

La croissance à tout prix !



Pourquoi un Pacte national pour la croissance, la compétitivité et l'emploi ?

Le Gouvernement est déterminé à restaurer notre compétitivité, redresser notre industrie, retrouver la croissance et l'emploi.

Emploi et croissance : **"je prendrai tous les risques"**, assure Hollande lundi matin sur France Inter.

le 05/01/2015

« Ma première priorité sera de mettre la croissance et l'emploi au cœur des priorités de la prochaine Commission. »

Jean-Claude Juncker 2014.

« Pas assez de croissance en 2015 pour doper l'emploi »

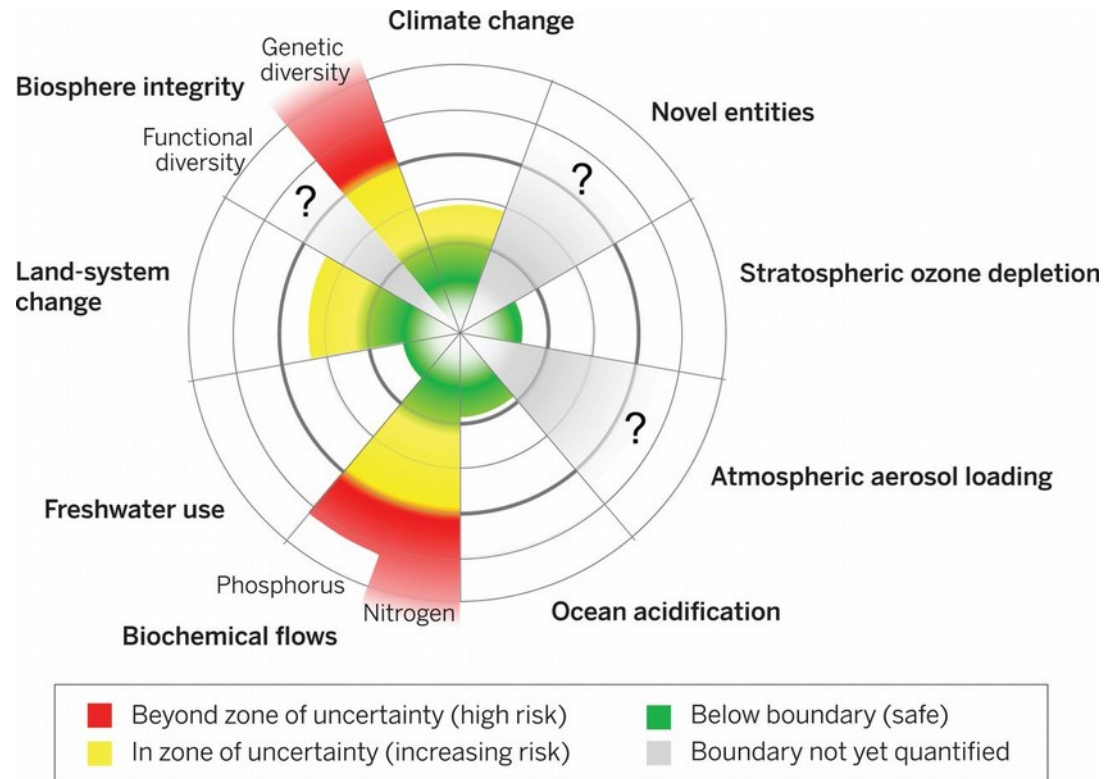
IRES-UCL à la RTBF
octobre 2014

Planetary boundaries

A safe operating space for humanity

Johan Rockström et al.
Nature Vol 461,24 09/2009

Current status of the control variables for seven of the planetary boundaries. The green zone is the safe operating space, the yellow represents the zone of uncertainty (increasing risk), and the red is a high-risk zone.



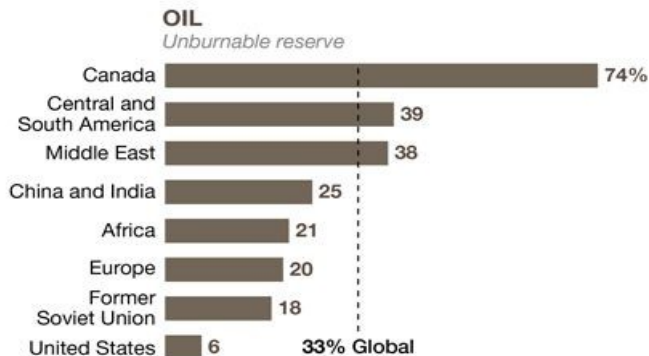
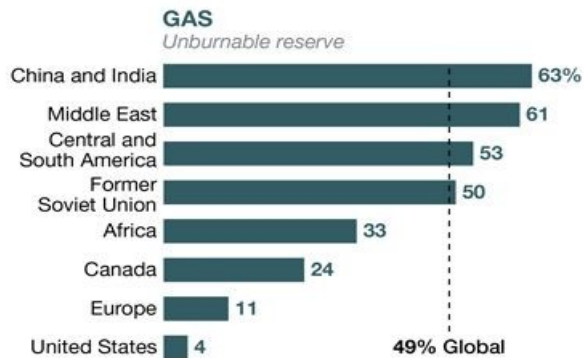
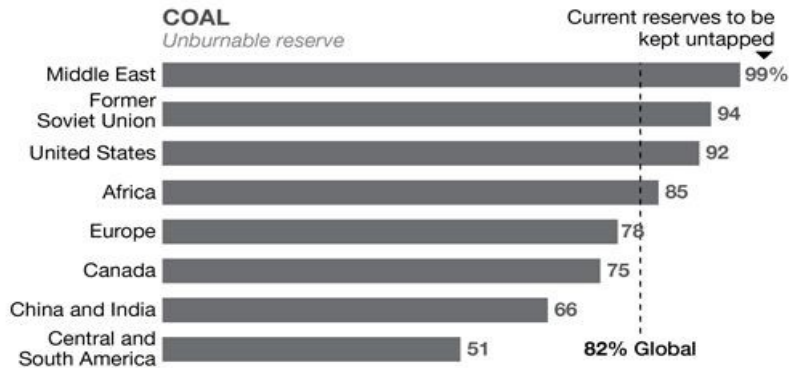
Science
AAAS

Guiding human development on a changing planet

Will Steffen et al. Science
2015;347:1259855

Un-burnable oil

Fossil fuels off-limits



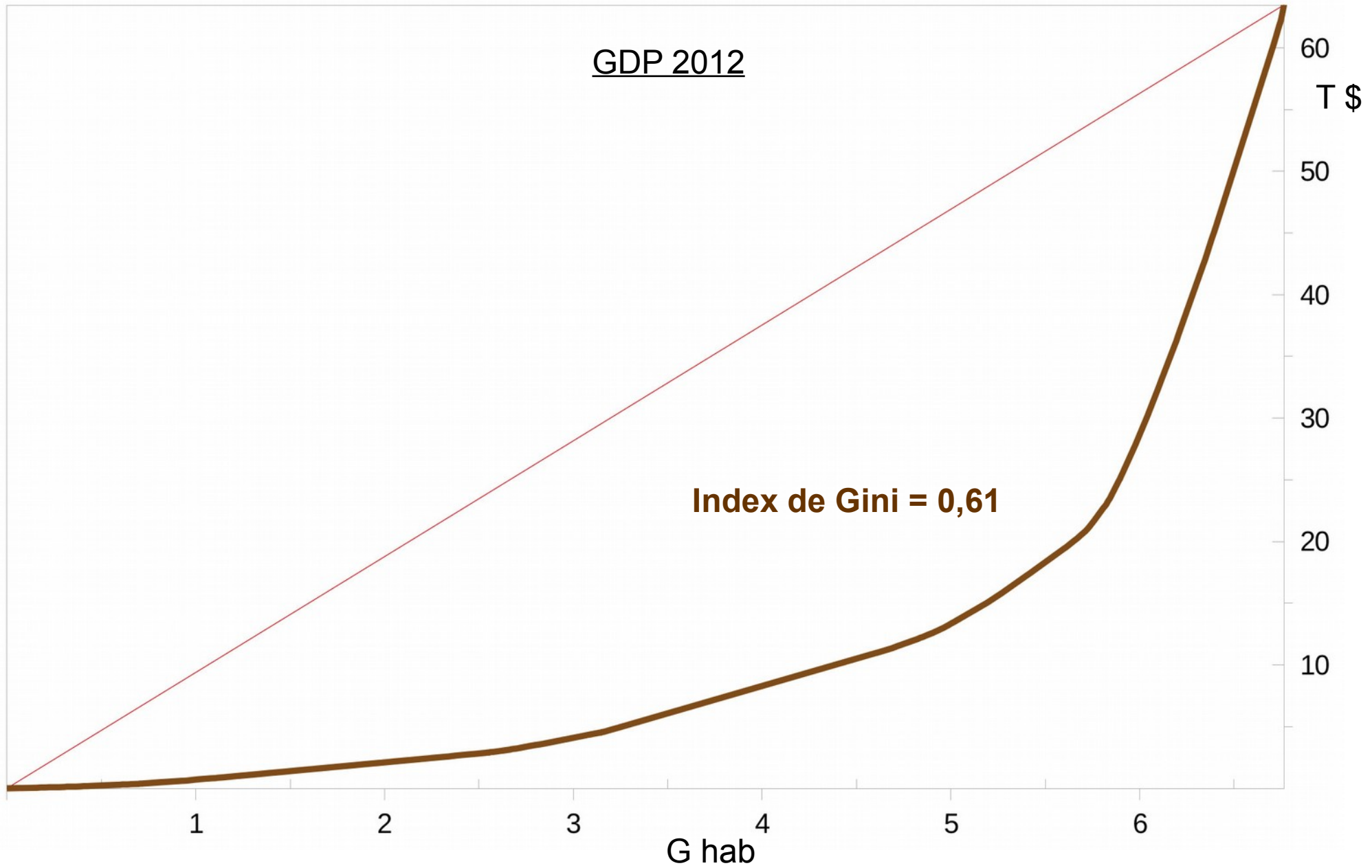
An examination of oil resource utilisation in a decarbonised energy system

The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2°C

*Our results suggest that, globally, a **third of oil** reserves, **half of gas** reserves and **over 80 per cent of current coal** reserves should remain unused from 2010 to 2050 in order to meet the target of 2°C.*

McGlade & Ekins, Nature 2015
Energy Policy 2014

Inégalités



Limits or no limits ?

Contexte :

- Les pays développés (OCDE) 'exigent' unanimement une croissance économique 'sérieuse', disons 3 %.
- Les pays développés absorbent, per capita, beaucoup plus de ressources naturelles que les autres (80-20). Les inégalités s'accroissent, nationales et internationales.
- L'empreinte écologique de l'humanité dépasse la biocapacité de la Terre. Les impacts environnementaux menacent la sécurité et la survie des sociétés.

Croissance économique & sécurité environnementale

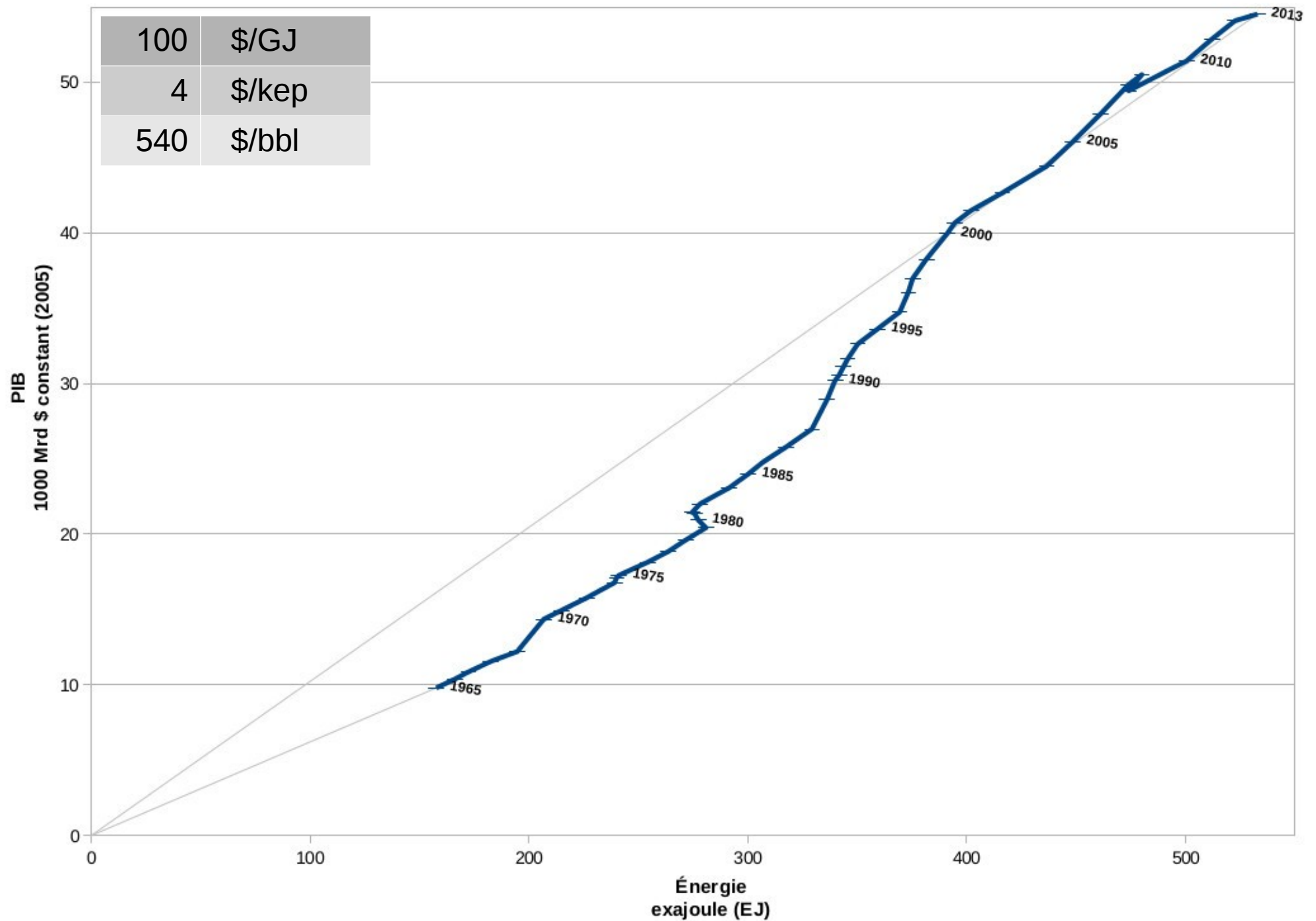
A) incompatibles ?

B) rien à voir ?

Économie & énergie

- Économie et énergie, dépendance mutuelle
 - Le couplage énergie-PIB
 - Les 2 comptabilités de l'énergie
- Limites physiques et *illimites* économiques ?
 - Le "modèle du monde"
 - Les modèles macro économiques
- Substitution
 - Exemple de scénario "tout renouvelables"
 - Dématérialisation
- Efficacité énergétique
 - La déjà longue histoire du progrès
 - Effet rebond

Couplage historique



Énergie – production – économie

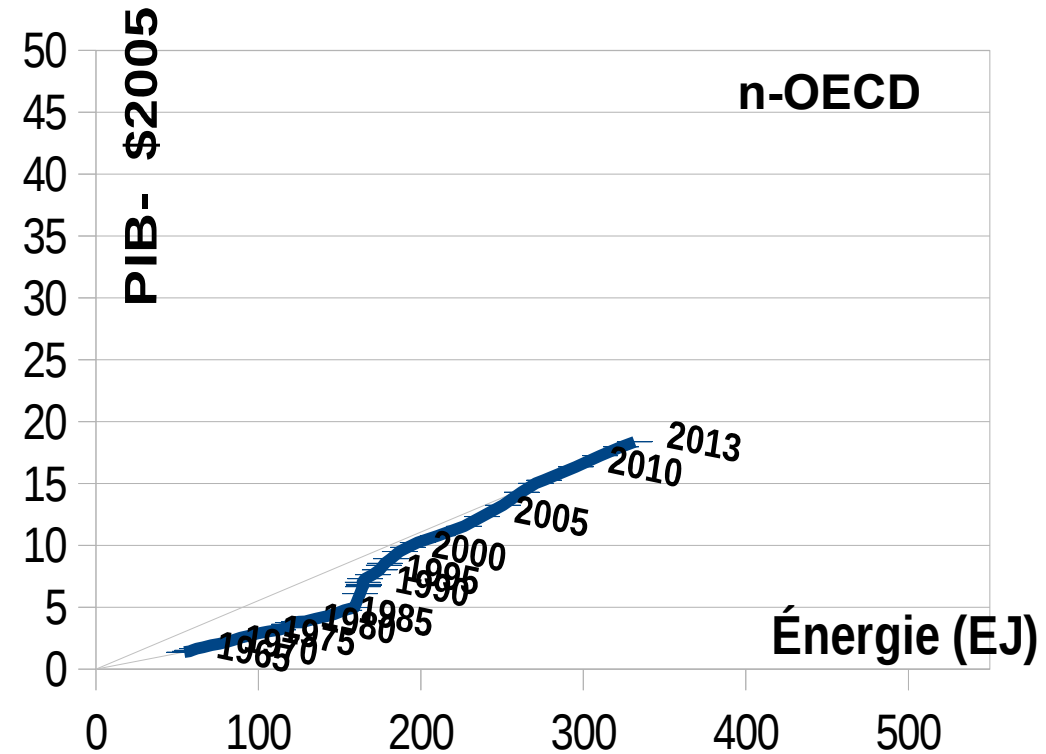
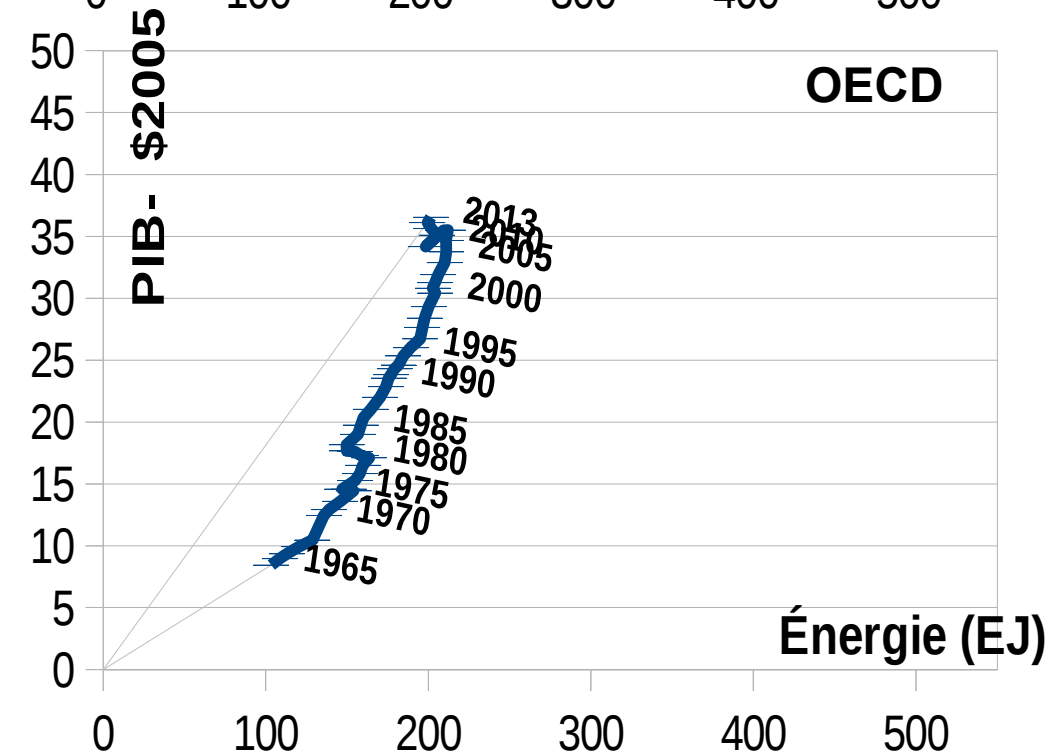
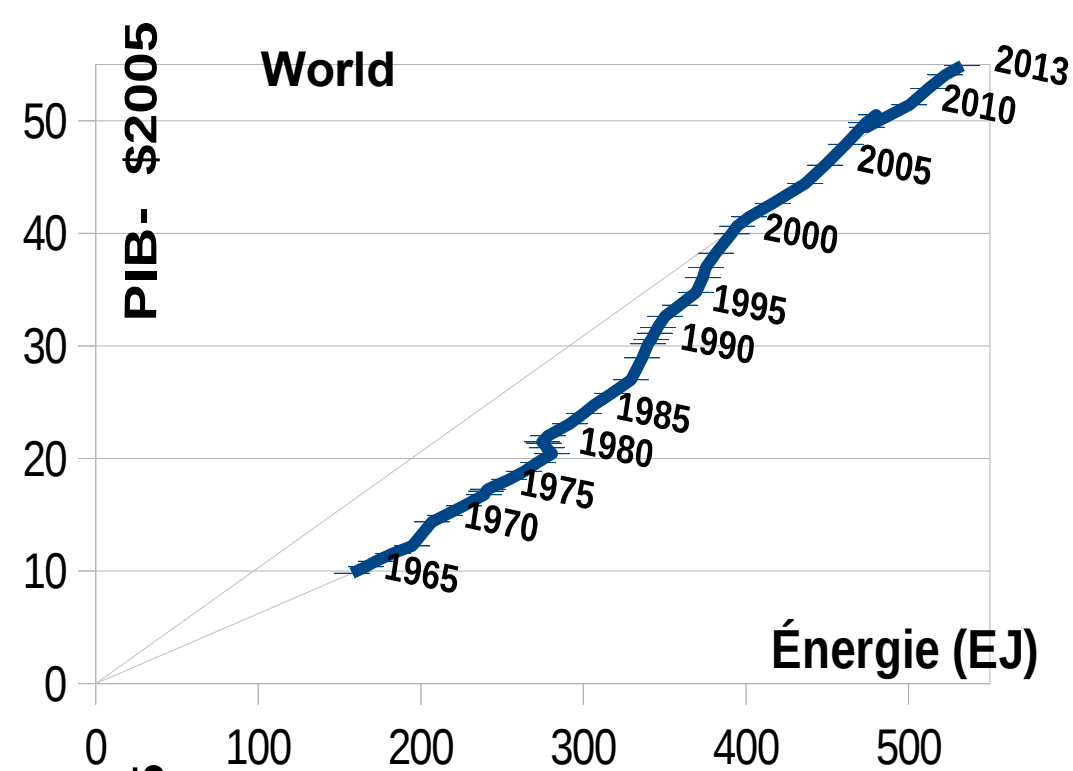
a) PIB

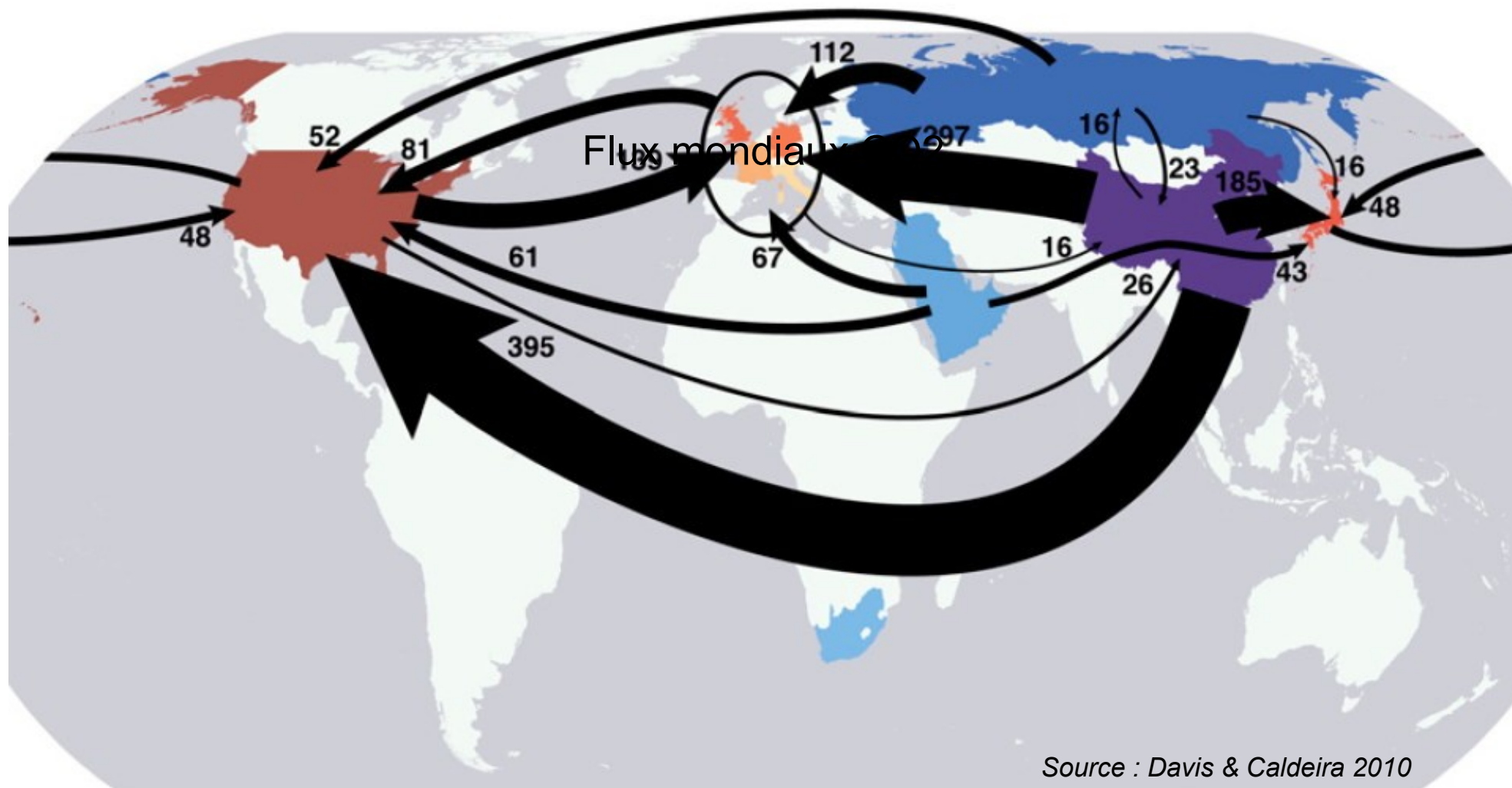
$$PIB = \sum productions_{fin.} = \sum consommations_{fin.} = \sum revenus_{prim.}$$

b) Énergie

- 1) Énergie = transformation, changement d'état de la matière
couper, plier, fondre, réaction chimique, soulever, accélérer, etc.
- 2) Produire = transformer (inputs → outputs)
- 3) Économie = Production = Transformation = Énergie

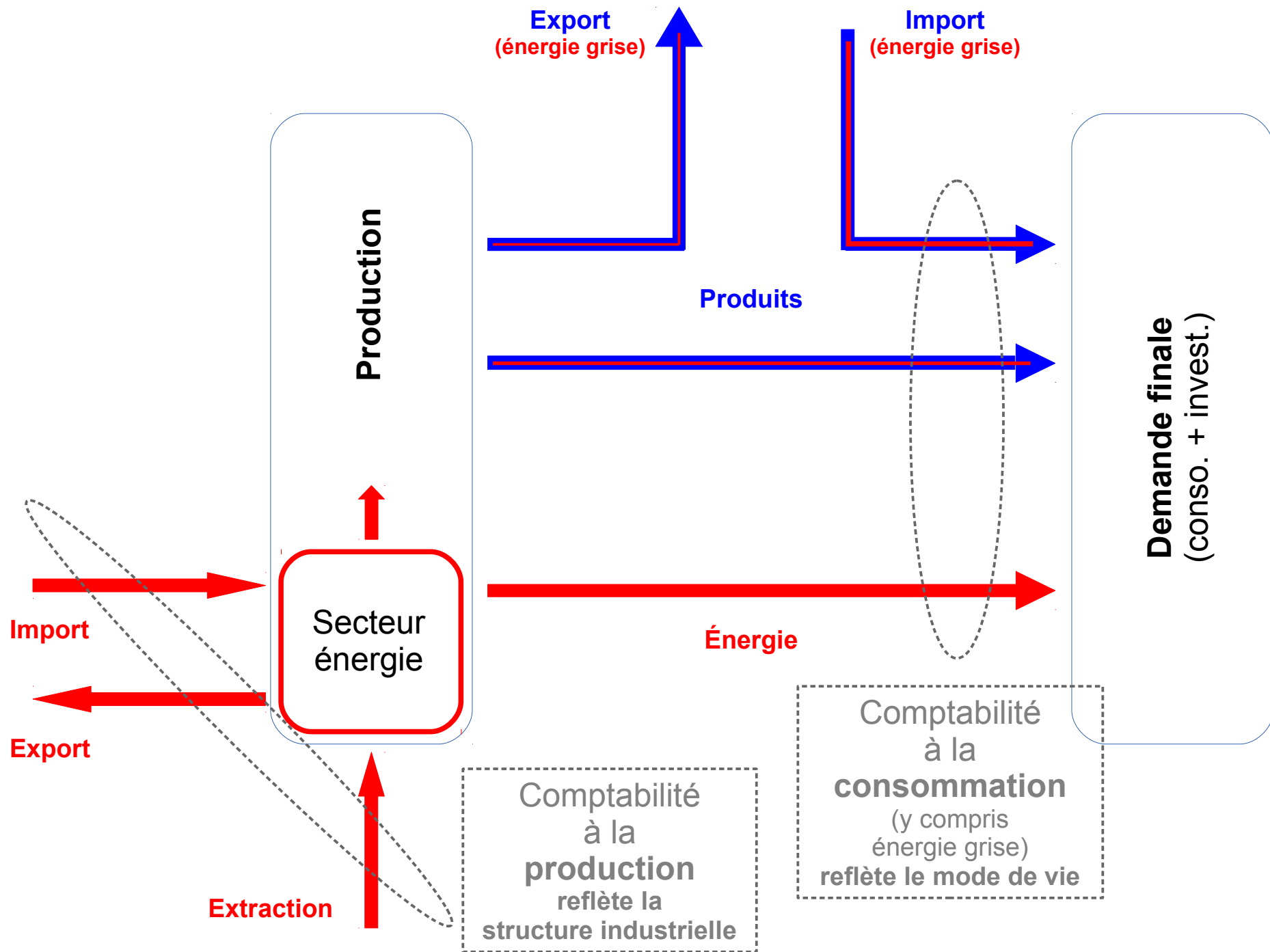
Écarts régionaux



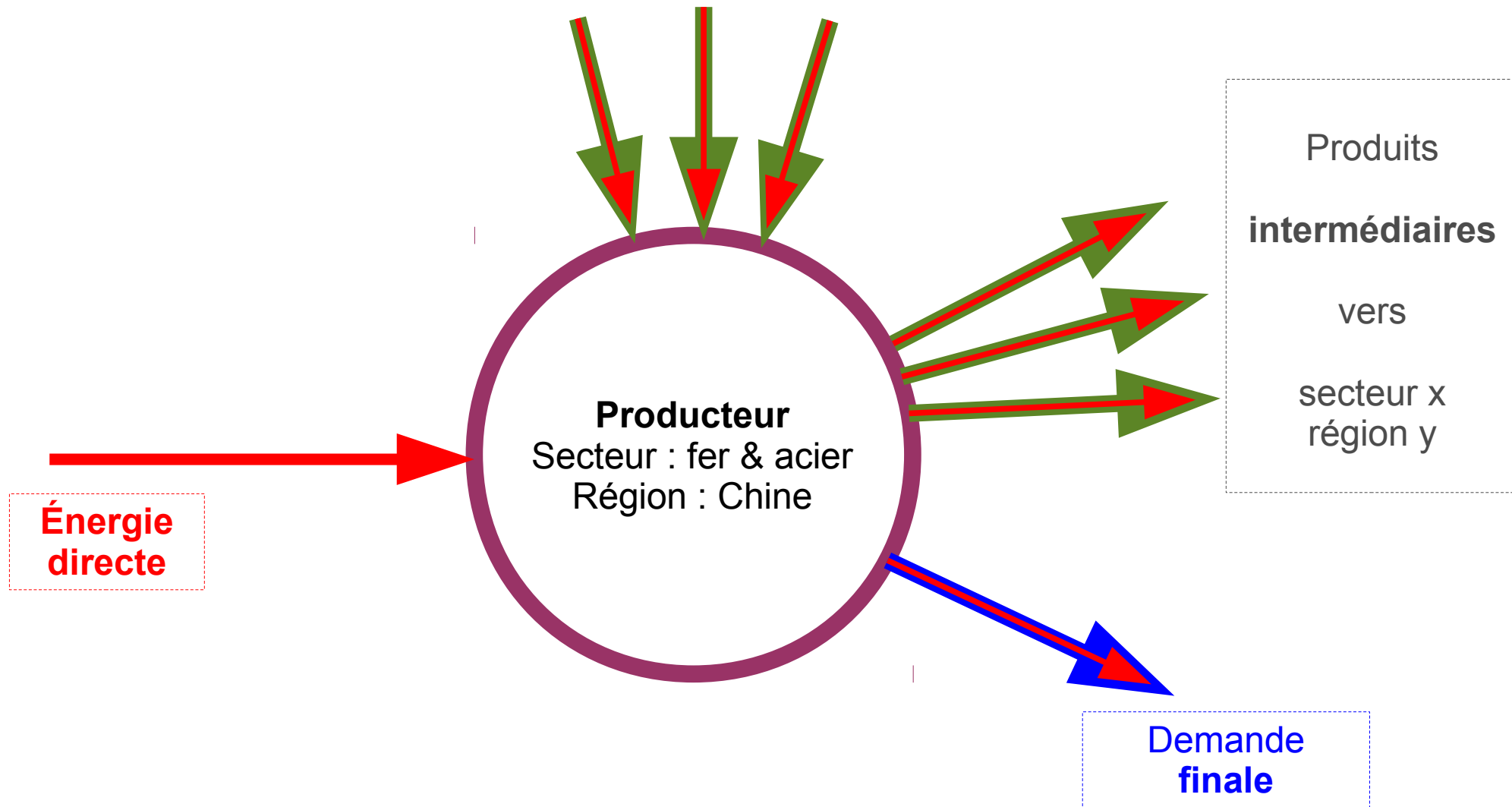


Largest interregional fluxes of emissions embodied in trade (Mt CO₂ / year)

	<u>Énergie</u>	<u>CO₂</u>
• UE 27	+ 21 %	+ 26 %
• Chine	- 20 %	- 23 %
• Belgique	+ 21 %	+ 47 %
• USA	+ 11 %	+ 12 %



Produits **intermédiaires**
depuis secteur x, région y



Base de données **GTAP**
129 régions x 57 secteurs = 7 353 nœuds

Couplage par pays

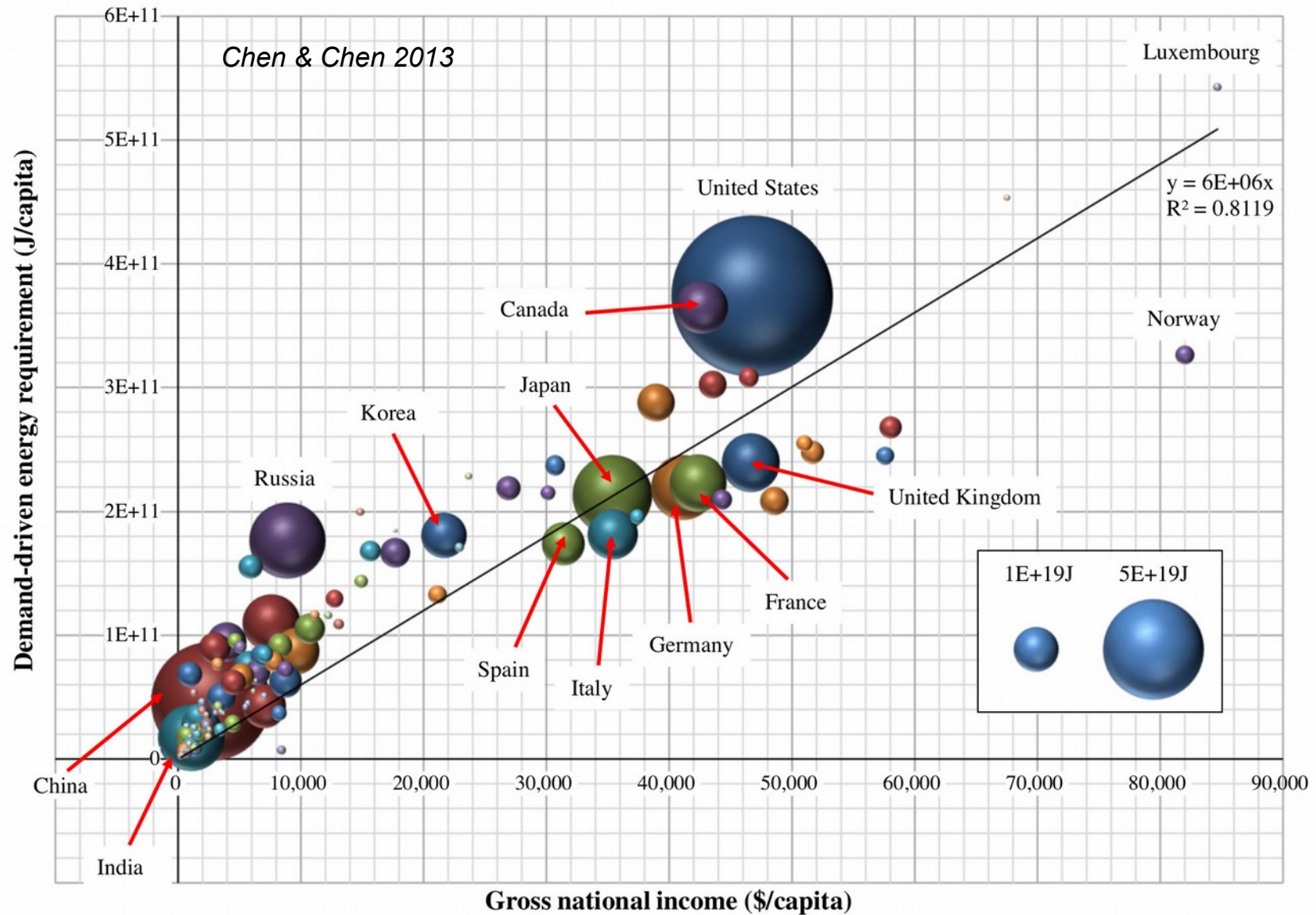


Fig. 4. Relationship between income level and demand-driven energy requirement of the 111 regions (exclude Rest of North America) in 2007.

Couplage

- PIB et consommation d'énergie sont couplés
(dé)croissance de la consommation d'énergie

(dé)croissance du PIB
- Impression de découplage liée à la comptabilité
enjeux politiques
enjeux scientifiques (financement de la recherche)

Économie & énergie

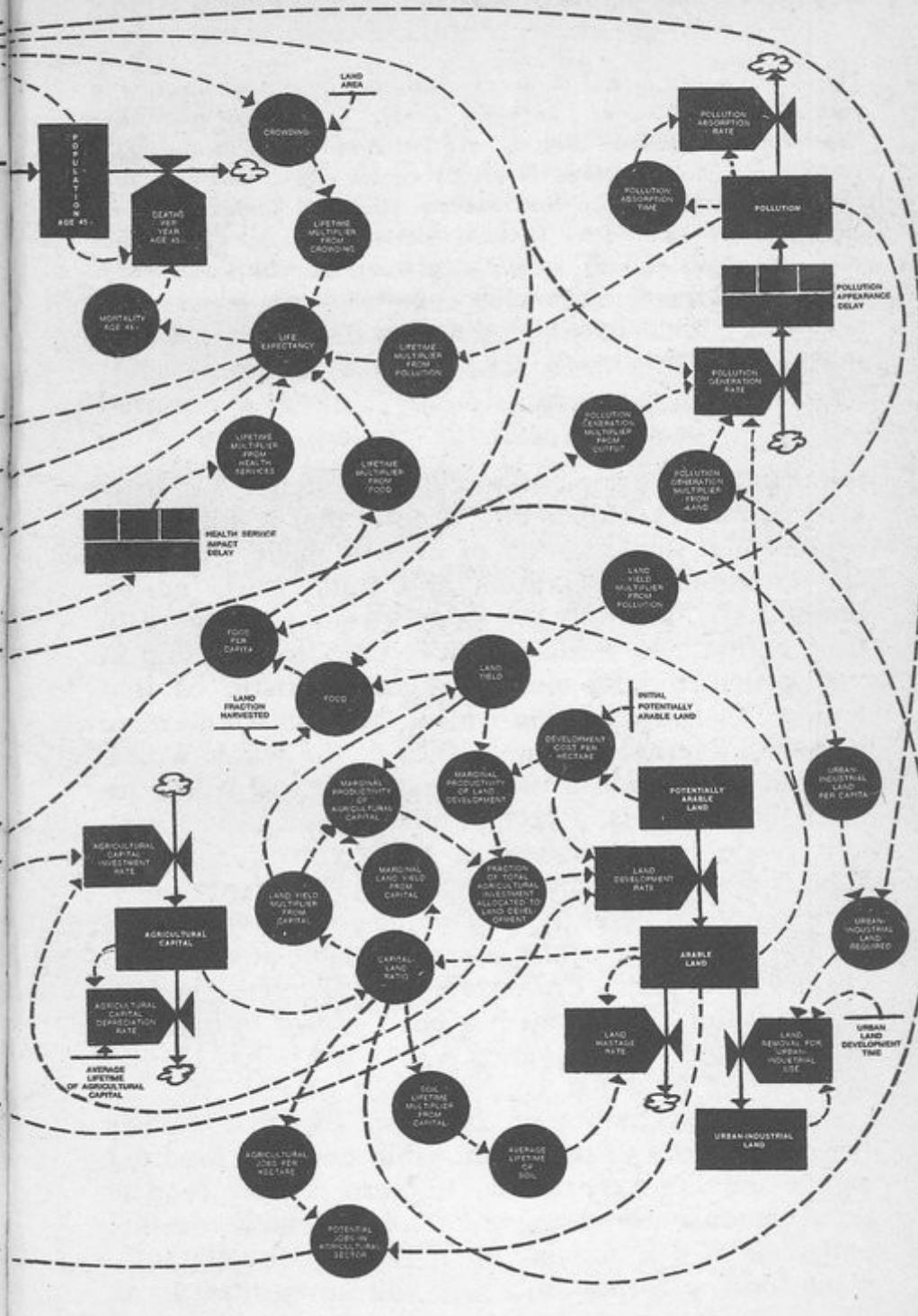
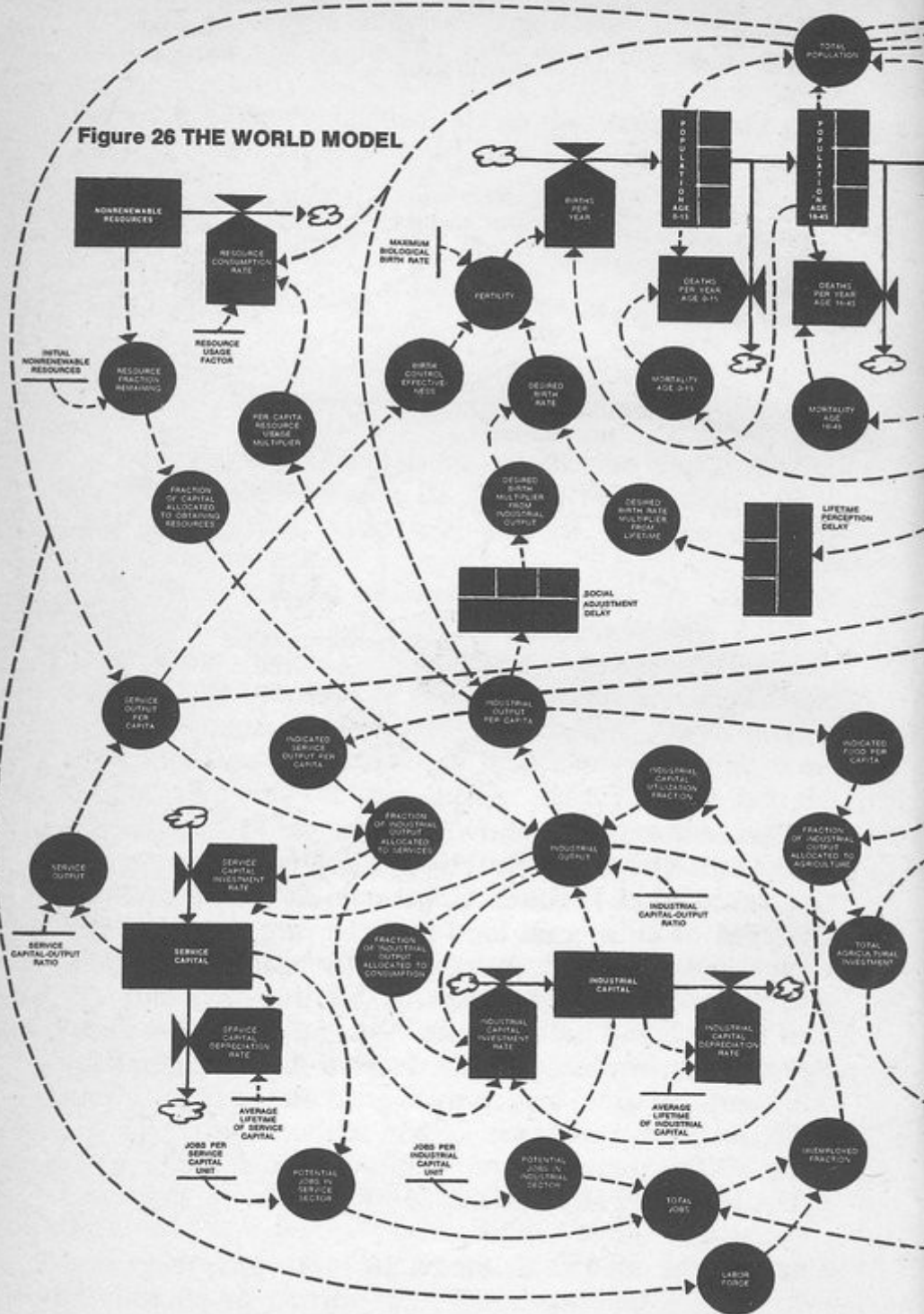
- Économie et énergie, dépendance mutuelle
 - Le couplage énergie-PIB
 - Les 2 comptabilités de l'énergie
- Limites physiques et *illimites* économiques ?
 - Le "modèle du monde"
 - Les modèles macro économiques
- Substitution
 - Exemple de scénario "tout renouvelables"
 - Dématérialisation
- Efficacité énergétique
 - La déjà longue histoire du progrès
 - Effet rebond

Historique du débat sur les limites

- **1972** – Limits to growth (MIT, Club of Rome) Modèle du monde selon les méthodes de la dynamique des systèmes. La croissance économique provoque un overshoot suivi d'un effondrement à cause de l'épuisement des **ressources naturelles** et de la hausse de la **pollution**.
- **1974** – Réponse des économistes (DHSS in *Review of economic studies*) : modèle inapproprié. Selon les modèles économiques classiques, des prix croissants entraîneront les progrès technologiques nécessaires : l'**efficacité énergétique** d'une part, la **substitution** d'autre part.
- **2015** – La controverse reste pratiquement identique, les économistes néoclassiques (dominants dans les sphères économique et politique) d'un côté, les économistes écologiques et les physiciens de l'autre. Peu (très, trop) de débat scientifique contradictoire.

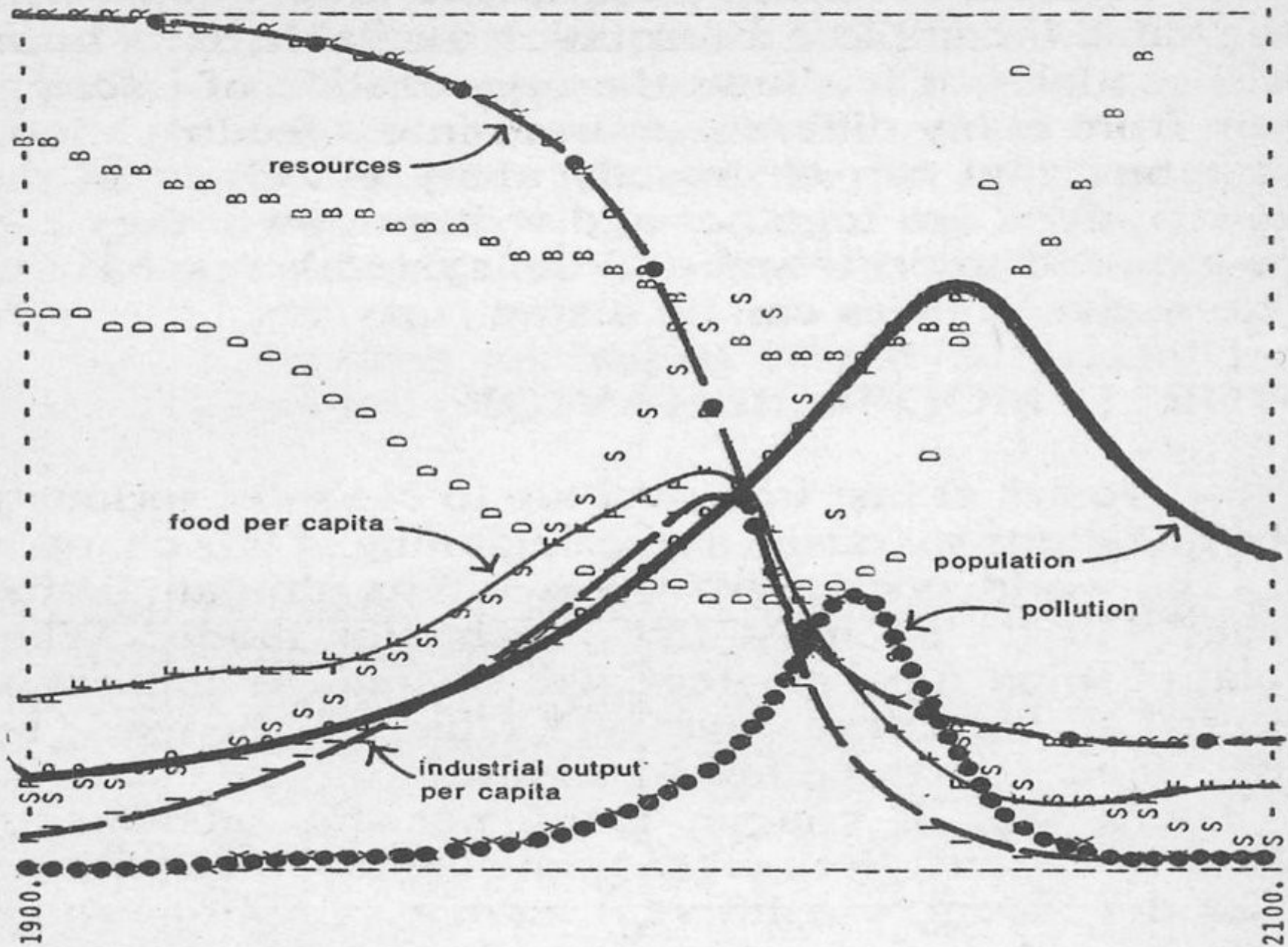
Le débat sur la réalité du réchauffement climatique étant pratiquement clos, celui sur la croissance économique face aux limites est aujourd'hui le débat scientifique le plus important et le plus urgent.

Figure 26 THE WORLD MODEL

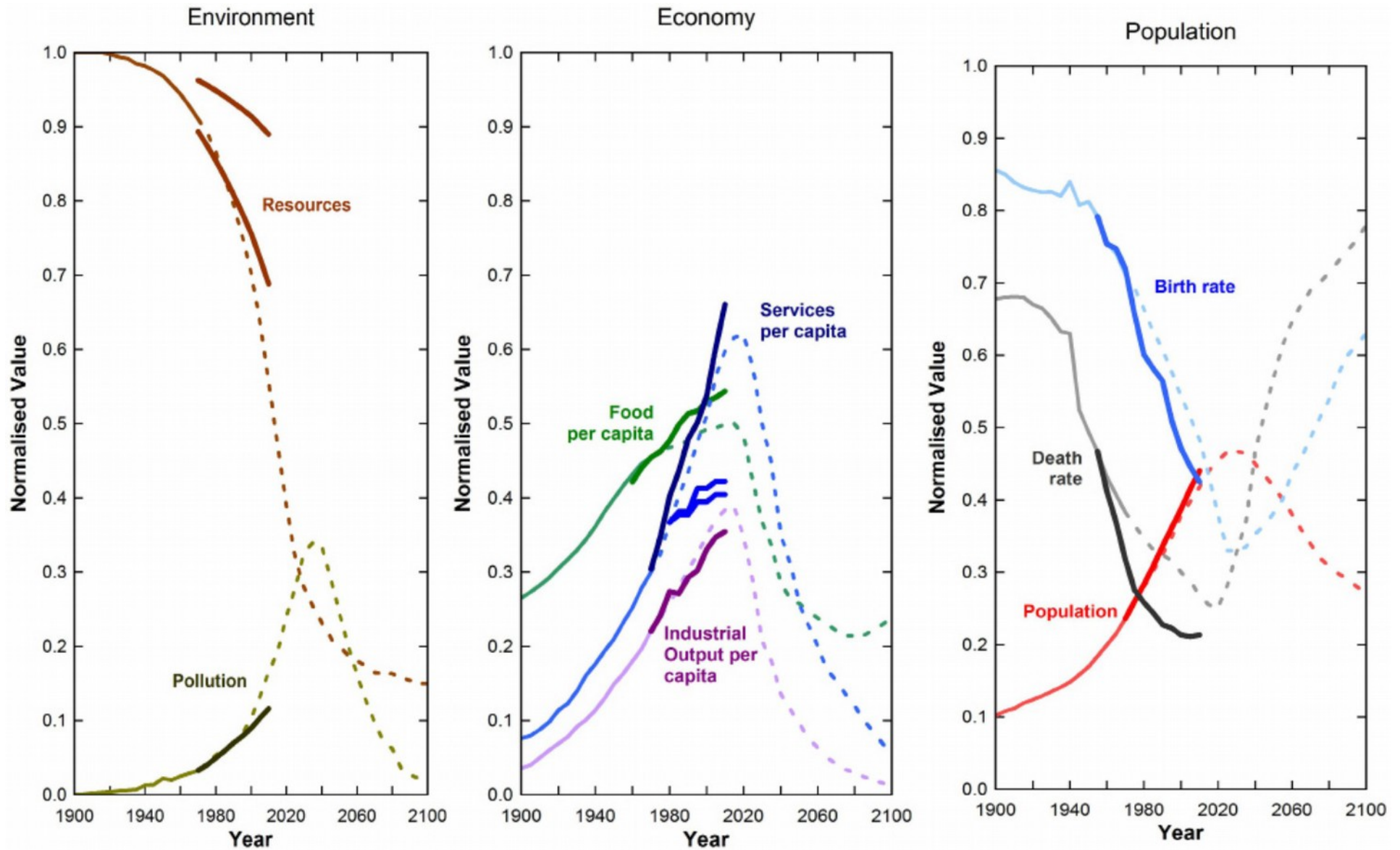


Limites de la croissance

Figure 35 WORLD MODEL STANDARD RUN



Comparison 1970 - 2014



Is Global Collapse Imminent?

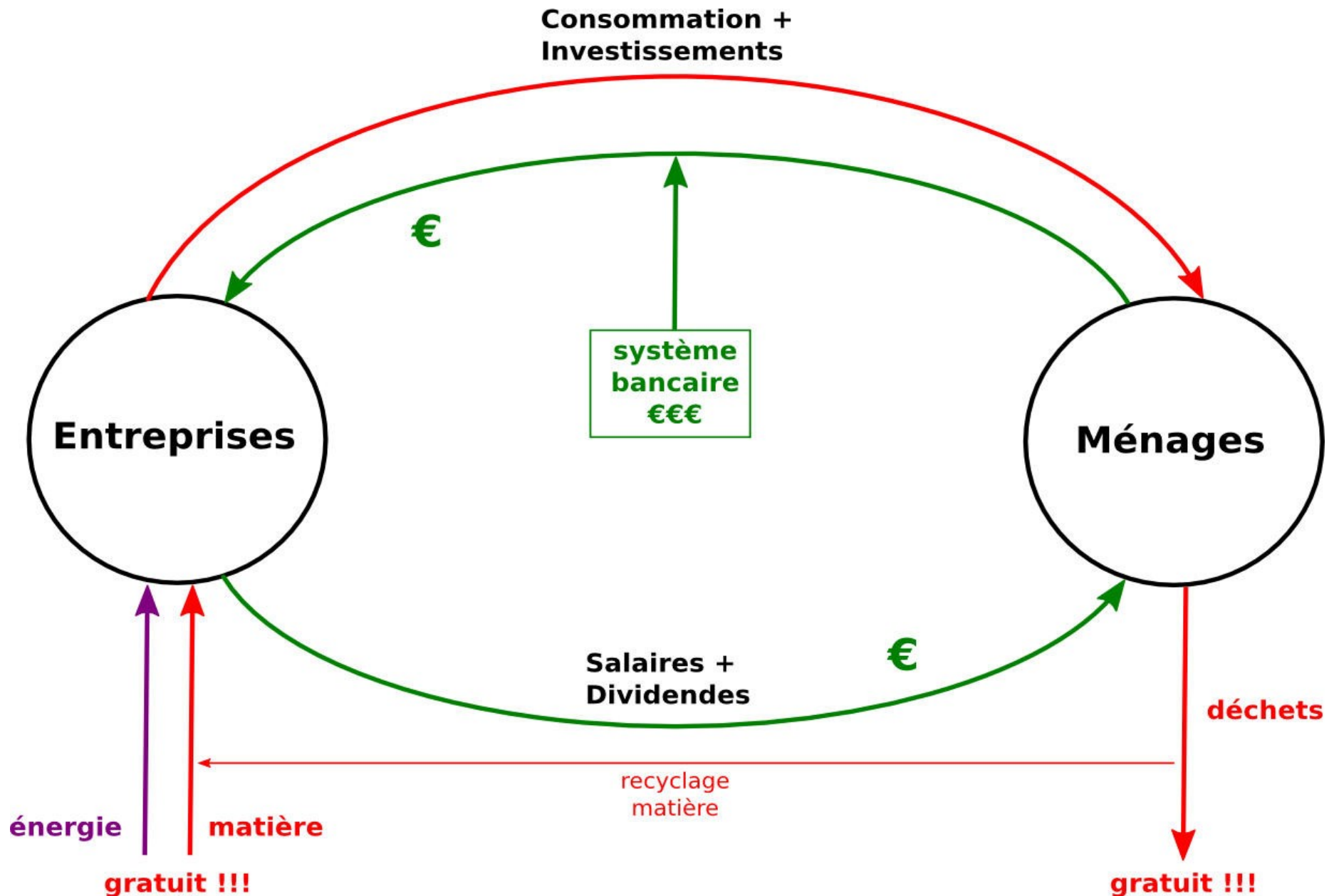
An Updated Comparison of *The Limits to Growth* with Historical Data

Turner 2014

La machinerie économique

- circuit monétaire
- circuit matériel

$$PIB = \sum productions_{fin.} = \sum consommations_{fin.} = \sum revenus_{prim.}$$

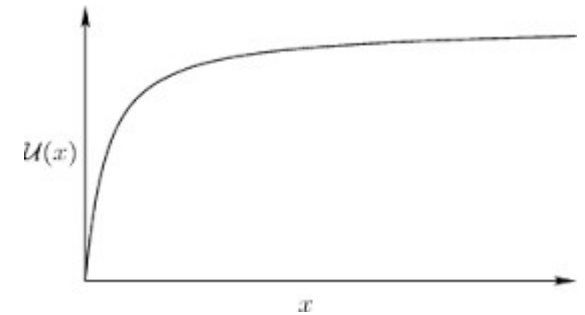


Modèle macro-économique

a) Consommateur : **rationalité individuelle** **maximalisatrice**

$$\text{Max} \sum_{t=1}^T \beta^t U(C(t))$$

$$\text{Max} \sum_{t=1}^T \beta^t \log(C(t))$$



b) Producteur : **optimisation**

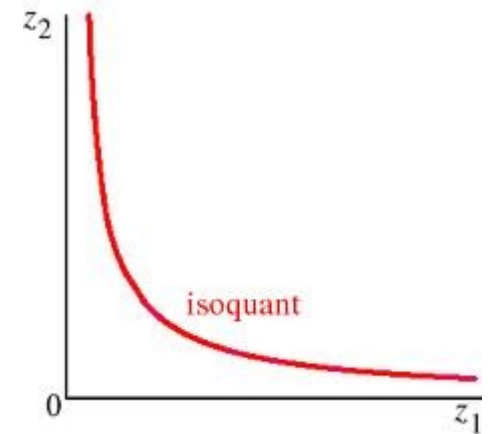
$$Y = A \cdot (a \cdot K^\gamma + (1-a) \cdot L^\gamma)^{1/\gamma}$$

$$Y = [a(K^\alpha \cdot L^{1-\alpha})^\gamma + b(E^\beta \cdot N^{1-\beta})^\gamma]^{1/\gamma}$$

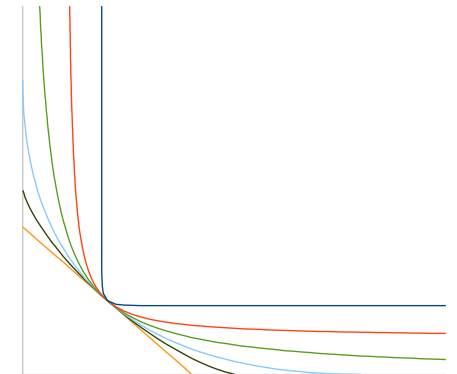
$$Y = C + I$$

$$\dot{K} = I - \delta K$$

$$\gamma = \frac{\sigma - 1}{\sigma}$$



- Base de la grande majorité des modèles macroéconomiques
- Différentes formulations du progrès technologiques mais toujours en croissance exponentielle
- Modèles complexes : découpage en secteurs industriels et régions géographiques et équilibre général



Théories de la croissance

- La "méthode orthodoxe" contient la croissance (exponentielle) dans son axiomatique, la méthode "dynamique des systèmes" rend compte des actions et réactions.
- Ce sont l'orthodoxie de niveau 1 (rationalité individuelle maximalisatrice) et celle de niveau 2 (substitution et efficacité exponentielle) qui définissent les politiques économiques contemporaine.
- La "la théorie des limites" (i.e. l'économie écologique) n'est pas (est peu) enseignée en contraste avec la "théorie économique orthodoxe" assurant de facto la position dominante de cette dernière dans la politique et la société.

Économie néoclassique

L'analyse physique ne tient pas compte des mécanismes de prix !

Rareté => augmentation du prix =>

- 1) **Substitution** (produit de remplacement)
- 2) **Innovation** (production plus efficace)

Arguments :

- Il faut avoir confiance dans le génie humain !
- Les cassandres se trompent, chaque fois qu'il y a eu un problème, on a trouvé une solution.

Économie & énergie

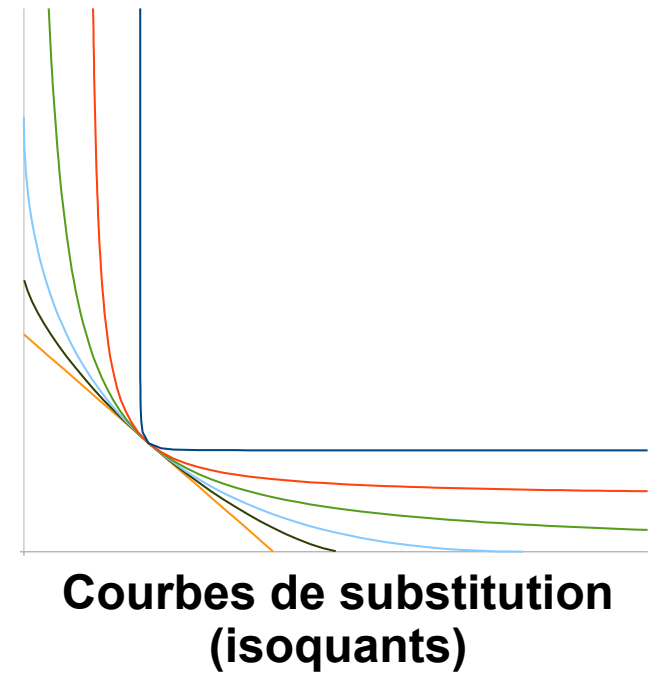
- Économie et énergie, dépendance mutuelle
 - Le couplage énergie-PIB
 - Les 2 comptabilités de l'énergie
- Limites physiques et *illimites* économiques ?
 - Le "modèle du monde"
 - Les modèles macro économiques
- Substitution
 - Exemple de scénario "tout renouvelables"
 - Dématérialisation
- Efficacité énergétique
 - La déjà longue histoire du progrès
 - Effet rebond

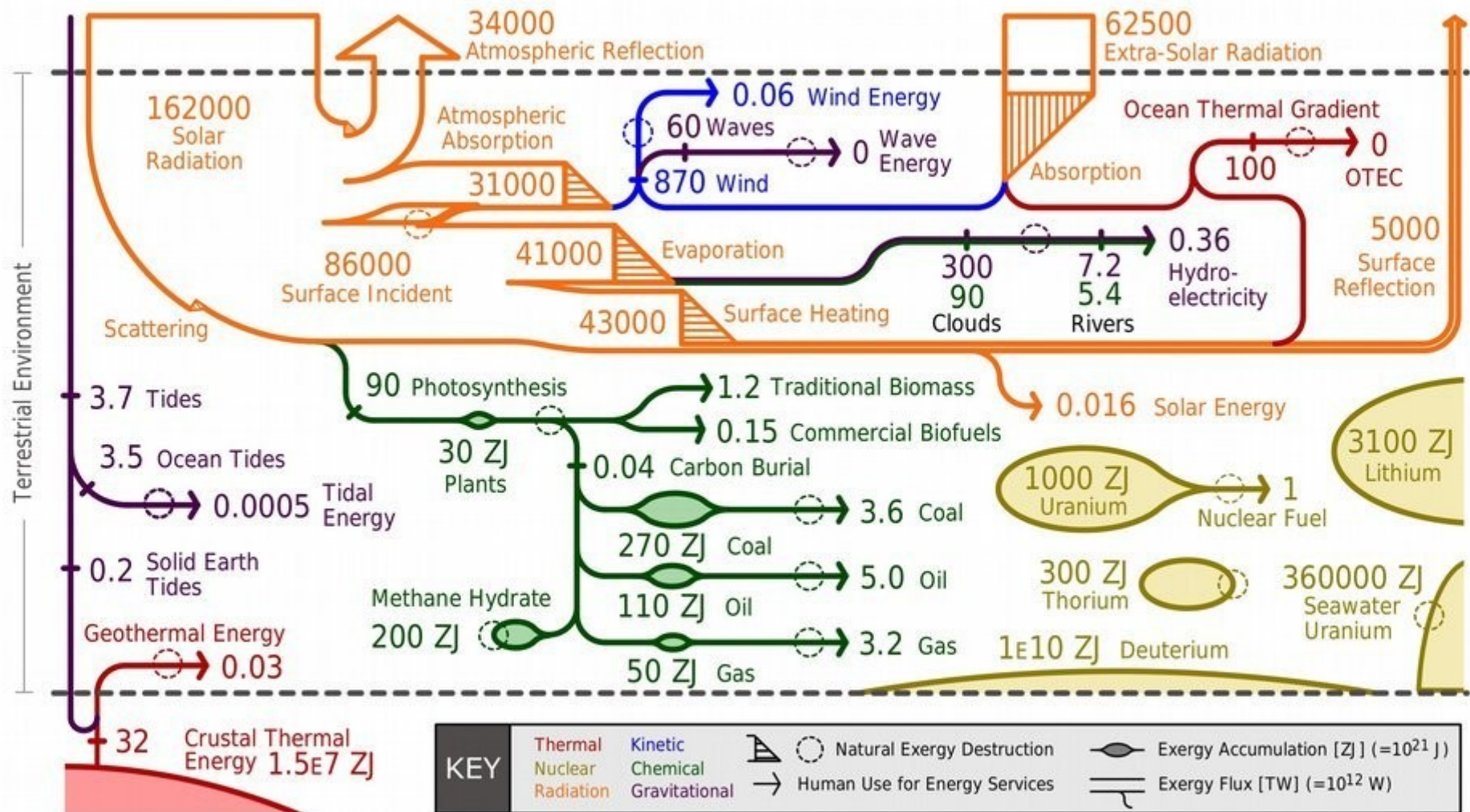
Substitution

Tout est-il substituable ? Et jusqu'à quel point ?

En simplifiant,

- l'économie néoclassique considère que pratiquement tout est substituable (pour peu que l'on ne rechigne pas devant l'importance de la compensation) et donc que le capital naturel peut être remplacé par du capital technique et du capital humain (les "savoirs"),
- l'économie écologique (et la physique) considère que le potentiel de substitution peut être (très) limité voire pratiquement nul dans certains cas et que le capital naturel est pour une grande part irremplaçable.
- On retrouve ainsi l'opposition entre **Soutenabilité faible - soutenabilité forte** (weak vs. strong sustainability)





Exergy is the useful portion of energy that allows us to do work and perform energy services. We gather exergy from energy-carrying substances in the natural world we call energy resources. While energy is conserved, the exergetic portion can be destroyed when it undergoes an energy conversion. This diagram summarizes the exergy reservoirs and flows in our sphere of influence including their interconnections, conversions, and eventual natural or anthropogenic destruction. Because the choice of energy resource and the method of resource utilization have environmental consequences, knowing the full range of energy options available to our growing world population and economy may assist in efforts to decouple energy use from environmental damage.

World wind-water-sun (WWS)

*Plus guère capable de répondre par les progrès d'efficacité,
la technique répond le plus souvent par la taille.*

Table 4

Number of WWS power plants or devices needed to power the world and U.S. total energy demand in 2030 (11.5 and 1.8 TW, respectively, from Table 2), assuming a given partitioning of the demand among plants or devices. Also shown are the footprint and spacing areas required to power the world, as a percentage of the global land area, $1.446 \times 10^8 \text{ km}^2$. Derived from appendix A of Jacobson (2009).

Energy technology	Rated power of one plant or device (MW)	Percent of 2030 power demand met by plant/device	Number of plants or devices needed World	Footprint area (% of global land area)	Spacing area (% of global land area)	Number of plants or devices needed U.S.
Wind turbine	5	50	3.8 million	0.000033	1.17	590,000
Wave device	0.75	1	720,000	0.00026	0.013	110,000
Geothermal plant	100	4	5350	0.0013	0	830
Hydroelectric plant	1300	4	900 ^a	0.407 ^a	0	140 ^a
Tidal turbine	1	1	490,000	0.000098	0.0013	7600
Roof PV system	0.003	6	1.7 billion	0.042 ^b	0	265 million
Solar PV plant	300	14	40,000	0.097	0	6200
CSP plant	300	20	49,000	0.192	0	7600
Total		100		0.74	1.18	
Total new land				0.41 ^c	0.59 ^c	

^a About 70% of the hydroelectric plants are already in place. See Jacobson (2009) for a discussion of apportioning the hydroelectric footprint area by use of the reservoir.

^b The footprint area for rooftop solar PV does not represent an increase in land since the rooftops already exist and are not used for other purposes.

^c Assumes 50% of the wind is over water, wave and tidal are in water, 70% of hydroelectric is already in place, and rooftop solar does not require new land.

M.Z. Jacobson, M.A. Delucchi / Energy Policy 39 (2011) 1154–1169

Application à la Belgique

WWS - Belgique

Pop	11 195 138	0,16%
GDP (\$ int. 2005)	407 620 866 581	0,74%
Wind turbine	47 033	éoliennes (3MW)
Wave device	5 347	type PELAMIS (0,75MW)
Geothermal plant	40	géothermique (100 MW)
Hydroelectric plant	7	hydroélectrique (1,3 GW)
Tidal turbine	3 032	type SEAGEN (1,2 MW)
Roof PV system		
Solar PV plant	1 269 902 592	m ² de photovoltaïque (10m ² /kW)
CSP plant	5 458	type GEMASOLAR (20 MW)

Éoliennes

Macarthur Wind Farm (2012) – Australie

Superficie : 55 km²
Puissance : 420 MW
(140 x 3 MW)
Densité : 7,6 MW/km²
Diamètre : 112 m
Hauteur mat : 100 m

47 033 x 3 MW

**S utile : 50 %
=> 9,2 MW/km²**

Wave device – Énergie de la houle

PELAMIS (2007) - Écosse

Longueur : 120 m
Diamètre : 3,5 m
Puissance : 0,75 MW

5 347 x 0,75 MW

Géothermie

Centrale géothermique de Nesjavellir (1990) Islande

Puiss. élec. : 120 MWe
Puiss. therm. : 300 MWth

40 x 100 MW

Hydroélectricité

Barrage de Keban (1975) – Turquie

Hauteur : 207 m
Longueur : 1 100 m
Retenue : 675 km²
Puissance : 1,330 GW

7 x 1,3 GW



Tidal power - Énergie marémotrice

SEAGEN (2008) – Irlande du Nord

Diamètre : 2 x 16 m

Puissance : 2 x 0,6 MW



3 032 x 1,2 MW

Photovoltaïque

Rovigo (2010) – Italie (Vénétie)



Terrain : 28 000 m²
(2,8 ha)

Puissance : 70 MW

1 269 902 592 m²

ou

113 m²/hab.

ou

11 x tot. toitures

ou

1 814 x 70 MW

Solaire à concentration

GEMASOLAR (2011) – Espagne (Séville)



Tour : 140 m
Terrain : 185 ha
Puissance : 20 MW

5 458 x 20 MW

Application à la Belgique

WWS - Belgique

- Délocalisation ? (Sahara, ...)
 - Analyse géopolitique
 - Production, entretien et renouvellement des équipements et infrastructures ?
 - augmentation de l'ampleur du défi vu la distance
 - augmentation de la part des revenus (et donc du temps d'activité rémunérée) à y consacrer

Économie & énergie

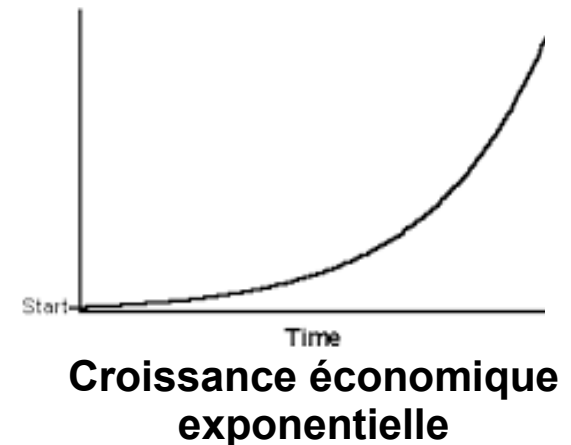
- Économie et énergie, dépendance mutuelle
 - Le couplage énergie-PIB
 - Les 2 comptabilités de l'énergie
- Limites physiques et *illimites* économiques ?
 - Le "modèle du monde"
 - Les modèles macro économiques
- Substitution
 - Exemple de scénario "tout renouvelables"
 - Dématérialisation
- Efficacité énergétique
 - La déjà longue histoire du progrès
 - Effet rebond

Progrès technologique

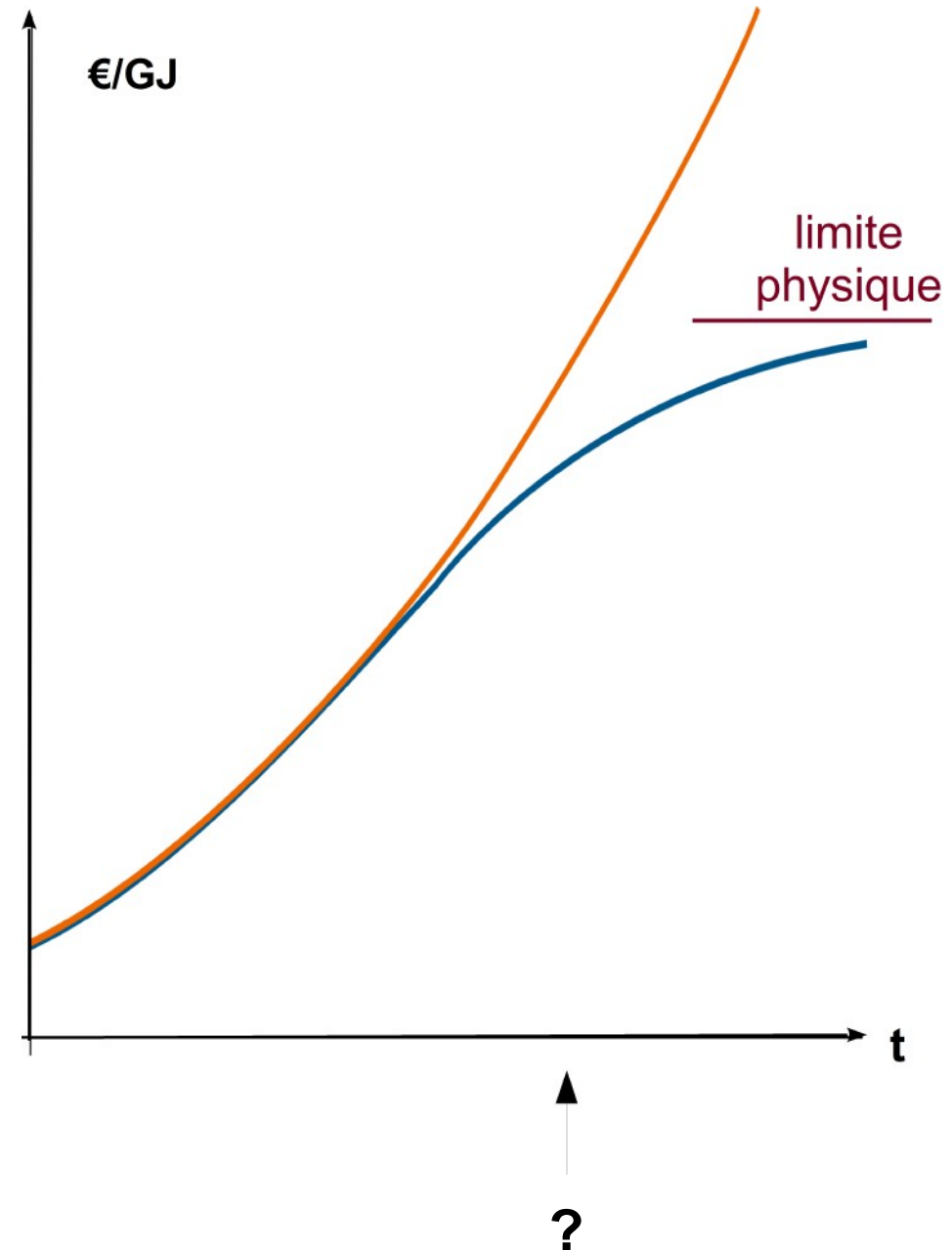
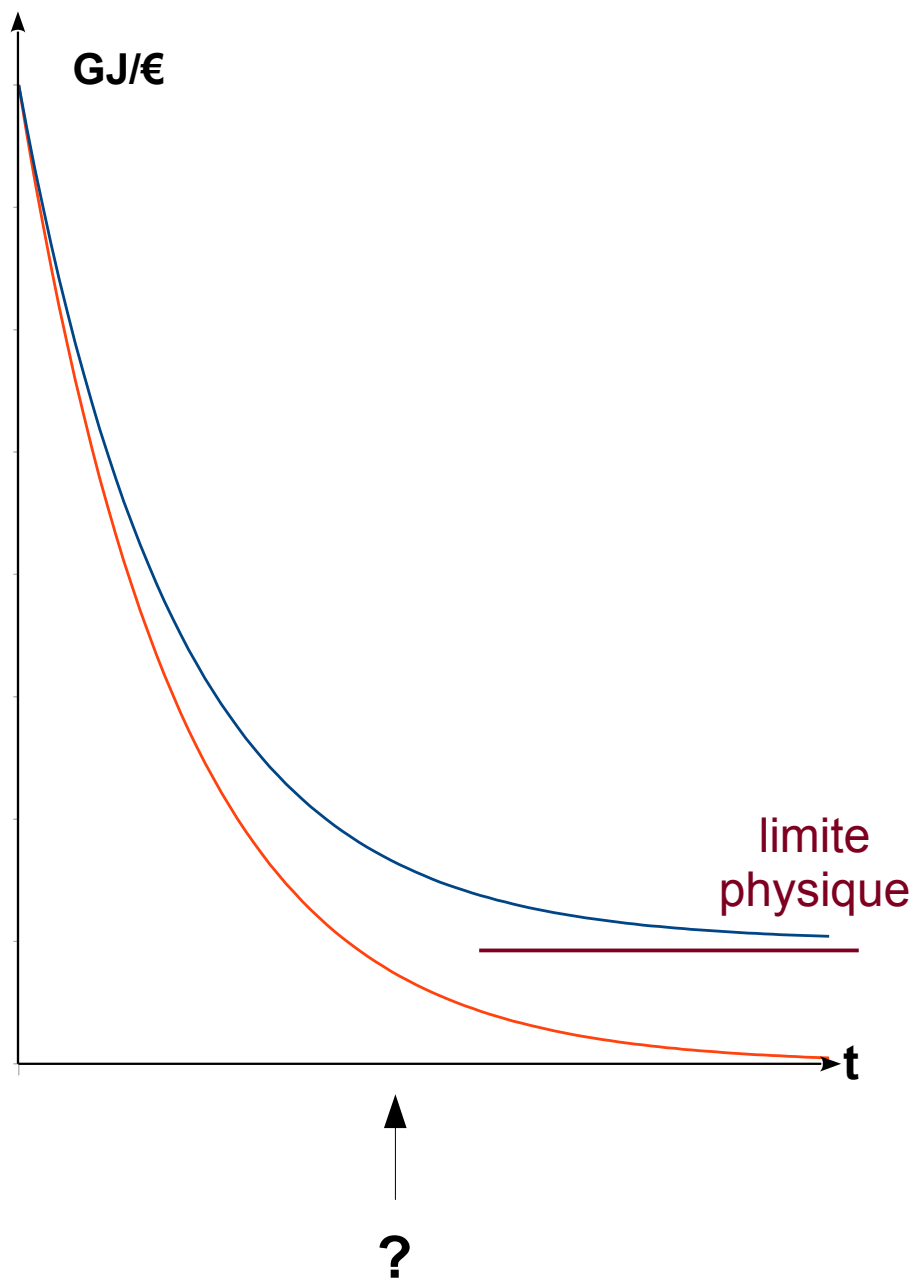
- 1) Le progrès technologique, fondement de la croissance économique ! (par accumulation du capital physique et humain)
- 2) Le progrès technique indéfini : **limité ou illimité** ? (converge ou diverge) ?

En simplifiant,

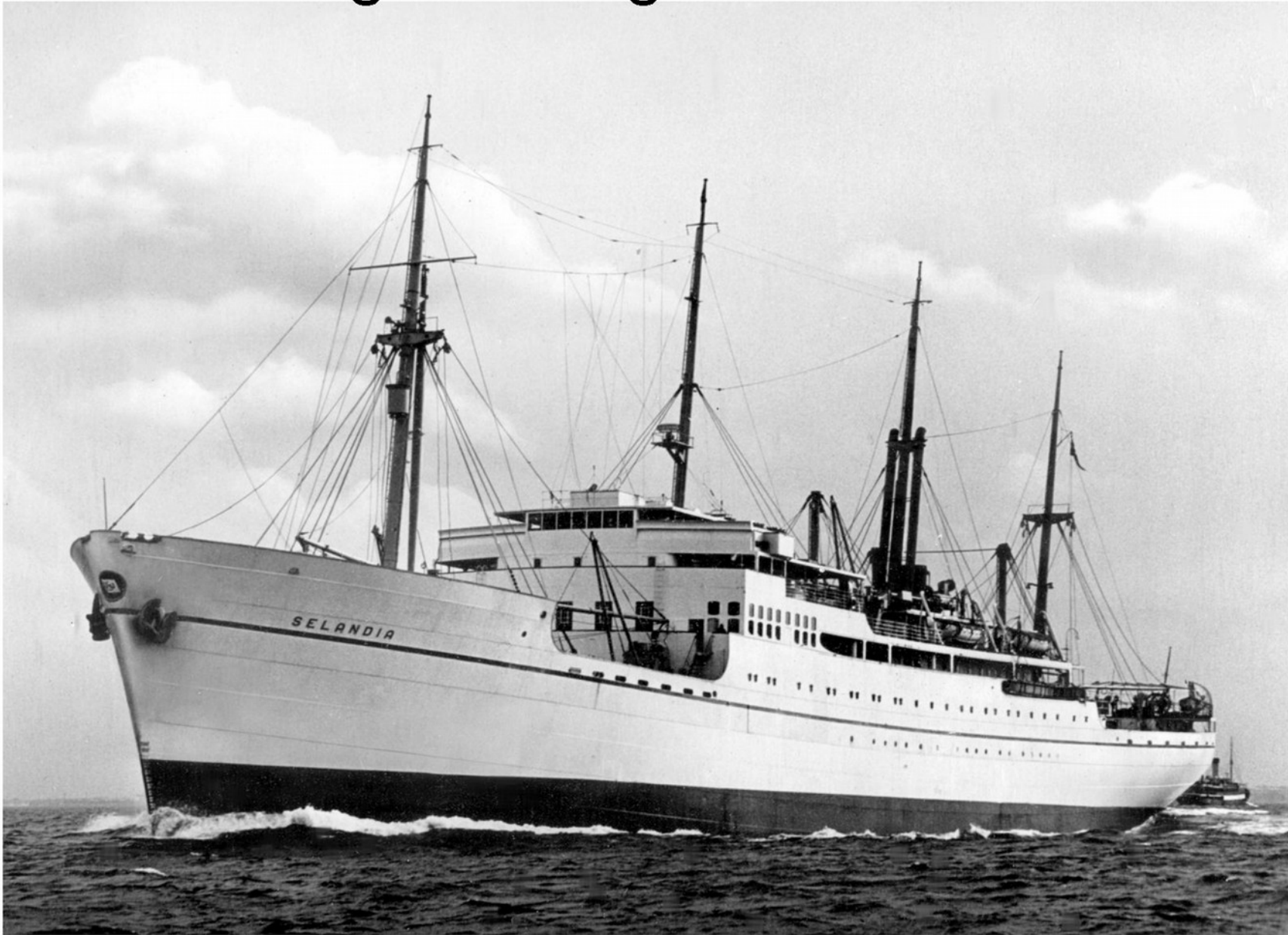
- l'économie néoclassique considère que le progrès technologique suit une exponentielle croissante (pour peu que la volonté politique et le *laissez faire* économique soient présents) et donc que l'on peut toujours produire plus avec moins de ressources naturelles,
- l'économie écologique (et la physique) considère que le progrès technologique est limité par les lois de la physique.



Intensité énergétique & efficacité énergétique

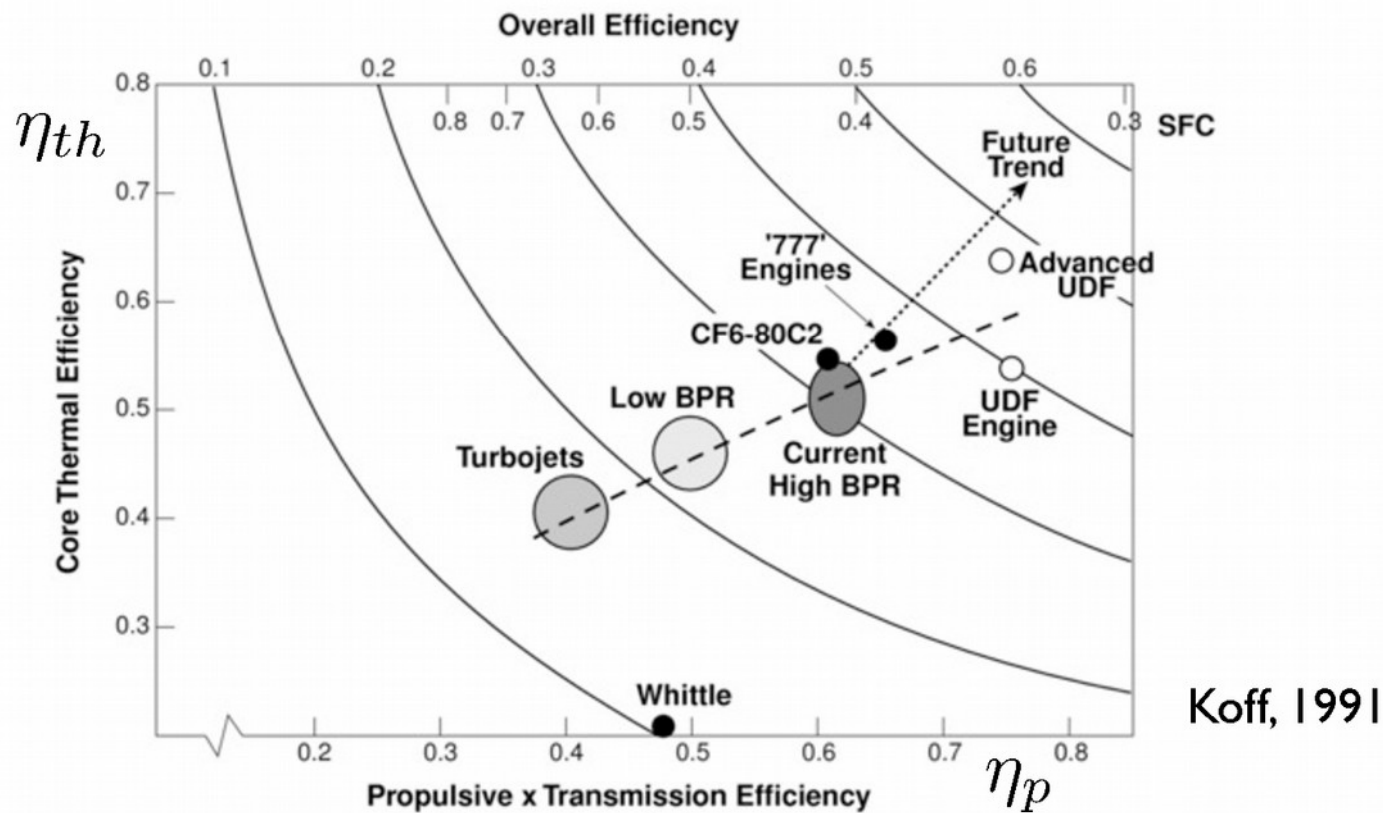
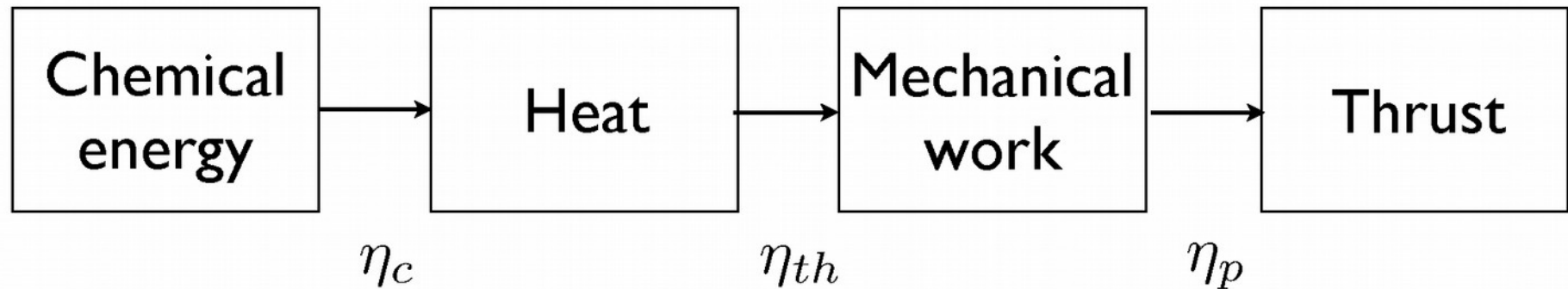


Not suprisingly, efficiency was already a must one century ago and long before that



Selandia (1912)

What are the trends in overall efficiency?
Getting closer to 0.4 only. So it seems there is room for improvement.

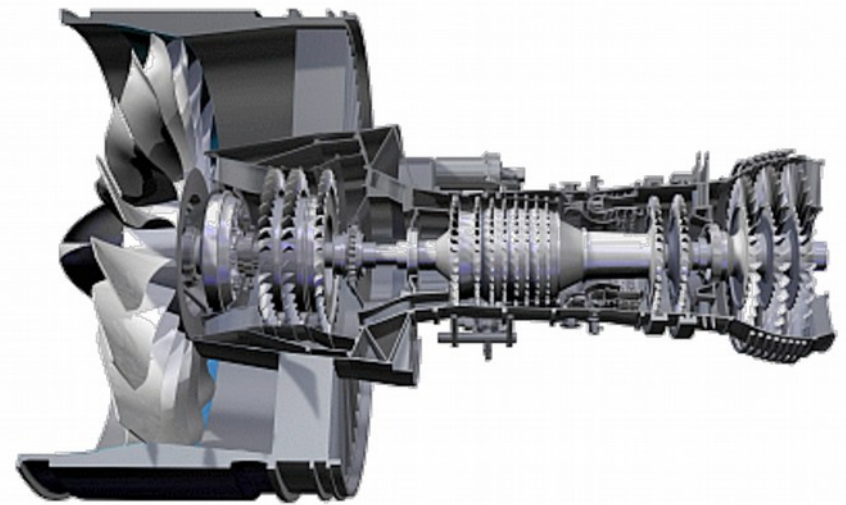


Advanced propulsion systems : a technology marvel leading to an overall efficiency of 0.5 only. Why?

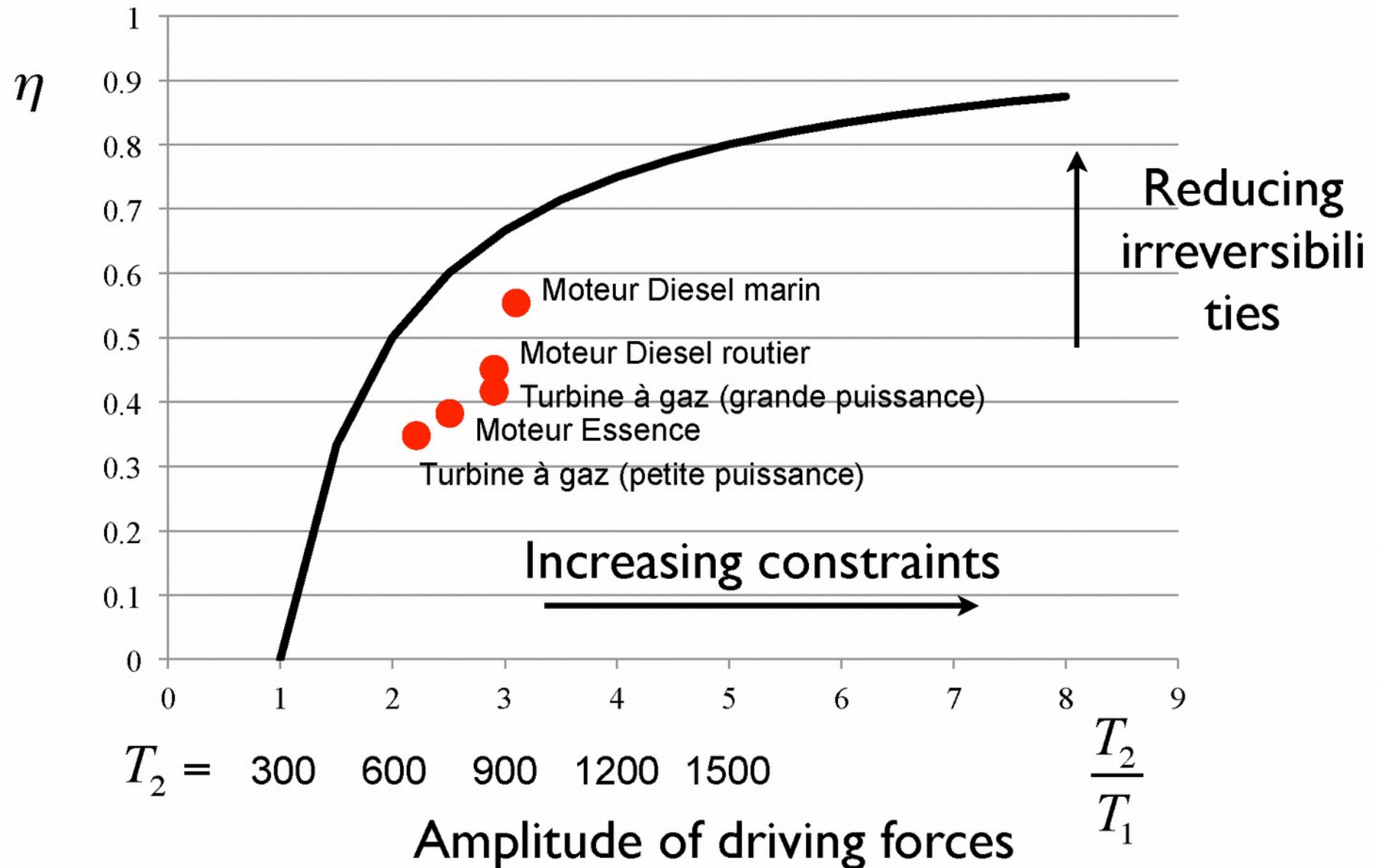
UDF (unducted fan)



GTF (geared turbofan)



Thanks to the second principle of thermodynamics (i.e. physical limits), conversion of thermal energy into work is limited



Both technology level and size matter

Engine

Efficiency

1860 Lenoir's engine

5%

1876 Otto's engine

20%

1896 Diesel's engine

25%

1912 **Selandia's** engine

30%

1986 Marine Diesel engine

48%

2011 Gas engine

45%

2011 Vehicle Diesel engine

42%

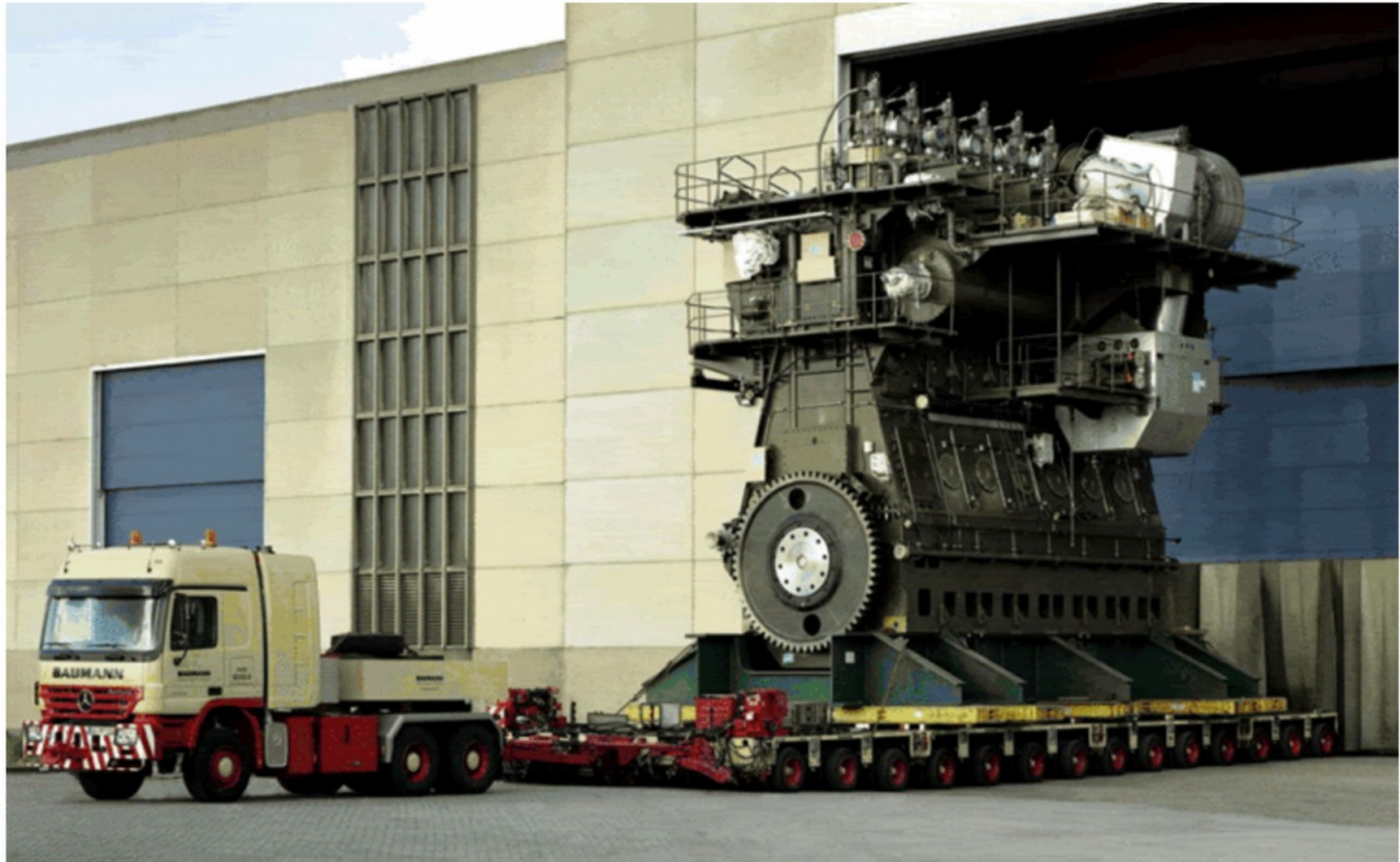
2011 Vehicle gasoline engine

35%

2011 **Marine Diesel engine**

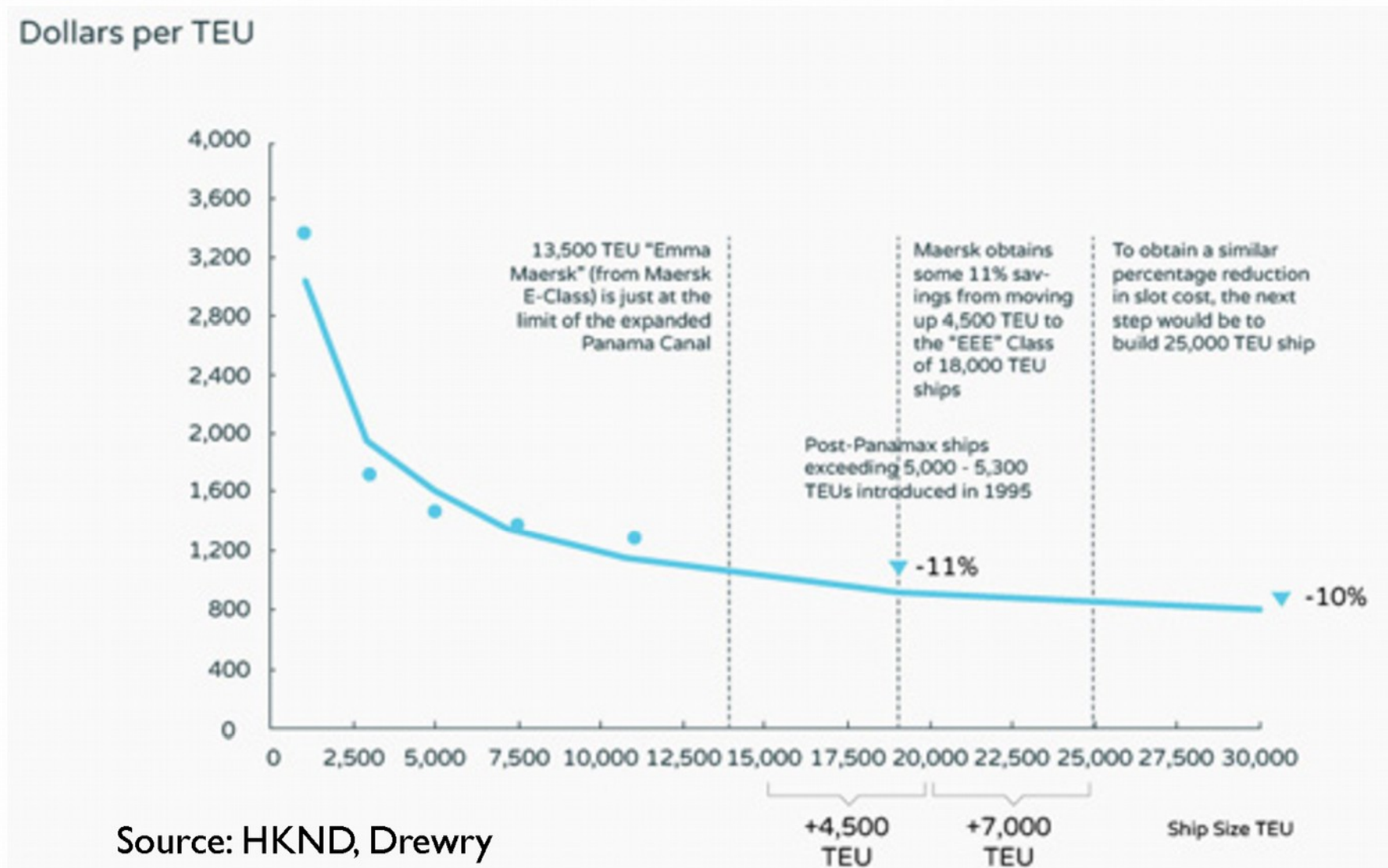
54.4%

Both technology level and size matter

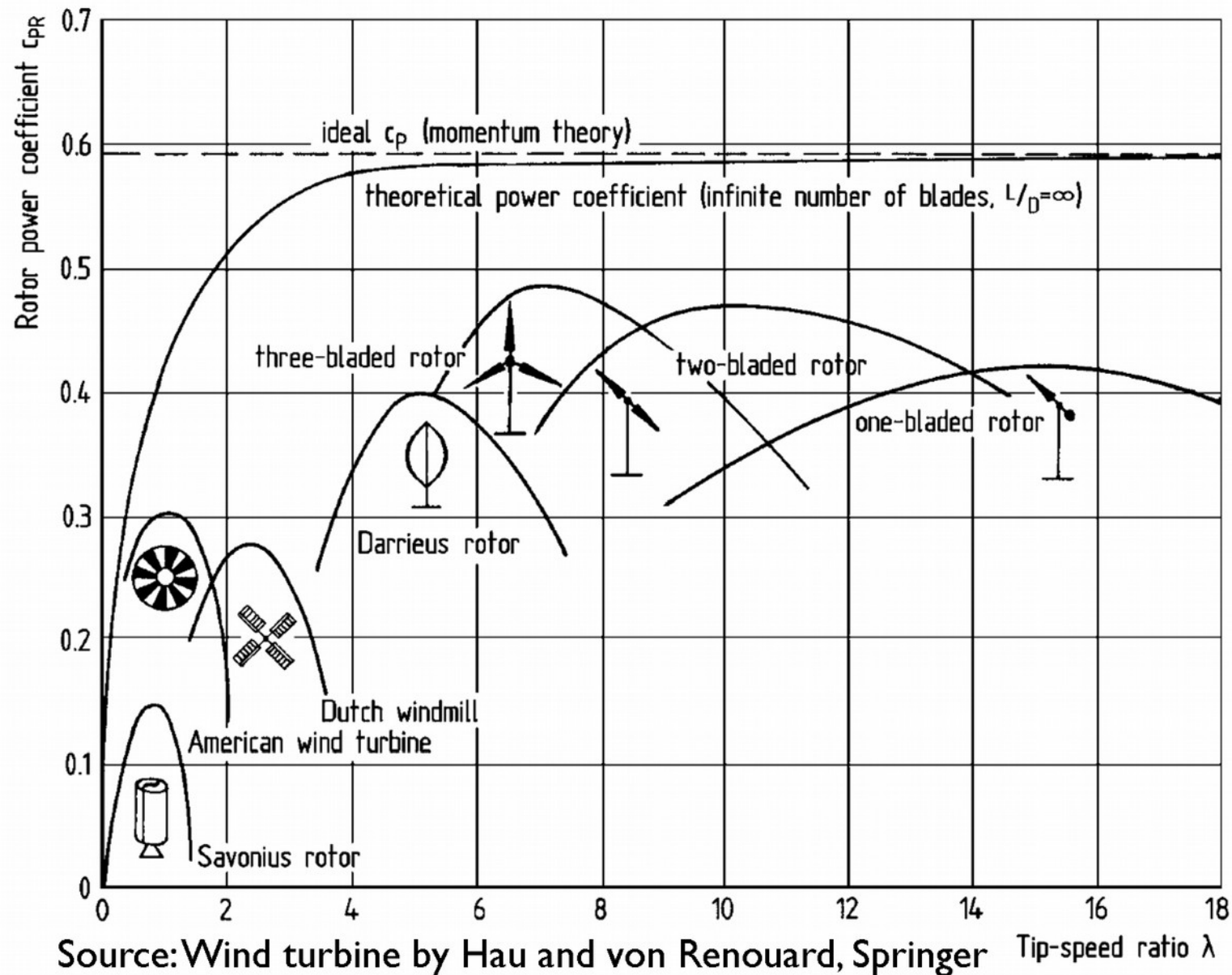


MAN S80ME-C7

Yes, size does really matter : example of ship transportation



Thanks to Betz (i.e. physical limits), wind turbine efficiencies are also limited. The standard technology is already close to the limit



This is true for a majority of processes (example of cement production) where expected gains are limited.

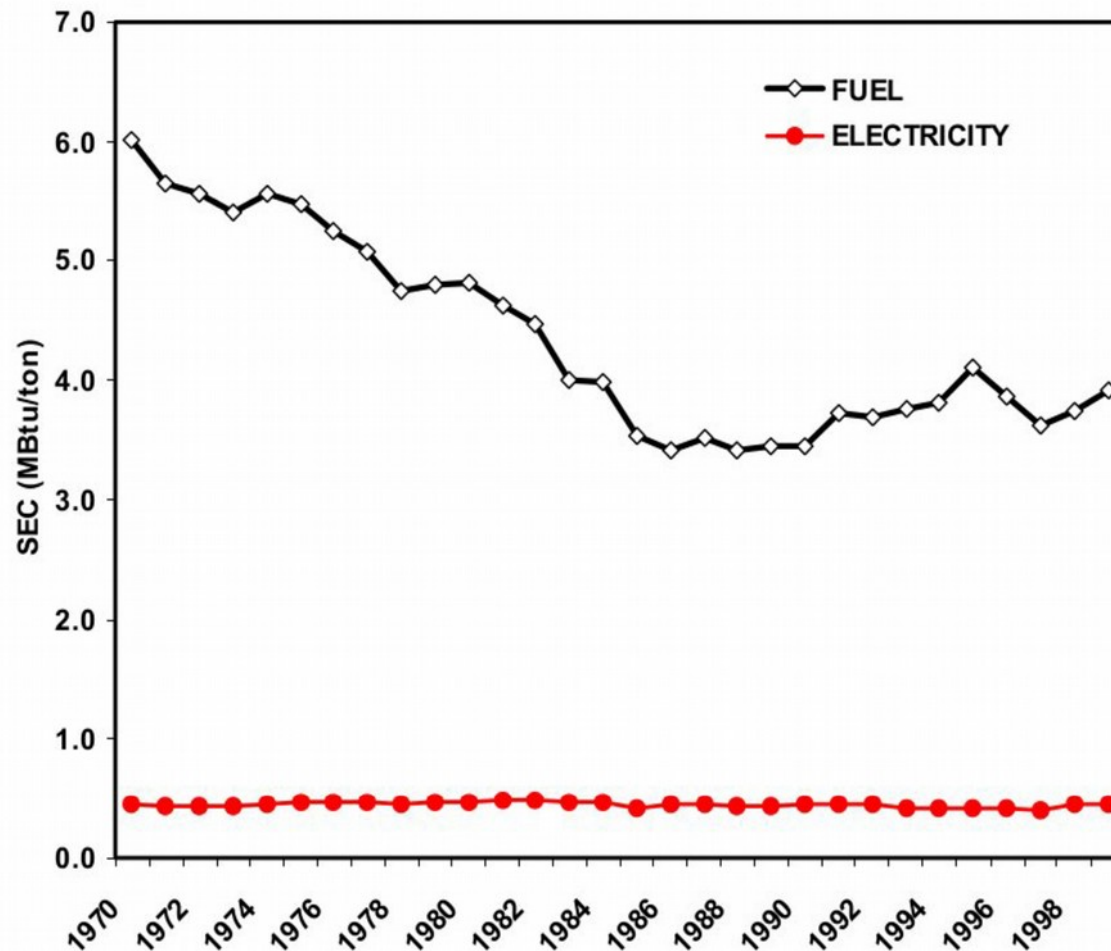


Figure 7. Specific fuel and electricity consumption per ton of cement produced. Energy is expressed as final energy (or site energy) and excludes power generation conversion losses. Fuels include waste fuel use estimates starting in 1977 (based on PCA data, and after 1993 on USGS reported data).

Dématérialisation

- Théories économiques
 - Croissance par la qualité ou par la variété
- Propositions diverses
 - Économie circulaire (Cradle to cradle)
 - Évolution de la structure de l'économie
 - Développement du secteur des services
 - Économie immatérielle, du savoir ... (TIC)

Cependant, les chiffres ne montrent aucune tendance à une dématérialisation de l'économie.

France 2005

Source : INSEE

PIB	29 914	01 Produits alimentaires et boissons non alcoolisées	2 272	07 Transports	2 350
Consommation collective des administrations	2 614	011 Produits alimentaires	2 080	071 Achat de véhicules	605
Formation brute de capital fixe	5 777	012 Boissons non alcoolisées	192	072 Dépenses d'utilisation des véhicules	1 374
Variation de stocks	11	02 Boissons alcoolisées et tabac	530	073 Services de transport	370
Solde balance commerciale	-701	021 Boissons alcoolisées	250	08 Communications	468
Exportations	7 618	022 Tabac	281	081 Services postaux	27
Importations	-8 319	03 Articles d'habillement et chaussures	741	082 Matériel de téléphonie et de télécopie	26
Consommation effective des ménages	22 212	0311 Articles d'habillement	601	083 Services de télécommunications	414
		032 Chaussures, yc réparation	140	09 Loisirs et culture	1 428
13 ISBLSM (ensemble)	616	04 Logement, eau, gaz, électricité et autres combustibles	4 289	091 Matériel audiovisuel, photographique et informatique	310
133 ISBLSM loisirs et culture	93	041 Loyers effectifs	711	092 Autres biens durables culturels et récréatifs	58
134 ISBLSM enseignement	54	042 Loyers imputés	2 392	093 Autres art. et mat. de loisirs, de jard. et anim. de comp.	346
135 ISBLSM action sociale	297	043 Entretien et réparation des logements	221	094 Services récréatifs et culturels	496
136 ISBLSM autres services	173	044 Autres services liés au logement	278	095 Journaux, livres et articles de papeterie	200
14 APU (ensemble)	4 840	045 Électricité, gaz et autres combustibles	688	096 Forfaits touristiques	18
141 APU logement	224	05 Meubles, art. de ménage et entretien courant de l'habit.	984	10 Éducation	141
142 APU santé	2 147	051 Meubles, articles d'ameublement, tapis et autres revêtements de sols	256	11 Hôtels, cafés et restaurants	1 187
143 APU loisirs et culture	281	052 Articles de ménage en textile	44	111 Services de restauration	927
144 APU enseignement	1 449	053 Appareils ménagers	146	112 Services d'hébergement	259
145 APU action sociale	739	054 Verrerie, vaisselle et ustensiles de ménage	105	12 Biens et services divers	1 855
15 Solde territorial	-92	055 Outillage et autre matériel pour la maison et le jardin	74	121 Soins corporels	367
		056 Biens et services liés à l'entretien courant de l'habitation	358	123 Effets personnels n.c.a.	129
		06 Santé	644	124 Action sociale	315
		061 Médicaments et autres prod. pharm., appareils et mat. médicaux	283	125 Assurances	584
		0623 Services médicaux et hospitaliers	361	126 Services financiers	240
				127 Autres services	220

Économie & énergie

- Économie et énergie, dépendance mutuelle
 - Le couplage
 - Les 2 comptabilités de l'énergie
- Mesure ou démesure ? Question de chiffres
 - Exemple de scénario « tout renouvelables »
- Limites physiques et (non) limites économiques
 - le modèle du monde
 - les modèles macro économiques
 - Substitution
 - Efficacité énergétique (et intensité énergétique)
- L'effet rebond
 - Effets micro économiques
 - Effets macro économiques

Jevons paradox

W.S. JEVONS 1835 - 1882



Effet rebond ou paradoxe de Jevons ou postulat de Khazoom-Brookes

Faire plus avec moins !

(recette favorite des environnementalistes, des politiques et des ingénieurs)

Possible mais limité (par les lois de la physique)

Historique :

Thomas Newcomen → James Watt (transition vers 1770)

The coal question (1865)

Micro

Effet direct : 10 – 30 % (GIEC 2014)

Effet de revenu : transfert de consommation

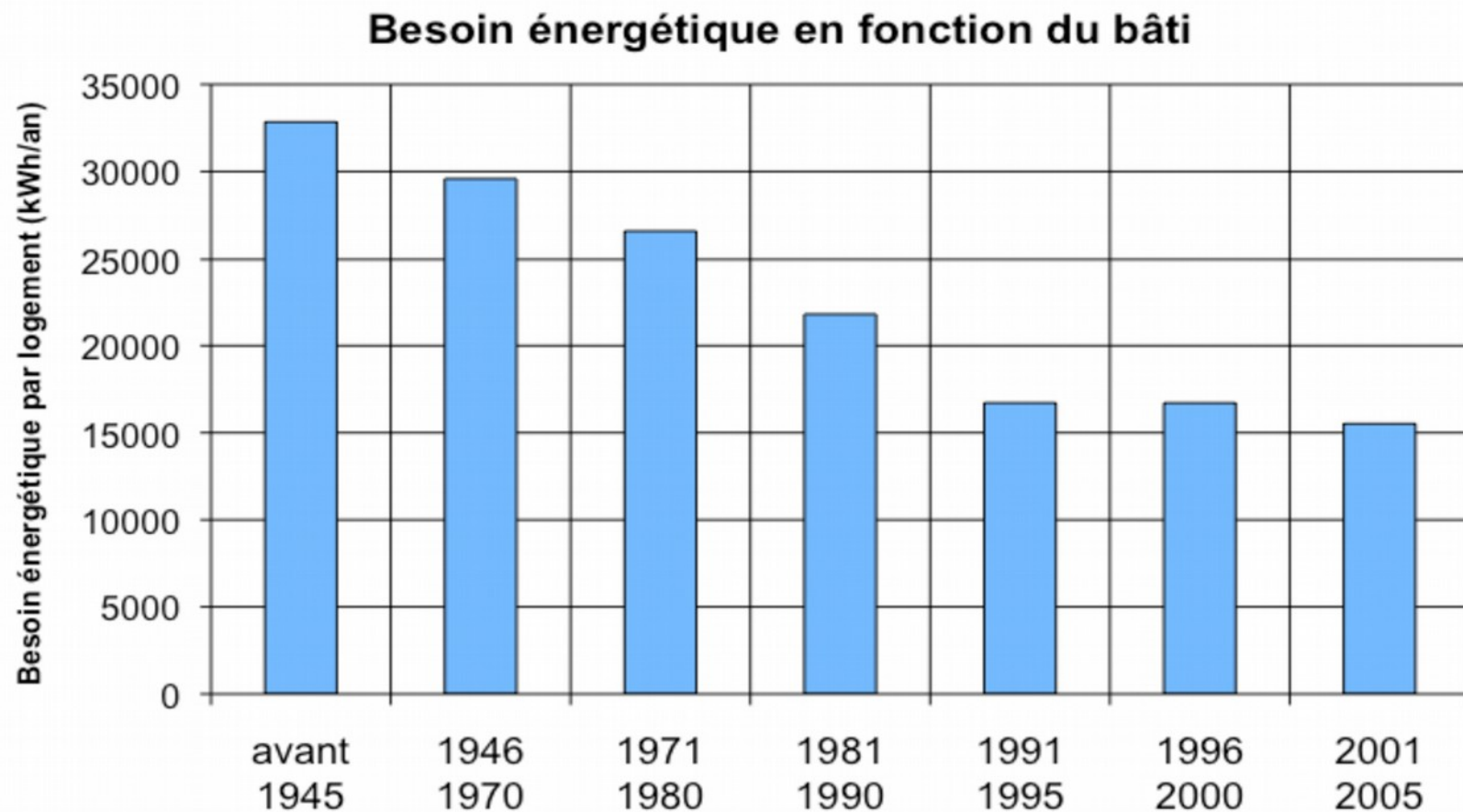
Macro

Effet de prix : opportunité d'achat

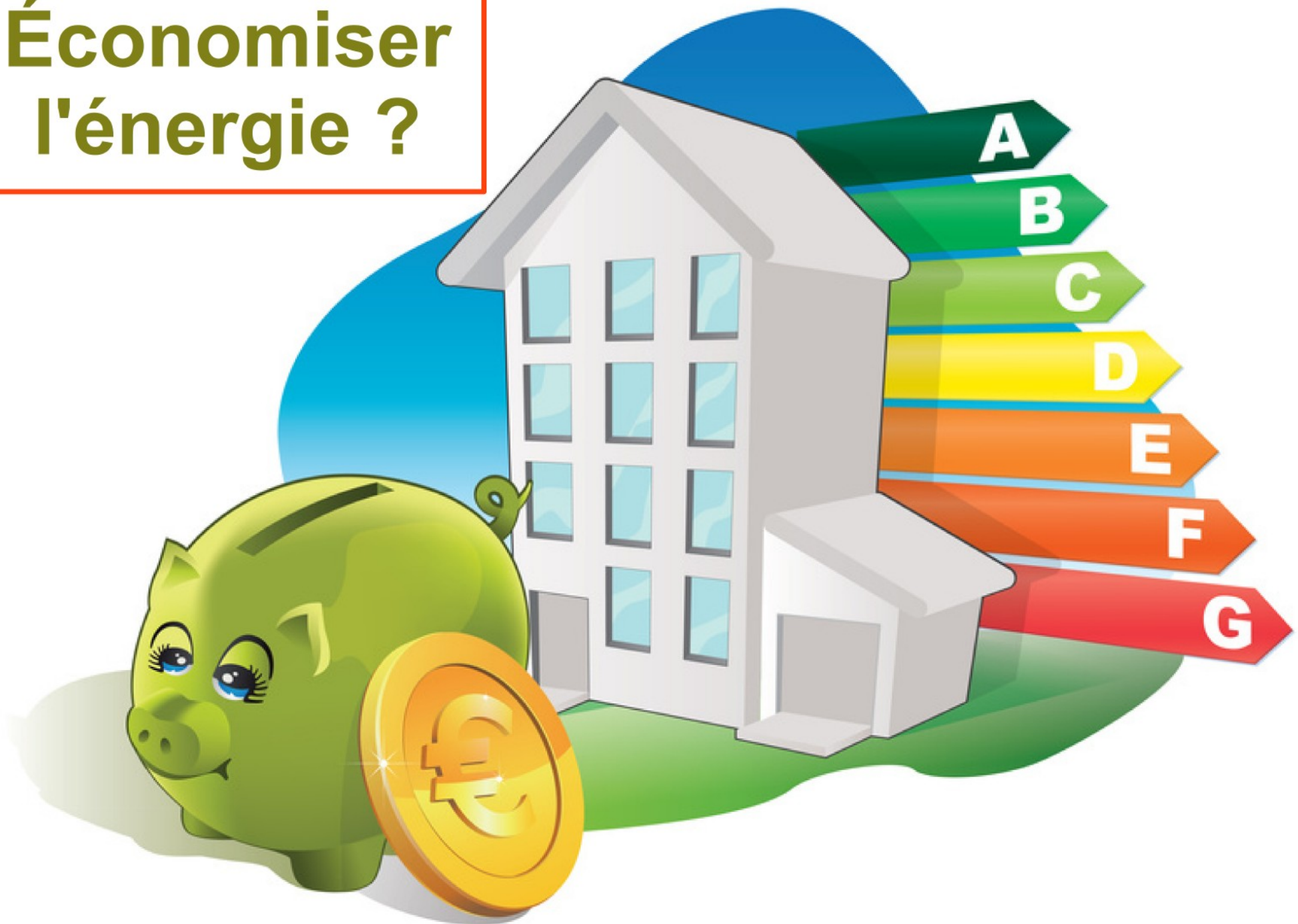
Effets macroéconomiques (innovation, etc.)

Confrontation des intuitions aux observations...

There are some exceptions like heating needs in buildings that could go down to zero



Économiser l'énergie ?





Se déplacer ?



Habiter ?