



HAL
open science

Le rapport Meadows, 50 ans plus tard, 50 ans trop tard ? [présentation]

Alexandre Gondran

► To cite this version:

Alexandre Gondran. Le rapport Meadows, 50 ans plus tard, 50 ans trop tard ? [présentation]. 24ème congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision, Feb 2023, Rennes (Fance), France. hal-04010564

HAL Id: hal-04010564

<https://hal.science/hal-04010564>

Submitted on 1 Mar 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

Le rapport Meadows, 50 ans plus tard, 50 ans trop tard ?

Alexandre Gondran

`alexandre.gondran@recherche.enac.fr`

École Nationale de l'Aviation Civile - ENAC - Toulouse

Roadef 2023 - Rennes

21 février 2023



- 1 Introduction
- 2 Fonctionnement
- 3 Les scénarios
- 4 Les leçons

1 Introduction

2 Fonctionnement

3 Les scénarios

4 Les leçons

Quelles causes à l'écocide planétaire ?

Les effondrements en cours et à venir étaient prévus depuis longtemps.

Limits to Growth - Rapport Meadows ou du club de Rome - 1972

Donella Meadows, Dennis Meadows, Jørgen Randers et William W. Behrens III
Modèle mathématique World3

- Nécessité de réaliser un diagnostic “rationnel”
 - 1er outil d'aide à la décision informatique pour mener des politiques publiques - identifier les leviers d'actions pertinents
 - Plusieurs récits de l'Anthropocène - [Christophe Bonneuil](#) et Jean-Baptiste Fressoz, *L'Évènement Anthropocène*, Seuil, 2013.
- ⇒ Nécessité de sortir de la pensée en silos

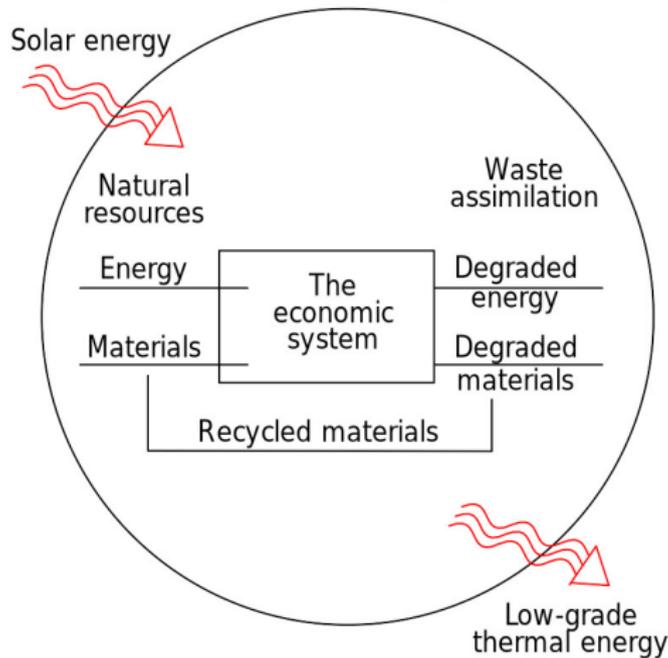
Économie écologique : économie + physique + vivant

Liens entre les humains et leurs environnements

En amont : prélèvement de matériaux et d'énergie

En aval : rejet de déchets, de pollution

The Earth's biosphere



Source : COI wikipedia

Limits to Growth - Rapport Meadows - 1972

Donella Meadows, Dennis Meadows, Jørgen Randers et William W. Behrens III

Modèle World3

Contexte

- Kenneth Boulding - *"The economics of the coming spaceship earth"*, 1966.
- N. Georgescu-Roegen - *"The Entropy Law and the Economic Process"*, 1971.
- H. Daly - *"On economics as a life science"*, 1968 - *"Steady-state economy"*, 1977.
- Jay Forrester - 1971 - World2 - Club de Rome

Objectif - Un modèle répond à une question posée

Est-ce que la croissance démographique et économique atteindra des limites avant la fin du XXI^e siècle ?

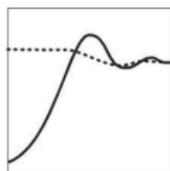
Allons-nous un jour manquer de ressources ?

Face aux risques d'effondrement écologique, quelques ajustements suffiront-ils à les éviter ? Ou faut-il un changement radical du système ?

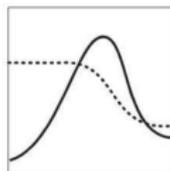
Limites et frontières planétaires

Empreinte écologique et biocapacité

- Limites : non franchissable - ex.: ressources non renouvelables
- Frontières : franchissable - ex.: CO_2 , empreinte écologique



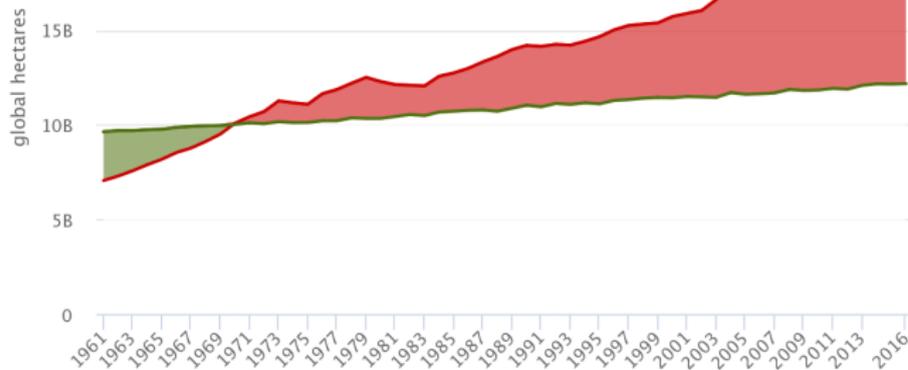
c) Dépassement et oscillation



d) Dépassement et effondrement

Source : Meadows et al., 1972

World



— Ecological Footprint — Biocapacity ● Ecological Reserve ● Ecological Deficit

1 Introduction

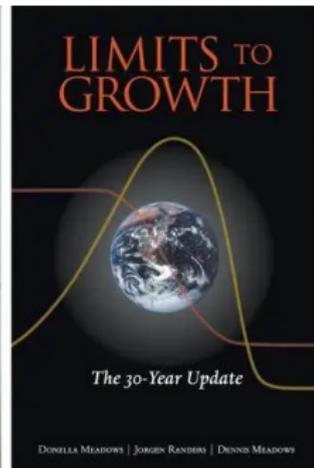
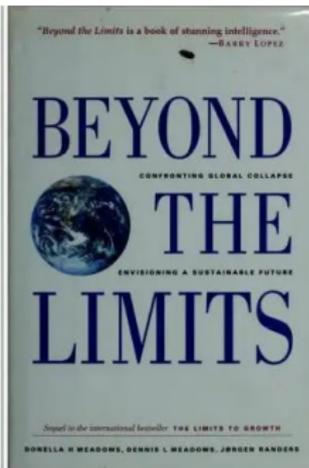
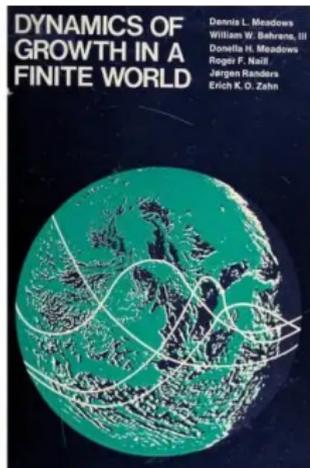
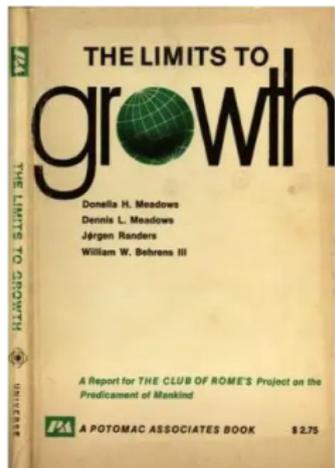
2 Fonctionnement

3 Les scénarios

4 Les leçons

Fonctionnement de World3

1972, 1974, 1992 & 2004



Recoder par un étudiant de l'ENAC : Julien Legavre ([myWorld3](#))
Nombreuses implémentations : [pyWorld3](#) (Charles Vanwysberghe),
[Pydynamo](#) (Achille Baucher), [WorldDynamics.jl](#) (Emanuele Natale et al.)...

Fonctionnement de World3

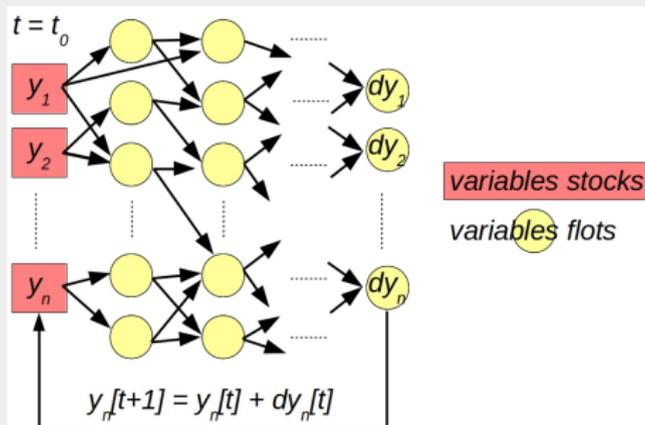
Systèmes dynamiques : résolution d'une équation différentielle

$$\frac{\partial y}{\partial t}(t) = f(y, t)$$

$$\xRightarrow{\text{Euler}} y[t + 1] = y[t] + f(y[t], t) \times \Delta t$$

Représentation de la fonction f par un graphe

Graphe stock-flot, graphe acyclique, conditions initiales des stocks



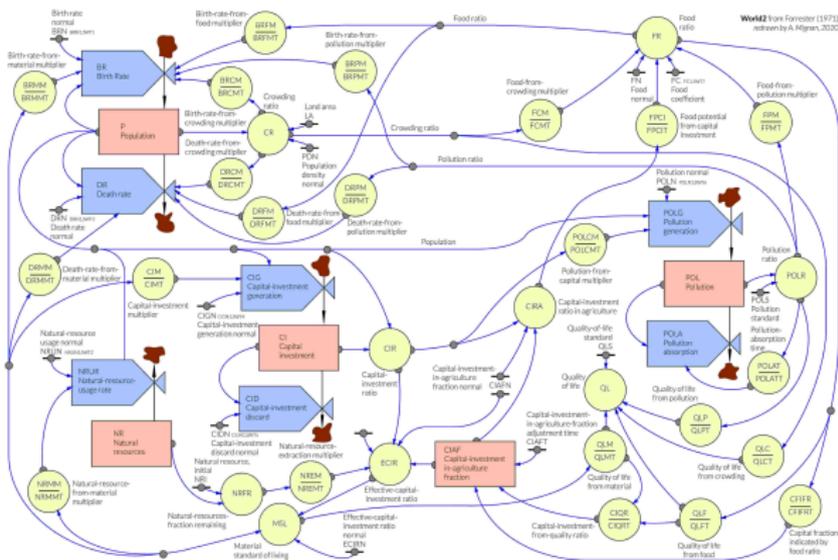
Fonctionnement de World3

Systèmes dynamiques : résolution d'une équation différentielle

$$\frac{dy}{dt}(t) = f(y, t)$$

$$\xRightarrow{\text{Euler}} y[t + 1] = y[t] + f(y[t], t) \times \Delta t$$

Modèle World2 [Forrester, 1971]



Source : image d'après Forrester, 1971



World3 - Hypothèses, choix de modélisation

- ~ 150 équations non linéaires (sommets)

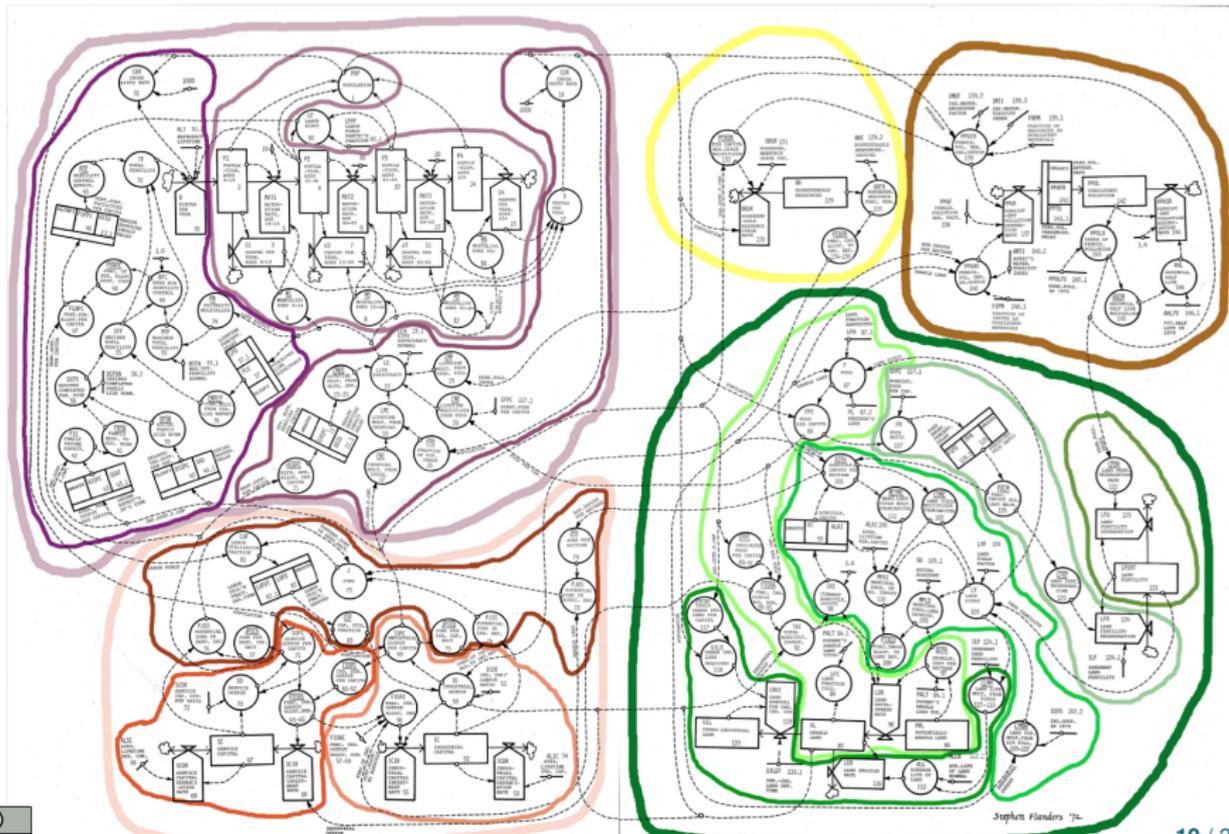


Figure 1-1 DYNAMOdiagram of the world model

Quelques forces

- Calibration du modèle de 1900 à 1970 sur données empiriques
- Modèle quantifié mais à but qualitatif

Quelques faiblaisses

- Calibration du modèle de 1900 à 1970 sur données empiriques
- ⇒ Comment introduire une politique complètement différente ?
- L'humanité est considérée homogène et égalitaire : absence d'inégalités, de domination, de colonialisme, d'exploitation... Développement économique bénéfique à toute l'humanité
 - Liens de corrélation transformés en causalité

Liens de corrélation transformés en causalité

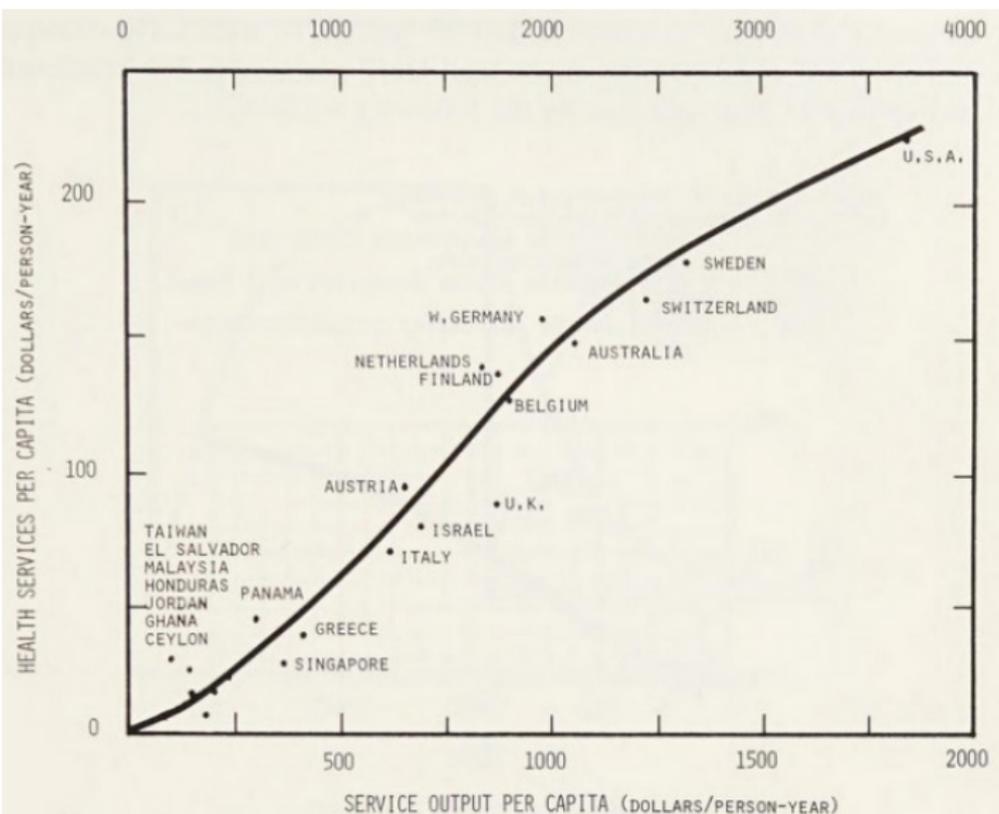


Figure 2-30 Health expenditures per capita versus service output per capita
Source: WHO 1971.

Source: Meadows et al., 1974

Liens de corrélation transformés en causalité

```
HSAPC.K=TABHL(HSAPCT,SOPC.K,0,2000,250)      21, A
HSAPCT=0/20/50/95/140/175/200/220/230      21.1, T
HSAPC - HEALTH SERVICES ALLOCATIONS PER CAPITA
        (DOLLARS/PERSON-YEAR)
TABHL - A FUNCTION WITH VALUES SPECIFIED BY A TABLE
HSAPCT - HSAPC TABLE
SOPC - SERVICE OUTPUT PER CAPITA (DOLLARS/PERSON-
        YEAR)
```

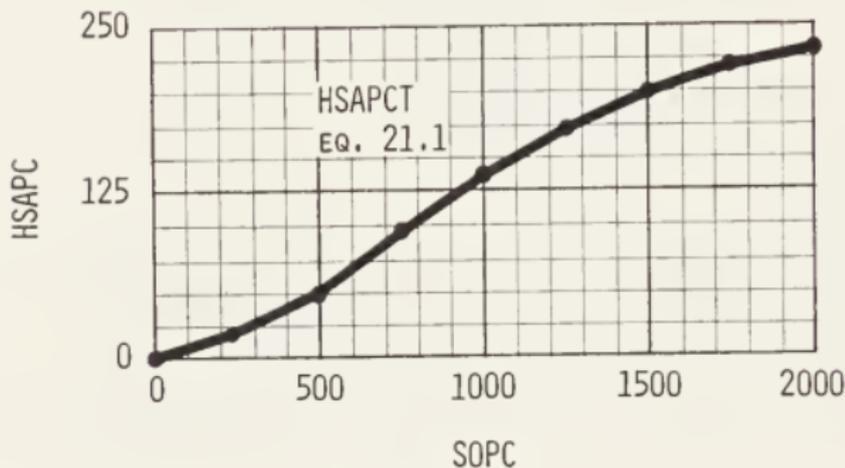


Figure 2-31 Health services allocations per capita table

1 Introduction

2 Fonctionnement

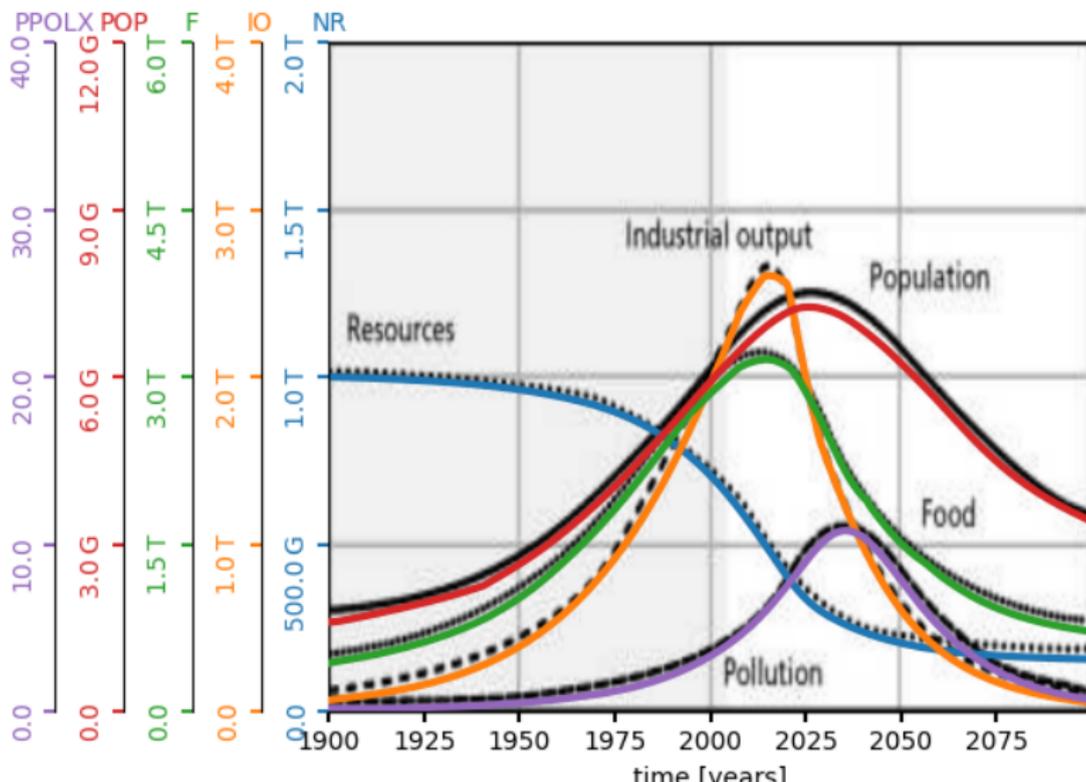
3 Les scénarios

4 Les leçons

Scénario 1 : Business As Usual

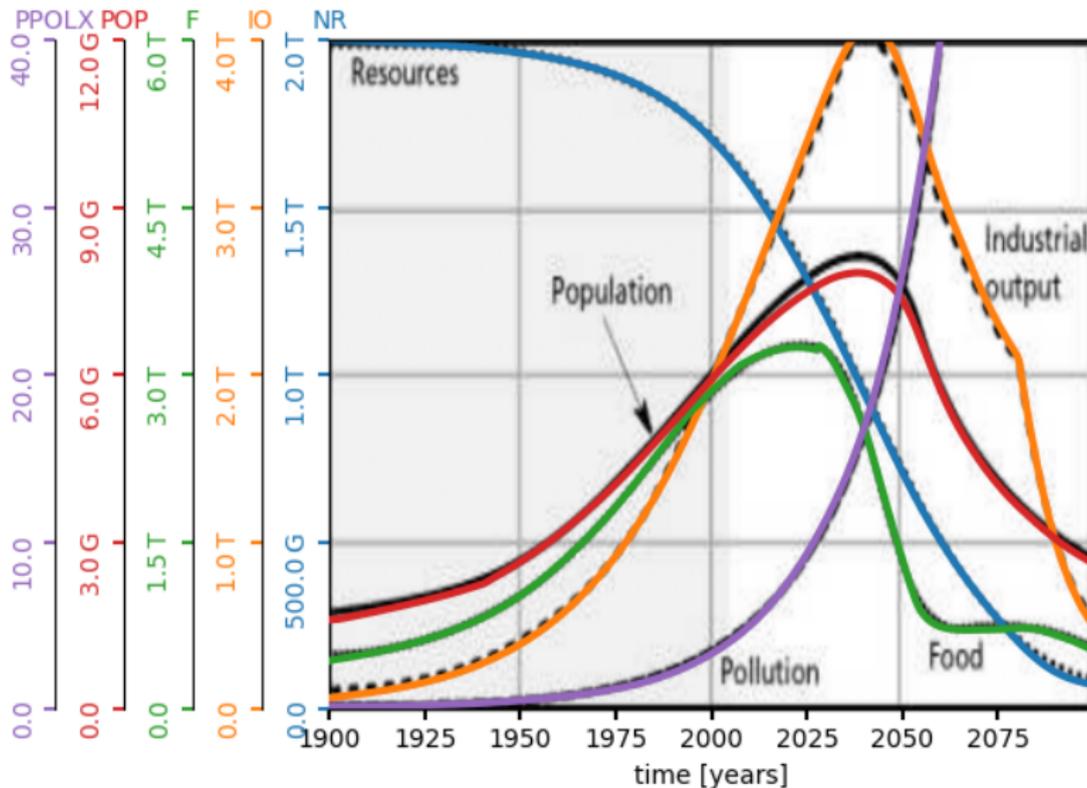
Calibration 1900-1970: validations empiriques 1970-2000 [Turner, G. A comparison of The Limits to Growth with 30 years of reality, Global Environmental Change, 2008]

World3 Scenario 1 State Of The World



Scénario 2 : Business As Usual + Doublement des ressources

World3 Scenario 2 State Of The World

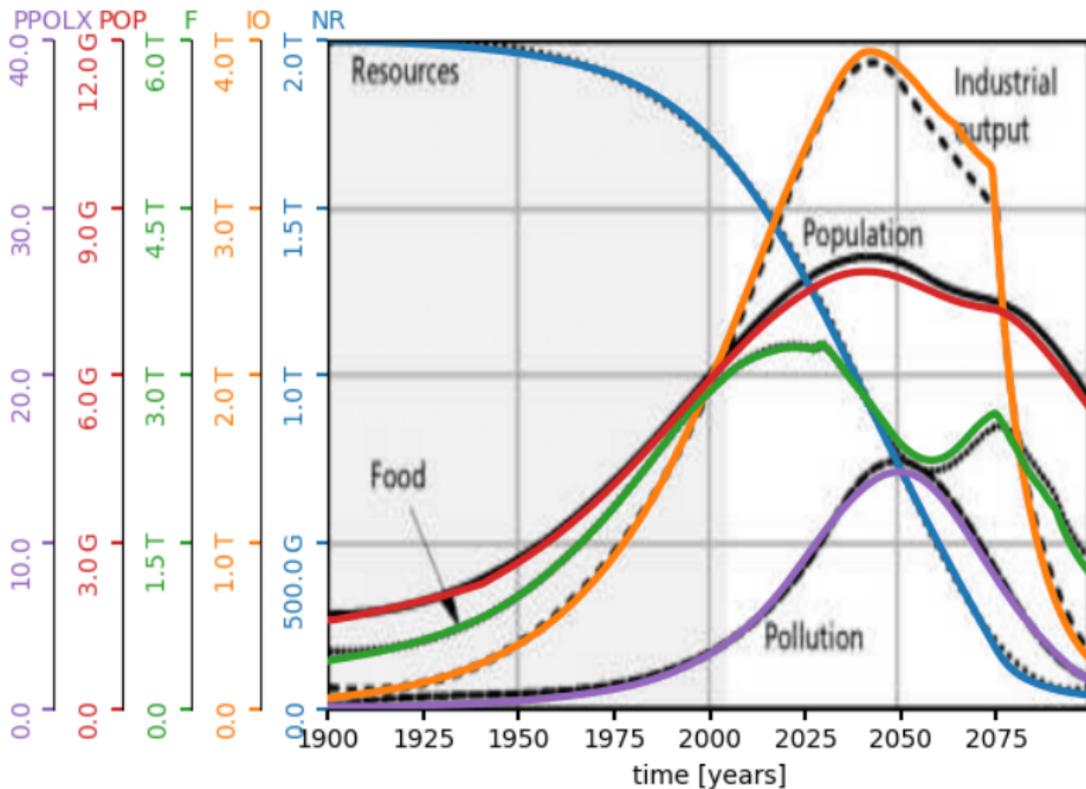


Source : image fond : Meadows et al., 2002; couleurs : myWorld3

Scénario 3 : scénario 2 + technique de contrôle de la pollution (2002)

mise en œuvre en 20 ans, jusqu'à 4%/an de dépollution et ↗ coût financier

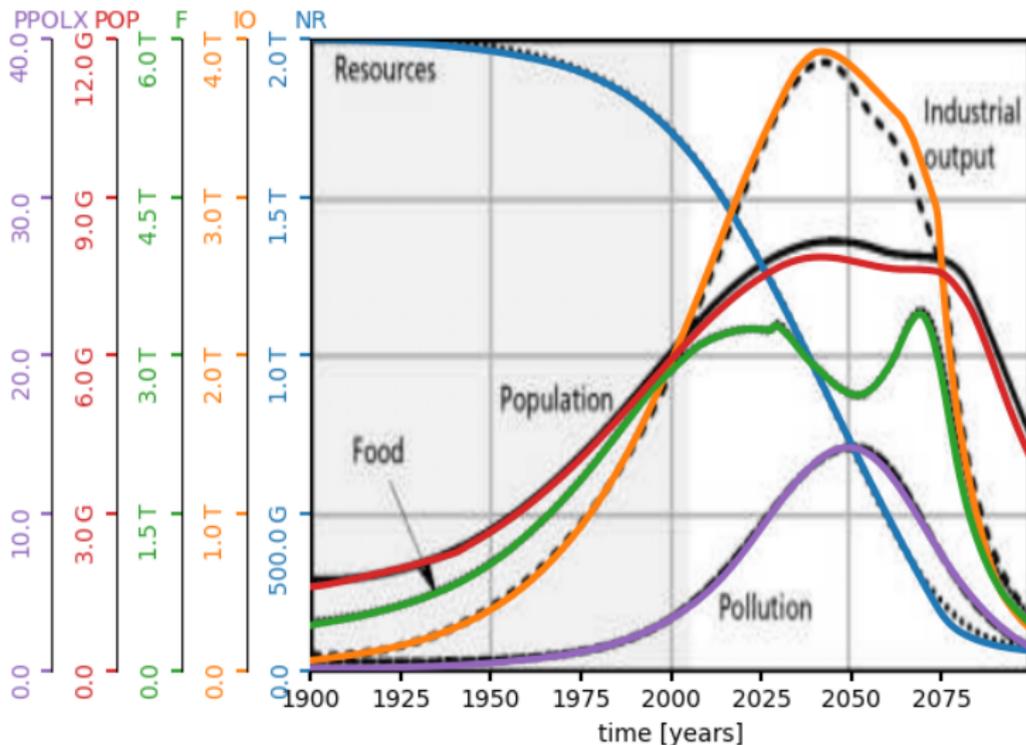
World3 Scenario 3 State Of The World



Scénario 4 : scénario 3 + amélioration des rendements agricoles (2002)

mise en œuvre en 20 ans, jusqu'à 4%/an d'augmentation des rendements et ↗ coût financier

World3 Scenario 4 State Of The World

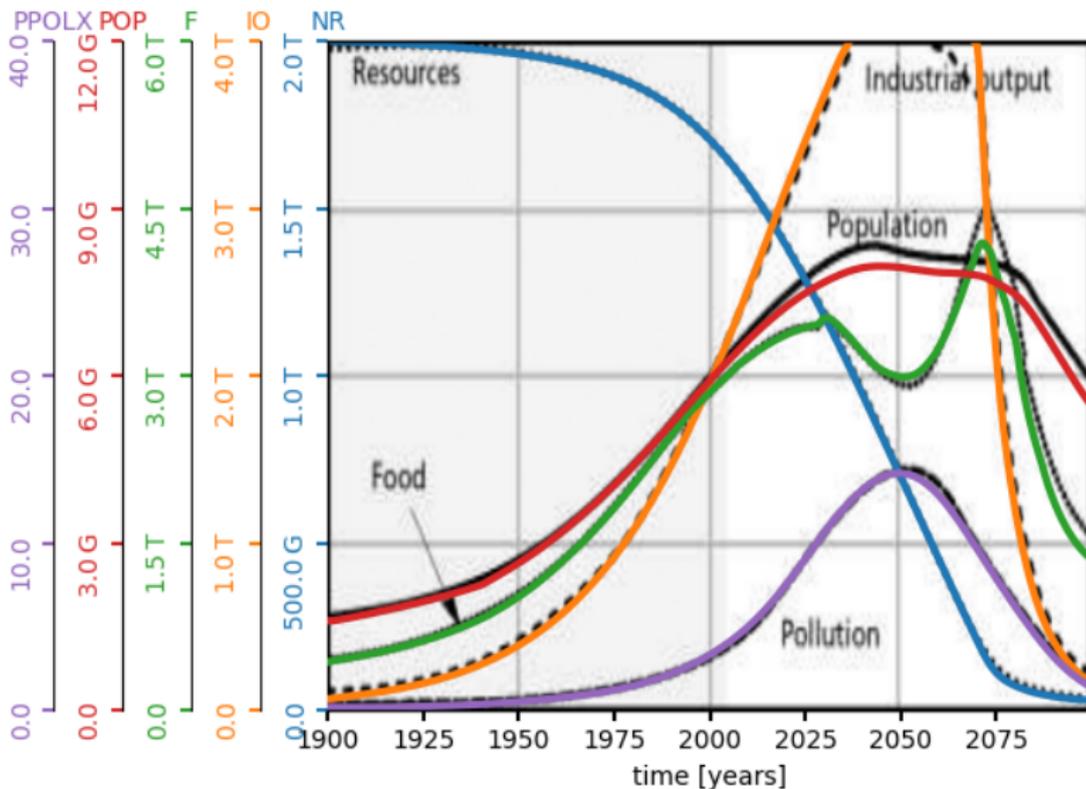


Source : image fond : Meadows et al., 2002; couleurs : myWorld3

Scénario 5 : scénario 4 + protection contre l'érosion des sols (2002)

coût financier →

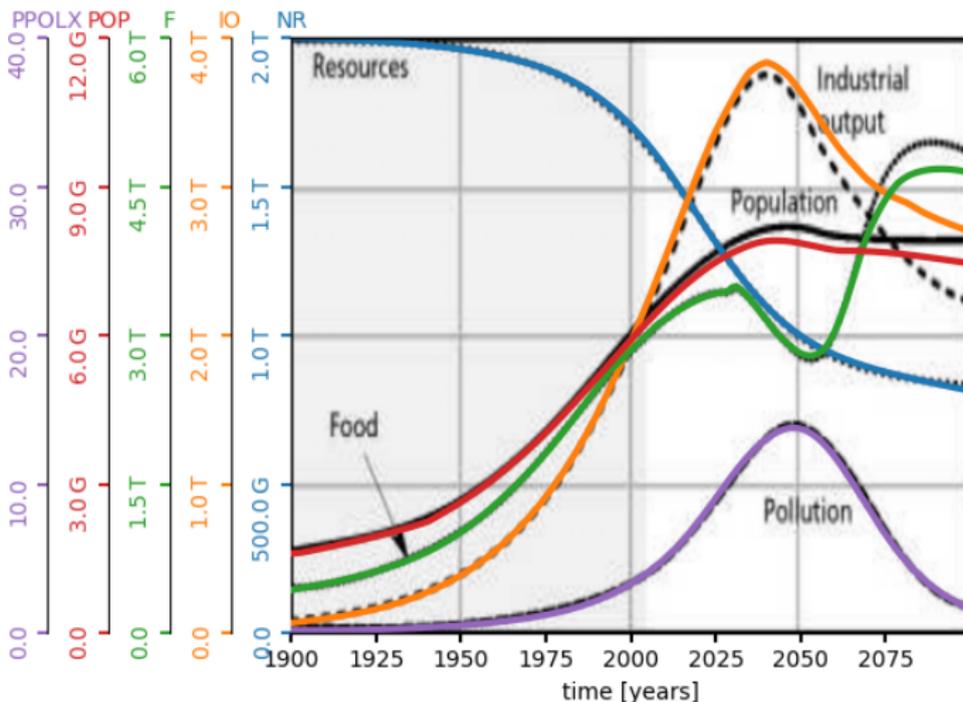
World3 Scenario 5 State Of The World



Scénario 6 : scénario 5 + technologie permettant l'utilisation efficiente des ressources (2002)

mise en œuvre en 20 ans, jusqu'à 4%/an de réduction des quantités de ressources et ↗ coût financier

World3 Scenario 6 State Of The World



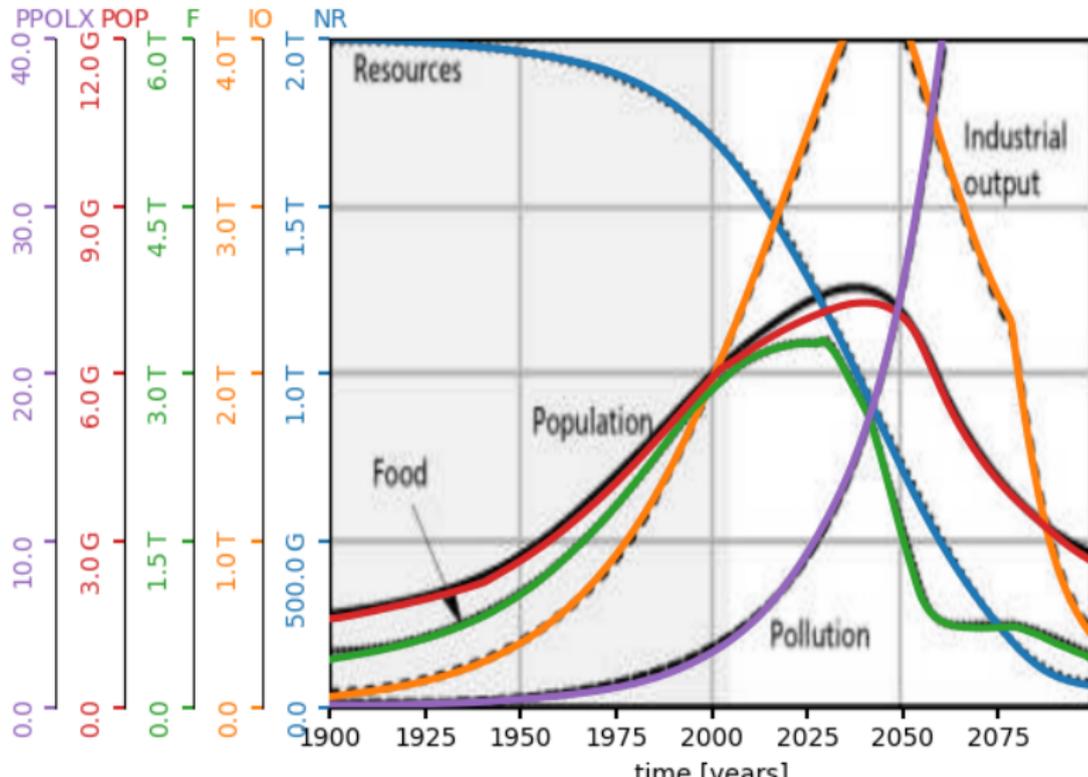
source : image fond : Meadows et al., 2002; couleurs : myWorld3

- Les technologies “utiles” ne font que repousser temporellement l’effondrement,
- ... mais la chute n’est que plus haut.
- Les petits ajustements ne suffisent pas il faut un changement radical du système.

Scénario 7 : scénario 2 + stabilisation de la population en 2002

2 enfants par famille en moyenne, 100% d'efficacité du contrôle des naissances

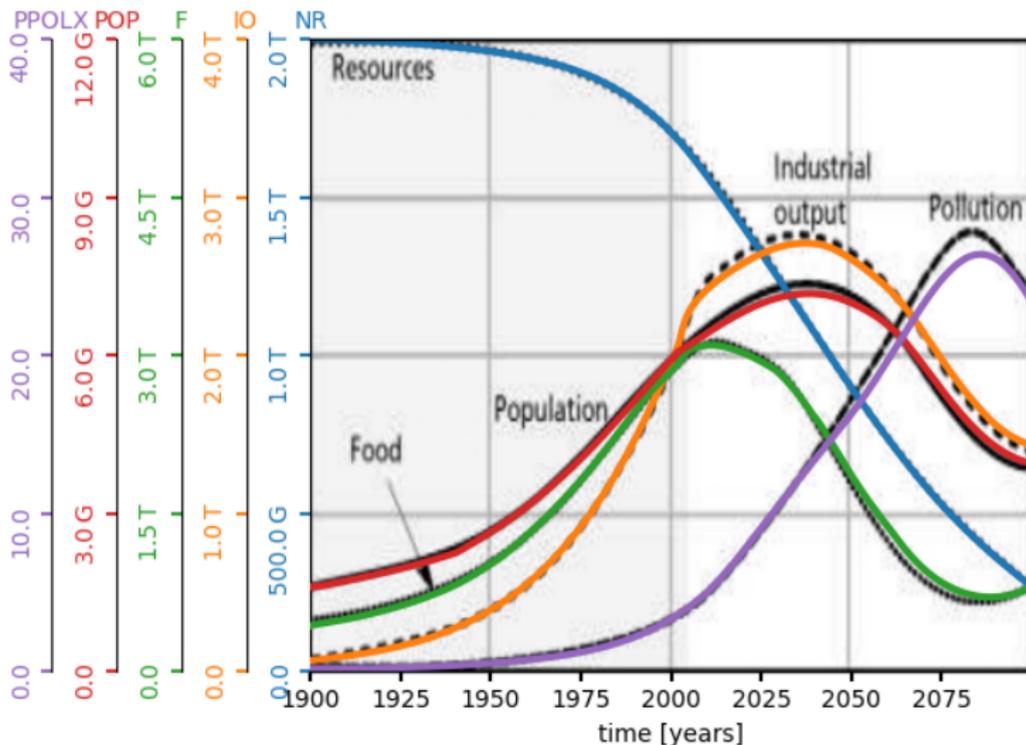
World3 Scenario 7 State Of The World



Scénario 8 : scénario 7 + stabilisation de sa production industrielle par habitant (2002)

production industrielle par habitant : 10% de + que la moyenne de 2000

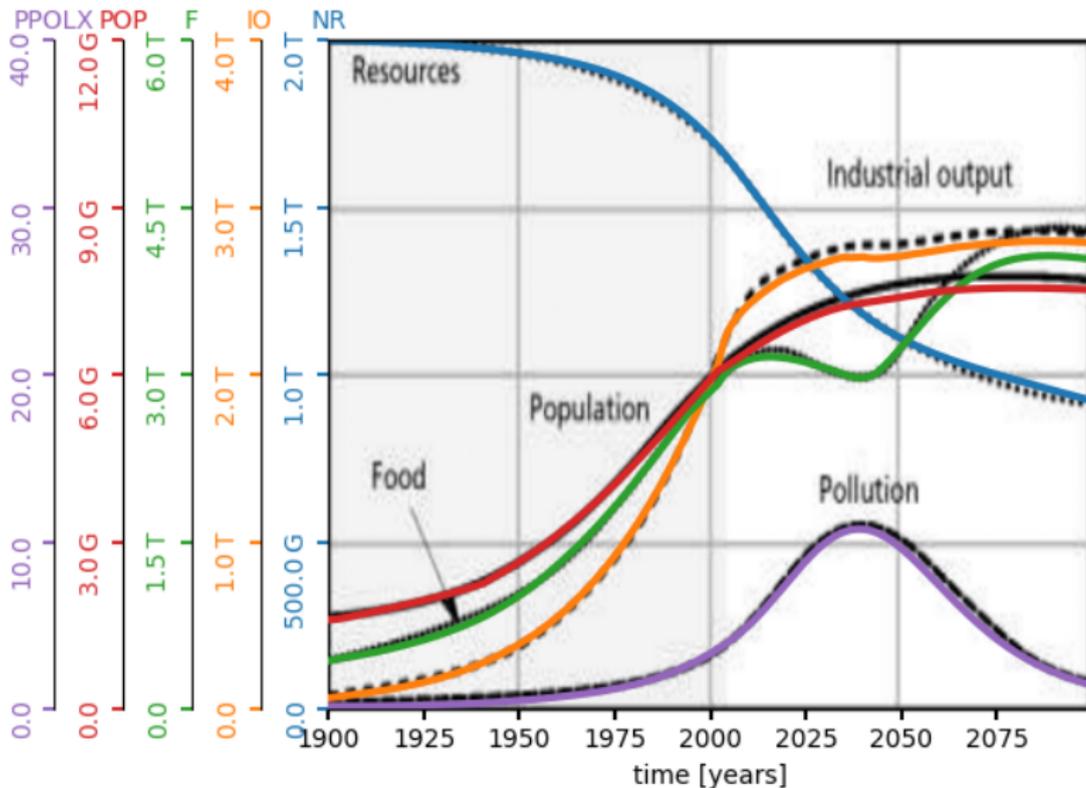
World3 Scenario 8 State Of The World



source : image fond : Meadows et al., 2002; couleurs : myWorld3

Scénario 9 : scénario 8 + toutes les technologies du scénario 6 (2002)

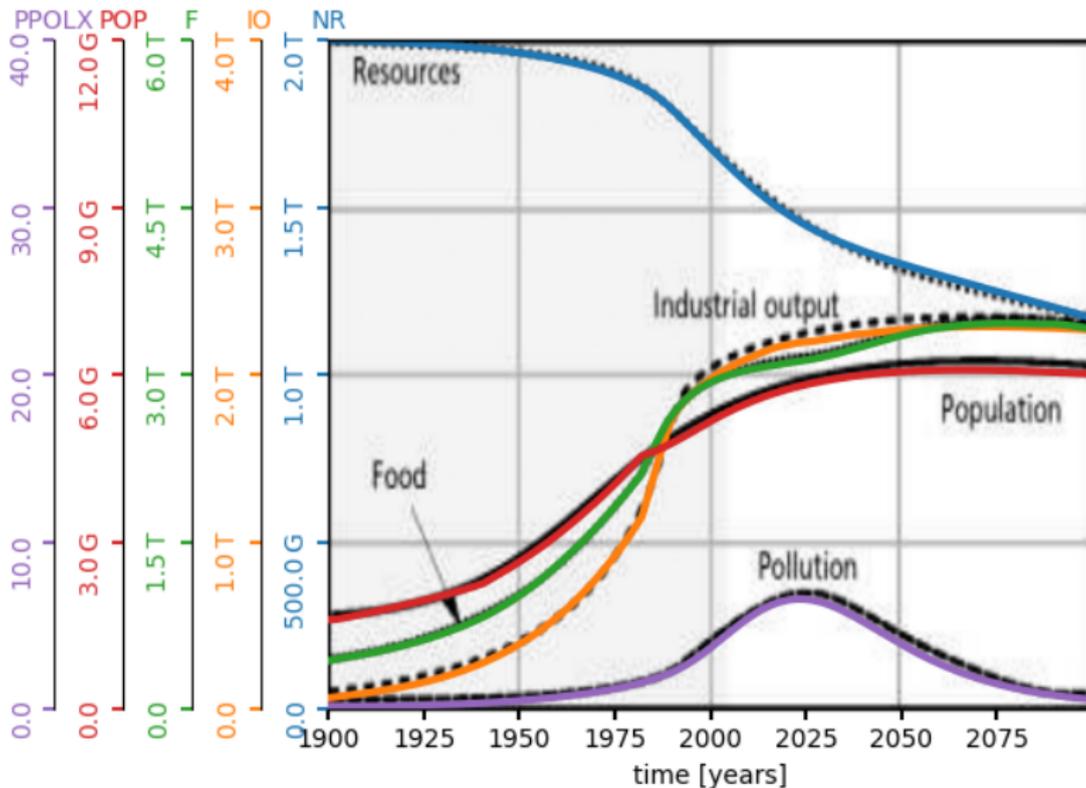
World3 Scenario 9 State Of The World



Source : image fond : Meadows et al., 2002; couleurs : myWorld3

Scénario 10 : scénario 9 mais 20 ans plus tôt (1982)

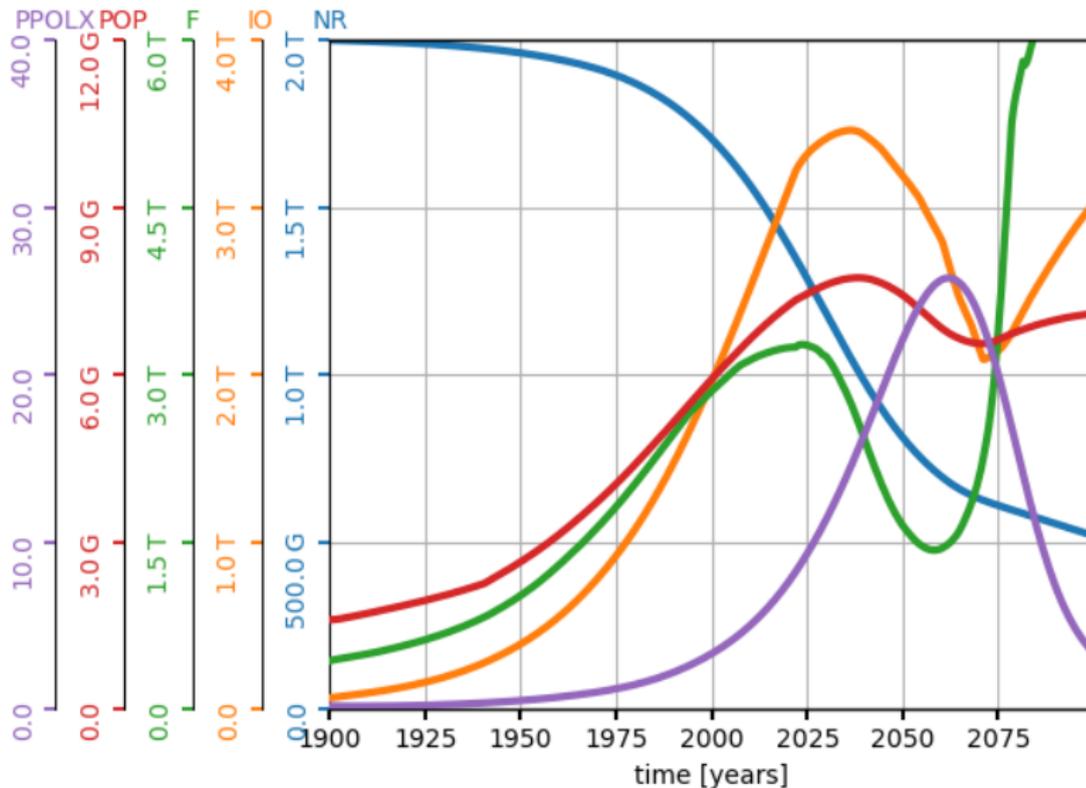
World3 Scenario 10 State Of The World



Source : image fond : Meadows et al., 2002; couleurs : myWorld3

Scénario 10bis (maison) : scénario 9 mais 20 ans plus tard (2022)

World3 Scenario 11 State Of The World



1 Introduction

2 Fonctionnement

3 Les scénarios

4 Les leçons

Conclusions

- Les solutions techniques ... aggravent la situation écologique s'il n'y a pas de changement radical de société.
- Dans une société capitaliste (du toujours plus), la technologie ne résout pas les problèmes mais les amplifie.
- Pour être efficace et retourner dans les limites écologiques, il faut être à usage constant (ou décroissant)

Conclusion de René Dumont sur le rapport du club de Rome, dans "L'utopie ou la mort", 1974 : *Pour la première fois de l'histoire, **les plus intelligents des représentants du capitalisme avouent publiquement qu'ils nous mènent à une toute proche catastrophe** : il nous faut donc chercher comment sortir vite du système. Car jamais une société humaine n'a perdu, au même point que la nôtre, le contrôle de sa démographie, de sa technologie, de son modèle de consommation.*

Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques en 1992 (CCNUCC)

article 3 (principes) section 4 et 5

[...], le développement économique étant indispensable pour adopter des mesures destinées à faire face aux changements climatiques.

*Il appartient aux Parties de travailler de concert à un système économique international qui soit porteur et ouvert et qui mène à une **croissance économique** et à un développement durables de toutes les Parties. [...] Il convient d'éviter que les mesures prises pour lutter contre les changements climatiques [...] constituent un moyen d'imposer des **discriminations arbitraires ou injustifiables sur le plan du commerce international, ou des entraves déguisées à ce commerce.***

Tous les scénarios du GIEC supposent une croissance économique, c'est une donnée d'entrée des modèles économiques. [[SSP Database](#)]

- La croissance économique est une donnée d'entrée des modèles
- La croissance est un objectif supérieur à l'évitement de l'écocide planétaire

... et portant

nature

COMMENT | 12 December 2022

**Degrowth can work —
here's how science can help**

Jason Hickel, Giorgos Kallis, Tim Jackson, Daniel W. O'Neill, Juliet B. Schor,
Julia K. Steinberger, Peter A. Victor & Diana Ürge-Vorsatz

Wealthy countries can create prosperity while using less materials and energy if they abandon economic growth as an objective.

L'innovation, c'est la décroissance

Éviter l'ingérable et gérer l'inévitable [John Holdren, 2007]

Changer d'objectif : problème d'optimisation multi-objectifs

{ *Max. nos besoins sociaux*
 sc. respecter les limites planétaires

Modèles incluant des politiques de décroissance : **LowGrow SFC**, **MEDEAS**, **EUROGREEN**



Source : <https://goodlife.leeds.ac.uk>

[Kate Raworth, *Doughnut economics*, 2017]

quelques références :

■ Général

- Ali Douai et Gaël Plumecocq, *L'économie écologique*, 2017, La découverte.
- Aurélien Boutaud et Natacha Gondran, *Les limites planétaires*, 2020 et *L'empreinte écologique*, 2018, La découverte.
- Antonin Pottier, *Le capitalisme est-il compatible avec les limites écologiques ?*, 2017 et sa *thèse* (... lire ses remerciements, p.v).
- François Jarriges, *Technocritiques*, 2016, La Découverte.

■ World3

- Achille Baucher, *Comprendre les dynamiques de l'anthropocène*, 2022 + TP
- Équipe STEEP de l'INRIA Grenoble : *livre FAQ sur le rapport Meadows*, à paraître 2023, bcp d'articles en ligne.
- Mathilde Jochaud du Plessix, *Analyse du modèle World3: sensibilité, dynamique, et pistes d'évolution*, rapport de stage INSA Lyon - thèse en cours au laboratoire STEEP.

■ Décroissance

- Timothée Parrique, *The political economy of degrowth*, PhD, 2019.
- Tim Johnson, *Prospérité sans croissance : la transition vers une économie durable*, 2010, De Boeck-Etopia.