

Transition énergétique : maximiser le retour énergétique à long terme

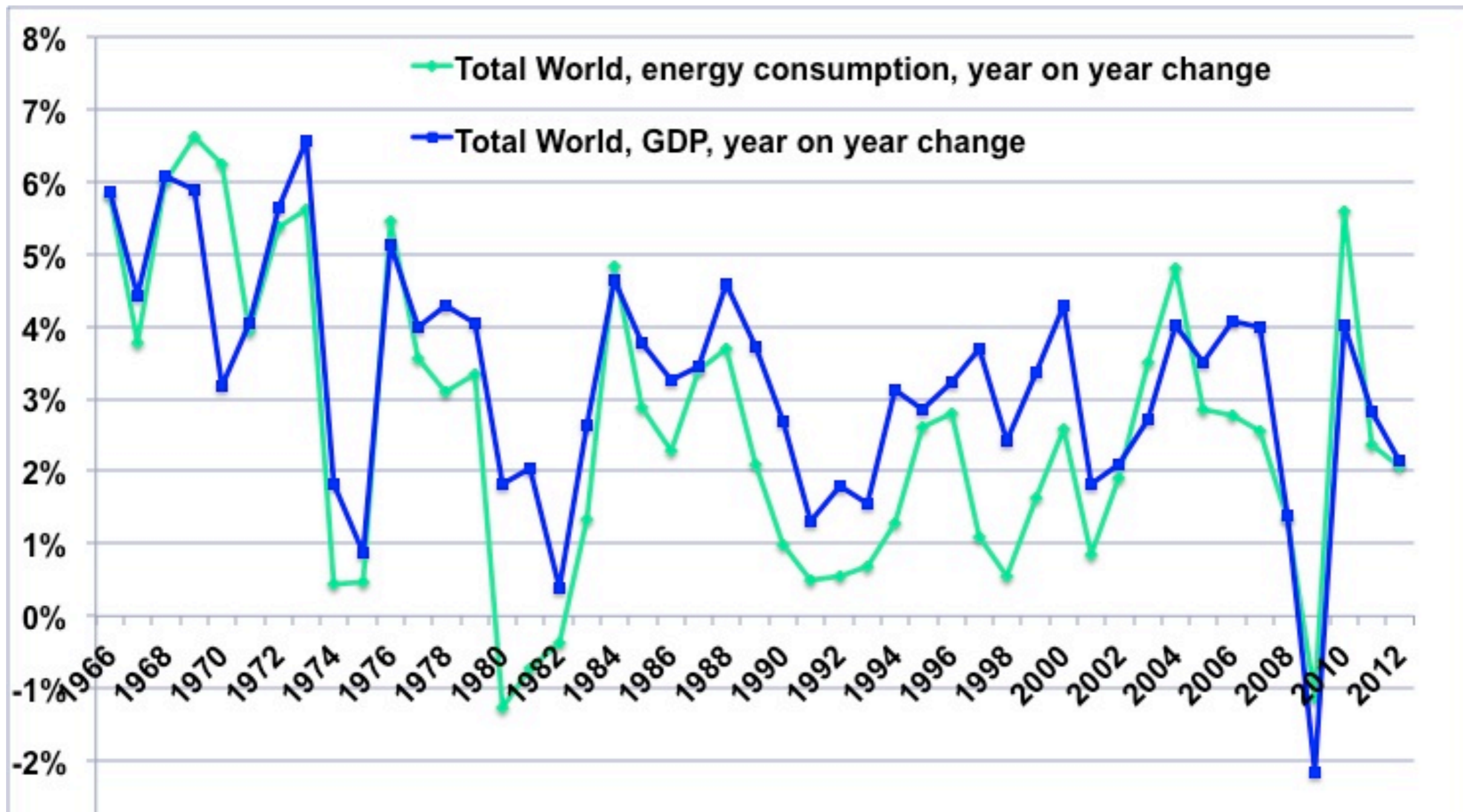
Un système dynamique à piloter délicatement

Raphael Fonteneau

A quoi vous sert « l'énergie » ?

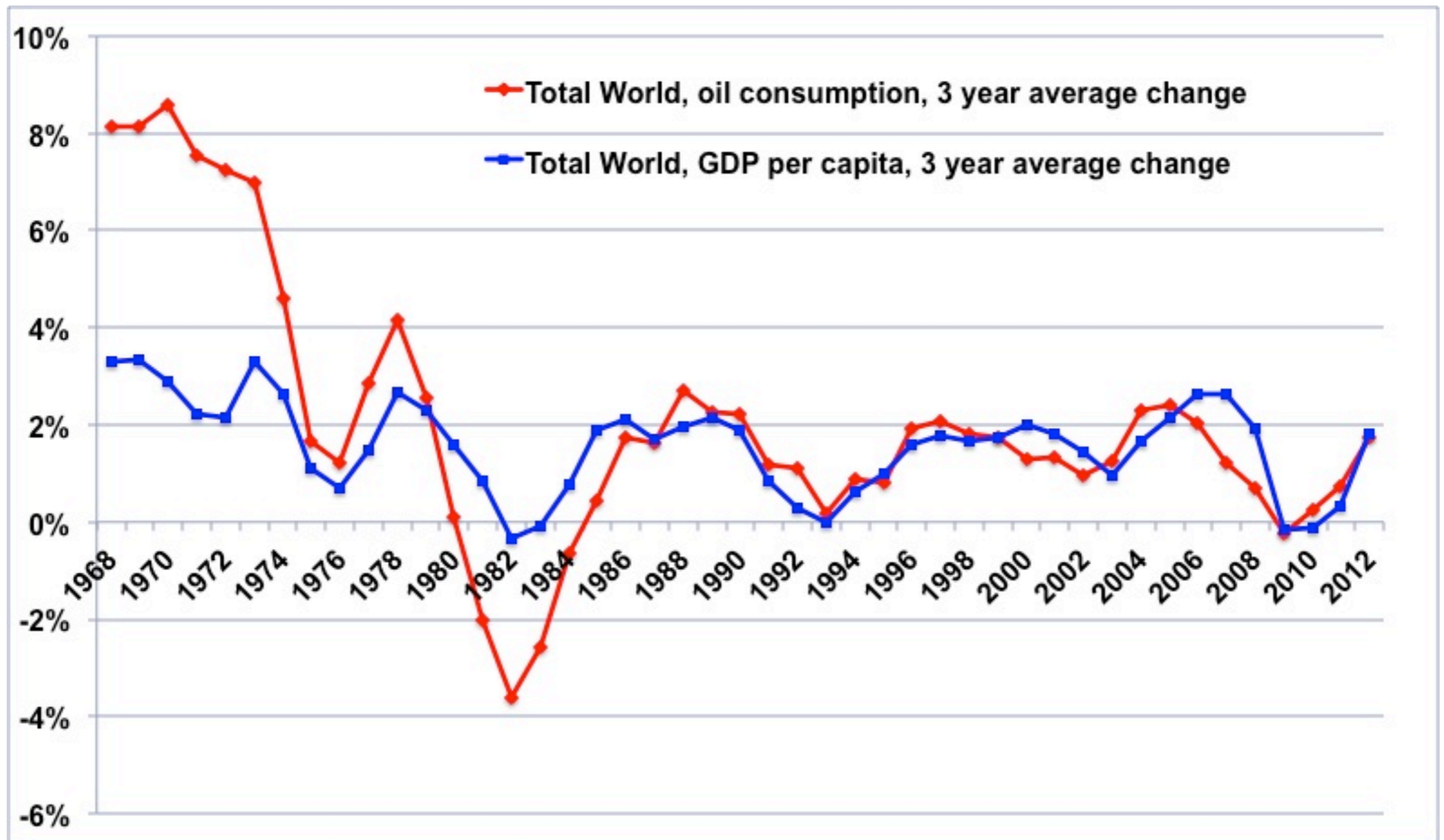
Energie et société

- La diversification massive des activités humaines a été rendue possible par **l'accroissement de la productivité du travail**
- Cette dernière a offert aux humains la possibilité de **passer plus de temps sur des tâches autres** que produire de la nourriture, des vêtements et des logements
- L'accroissement de la productivité du travail est essentiellement due à l'**utilisation croissante de « machines »** qui nécessitent de l'énergie
- Un cercle vertueux se met en marche, car la croissance de l'énergie disponible permet indirectement d'**augmenter l'efficacité énergétique** de ces « machines »
- En particulier, **le progrès social est aussi une conséquence directe de l'accès à une énergie abondante**
- **L'énergie est donc à la base de la société contemporaine telle qu'on la connaît aujourd'hui en Europe**



Variation de la consommation d'énergie (en vert) et du PIB en dollars constants (en bleu), pour le monde. Données World Bank pour le PIB et BP stat pour l'énergie

Sources: Jean-Marc Jancovici, « *L'économie aurait-elle un vague rapport avec l'énergie?* », LH Forum, 27 septembre 2013



Variation lissée de la consommation mondiale de pétrole (rouge) et du PIB par personne (bleu). Source World Bank 2013 pour le PIB, BP Stat 2013 pour le pétrole

Sources: Jean-Marc Jancovici, « *L'économie aurait-elle un vague rapport avec l'énergie?* », LH Forum, 27 septembre 2013

Point de vue plus « économique »

- Des recherches récentes (Giraud et al.) montrent que la **sensibilité** (l'« élasticité ») du PIB par habitant par rapport à l'énergie primaire est de l'ordre de 60% (moyenne mondiale)
- Ces recherches montrent également que la **causalité** est univoque dans le sens accroissement de l'énergie disponible -> accroissement du PIB

*A lire: Gaël Giraud, du CNRS : << **Le vrai rôle de l'énergie va obliger les économistes à changer de dogme** » : <http://petrole.blog.lemonde.fr/2014/04/19/gael-giraud-du-cnrs-le-vrai-role-de-lenergie-va-obliger-les-economistes-a-changer-de-dogme/>*

Le problème

- Environ 80% de l'énergie finale consommée par nos sociétés est **d'origine non-renouvelable**
- Toute baisse de la quantité d'énergie disponible implique une **contraction du PIB** potentiellement très « déstabilisante »
- **Pérenniser** le mode de vie contemporain nécessite très probablement de continuer à **avoir accès à de grandes quantités d'énergie** (au moins le temps d'augmenter l'efficacité énergétique...)

Un système dynamique à piloter délicatement

Le problème

- On dispose d'un **budget énergétique** sous forme d'énergies fossiles non-renouvelables (ex: pétrole, gaz, charbon,...)
- Ces ressources servent actuellement (en partie) aussi à **mettre en place les moyens de production d'énergie renouvelable « décarbonnée »** (éoliennes, panneaux photovoltaïques, centrales nucléaires,...), mais aussi **les outils permettant de les gérer** (moyens de stockage, smart grids, etc)
- **Comment allouer efficacement ce budget d'énergie** de manière à réaliser une transition énergétique vers un système quasi-indépendant des énergies non-renouvelables tout en conservant un niveau de consommation d'énergie finale élevé ?

La transition vers un monde où l'on pourrait se passer des énergies fossiles non-renouvelables nécessite l'utilisation de ces énergies pour y parvenir.

EROI: un point de vue purement énergétique

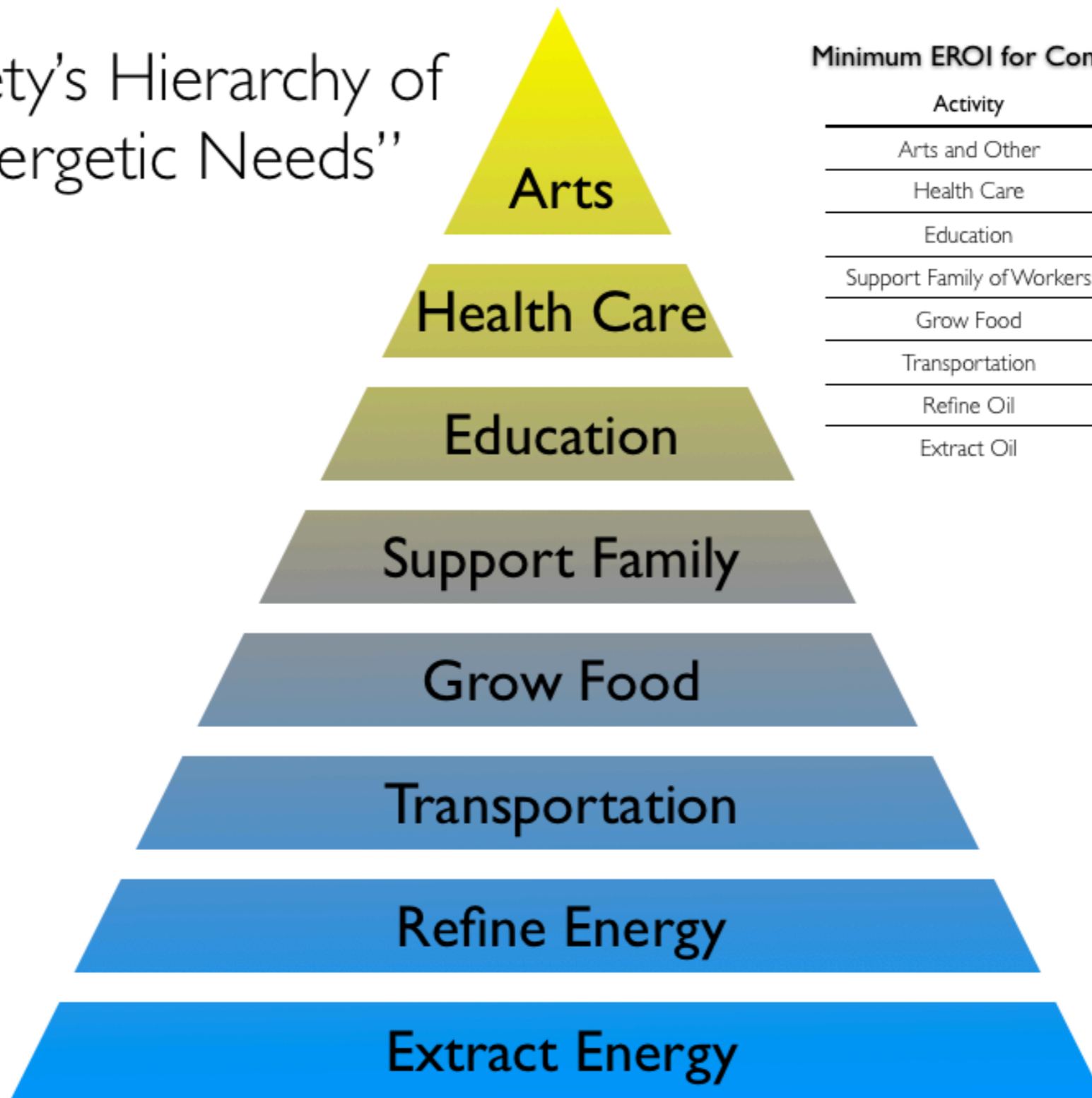
- EROI : « Energy Return over Investment », le **taux de retour énergétique**
- Il s'agit du « *ratio d'énergie utilisable acquise à partir d'une source donnée d'énergie, rapportée à la quantité d'énergie dépensée pour obtenir cette énergie* » (Wikipedia)
- Au plus ce ratio est élevé, au plus une technologie **rapporte de l'énergie** à la société qui l'utilise
- On utilise la notation 1:X

Quelques chiffres

- Pétrole en 1930 (USA) : environ 1:100
- Pétrole et gaz (mondial) en 1999 : 1:35
- Pétrole et gaz (mondial) en 2006 : 1:18
- Fission nucléaire (USA) : 1:5-15
- Photovoltaïque : 1:6-12
- Eolien : 1:18
- Energie hydraulique : > 1:100

Source: EROI of Global Energy Resources - Preliminary Status and Trends - Jessica Lambert, Charles Hall, Steve Balogh, Alex Poisson, and Ajay Gupta State University of New York, College of Environmental Science and Forestry Report 1 - Revised Submitted - 2 November 2012 DFID - 59717

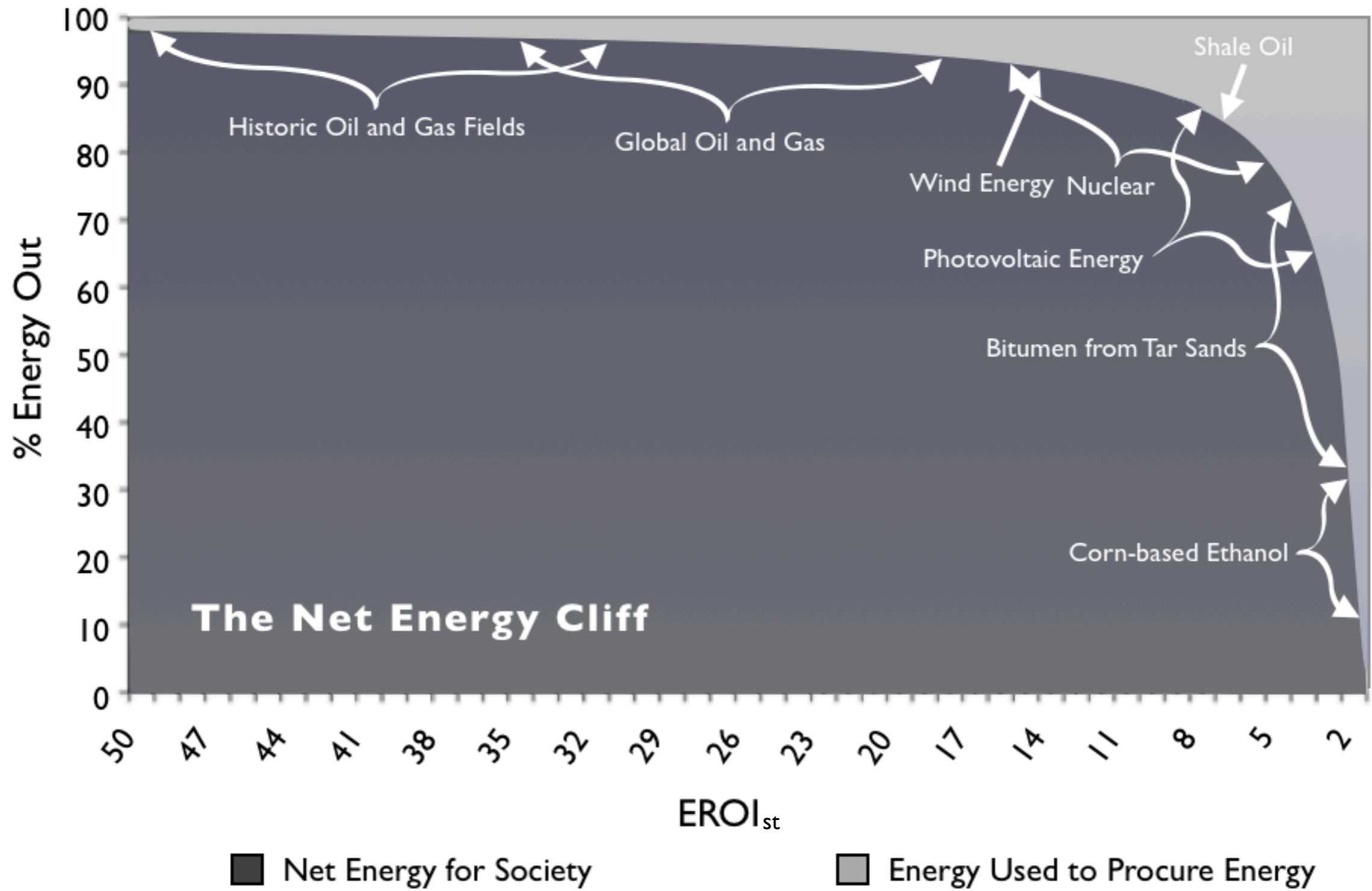
Society's Hierarchy of "Energetic Needs"



Minimum EROI for Conventional Sweet Crude Oil

Activity	Minimum EROI Required
Arts and Other	14 : 1
Health Care	12 : 1
Education	9 or 10 : 1
Support Family of Workers	7 or 8 : 1
Grow Food	5 : 1
Transportation	3 : 1
Refine Oil	1.2 : 1
Extract Oil	1.1 : 1

Source: EROI of Global Energy Resources - Preliminary Status and Trends - Jessica Lambert, Charles Hall, Steve Balogh, Alex Poisson, and Ajay Gupta State University of New York, College of Environmental Science and Forestry Report 1 - Revised Submitted - 2 November 2012 DFID - 59717



Source: *EROI of Global Energy Resources - Preliminary Status and Trends* - Jessica Lambert, Charles Hall, Steve Balogh, Alex Poisson, and Ajay Gupta State University of New York, College of Environmental Science and Forestry Report 1 - Revised Submitted - 2 November 2012 DFID - 59717

Exercice : « dessinez » le système dynamique « production d'énergie mise à disposition de la société » en transition énergétique

Pour aller plus loin

- Voir les travaux de **Jean-Marc Jancovici** (Ingénieur Polytechnicien, expert énergie-climat) : www.manicore.com, et en particulier :
 - « *L'économie aurait-elle un vague rapport avec l'énergie ?* », LH Forum, 27 septembre 2013
 - « *Gérer la contrainte carbone, un jeu d'enfant ?* » <http://youtu.be/KV33L5p7Zg8>
- Voir les travaux de **Gaël Giraud** (Economiste, Directeur de Recherche CNRS) : www.gaelgiraud.net, et en particulier:
 - « *Quel lien direct entre le PIB et l'énergie ?* » <http://youtu.be/vW7WywnOxas>
- Un portail de données (par **The Shift Project**) : <http://www.tsp-data-portal.org>