

Modèles de simulation et de prévision sur une grande échelle

Large Scale Simulation Models in Forecasting

Sam Cole

Volume 51, Number 2, avril–juin 1975

Problèmes de prospective

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/800619ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/800619ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (print)

1710-3991 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Cole, S. (1975). Modèles de simulation et de prévision sur une grande échelle. *L'Actualité économique*, 51(2), 229–239. <https://doi.org/10.7202/800619ar>

Article abstract

Since the publication three years ago of the 'global' models of *World Dynamics* and *The Limits of Growth*, there has been revived interest in the possibilities of using large scale computer models for the forecasting of long term futures. Although these particular models received considerable criticism, on technical and ideological grounds, the idea that such models may ultimately be useful for seeking out desirable futures and anticipating the dangers in achieving them remains attractive and a number of new global modelling projects are now underway at various institutions around the world.

In general these large models have met with mixed success and, at a time when the use of computer models seems likely to become a more widespread feature of our society, it is instructive to examine the reasons why. In particular, it is important to examine the limitations of models proposed for use in the public policy domain.

MODÈLES DE SIMULATION ET DE PRÉVISION SUR UNE GRANDE ÉCHELLE

Par suite de la publication, il y a trois ans, des modèles globaux de *World Dynamics* (1) ¹ et de *The Limits to Growth* (2), un renouveau d'intérêt s'est manifesté envers les capacités prévisionnelles des modèles de grande dimension. Bien qu'ils aient été fortement critiqués pour des motifs idéologiques ou techniques (3, 4) il reste que de tels instruments pourraient être utiles dans la recherche de futurs désirables et pour la prévision des dangers inhérents à leur réalisation ; diverses institutions à travers le monde formulent présentement de nouveaux projets de modélisation globale.

Des modèles de grande dimension ont d'abord été construits pour pourvoir aux besoins de la planification économique et pour la surveillance et le contrôle des procédés industriels. Pour le planificateur urbain et régional il ne s'agit pas non plus d'un phénomène nouveau. Des modèles d'une complexité similaire ont servi à comprendre les systèmes urbains et régionaux et à assister le processus de planification. Au moment où notre société semble devoir en faire un usage accru, il est important d'examiner les raisons pour lesquelles les résultats escomptés n'ont généralement pas été obtenus. Il importe également d'examiner de façon particulière les limites des modèles que l'on destine à des utilisations publiques.

Etant donné l'importance que revêtent les méthodes prévisionnelles pour le secteur public, en ce sens que la formulation des alternatives collectives doit nécessairement s'appuyer sur les données de la prévision pour mieux rendre compte des implications et des circonstances dans lesquelles elles devront vraisemblablement s'appliquer, il peut paraître étonnant que ces modèles n'aient pas mieux secondé le processus d'élaboration des politiques. Il en est ainsi lorsqu'on considère que la construction de tels modèles doit fournir un outil capable d'explorer et de mesurer les effets de l'application d'une politique sans affecter les composantes réelles.

1. Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie en fin d'article.

L'un des principaux avantages comparatifs des modèles de grande dimension est de décrire des systèmes généralement très intégrés et qui se prêtent difficilement à l'analyse simplifiée des principales composantes. L'analyse globale des systèmes intégrés assure donc que tous les facteurs, aussi bien endogènes qu'exogènes, qui affectent les composantes individuelles, seront sciemment pris en considération. Un autre avantage est que les modèles intermédiaires rendent très mal la réalité en ce qu'ils sont trop peu désagrégés. A l'encontre de ces éléments particuliers se trouve le fait que les modèles de grande dimension bien qu'ils soient très attrayants, sont inévitablement très complexes, à un point tel qu'ils sont difficiles à construire, à calibrer, à évaluer et à appliquer. Leur élaboration nécessite généralement une longue période de gestation et exige un ensemble de données et un service d'expertise très dispendieux ; et bien souvent, la théorie n'est pas suffisamment développée pour soutenir l'ensemble d'un modèle de cette dimension. A ces difficultés techniques s'ajoutent des problèmes institutionnels encore plus importants ; certains auteurs (5, 6) ont mis en évidence quelques aspects de ces problèmes qui devront être pris en considération pour que la modélisation trouve à s'appliquer significativement. Une discussion des modèles de prévision et de leurs limites entraîne donc l'examen de leur capacité à prévoir des horizons sociaux et non seulement leur capacité à désigner des « futurs historiques », tel que traditionnellement illustré par les modèles météorologiques. Il faut donc que les modèles eux-mêmes puissent s'adapter à des aspects institutionnels particuliers.

Modèles économiques

Deux des champs privilégiés d'application des modèles de grande dimension dans le secteur public ont été ceux de la prévision économique et de la planification urbaine. Les résultats obtenus ont été bien médiocres comme dans le premier cas, ou bien « catastrophiques », comme on s'est plu à le dire, dans le second. Bien que la fréquence d'utilisation des modèles de prévision économique de court terme s'amplifie rapidement, ils sont de toute évidence loin d'être parfaits. Typiquement, leur performance en termes de capacité prévisionnelle se réduit à quelques trimestres d'une même année financière, bien que leurs bases historiques bénéficient des meilleures données sociales disponibles et que l'emploi de mesures simples rende compte fidèlement du rôle de plusieurs paramètres. Comme la plupart des modèles complexes, les modèles économiques de grande dimension sont extrêmement difficiles à calibrer (7, 8, 9) et à expérimenter, de sorte qu'ils sont généralement jugés d'après le degré de précision des résultats qu'ils fournissent. Sur la base d'une même unité nationale, les projections de modèles différents sont souvent en désaccord. Ainsi, au Royaume-Uni, les modèles du London Business

School et du National Institute fournissent des exemples intéressants pour évaluer les performances des modèles de la Trésorerie du Royaume-Uni ; de même que les discussions académiques permettent d'examiner les postulats et la méthodologie utilisée (8). Bien que les projections soient différentes, les économistes s'accordent largement sur les fondements théoriques de ces modèles. C'est une des raisons qui justifie leur utilisation à l'encontre de leur incapacité à expliquer correctement les tendances économiques. Quant à la base théorique, il importe qu'elle s'articule dans un contexte politiquement neutre car les postulats sous-jacents à l'élaboration du modèle seront issus, et ne déborderont pas le cadre des valeurs des principales organisations politiques et des officiers gouvernementaux. Si ces conditions sont réussies, différentes alternatives pourront être examinées avec les mêmes modèles. Tout comme leurs pendants industriels, les modèles économiques sont issus d'une lignée de modèles dont les objectifs sont plus ou moins clairement désignés. Kaldor a fait remarquer que les gouvernements de l'après-guerre au Royaume-Uni, en sont venus par voie de conséquence, à juger des performances économiques en termes quantitatifs et à adopter une « attitude de gestionnaire » face aux problèmes économiques (10). Il dit :

« La notion » d'objectifs de politique économique « a atteint un degré de précision plus grand — on pourrait presque dire un sens nouveau — et les gouvernements en sont venus à se faire juger d'après des critères de performance qu'ils auraient fortement désavoués antérieurement... Il est maintenant pris pour acquis — par les leaders des deux principaux partis politiques aussi bien que par le public que les Gouvernements peuvent et devraient assumer la « gestion de l'économie » et qu'une gestion fructueuse passe par la réalisation simultanée d'objectifs primordiaux ».

Ainsi, les considérations institutionnelles n'impliquent pas seulement des problèmes d'organisation mais concernent également la comptabilité de la modélisation formelle avec la forme actuelle du processus politique. Traditionnellement, les concepteurs de modèles ont affirmé qu'un des avantages de la modélisation formelle est *d'exiger* une définition précise du problème et des objectifs (11). Pavitt et Maestre (6) ont fait remarquer que c'est justement parce que les objectifs ne sont *pas* clairement définis que le compromis devient possible. Quoi qu'il en soit, il est probablement juste d'affirmer que l'existence d'un style de planification de type « gestionnaire », indique la venue d'une modélisation plus complète et mieux adaptée au secteur public.

La position des modèles de développement économique et des modèles décrivant les relations économiques internationales est moins favorable. Pour qu'elle le soit davantage, il aurait fallu que la structure théorique d'un modèle soit compatible avec une structure institutionnelle repré-

sentant une gamme très diversifiée d'idéologies. Mais même si un consensus était atteint quant aux fondements théoriques d'un modèle qui se préoccuperait, par exemple, de l'allocation des facteurs de production entre les secteurs économiques, il reste qu'il est extrêmement difficile de mesurer et d'interpréter les paramètres. Les données à l'échelle mondiale sont d'une qualité fort inférieure à celle des pays individuels et ne sont pas, bien souvent, strictement comparables.

Modèles urbains

Des considérations semblables expliquent en partie le manque de succès des modèles urbains de grande dimension. Des exemples sont fournis par les modèles de « transport terrestre » construits aux Etats-Unis et au Royaume-Uni durant les années '60. Aux Etats-Unis, les modèles de San Francisco and Bay, le modèle de Pittsburg et celui du Philadelphia Metropolitan sont les mieux connus. L'étendue de ces modèles couvre la totalité ou la majeure partie de la surface urbaine étudiée. Leurs défaillances ont été discutées par de nombreux auteurs (12, 13, 14).

Après une décennie et plus d'efforts considérables et d'investissements importants, les gains qu'en ont retirés les planificateurs urbains et régionaux restent peu significatifs ; Lee fait remarquer que ces conclusions s'appliquent aussi en ce qui a trait à la compréhension du fonctionnement de l'environnement socio-urbain (12).

Les concepteurs de modèles se sont exposés à d'innombrables critiques par leur insistance à livrer un message vide de sens. Leur prétention a entraîné de vives réactions. Ainsi, un secrétaire adjoint au Transport du Royaume-Uni admoneste de la façon suivante, les responsables de l'analyse des systèmes et de la modélisation :

« Je vous prierais instamment d'accorder un peu d'attention à l'utilité et à l'emploi des modèles et des recherches que vous avez entrepris et un peu moins aux méthodes avancées et aux finesses mathématiques des modèles... Si vous voulez que vos produits soient utilisés et que vous puissiez, grâce à une certaine assistance, faire de la recherche méthodologique, je pense que vous devez accorder plus d'attention que par le passé, à l'utilité de votre travail dans le processus de planification ». (6)

Lee résume les critiques adressées à ces modèles dans une nouvelle liste des « sept péchés capitaux » : hyper-englobant, simplistes, avides, fallacieux, complexes, rigides et dispendieux. Brewer et Hall ajoutent que des contraintes plus importantes encore, sont d'ordre institutionnel. Tous ces facteurs s'allient pour rendre ces modèles impropres à leur destination.

Parmi les modèles les plus utilisés, parce qu'ils sont les plus intelligibles pour les planificateurs, se trouvent les modèles simples de « gravité » servant à estimer les flux routiers, les modèles de potentiel de vente et les modèles input-output. (Nonobstant que des modèles de transport passablement plus complexes aient été fréquemment utilisés). Il est permis de douter de l'apport véritable des techniques « d'optimisation » dans les modèles de gravité et de la programmation linéaire, puisque les solutions obtenues ont continué à s'avérer sous-optimales et bien souvent instables, par suite de faibles variations dans les paramètres. Ces modèles simples ont également été critiqués sur la base de leur seul contenu descriptif. Cependant, en dépit de la faiblesse du schéma théorique et explicatif, les résultats que fournissent ces modèles empiriques simples peuvent servir à alimenter les discussions des comités consultatifs sur les problèmes de développement. Enfin, la critique semble se concentrer davantage sur la qualité des données historiques plutôt que sur la structure même des modèles. L'émergence de meilleures théories sociologiques sera probablement la garantie d'un progrès réel de cette forme de modélisation. L'avantage des modèles urbains sera alors de posséder déjà une base empirique fiable sur laquelle les théories nouvelles pourront être mises à l'épreuve.

Les auteurs qui ont examiné les handicaps des modèles urbains de grande dimension recommandent presque à l'unanimité le retour à des structures de moindre dimension. Sears suggère des dimensions intermédiaires puisque, remarque-t-il, les modèles empiriques trouvent difficilement leur signification face aux problèmes actuels de la planification. Certaines exceptions subsistent. Ainsi Kajanoja (15) considère que seuls les modèles désagrégés rendent pertinemment compte de la réalité. Un des problèmes rencontrés avec les modèles urbains vient de ce qu'ils sont rarement soumis à une évaluation critique et à l'appréciation d'autres chercheurs. Brewer et Hall notent que le seul modèle américain à avoir connu une évaluation critique détaillée est le modèle « Urban Dynamics » de Forrester. Mais même dans ces circonstances, l'éventail des points de vue exprimés a été si grand qu'il a rendu impossible toute forme d'évaluation déterminante.

Modèles globaux

La modélisation globale est un développement relativement nouveau de la conception sur grande échelle ; il faut donc aborder son examen sous un angle différent. Son intérêt vient de ce qu'elle cherche à combiner dans un même modèle, tous les facteurs se rapportant à un problème particulier ou à un ensemble de problèmes de même nature. De sorte que se côtoient des facteurs économiques et sociaux et des contraintes écologiques ou physiques.

L'intérêt porté par une centaine d'universités à travers le monde au modèle « World 2 » de Forrester, a été suffisamment marqué pour les inciter à reprendre les programmes de la version originale. En outre, au moins six nouveaux modèles ont été élaborés dans des institutions européennes, américaines ou japonaises et des rapports préliminaires sont déjà publiés. La plupart de ces projets s'efforcent de tenir compte des critiques adressées aux modèles de *The Limits To Growth*, en ce qu'ils ne traitent plus le monde comme un ensemble homogène mais qu'ils reconnaissent explicitement les différences physiques et sociales.

Le plus important de ces modèles, le modèle Mesarovic-Pelsel (6) implique cent mille équations et de par sa dimension, il est de beaucoup plus important que les grands modèles urbains, et une bonne centaine de fois plus que la plupart des modèles économiques. Toutefois, un certain nombre de comparaisons sont quand même possibles entre ces différentes catégories. La base théorique des modèles globaux est très diversifiée, une bonne partie relève de la spéculation pure ; quant au reste, on s'accorde plus ou moins sur sa validité mais même ici, les marges d'erreurs restent très grandes.

Les problèmes que posent les données sont similaires ou pires encore que ceux des modèles de développement. Parce que ces modèles contiennent une grande variété de facteurs, les données et la théorie sont insuffisantes alors que certaines définitions et relations débordent largement le cadre des disciplines académiques traditionnelles et nécessitent des recouplements inhabituels.

Comme la plupart des modèles globaux cherchent à désigner des horizons très éloignés par opposition à des alternatives de court terme, les difficultés de calibrage et d'expérimentation sont fortement amplifiées. Les modèles complexes et particulièrement ceux décrivant des relations non linéaires, posent ces problèmes de façon aiguë même dans les meilleures conditions d'expérimentation. Les relations sont d'abord établies isolément, puis elles sont vérifiées empiriquement pour éprouver la capacité prévisionnelle globale du modèle. Pour les modèles de long terme, cette vérification empirique se réduit à des tests sur échantillon partitionné.

En dépit de ces considérations, Mesarovic-Pestel (16) allèguent :

« Ce qui distingue notre étude des autres traités centrés sur l'avenir de l'humanité c'est qu'elle se base sur une méthodologie scientifique et des données factuelles, et non sur des considérations idéologiques, i.e. des inférences verbales ».

D'autres modèles plus complets sont conçus pour illustrer des éventualités politiques choisies. Ainsi, le modèle mondial de la Fundacion Bariloche, actuellement en voie d'élaboration en Argentine, considère les conditions susceptibles d'assurer l'indépendance économique et le développement

culturel des pays du Tiers Monde. Posant l'hypothèse de conditions techniques optimales, l'équipe Bariloche entend démontrer que parmi les contraintes au développement figurent les données de l'environnement socio-politique. Le cadre institutionnel propice à l'utilisation des modèles globaux, si ces derniers s'avéraient bien fondés sur le plan théorique, est déjà fourni par les organisations internationales. Ainsi, l'Organisation internationale du Travail a déjà entrepris certains travaux avec son modèle d'emploi de grande dimension qui, bien que ne se classant pas parmi les modèles globaux, en présente néanmoins certaines caractéristiques (17). En fait, il appert que les modèles ayant trait à des problèmes globaux mais qui gardent un certain caractère de spécificité, doivent connaître plus de succès que les modèles « tout usage » du genre de *The Limits to Growth*. Ainsi, dans les domaines de l'écologie et plus particulièrement en ce qui touche la météorologie et l'océanographie, une étroite collaboration entre les pays s'est déjà établie. Les problèmes de la modélisation dans ces cas sont surtout empiriques (18, 19, 20). Les institutions et les sociétés savantes internationales jouent un rôle important et font figure de proue en préconisant une action concertée face à ces problèmes. L'entente entre les membres de la communauté scientifique internationale, eux-mêmes en contact avec leurs gouvernements nationaux, fournit une base commune de discussion des problèmes multinationaux (sinon globaux) auxquels on doit faire face pour pouvoir assumer pleinement les conséquences de l'industrialisation. C'est de la répartition des responsabilités que peut surgir la mésentente. Finalement on doit ajouter que la perspective historique pourrait rendre incongru un scepticisme outrancier à l'égard de la modélisation globale, puisque des modèles économiques tels l'analyse input-output et l'analyse keynésienne furent, pour un temps, fortement controversés, et qu'ils connaissent aujourd'hui une très grande renommée.

Contraintes sociales

En pratique il est apparu que la complexité des problèmes sociaux étudiés par les modèles de grande dimension, a contribué à rendre inopérante la méthodologie dont le degré de sophistication a ajouté à la confusion. Bien souvent, comme ce fut le cas pour les grands modèles urbains, on a eu tendance à vouloir réaliser des entreprises trop vastes pour un seul modèle. De sorte que même l'argument apparemment vraisemblable voulant que la mise en structure formelle d'un problème aide à sa compréhension, a souvent été contredit en pratique par aussi peu qu'un détail superficiel. En général, les tentatives pour construire des modèles « tout usage » qui tiennent compte d'un grand nombre de problèmes ont conduit à une modélisation simpliste et lourde à manipuler. Ce manque de manœuvrabilité s'exprime de plusieurs façons. Les

modèles de grande dimension sont particulièrement longs à élaborer et ils requièrent une base empirique très étendue ; en principe, ils nécessitent un re-calibrage très important dès que certains détails sont changés. Les préoccupations changent rapidement, elles se transforment ou disparaissent ; elles rendent rapidement désuète la théorie. Ces conclusions sont apparues particulièrement fondées pour les modèles urbains. En conséquence, les modèles peuvent difficilement fournir le degré de flexibilité et de fiabilité qu'on exige d'eux. En général, le bon modèle informatisé (ou toute méthode analytique) requiert une base théorique et des données fiables que seule une longue période de gestation peut fournir. De sorte que durant cette période, comme Schultze (5) le faisait remarquer, des groupes d'intérêt aux positions rigides peuvent apparaître et tenter de distraire le compromis.

Le problème de la fiabilité est évidemment très important puisque le planificateur (*policy maker*) ne voudra pas risquer délibérément sa réputation professionnelle. En premier lieu, le planificateur voudra se fier aux hypothèses du modèle, i.e. que les hypothèses devront s'appuyer sur des connaissances professionnelles approfondies. En second lieu, il doit également pouvoir se fier à la manipulation de ces hypothèses (21). A cet égard, les garanties offertes par les modèles « tout usage » sont bien minces d'autant plus que les manipulations risquent d'embrouiller les résultats à cause de la complexité extrême. On ne doit pas conclure de ceci que le planificateur utilisera généralement lui-même le modèle (bien que certains d'entre eux soient conçus exprès à cette fin), mais il doit les croire fiables. Essentiellement ces modèles fournissent au planificateur et aux groupes intéressés un outil leur permettant d'approfondir leurs points de vue et d'en examiner les conséquences. Il est rare cependant qu'un modèle accommode tous les esprits préoccupés par un même problème. Toutefois, des modèles tels que ceux du Département du Trésor sont de véritables instruments d'analyse qui permettent d'expérimenter certains aspects d'une politique de façon presque satisfaisante pour toutes les parties.

Certains auteurs (22) craignent que les gouvernements n'en viennent à traiter les affaires publiques comme des problèmes de gestion et que cela ne conduise à un mode de contrôle technocratique et impersonnel. D'autres ont démontré que les méthodes analytiques n'ont pas fourni l'assistance voulue au processus de planification malgré l'insignifiance des buts poursuivis, et que leur utilisation s'est soldée par un gaspillage de fonds publics (23). Il n'existe pas de voies sûres permettant d'éviter de pareils écueils et d'exploiter de façon optimale les potentialités de ces modèles. On doit se méfier de leur apparente objectivité car elle peut dissimuler des postulats douteux en relation avec l'estimation des paramètres dont les barèmes seraient mal choisis ou qui impliqueraient un

consensus inexistant. Des modèles informatisés appuyés par des énoncés tels ceux de Mesarovic-Pestel présentent un danger supplémentaire en ce qu'ils tendent à créer un climat d'inéluctabilité qui presse la réalisation de futurs indésirables. Dans les modèles de grande dimension ces questions sont toutes difficiles à évaluer. Il incombe donc au concepteur de maintenir l'équilibre entre le degré de réalisme et de perfection d'un modèle et ses applications. Les expériences passées ont montré que même le degré de précision de la prévision peut décroître en proportion de la complexité. Il existe des systèmes dont le comportement est régi par un certain nombre de ses composantes de base et dont la compréhension exige une intégration de celles-ci (16, 24, 25). Malgré cela, ces systèmes sont souvent réductibles à des descriptions moins élaborées caractérisant certains aspects particuliers ou des comportements collectifs. De toute manière, un long cheminement reste à faire avant même que les processus « physiques » complexes puissent être décrits correctement bien qu'ils soient connus en principe ; de bons modèles décrivant des systèmes météorologiques ou des procédés industriels sont en bonne voie d'être réalisés bien que l'état actuel des connaissances les rende inutilisables. Cela est probablement vrai aussi des modèles écologiques. Pour les systèmes sociaux, des éléments additionnels de complexité s'ajoutent car les relations entre les composantes sont en perpétuel changement et, de toute manière, les théories sociales prêtent davantage à controverse que leurs pendants physiques.

Une étape importante sera donc de s'interroger sur le degré de précision de la prévision sociale, et de reconnaître ses limites inhérentes. Aux méthodes prévisionnelles doit s'ajouter toute une gamme de procédures politiques et sociales qui expliquent et absorbent les incertitudes de la prévision. Ainsi, comme des projets pilotes précèdent généralement les vastes entreprises d'ingénierie, des projets d'expérimentation sociale devront précéder les décisions importantes afin d'en mieux cerner les implications probables. La plupart des législations sont en fait expérimentales puisqu'elles doivent être régulièrement remises à jour. Une expérimentation sociale implique aussi un haut degré d'information populaire. Dans la mesure où les méthodes informatisées s'érigent en obstacles à la communication directe, de nouvelles méthodes de présentation et de nouveaux modes de participation populaire devront être définis. Simultanément, on doit reconnaître l'importance du degré d'incertitude de sorte que les stratégies prônées laissent des « options ouvertes » qui protègent contre les éventualités indésirables ou encore que l'on s'efforce de raccourcir l'horizon temporel qui détermine les engagements irrévocables.

Puisque l'objectif de la modélisation est de faire la lumière sur de pareilles questions, les modèles qui rendent compte d'un certain *trade-off*

entre les contraintes qui leur sont imposées accompagné d'un effort d'interprétation prudent et imaginatif devraient être au moins aussi utiles que les modèles plus raffinés. Ces modèles moins élaborés pourraient assister davantage la mise en structure et le développement d'une meilleure compréhension des processus plus complexes. Enfin, ils se rattachent davantage à un style de prise de décision qui évalue de façon réaliste les incertitudes inhérentes à la prévision.

SAM COLE,
Science Policy Research Unit
University of Sussex (U.K.)

BIBLIOGRAPHIE

- (1) J.W. FORRESTER, *World Dynamics*, Wright-Allen Press, Cambridge, Mass. 1971.
- (2) D. MEADOWS ET AL., *The Limits to Growth*, Universe Books, New York, 1972.
- (3) H.S.D. COLE ET AL., *Thinking about the Future — a Critique of The Limits to Growth*, Chatto and Windus, London, 1973.
- (4) M. HAQ ET AL., *Report of 'The Limits to Growth'*, World Bank Special Report, 1973.
- (5) C.L. SCHULTZE, *The Politics and Economics of Public Spending*, Brookings, 1968.
- (6) K. PAVITT ET C. MAESTRE, *Analytic Methods in Government Science Policy*, O.E.C.D., 1972.
- (7) R.J. BALL, « Econometric Models », in *Mathematical Model Building in Economics and Industry*, Griffin, London, 1967.
- (8) J. ASH ET D. SMYTH, *Forecasting the U.K. Economy*, Saxon House/Lexington Books, 1973.
- (9) J. CLARK ET AL., « Experimental Socio-Economic Models of Europe », *Futures*, décembre 1974.
- (10) N. KALDOR, *Conflicts in National Economic Objectives*, Burgess, Oxford, 1971.
- (11) J. FORRESTER, « Counter Intuitive Behaviour of Social Systems », in *Systems Behaviour*, J. Beishon, Open University Press, 1972.
- (12) D.B. LEE JR., « Requiem for Large Scale Models », *A.I.P. Journal*, mai 1973.
- (13) S.W. SEARS, « The Use of Simulation in the Field of Urban and Regional Planning », *Simulation Today*, n° 13, 1973.
- (14) G.D. BREWER ET O.P. HALL JR., *Policy Analysis by Computer Simulation : The Need for Appraisal*, RAND, 1973.
- (15) J. KAJANOJA, *The Problem of Aggregation in Location Models*, Conference on Dynamic Allocation in Space, Stockholm, 1973.

- (16) M. MESAROVIC ET E. PESTEL, *Mankind at the Turning Point*, E.P. Dutton and Co. Inc., New York, 1974.
- (17) R. BLANDY ET AL., « The Bachue Employment Model », *International Labour Review*, juin 1973.
- (18) J.N.R. JEFFERS, « Systems Modelling and Analysis in Resource Management », *Journal of Environmental Management*, vol. 1, n° 1, janvier 1973.
- (19) G. HOWELLS, « The Ecological Challenge of Estuaries », *Environment and Change*, nov. 1973.
- (20) K. MIYAKODA, « Numerical Weather Prediction », *American Scientist*, vol. 62, pp. 564ss, 1974.
- (21) R. TANTER, « The Policy Relevance of Models in World Politics », *Conflict Resolution*, vol. XVI, n° 4.
- (22) I. HOOS, *Systems Analysis in Public Policy — A Critique*, University of California Press, 1972.
W.H. ARMYTAGE, *The Rise of the Technocrats*, Routledge and Kegan Paul, London, 1965.
- (23) C. LINDBLOHM, « The Science of Muddling Through », *Public Administration Review*, vol. 19, 1959.
- (24) M. GARDNER ET W.R. ASHBY, « Connectance of Large Dynamic Systems », *Nature*, vol. 228, 21 nov. 1970.
- (25) J. MCLEAN ET AL., « An Empirical Investigation into Systematics », « The Study of the Behaviour of Large Complex Systems » (ronéotypé), 2nd International Symposium on Mathematical Modelling, Jablonna, 1974.