

Mouvement politique des objecteurs de croissance

(mpOC – le mpOC n'est pas un parti politique)

Des diapositives rarement utilisées (2012-2016)

Thèmes :

- Énergie (REEI)
- Énergie fossile
- Énergie renouvelable
- Croissance et PIB
- Empreinte écologique
- Limites, effondrement
- Rapport du club de Rome (Meadows,...)

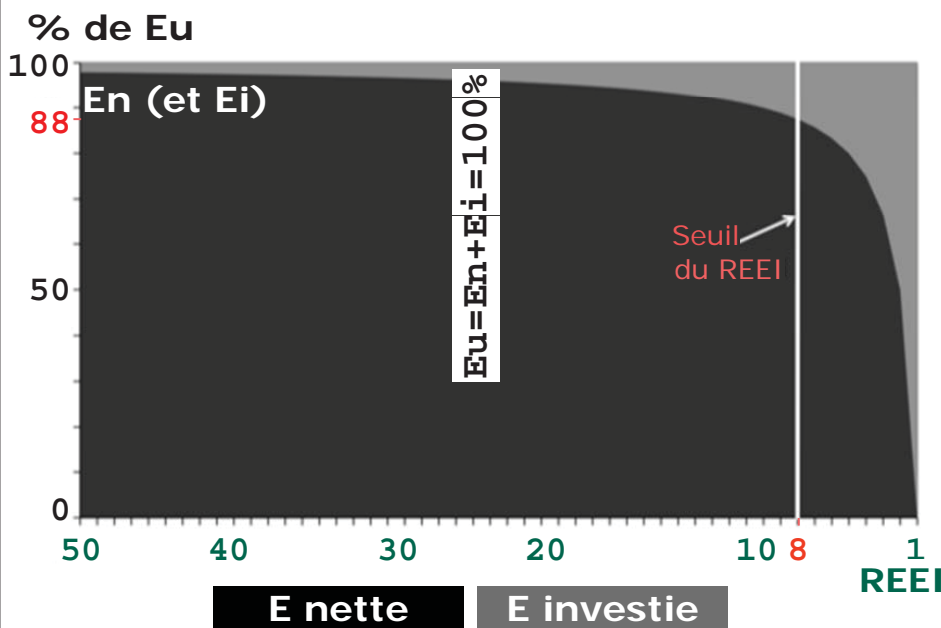
Francis Leboutte
Ingénieur civil, membre du mpOC et de l'ASPO.be
francis.leboutte@algo.be



Libre d'utilisation sous licence Creative Commons BY-ND (paternité, pas de modification)



Seuil du REEI, chute de l'énergie nette

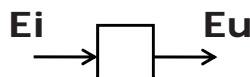


Énergie investie (Ei) pour obtenir 100 barils d'énergie nette (En)

REEI	Ei (baril)
100	1,01
75	1,33
50	2,04
25	4,17
10	11,11
8	14,29
3	50,00
2	100,00
1,5	200,00
1,1	1.000,00
1,01	10.000,00

$$REEI = Eu/Ei$$

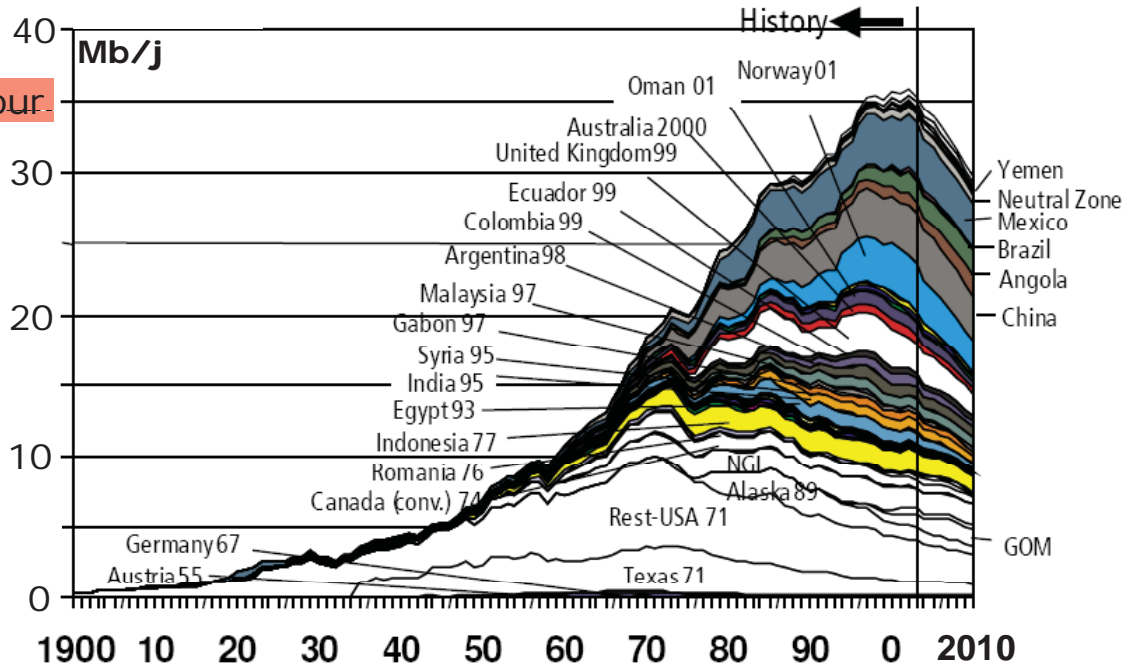
$$En = Eu - Ei$$





2001, pic de production mondiale, sans l'OPEP et la CEI

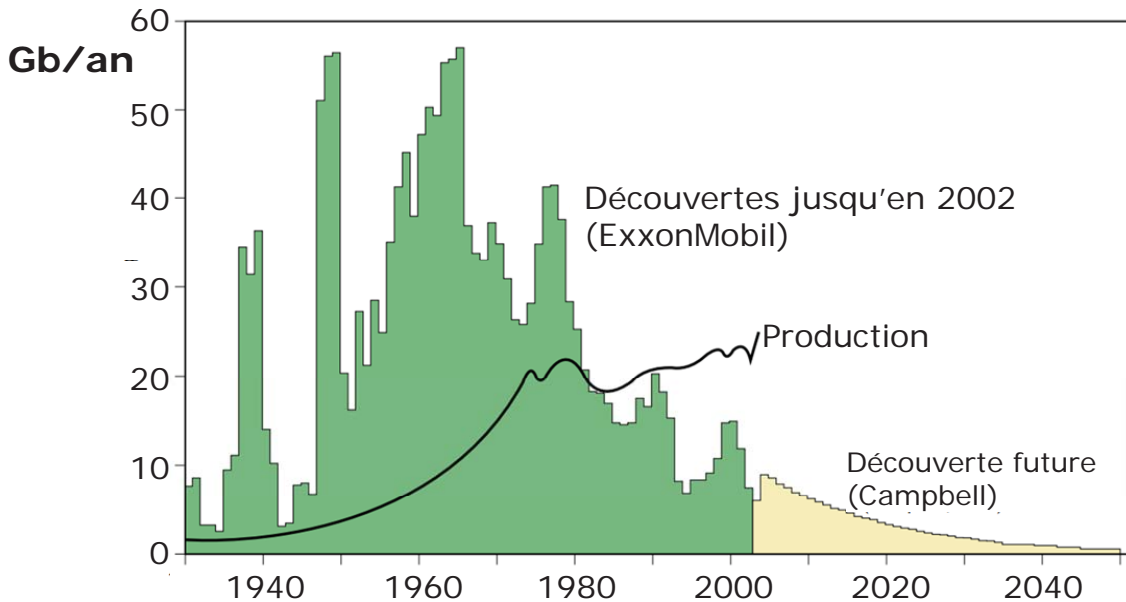
35 Mb/jour



Source: Industry database, 2003 (IHS 2003)
OGJ, 9 Feb 2004 (Jan-Nov 2003)



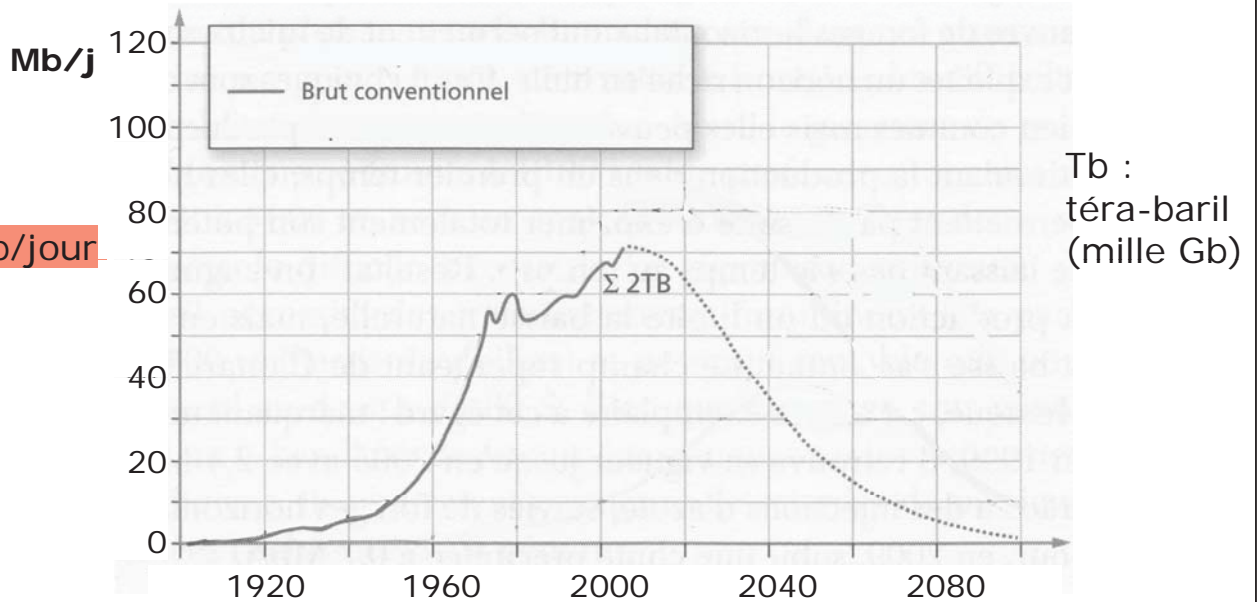
Découvertes et consommation de pétrole conventionnel (monde)



- 1965 : déclin des découvertes.
- 1980 : la consommation égale les découvertes (± 20 Gb).
- À partir de 1980, chaque année :
on puise dans la réserve courante (qui diminue).

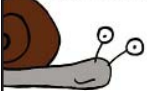


2006 : pic de production mondiale du pétrole conventionnel



- Réserve ultime (grand total) de $\pm 2,2$ Tb.
(téra : billion, mille milliards, 10^{12})
- 2006, année du pic : 70 Mb/j (26 Gb/an ou $130\text{m}^3/\text{s}$)
 - Déjà extrait : $\pm 1,1$ Tb
 - Reste (réserve) : $\pm 1,1$ Tb

Pic : AIE, Energy Outlook - Graphique : adapté de Adolphe Nicolas, Énergies : une pénurie au secours du climat,



Consommation par pays. Équité et dépendance

	Pétrole b/an.h	Pétrole l/j.h	E primaire en lep/j.h
Belgique	24,43	10,64	21,87
USA	23,40	10,19	26,23
France	11,06	4,82	14,13
Allemagne	11,31	4,93	14,09
Europe	9,79	4,27	11,15
Chine	2,07	0,90	5,18
Maroc	2,54	1,11	1,37
Congo Kinshasa	0,06	0,03	0,13
Monde	4,60	2,00	5,87

2008

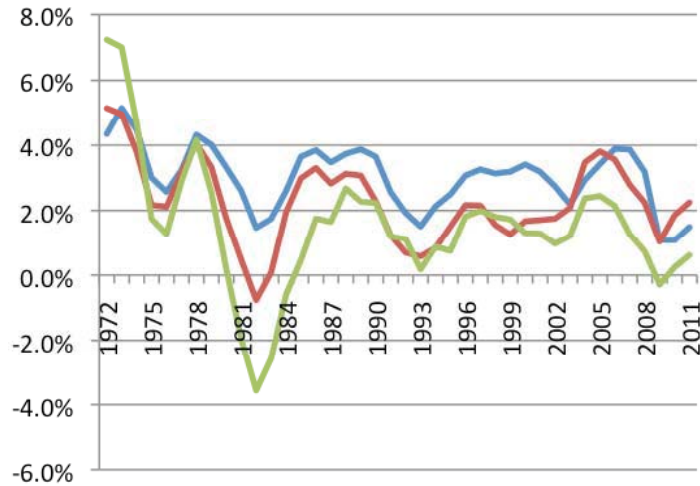
b : baril, h : habitant, L : litre, j : jour,
Lep : litre d'équivalent-pétrole, E : énergie
Europe : avec la Turquie, sans la Russie.

- Énergie primaire commerciale.
- Consommation d'énergie par individu :
de 0 à plus de 500.000 kcal/j (moyenne : ± 50.000 kcal/j)
- Plus de 2 milliards d'h. n'ont que le bois de chauffage comme source d'énergie

Source : U.S. Energy Information Administration (EIA) et U.S. Census Bureau. Compilation : FL



Corrélation PIB et consommation d'énergie

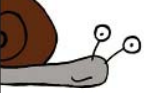


Pétrole, énergie et PIB de 1972 à 2011.

Corrélation positive forte (chocs pétroliers de 1973 et 1979)

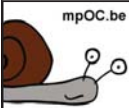
- Sous peu :
 - Chute de la production du pétrole : de 2 à 5%.
 - Réduction des exportations, chute de plus de 5%.
 - Récession annuelle de 2 à 5% ou plus.

Graphique : Gail the Actuary, www.theoil Drum.com



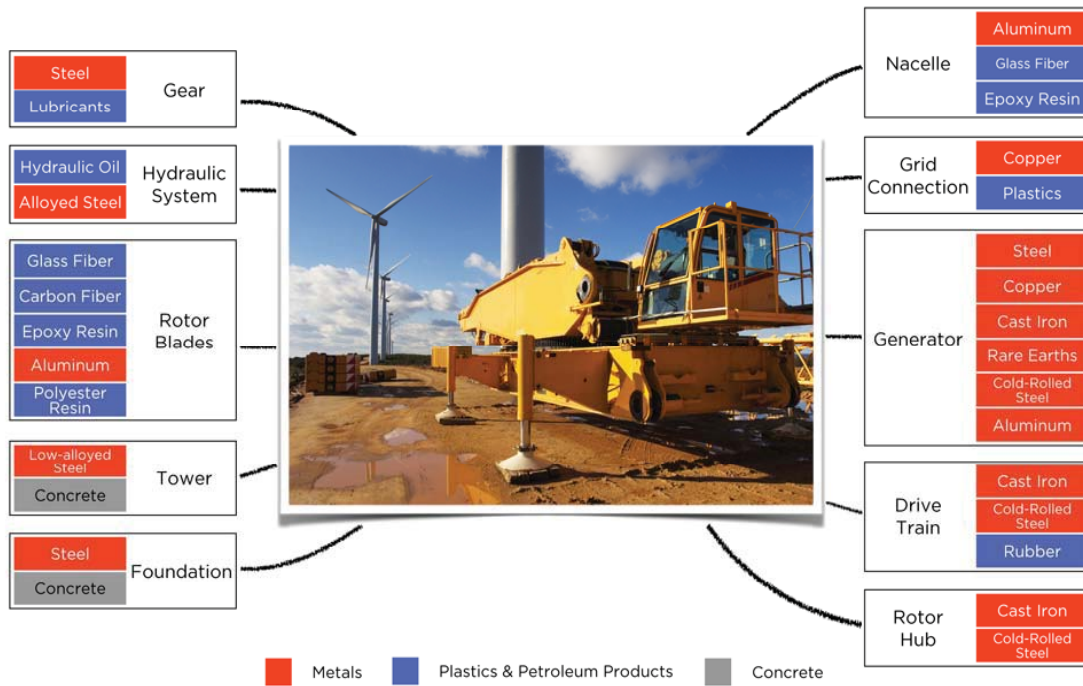
Corrélation PIB et consommation d'énergie

- Corrélation positive entre consommation de pétrole et PIB
- Chocs pétroliers de 1973 et 1979, aux USA :
chute de la consommation de 5 % → chute du PIB de 3 %
- Sous peu :
 - Chute de la production mondiale du pétrole : de 3 à 5%.
 - Chute plus élevée des exportations.
 - Récession annuelle en proportion.



Matériaux pour la fabrication et la mise en service d'une éolienne

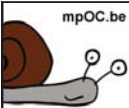
Processus industriel



- Extraction minière et raffinage
- Fabrication et assemblage
- Acquisition du terrain et installation

- Maintenance
- Démontage
- Recyclage éventuel et déchet final

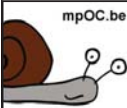
Till Zimmermann, Material Flows Resulting from Large Scale Deployment of Wind Energy in Germany, 2013



Mine de fer de Carajás, nord du Brésil

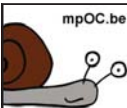


- Destruction de la forêt (mine, décharges, routes, chemin de fer et installation diverses).
- Pollution des eaux au mercure et à d'autres rejets toxiques.
- Déplacement des populations autochtones.

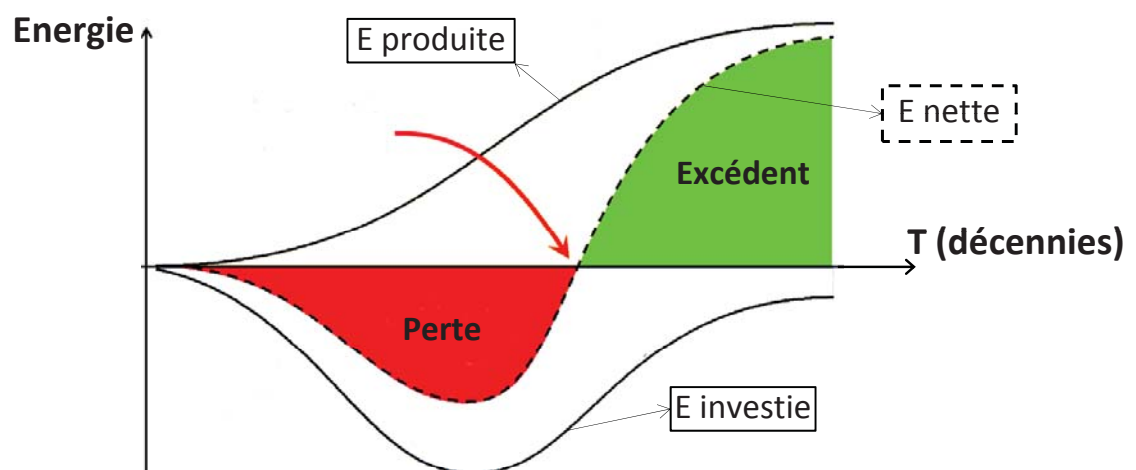


Solaire photovoltaïque (PV)

- REEI faible (moins de 10).
- Coefficient de charge faible (moins de 20 %).
- À la fabrication, génère des GES extrêmement puissants comme le trifluorure d'azote – NF₃ (PRG : 17.200 - Durée de vie : 700 ans).
- Durée de vie d'un panneau solaire PV : 25 ans.
- Recyclage...



Dynamique de la production d'un nouveau système énergétique



Actuellement, l'« auto-consommation » du système énergétique (*cannibalisme énergétique*) est de

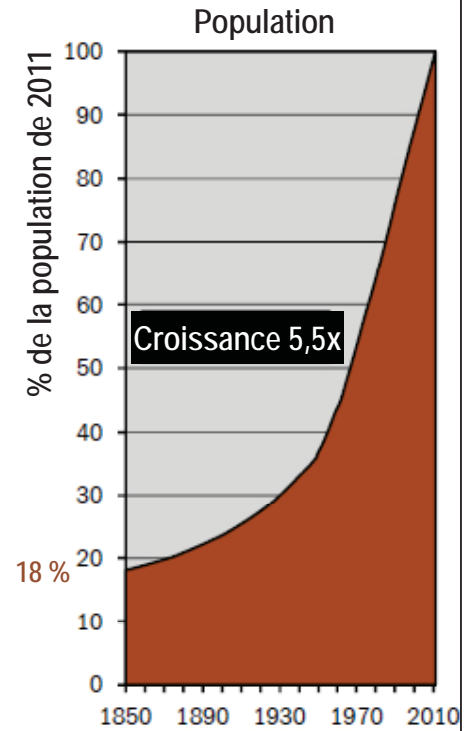
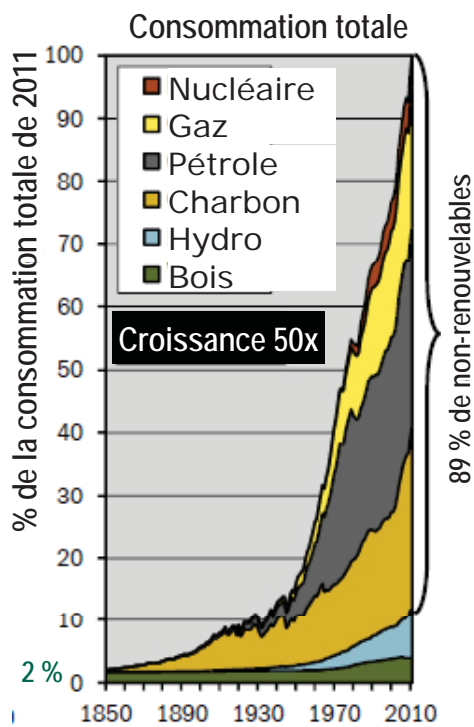
- 90 % pour le PV
- 10-20 % pour l'éolien

De 2000 à 2012, le PV était en déficit (énergie nette négative)

- Le PV a un coût énergétique très élevé (REEI)
- Le coût (énergétique) du PV et de l'éolien augmentera lorsque leur part dans la production dépassera les 30 % (adaptation du réseau)



Consommation d'énergie et population de 1850 à 2011



Croissances exponentielles sur ces 160 (162) ans :

- Derniers 25 ans : la moitié des fossiles consommés sur les 160 ans
- Population : de 1,2 à 7 milliards d'individus
- Consommation d'énergie par individu : x 9

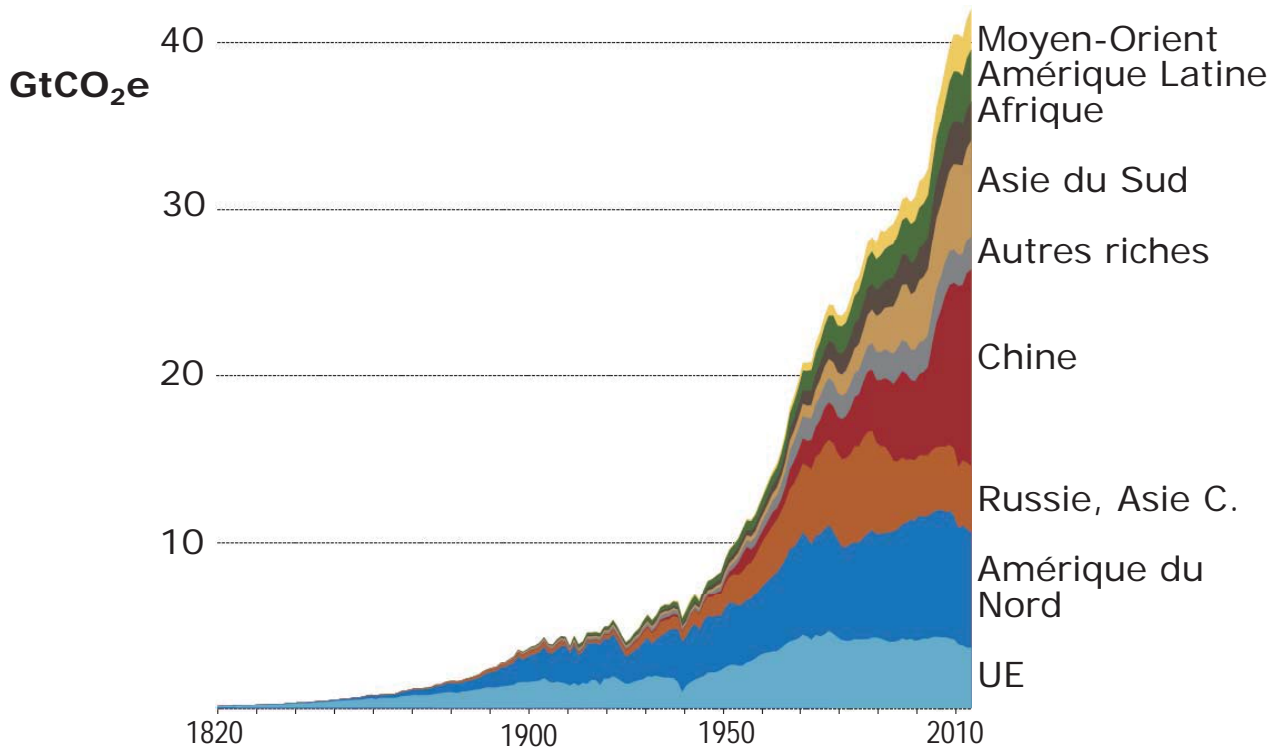
La part des renouvelables passe du presque tout au presque rien.

DRILL, BABY, DRILL (Hughes, 2013)

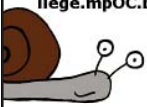


Émissions de GES par région de 1820 à 2014

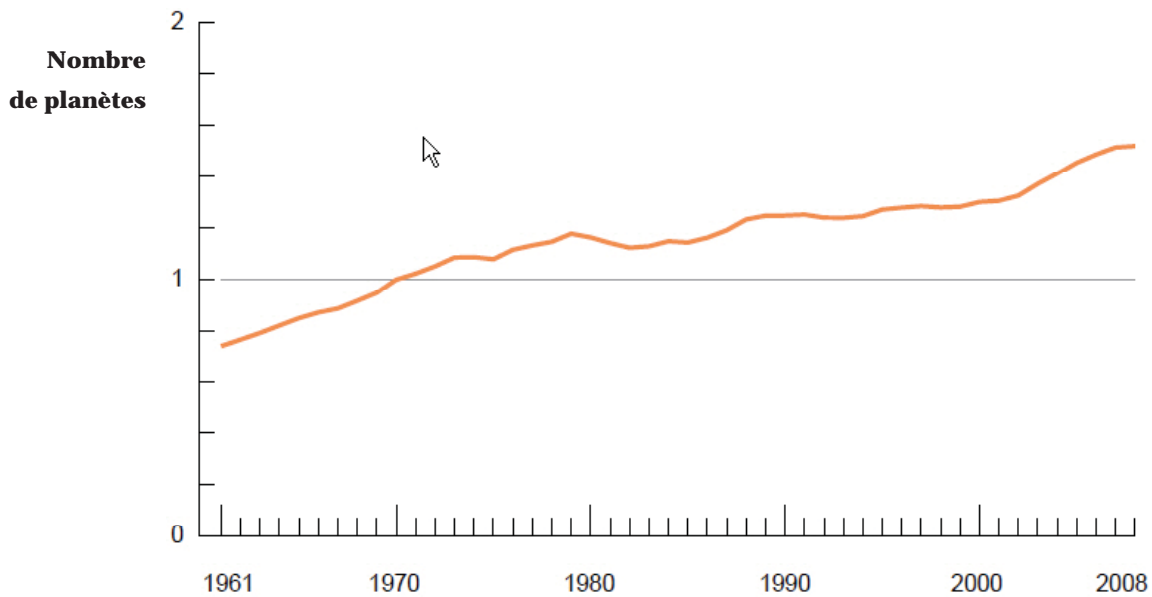
Production (sans tenir compte des imports-exports)



Remarque : données sur 90 % du monde (43 Gt). 100 % : 48 Gt.
 2014 : - Chine : 11 Gt. - Amérique du Nord : 7 Gt. - UE : 3,6 GT.



Empreinte écologique de l'humanité de 1961 à 2008



Rapport Terre Vivante 2012 (WWF), Global Footprint Network



Empreinte écologique de l'humanité de 1961 à 2008 (2)

2008

Biocapacité disponible par personne : **1,8 hag** (hectare global)

Monde :

Empreinte écologique moyenne / personne : **2,8 hag**

→ Empreinte de l'humanité : $2,8/1,8 \approx$ **1,5 planètes**

Belgique (ou USA) :

Empreinte écologique moyenne / personne = **7 hag**

→ Empreinte de l'humanité : $7/1,8 \approx$ **4 planètes**

1970

Empreinte de l'humanité : **1 planète**

1961

Empreinte de l'humanité : **0,7 planète**

Biocapacité/personne : 3,2 hag

Population : 3,4 milliards

Rapport Terre Vivante 2012 (WWF), Global Footprint Network



Empreinte écologique et biocapacité par pays (2008)

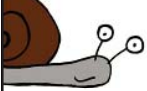
Pays	Population	Dens. Popul.	EE/p (hag/p)	BC/p (hag/p)	Deficit (hag/p), surplus ou dépassement	Nbre plan.	Nbre plan. corrigé
Congo RDC	62,5	27	0,76	3,10	-2,34	0,4	0,2
Inde	1.190,9	362	0,87	0,48	0,39	0,5	1,8
Maroc	31,3	70	1,32	0,70	0,62	0,7	1,9
Guatemala	13,7	126	1,78	5,60	-3,82	1,0	0,3
Cuba	11,3	103	1,90	5,60	-3,70	1,1	0,3
Chine	1.358,8	142	2,13	0,87	1,26	1,2	2,4
Bolivie	9,6	9	2,61	18,39	-15,78	1,5	0,1
Monde	6.739,6	13	2,70	1,78	0,92	1,5	1,5
UE	497,0	115	4,72	2,24	2,48	2,7	2,1
France	62,1	97	4,91	2,99	1,92	2,8	1,6
Belgique	10,6	347	7,11	1,33	5,78	<u>4,0</u>	5,3
USA	305,0	33	7,19	3,86	3,33	4,0	1,9
Emirats Arabes Unis	8,1	97	8,40	0,60	7,80	4,7	14,0

Monde, moyennes par personne :

Biocapacité/personne (BC/p) : 1,78 hag/p

Empreinte E/personne (EE/p) : 2,70 hag/p (1,5 planète)

Dépassement/personne : 0,92 hag/p (1/2 planète → un an et demi)



Empreinte écologique globale par région en 1961 et 2008

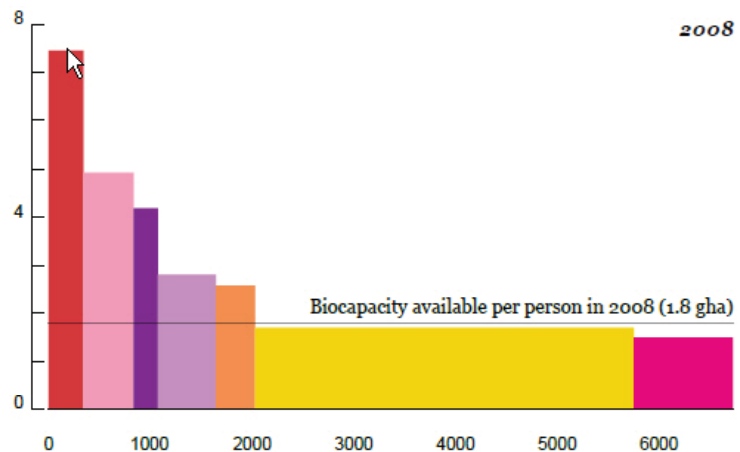
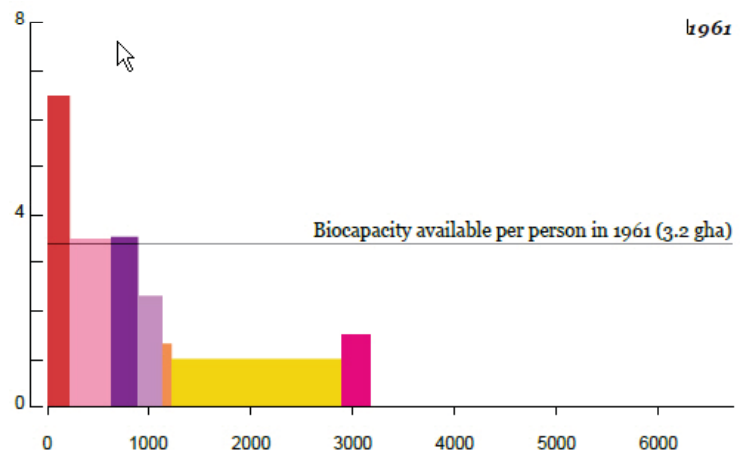
Empreinte en hag/p
et
Population en million

Régions (de gauche à droite) :

- Amérique du Nord
- UE
- Autres Europe
- Amérique Latine
- Moyen-Orient et Asie C.
- Asie et Pacifique
- Afrique

1961-2008, augmentation :

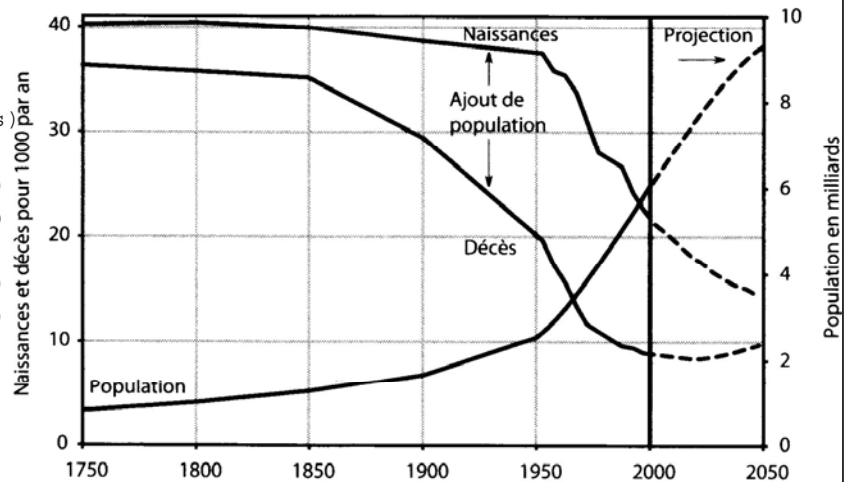
- EE moyenne/p (UE, MO,...)
- Population (Asie, Afrique,...)





1800	: 1 milliard		
1900	: 1,6 (0,75%/an	- 100 ans	
1930	: 2		
1960	: 3 (60-70 : 2 %/an	- 35 ans)	
1975	: 4 (1,7%/an	- 42 ans)	
1987	: 5		
2000	: 6 (1,2 %/an	- 60 ans)	
2011	: 7 (1 %/an	- 72 ans)	
10.000 et avant	: 5 millions		
An 0	: 250 millions		

Démographie



- Graphique : données à l'an 2000.
- Écart entre les 2 taux → rythme de croissance.
- Depuis 1965, le taux de natalité baisse plus vite que le taux de mortalité.
→ Rythme de croissance diminue mais la croissance reste *exponentielle* (simplement le temps de doublement s'allonge).

- BE : 300 (an 0), 400 (1000), 1.400 (1500), 2.000 (1700), 3.400 (1820), 6.700 (1900), 7.500 (1920), 8.600 (1950), 9.800 (1980), 10.200 (2000), 10.400 (2008) - Source : Angus Madison

Graphique : Limits to Growth, The 30-Year Update. Donella Meadows, Dennis Meadows, Jorgen Randers, 2004



Rapport du Club de Rome (Meadows)

Fondation du Club de Rome : 1968.

Trois éditions du *rapport du Club de Rome* (ou *rapport Meadows*) :

- The Limits to Growth, 1972.
 - Beyond the limits, 1992.
 - The Limits to Growth, the 30-Year Update, 2004.
- (Meadows Donella, Meadows Dennis, Randers Jorgen), traduite en français en 2012.

- Étude prospective du devenir du monde (ne fait pas de prévisions).
- Modélisation informatique selon la théorie des systèmes (*World3*).
- Production de scénarios.
- Graphiques montrant l'évolution temporelle de variables clefs : population, production de nourriture, production industrielle, niveau de pollution, stock des ressources non renouvelables,...
- *Une conclusion essentielle* : tous les scénarios de croissance de la production mène à l'effondrement.

Édition de 1972 :

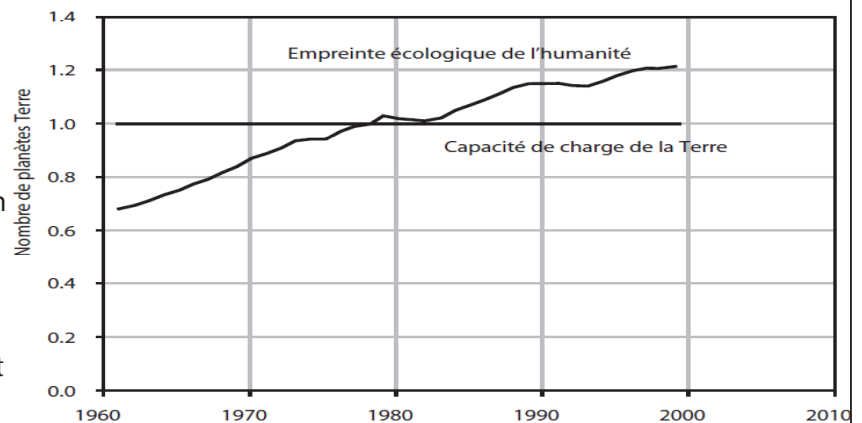
- Succès planétaire.
- Nombreuses critiques virulentes tant à droite qu'à gauche.



Extrait de la préface du rapport

Et maintenant ? [en 2002]

Le défi auquel la planète est confrontée peut être formulé de façon simple : pour atteindre la soutenabilité, l'humanité doit augmenter la consommation des populations pauvres tout en réduisant son empreinte écologique totale.



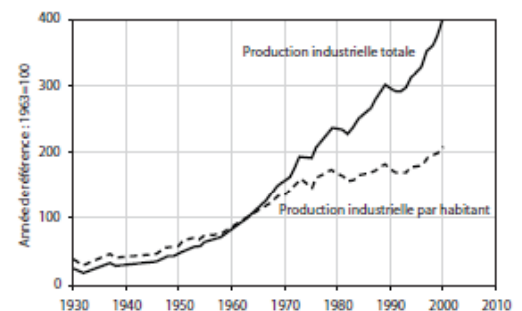
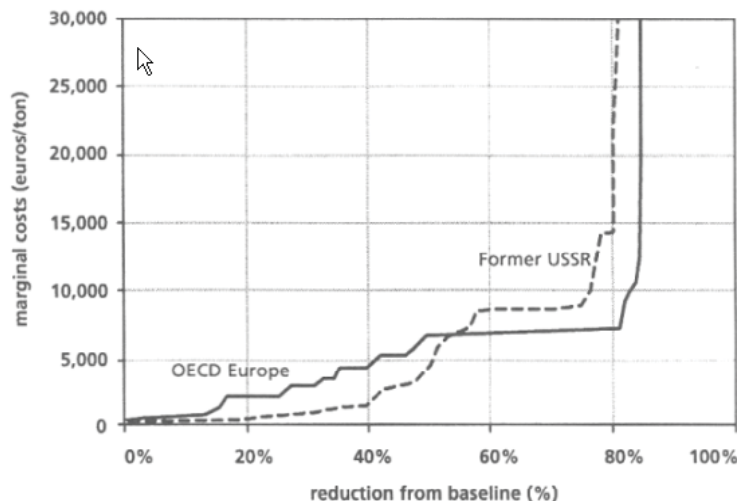
[...]trois paramètres incontournables du système mondial : les *limites érodables*, la *poursuite incessante de la croissance* et le *retard* avec lequel la société réagit lorsqu'elle approche des limites. Tout système régi par ces paramètres est prédisposé *au dépassement (overshoot) et à l'effondrement*.

To overshoot, cela signifie aller trop loin, aller au-delà des limites, par accident et sans en avoir l'intention ». L'overshoot vient toujours de la combinaison de trois facteurs : « (1) un changement rapide, (2) des limites à ce changement, et (3) des erreurs ou des délais dans la perception de ces limites et dans le contrôle de ce changement ».

Limits to Growth, The 30-Year Update. Donella Meadows, Dennis Meadows, Jorgen



Phénomènes non linéaires



Augmentation exponentielle du coût de la technologie à l'approche des limites.

Dépollution : coûts marginaux (€/tonne) de la réduction des oxydes d'azote (NOx).

Aucune croissance économique ne peut financer cette dépollution.

Phénomènes majoritaires dans le monde. Autres exemples :

- Production industrielle mondiale.
- Population.
- Coût d'exploitation des nouvelles terres agricoles.
- Quantités de déchets miniers.
- Énergie nécessaire pour produire du métal pur à partir d'un minerai.

Limits to Growth, The 30-Year Update. Donella Meadows, Dennis Meadows, Jorgen



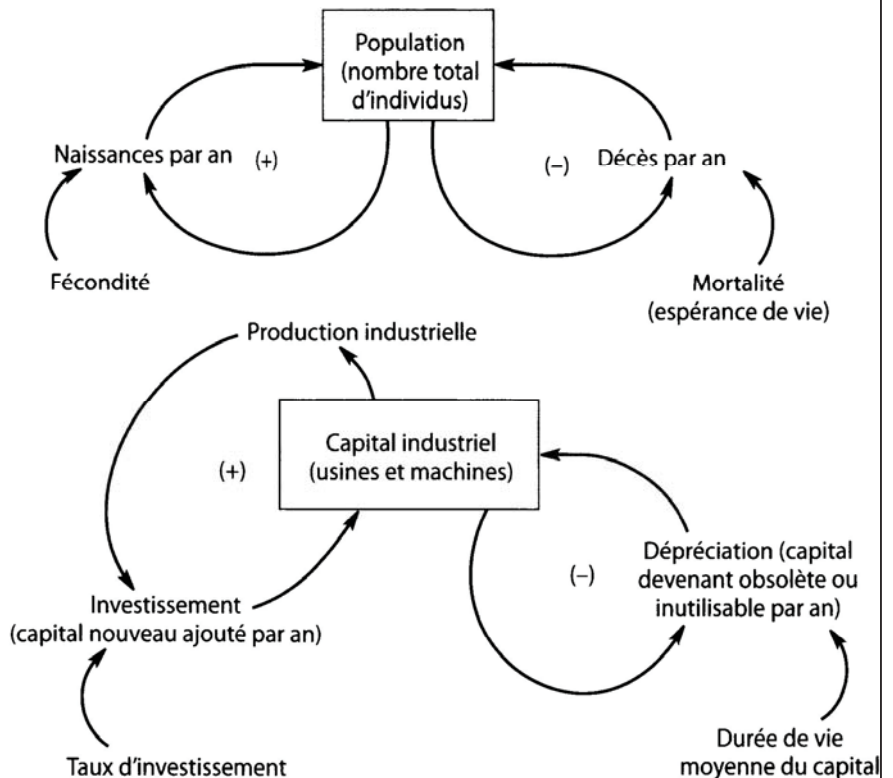
Boucles de rétroaction de la population et du *capital* industriel

-Variables : population, capital industriel, ressources NR, mortalité, intrants, ...
 -Stock (boîte) : P, CI, RNR, pollution, terres cultivées, ...

→ Influence d'une variable sur une autre via un flux physique ou informationnel.
 Relation causale
 - immédiate ou différée,
 - importante ou limitée.

Boucles de rétroactions :

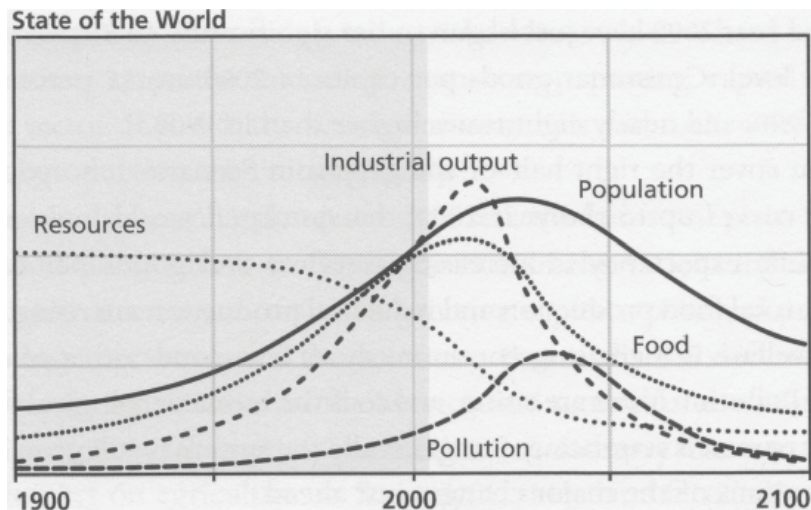
-Positive : autorenforcement → possibilité de croissance ou déclin exponentiel.
 -Négative : inversion du changement → peut apporter l'équilibre (stock).



Limits to Growth, The 30-Year Update. Donella Meadows, Dennis Meadows, Jorgen Randers. 2004.



Scénario, les variables principales (I)



I. État de la planète

1. Population mondiale (P).
2. Production de nourriture (PN).
3. Production industrielle (PI).
4. Niveau de pollution.
5. Ressources non renouvelables résiduelles (RNR).



Scénario N° 1

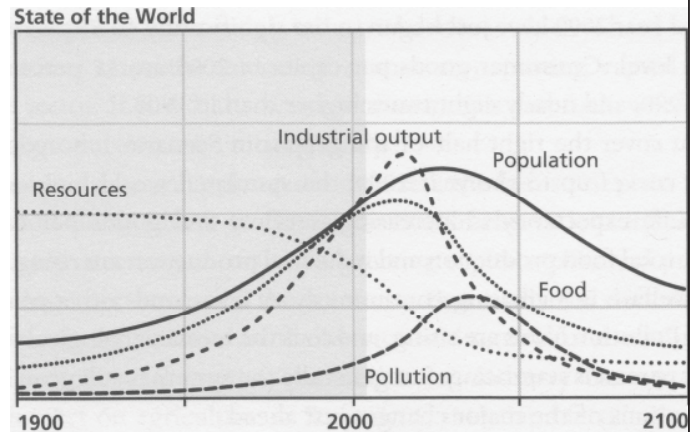
Statu quo (business as usual)

2002

Effondrement de la PI vers 2020.

De 2000 à 2020 :

- Stock des ressources (NR) :
- 2000 : 60 ans ;
- 2020 : 30 ans.
- P (+20%) et PI (+30%) → consommation des ressources comme durant tout le XXème siècle.



Processus :

- De + en + de capital est nécessaire pour des ressources de + en + difficiles à extraire (REEI,...) → moins de capital disponible pour soutenir la PI et la PN.
- La dépréciation du capital industriel (*physique*) n'est plus compensée.
- Déclin industriel entraînant le déclin des autres secteurs.
- Agriculture, effet amplificateur : perte fertilité des sols et dépendance aux intrants industriels.
- Facteur aggravant : la population continue d'augmenter. Elle ne chute que plus tard suite à l'augmentation du taux de mortalité (pic à ± 7,5).

Crise des ressources non renouvelables.

Limits to Growth, The 30-Year Update. Donella Meadows, Dennis Meadows, Jorgen



Scénario N° 2 (I)

Plus de ressources non renouvelables

2002

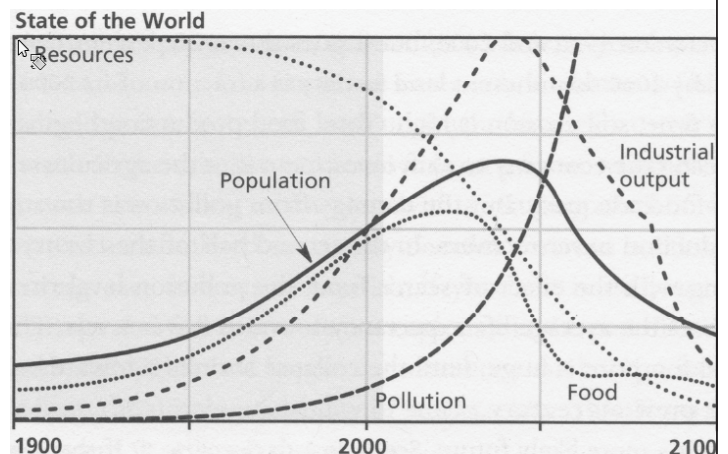
Comme le N° 1 et :

- Deux fois + de ressources (NR) à découvrir.
- Technologie extractive + efficace.

→ L'industrie peut se développer 20 ans de plus.

→ Plus haut que dans le N° 1 :

- Population (8+), consommation, services.
- Pollution et empreinte écologique (4+).



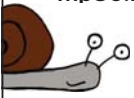
L'augmentation très forte de la pollution entraîne :

- Une baisse importante des rendements agricoles.
- Après 2030 : pénuries alimentaires.
- Des effets néfastes sur la santé.

Au final un effondrement qui commence par une chute de la population.

Crise mondiale de la pollution.

Limits to Growth, The 30-Year Update. Donella Meadows, Dennis Meadows, Jorgen

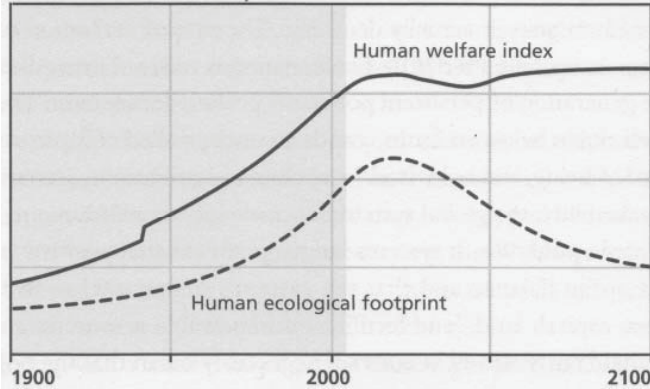


Scénario N° 9 Une société durable

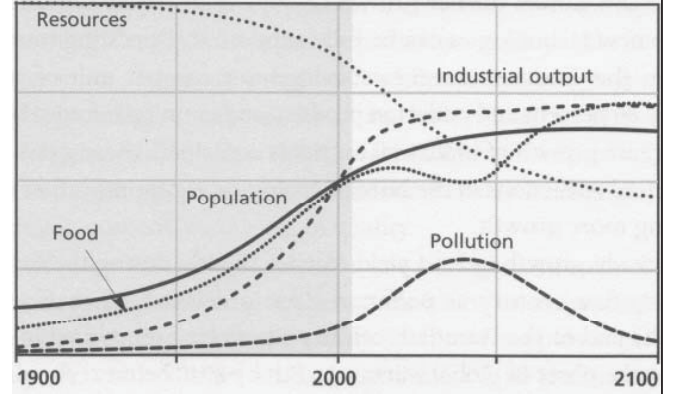
À partir de **2002** :

- Stabilisation de la production industrielle.
- Politiques de stabilisation de la population.
- Consommation de biens par personne modeste [et répartition équitable].
- Technologies propres et économes des ressources.
- Préservation des ressources.
- Pratiques agricoles saines.

Human Welfare and Footprint



State of the World



Material Standard of Living

