



HAL
open science

Quels étaient les buts poursuivis par les auteurs du modèle World3 ?

Pierre-Yves Longaretti

► To cite this version:

Pierre-Yves Longaretti. Quels étaient les buts poursuivis par les auteurs du modèle World3 ?. World3 et le rapport Meadows, Les Limites à la Croissance. Questions raisonnées pour aujourd'hui, pp.17-27, 2023. hal-04294284

HAL Id: hal-04294284

<https://hal.science/hal-04294284>

Submitted on 19 Nov 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Quels étaient les buts poursuivis par les auteurs du modèle World3 ?

Pierre-Yves Longaretti

1. Introduction

Le rapport sur les limites de la croissance¹ a pour principal objectif l'analyse des conséquences de la croissance de la population humaine et de ses besoins dans un monde fini. Cette question n'intervient pas par hasard au début des années 1970. La façon dont elle est posée et abordée résulte de questionnements qui émergent dans les années qui précèdent. La finitude des ressources n'est pas une question nouvelle (on peut par exemple penser à Malthus ici) mais a pris un tour nouveau avec la prédiction de Hubbert sur le pic de production pétrolier des Etats-Unis – de fait, le pic de production de ce pays s'est produit au tournant des années 1970 comme il l'avait anticipé². Les questions de pollution sont de plus en plus présentes dans le discours scientifique et médiatique de l'époque³, de même que les questions de surpopulation⁴. De nombreux problèmes de développement humain sont également au centre des préoccupations du Club de Rome, qui a commandité le rapport sur les limites de la croissance (inégalités, sous-développement, dégradation de l'environnement, etc).

Pour atteindre leur objectif, les auteurs ont développé un modèle⁵, baptisé *World3*, dont la principale qualité n'est pas la précision quantitative, mais l'*utilité*. Il est essentiel de bien saisir ce que les auteurs entendent par utilité⁶, ce concept jouant un rôle direct dans les objectifs visés :

- Le modèle doit être pédagogique et permettre à son utilisateur (qu'il soit ou non lui-même modélisateur) d'élargir sa compréhension du système modélisé.
- Les hypothèses du modèle doivent être cohérentes avec les données et observations existantes sur le système étudié. En particulier elles ne doivent pas être introduites dans l'objectif *ad hoc* de simplifier le travail du modélisateur au détriment de la pertinence conceptuelle du modèle.
- Le comportement au cours du temps des variables du modèle doit ressembler autant que faire se peut au comportement des éléments correspondants dans le monde réel, pour les périodes où des données historiques sont disponibles. Lorsque le modèle est utilisé pour effectuer des projections dans le futur, le comportement de chaque variable doit être compréhensible et limité à un domaine raisonnable de valeurs.

¹ D.H. Meadows, D.L. Meadows, J. Randers et W.W. Behrens III, *the Limits to Growth*, New York: Potomac (1972).

² La première mention de ce résultat par Hubbert est faite dans une conférence en 1956, et une version plus élaborée du modèle sous-jacent est publiée en 1962 (Hubbert, M.K. 1962, "*Energy Resources*", National Academy of Sciences, Publication 1000-D). La conjonction entre la date prévue et effective du pic de production est malgré tout partiellement le résultat d'une coïncidence, le modèle souffrant de diverses déficiences.

³ Le célèbre essai de Rachel Carson, *Silent Spring* (1962) dénonce les ravages des pesticides, notamment du DDT. L'exemple du DDT est mentionné dans le rapport sur les limites de la croissance et a fait l'objet d'un modèle antérieur spécifique des auteurs, dans le cadre d'études préliminaires pour *World3* (D.L Meadows et D.H. Meadows, eds, *Towards Global Equilibrium*, Cambridge: Wright-Allen Press, 1973).

⁴ P.R. Ehrlich, A.H. Ehrlich, *The Population Bomb*, Ballantine Books (1968).

⁵ Le nom *World3* suggère l'existence de deux versions antérieures. Ces deux versions précédentes sont dues à J. Forrester, père de la dynamique des systèmes, procédure d'analyse dynamique et de modélisation utilisée par les concepteurs de *World3*.

⁶ D.L. Meadows, W.W. Behrens III, D.H. Meadows, R.F. Naill, J. Randers, et E.K.O. Zahn, *Dynamics of Growth in a Finite World*, Cambridge: Wright-Allen Press (1974), pp 24-25.

- Le modèle doit être suffisamment simple pour que les raisons de son comportement soient intelligibles. Ces raisons doivent pouvoir être formulées en termes de principes généraux applicables au monde réel. En fin de compte, modélisateurs et utilisateurs doivent pouvoir se passer du modèle, une fois que ses constituants principaux sont compris et intégrés dans leur vision du monde.

Cette conception de l'utilité d'un modèle a plusieurs conséquences pratiques quant au but principal poursuivi et énoncé plus haut. Elle implique qu'explicitier et justifier les choix de modélisation à un large public fait également partie des buts poursuivis, au-delà de la discussion de la façon dont le modèle éclaire la question posée (conséquences de la croissance matérielle dans un monde fini). Finalement l'élaboration du modèle est elle-même assez largement contrainte par cette notion précise et exigeante d'utilité. De ce point de vue, il y a une relation forte entre les buts poursuivis et la façon dont le modèle a été conçu.

Cette interaction entre buts poursuivis et impératif d'utilité induit certains des principes qui ont guidé l'élaboration de *World3*. Ceux-ci sont brièvement exposés dans la suite de ce texte. L'explication de ces principes et de leurs conséquences fait également explicitement partie des buts du rapport sur les limites de la croissance.

2. Questionnement et type d'approche

En pratique, plusieurs facteurs interviennent dans le choix des grandes orientations du modèle, notamment les questions de visions du monde, de déterminants de la précision du modèle, et de liens entre structure et causalité.

a. Visions du monde

Les modèles les plus importants – au sens où ces modèles influent le plus sur les décisions individuelles et collectives, notamment en termes de choix politiques et sociaux – sont les représentations informelles et stylisées du monde que chacun a en tête, consciemment ou non. Les auteurs distinguent deux modèles de ce type particulièrement importants vis-à-vis de la question abordée dans *World3* : le modèle écologique et le modèle technologique. Le premier est une vision où l'environnement et le vivant doivent être pris en compte au préalable dans nos modes de décision collectifs. La seconde repose sur l'idée que la technologie résoudra les problèmes au fur et à mesure qu'ils se posent, sous l'effet de l'inventivité humaine aiguillonnée par la nécessité. Une forme extrême de cette vision du monde consiste à penser que la technologie permet de repousser ou même de transcender les limites (limites sur ressources renouvelables et non-renouvelables, par exemple), mais cette version maximaliste est rejetée par les auteurs comme déraisonnable et non fondée sur l'expérience historique de ce que permet le progrès technologique. De fait, elle s'apparente plutôt à une forme de pensée magique qu'à de la pensée rationnelle.

World3 incorpore des éléments venant des deux types de vision du monde. La vision technologique intervient notamment dans la modélisation de la production industrielle et agricole ; par exemple, le modèle permet dans une certaine mesure de compenser la diminution des ressources non-renouvelables ou d'atténuer les pollutions, via les choix de paramétrisation de l'efficacité de la technologie. La vision écologique intervient principalement via le fait le fait que les limites environnementales existent et ne peuvent pas être indéfiniment ignorées ; de même les ressources non renouvelables sont finies.

Maintenir un équilibre raisonnable dans le modèle entre ces deux visions fait partie intégrante des objectifs des auteurs, et ce notamment au nom de l'impératif d'utilité du modèle. Néanmoins, une certaine latitude existe dans l'interprétation de ce que raisonnable signifie en pratique. Sur ce point

d'autres choix auraient probablement pu être opérés, mais il n'est pas clair que ça aurait affecté de façon significative les conclusions qualitatives auxquels les auteurs parviennent⁷.

b. Prédiction ou projection ?

Quel que soit l'objet d'étude défini, différents types de modèles peuvent être élaborés, à différents niveaux de précision. Certains modèles sont prédictifs ; il s'agit en grande majorité de modèles issus des sciences dures, où les lois régissant les phénomènes étudiés sont connues de façon précises. *World3* quant à lui vise un niveau imprécis de projections conditionnelles.

Le passage de la notion de *prédiction* à celle de *projection* est inévitable. Les phénomènes modélisés dans *World3* relèvent à la fois de processus environnementaux, naturels ou géophysiques, et de processus sociaux. Si la notion de lois précises a un sens pour les premiers (mais avec des différences selon les domaines), en ce qui concerne les phénomènes sociaux, les « lois » ne sont ni bien établies ni même peut-être connaissables⁸. De ce fait, *World3* modélise ce qui est modélisable, et scénarise ce qui ne l'est pas. Les scénarios couvrent différentes options dans les choix (ou non-choix) opérés collectivement et concernant nos modes de production de biens et services, de contrôle ou non de la démographie etc.

La modélisation des phénomènes sociaux dans *World3* (en particulier, la démographie et la production de biens et services) ne pouvant être opérée de façon quantitativement précise, le niveau de précision adopté pour ce qui est modélisable dans les phénomènes sociaux définit de fait le niveau de précision de l'ensemble du modèle. En effet, il est tout à fait possible de modéliser plus précisément certains secteurs de *World3* (par exemple les ressources non renouvelables) mais le gain en précision serait illusoire, la précision de l'ensemble étant limitée par les secteurs les moins précisément modélisables.

C'est en particulier cette limitation dans les possibilités de modélisation des aspects sociaux du modèle qui a défini le niveau de granularité de l'objectif visé : il s'agit de qualifier à gros traits les grands types d'évolution future et leurs principaux déterminants, notamment en vue d'identifier les principaux leviers à mobiliser pour effectuer le cas échéant des choix informés entre les différents scénarios.

Le rapport sur les limites de la croissance a fait l'objet de nombreuses lectures erronées par mécompréhension de ces points. Les courbes fournies dans le rapport n'ont pas la précision quantitative que leur existence même suggère. Par exemple les niveaux de population atteints dans le courant du XXI^e siècle sont imprécis au milliard d'habitants près, voire plus. Le modèle ne prédit pas de façon certaine un effondrement de la population et des ressources dans le courant du XXI^e siècle ; il examine juste quels scénarios conduisent ou non à un tel effondrement, et à quelles conditions, même si avec le temps qui passe (un demi-siècle depuis la publication du rapport), nos options sont de plus en plus étroites pour éviter un effondrement. Par ailleurs, les dates ne sont précises au mieux qu'à une ou deux décennies près, dans le meilleur des cas. Quant à l'évolution au-delà d'un pic de population et de production, celle-ci n'a aucune signification, les conditions de validité du modèle n'étant plus satisfaites. Les résultats semblent précis parce qu'une quantification spécifique a été adoptée (pour être en mesure d'explorer les conséquences des différents scénarios avec le modèle). Mais cette quantification est soumise elle-même à des marges d'incertitude. Les avertissements des auteurs du rapport sur ce point sont fréquents et explicites, mais ont souvent été ignorés.

⁷ Ce point sera exploré plus en détail dans la notice consacrée aux conclusions que les auteurs tirent de leur modèle.

⁸ Ce point n'empêche pas l'usage de modèles quantitatifs en sciences sociales.

c. Structure et causalité

L'un des points essentiels discutés par les auteurs du rapport sur les limites de la croissance est que la causalité dans un système complexe n'est pas nécessairement voire même pas généralement linéaire. Par exemple, au premier ordre, le niveau de production agricole semble limiter la population humaine puisque si celle-ci continue à croître à production constante, une sous-alimentation voire des famines vont s'ensuivre, avec pour conséquence une augmentation de la mortalité et donc une réduction de la population à un niveau compatible avec la quantité de denrées alimentaires qui peuvent être produites. A un niveau plus fin, néanmoins, l'augmentation de la population humaine induit une augmentation de la production agricole, du moins tant que les capacités maximales de production ne sont pas atteintes. Celles-ci ne sont pas définies dans l'absolu, mais dépendent entre autre des réserves de terres non encore exploitées, de leur productivité, laquelle est elle-même dépendante des techniques agricoles utilisées (qui peuvent augmenter ladite productivité) mais aussi de la pollution induite par les techniques utilisées (qui elle tend à la réduire). La production agricole dépend elle-même de la production industrielle qui par ailleurs agit sur le niveau de vie de la population, à travers la fourniture de biens et services (par exemple services médicaux), ce qui en retour influe sur la taille désirée des familles, et donc sur la croissance de la population elle-même. Ce bref descriptif ne couvre qu'une partie des interactions modélisées dans *World3*, à l'intérieur de chaque secteur et entre secteurs⁹.

Ce réseau d'interactions conduit à l'existence de nombreuses boucles d'action en retour (rétroaction) entre les variables du système. Par exemple, la production agricole influe sur la population qui influe sur la production agricole (directement ou indirectement). Les relations de causalité vont dans les deux sens. L'un des aspects principaux de la question des conséquences de la croissance de la population et de ses besoins dans un monde fini se cristallise donc largement sur les déterminants de ces interactions mutuelles.

Mais dans ces conditions où tout ou presque influe sur (presque) tout, où (presque) tout est à la fois et dans des proportions variables cause et conséquence de (presque) tout, comment identifier les causes, justement ? En fait cette question est mal posée. Lorsque les variables examinées ont des relations causales mutuelles directes ou indirectes, c'est la structure même des interactions¹⁰ qui est la cause principale des évolutions observées dans le système étudié et non l'une ou l'autre quantité ou l'une ou l'autre caractéristique (la population, les ressources énergétiques, etc). Cette propriété des systèmes complexes a des conséquences fondamentales pour la question étudiée par les auteurs. Notamment, pour éviter les conséquences d'un scénario catastrophique sur le long terme (en particulier un scénario d'effondrement), agir sur telle ou telle variable, ou tel ou tel secteur, est inutile si on ne modifie pas la structure du réseau d'interactions entre toutes les variables du problème.

L'explicitation de ce lien entre structure et causalité est certainement le but principal des auteurs. La croissance matérielle de la population, de ses besoins, les destructions environnementales, notre dépassement actuel de la capacité de charge de la planète (dont témoigne le « jour du dépassement » qui arrive de plus en plus tôt chaque l'année), nos délais de réaction face aux urgences (trente ans de négociations sur le climat n'ont abouti à aucun effet notable sur les courbes d'émissions de gaz à effet de serre), toutes ces tendances sont des conséquences de la structure des interactions entre la population humaine, ses modes de production et de consommation de biens et services, et son environnement. Tous ces phénomènes sont des symptômes de cette structure d'interactions, qui en

⁹ Cinq secteurs sont modélisés : ressources non renouvelables, production industrielle, production agricole, pollution, et population.

¹⁰ Ces structures ne sont naturellement pas figées, mais résultent de construits historiques, et leur pertinence peut s'étendre sur une période de l'ordre du siècle.

est la cause ultime. Modifier ces tendances ne peut donc se faire sans modifier cette structure d'interactions. Ce point capital n'est pris en compte à hauteur des enjeux dans aucune initiative politique ou négociation internationale à ce jour.

Conclusion

L'exigence d'utilité d'un modèle telle qu'entendue par les auteurs du rapport sur les limites de la croissance, est très étendue, et très contraignante pour son élaboration effective. Il va de soi que l'un des buts majeurs des auteurs du rapport est de faire de *World3* un modèle utile dans toutes les acceptions qu'ils donnent à ce concept. Dans cette perspective, la vertu principale – et partiellement paradoxale – de *World3* n'est pas d'être *quantitativement* mais *conceptuellement* précis, et *réaliste*. Ces points essentiels ont malheureusement été ignorés par beaucoup de lecteurs du rapport.

Cette exigence d'utilité permet de mettre en évidence et d'éviter les contradictions implicites que tout un chacun peut véhiculer dans sa conception du monde. Sans s'astreindre à cette exigence, on peut en effet tout à fait croire de bonne (ou mauvaise) foi en une croissance matérielle infinie dans un monde fini. Réciproquement, en s'astreignant à l'exercice d'examen critique qu'implique cette contrainte, on apprend à distinguer les causes (structures d'interaction entre les éléments du modèle ou du monde réel) et les symptômes (les enjeux sociaux et environnementaux auxquels nous sommes confrontés).

Cette distinction entre causes réelles et symptômes constitue en elle-même le principal message du rapport sur les limites de la croissance et du modèle *World3*. Communiquer clairement ce message est l'un des aspects essentiels du but principal poursuivi (analyse des conséquences de la croissance matérielle dans un monde fini) : pour reprendre en main notre destin, il ne peut suffire de s'attaquer à tel ou tel problème dans tel ou tel secteur, il faut changer à la racine la structure des interactions du système socio-écologique global. Par exemple, le changement climatique n'est qu'un symptôme des structures d'interaction qui sous-tendent nos modes de production et de consommation. En conséquence de quoi, passer de sources d'énergie fossiles à des sources d'énergie renouvelables ne fera que déplacer le problème – par exemple en augmentant considérablement les nombreuses pollutions générées par l'intensification de l'usage de ressources rares nécessaires au déploiement à l'échelle des technologies concernées – sans pour autant s'attaquer aux autres enjeux¹¹ du XXI^e siècle, qu'ils soient environnementaux (déforestation, érosion des sols, désertification, tensions sur les ressources en eau, destruction du vivant...) ou sociaux (éradication de la pauvreté, de la sous-alimentation et de la famine, accès généralisé aux soins de base et à l'éducation...).

Prendre sérieusement en compte ce message implique de changer à la racine nos modes de vie, nos institutions, et nos modes de fonctionnement politique et social. Clairement, nous n'en prenons pas le chemin, et nos délais et atermoiements sur pratiquement tous les fronts ne font qu'empirer les problèmes. Il est virtuellement certain que des points de non-retour ont déjà été franchis sur plusieurs enjeux du fait de cette inertie sociale et politique¹².

Finalement, les auteurs ont comme objectif explicite non seulement de produire un modèle répondant à la question posée (conséquences d'une croissance matérielle dans un monde fini), mais également de permettre à chaque lecteur d'émettre un jugement critique à la fois sur sa propre vision du monde, sur le modèle qui lui est proposé, et sur la question posée. De ce point de vue, le rapport sur les limites

¹¹ Les enjeux cités ci-après jouent un rôle structurel dans les objectifs de développement du millénaire de l'ONU (<https://www.un.org/millenniumgoals/>).

¹² Le paradigme des limites planétaires ainsi que l'évaluation de leur franchissement sont dû à un travail influent initié en 2009 par Rockström et collaborateurs (Rockström et al 2009. A safe operating space for humanity, *Nature*, 461 :472-475).

de la croissance a une réelle ambition en termes de capacités au sens d'Amartya Sen¹³, bien que le concept n'ait pas encore été formulé au moment de sa parution. Cet objectif exigeant n'a en toute vraisemblance été atteint que pour une minorité des lecteurs du rapport.

¹³ Sen, A. 2012. *L'idée de justice*. Champs Flammarion.