

« Malthus in, Malthus out? » Malthus in, Malthus out?

Pierre-André Julien and Christopher Freeman

Volume 50, Number 2, avril-juin 1974

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/803044ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/803044ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (print)

1710-3991 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Julien, P.-A. & Freeman, C. (1974). « Malthus in, Malthus out? ». *L'Actualité économique*, 50(2), 232–244. <https://doi.org/10.7202/803044ar>

Article abstract

In this paper, we analyse the world model which represents the most ambitious attempt yet to bring together six great forecasts comprising population, resource depletion, food supply, capital investment, pollution and space. We wish to show on the one hand that the model has serious limitations and, on the other, that many different conclusions can be arrived at with this kind of study.

Firstly we attempt to demonstrate that the model structure is too rigid, containing too many constants; secondly we question the value of certain time series data; thirdly the two principal assumptions are discussed: the constant exponential trends of population and capital investment and the too long delays in the feedback processes that control the physical growth of the world system.

For example Dennis Meadow et al. believe that all technological innovations will increase crowding and pollution. In concentrating on physical limits, they neglect changes in values which can change many trends or rate of trends.

This is why we are saying "Malthus in, Malthus out". The model is the message and a great part of the results depends entirely on the quality of data, the rigidity of the model and on the limits of the assumptions.

« MALTHUS IN, MALTHUS OUT ? » *

Le modèle de simulation construit par le professeur Forrester¹ et utilisé par Meadows² et son groupe de M.I.T. représente une des plus ambitieuses tentatives de prévoir à partir des tendances passées l'évolution du monde pour les 100 prochaines années. Les résultats ont fait beaucoup de bruit. Utilisé par les tenants du *no-growth* et les environnementalistes « pessimistes », il a reçu l'appui direct du prestigieux Club de Rome³ et M. Sicco Mansholt, directeur de la Commission Européenne, l'a cité longuement au cours de son rapport au printemps 1972⁴.

Le modèle ne peut être discuté dans ses détails sans tenir compte du fonctionnement de l'ensemble et des objectifs de ses auteurs. En effet, ceux-ci ont voulu simuler le comportement d'un système complexe qui réagit souvent dans un sens opposé à nos intuitions, dans des secteurs inattendus, et différemment selon le court ou le long terme, etc.⁵ Pour ce faire, ils ont établi une série d'équations aux différences finies, homogènes de premier ordre, non probabilistiques et non linéaires. Ces équations représentent le comportement de six grandes variables, soit : 1) la population ; 2) les investissements en capital ; 3) l'espace géographique ; 4) les ressources naturelles ; 5) la pollution ; 6) la production alimen-

* Communication présentée à la troisième Conférence internationale de la Planification d'Entreprise, tenue le 17 septembre 1973, à Bruxelles. Nous remercions l'European Society of Corporate and Strategic Planners de nous avoir donné l'autorisation de la publier dans cette revue.

1. J. Forrester, *World Dynamics*, Wright-Allen, Cambridge, Mass., 1971.

2. D.H. Meadows, D.L. Meadows, J. Randers et W.W. Behrens III., *The Limits to Growth*, Universe Books, New-York, 1972. Question de faciliter la lecture, dorénavant nous utiliserons les termes « modèle 2 » pour le livre de Forrester et « modèle 3 » pour celui de Meadows. Ce dernier s'appuie en outre sur un rapport technique détaillé que nous avons consulté sous sa forme ronéotypée et qui a été publié au printemps 1973 sous le titre *The Dynamics of Growth in a Finite World* (Wright-Allen Press). Pour parler de l'ensemble de ces travaux nous pourrions utiliser les termes « modèles de M.I.T. » sans présumer de la responsabilité de cette université.

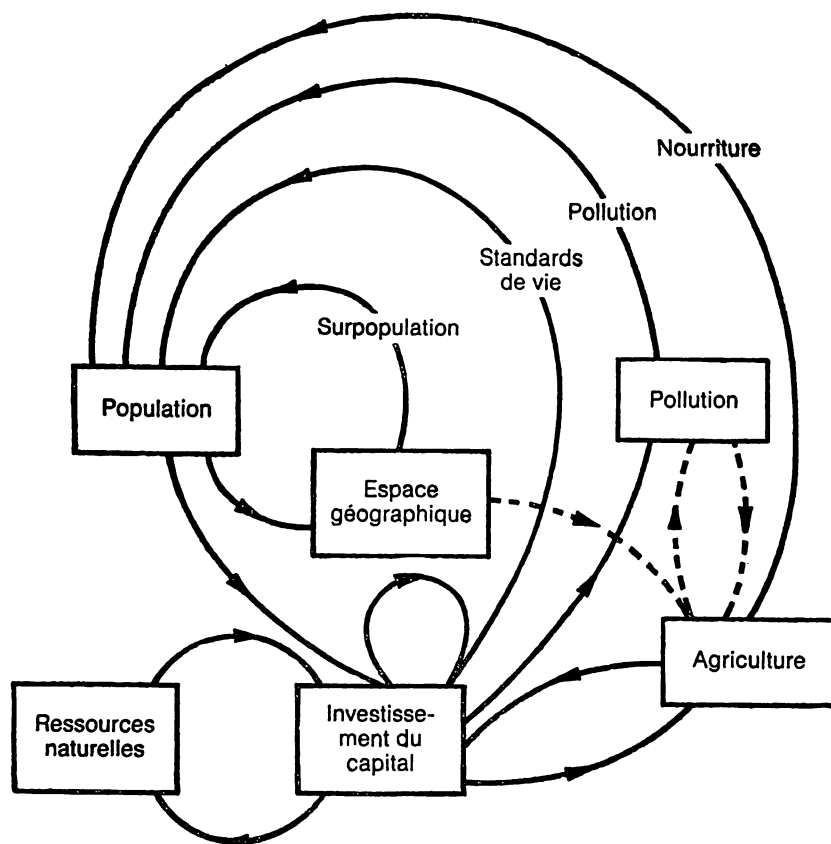
3. Dans le cadre du « Project on the Predicament of Mankind ».

4. Voir *Le Monde*, le 6 avril 1972.

5. J. Forrester, « Counterintuitive Behavior of Social Systems », *Technological Forecasting and Social Science*, 3, 1, 1971.

taire⁶. Ces variables sont interdépendantes⁷. Les liaisons ainsi décrites permettent des interactions et des rétroactions (*feedback*)⁸. Des délais⁹

GRAPHIQUE 1
FONCTIONNEMENT DU MODÈLE^a



SOURCE : Numéro spécial de la revue *Futures*, *op. cit.*, p. 26.

a. Les lignes pointillées représentent les relations causales ajoutées dans le modèle 3 au modèle 2. Ce schéma simplifie le modèle puisqu'il n'indique pas les délais d'interactions. Cf. annexe I.

6. Le modèle 2 comprend aussi une autre variable « fourre-tout » sous le nom de « qualité de vie » représentant une série d'indicateurs sociaux.

7. Les modèles interdépendants sont utilisés couramment en économétrie. Ils permettent de construire par exemple des matrices de multiplicateurs d'impacts. Ces modèles sont cependant le plus souvent linéaires. Cf. E. Malinvaud, *Méthodes statistiques de l'économétrie*, Dunod, Paris, 1964, pp. 68 et 518.

8. Ici, le modèle présente une innovation majeure en liant les variables selon des relations de cause à effet tel que devrait l'être la réalité.

9. Explicites chez Meadows, implicites chez Forrester. Comme exemple de délai, la pollution ne survient qu'un certain temps après un investissement industriel. L'allongement du délai permettrait ainsi de repousser les « limites naturelles ». Les délais sont cependant fixes et plus ou moins arbitraires ou très discutables.

dans les interrelations, sous forme d'intervalles discrets, rendent le modèle dynamique. Le graphique 1 résume ces interrelations.

Le modèle en est un de comportement du monde, mais il ne retient que les effets matériels. D'une part, cela permet d'éviter les influences exogènes ; d'autre part, cela résout plusieurs problèmes de données. Mais même si le modèle ne s'arrête qu'aux données physiques, les auteurs affirment que certains changements de valeurs et autres influences qualitatives sont implicites dans son fonctionnement.

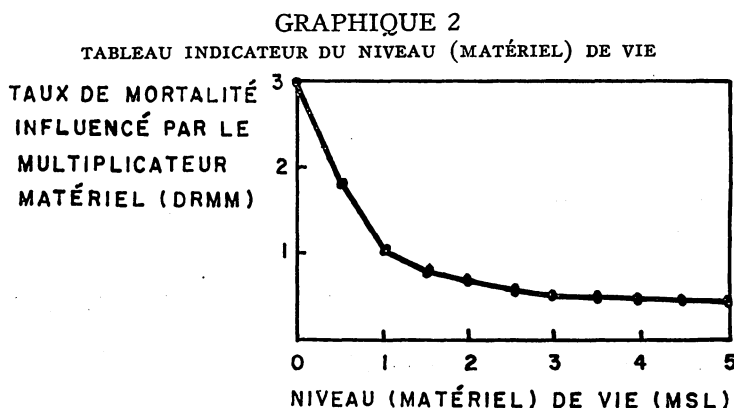
Enfin, pour que non seulement les équations mais aussi les relations soient non linéaires, c'est-à-dire plus proches du réel, les auteurs incluent des multiplicateurs. Ceux-ci représentent les tendances des paramètres à réagir dans un certain sens à partir d'un certain niveau des variables. Par exemple, dans l'équation de la population (P) (modèle 2)¹⁰ :

$$P.K. = P.J. + (DT) (BR.JK - DR.JK)$$

le taux de mortalité DR est calculé en partant du taux de mortalité « normal » DRN (exprimé en valeur de 1970) multiplié par différents facteurs. Ces facteurs sont précisément des multiplicateurs. Ils sont basés sur le niveau matériel de vie ($DRMM$), la nourriture ($DRFM$), la pollution ($DRPM$) et la densité humaine ($DRCM$), ce qui donne comme sous-équation :

$$DR.JK = (DRN) (DRMM.K) (DRFM.K) (DRPM.K) (DRCM.K)$$

Comme il a été dit, chacun de ces multiplicateurs évolue à partir d'études empiriques sous forme de tableaux indicateurs (*look-up tables*). Ainsi,



10. Où JK est l'intervalle de temps de longueur DT ou le délai requis ($JUKCT$), BR est le taux de natalité et DR le taux de mortalité.

le tableau du multiplicateur du niveau (matériel) de vie se présente comme suit (graphique 2).

Les études empiriques reposent le plus souvent sur des moyennes mondiales¹¹. Celles-ci proviennent soit de coupes instantanées, soit de séries temporelles¹². Ces dernières portent trop souvent sur des périodes trop courtes, ou sont limitées aux pays industriels ou encore aux Etats-Unis seulement¹³. Or, elles sont supposées représenter l'évolution du monde de 1900 à 1970, évolution qui permettra d'expliquer une partie du fonctionnement du système dans le futur.

La méthode fait le reste. Les paramètres et variables, interreliés et comportant des rétroactions, une fois introduits dans un ordinateur à l'aide du langage imaginé par Forrester (*System dynamics*), évoluent de période en période (de longueur DT) jusqu'à l'an 2100 pour donner une image de ce que pourrait être le monde à ce moment si rien n'est fait (comme le montre le graphique 3)¹⁴. Ce modèle est-il assez complexe ? La seule façon de vérifier s'il simule bien le comportement du système réel est de faire des tests de telle sorte que les résultats soient vérifiables.

Comme nous pouvons le voir, les résultats, qu'ils proviennent des modèles 2 ou 3, sont très pessimistes. En effet, avant la fin des cent prochaines années, si le rythme de croissance de la population et des investissements en capital se poursuit, le monde court à une catastrophe certaine. Les auteurs affirment que seules des solutions drastiques comme un contrôle sévère de l'évolution démographique, une réorientation rapide de la production industrielle (et aussi de la demande) vers des services et des biens demandant peu de ressources physiques, etc., peuvent empêcher cette catastrophe. Et ceux-ci sont tellement sûrs de leurs recherches qu'ils affirment : « *We do not expect our broad conclusions to be substantially altered by further revisions* »¹⁵.

11. En excluant les pays du « camp socialiste » faute, souvent, de données comparatives.

12. Ce qui pose ici encore des problèmes de concordance que les auteurs ne semblent pas voir.

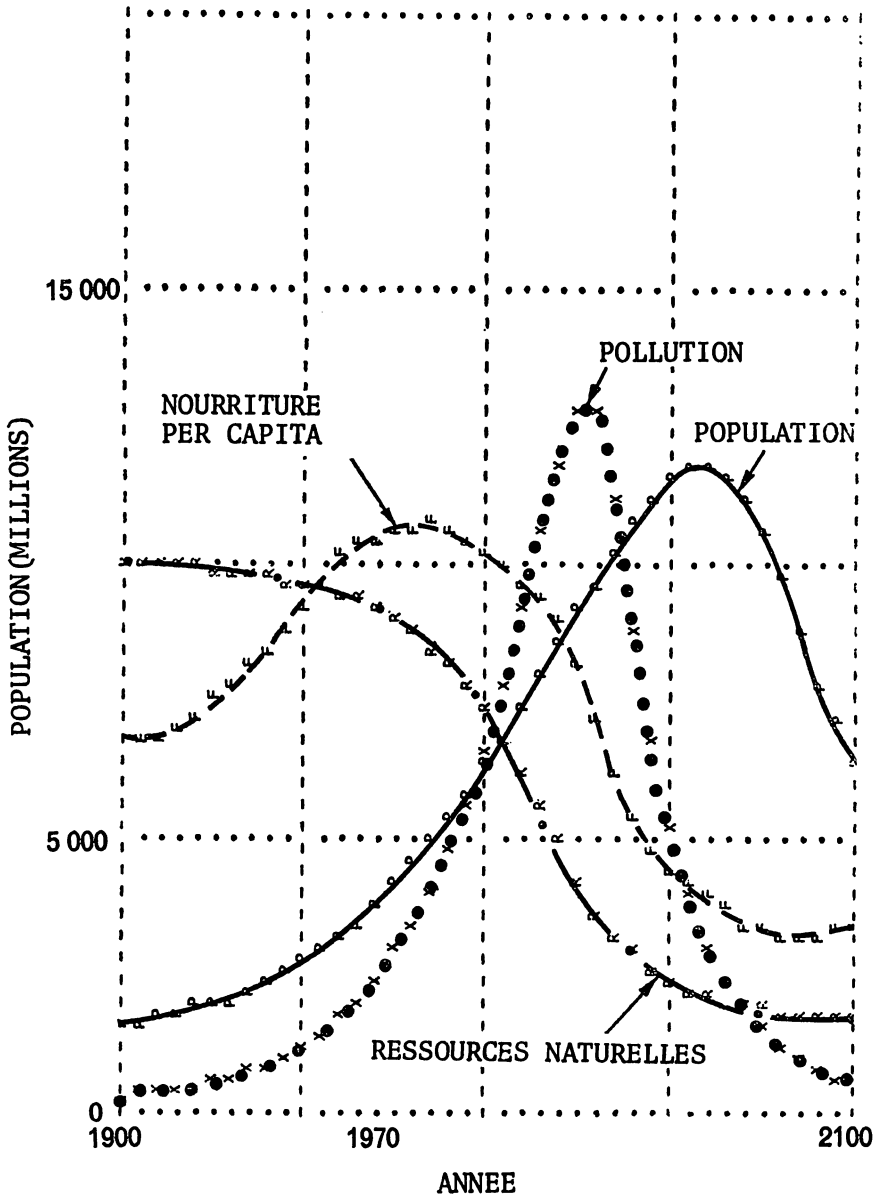
13. La faiblesse des données n'est pas toujours imputable au groupe de M.I.T. puisqu'il y a encore beaucoup à faire dans ce secteur et que certaines statistiques sont toutes récentes. Par contre, cette faiblesse nous amène à être plus circonspect dans les conclusions lorsque tant de données sont discutables, surtout lorsque ces données orientent les vecteurs mêmes de croissance...

14. Certaines des rétroactions sont positives, d'autres négatives, ayant ainsi une valeur compensatrice. Le système permet aussi « d'arrondir les erreurs » à l'aide du théorème d'Euler. Ainsi, l'ensemble peut éviter une instabilité trop grande.

15. « *The limits to growth on this planet will be reached in the next one hundred years... Even the most optimistic estimates of the benefits of technology in the model did not prevent the ultimate decline of population and industry or in fact did not in any case postpone the collapse beyond the year 2100* », in : *The Limits to Growth*, op. cit., pp. 18 à 23.

GRAPHIQUE 3

PROJECTION STANDARD DU MODÈLE 3^a



SOURCE : *The Limits to Growth*, op. cit., p. 124.

- a. De 1900 à 1970, les variables sont supposées représenter l'évolution historique réelle. Cette projection des « tendances actuelles » suppose qu'aucun changement majeur ne surviendra entre les relations physiques économiques et sociales. Le graphique montre qu'à cause des tendances exponentielles de la population et de la production industrielle, la rareté des ressources naturelles et la pollution amènent une chute de la production alimentaire et ensuite une chute brutale de la population vers les années 2030.

La critique interdisciplinaire ¹⁶ que nous avons entreprise à la Science Policy Research Unit de l'Université de Sussex n'a pas été faite dans le but de nier les problèmes soulevés par le groupe de M.I.T., bien au contraire ¹⁷. Elle tentait plutôt de replacer ceux-ci dans un contexte moins polémique et plus propice à la réflexion. Surtout, les recherches de Forrester et Meadows sont encore trop limitées pour servir de base à une réorientation drastique (selon les solutions signalées) des ressources publiques et privées.

Le secteur des investissements ¹⁸

Par exemple, des études de sensibilité sur les modèles ont montré que des changements dans les paramètres des variables investissements en capitaux et ressources naturelles ont des effets beaucoup plus importants sur l'ensemble des résultats que des changements dans les autres variables ¹⁹. D'une part, l'analyse du sous-système ressources naturelles est très faible contrairement au sous-système population. D'autre part, il semble que le sous-système investissements en capitaux constitue la variable clef du comportement global du modèle alors qu'il comporte maintes lacunes. Aussi sera-t-il critiqué plus spécialement.

Pour les auteurs, ce dernier secteur a cependant un sens très précis. Il ne tient compte que de la production physique, que ce soit au niveau des services, de l'industrie ou de l'agriculture ²⁰. La croissance (exponentielle) est due au surplus de production matérielle non consommée, soit l'investissement net. L'effondrement du système survient lorsque les ressources naturelles ne sont plus suffisantes pour compenser la dépréciation. Avant la catastrophe, le système a dû réorienter de plus en plus d'investissements vers la recherche et le développement de nouvelles ressources pour essayer de pallier cette rareté grandissante. Mais même si ce transfert permet de repousser l'échéance, la pollution inhérente à

16. Cette critique a paru d'abord dans deux numéros spéciaux de la revue *Futures* sous le titre général « The Limits to Growth Controversy » (février et avril 1973). Elle a ensuite été reprise dans *Thinking about the Future*, Chatto and Windus, Londres, 1973 et *Models of Doom*, Universe Books, New-York, 1973.

17. Par exemple, un des rapports extrêmement importants du groupe de M.I.T. sera de stimuler les recherches sur le comportement du système mondial selon une vue systémique ; alors que trop souvent jusqu'ici celles-ci n'ont porté que sur des aspects particuliers ou trop limités.

18. P.A. Julien et C. Freeman, suivi d'un appendice par C.M. Cooper, « The Capital and Industrial Output Sub-system », dans *Futures*, *op. cit.* Nous nous arrêterons, ici, particulièrement au modèle 3.

19. Voir S. Cole et R. Curnow, « An Evolution of the World Models », étude n° 9 de *Futures*, *ibidem*, particulièrement pp. 130-131.

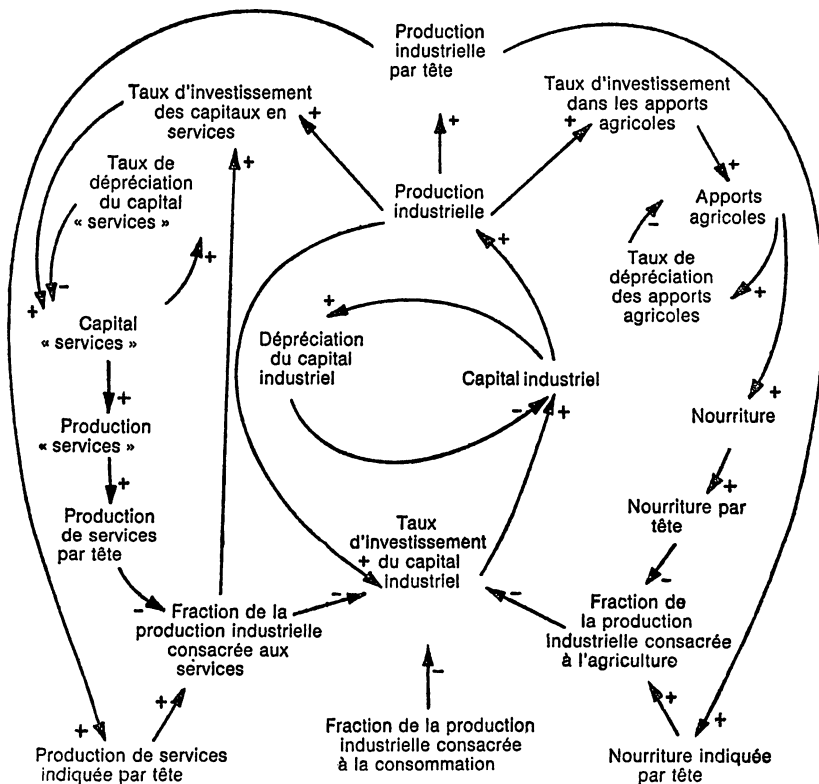
20. Ce qui veut dire que le modèle, dans l'ensemble, ne tient pas compte des investissements qualitatifs excepté par le biais des achats physiques qui s'ensuivent. Or, beaucoup d'investissements qualitatifs peuvent ne pas donner de résultats physiques (par exemple, la technologie sociale, etc.). Le modèle surestime ainsi l'impact physique de la croissance

la production industrielle affectera la production alimentaire et augmentera le taux de mortalité pour entraîner les mêmes effets.

Les relations de ce sous-système sont montrées au graphique 4. A cause des liens avec la pollution et les ressources naturelles, il s'ensuit que plus les investissements seront grands, plus tôt arrivera le déclin du système. Le fonctionnement de ce secteur repose sur six hypothèses critiques, soit :

- 1) Une durée moyenne du capital industriel de 14 ans, et du capital de service de 18 ans.
- 2) Un ratio capital industriel/output constant ayant une valeur de 3 pour l'industrie et de 1 pour les services.
- 3) Des rendements constants pour ce secteur.
- 4) Si les autres paramètres ne changent pas, une distribution des investissements dans le temps entre les services, l'industrie et l'agriculture du monde, qui suit et suivra un schéma basé sur une coupe instantanée pour 58 pays non communistes en 1968.

GRAPHIQUE 4
LIAISONS CAUSALES DU SECTEUR CAPITAL ^a



a. Les signes + ou - indiquent le sens des liaisons (positif ou négatif).

- 5) La part de la production industrielle consommée représentant 43 p.c. de l'output total.
- 6) L'utilité marginale de la nourriture et des services, comme fraction de l'output industriel, aussi constant.

Dans la première hypothèse, les moyennes ont été calculées à partir d'une seule année, soit 1967, en confondant dépréciation physique et une réalité fort différente d'un pays à l'autre. En effet, les statistiques de temps de dépréciation reposent sur la législation fiscale en cours, l'impact du progrès technique, etc. Il est fort possible qu'avec l'accélération du progrès technique ces moyennes diminuent²¹ ; mais elles peuvent aussi « automatiquement » augmenter à la suite de la rareté des capitaux ou des matières premières²².

Le choix de 3 pour le ratio capital/output (ICOR) de l'industrie et de 1 pour celui des services est basé sur une étude américaine de Samuelson. Il est possible que l'hypothèse du groupe Meadows soit que les autres pays suivront nécessairement le sentier tracé par l'économie la plus avancée actuellement²³. Ceci est discutable, précisément parce que les variables dans ces autres pays sont et seront différentes. Par exemple, dans le modèle, la main-d'œuvre est toujours disponible²⁴. Ce qui fait que dans la fonction de production seule la variable capital est importante. Or, certains pays souffrent d'un manque de main-d'œuvre qualifiée. D'autres pays favorisent des investissements *labor intensives*. L'hypothèse de Meadows suppose deux situations qui n'existent pas, soit une mobilité internationale de la main-d'œuvre parfaite et une abondance relative de main-d'œuvre qualifiée par rapport au capital²⁵.

Cette deuxième hypothèse implique la troisième. Or, pourquoi les rendements sont-ils constants dans l'industrie et les services alors que pour l'agriculture et l'exploitation des ressources naturelles ils sont décroissants ? De même, des rendements croissants ne sont pas considérés dans la lutte à la pollution. Dans le cas de l'agriculture et des ressources naturelles les

21. E. Jantsch estime, par son exemple, que les délais entre la découverte d'une « invention » et son application (et donc du remplacement de la technologie existante) ont diminué constamment depuis plus de 100 ans. Dans : *La prévision technologique*, O.C.D.E., Paris, 1969, pp. 47 à 49.

22. Meadows a calculé que dans le cas d'une moyenne de dépréciation du capital industriel de 21 ans, par exemple, l'effet est si important que la catastrophe mondiale aurait lieu en 1970. Ce qui n'est évidemment pas le cas. Aussi, il conclut que sa moyenne de 14 ans est probablement exacte, sans en discuter plus à fond. Et pourtant, plus loin, il demande d'allonger la vie utile des biens !

23. D'ailleurs, S. Kuznets a montré que ce ratio pour le secteur industriel évoluait entre 2 et 8, même à l'intérieur des pays les plus industrialisés. Dans : *Modern Economic Growth*, Yale University, New Haven, 1966.

24. Dans le modèle 3 est étudié rapidement la possibilité d'une rareté de main-d'œuvre mais seulement dans le cas d'une diminution de la population, suite aux pressions des autres variables. Cf. le rapport technique, p. III - 6.

25. Pour une discussion plus approfondie de ce problème, voir l'appendice écrit par C. Cooper, *op. cit.*

études empiriques démontrent que rien ne justifie ce pessimisme. Quant à la pollution le groupe Meadows s'appuie sur des séries temporelles trop courtes et reposant sur quelques polluants seulement. Le groupe de M.I.T. justifie sa position dans le futur par le fait que le monde physique est nécessairement limité et que les coûts augmentent à mesure que l'on exploite des sols de moins en moins favorables à l'agriculture ou aux mines. Le progrès technique compensait la hausse de coûts. Pour eux ce n'est plus le cas : les coûts commencent à augmenter plus vite et augmenteront de plus en plus vite de telle sorte que le progrès technique ne pourra plus annuler ces hausses ; d'autant plus qu'il se trouve maintenant dans la phase de rendements décroissants. Mais personne ne sait exactement quelles sont les nouvelles tendances de long terme, même pour la production industrielle, et encore moins pour les services.

De même, croire en la quatrième hypothèse demande beaucoup de courage. Autant les Etats-Unis n'ont pas suivi le schéma de développement tracé par l'Angleterre depuis la révolution industrielle, autant beaucoup de choses peuvent changer dans les tendances intersectorielles de pays aussi disparates que ceux de l'Amérique Latine, de l'Afrique, de l'Asie ²⁶.

Le conservatisme de cette dernière hypothèse suppose aussi la sixième, soit que les valeurs économiques sont constantes. Cela impliquerait que, par exemple, au même niveau de revenu, des populations de différents pays consomment en produits alimentaires et en services la même part de l'output total ! ²⁷

Enfin, la cinquième hypothèse fait que la part consommée de l'output industriel est fixe. La moyenne retenue est aussi basée sur des coupes instantanées de 1968 difficilement utilisables pour l'ensemble des pays et pour une extrapolation de très long terme ²⁸. Cette constante avec les autres font que le modèle « dynamique » est en réalité très rigide et n'assure que le minimum d'adaptation à des changements socio-économiques et surtout socio-culturels.

26. D'ailleurs, il n'est déjà pas sûr que l'étude de Chenery et Taylor (« Development Patterns Among Countries and Over Time », *Review of Economics and Statistics*, novembre 1968), qu'utilise Meadows représente bien l'évolution historique suivie par le monde depuis 1900.

27. Freedman et Savage ont montré que pour certains pays (comme des pays en plein développement) l'utilité marginale pouvait même devenir positive lorsqu'ils passaient d'une économie de subsistance à une économie de consommation. Dans : « The Utility Analysis of Choice Involving Risks », *Journal of Political Economy*, vol. 61, n° 4, août 1948.

28. A. Modigliani, « Fluctuations in the Saving-Income Ratio : a Problem of Forecasting » dans : *Studies in Income and Wealth*, vol. XI, N.B.E.R., New-York, 1948 et R.W. Goldsmith, *A Study of Saving in the United States*, Princeton University Press, Princeton, 1955.

Critique générale

En particulier, le modèle permet peu d'adaptations par suite de variations des prix relatifs, des technologies nouvelles et des changements de valeurs. Le groupe de Meadows répond d'abord que l'inclusion des prix n'est pas nécessaire puisque le modèle tient compte directement de l'impact social selon ce schéma :

variation de l'offre — variation des prix → réponse sociale

Mais cette argumentation suppose une monnaie neutre et donc exclut l'impact psychologique des variations relatives des prix qui assez souvent amplifient les variations de l'offre.

D'ailleurs, l'offre peut varier non seulement par suite des raretés relatives, mais aussi par suite du progrès technique, y compris les découvertes et applications inattendues (sérendipité). Meadows voit la technologie comme socialement déterminée, discontinue, infiniment variée et diffuse. C'est une vue très pessimiste des nouvelles tendances des politiques scientifiques et ce qu'on appelle la Science des sciences. Sans partager les idées des « technologistes optimistes », la technologie actuelle (et encore plus la technologie nouvelle) n'est pas toute orientée pour amplifier les problèmes soulevés par le modèle ²⁹.

Il est vrai qu'il existe des délais d'adaptation. Ces délais peuvent être trop longs pour pallier les carences du système. Mais ils ne sont pas tous de longueur égale d'un secteur à l'autre, et ces différences peuvent accélérer certaines réactions du système. De même, on connaît fort peu les effets directs et indirects, à court ou à long terme, autant des micro que des macro-changements.

Les valeurs traditionnelles sont déjà en crise et il ne faut pas attendre 50 ans comme le pense le groupe de M.I.T. pour que des changements influencent le système ³⁰. La principale réponse demeure dans ces changements socio-politiques. Déjà certains sont amorcés. Serait-ce à temps pour prévenir la catastrophe ?

Forrester et Meadows ne le croient pas à moins d'une réorientation fondamentale des politiques mondiales. Leur argumentation globale repose sur deux postulats : 1) les tendances de la population et des investissements sont exponentielles ; 2) les améliorations dans les paramètres d'un secteur ont des effets négatifs dans un ou plusieurs autres secteurs.

Dans le premier cas cela est possible même si certains auteurs parlent d'évolution logistique (sigmoïde ou de type Gompertz) avec une asymptote supérieure. La croissance de type sigmoïde a été vérifiée dans plusieurs cas de secteurs industriels ³¹ ; elle est moins sûre quant à la

29. Cf., par exemple, les efforts actuels pour la recherche ou la technologie sociale.

30. Voir en particulier H. Arendt, *La crise de la culture*, Gallimard, Paris, 1972.

31. L.R. Dupriez, *Des mouvements économiques généraux*, I.R.E.S., Louvain, 1951.

population ³², et probablement très discutable quant à l'ensemble de l'économie ; mais qu'arrive-t-il si on divise celle-ci en grands secteurs ? Par exemple, il semble que la part des services (non seulement physiques comme il est supposé dans le modèle) requérant peu de matières premières et polluant peu, augmente rapidement surtout dans les pays « post-industriels » les plus concernés par le modèle. A ce moment, la production industrielle croîtrait de façon logistique. Il est vrai que dans un monde fini, l'espace pour la localisation et la production alimentaire manquera tôt ou tard, ou encore, les sources de matières premières pour la nourriture synthétique se tariront face à une population croissante. Cette rareté absolue dépend du rythme de croissance et aussi du temps disponible au système pour réorienter les vecteurs de force.

Or, le deuxième postulat tend à démontrer qu'il reste peu de temps (moins de 100 ans, soit quatre générations) avant la catastrophe. En effet, même si certaines données d'un des sous-systèmes peuvent être changées parce qu'elles sont inexactes ou sujettes à caution, l'ensemble du système réagit de telle sorte que les résultats changent peu ³³. Par exemple, si le taux des investissements industriels fléchit, le taux de pollution diminuera et les réserves en ressources naturelles dureront plus longtemps. Par contre, si rien d'autre n'est fait, cela permettra à la population d'augmenter aussi vite, sinon plus vite ³⁴, conduisant à la même catastrophe avec le manque d'espace vital. Si de nouvelles sources d'énergie et de matières premières sont trouvées ³⁵, les investissements industriels seront stimulés, la pollution augmentera et affectera le taux de mortalité, etc.

Pour vérifier ce postulat, à l'aide du système logique même du modèle, le groupe de Sussex a changé plusieurs données dans plusieurs sous-systèmes à la fois. Si, par exemple, la technologie nouvelle nous permet d'exploiter les énormes ressources des océans ³⁶, d'allonger en même temps la vie utile des biens et d'augmenter le recyclage des biens usés, si les politiques anti-pollution sont élargies ³⁷, si de nouvelles politiques pour

32. Par exemple, les études de L. Amoroso dans : *Principidi Economica corporativa*, Bologne, 1938, ont été infirmées par les années d'après-guerre. Cf. R. Roy, *Éléments d'économétrie*, Presses Universitaires de France, Paris, 1970.

33. « Furthermore, the basis behavior modes we have already observed in the model appear to be so fundamental and general that we do not expect one broad conclusion to be substantially altered by further revisions », *Limits to Growth*, op. cit., p. 22.

34. Par le jeu d'une diminution du taux de mortalité et d'une plus grande part d'investissement pouvant être affectée à la production alimentaire.

35. Par exemple, J. Surrey et A.J. Bromley ont montré que les ressources en pétrole actuelles peuvent être trois fois plus grandes que le chiffre retenu par Meadows si on ajoute les réserves probables sous-marines et encore plus le pétrole non conventionnel à partir, par exemple, du charbon et des schistes bitumineux, *Futures*, op. cit., pp. 95-96.

36. Cf. W. Page, « The Non-Renewable Resources Sub-System », *Futures*, op. cit., étude n° 3.

37. Cf. P.K. Marstrand et T.C. Sinclair, « The Pollution Sub-System », *ibidem*, étude n° 7.

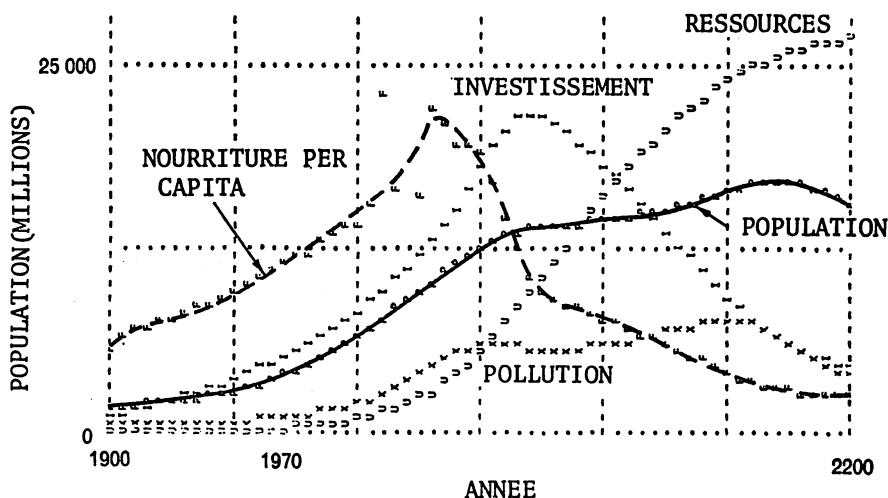
augmenter la production alimentaire sont suivies ³⁸, le modèle montre que la population pourra continuer à augmenter au moins jusqu'en 2150 comme on le voit au graphique 5.

Beaucoup d'autres exercices ou tests du modèle ³⁹ ont été faits non dans le but de fournir de nouvelles prédictions du futur mais pour vérifier et la capacité du modèle à représenter la réalité et la sensibilité des différents paramètres.

L'ensemble des études de Sussex a permis de voir que les paramètres les plus discutables ou les plus entachés d'erreurs sont souvent ceux qui influencent le plus le comportement du modèle. En fait la critique fondamentale est que le modèle est trop rigide alors que dans la réalité le

GRAPHIQUE 5

MODÈLE 3 AVEC DES HYPOTHÈSES TRANSFORMÉES DANS LES SOUS-SYSTÈMES
RESSOURCES NATURELLES, POLLUTION ET PRODUCTION ALIMENTAIRE



SOURCE : *Futures*, étude n° 9, A.D.S. Cole et R.C. Curnow, « An Evaluation of the World Models », *op. cit.*, p. 129.

38. Cf. P.K. Marstrand et K.U. Pavitt, « The Agricultural Sub-System », *ibidem*, étude n° 6. H. Ozbekhan dans « The Role of Goals and Planning in the Solution of the World Food Problem », présenté à la *Mankind 2000 Conference*, Oslo, 12-14 septembre 1968, arrive à des conclusions encore plus optimistes. Pour lui aussi le premier problème (par ailleurs crucial) en est un d'ordre socio-politique.

39. Un des exercices a été de vérifier le modèle « à rebours » (*backcasting*) afin de voir s'il représentait bien le passé. Les conclusions ont été assez surprenantes, montrant par exemple une population en 1880 supérieure à la population actuelle. À ce problème Meadows répondit que ce processus ne voulait rien dire puisqu'il impliquait que tous les paramètres changeaient ainsi de sens (ex. : le taux de mortalité influençait à la hausse la population, etc.). Cole et Curnow répondent dans « Backcasting with the World Dynamics Model », *Nature*, vol. 243, mai 1973, que ceci est possible sans changer le sens des paramètres dans des modèles non probabilistiques comme le sont ceux de M.I.T.

système est plus souple et l'éventail des choix pour le futur plus large. Non seulement beaucoup de données mais aussi certains délais d'ajustement sont basés sur des études encore plus discutables. Le modèle permet de compenser certaines erreurs ; mais lorsqu'il est permis de rajuster la plupart des paramètres, les résultats ne peuvent être les mêmes. C'est pourquoi nous parlons de Malthus *in*, Malthus *out*, c'est-à-dire que le choix des données et de paramètres nettement pessimistes ne peuvent donner que des résultats pessimistes ; et la rigidité de certains paramètres et relations amplifient ce phénomène.

Le travail fait à M.I.T. a quand même deux grands mérites. Le premier est de montrer que tous les problèmes sont interdépendants et que la solution d'un de ceux-ci peut être contrecarrée par la réaction d'un autre élément du système. Le second est que la catastrophe prédite est une des possibilités du futur.

Le système réel est plus souple que celui qui est décrit et peut réagir à certaines carences ou certains goulots d'étranglement avant que l'ensemble des problèmes ne devienne trop aigu. Ce processus de tâtonnement vers un meilleur équilibre n'est cependant pas assuré. Beaucoup d'erreurs peuvent survenir dans un monde encore trop peu connu. L'action sur plusieurs fronts peut se faire, mais à quels coûts ? La solution est avant tout politique et sociale ; mais les valeurs changeront-elles ? Les gouvernements réagiront-ils à temps ? Et comment ? Le débat continue à être ouvert. Un meilleur avenir pour l'homme en est l'objectif.

Pierre-André JULIEN,
Université du Québec

et

Christopher FREEMAN,
Université de Sussex.