

ANALYSE SUCCINTE DU RAPPORT MEADOWS (RAPPORT DIT "DU CLUB DE ROME" – 1972)*

La croissance exponentielle

Il faut 7 ans pour doubler un capital placé à 7%, et 25 ans pour le multiplier par 10: c'est ça la croissance exponentielle!

Un autre exemple est celui de la croissance exponentielle dans un domaine fini. Sachant qu'un nénuphar double sa surface tous les jours et qu'on suppose qu'il faudrait 30 jours pour couvrir intégralement un étang en étouffant toute autre forme de vie aquatique, si on veut limiter la croissance à la moitié de l'étang, pendant 29 jours on n'aura pas à s'occuper de cette croissance, mais ce jour là, il ne restera qu'une journée pour sauver l'étang.

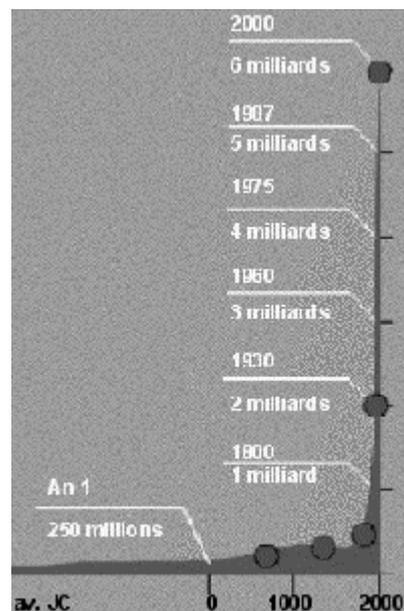
Dans l'écosystème mondial, il existe deux boucles positives qui conduisent à la croissance exponentielle et le modèle mathématique utilisé par l'équipe Meadows fait donc intervenir principalement ces deux croissances:

1 - croissance de la production industrielle

2 - croissance de la population mondiale.

En 10000 BC nous étions 5 millions sur Terre, à l'époque du Christ 150 à 250 millions, 300 millions en 1350, 600 millions en 1700, 1 milliard vers 1830, 2 milliards en 1940, 4 milliards en 1975, 6.1 milliards en 2000, 6.5 milliards en 2004, il y en aura 8 milliards en 2020

En profitant de son bien être, l'homme moderne a proliféré comme les lapins et sa population n'a cessé de croître au détriment des autres espèces. La croissance de la population obéit à la relation suivante dont la solution est une courbe exponentielle : $N = N_0 e^{rt}$ (avec N_0 , la population de départ / e , le logarithme népérien (2.71828...) / r , le taux de croissance naturel / t , l'intervalle de temps considéré.)



Les boucles positives du système global conduisent à la croissance exponentielle de toutes les grandeurs mises en jeu, mais les trois boucles négatives (famine, pollution, épuisement des ressources) contribueront de toute façon à l'arrêt de la croissance exponentielle suivi d'un "effondrement"... car nous sommes sur une planète "finie"!

« L'effondrement » n'est pas nécessairement la fin de l'humanité, mais se traduit par la diminution brutale de la population et la dégradation des conditions de vie des survivants (baisse importante du produit industriel par tête, du quota alimentaire par tête, etc) jusqu'à de nouveaux équilibres.

Ensuite l'équipe Meadows analyse l'effet des boucles positives et négatives

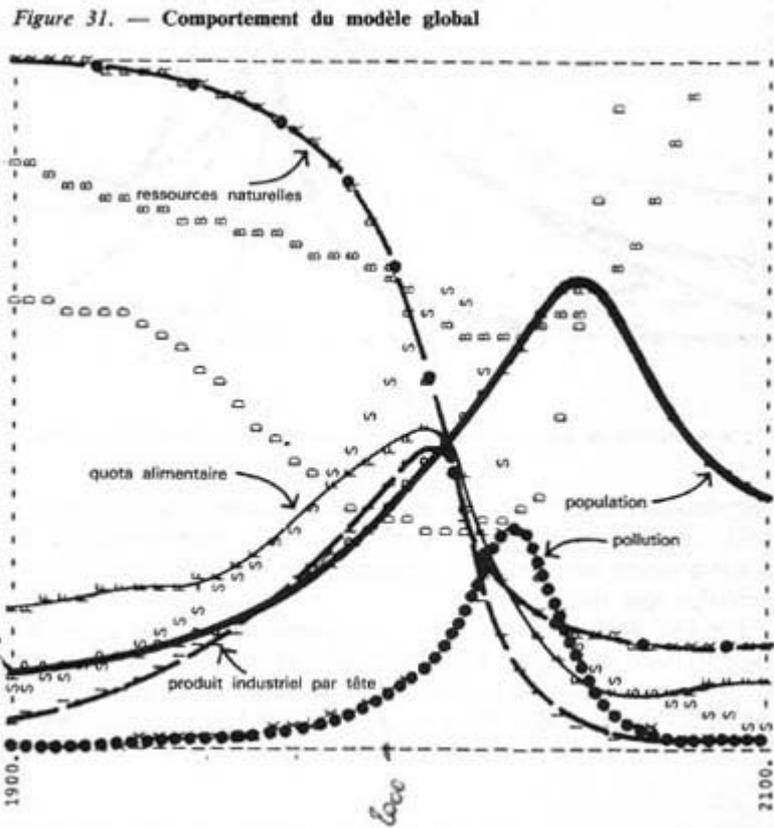
En abscisses nous avons un intervalle de temps de deux siècles (1900 à 2100), en ordonnées huit grandeurs :

—————	Population (nombre total d'habitants)
- - - - -	Produit industriel brut par tête (équivalent dollars par personne et par an)
—————	Ration alimentaire moyenne par personne (équivalent en kg de grain/personne/an)
.....	Pollution (multiple du niveau 1970)
- . - . -	Ressources non renouvelables (fraction des réserves résiduelles en 1900)
B	Taux de natalité brut (naissances/1 000/an)
D	Taux de mortalité brut (décès/1 000/an)
S	Services par tête (équivalent dollars/personne/an)

cdr-1.jpg

... et bien qu'il se défende de dater ses extrapolations, nous allons le faire...

Modèle global avec maintien des tendances de 1970



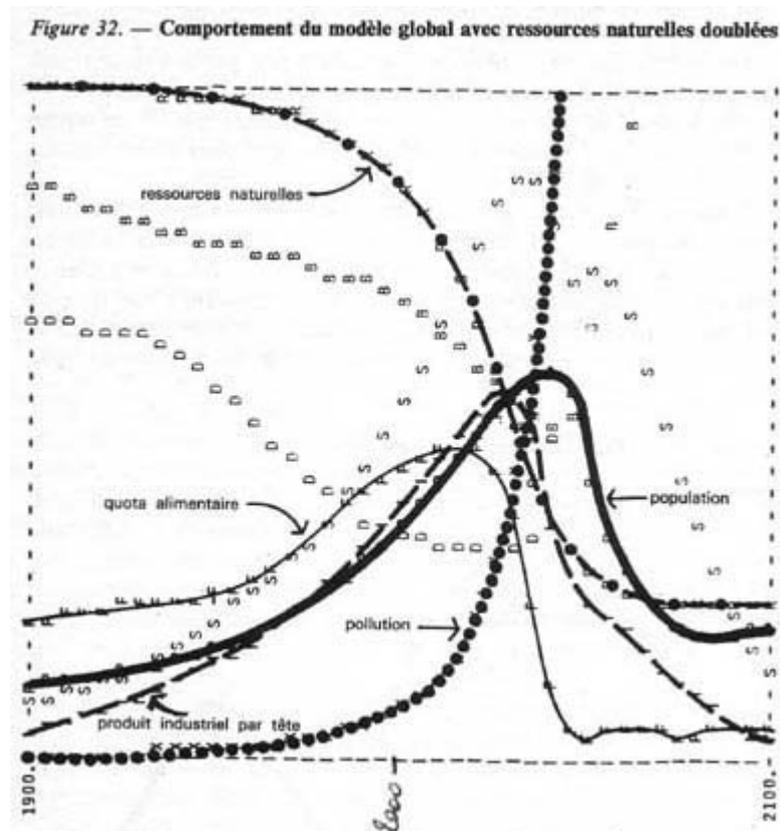
S'il y a maintien des tendances de 1970, on voit que :

- les quotas alimentaires et le produit industriel par tête commencent à s'effondrer vers les années 2005/2010
- la pollution continue à croître jusqu'en 2030 (effet retard) puis s'effondre ensuite

La cause initiale est l'effondrement rapide des ressources naturelles entre 2000 et 2050, mais étant donné la loi de l'offre et de la demande, la grande majorité des ressources naturelles non renouvelables les plus importantes atteindront rapidement des prix prohibitifs.

La population continue elle aussi à croître jusque vers 2050 (là aussi, effet retard) et l'effondrement intervient ensuite ...

Mais Meadows se dit qu'il a peut être sous estimé les ressources naturelles ; il multiplie donc les stocks par deux dans le modèle suivant



- le taux de mortalité grimpe rapidement sous l'action conjointe des polluants et du manque de nourriture.
- Les réserves, bien que doublées, s'épuisent rapidement simplement parce que quelques années supplémentaires suivant une loi exponentielles ont été suffisantes pour accélérer leur disparition.

Ici le rapporteur tire une première conclusion: si nous nous contentons de l'hypothèse selon laquelle rien ne sera changé à la politique actuelle (en 1972), l'avenir de notre monde sera caractérisé par une croissance exponentielle suivi d'un effondrement brutal.

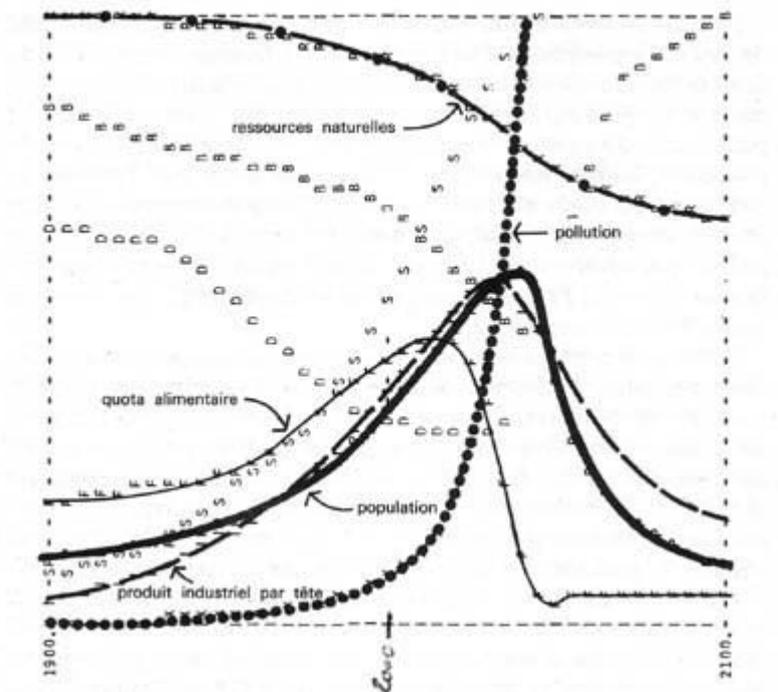
L'augmentation du stock de ressources naturelles ne change rien à l'issue finale.

Cette fois c'est le niveau de pollution qui la cause essentielle de l'arrêt de la croissance vers 2030...

Meadows continue son analyse sous le titre "la technologie et les limites de l'expansion"

Il nous explique " supposons que les optimistes aient raison et que nous disposions de ressources naturelles illimitées "

Figure 33. — Comportement du modèle global avec ressources naturelles « illimitées » (recyclables)



Deux hypothèses sont introduites par l'utilisation de quantité illimitées d'énergie nucléaire qui permet :

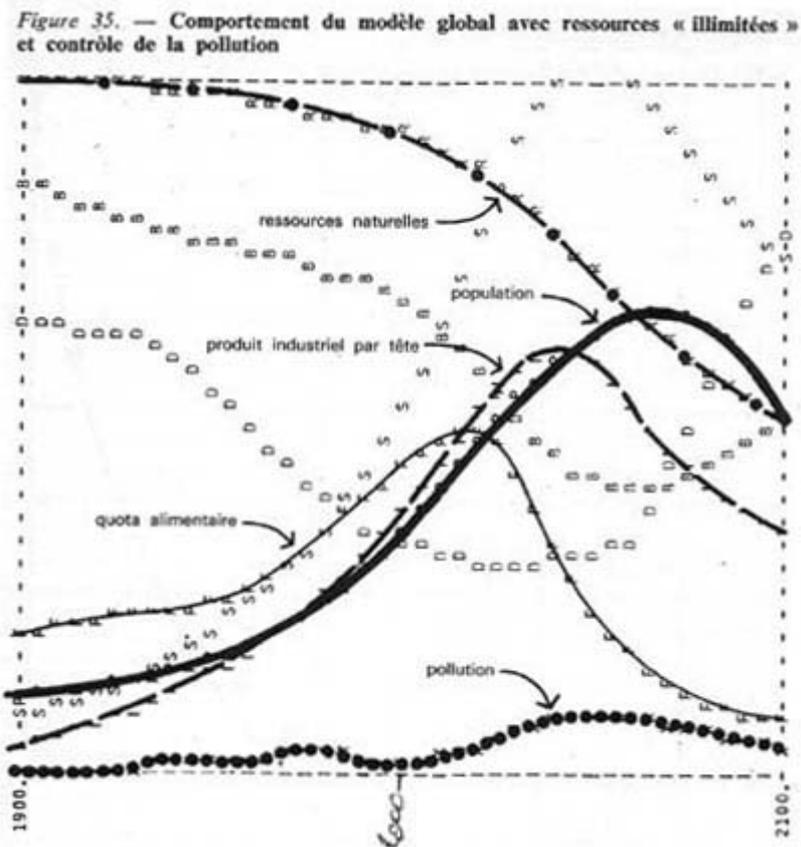
- 1 - l'exploitation de réserves doubles de celles prévues initialement
- 2 - la mise en oeuvre de procédés de recyclage des ressources et de fabrication de produits de substitution

L'absence de toute contrainte d'approvisionnement en matières premières permet l'expansion de la production industrielle et agricole, ainsi que le développement des services, à un niveau légèrement supérieur à celui de la figure précédente (32), avant que la chute ne soit amorcée.

On voit qu'ici, c'est la pollution qui enrave la croissance. Malgré des ressources naturelles et l'énergie illimitées, l'arrêt de la croissance intervient également vers 2030 et le système s'effondre.

A "supposons que les optimistes aient raison et que nous disposions de ressources naturelles illimitées", Meadows ajoute l'hypothèse du contrôle de la pollution tout en précisant "nous ne la croyons pas politiquement possible en l'état actuel de nos institution" ...

35 ans après, il est vrai qu'il n'y a guère de changement.



Une hypothèse supplémentaire est introduite à partir de 1975. Il s'agit de réduire au quart de la valeur atteinte en 1970 la pollution par unité produite (industriel et agricole)

Une telle politique de contrôle de la pollution serait efficace en ce sens qu'elle permet d'éviter la crise due à la pollution et illustrée dans les graphiques précédents

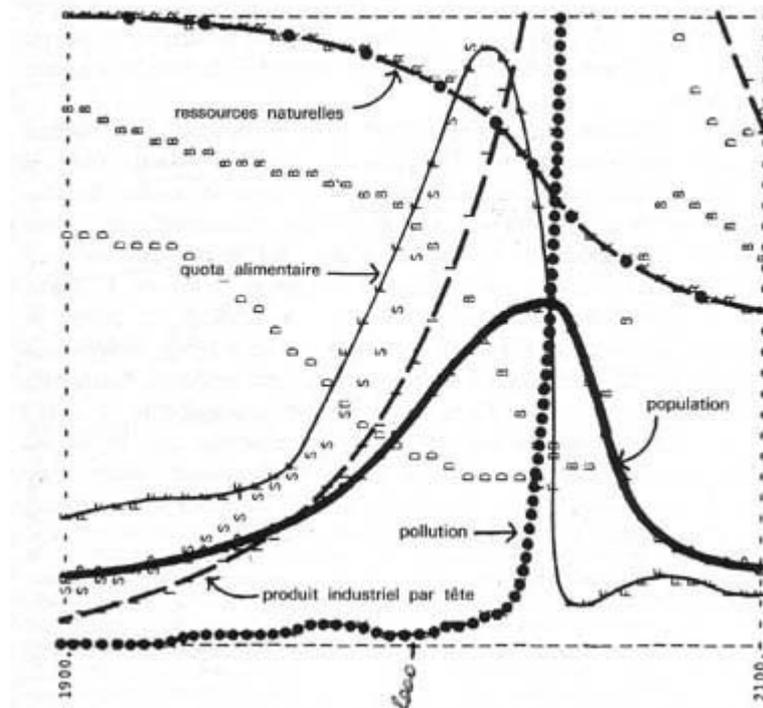
- la population et le produit industriel par tête augmentent au-delà du maximum précédent et ni les réserves de matière première, ni la pollution ne posent problème.

L'effondrement est le fait du manque de nourriture du fait des limites des superficies cultivables. A partir de ce seuil le quota alimentaire décline et la production industrielle diminue car une part de plus en plus importante du capital global doit être consacrée à la production alimentaire. Néanmoins l'effondrement apparaît beaucoup plus tard, après 2050

Pour éviter la crise alimentaire de la figure 35, Meadows formule deux hypothèses de travail:

hypothèse 1 - on double le rendement moyen des terres à partir de 1975

Figure 36. — Comportement du modèle global avec ressources « illimitées », contrôle de la pollution et productivité agricole accrue

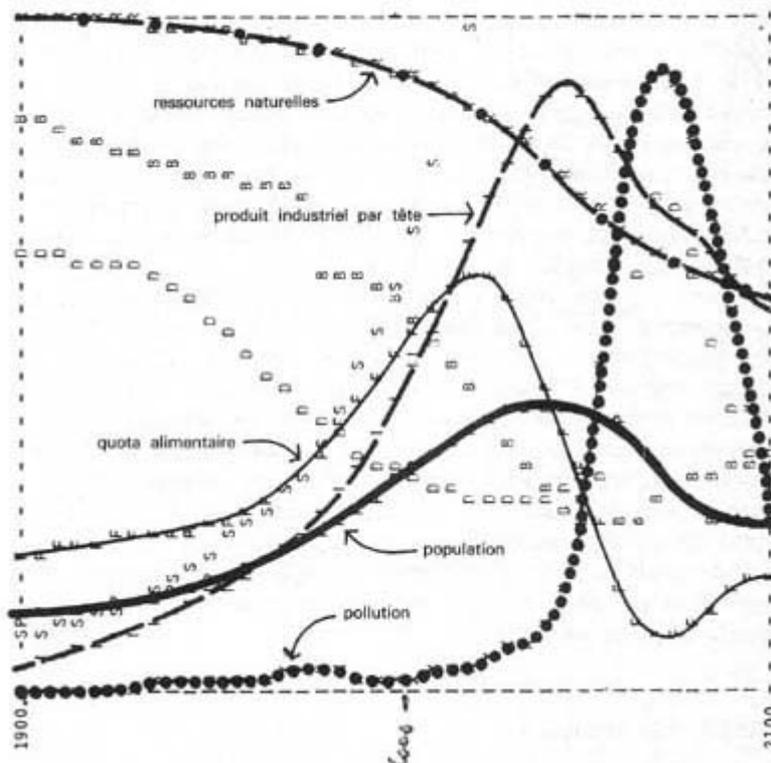


La combinaison de cette mesure et des deux précédentes (quantité illimitée d'énergie et réduction drastique de la pollution) fait disparaître tellement de contraintes que la population et la production industrielle atteignent des niveaux très élevés.

Bien que le taux de pollution par unité de produit industriel reste très bas, l'ampleur même de la production (multiplicateur de 8) engendre un niveau de pollution catastrophique qui provoque l'effondrement du système plus tôt que dans l'hypothèse précédente, c'est-à-dire vers 2030.

hypothèse 2 - on tente de mettre en oeuvre une politique plus efficace de régulation VOLONTAIRE des naissances

Figure 37. — Comportement du modèle global avec « ressources illimitées », contrôle de la pollution et régulation « parfaite » des naissances

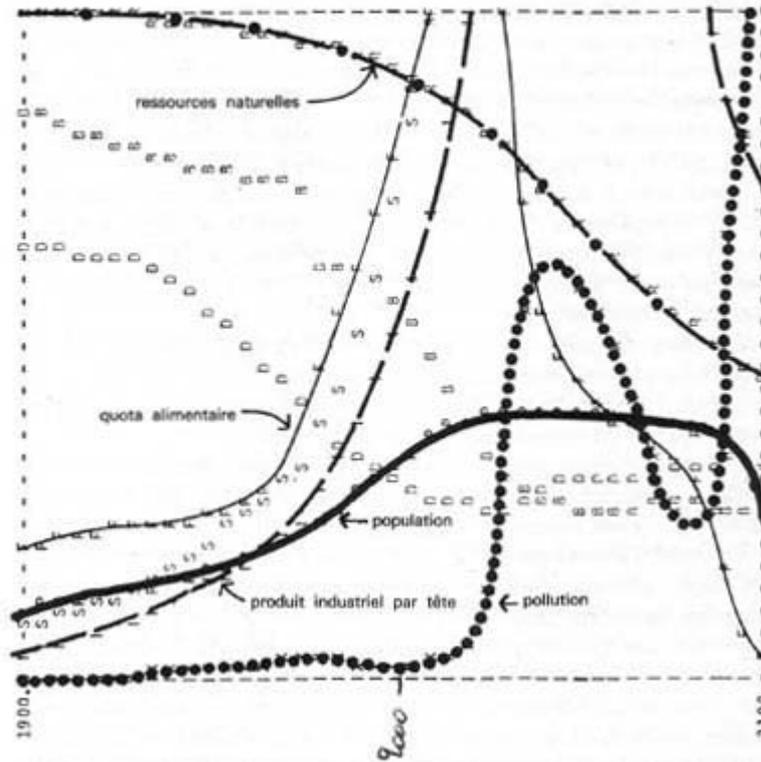


Plutôt que de recourir à un accroissement de la production de denrées alimentaires **on tente de mettre en oeuvre une politique plus efficace de régulation VOLONTAIRE des naissances.** Celle-ci restant volontaire (elle ne fait qu'éviter les enfants non désirés) la population continue néanmoins à croître (plus lentement) bien qu'il y ait une baisse sensible de la natalité.

La crise alimentaire n'intervient cette fois qu'une vingtaine d'années plus tard, et l'effondrement du système intervient vers 2050

Cette fois, l'hypothèse Meadows est qu'il y a volonté politique et régulation PARFAITE des naissances

Figure 38. — Comportement du modèle global avec ressources « illimitées » contrôle de la pollution, productivité agricole accrue et régulation « parfaite » des naissances



Rappelons que dans cette hypothèse, nous avons toujours, depuis 1975 :

- les ressources sont exploitées pleinement et recyclées à 75%
- la pollution est réduite à 25% de celle de 1970
- les rendements par hectare de toutes les terres cultivables ont été doublés
- la population est parfaitement stabilisée aux alentours de 6 milliards par la mise en oeuvre mondiale, à partir de 1975, d'une régulation parfaite des naissances.

Le niveau de vie moyen de la population atteint progressivement celui des USA de 1970 (empreinte écologique d'environ 2,5, c'est-à-dire environ la moitié de l'actuelle).

La crise est cette fois causée par l'érosion des terres (et donc la famine), une sérieuse brèche dans les réserves des ressources naturelles, et un accroissement de la pollution, ultime déterminant induisant une augmentation de la mortalité par diminution des denrées alimentaires. La crise intervient vers 2040.

La question

La question est: "*est-il préférable de tenter de vivre en deçà de la limite en acceptant un frein à la croissance ou bien doit-on poursuivre cette croissance jusqu'à ce qu'une nouvelle limite soit en vue avec l'espoir qu'un nouveau bond technologique permette alors de sauter ce nouvel obstacle?*"

La conclusion générale de Meadows, compte tenu des simulations qui précède, est que, si le système actuel n'est pas modifié ou si nous n'apportons que des solutions purement techniques aux problèmes qui se posent, le comportement fondamental de l'écosystème mondial est défini par une croissance exponentielle de la population et des investissements, suivi d'un effondrement.

Meadows estime avoir démontré que les espoirs des fervents de la technologie reposent sur leur croyance en des capacités à faire disparaître les limites à la croissance démographique et économique.

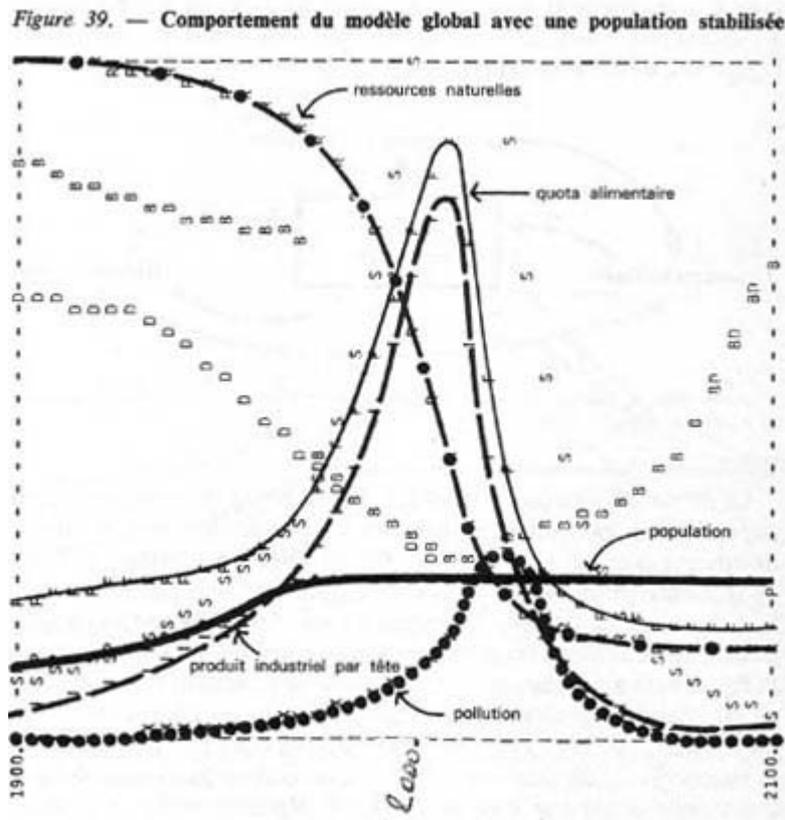
Dis autrement, les tentatives pour résoudre par la technologie des problèmes tels que l'épuisement des ressources, la pollution ou la pénurie alimentaire n'ont aucune incidence sur l'essence même du problème: la croissance exponentielle dans un système complexe et fermé.

Mais comment obtenir l'équilibre global?

L'état d'équilibre global

Pour les hypothèses qui suivent, Meadows repart du modèle global de la fig 31.

Il envisage d'abord que la population mondiale est stabilisée au 4 milliards d'habitants de 1975, par une égalité des taux de mortalité et de natalité, les autres éléments restants identiques à ceux du "comportement du modèle global"



Les hypothèses retenues ici sont celles de la figure 31 sauf une: à partir de 1975 la population est stabilisée à 4 milliards.

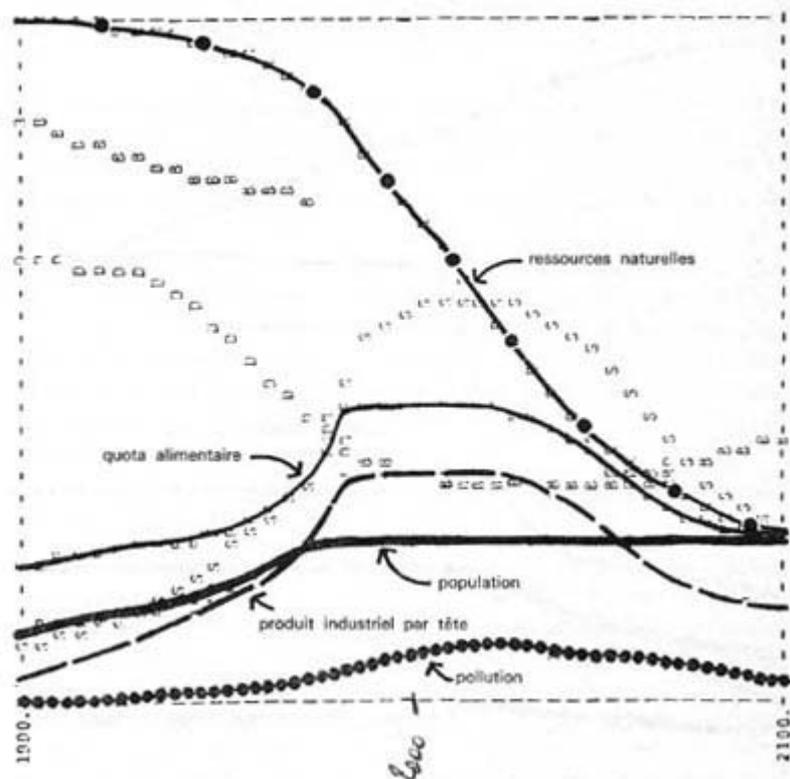
La boucle positive du système population-capital reste libre de toute contrainte et entraîne la croissance du capital industriel

Ceci entraîne une croissance exponentielle par tête du produit industriel, de l'alimentation et des services. C'est l'épuisement des ressources naturelles qui provoquera un effondrement brutal de l'industrie, et donc du "niveau de vie", vers 2030

... stabiliser uniquement la population ne suffit donc pas à empêcher l'effondrement;

il faut rajouter une stabilisation de l'accroissement exponentiel de la production

Figure 40. — Comportement du modèle global avec capital et population stabilisés



Dans ce modèle, la politique de stabilisation de la population est maintenue dès 1975 à 4 milliards comme dans l'hypothèse de la fig 39, mais en plus le capital productif est stabilisé en 1985

La croissance exponentielle est néanmoins stoppée mais après une période relativement stable on voit apparaître un épuisement rapide des ressources naturelles qui a pour conséquence une diminution de la production industrielle, car aucune décision relative au recyclage des ressources naturelles n'a été prise.

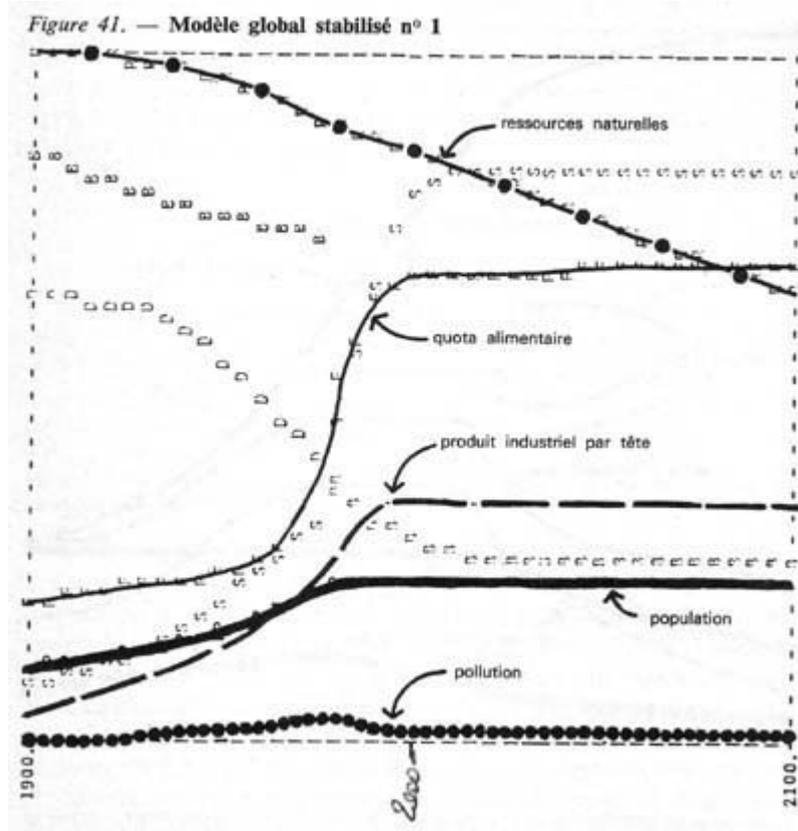
Au fur et à mesure de l'épuisement des ressources la production décroît. Bien que le capital soit maintenu à un niveau constant, son rendement baisse puisque une fraction de plus en plus grande doit être consacré à l'obtention de nouvelles ressources plutôt à la production de biens d'équipement ou de consommation.

Néanmoins, le "crash" est reporté beaucoup plus tard...

A ce stade de son étude, l'équipe Meadows pose la question "quelles hypothèses devons-nous formuler pour obtenir simultanément un niveau de vie décent et une stabilité plus grande que dans le cas précédent de la figure 40?"

La réponse consiste à combiner les changements de technologie avec des changements de valeur, afin de réduire les tendances à la croissance à l'intérieur du système.

Il propose deux modèles stabilisés: regardons le premier, c'est suffisant...:



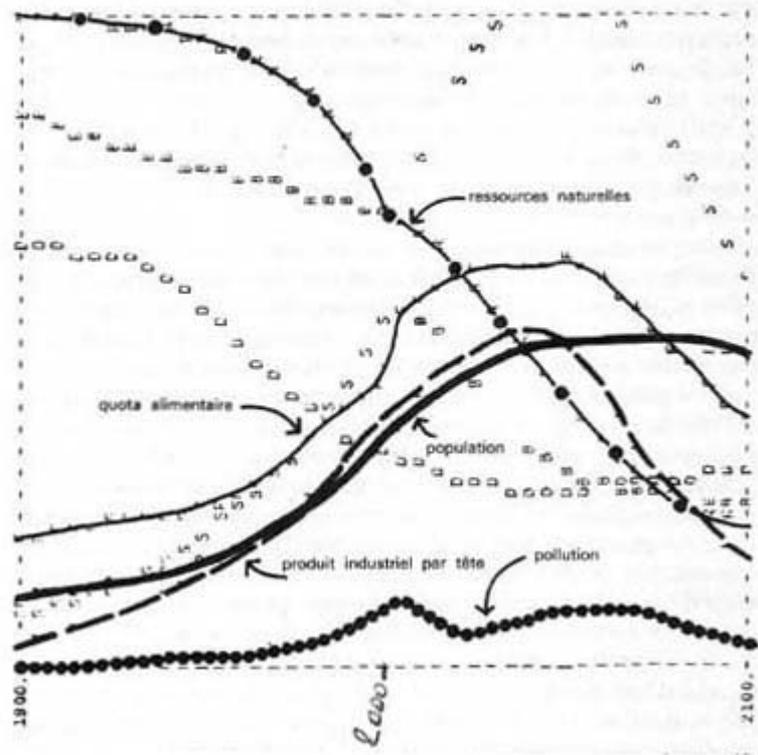
Dans ce modèle on trouve, stabilisé sur le long terme:

- la population de 4 milliards,
- le recyclage des ressources naturelles,
- la diminution de la pollution à des valeurs inférieures au quart celles de 1970,
- les investissements aux valeurs estimées probables en 1990 (après une croissance "naturelle"), équivalents à 3 fois la moyenne mondiale de 1970
- une réduction de 75% des consommations de matières premières
- l'accroissement de la durée de vie de toutes les formes de capital (durabilité des productions)
- la reconstitution des sols
- le choix "politique" d'augmenter la production alimentaire et les services, au détriment de la production industrielle, sans tenir spécialement compte de la "rentabilité"

La ration alimentaire est le double de celle de 1970, l'espérance de vie dans le monde est proche de 70 ans, les services atteignent 3 fois le niveau de cette époque, le revenu total moyen par tête est de l'ordre de 1800 dollars (dollars de 1970), soit environ le revenu moyen européen de 1970

Dans le modèle précédent la mise en application des mesures est prévue dès 1975 ... mais que se passerait-il si cette application était reportée en l'an 2000, se demande Meadows ?

Figure 43. — Modèle global avec des mesures de stabilisation prises en 2000



Pendant les 25 ans d'hésitation, entre 1975 et 2000, l'humanité a consommé l'équivalent de 125 ans en ressources naturelles, et plus de 2 milliards d'individus supplémentaires frappent à la porte de la consommation.

Le niveau de population et du capital industriel atteignent des valeurs suffisamment élevées pour entraîner, avant 2100, une pénurie de nourriture et de ressources naturelles .

L'état d'équilibre ne peut être maintenu si la population n'est pas volontairement réduite...

NOTES:

(*) Les tableaux et les citations sont extraits de la seconde partie "Rapport Meadows", paru en anglais sous le titre "THE LIMITS TO GROWTH", du livre "Halte à la croissance ?" (Ecologie - Fayard - 2^e T 1972)

(**) L'empreinte écologique est une mesure de la pression qu'exerce l'homme sur la nature. C'est un outil qui évalue la surface productive nécessaire à une population pour répondre à sa consommation de ressources et à ses besoins d'absorption de déchets. A l'échelle d'une personne, l'empreinte écologique est une estimation de la superficie nécessaire pour répondre à l'ensemble de vos besoins en ressources naturelles. Cette mesure est exprimée en nombre de planètes, chaque planète représentant la capacité biologique productive totale de la Terre en une année.