risqué sans attribution de probabilités (Minmax, etc.) reste assez inefficace dans une perspective de changement climatique puisqu'il sort de l'enjeu de base du processus décisionnel de ce contexte qui est la coordination des intérêts et anticipations des agents sur les futurs états du monde en information imparfaites et controversées. Dans ces conditions, le critère de l'utilité espérée (avec probabilité d'occurrence subjective) reste la moins mauvaise des solutions puisqu'il est sensé refléter à la fois les croyances des agents vis-à-vis des différents états futurs du monde possibles ainsi que leurs préférences. Seulement, comme mentionné précédemment, le schéma décisionnel doit pouvoir s'ajuster au contexte d'information imparfaite. En outre, il doit être capable d'assimiler l'arrivée d'informations supplémentaires au fur à mesure et donc permettre la révision des décisions passées, dans un processus séquentiel cohérent et continu dans le temps. Dans ce cas l'important est de tenir compte de la valeur d'option dans les décisions de court de terme.

Plus précisément, la théorie économique des irréversibilités temporelles étudie les conséquences ultérieures des choix courants sur les possibilités de choix futurs dans un contexte d'environnement risqué. Les choix présents alternatifs n'impliquent pas tous la même dynamique de décision à venir pour la collectivité. Certains choix sont plus irréversibles que d'autres, en ce sens qu'ils restreignent plus l'éventail des choix techniques possibles dans le futur. Or, le problème est que le degré d'irréversibilité va déterminer les possibilités qu'a le décideur d'améliorer la connaissance de son environnement au cours du temps, donc les opportunités de révision de sa décision courante. La valeur de ces opportunités de révision dans un environnement risqué, mais dont la connaissance est évolutive, est la valeur d'option. Nécessairement, dans un tel contexte socio-économique le décideur doit tenir compte de l'évolution de l'incertitude sur son environnement et de l'implication de sa décision pour le futur. Cette valeur d'option doit donc être enregistrée à l'actif des décisions flexibles, pour le décideur (Fertel, op.cit.). Dans un tel contexte décisionnel, comme le montre Lecocq et Hourcade (2004), la controverse sur le taux d'actualisation (relativement au changement climatique) devient relativement secondaire. Si l'on raisonne en termes d'analyse coût-efficacité avec un ensemble de plafonds de concentration de GES à ne pas dépasser (dont la « bonne » valeur est non connue au moment de la décision compte tenu du niveau d'incertitude), les paramètres clés de cette décision deviennent le degré d'inertie de l'économie c'est-à-dire sa capacité à réduire rapidement les émissions de GES (résumée dans la valeur des probabilités d'occurrence), et la date d'arrivée de l'information sur la valeur du taux de concentration critique. Si l'on raisonne en termes d'analyse coûts-bénéfices, alors il faut définir une fonction de dommage associée à chaque niveau de concentration de GES dans l'atmosphère. Dans ce cas le taux d'actualisation n'est décisif que lorsque l'on fait l'hypothèse d'une fonction de dommage linéaire avec le taux de concentration de GES. Ce qui n'est qu'une option, si la fonction de dommage comporte des effets de seuils alors c'est l'existence même de ces effets ainsi que leur date d'occurrence qui deviennent les paramètres clés avant le taux d'actualisation et l'inertie de l'économie. Tout dépend alors des anticipations sur le risque climatique, en lui attribuant une prime de risque suffisante, l'utilisation du taux d'actualisation ne conduit pas nécessairement à repousser indéfiniment l'action (Lecocq et Hourcade, op.cit.). Considéré comme un outil d'arbitrage temporel le taux d'actualisation peut permettre d'assurer une non dictature du présent sur le futur et à l'inverse une non dictature du futur sur le présent. L'enjeu n'est pas alors de définir la bonne politique pour les 100 ans à venir mais de choisir une stratégie avisée et de pouvoir l'adapter régulièrement à la lumière des connaissances (GIEC, 1996).

Cela impose un renouvellement de la conception de la décision capable de rendre compte non seulement des croyances et préférences des agents vis-à-vis des différents futurs possibles ainsi que leurs évolutions dans

le temps. Cette question des croyances et préférences induits un nouvellement à expliciter dans les processus décisionnels, celui de la portée éthiques de choix potentiels. Face à un phénomène dont les conséquences concernent toute l'humanité sans distinction, la reconnaissance de la pluralité des points de vues et des valeurs est un prérequis à la légitimité des réponses que l'on sera capable d'apporter. C'est ce que nous allons examiner dans la prochaine section. Nous tentons de montrer comment selon différentes perspectives éthiques nous pouvons apporter des éléments de réponse correspondant à différents niveaux de lecture du problème du changement climatique, et comment ces éléments se complètent pour mieux appréhender la complexité de la problématique.

Précaution et pluralité des perspectives éthiques

Ce contexte décisionnel est typiquement propre à la mise en œuvre du principe de précaution (Godard, 1996). En effet, l'existence de dommages graves ou irréversibles et l'absence de certitude scientifique, ne doivent pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement (Déclaration de Rio, 1992). Le principe de précaution exige une prise en compte précoce mais « effective et proportionnée » des risques potentiels dont l'existence est non scientifiquement démontrée soit parce que l'origine d'un dommage constaté n'a pas été établie scientifiquement, soit parce que l'existence d'un danger possible résultant de la diffusion ou de l'utilisation de produits nouveaux n'en est qu'au stade de l'hypothèse (Godard, 2001). Il se distingue donc aussi de la prévention qui vise essentiellement à contrôler des risques avérés. Dans cette optique, l'application du principe de précaution implique de décider, de prendre des mesures à temps donc avant de disposer de toute l'information nécessaire, quitte à réviser cette décision plus tard. Le principe de précaution et donc le corolaire naturel de la décision séquentielle et inversement. D'un point de vue pratique, la mise en œuvre du principe de précaution passe également par un processus délibératif. Ce qui répond aux exigences du processus décisionnel en contexte de fortes incertitudes. Nous avons montré précédemment que la prise de décision devait être considérée comme un espace de coordination des valeurs, croyances et anticipations des acteurs sur les différents états du monde possibles afin de trouver un accord sur les actions à entreprendre.

L'application du principe de précaution appelle à un retour aux enjeux éthiques de l'action dans le contexte du changement climatique. La procédure décisionnelle telle que conçue dans ce contexte d'incertitudes et donc selon le principe de précaution impose en parallèle une évaluation « éthique » ou « morale » des conséquences de nos actions ou de notre absence d'action. Si nous cherchons à réfléchir en termes d'éthique sur la valeur de nos actions, la question dont la simplicité est quelque peu brutale : *sommes-nous tout à fait convaincus qu'il ne faut jamais faire quelque chose, quelles qu'en soient les conséquences*, nous mets de suite au pied du mur. Sommes-nous prêts à assumer le fait d'ignorer totalement les conséquences de nos actes, y compris du point de vue éthique ? La réponse contenue dans le principe de précaution est clairement non, il renvoie donc à la question du « *comment agir ?* ». Les modèles d'aide à la décision comme ceux que l'on vient de décrire relèvent plutôt de la question du « *que faire ?* ». Les grandes remises en questions auxquelles les phénomènes tel que le changement climatique nous confrontent par leur complexité et leur ampleur et appellent à s'interroger sur « *quel type de monde ou de société souhaitons-nous (devenir) ?* ». Ces interrogations ne sont pas neutres sur le plan éthique, et nous amène à penser que quel que soit la ou les réponse(s) que nous serons capables d'apporter à la problématique du changement climatique, elle(s) nécessite(nt) d'être d'envisagée(s) selon une pluralité des perspectives éthiques. Le rôle des outils d'aide à la décision tel que les modèles d'évaluation de type technologique économique ou intégré (modèles de croissance optimale, TIMES, MERGE, DICE, etc.) sont très importants notamment pour réduire l'incertitude d'origine épistémique relative à l'effet de serre. Ces outils tentent de renseigner le décideur sur ce qu'il faudrait faire selon une rhétorique hypothético-déductive articulant de façon rationnelle les moyens et les fins à atteindre, donc « *Que faire ?* ». Ils relèvent de ce que l'on nomme une éthique conséquentialiste (et souvent d'un utilitarisme conséquentialiste). Le conséquentialisme, sans trop entrer dans le détail, consiste à soutenir que l'on ne peut juger de la valeur (éthique ou morale) d'une action qu'en vertu de ses conséquences. Il existe des interprétations plus souples du conséquentialisme cependant, il n'en demeure pas moins que l'on se retrouve souvent prisonnier d'un paradoxe qui consiste à condamner le choix d'une action potentiellement bonne dans la réalité du point de vue moral, faute d'avoir pu accéder à une connaissance omnisciente du futur. Plus précisément, le conséquentialisme ne concerne que les conséquences prévisibles de nos actes, et non leur connaissance rétrospective. Cette perspective éthique

revient à assumer que si l'on choisit de faire un acte pour promouvoir une valeur, ou un bien, et qu'il aboutit à un résultat négatif, on ne devrait pas tenir compte de l'intention, mais seulement des conséquences de l'acte pour en établir la valeur éthique ou morale. Il repose sur ce qu'il est convenu d'appeler un « impératif hypothétique » permettant d'articuler les moyens aux fins, toutes choses étant égales par ailleurs. De la même manière, l'utilitarisme conséquentialiste admet qu'une action est moralement juste si elle permet de produire le plus grand bien pour tous ceux qui seront affectés par elle. La conception de la « bonne » décision publique en économie repose sur ce paradigme éthique, notamment les modèles de décision recherchant l'optimalité (économie du bien-être, théorie de la croissance optimale, etc.). Ainsi, le critère de l'optimalité de Pareto par exemple, consiste à imposer comme devoir inconditionnel la maximisation du bien d'une communauté morale de façon impartiale. Mais, au delà des problèmes méta-éthiques sur la justification des normes et des valeurs, dans un contexte de fortes incertitudes sur les conséquences de nos actions même avec la meilleure intention possible, le conséquentialisme ne nous permet pas vraiment d'établir un jugement morale des actions pourtant nécessaires à entreprendre. Pire, dans une perspective de temps long impliquant plusieurs générations, on ne peut obtenir l'accord de toutes les générations qui seront potentiellement touchées par les conséquences de nos décisions courantes. Il faut alors s'engager dans le choix d'actions à entreprendre pour lutter contre le réchauffement climatique en l'absence d'une justification conséquentialiste. Cela ne signifie pas pour autant que les modèles reposant sur cette articulation éthique sont totalement obsolètes, on ne peut simplement plus faire reposer la totalité de la responsabilité de la décision sur ce type de structure argumentaire comme ultime justification éthique. Ce qui justifie la modification de la conception de la décision mentionnée plus haut. Et comme l'ont rappelé les membres du comité scientifique de la conférence de la COMEST 2010 : « *Dans la perspective de l'accord pratique – dont rien, certes, ne garantit qu'il puisse être atteint –, l'éthique peut ainsi être discutée sans référence à une transcendance. Elle doit en revanche, pour pouvoir prétendre à l'universalité concrète qu'a vocation à élaborer l'Unesco, être construite sur la base d'un consensus socio-économico-politique, qui suppose l'accord sur les règles, les principes d'évaluation et les mécanismes, et ce, en l'absence d'un accord sur les justifications ultimes de celles-ci* ». Ceci nous amène donc à considérer la question du « *comment agir* » et donc d'envisager l'analyse des enjeux sous-jacents à notre propos selon une perspective éthique supplémentaire et, pourrions-nous dire complémentaire. La recherche d'un consensus à vocation universelle susceptible de guider l'action tout en dépassant la nécessité d'une justification de ces règles de décision renvoie à l'idée Kantienne qui stipule que puisse que l'on ne connaît pas le but ultime de l'action humaine, il nous faut trouver une règle, un critère universalisable pour guider l'action selon une perspective morale. Au sens restrictif du terme, l'impératif Kantien, l'un des fondements de l'éthique déontologique, consiste à affirmer que les règles (ou normes) morales guidant nos actions doivent être catégoriques c'est-à-dire s'imposer à nous indépendamment de nos préférences, de nos désirs et de nos buts. Cette perspective éthique se distingue du conséquentialisme dans la mesure où il ne s'agit plus d'articuler des moyens et des fins par la promotion de valeurs mais plutôt de concevoir la règle de l'action comme un devoir à honorer. L'idée est alors de pouvoir trouver un accord sur des règles (ou normes) pour agir indépendamment des conséquences et donc des désirs et ou des préférences mais acceptant une pluralité de valeurs. La réflexion déontologique se situe ici au niveau des modalités procédurales du « décider ensemble » dans le contexte du changement climatique. Il devient possible d'objectiver la pluralité de valeurs à travers la recherche d'un consensus socio-politique et économique sur une mécanique décisionnelle à vocation universelle. Universelle, car l'articulation rationnelle des notions de droits et de devoirs légitime la place de chaque individu « moral » au sein du processus. Cette perspective éthique trouve donc un écho dans la conception de la décision en tant qu'espace de coordination des valeurs et anticipations des acteurs sur les différents états possibles du monde. Et certains outils d'aide à la décision, comme l'analyse multicritère, offrent un support opérationnel à cette démarche.

Cependant, les questions éthiques sous-jacentes à cette problématique vont un peu plus loin encore. Elles nous demandent finalement de remettre en cause non seulement nos façons de décider mais également nos façons de penser nos rapports aux autres d'abord ; autres, en tant qu'autre et différent de nous-même ; à la société ensuite, comme lieu où s'articulent identités, solidarités et logiques contractualistes ; à la nature enfin comme élément du vivant dans son ensemble, irréductible à une valeur marchande. Compte tenu de ce que nous savons aujourd'hui, cela signifie de réfléchir à : que pouvons-nous rationnellement souhaiter comme avenir ? D'un point de vue éthique, cela souligne l'idée que l'on doit passer du constat à l'engagement par l'objectivation et la reconnaissance d'une communauté de valeurs qui ne peuvent plus simplement être

des guides abstraits pour l'action. Certains penseurs de l'éthique des vertus (Williams, 1985, 1994; Smart et Williams, 1973, Zagzebski, 1996) avancent alors la supériorité des concepts axiologiques sur les concepts normatifs. Les valeurs ayant plus d'importances à ses yeux que des normes fixes, car certaines valeurs décrivent autant qu'elles prescrivent et offrent donc une forme objectivation pratique nécessaire à la prise en compte des réversibilités et des irréversibilités de nos décisions. Il y a là, inscrit en filigrane, l'idée selon laquelle notre compréhension du langage éthique est aussi un engagement pratique dans une forme de vie partagée construisant notre expérience éthique au sein d'une communauté (Wittgenstein, 1984). Le philosophe contractualiste Habermas (1986) estime que cet engagement éthique vers l'action doit passer par une délibération contractuelle et collective dont les conditions de discours doivent être préalablement définies. Cette autre perspective éthique pourrait être considérée comme relevant d'un troisième niveau de lecture de la problématique décisionnelle du changement climatique. Les outils d'aide à la décision permettent de renseigner les décideurs sur les conséquences possibles de nos décisions ou de l'absence de décision à plus ou moins long termes. L'examen des modalités de la décision par la recherche d'un accord sur les règles et mécanismes de cette dernière, permet de construire la légitimité à la fois du processus mais également des acteurs concernés qu'ils soient pauvres ou riches, qu'ils subissent ou contribuent à alimenter l'effet de serre, et ce indépendamment d'un accord sur les justifications éthiques de la décision. Enfin, le troisième point abordé ici, permettrait d'explicitier et de contextualiser les enjeux éthiques pratiques susceptibles de porter ou de supporter un engagement vers ce qui pourrait être considéré comme un avenir commun souhaitable. L'utilisation des modèles d'aide à la décision offre la possibilité de clarifier les débats sur lesquels un processus délibératif peut s'appuyer pour objectiver les valeurs éthiques sous-jacentes aux alternatives potentiellement envisageables favorisant ainsi les conditions de production d'un accord sur les normes et règles capables de guider la communauté internationale vers l'action.

Ces différentes perspectives éthiques ne sont donc pas nécessairement antinomiques, notamment avec le conséquentialisme qui caractérise les outils d'aide à la décision, dans la mesure où elles ne se situent pas au même niveau de lecture du problème qui nous intéresse ici. Appréhender la complexité du phénomène de changement climatique en termes d'enjeux éthiques nécessite l'articulation des différentes perspectives éthiques tout en respectant leurs domaines d'investigation légitime.

4 Conclusion

La problématique du changement climatique constitue donc un défi complexe et inédit pour les décideurs. Les incertitudes pesant sur la nature, les causes et les effets du phénomène se juxtaposent à celles relatives aux impacts de nos décisions (ou absence de décision) passées, présentes et futures selon une dynamique continue mais non-linéaire. En conséquence, il est impossible de réduire cette incertitude à un niveau suffisant pour permettre le calcul d'un niveau de risque susceptible d'être « *raisonnablement* » acceptable pour la société. Ceci nous oblige à reconsidérer les conceptions traditionnelles de la décision et de l'action et donc d'adapter nos outils d'aide à la décision. En particulier, il y a là l'idée que l'on ne peut plus fonder la totalité de la légitimité d'une décision sur la seule connaissance anticipée ou espérée des conséquences de nos actions. Les méthodologies traditionnelles, telles que l'analyse coûts-bénéfices deviennent délicates à mettre en œuvre puisqu'elles reposent sur des hypothèses fortes d'une part sur les conséquences futures des décisions courantes mais également sur la valeur à accorder aux bénéfices futurs potentiels par le biais du taux d'actualisation. Cependant, nous avons vu qu'il serait tout aussi dangereux de mettre de côté ces outils ou de ne rien faire que de les utiliser sans considérer suffisamment leur limites. Les outils d'aide à la décision utilisés judicieusement permettent de réduire un certain nombre d'incertitudes notamment de type épistémique. Considérés selon un processus décisionnel séquentiel et en vertu du principe de précaution, ces outils présentent l'avantage d'explicitier les enjeux socio-économiques et politiques relatifs aux décisions envisagées sur lesquels appuyer une délibération collective. D'un point de vue éthique, ils offrent ainsi la possibilité d'objectiver les normes et valeurs en jeu dans les processus délibératifs et ouvrent donc la possibilité d'un accord sur les règles et où normes susceptibles de guider la collectivité vers l'action. Ils ont donc un rôle important à jouer mais ne peuvent être considérés comme les seuls pourvoyeurs de légitimité décisionnelle. D'autres critères de décision doivent être envisagés et négociés correspondant à d'autres champs d'investigation de la problématique du changement climatique. Cela nécessite d'envisager la décision et l'action sous l'angle d'une pluralité des

perspectives éthiques afin d'appréhender la complexité relative à l'articulation des dynamiques décisionnelles inter-temporelles.

Bibliographie

Biblio ISSJ

- Arrow, K.J., 1983. Behaviour under uncertainty and its implications for policy. *Foundations of Utility and Risk Theory with Applications Theory and Decision Library*, 37, 19–32.
- Arrow, K.J., 1995. Effet de serre et actualisation. *Revue de l'Énergie*, 471, 631–636.
- Arrow, K.J., 1999. Discounting, morality and gaming. Dans P.R. Portney et J.P. Weyant (eds.), *Discounting and Intergenerational Equity, Resources for the Future*, Washington, DC, 13–22.
- Arrow, K.J., Fisher, A.C., 1974. Environmental preservation, uncertainty and irreversibility. *Quarterly Journal of Economics*, 88(2), 312–319.
- Arrow, K.J., Parikh, J., Pillet, G., 1996a. Decision making framework for climate change. Dans J. Bruce, H. Lee et E. Haites (eds.), *Climate Change. 1995 : Economic and Social Dimensions of Climate Change*, Cambridge University Press, 47–70.
- Arrow, K.J., Cline, W., Mäler, K.G., Munasinghe, M., Squitieri, R., Stiglitz, R., 1996b. Intertemporal equity, discounting, and economic efficiency. Dans J. Bruce, H. Lee et E. Haites (eds.), *Climate Change 1995 : Economic and Social Dimensions of Climate Change*, Cambridge University Press, 129–144.
- Arrow, K.J., Hurwicz, L., 1997. An optimality criterion for decision-making under ignorance. Dans K.J. Arrow et L. Hurwicz, (eds.), *Studies in Resource Allocation Processes*, Cambridge University Press, 463–471.
- Babonneau, F., Kanudia, A., Labriet, M., Loulou, R., Vial, J.-Ph., 2012. Energy security : A robust optimization approach to design a robust European energy supply via TIAM-WORLD. *Environmental Modeling & Assessment*, 17(1), 19–37.
- Brans, J.P., Vincke, Ph., Mareschal, B., 1986. How to select and how to rank projects : The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, 24(2), 228–238.
- Brans, J.P., Mareschal, B., 2002. *PROMÉTHÉE-GAIA : une méthodologie d'aide à la décision en présence de critères multiples*. Éditions Ellipses, Paris.
- Brundtland, G.H., 1987. *Our Common Future*. Brundtland Commission, Oxford, Oxford University Press.
- COMEST, 2005. *Le principe de précaution*. UNESCO, Paris.
- COMEST, 2010. *Les implications éthiques du changement climatique mondial*. UNESCO, Paris.
- Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, *Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement*, Principe 15, 1992.
- D'Avignon, G.R., Mareschal, B., Soucy, M., 1996. *Budget Allocation to Health Care Regions with Dynamic Multicriteria Approach*. Research Report, Université Libre de Bruxelles, Service de Mathématiques de la Gestion, Bruxelles.
- Dror, Y., 1993. Statecraft as fuzzy gambling with history. *F.R.Q.*, 9(3).
- Environnement Canada, 2001. *Tendance en matière d'émissions au Canada*. Rapport du Ministère de l'Environnement du Canada.
- Fertel, C., 2009. *Évaluation et développement durable : analyse économique*. Thèse de doctorat, économie du développement durable. Paris 11.
- Godard, O., 1996. *Le principe de précaution dans la conduite des affaires humaines*. Institut National de la Recherche Agronomique et Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris.
- Godard, O., 2001. Le principe de précaution. Dans J.-N. Missa et G. Hottois (eds.), *Nouvelle Encyclopédie de Bioéthique*, De Boeck Université, Bruxelles, 650–658.
- Godard, O., 2003. Comment organiser l'expertise scientifique sous l'égide du principe de précaution. *Revue de l'Électricité et de l'Électronique*, 11/2003, 38–47.
- Gonod, P., 1996. Dynamique des systèmes et méthodes prospectives. *Travaux et recherches de prospective, Futuribles International*, no 2.
- Gruber, T.R., 1995. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. *International Journal of Human Computer Studies*, 43(5-6), 907–928.
- Ha-Duong, M., 1998. *Comment tenir compte de l'irréversibilité dans l'évaluation intégrée du changement climatique ?* Thèse de Doctorat, EHESS, Paris.

- Habermas, J., 1986. *Morale et communication : conscience morale et activité communicationnelle*. Traduit de l'allemand par Christian Bouchindhomme. Éditions du Cerf, Paris.
- Hasselmann, K., 1997. Are we seeing global warming? *Science*, 276(5314), 914–915.
- Henry, C., 1974. Investment decisions under uncertainty : The “Irreversibility Effect”. *The American Economic Review*, 64(6), 1006–1012.
- IPCC Working Group III/GIEC Groupe de travail III. Résumé destiné au décideur, paragraphe 2, 1996.
- Kanudia, A., Loulou, R., 1998. Robust responses to climate change via stochastic MARKAL : The case of Québec. *European Journal of Operations Research*, 106(1), 15–30.
- Knight, F.H., 1921. *Risk, Uncertainty, and Profit*. Hart, Schaffner & Marx, Houghton Mifflin Co., Boston, MA.
- Lecocq, F., Hourcade, J.-C., 2004. Le taux d’actualisation contre le principe de précaution? Leçon à partir du cas des politiques climatiques. *L’actualité économique*, 80(1), 41–65.
- Loulou, R., Remme, U., Kanudia, A., Lehtila, S., Goldstein, G., 2005. Documentation for the TIMES Model, Energy Technology Systems Analysis Program. Available on line at : <http://www.iea-etsap.org/web/Documentation.asp>.
- Manne, A., Mendelsohn, R., Richels, R., 1995. A model for evaluating regional and global effects of GHG reduction policies. *Energy Policy*, 23(1), 17–34.
- von Neumann, J., Morgenstern, O., 1944. *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press, Princeton.
- Nordhaus, W.D., 1993. Rolling the “DICE” : An optimal transition path for controlling greenhouse gases. *Resources and Energy Economics*, 15(1), 27–50.
- Ramsey, F.P., 1928. A mathematical theory of saving. *The Economic Journal*, 38(152), 543–559.
- Samuelson, P.A., Nordhaus, W.D., 1997. *Microeconomics*. McGraw-Hill.
- Savage, L.J., 1951. The theory of statistical decision. *Journal of the American Statistical Association*, 46(253) : 55–67.
- Savage, L.J., 1954. *The Foundations of Statistics*. John Wiley & Sons, N.Y.
- Smart, J.J.C., Williams, B., 1973. *Utilitarianism : For and Against*. Cambridge University Press.
- Stirling, A., 1999. On science and precaution in the management of technological risk. European Commission - JRC Institute Prospective Technology, Bruxelles.
- Stirling, A., 2008. From precaution to robustness : In governance of technological vulnerability, the vulnerability of technological cultures : New directions in research and governance (workshop), Maastricht, Pays-Bas.
- UNFCCC, 1997. *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*.
- Vaillancourt, K., Waaub, J.-Ph., 2006. A decision tool for equity issues analysis in emission permit allocations. *Climate Policy*, 5(5), 487–501.
- Waaub, J.-Ph., Fertel, C., Kanudia, A., Labriet, M., Loulou, R., Vaillancourt, K., 2010. Des outils pour prendre en compte l’incertitude et les questions éthiques reliées à la gestion des gaz à effet de serre. Conférence de la COMEST, Monaco.
- Weisbrod, B.A., 1964. Collective-consumption services of individual Lacy consumption goods. *The Quarterly Journal of Economics*, 78(3), 471–477.
- Wickson, F., Gillund, G., Myhr, A.I., 2010. Treating nanoparticles with precaution : recognising qualitative uncertainty in scientific risk assessment. Dans K.L. Kjolberg and F. Wickson (eds.), *Nano meets macro social perspectives on nanoscale sciences and technologies*, Pan Stanford Publishing, Singapore, 445–473.
- Williams, B., 1985. *Ethics and the Limits of Philosophy*. Harvard University Press, Cambridge.
- Williams, B., 1994. *La fortune morale*. Traduit en français. Presses Universitaires de France, Paris.
- Wittgenstein, L., 1984. *Culture and Value*. Traduit par Peter Winch. University of Chicago Press.
- Zagzebski, L.T., 1996. *Virtues of Mind. An Inquiry into the Nature of Virtue and the Ethical Foundation of Knowledge*. Cambridge University Press.