

# La modélisation, un outil d'aide à la décision politique en matière d'environnement global: pièges et avantages

Sylvain Arlot  
*Magistère de Biologie*  
*Module d'Environnement*

18-19 Janvier 2003

## Introduction

Un des problèmes majeurs qui se posent actuellement aux hommes politiques est celui de l'environnement global, c'est-à-dire essentiellement les changements climatiques, mais aussi la biodiversité, la couche d'ozone, etc. Dans la mesure où il s'agit des sciences de la Terre, il est impossible de réaliser des expérimentations comme dans les autres sciences : il n'y aura de toute façon qu'une seule réalisation. La modélisation se présente donc comme l'unique moyen de répondre aux questions qui se posent lors de la prise de décision politique.

## 1 Les objectifs

Tout d'abord, un modèle est une analogie entre un système réel — qui nous intéresse — et un système virtuel. Il est très important de garder à l'esprit qu'un modèle n'est jamais la réalité.

On peut dégager quatre principaux objectifs pour les modèles d'environnement global, dans une perspective d'aide à la décision politique.

### Être fidèle à la réalité

Ce premier point est évident, mais pas toujours facile à atteindre. Il requiert en effet une bonne connaissance des phénomènes sous-jacents, ainsi qu'une validation expérimentale. Dans le cas du climat, l'expérimentation étant exclue, on doit se contenter des données passées.

### Détecter l'origine de phénomènes observés

L'exemple le plus frappant est celui de l'influence de l'homme sur le changement climatique. Les observations seules ne peuvent qu'établir une corrélation, alors qu'un modèle précise clairement les hypothèses et permet ainsi d'établir des relations de causalité. L'amélioration constante des modèles au cours des dix dernières années a permis de passer de l'incertitude totale de 1992 à la (quasi-) certitude actuelle de l'influence humaine sur le réchauffement du climat [5].

### Prédire des phénomènes futurs

Des changements brutaux et des irréversibilités du climat ont été constatés dans le passé, en particulier au sujet des courants marins. Un bon modèle devrait permettre de simuler ces phénomènes et ainsi de déterminer si cela va se produire dans un futur proche. Ça n'est pas tout-à-fait le cas à l'heure actuelle [12].

### Évaluer les conséquences des différentes politiques

Par son caractère théorique, un modèle peut permettre de dégager certains paramètres clés (comme l'inertie des systèmes climatiques, écologiques et socio-économiques : question 5 du rapport de l'IPCC 2001 [5]), afin de dire comment l'on peut agir. Il peut aussi permettre d'évaluer les conséquences d'une décision (par exemple le protocole de Kyoto, [8]), pour montrer son efficacité ou son inefficacité. Enfin, un modèle permet la comparaison des effets quantitatifs de différentes décisions (question 6 du rapport de l'IPCC [5]).

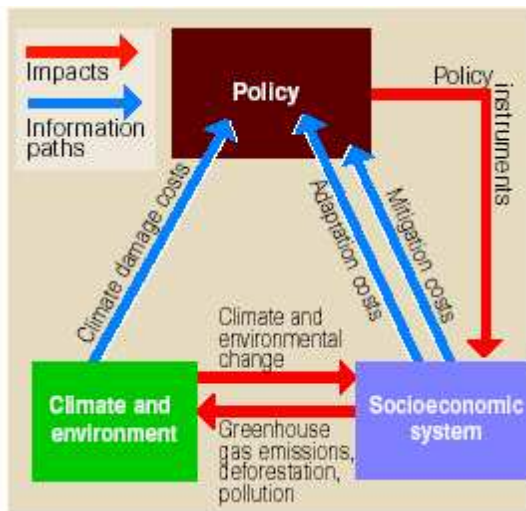


FIG. 1 – Principe d'un modèle intégré [2].

Un modèle est également un formidable moyen de communication, d'une part entre scientifiques de différents domaines (modèles intégrés, [2]), et d'autre part entre scientifiques et politiques (en mettant clairement en relation hypothèses et conclusions). Mais les caractéristiques que nous venons de voir sont celles d'un modèle idéal. Le problème est très ardu en pratique.

## 2 Comment modéliser ?

Au cours de l'élaboration de son modèle, le scientifique est totalement libre. Mais cet avantage a des effets pervers, au cœur de notre problématique.

Considérons tout d'abord le problème du changement climatique, pour évaluer cette liberté. Le plus «simple» serait un modèle de climat tenant uniquement compte du  $\text{CO}_2$ , et regardant les conséquences de celui-ci sur la température uniquement. On peut ensuite incorporer de nombreux paramètres en entrée (d'autres gaz à effet de serre comme le  $\text{SO}_2$ ), complexifier la dynamique interne du système (par exemple, la rétroaction du climat dans le cycle du carbone), ou bien choisir d'étudier d'autres conséquences que la température (comme les événements climatiques extrêmes).

Un modèle peut également combiner différentes disciplines (le CNRS a ainsi créé plusieurs programmes interdisciplinaires dès le milieu des années 80), pour former des modèles intégrés combinant modèles climatiques et socio-économiques (par exemple [2] ou les scénarios de l'IPCC [7]), dont le principe est décrit par la figure 1. Il faut cependant se méfier, et ne pas oublier qu'un modèle ne montre que ce qu'on lui demande de montrer. Ainsi, les résultats d'un modèle intégré simpliste montrent qu'il est plus efficace à long terme (en terme de réchauffement climatique) de ne pas chercher à atténuer les effets des dommages climatiques, et de se contenter de diminuer les coûts du climat. Un résultat aussi surprenant peut facilement s'interpréter : une augmentation bien plus importante des dommages causés par le climat stimule bien plus efficacement les efforts visant à limiter les émissions de  $\text{CO}_2$ . En terme de qualité de vie, une telle politique serait bien évidemment catastrophique.

Le modélisateur peut également choisir de changer radicalement son approche, par exemple en modélisant la décision politique sous incertitude [6], ce qui permettrait d'aborder le problème des «tricheurs», ou bien en se focalisant sur l'inertie du climat et de la politique.

Mais une telle liberté a des limites. Ainsi, la complexité croissante des modèles doit tenir compte des capacités limitées des ordinateurs à les simuler. Pour s'assurer du réalisme du modèle, il faut avoir des connaissances suffisantes des mécanismes sous-jacents, et surtout disposer de données suffisantes pour pouvoir la validation du modèle. Ce problème se pose notamment pour l'évaporation et la biodiversité [10]. De plus, les phénomènes climatiques sont par nature chaotiques, c'est-à-dire extrêmement sensibles aux conditions initiales, ce qui constitue une difficulté incontournable pour les modélisateurs. Enfin, la multiplicité des approches possibles a ses effets pervers. On peut toujours orienter un modèle à des fins partisans, si bien qu'une accumulation de modèles contradictoires ne fait qu'accroître les incertitudes.

## 3 Modélisation et risque

Du point de vue du décideur, face à des incertitudes, l'important est de pouvoir évaluer un risque, c'est-à-dire l'espérance des dommages éven-

tuels. Cela requiert donc en premier lieu une évaluation de la distribution des probabilités des différents dommages possibles. Face aux incertitudes que nous venons d'évoquer, le problème est de taille. En effet, les causes de ces incertitudes sont multiples : les imprécisions de simulations et de mesures, et surtout la multiplicité des modèles proposés (pas moins de 40 dans le dernier rapport de l'IPCC [7]).

### Faut-il calculer des probabilités ?

La question est controversée parmi la communauté scientifique. D'une part, l'IPCC explique [7] :

«Les préférences entre les scénarios présentés ici varient selon les utilisateurs. Aucun jugement n'est exprimé dans le présent rapport sur telle ou telle préférence pour un scénario et aucune probabilité ne leur est attribuée.»

A l'opposé, Stephen Schneider [11] craint que certains en profitent pour proposer des estimations fondées sur des hypothèses partisans, et aurait voulu une estimation de l'IPCC. Au mieux, les politiques vont effectuer leurs propres estimations, en risquant de croire à l'équiprobabilité des modèles, ce qui serait une grave erreur. Certains craignent aussi [9] que cette absence d'estimation se solde par le report des décisions ou par un choix au hasard. Mais comme le remarque Nebojsa Nakicenovic [1], attribuer des probabilités subjectives est un exercice difficile et périlleux, car il met sur le même plan des modèles qui ne sont pas toujours comparables, mais également parce que la notion de probabilité — fondée sur la répétition des expériences — est contestable dans un cadre où l'on ne vivra qu'une seule réalisation.

### Quelles réponses donner aux décideurs ?

Dans les deux cas, le problème reste posé : quelle réponse apporter aux décideurs ? D'une part, si l'on choisit la prudence de l'IPCC, une solution acceptable consiste en rechercher des stratégies de réponse adaptatives, prenant en compte les incertitudes au moment de la décision, en cherchant en premier lieu à trouver celles qui sont les plus robustes aux différents scénarios envisagés. C'est en ce sens que le «Computer-Assisted Reasoning» [6] a été récemment développé.

D'autre part, il existe des méthodes (bayésiennes) de calcul de probabilités permettant d'obtenir les évaluations souhaitées par Schneider. Plusieurs estimations ont été publiées ([15], [14]), malgré l'évidente nécessité d'améliorer ces méthodes sur le plan théorique [9]. Par exemple, Wigley et Raper [15] donnent un intervalle de confiance à 90% de [1,7°C; 4,9°C] pour la variation de température de 1990 à 2100, contre une fourchette [1,4°C; 5,8°C] fournie par l'IPCC [7]. Mais une telle estimation est à prendre avec précautions car elle suppose l'équiprobabilité des 40 modèles et ne tient pas compte de toutes les imperfections des modèles actuels.

Enfin, pour éviter le risque de ne rien faire car il reste une incertitude scientifique, on ne peut qu'invoquer le principe de précaution, énoncé en 1987 :

«En présence d'un risque avéré, on ne saurait s'abriter derrière l'absence de certitude scientifique pour ne pas décider.»

Nous n'aurons en effet sans doute jamais de certitudes absolues sur les risques encourus. Avec ce principe, on évite un des pièges majeurs de la modélisation.

## Conclusion

La modélisation est nécessaire à la décision politique, présente de nombreux avantages, mais aussi des pièges. Partant d'hypothèses fausses, on peut difficilement obtenir un résultat intéressant. Il faut surtout garder à l'esprit qu'un modèle ne nous montre pas la réalité dans son ensemble, et qu'il occulte bien souvent le problème principal, à savoir le bien-être de la population mondiale. Citons à titre d'exemple le rapport de l'IPCC de 1995 [4] : «la vie humaine est un élément extérieur au marché».

## Références

- [1] Grübler, A. et Nakicenovic, N., "Identifying dangers in an uncertain climate", *Nature* 412 (2001) :15.
- [2] Hasselman, K., "Climate-change research after Kyoto", *Nature* 390 (1997) :225-226.
- [3] Hulme, M. *et al*, "Relative impacts of human-induced climate change and natural climate variability", *Nature* 397 (1999) :688-691.

- [4] IPCC, "IPCC Second Assessment Report : Climate Change 1995. Summary for Policymakers." (1995)
- [5] IPCC, "IPCC Third Assessment Report : Climate Change 2001 : Synthesis Report. Summary for Policymakers." (2001)
- [6] Lempert, R.J., "A new decision sciences for complex systems", *PNAS* 99 (2002) :7309-7313.
- [7] Nakicenovic, N. et Swart, R., Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change on Emission Scenarios. (Cambridge University Press, 2000) : Summary for Policymakers. (disponible sur le Web <http://www.ipcc.ch>).
- [8] Nordhaus, W.D., "Global Warming Economics", *Science* 294 (2001) :1283-1284.
- [9] Pittcock, A.B., Jones, R.N. et Mitchell, C.D., "Probabilities will help us plan for climate change", *Nature* 413 (2001) :249.
- [10] Sala, O.E. *et al*, "Global biodiversity scenarios for the year 2100", *Science* 287 (2000) :1770-1774.
- [11] Schneider, S., "What is 'dangerous' climate change?", *Nature* 411 (2001) :17-19.
- [12] Stocker, T.F. et Marchal, O., "Abrupt climate change in the computer : Is it real?", *PNAS* 97 (2000) :1362-1365.
- [13] Weber, J. "Enjeux économiques et sociaux" in "Johannesburg 2002 : Quels enjeux Quelle contribution des scientifiques?", Ministère des affaires étrangères.
- [14] Webster, M.D. *et al*, "Uncertainty Analysis of Global Climate Change Projections", *MIT Report* 73 (2001).
- [15] Wigley, T.M.L. et Raper, S.C.B., "Interpretations of High Projections for Global-Mean Warming", *Science* 293 (2001) :451-454.