



Les enjeux énergétiques mondiaux II

<http://www.quefutur.org>

Résumé

- A) Crises environnementales (dont climatique) graves (humanité) et urgentes (décennie). Donc nécessité (entre autres) de stopper les émissions de CO₂ !
- B) Combustibles fossiles (+ de 80%) n'ont pas de substitut à la hauteur, ni renouvelables, ni nucléaires.
- C) Pas de croissance du bien être avec la croissance de la consommation (au delà de la satisfaction des besoins de base).
- D) Couplage fort entre croissance économique et consommation d'énergie (limites vs. infini).
- E) And so what ? Rôle des individus et des États. Quel modèle d'organisation pour une société développée qui disposera de moins d'énergie et donc de moins d'économie ?

- Quels sont les principaux débats scientifiques et de société ?
- Quelle place pour les ingénieurs (physiciens) dans ces débats ? Quelle éthique ?

pas de débat scientifique.
(Naomi Oreskes)

Débatu.

Littérature abondante.

Débat majeur.
Économie vs. Physique.

Peu de littérature sur le **niveau étatique**.

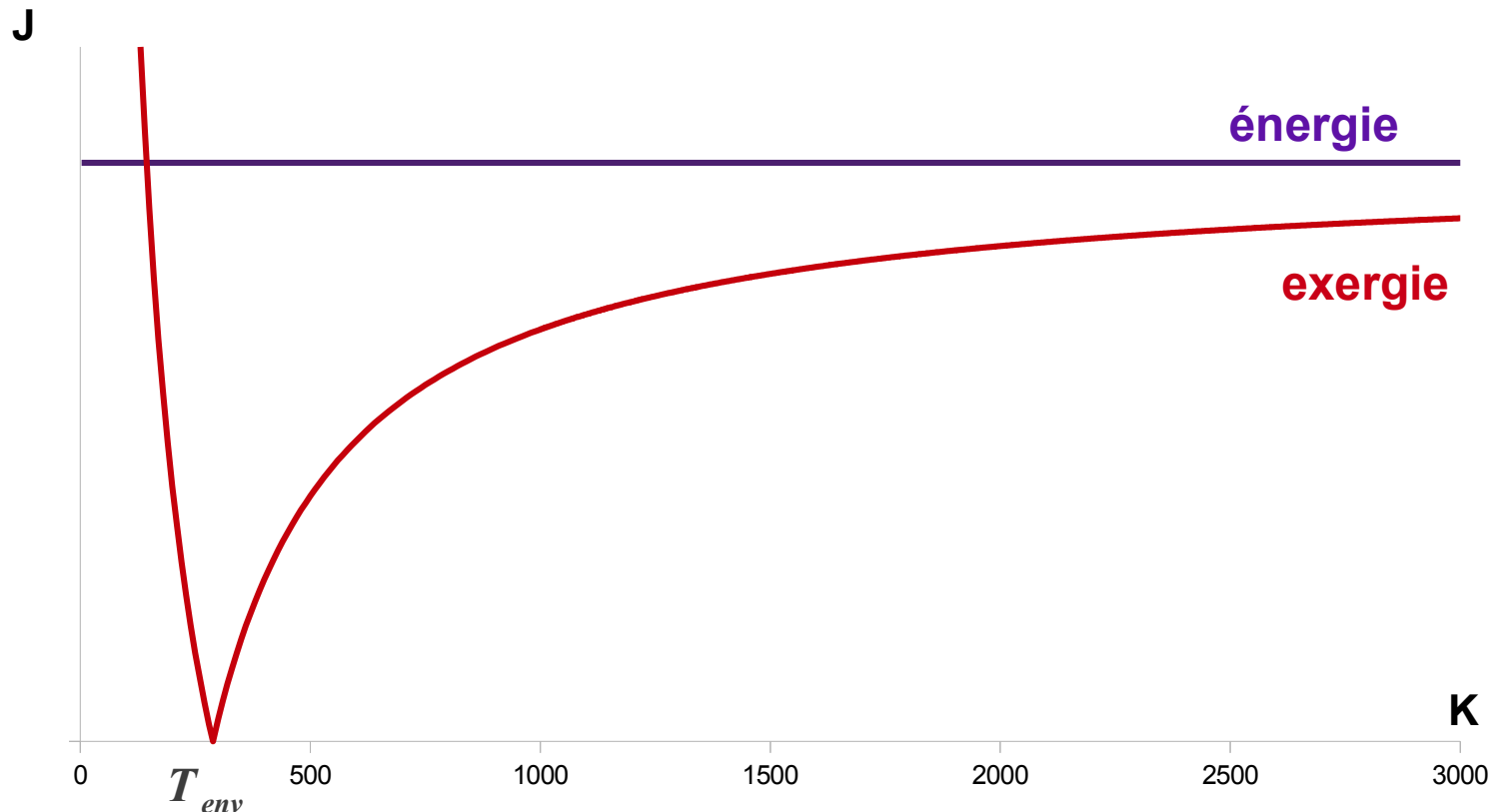
Exergie ?

- L'énergie se conserve. C'est l'exergie que l'on consomme, dont la quantité diminue.
- Inconvénient, ce n'est pas une fonction d'état car T_{env} varie.
- Concept central quand l'énergie est limitée et qu'on cherche à en optimiser l'usage.

Maximum d'énergie mécanique récupérable (énergie utile)

$$X_{nf} = U - T_{env} S$$

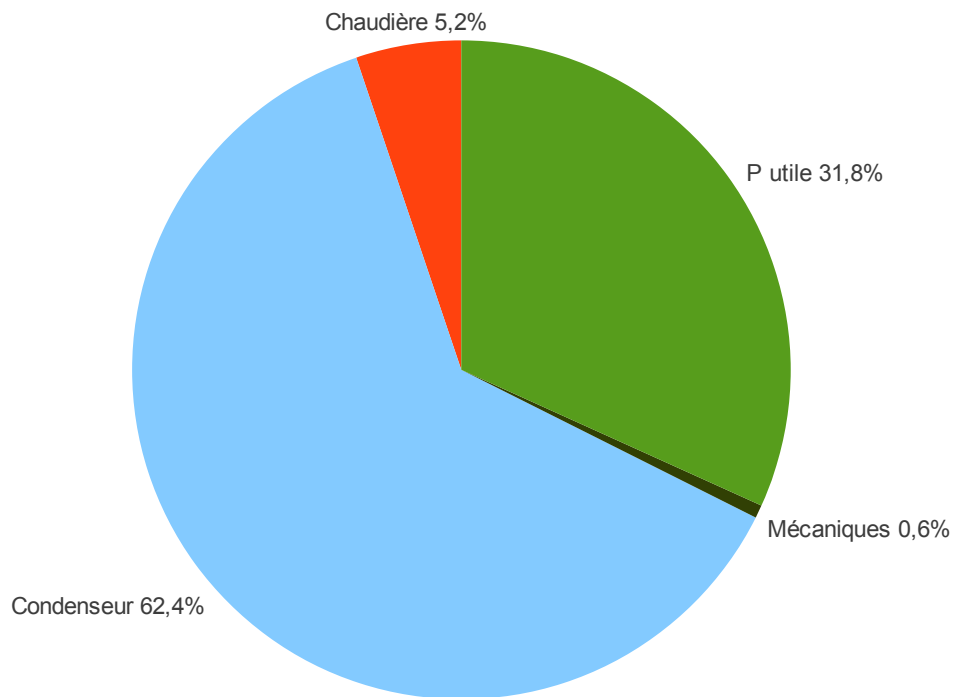
$$X_f = H - T_{env} S$$



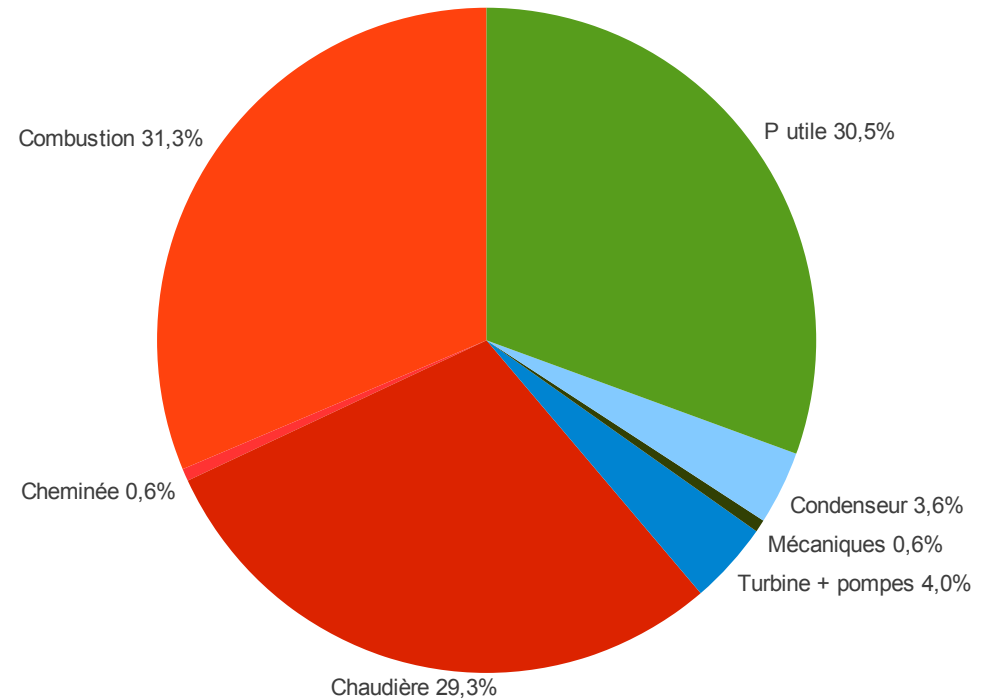
Cycle de Rankine - Hirn

Deux points de vue vraiment très différents !

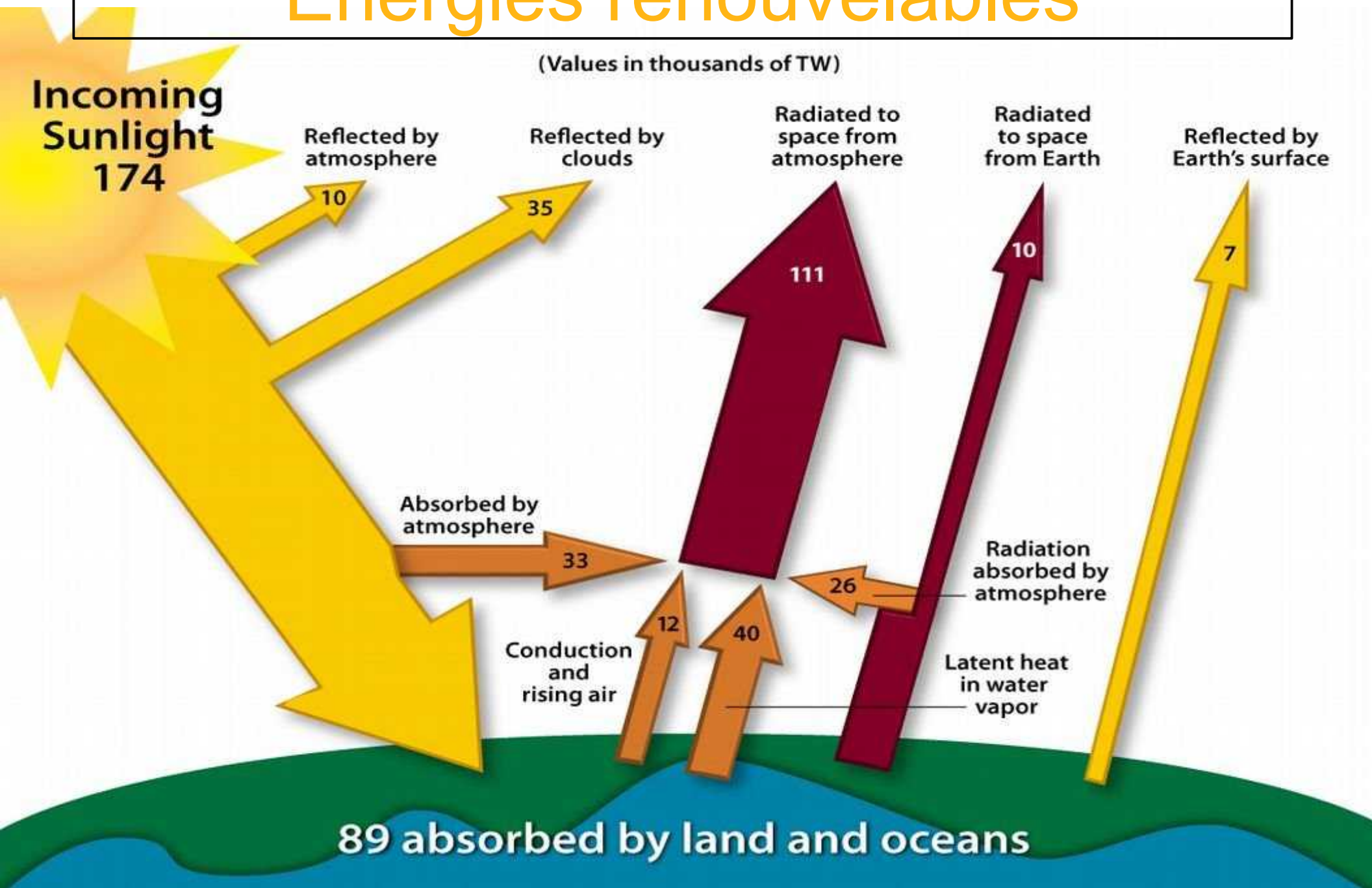
Énergie



Exergie

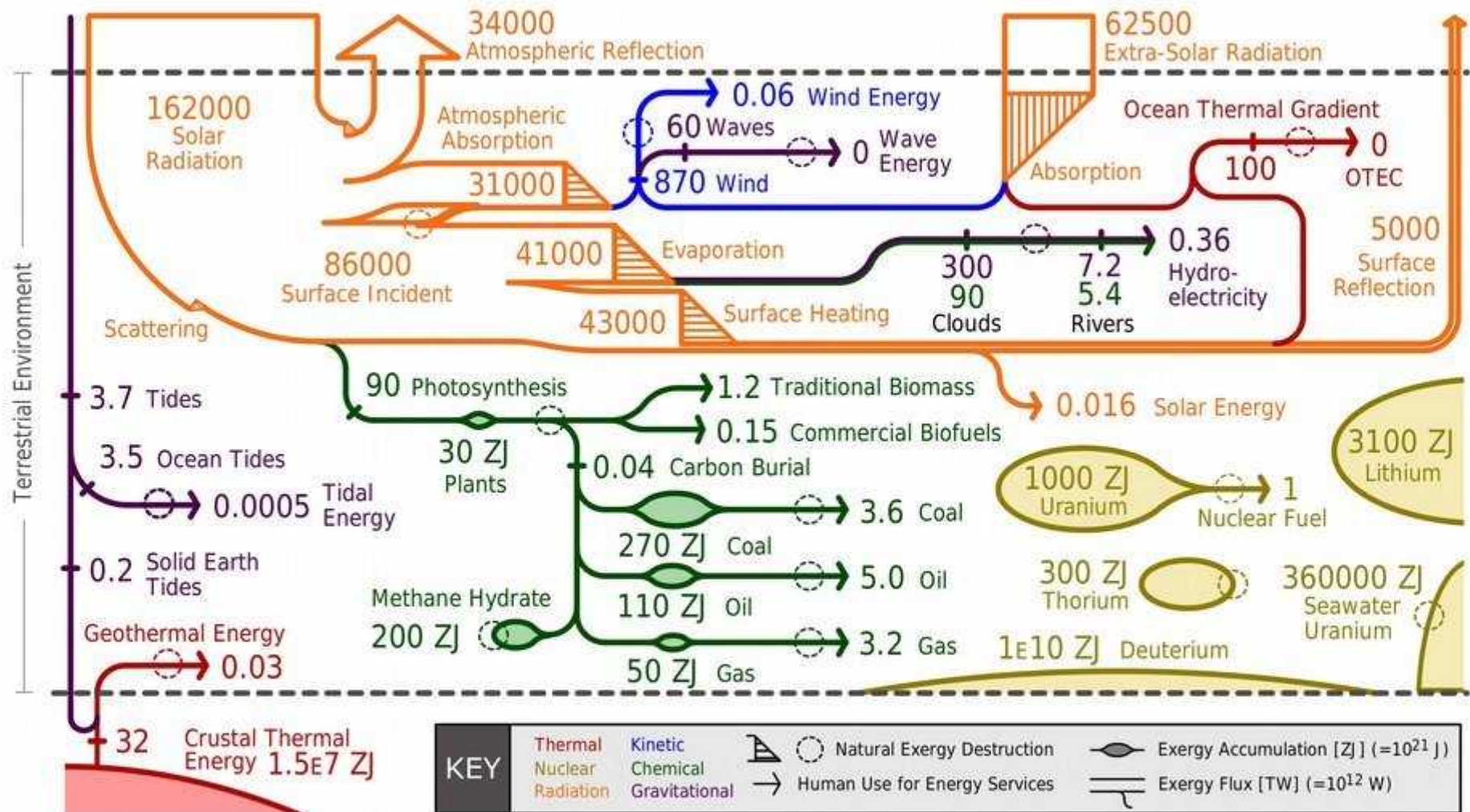


Énergies renouvelables



174 000 TW du Soleil face à 16 TW consommés par l'humanité !

Global Exergy Flux, Reservoirs, and Destruction



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.

Potentiel des énergies renouvelables

2011 – Solar 0,04 % – Wind 0,31 % – Geoth 0,26 %

Différence entre faisabilité à petite échelle (technique) et faisabilité généralisée (**massive**)

- Compétition pour les usages du territoire – énergies extensives (ex. agrocarburants),
- Acceptabilité sociale, risques (court et (très) long terme),
- Disponibilité des matières premières (ex. métaux rares),
- Géopolitique, conflits ou captation (ex. pic des exportations de pétrole),
- Disponibilité (construction) des outils de production des équipements,
- Prise en compte des réalités humaines : corruption, incompetence, malveillance, violences et terrorisme, etc.

Exemple DESERTEC

Les ingénieurs devraient prendre en compte ces aspects dans leurs analyses et ce n'est souvent ni naturel ni facile.

Recherches et littérature scientifique

Littérature scientifique parcellaire, dominée par les économistes et les environnementalistes, peu de présence des physiciens.

- Est-il normal que de la littérature de référence soit commanditée par l'industrie (des énergies renouvelable) ?
Par exemple, le scénario **Energy [R]evolution**, EREC + Greenpeace, mis en avant par le GIEC.
- N'est-il pas de la responsabilité des chercheurs universitaires d'examiner indépendamment le potentiel des énergie renouvelable ?
- Les ingénieurs (articulation entre la physique et la technique) ne doivent-ils pas davantage participer à l'étude de cette question très technique ?
- Comment contourner la difficulté si les résultats sont peu optimistes et ne rencontrent donc pas l'intérêt des politiques, des médias et de la société ? (problème du financement de la recherche)

La technique au service de l'humain ou l'humain au service de la technique ?

Science → Technique → Production industrielle

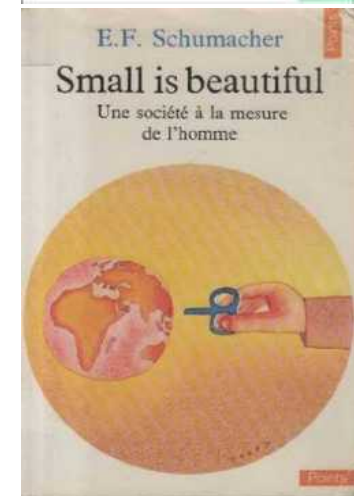
Ivan Illich (1926-2002),
penseur de l'écologie politique et une figure importante de la critique de la société industrielle.

La Convivialité, Seuil, 1973



Ernst « Fritz » **Schumacher** (1911-1977),
économiste britannique.

Small is beautiful. Une société à la mesure de l'homme,
Seuil, coll. "Points", 1979 (ed. originale 1973).



Géo-ingénierie

Capturer le CO₂

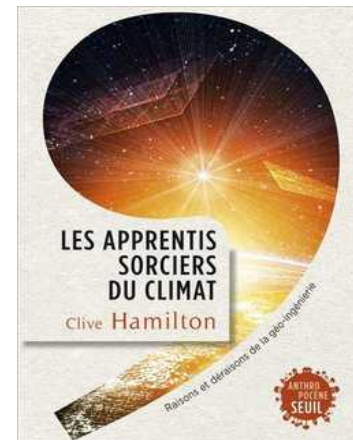
- ensemercer les océans avec du sulfate fer => augmentation du plancton
- enfouir du charbon de bois dans le sol (biochar)
- **capturer et stocker du CO₂** dans des couches géologiques ou au fond des océans

Diminuer l'ensoleillement

- pulvériser de sulfures dans la stratosphère (imiter les volcans)
- "blanchir" les nuages
- modifier l'orbite de la Terre
- etc.

Clive Hamilton, (1953-) histoire, psychologie, mathématiques, économie, intellectuel australien et professeur d'Ethique Publique.

Les Apprentis Sorciers du Climat,
Seuil 2013



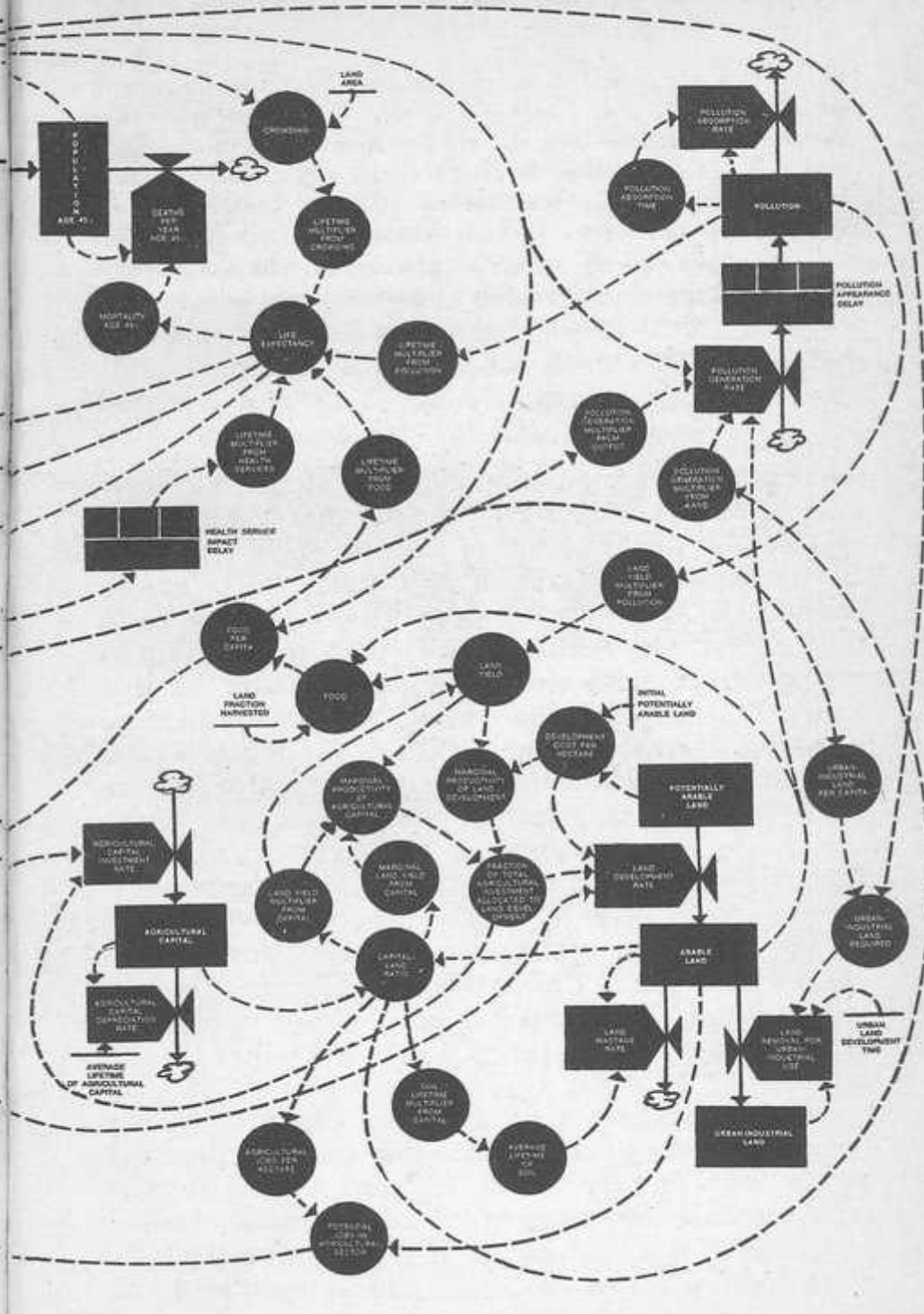
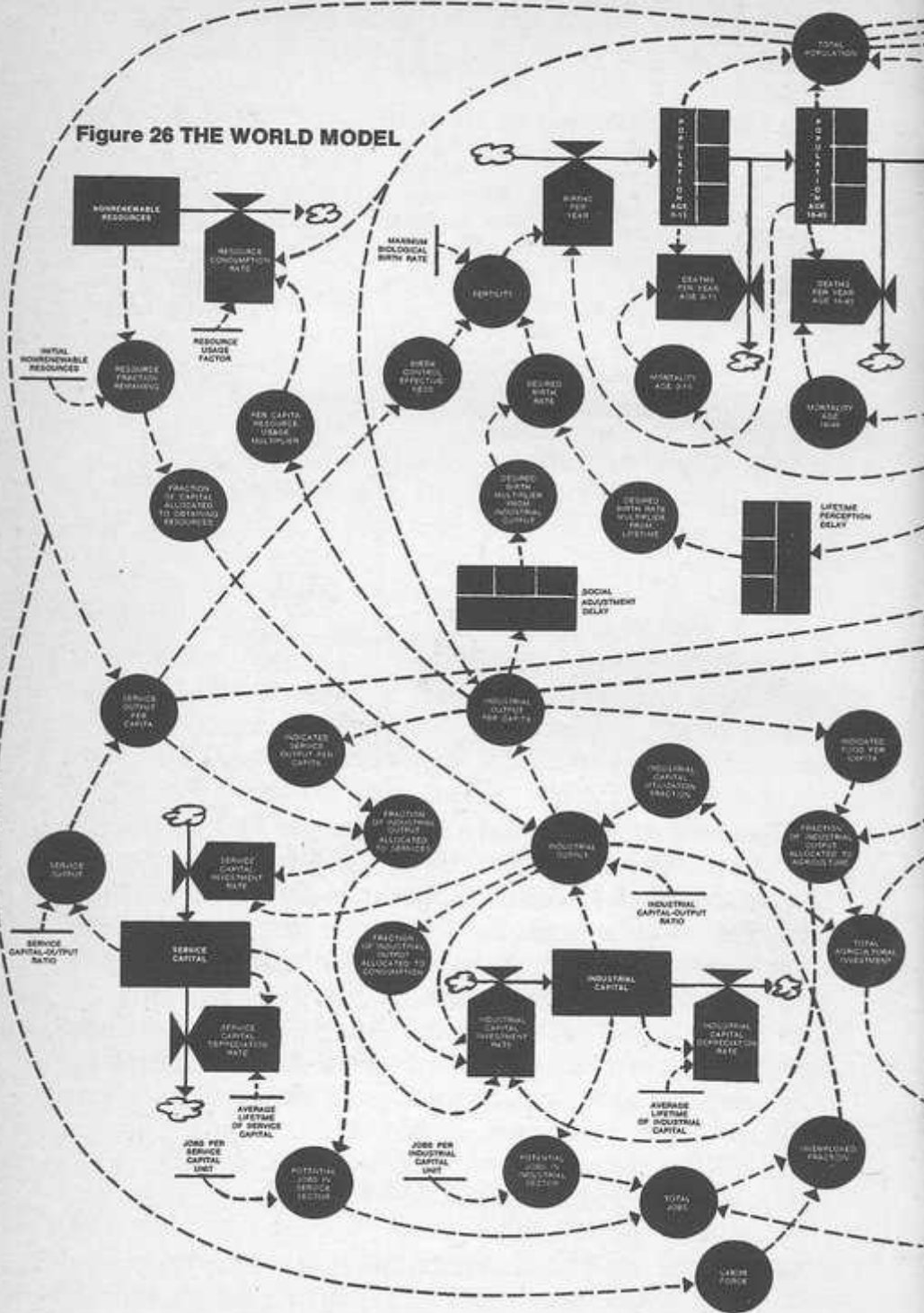
À situation désespérée, solution désespérée !

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 la hausse de la **pollution** et de l'épuisement des **ressources naturelles**.
- **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.
- **2013** – 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 peu) de débat scientifique contradictoire.

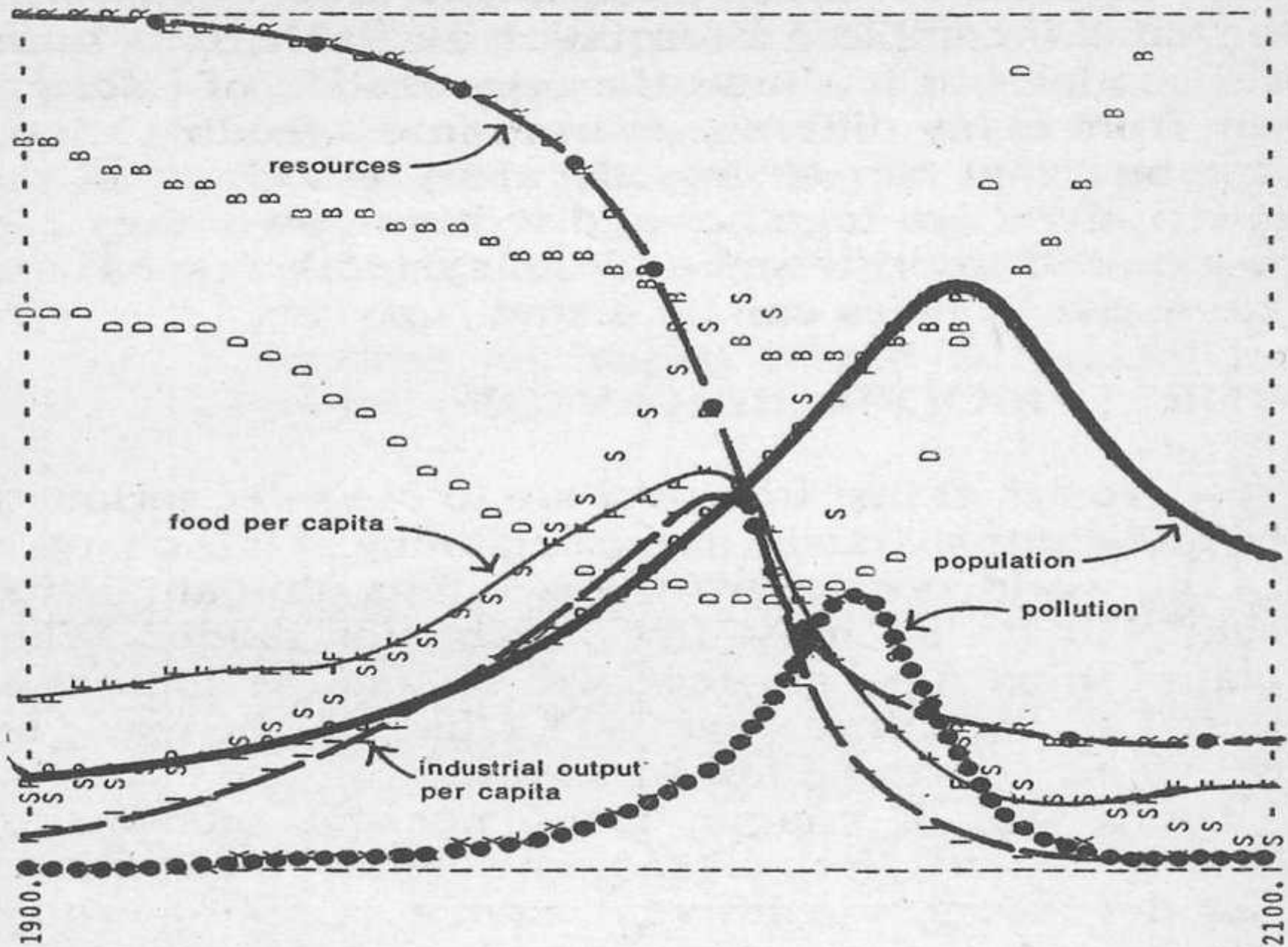
Le débat sur la réalité du réchauffement climatique étant pratiquement clos, celui sur la croissance économique face aux limites est aujourd'hui le débat scientifique le plus important et le plus urgent.

Figure 26 THE WORLD MODEL



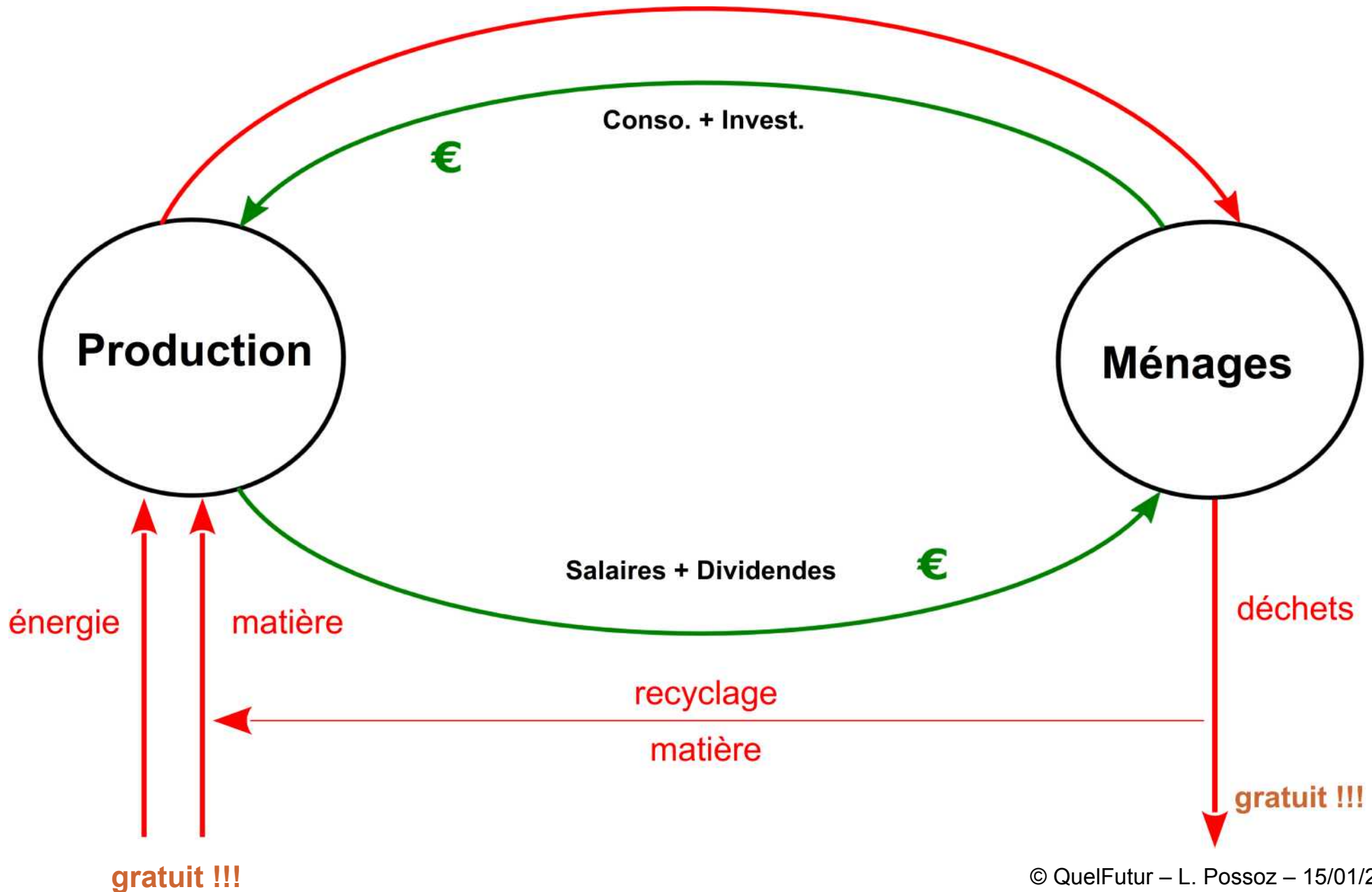
Modèle du monde

Figure 35 WORLD MODEL STANDARD RUN



Machinerie économique

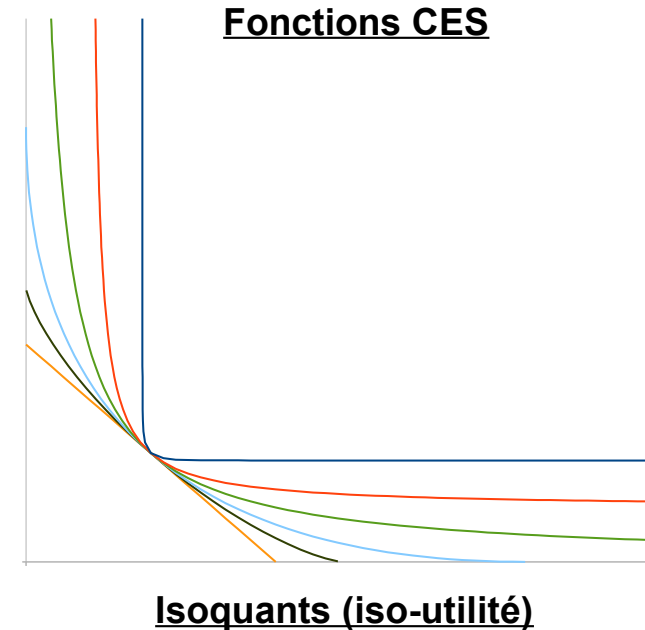
$$PIB = \sum productions_{fin.} = \sum consommations_{fin.} = \sum revenus_{prim.}$$



Substitution

La question de la substitution est générique dans le débat économique :

- Tout est-il substituable ? Jusqu'à quel point ?
- Capital et travail sont-ils toujours substituables ?
- Il n'y a pas de substitut à l'énergie !
- « Qui dort dîne »
- Soutenabilité faible ou forte (weak vs. strong sustainability)



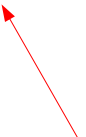
En simplifiant,

- l'économie néoclassique considère que tout est substituable (pour peu que l'on ne rechigne pas devant l'importance de la compensation)
- l'économie écologique (et la physique) considère que le potentiel de substitution peut être (très) limité voire nul dans certains cas

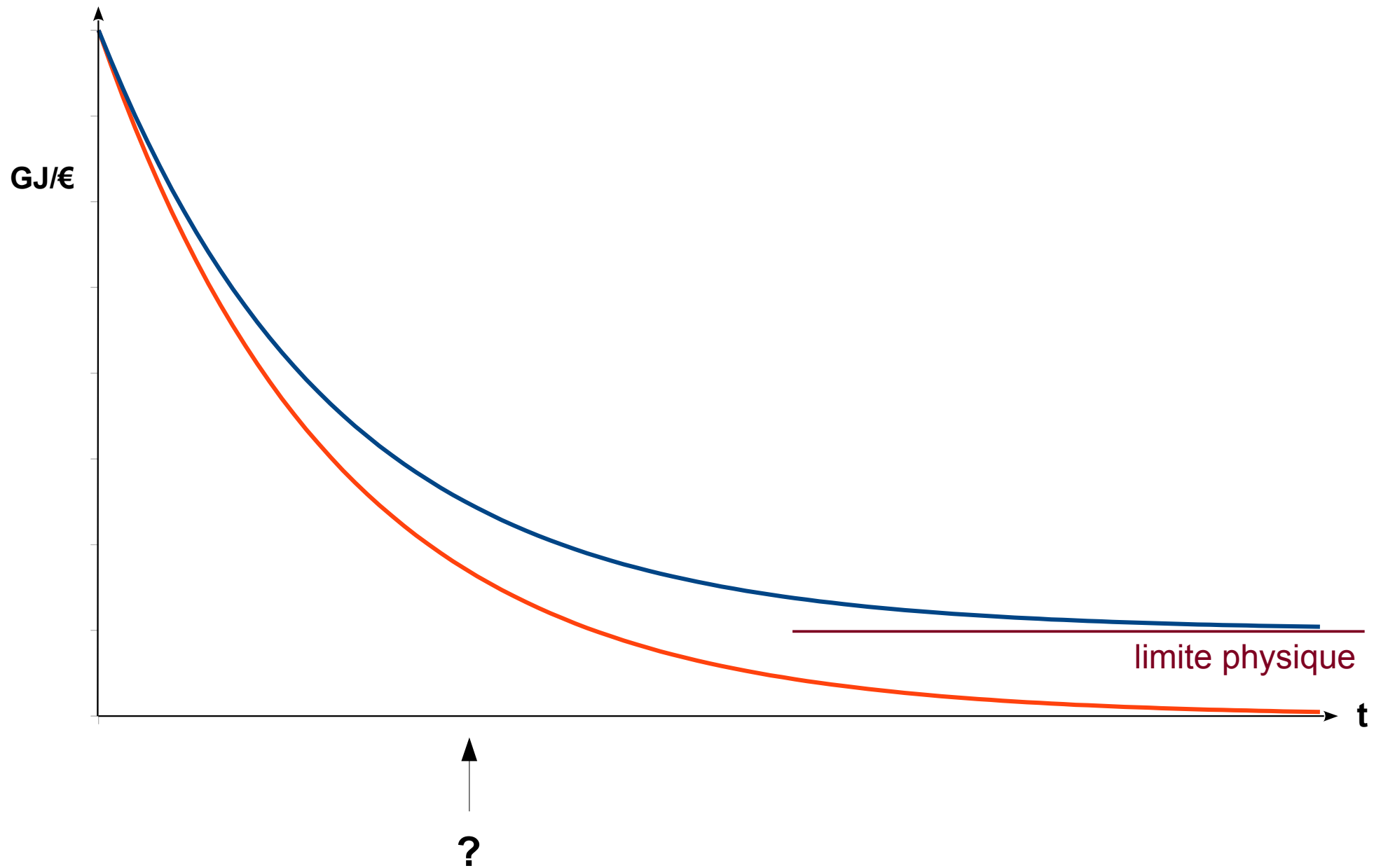
Progrès technologique

IPAT *Impact* = *P*opulation x *A*ffluence x *T*echnology

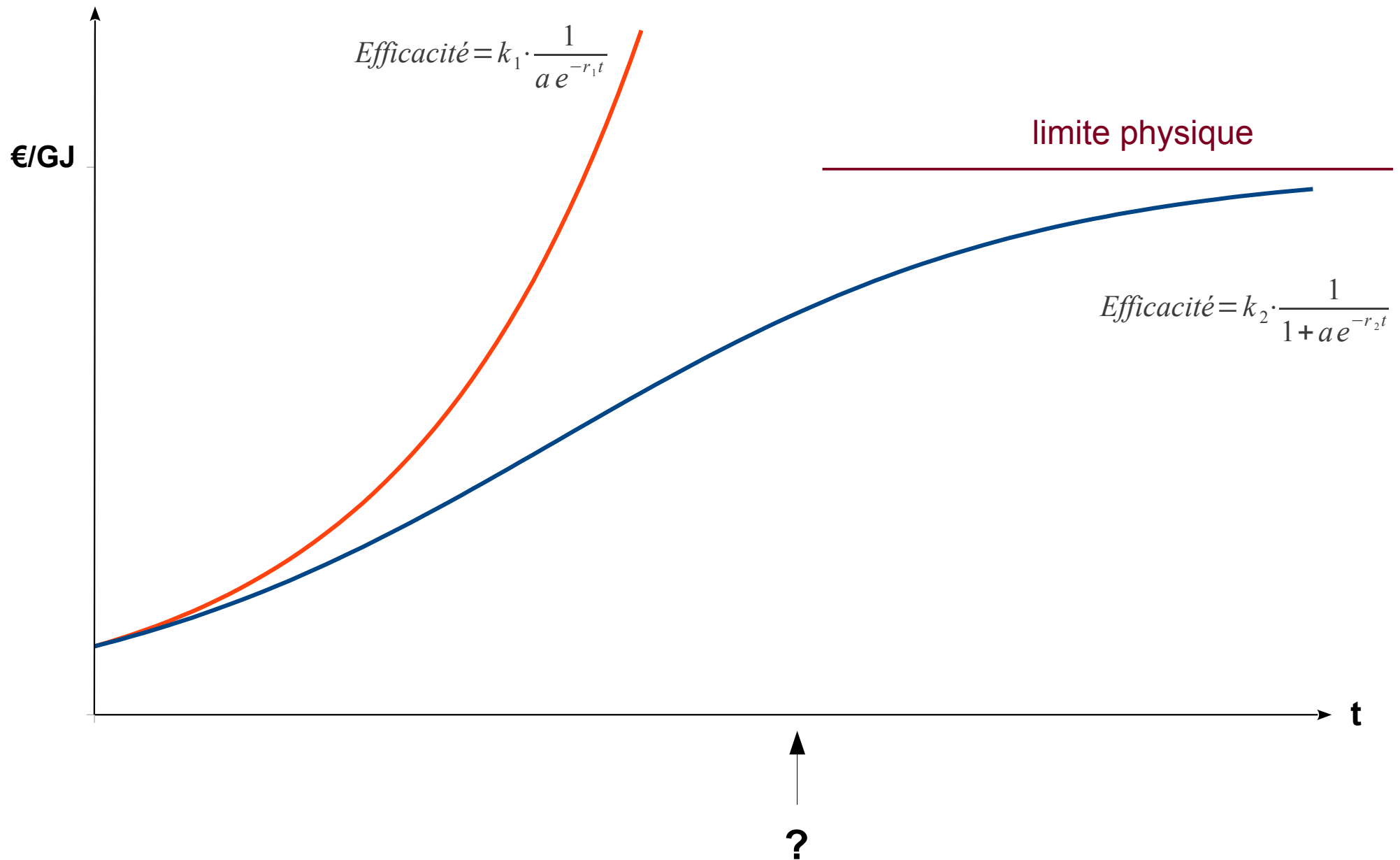
Kaya
$$\dot{Énergie} = Pop \cdot \frac{PIB}{Pop} \cdot \frac{\dot{Énergie}}{PIB}$$

 intensité énergétique du PIB

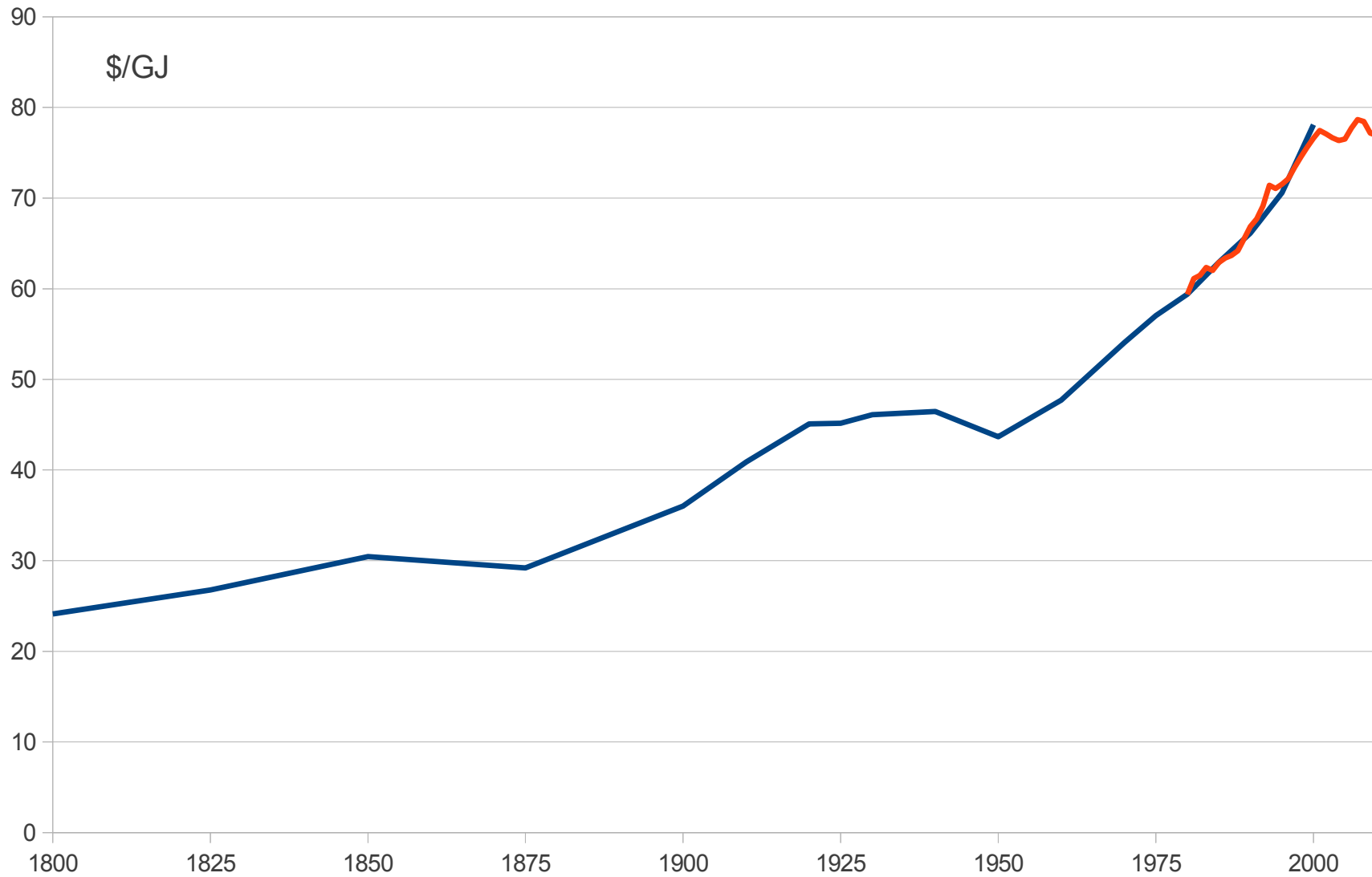
Intensité énergétique (GJ/€)



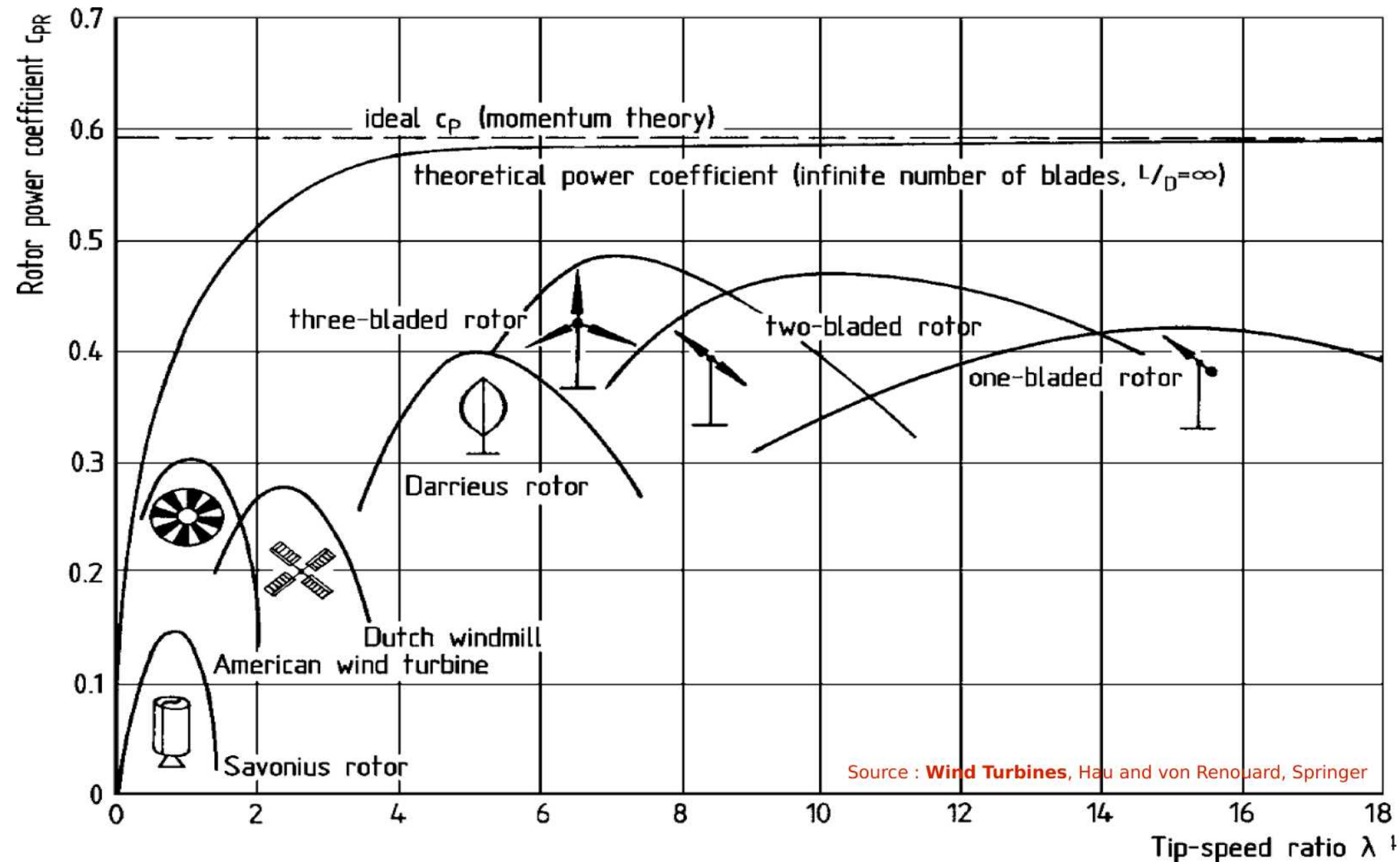
Efficacité énergétique de l'économie (€/GJ)



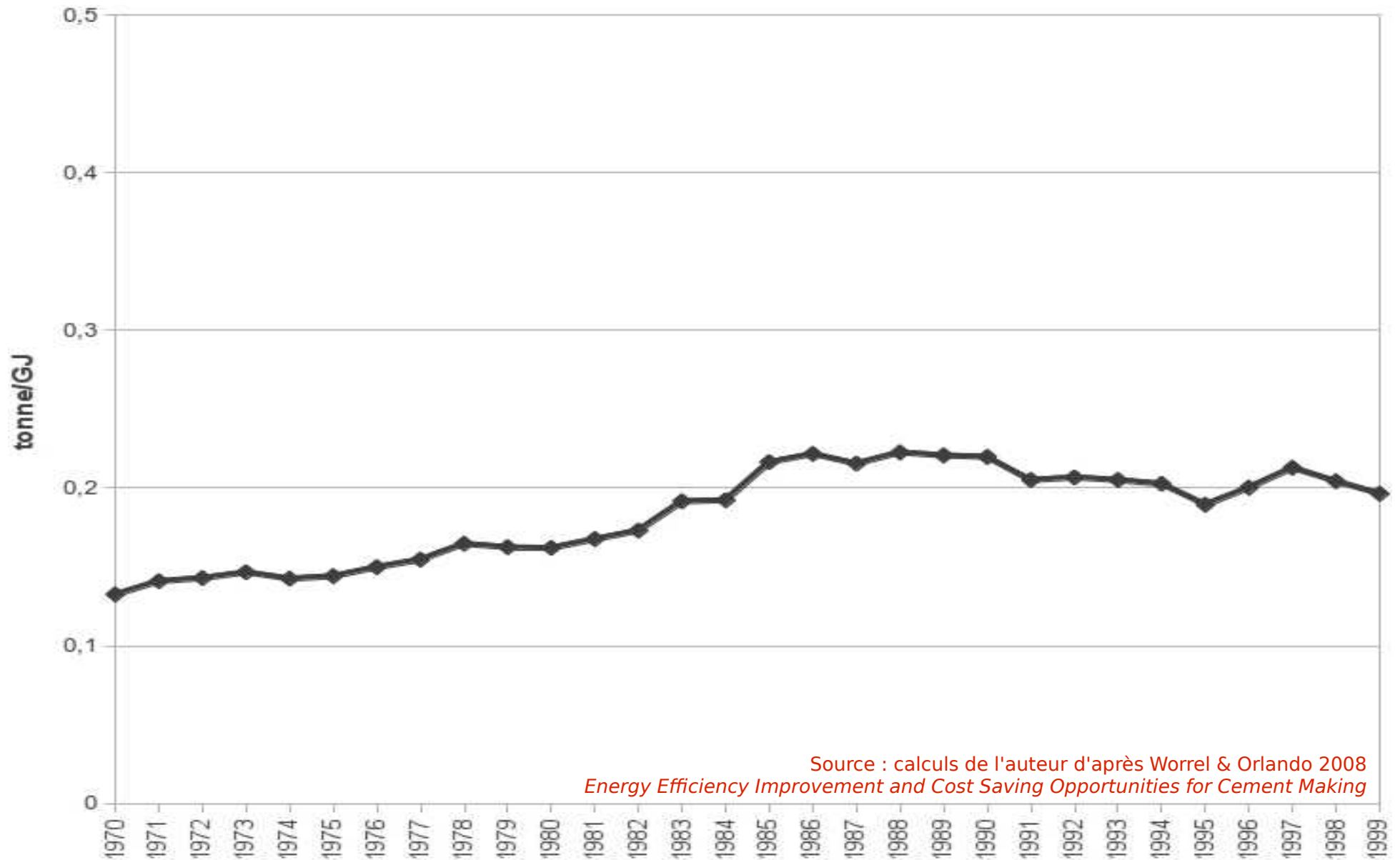
Efficacité énergétique historique



Les éoliennes sont déjà très performantes !

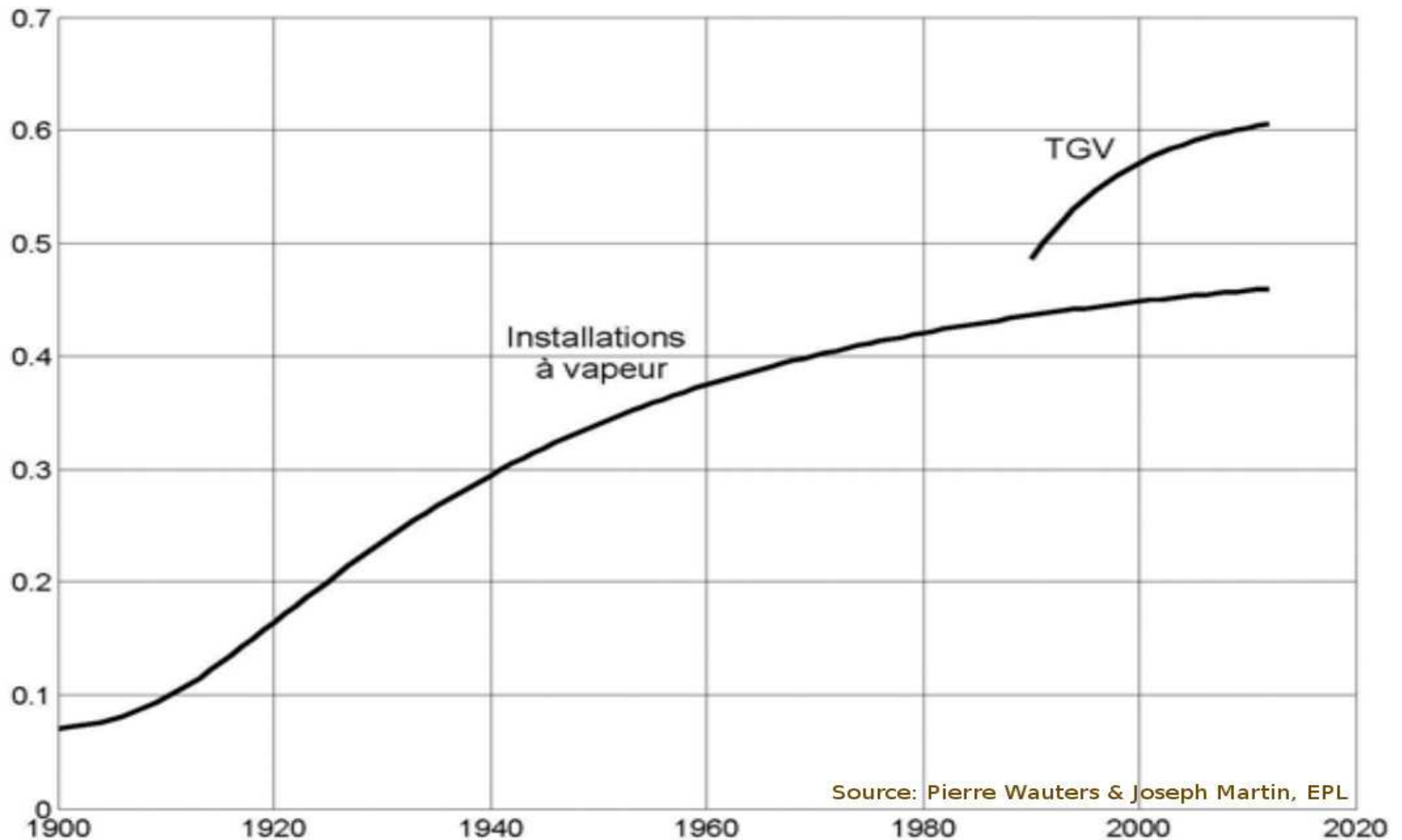


Efficacité énergétique production de ciment

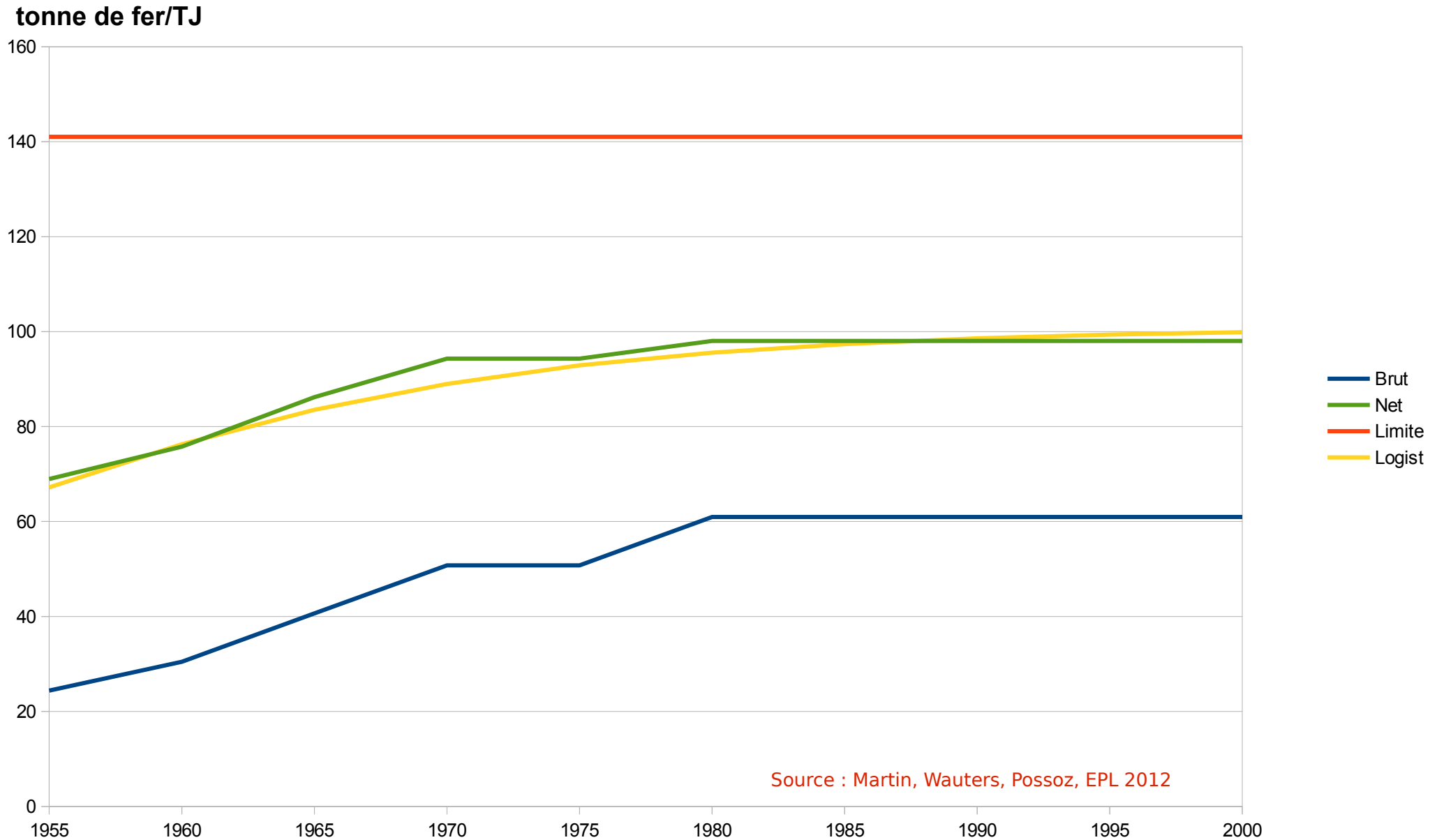


Source : calculs de l'auteur d'après Worrel & Orlando 2008
Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Cement Making

Rendement des centrales électriques



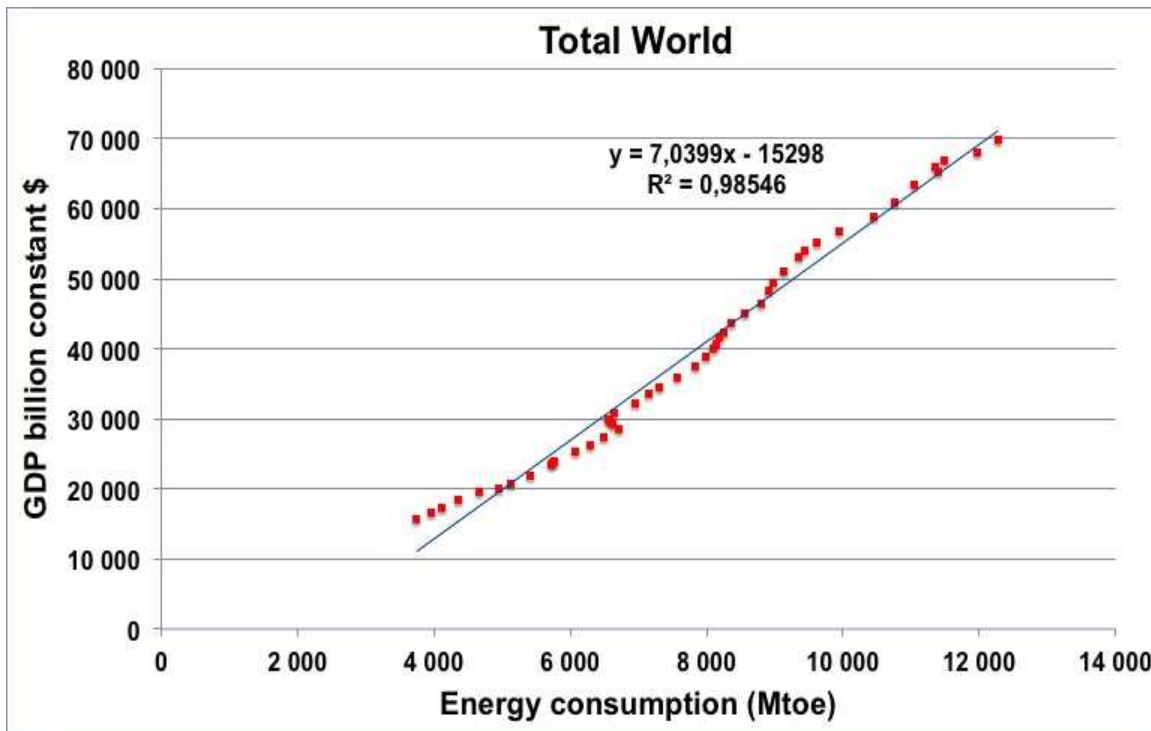
Efficacité énergétique des hauts-fourneaux



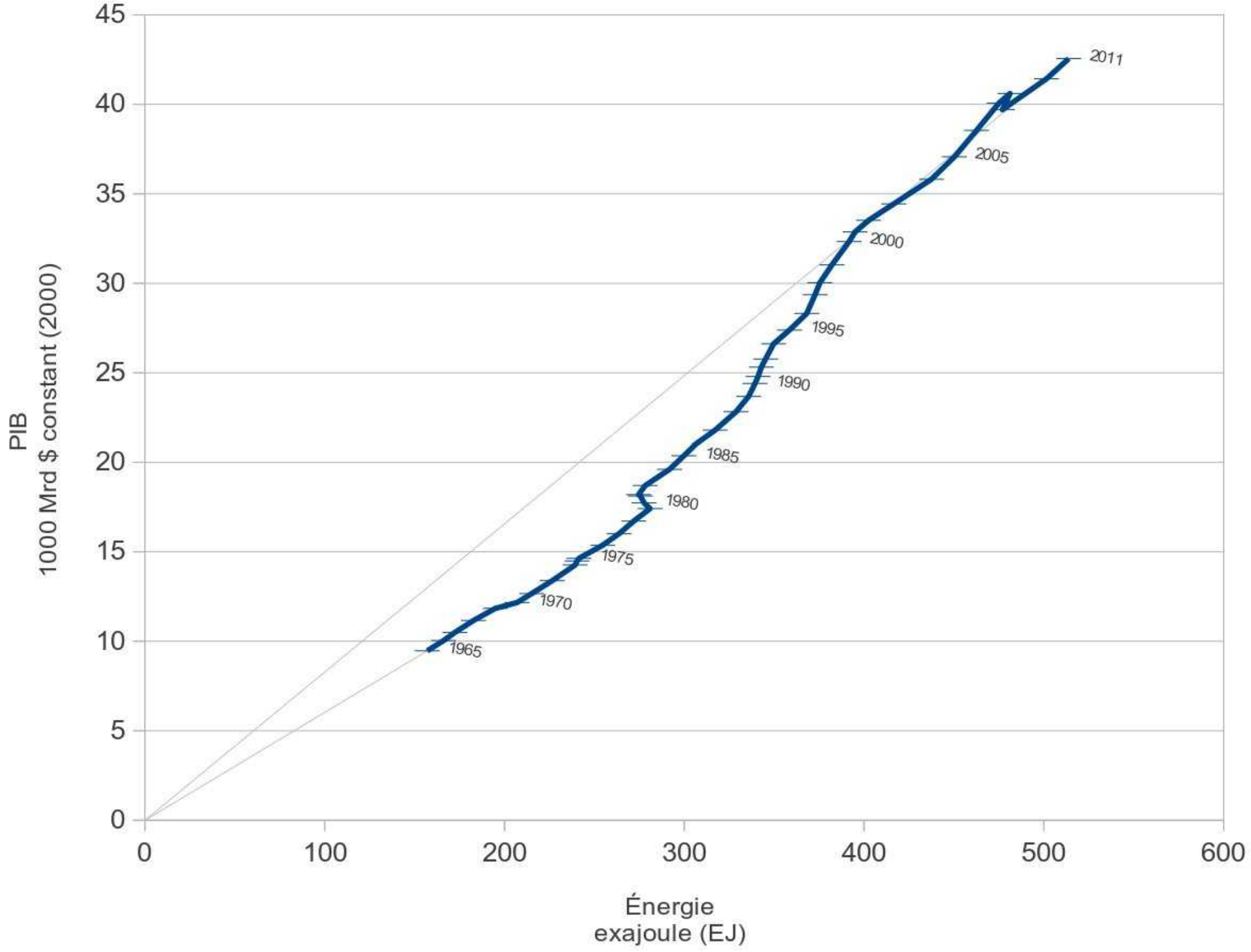
Couplage économie énergie

- Produire = transformer = énergie (exergie)
- Produire la même chose avec moins d'énergie (efficacité technique)
- Produire d'autres choses, qui demandent moins d'énergie (efficacité économique) c.à.d. modifier la structure de l'économie

Remarque : l'extraction d'une unité de ressource naturelle consomme de plus en plus d'énergie avec l'épuisement de celle-ci. Évolution du 'Energy return on energy investment' (EROEI)



Moins d'énergie
→ moins d'économie
→ chômage
→ chaos social



And so what ?

L'économie au service de l'humain ou l'humain au service de l'économie ?

Existe-t-il des alternatives, des chemins de progrès ?

Pour l'essentiel, ils ne se trouvent pas dans les techniques et les technologies mais plutôt dans l'organisation de la société.

Système actuel : Économie capitaliste (sociétés d'actionnaires) et libérale (priorité aux libertés individuelles)

Système très efficace (30 glorieuses)

- Dépendant de la croissance économique (addiction) pour maintenir l'emploi
- Croissance économique suffisante (3 %?) assure une amélioration du sort des plus faibles (trickle down), sinon, creusement des inégalités (accaparement des ressources par les plus riches)
- Incompatible avec les limites bio-géophysiques planétaires

Que nous dit la philosophie ? Qu'est-ce qui guide les pas de l'être humain ?
Quelle valeurs, quelle éthique ?

- Comme il y a l'**impératif catégorique** (Emmanuel Kant)
- Il devrait y avoir un **principe de responsabilité** (Hans Jonas)

Le consommateur : avidité et l'égoïsme humain ?

Le concept de homo œconomicus, qui affirme que les hommes sont des acteurs rationnels qui prennent des décisions fondées sur un intérêt personnel étriqué, domine la pensée politique et économique depuis les années 1970 (...)

Il est temps de remplacer le cadre de l'homo œconomicus par un modèle qui reflète la capacité des hommes à l'altruisme et à un comportement tourné vers le social. En mettant en lumière des opportunités de coopération humaine, un tel cadre constituerait une fondation utile pour les systèmes politiques et économiques qui réussissent là où les arrangements existants ont échoué (...)

En fait, les hommes sont souvent enclins à aider ceux qui sont en détresse, même des étrangers, par empathie et par compassion. Cette idée est renforcée par un vaste ensemble de résultats neuroscientifiques qui viennent contredire l'individualisme qui prévaut dans les sociétés occidentales, suggérant plutôt que le cerveau humain est prédisposé à la résonance affective permettant aux hommes de mutuellement s'épancher naturellement sur leurs émotions et leurs motivations.

Prof. Dr. **Tania Singer**, Director of the Department of Social Neuroscience,
Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences.
Project Syndicate – 12/09/2013

Le gouvernement : addict à la croissance ?

1) Le "**progrès**" continu dans les entreprises permet de toujours augmenter la **productivité** du travail.

2) Dès lors, les entreprises sont "obligées" de

- ou bien restructurer (licencier du personnel),
- ou bien augmenter la production et "convaincre" les consommateurs de l'acheter.

3) On se retrouve donc devant un choix entre croissance économique et chômage.

4) Un gouvernement ne peut survivre à un excès de **chômage**.

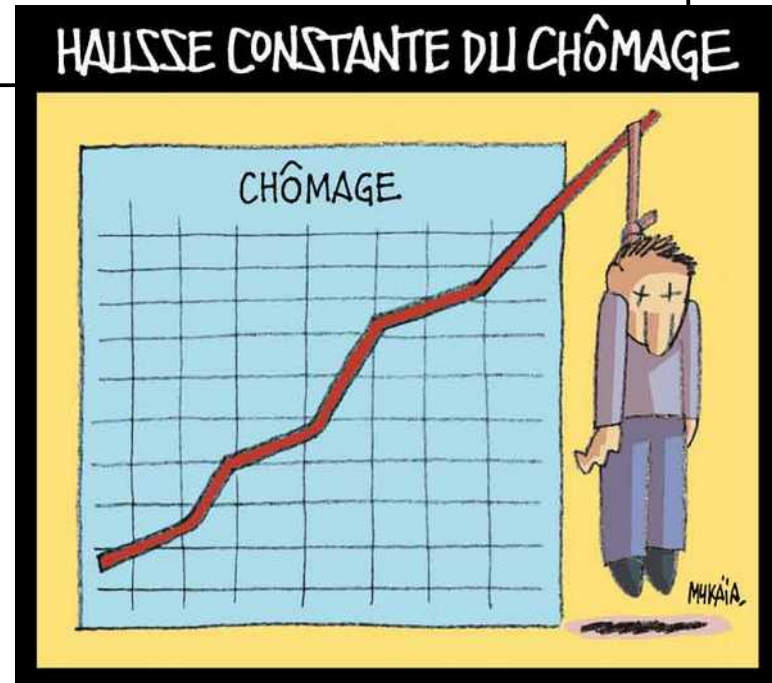
5) Le gouvernement n'a pas le contrôle direct des entreprises et donc de l'emploi privé.

6) Pour limiter le chômage, il est donc "obligé" d'aider les entreprises à croître en

- incitant le citoyen à consommer plus,
- facilitant le développement de l'entreprise, en grande partie par le dumping fiscal.

7) Le gouvernement est donc "contraint" à une politique de **croissance pour l'emploi**.

8) Et si la croissance économique n'est plus possible, faute d'**énergie** en suffisance, il y a formation de bulles spéculatives puis des crises financières puis des crises économiques.



Source : Mykaya – La Télé Libre

Les 3 étages de l'économie

Fernand Braudel (1902-1985), historien français
Civilisation matérielle, économie et capitalisme – XVe – XVIIIe siècles

La dynamique du capitalisme, Flammarion 2008



Définition : l'économie c'est l'organisation de la production matérielle

- 1) **La vie matérielle** – non monétaire, autoproduction, dons et contre-dons...
- 2) **Le marché** – échanges monétaires, marchés urbains... **C – M – C'**
- 3) **Le capitalisme** – investissements, banquiers... **M – C – M'**

Thèse : c'est le niveau 3 qui est responsable de la croissance économique
(chrématistique, capture des marchés, oligopoles, association avec les hiérarchies)

Vers un nouveau modèle de contrôle des entreprises !

Thèse : aujourd'hui, il y a confusion entre entreprise et société d'actionnaires

Il n'existe pas de droit des Entreprises en tant que tel.

Par contre il existe un droit des sociétés (d'actionnaires) et un droit du travail.

La confusion de l'entreprise avec la société (d'actionnaires) fait que les CA sont uniquement composés des actionnaires.

Pour en savoir plus : Michel Aglietta (Paris X), Axel Gosserie (UCL), Alternatives Économiques

L'Entreprise et les groupes d'intérêts (stakeholders) qui devraient en assurer le contrôle

- Clients : pertinence du produit, qualité, durabilité, réparabilité, empreinte écologique, etc.
- Travailleurs : rémunération, qualité du travail, cohérence des valeurs, etc.
- Actionnaires : dividendes, valeur de l'action
- Génération futures : qualité de l'environnement (terres, océans, pollutions, ressources naturelles), empreinte écologique, etc.

Changer l'entreprise

Alternatives Economiques n° 310 - février 2012

La " corporate governance " à l'anglo-saxonne a manifestement failli : l'entreprise est une affaire trop sérieuse pour être laissée à ses seuls actionnaires. L'économie sociale et solidaire propose une alternative intéressante et la cogestion à l'allemande montre que d'autres modèles fonctionnent mieux.

- L'entreprise, trop importante pour être laissée aux actionnaires !

La " corporate governance " a produit des effets désastreux. Il est temps de penser une nouvelle forme d'entreprise qui associe toutes les parties prenantes et tienne compte des conséquences sociales et écologiques de son activité.

- " Remettre au centre la mission créatrice de l'entreprise "

Depuis les années 1970, l'entreprise a été réduite à une machine à faire des profits. Alors qu'elle est d'abord une organisation collective de création de richesses. Il est temps de revenir à l'essentiel.

- L'économie sociale et solidaire, un modèle ?

L'économie sociale et solidaire est une alternative au capitalisme actionnarial. Elle n'en doit pas moins rénover ses pratiques et adopter un management plus participatif.

- La cogestion allemande a fait ses preuves

S'il est un aspect du modèle allemand dont la France gagnerait à s'inspirer, c'est bien celui de la gouvernance des entreprises. Les salariés y sont étroitement associés.

Alternatives Economiques n° 310 - février 2012

Résumé

- Crises **environnementales** graves et urgentes
=> sortie des combustibles fossiles indispensable.
- Ressources nucléaires et renouvelables limitées
=> fin de l'**énergie** disponible à volonté.
- Progrès technologiques futurs limités
=> couplage absolu entre énergie et **PIB**.
- Contexte général de fin de la croissance économique pour tous
=> hausse du **chômage**.
- Croissance de la productivité et réduction de la charge salariale exigée par les détenteurs du **capital**.
- Anomalie du contrôle de la production des biens pour tous par les seuls détenteurs du capital
=> contrôle partagé des entreprises (moyens de production).

Sciences de
l'**environnement**

Sciences
physique

Sciences
appliquées

Sciences
économiques

Sciences
sociales

Sciences
politiques

Merci

"On peut aussi bâtir quelque chose de beau avec les pierres qui entravent le chemin."

[Goethe]

"Rien n'est trop difficile pour la jeunesse."

[Socrate]

<http://www.quelfutur.org>

Lectures

Le principe de responsabilité, Hans Jonas, **Flammarion** 1987

Effondrement, Jared Diamond, **Gallimard** 2006

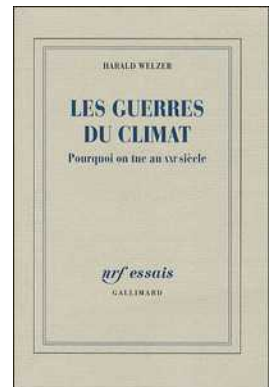
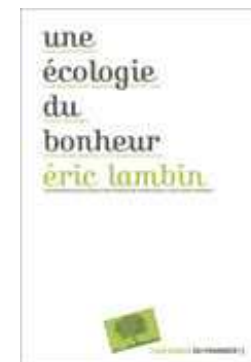
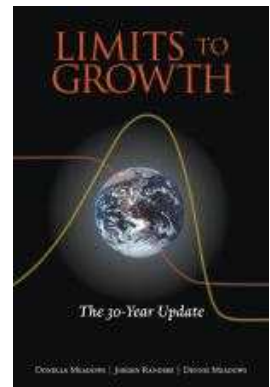
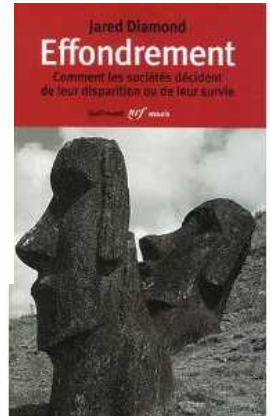
La dynamique du capitalisme, Fernand Braudel, **Flammarion** 2008

Limits to Growth. The 30-Year Update, Meadows et al. 2004

Prosperité sans croissance, Tim Jackson, **Etopia-De Boek** 2010

Les Guerres du climat, Harald Welzer, **Gallimard** 2009

Une écologie du bonheur, Éric Lambin, **Le Pommier** 2009



Lectures

Quel futur pour les métaux ?, Philippe Bihouix et Benoît de Guillebon, **EDP Sciences** 2010



Changer le Monde – Tout un programme !, Jean-Marc Jancovici, **Calmann-Lévy** 2011



Saison brune, Philippe Squarzoni, **Delcourt** 2012



Planetary Boundaries, Johan Rockström et al., **Nature** 2009



Les Apprentis Sorciers du Climat, Clive Hamilton, **Seuil** 2013

