

* Découpler production et pollution : un mirage ?

(d'après l'ouvrage de Thierry Caminel et al., Editions Les Petits Matins) :

« Produire plus, polluer moins : l'impossible découplage ? »

- * Au cœur du débat sur la transition énergétique
- * Un des objectifs de la croissance verte de l'OCDE
- * Pas l'apanage des institutions et acteurs dominants
- * Même les scénarii de lutte contre le changement climatique envisagent une croissance à long terme (Nicholas Stern)
- * Une telle hypothèse semble incompatible avec la réduction des GES et des autres impacts (métaux, biodiversité, ...)
- * Alors? Découplage irréaliste? Essayons de voir cela.

*** Le découplage : un concept essentiel de la transition énergétique**

- * Découplage déjà contenu dans les travaux pionniers de Nicholas Georgescu-Roegen, du Club de Rome, dans les publications de Herman Daly, Robert Ayres, Kenneth Boulding
- * Tim Jackson : « Prospérité sans croissance », 2009, attire l'attention :
 - * Progrès en matière de découplage relatif (cf. infra)
 - * Mais pas dans le découplage absolu : la hausse du PIB concomitante à une diminution des impacts environnementaux
 - * Pertinence du découplage comme horizon politique, grille de lecture, feuille de route, dans l'OCDE
 - * Mais la division internationale du travail tend à transférer nos activités polluantes vers les pays en développement : suffira-t-il de transférer nos « technologies vertes » au Sud pour avoir une somme écologiquement nulle?

* Le rapport de Tim Jackson

L'économiste Tim Jackson distingue pourtant dans son ouvrage *Prosperity without Growth* les notions de "découplage relatif" (baisse d'énergie nécessaire par produit) et "découplage absolu" (baisse en consommation totale d'énergie par un secteur) et indique que la consommation absolue en énergie continue à augmenter en dépit des améliorations technologiques.

* Découpler : que peut-on? Que veut-on? Le bien-être de la croissance? La croissance des pollutions? De la consommation des matières, de l'énergie? Voyons :

* Les diverses déclinaisons du découplage, à l'aune de l'intensité carbone, l'intensité matières, l'intensité énergétique (au moyen du TRE). Or ces TRE sont en baisse tendancielle. La technologie peut-elle pallier ces réalités physiques incontournables?

* Le découplage énergétique : nous produisons autant de richesses avec moins d'énergie. Mais :

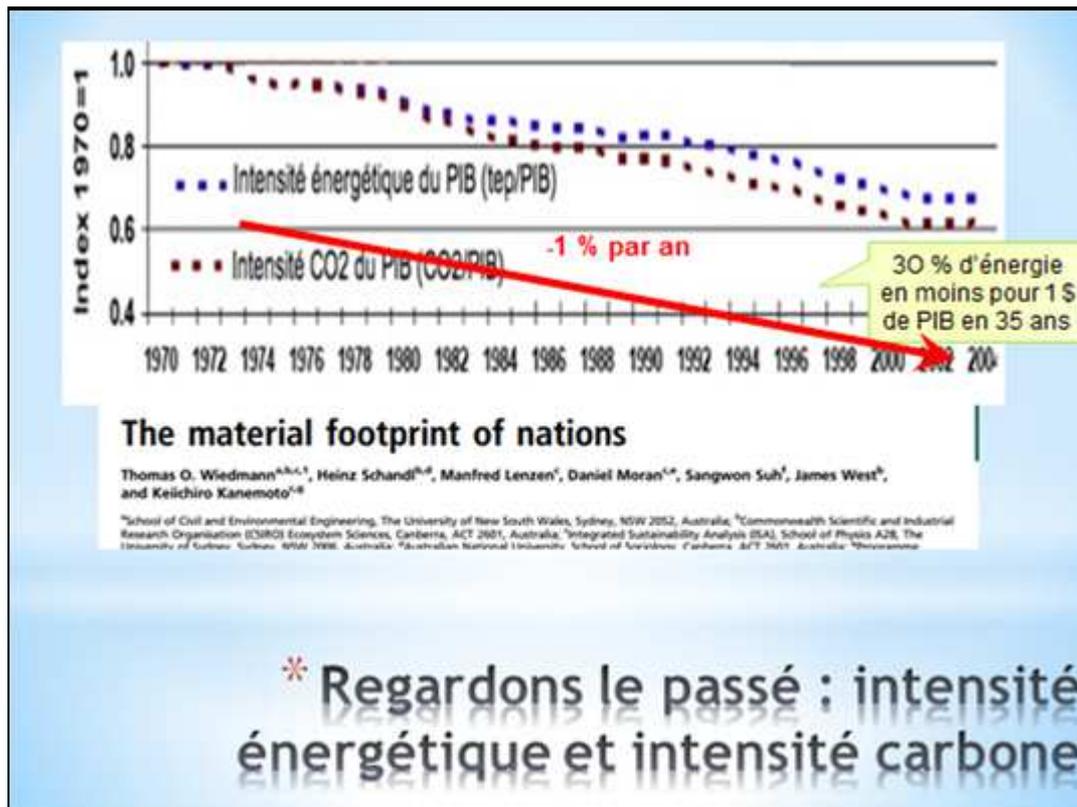
* *quid* des énergies grises (nécessaires au cycle de vie des produits)?

* Lien structurel peu étudié entre croissance et consommation énergétique

* Les indicateurs de flux de matières : découplage relatif mais pas absolu à l'échelle mondiale, et même pas si on tient compte des flux cachés (liés aux importations ou aux matières extraites non utilisées : rôle des délocalisations)

* En définitive rupture nécessaire avec nos modes de production et de consommation actuels

* **Des questions en suspens...**



* Regardons le passé : intensité énergétique et intensité carbone

L'énergie est la mesure de toute transformation dans le monde physique : température, déplacement, composition chimique, forme de la matière. Mais c'est surtout la base de toute activité humaine : alimentation, chauffage, déplacements, production et vente de biens et services? L'efficacité d'une économie est donc sa capacité à transformer l'énergie en biens et services. Pour l'évaluer : *intensité économique de l'économie*, rapport entre consommation d'énergie primaire et activité économique mesurée par le PIB; elle dépend des types d'activité économique (différents d'un pays à l'autre), et du prix de l'énergie.

Le découplage est une nette amélioration de trois paramètres : l'intensité énergétique du PIB, l'intensité carbone du PIB (ratio entre émissions de CO2 et PIB), et l'intensité matières du PIB (ratio entre matières consommées et PIB).

Cette illustration graphique montre l'évolution des intensités énergétique et carbone depuis 45 ans. Nous observons un découplage relatif en cours, car nous consommons 30% d'énergie en moins chaque année pour produire une même activité économique (amélioration de 0,7%/an). Ceci régulièrement, on devine à peine le choc pétrolier de 1973, la révolution internet, les changements de mode de vie.

A ce stade : en matière de découplage, il faut raisonner au niveau mondial du fait des délocalisations des pays riches. La faible amélioration de l'efficacité énergétique pose problème : elle n'est pas cohérente avec le progrès technique et les espoirs de croissance verte. Nous avons besoin d'autres indicateurs.

Ressource	TRE
Gaz et Pétrole 1930	> 100
Gaz et Pétrole 1970	30
Gaz et Pétrole 2005	11 à 18
Pétrole importé 1990	35
Pétrole importé 2005	18
Pétrole importé 2007	12
Charbon 1950	80
Charbon 2000	80
Sables bitumineux	2 à 4
Huiles de schiste	5
Énergie nucléaire	5 à 15
Énergie hydraulique	> 100
Énergie éolienne	18
Énergie photovoltaïque	6,8
Éthanol (canne à sucre)	0,8 à 10
Éthanol (maïs)	0,8 à 1,6
Biodiesel	1,3

TRE et Travaux de Charles Hall

Le premier indicateur est le TRE, où l'énergie que nécessite la capture de l'énergie. La quantité d'énergie disponible est l'énergie nette, ou surplus d'énergie, après avoir déduit l'énergie nécessaire à sa production. Le calculateur est l'EROI ou TRE. Inférieur ou égal à 1, la ressource est alors un gouffre énergétique. Une société basée sur des énergies de TRE < 10 est insoutenable. Charles Hall et Cutler Cleveland sont à l'origine de ces EROI. Ils ont travaillé sur le TRTE du pétrole, en baisse constante sur le XX^e siècle. Pourquoi? Car les réserves faciles d'accès se sont tarées. Il faut désormais chercher le pétrole toujours plus loin, toujours plus profond. Ses substituts sont-ils plus enviables? Même pas. Regardez les sables bitumineux, le bioéthanol ou les huiles de schiste. Hors hydraulique, les EnR ont des TRE faibles. Les systèmes de stockage réduisent aussi les TRE (STEP, hydrogène, stockage chimique).

La baisse tendancielle des TRE signifie donc qu'il faut de plus en plus d'énergie primaire pour produire la même quantité de biens et de services, ce qui va totalement à l'encontre du découplage. Certains auteurs rapprochent même la diminution des TRE avec la chute de civilisations, comme l'Empire Romain, l'Empire Khmer, ou encore les Mayas. Plus l'organisation sociale d'une société est complexe, plus elle aura tendance à consommer de l'énergie et plus elle éprouvera des difficultés à trouver des solutions pour faire face à la baisse des rendements énergétiques : c'est la thèse de Joseph Tainter, dans « The Collapse of Complex Societies ».

- * Pour sortir de cette baisse des TRE
- * TRI et croissance verte (Jeremy Rifkin)
 - * Mise en réseau de moyens de production d'électricité renouvelable décentralisés en utilisant Internet
 - * EnR
 - * Hydrogène (+ autres stockages)
 - * Transformation du parc immobilier
 - * Véhicules électriques
- * Or certaines ressources renouvelables ont un TRE faible
- * Lois qui en obèrent l'efficacité : « cannibalisme énergétique, Liebig

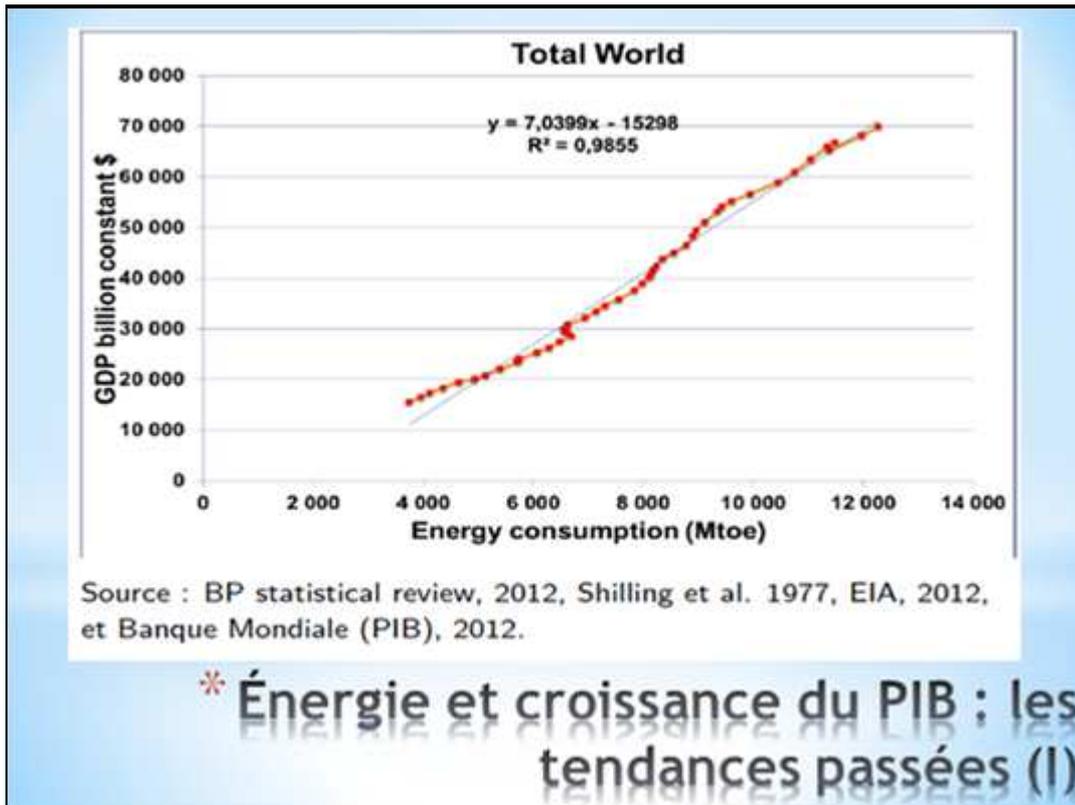
* **Le progrès technique à la rescousse?**

- * Concept de Joshua Pearce : lorsque la croissance rapide d'un système énergétique crée le besoin en énergie : le taux de croissance ne doit pas dépasser l'inverse de son temps de retour énergétique (exemple du panneau solaire)
- * Au-delà, toute l'énergie produite est réinvestie dans la création de nouvelles capacités de production. Idem pour toute technologie visant à améliorer l'efficacité énergétique.
- * Ainsi, si EnF limitées, le rythme de modification de nos systèmes techniques est également limité.

* Le cannibalisme énergétique

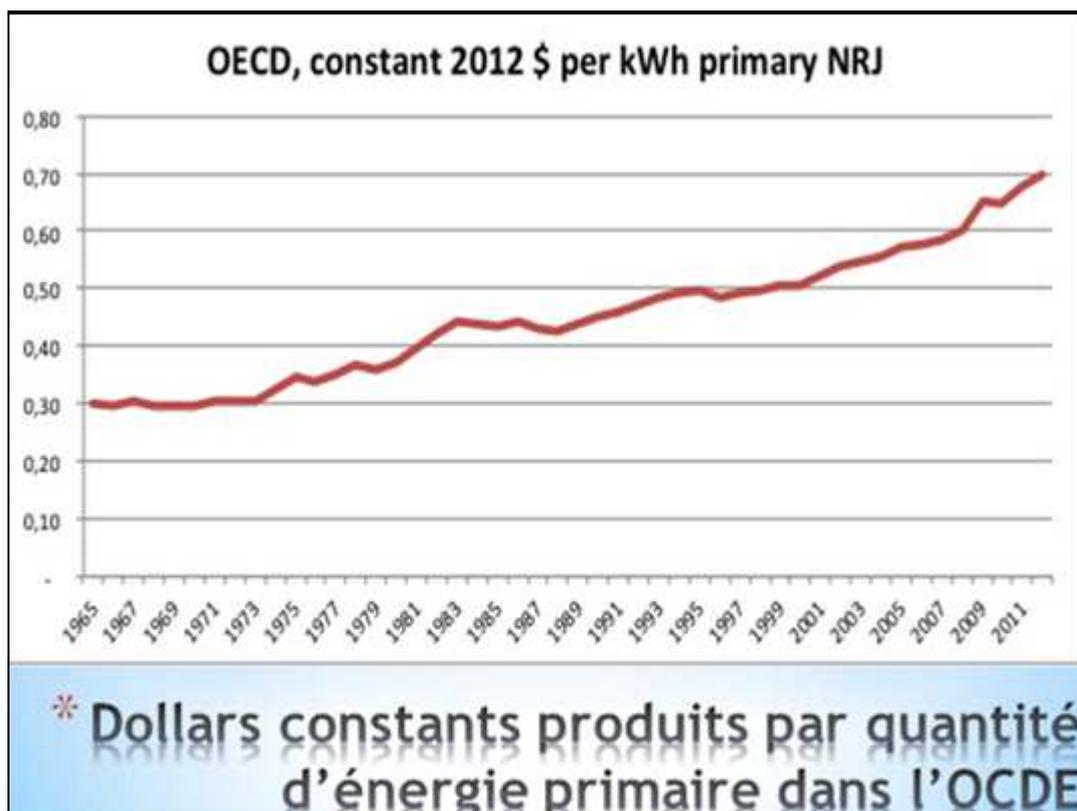
- * Technologies requièrent des matériaux :
 - * Envois de raréfaction
 - * Nécessitant de l'énergie quant à leur extraction
 - * Contraintes géopolitiques
 - * Difficultés d'approvisionnement
 - * Incidence sur l'énergie grise (nécessaire au cycle de vie du produit, de sa production à son recyclage, en passant par le transformation-fabrication-transport-utilisation, ...)
- * Quelques exemples : voitures légères (aciers spéciaux), batteries (lithium), ...
- * La matière est facteur limitant : Loi du minimum de Liebig = la non-disponibilité d'un composant limite la production entière d'un produit. Et elle se renforcera.
- * Ainsi : pas d'amélioration nette de l'efficacité énergétique, et certains arguments nous indiquent une aggravation (cf. infra)

* La Loi de Liebig



Ce graphique montre l'évolution du PIB en dollars constants de 2013 en fonction de la consommation mondiale d'énergie primaire. Le PIB est en ordonnée, la consommation d'énergie primaire en abscisse. La courbe va de 1965 à 2011. Elle suit une droite, témoignant que le ratio entre richesse produite et consommation d'énergie est resté constant. S'il y avait découplage, la droite aurait été verticale (consommation constante pour production de richesses croissante). Ce graphe confirme que l'on ne peut rien effectuer sur cette planète sans consommation énergétique.

C'est pourquoi le découplage absolu, entre prospérité économique et consommation d'énergie primaire, est impossible, si l'on ne redéfinit pas la notion de prospérité. Tant que l'indicateur reste le PIB et l'accumulation de biens, notre dépendance énergétique restera très forte. Et en l'absence de transition énergétique, elle restera très fortement couplée aux EnF.



Voici la situation des pays riches, principaux pollueurs. Le nombre de dollars constants par quantité de kWh d'énergie primaire consommée est passée de 0,3 à 0,7. Un kWh produit deux fois plus de dollars entre 1965 et 2011. Il existe donc un découplage relatif, toutes énergies confondues, et l'essentiel de l'effort a porté après les deux chocs pétroliers.

Mais il faut tempérer notre enthousiasme : ces résultats ne prennent pas en compte l'énergie grise, et ne concernent que les pays riches. Il est très vraisemblable que ce progrès marque le simple transfert des usines vers le Sud. Ce qui expliquerait l'absence de progrès au niveau mondial. Fantasmer sur une société post-industrielle ne traduit que cette délégation au Sud d'une partie de l'usage de l'énergie dont le Nord continue de bénéficier. Mais clairement, le lien entre croissance du PIB et consommation d'énergie est fondamental : essayons d'appréhender ce rôle.

* Un premier outil : l'équation de Kaya, tautologique

$$F = P \times (G/P) \times (E/G) \times (F/E) = P \times g \times e \times f$$

* Même esprit :

$$g = (E/P) \times (G/E) = (E/P) \times (1/e) : \text{le PIB/hbt se décompose en l'inverse de l'intensité énergétique.}$$

* Pour le taux de croissance, on a :

$$\Delta g = \Delta(E/P) + \Delta(1/e)$$

* **Comprendre le rôle de l'énergie dans la croissance**

L'équation de Kaya est tautologique : développée par Yoichi Kaya, économiste japonais, elle a été popularisée par le GIEC. Il y a des variables extensives en majuscules, et intensives en minuscules.

F représente les émissions anthropiques mondiales de CO₂, P la population mondiale, G le PIB mondial, E la consommation d'énergie primaire mondiale ; $g = G/P$ est le PIB par habitant, $e = E/G$ l'intensité énergétique mondiale du PIB, $f = F/E$ le contenu carbone de l'énergie mondialement utilisée. Ainsi, l'ensemble des émissions mondiales de CO₂ dépend de la démographie, du PIB/hbt, de l'intensité énergétique du PIB, du contenu carbone de l'énergie mondialement utilisée.

Dans le même esprit, la deuxième équation montre que le PIB par habitant est inversement proportionnel à l'intensité énergétique si l'on considère le terme E/P (consommation/émission de CO₂) comme constant.

Pour le taux de croissance, on a : $\Delta g = \Delta(E/P) + \Delta(1/e)$, qui traduit que le taux de croissance du PIB/hbt se décompose en la somme du taux de croissance de la consommation énergétique primaire et du taux de croissance de la productivité énergétique.

Analysons maintenant l'évolution historique de Kaya ces soixante dernières années.

*1965-1981 : croissance du PIB de 3,5%/an en moyenne dans le monde = 2,5% + 1%

*1981-2013 : la croissance du PIB est à 1,5% (car les 2,5% sont passés à 0,5%).

*Dans certains pays comme le Japon, depuis 2000 : 0% = 0% + 0% !

* Analyse historique de l'équation de Kaya

1965-1981 : croissance du PIB de 3,5%/an en moyenne dans le monde = 2,5% (augmentation de la consommation d'énergie primaire/hbt) + 1% (augmentation de la productivité de la consommation d'énergie primaire, le fameux progrès technique)

1981-2013 : la croissance du PIB est à 1,5% (car les 2,5% sont passés à 0,5%). Pourquoi ce 0,5% ? Cela signifie que la consommation d'énergie primaire augmente au même rythme que la démographie, et donc la croissance se ralentit.

Dans certains pays comme le Japon, depuis 2000 : 0% = 0% + 0% ! En effet le Japon est contraint d'importer l'essentiel de sa ressource fossile, de plus la déflation du krach de 1990 a provoqué une chute des investissements, et donc même plus de progrès technique. Conséquence : moins d'énergie, moins de productivité énergétique = pas de croissance!

- * Lien étroit entre énergie et croissance

- * Tournant des années 1970 :

- * Chocs pétroliers (ont affecté plus le prix que la quantité disponible). De plus retour du prix du baril par le contre-choc pétrolier de 1985 : l'explication se trouve ailleurs.

- * Pic de productivité des puits américains : donc contraintes physiques et géopolitiques sur le volume de pétrole quotidien disponible empêchant les pays du Nord de profiter du contre-choc

- * Réduction de dépendance du pétrole des pays occidentaux

*** Énergie et croissance du PIB : moins de consommation, moins de croissance?**

- * Impact de la consommation d'énergie primaire sur la croissance
 - * Dans plus de 40 pays : 10% de conso supp = 6% de PIB/hbt en + (dépendance à 0,6, contre 0,12 pour le capital)
 - * Or mainstream prétend 0,1 (argument micro-économique) = part du coût de l'énergie dans le PIB
 - * Robert Solow : 86% énergie, 14% salaires et capital
 - * Robert Ayres
- * La causalité va dans le sens : possibilité d'augmenter la consommation qui provoque la croissance. Donc réduire notre dépendance à l'énergie = enjeu majeur du découplage.

* Dépendance PIB/énergie : une nouvelle estimation

Kaya étant purement comptable, quelle est la réelle dépendance du PIB par rapport à la consommation d'énergie primaire? Dans plus de 40 pays, cet impact est étudié à 0,6.

L'orthodoxie économique prétend qu'il est de 0,1, cela correspond à la part du coût de l'énergie dans le PIB.

Robert Solow estime que la croissance est expliquée à 14% par les salaires et le capital, et que la mesure de notre ignorance est de 86%. Kümmel montre que ces 86% sont l'énergie.

Robert Ayres montre que l'efficacité thermodynamique croissante avec laquelle l'énergie et les matières premières sont converties en travail utile rend compte du gros de l'augmentation des gains de productivité et de croissance dans les sociétés industrielles.

Gaël Giraud montre que la causalité ne va pas dans le sens augmentation du PIB -> augmentation de la consommation, mais l'inverse : c'est la possibilité d'augmenter notre consommation qui dope la croissance. Ainsi, si nous perdons notre faculté d'augmenter la consommation de certaines énergies, sans modifier notre mix énergétique, nous n'aurons aucune croissance... A moins de réduire notre dépendance à l'énergie, c'est tout l'enjeu du découplage.

Mais ce n'est pas aussi simple : les causes de la croissance économique ne peuvent être résumées à une seule variable. Et on pourrait tout aussi légitimement introduire dans l'équation comptable la productivité du travail, la durée de celui-ci, le nombre de travailleurs, l'efficacité des équipements, etc. Dit encore autrement, le fait qu'il existe un facteur limitant dans le processus productif (par exemple, l'énergie) n'autorise pas à voir en lui la cause de la croissance.

- * Tenir compte de l'énergie dans le PIB , c'est minimiser la part du capital
- * Or le rôle des énergies est majeur
- * La croissance sera désormais résiduelle si nous ne pouvons modifier l'équation du taux de croissance ($\Delta g = \Delta(E/P) + \Delta(1/e)$).

* L'énergie sous-évaluée par l'orthodoxie économique

Tenir compte de l'énergie dans le PIB , c'est minimiser la part du capital. Cela renvoie dos à dos marxistes et néo-classiques ; le capital n'est qu'un adjuvant
 Or le rôle des énergies est majeur dans le développement économique : moulins à eau, à vent, charbon, gaz, pétrole dans les Trente Glorieuses. La croissance sera désormais résiduelle si nous ne pouvons modifier l'équation du taux de croissance ($Dg = D(E/P) + D(1/e)$). Solutions = transition énergétique ou innovations technologiques (dans l'extraction des hydrocarbures, ou dans la productivité de l'énergie).

* Mettre des liens entre les flux économiques et physiques et les questions de découplage.

* Ainsi les flux physiques :

* Modèle du Club de Rome (coupler TRE et équations économiques)

* Travaux des physiciens Reiner Kümmel et Robert Ayres (cf. supra) : l'exergie.

* **Modélisations macro-économiques :
intégrer les flux physiques**

Le rapport du Club de Rome prenait en compte l'existence de stocks limités de ressources naturelles et intègre leur pic d'extraction à son analyse.

Reiner Kümmel a écrit « The Second Law of Economics : energy, entropy and the origin of wealth ».

Ayres a tenté de définir l'exergie, qui quantifie l'énergie utile (exemple de 1000 m³ d'eau à 50° vs 1l d'eau à 100°), et distingue la quantité d'énergie de sa qualité.

- * Majorité des modèles quantitatifs supposent des rendements décroissants
- * Remis en cause par Solow : la croissance provient du progrès technique (également théorie de Piketty)
- * Or les deux tiers (86% selon les auteurs) non expliqués de la croissance...
- * Les rendements constants? : pur artefact comptable
- * Les rendements croissants, inquiétude des économistes néo-classiques

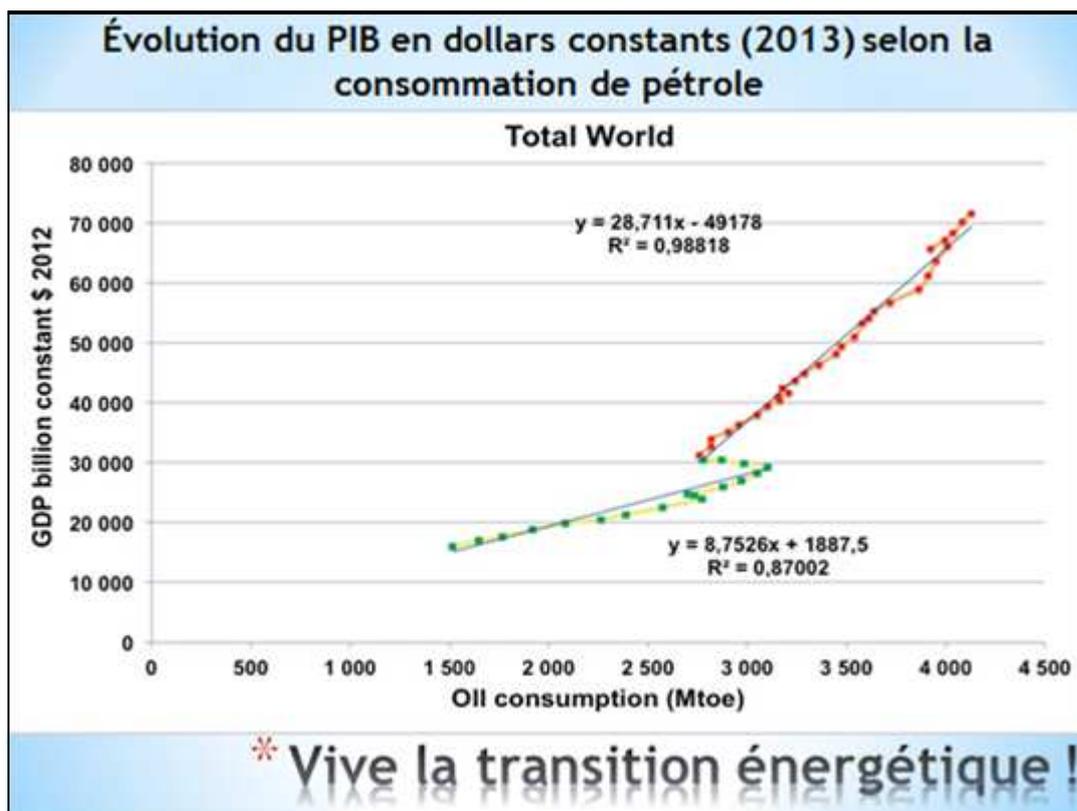
* **Remettre en cause les rendements décroissants**

Rendements décroissants : la productivité décroît avec la quantité produite. Or ce qu'on observe les rendements empiriques, ils dépassent 100%. Et les rendements décroissants sont incapables d'expliquer le phénomène de la croissance (l'avenir est borné, limité).

Adbusters a critiqué le modèle de croissance de Solow d'être « *simplistique au point d'en être éminemment trompeur* », puisqu'il expliquerait la croissance économique en présumant que seuls le capital, la main-d'œuvre et le progrès technologique seraient pertinents ; il ne prendrait pas en considération les ressources naturelles et l'énergie. L'exemple donné est l'automobile : pour la construire et l'utiliser, non seulement a-t-on besoin d'outils, de travailleurs et de connaissances, mais aussi d'acier, de caoutchouc et de combustibles fossiles. Adbusters conclut que « *à ce jour, les modèles de croissance néoclassiques dérivés de celui de Solow sont toujours irrémédiablement voués à l'échec d'un point de vue biophysique* ».

Or les deux tiers non expliqués de la croissance (en-dehors du travail et du capital) ne l'est pas par le progrès technique mais par la consommation d'énergie et au progrès technique entendu comme réduction de l'intensité énergétique. On ne saurait aussi négliger le capital humain.

Les travaux d'économistes des années '50 ont montré que les rendements constants sont pur artefact : aucune preuve n'a pu être apportée. Les enquêtes micro-économiques montrent que les rendements auprès des chefs d'entreprise sont croissants (la plupart). Les rendements décroissants remettent en cause la façon dont on envisage les profits. Avec eux, pas de maximisation du profit possible! Le secteur public pourrait être alors plus efficace que le marché pour gérer certaines productions. Et les rendements croissants minimisent le rôle du progrès technique de Solow. Enfin, comme le PIB a moins dépendance avec les EnR qu'avec le pétrole, cela bouleverserait l'équation du taux de croissance du PIB. C'est l'intérêt de la transition énergétique.



Retour sur le graphique liant pétrole et PIB. Voyez la rupture de pente dans les années '70. On se rapproche d'une situation de découplage absolu, et même par rapport au pétrole. Vrai, sous la contrainte des prix du pétrole, on a appris à comprendre que l'on devait se départir de notre dépendance au pétrole. Mais les autres énergies? Qui plus est, depuis cette période, depuis les années '80, nous ne faisons plus aucun progrès, excepté la rupture de pente. Un récent article, paru sur le site de La Presse, un organe québécois, met en avant, pour la première fois, un découplage entre pollution et activité économique, le 14 mars 2015 (croissance de l'économie de 3%, stabilisation des GES, grâce à une baisse de la consommation de charbon de 2,9% en Chine et à l'essor des énergies vertes devenues abordables, selon l'AIE). Désormais, il faudra faire la même chose pour les autres EnF, mais surtout pour notre consommation matières.

- * Toute économie ne peut fonctionner sans énergie
- * Il faut aussi un développement matériel. Ce qui repose sur un apport en ressources et une hausse des déchets
- * Le PNUE en 2007 :
 - * augmentation de la demande
 - * ressource devient de plus en plus difficile à extraire, d'où hausse des prix
 - * impacts environnementaux.
- * D'où efforts colossaux pour augmenter la productivité matérielle Et ce d'un facteur 5 d'ici 2050. Soit un découplage absolu.

* Le découplage PIB/matières

Toute économie ne peut fonctionner sans énergie. Mais pas seulement. Il faut aussi un développement matériel. Ce qui repose sur un apport en ressources (minérales, énergétiques, biomasse) et une hausse des déchets et pollutions diverses.

Le PNUE en 2007, dans son second rapport sur le découplage, met en évidence : une augmentation exponentielle de la demande, tandis que la ressource devient de plus en plus difficile à extraire, d'où hausse des prix et volatilité de ceux-ci, plus d'impacts environnementaux. D'où efforts colossaux pour augmenter la productivité matérielle (moins de ressources et de matières requises par unité de PIB). Et ce d'un facteur 5 d'ici 2050. Soit un découplage absolu.

- *Toute extraction matérielle cause un impact
- *Accès aux ressources de plus en plus difficile et coûteux
- *1969, Robert Ayres rejoint ... Lavoisier
- *1990, premiers travaux sur les flux de matières
- *OCDE en 2000
- *Stratégies de croissance verte de l'OCDE et de la PNUE : le découplage PIB/matières est un élément central.
- *En France, stratégie de DD 2010-2013 : productivité matières au cœur

* L'analyse des flux de matières

La masse étant une grandeur aisément mesurable, il est facile de calculer les ressources qui nous intéressent. ET il n'est pas déraisonnable de penser que toute extraction matérielle a un impact environnemental. Or la concentration des minerais décline, si bien que l'accès aux ressources matérielles est de plus en plus difficile et coûteux. En 1969, Robert Ayres, toujours lui, publie un article dans *American Economic Review* où il explique que les problèmes de pollution doivent prendre en compte le principe de conservation de la matière. Il préconise d'abandonner le concept de consommation, puisque les biens ne sont pas consommés, mais transformés. Dans les années '90, les premiers travaux sur les flux de matières se font jour. Eurostat en 2001 publie un guide méthodologique et l'UE s'y met aussi. L'OCDE en 2000 propose des indicateurs de découplage des pressions environnementales vis-à-vis de la croissance économique comme éléments du DD, l'objectif étant de briser les liens entre maux environnementaux et biens économiques. Le PNUE s'y met aussi en 2011. Le découplage PIB/matières est un élément essentiel des stratégies de la croissance verte pour l'OCDE, et la productivité matières est inscrite dans le Défi 1 de la stratégie de développement durable du ministère de l'écologie pour 2010-2013.

- * Grande diversité selon que l'on tient compte
 - * L'analyse des flux de matières permet de rendre compte
 - * Flux de matières entre :
 - * Économie et environnement
 - * Entre économies nationales
 - * Au sein de l'économie
 - * Informations monétaires et physiques dans un même cadre comptable (comptes standardisés ONU)
- * Quels indicateurs retenir pour les flux de matières?

Il existe une grande diversité d'indicateurs selon que l'on tient compte des matières requises pour la production nationale, ou pour l'alimentation de la consommation nationale, ou encore que l'on inclut ou non les matières mobilisées pour l'importation, ou que l'on néglige les matières inutilisées.

D'une manière générale, l'analyse des flux permet de rendre compte des extractions de biomasse, d'énergies fossiles, de métaux, de minéraux, des importations et des exportations. Seuls les flux de matières entre l'économie et son environnement, ou entre deux économies nationales, sont enregistrés dans les comptes. Ces informations sont standardisées par l'ONU, et sont intégrées dans un même cadre avec les informations monétaires et physiques, permettant la création d'indicateurs d'intensité matérielle du PIB

- * Le premier des indicateurs : le DEU (domestic extraction use) désigne l'extraction intérieure utilisée
 - * Le DMI = direct material input est le besoin apparent en matières, il additionne DEU et importations
 - * Si on y ajoute l'extraction matérielle inutilisée, on a le TMR = total material requirement (besoin total en matières du système économique)
 - * Indicateur de consommation de matières : DMC = domestic material consumption
 - * Enfin la TMC (total material consumption), ou consommation intérieure totale de matières
 - * PTB = balance commerciale physique
- * La balance commerciale physique reflète l'inégalité des échanges écologiques**

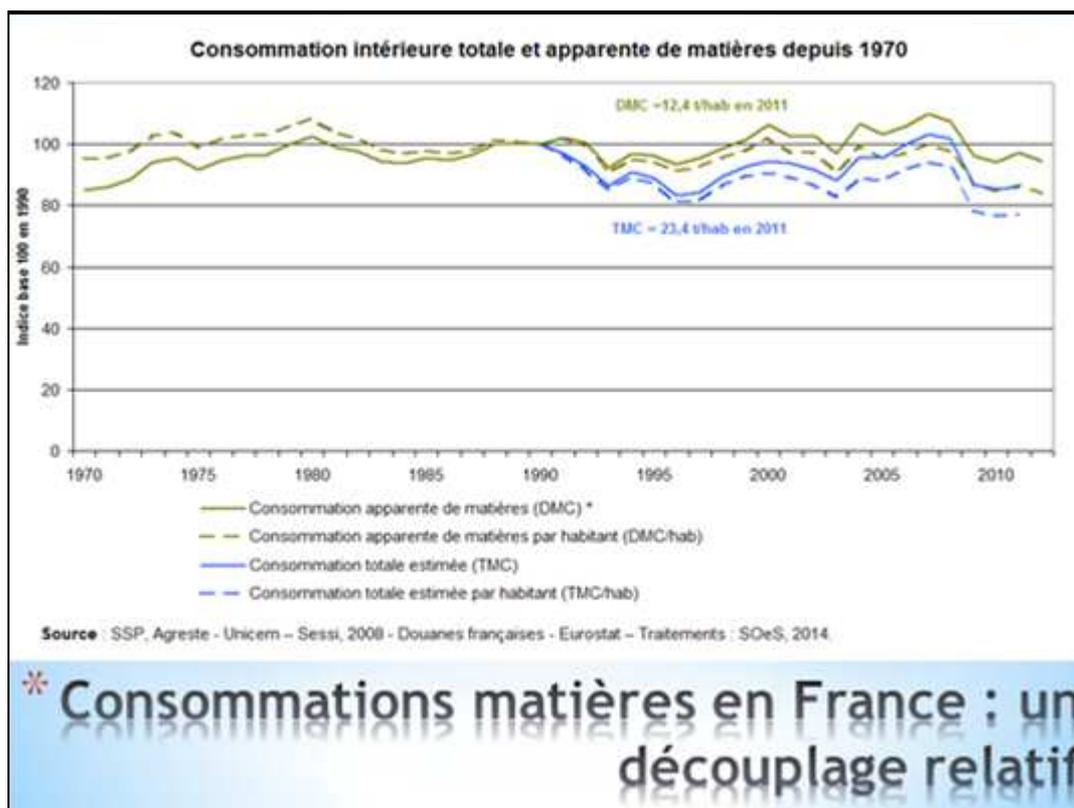
Par rapport au DMI, le TMR rétablit la symétrie, car les biens importés ne sont en effet inclus qu'à hauteur de leur masse une fois transformés. On tient compte des matières nécessaires pour la production des biens manufacturés.

Si on se place du point de vue de la consommation des résidents, on a la DMC, ou consommation intérieure apparente, et est constituée de la DEU, moins les exportations, plus les importations, ou encore DMI moins les exportations. La TMC est la consommation intérieure totale en matières.

Maintenant, si l'on veut comparer le commerce entre pays en valeur monétaire, à celui en termes de masse de matières, on peut aussi calculer les balances commerciales physiques (PTB = physical trade balance), que l'on peut analyser en échange écologiquement inégal, lorsque certains pays exportent nettement plus de matières que d'autres et subissent par conséquent plus d'impacts environnementaux. C'est la différence entre les importations et les exportations, ou encore la différence entre la DMC et la DEU.

En somme, les indicateurs de flux de matières sans flux cachés sont la DMI, la DEU, le PTB, et la DMC : les indicateurs incluant les flux cachés sont TMR et TMC.

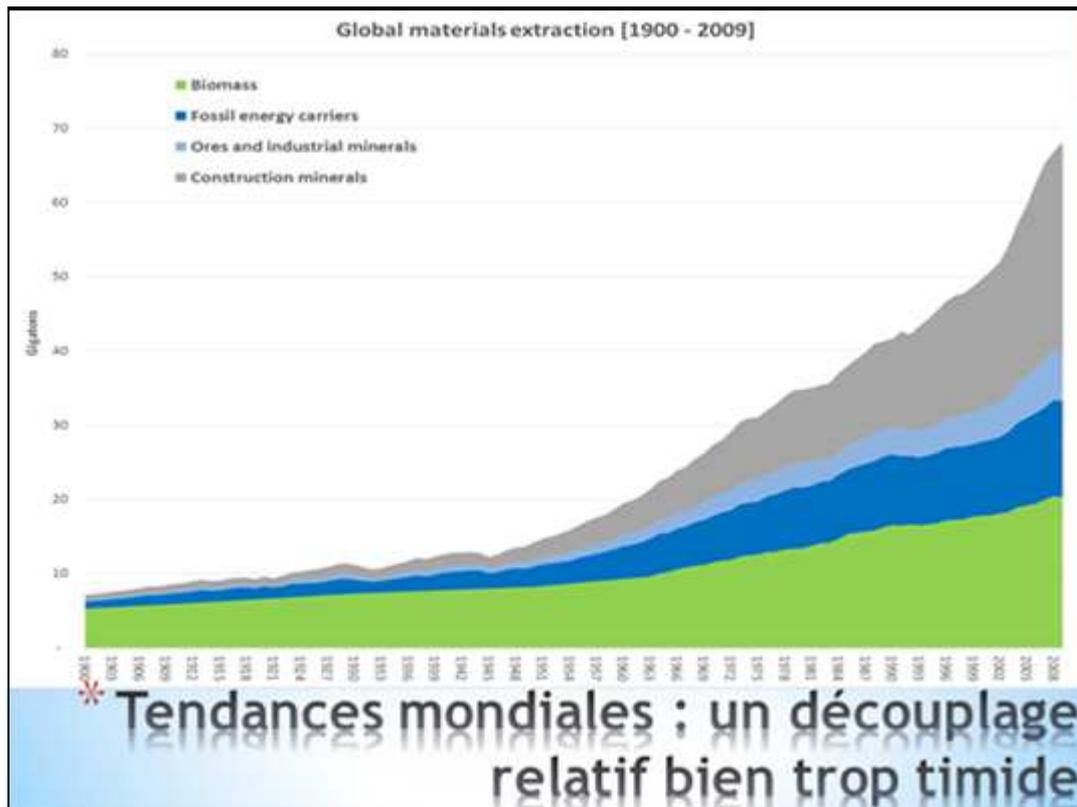
La DMC est à ce jour largement le plus utilisé des indicateurs dans les travaux de flux ou de découplage. Les données concernant TMR et TMC sont encore incomplètes



L'UE propose de réduire par 4 les émissions de GES d'ici 2050, tout en rétablissant la biodiversité. Ce ne sera possible que si le découplage se réalise. Or il n'y a pas eu de découplage pour l'ensemble des émissions de CO₂, surtout si l'on prend en compte les émissions indirectes induites par les produits importés. Il n'y a pas eu non plus de découplage pour de nombreuses pressions exercées sur la biodiversité. Il faut donc rompre avec ces tendances historiques.

Le graphique montre que la consommation intérieure apparente de matières a globalement peu varié entre 1990 et 2008, oscillant autour de 14 tonnes par habitant. Une estimation pour 1970 donne le même ordre de grandeur (13,6 t/hab). Entre 2007 et 2012, elle décroît progressivement pour s'établir à 12 tonnes par habitant. Sur cette même période, la consommation intérieure apparente de matières baisse (-14 %) alors que l'activité économique, mesurée par la production en volume, i.e. à prix constants, diminue avant de reprendre légèrement (+0,5 % en 2012 par rapport à 2007). Cette évolution est liée à la contraction de l'activité économique (en particulier à la forte baisse de la consommation des matériaux de construction qui représentent environ 50 % de la consommation intérieure apparente). Elle traduit aussi un découplage relatif. De plus, c'est le secteur de la construction qui a le plus fort impact environnemental. La prise en compte de l'ensemble des flux cachés porte la consommation totale estimée à 23,4 tonnes de matières par habitant en 2011, soit près du double de la consommation apparente. Elle était respectivement de 30 et 28 tonnes par habitant en 1990 et 2008.

Au total, si certains progrès sont notables en France comme en certains pays d'Europe, en matière de productivité matérielle et de découplage, les tendances sont peu encourageantes, aucun découplage absolu, une externalisation croissante des extractions de ressources vers les pays les moins développés : tout ceci n'est pas compatible avec les objectifs de sobriété matérielle pour la soutenabilité environnementale.



Selon l'OCDE, entre 1980 et 2002, l'extraction mondiale de ressources a augmenté de 36%, et est appelée à progresser de 48% d'ici 2020. Les minerais métalliques président à cette tendance, avec un quasi-doublement d'ici 2020. Le graphique ci-dessus montre la croissance de l'extraction internationale entre 1900 et 2009. Dans le même temps, le PIB est passé de 5 à 45 billions de dollars, et dans le même temps le PIB a été multiplié par 25, l'extraction de matières par 12. Par personne, le taux d'extraction a doublé en un siècle. Et dans l'ensemble, il y a une relation linéaire entre PIB/habitant et taux d'extraction.

Si l'on regarde les régions mondiales, l'Amérique du Nord et l'Océanie (Australie) sont les plus grands consommateurs, de loin. La productivité matières est la plus élevée en Europe (dollars produits par consommation de matières). Le commerce international de matières a crû plus vite que l'extraction, les combustibles fossiles croissent plus vite, ainsi que les matériaux de construction. Les pays industriels sont importateurs, mais les premiers exportateurs ne sont pas forcément les plus pauvres, puisque on y trouve la Russie et l'Australie. En tous cas on ne voit nulle part de découplage absolu.

Balance commerciale physique pour l'Amérique Latine de 1970 à 2008

Année	Matériaux extraits en millions de tonnes (biomasse, EnF, minéraux pour construction, minerais et minéraux industriels)
1970	-230
1975	-190
1980	-210
1985	-300
1990	-330
1995	-400
2000	-480
2005	-700
2008	-680

* Amérique latine : vers un recouplage?

A la suite de son premier rapport sur le découplage, le PNUE s'est penché sur les pays d'Amérique Latine, où les perspectives sont plus sombres. Certes embellie économique depuis 2000, notamment grâce aux matières premières, ce retour de la croissance s'accompagne d'une spécialisation du continent sud-américain en la production et l'exportation de matières premières et de biens peu manufacturés, issus de l'agriculture ou de l'activité minière, bref du secteur primaire de l'économie : on parle de reprimarisation. Ainsi la DMC a crû plus vite en AmSud que dans le reste du monde. Y contribuent les extractions de :

- Biomasse
- Minerais métalliques et industriels (Fe, Cu, Ag, Al)

Et la balance commerciale physique est de plus en plus déficitaire, comme le montre le tableau. Il faut donc de plus en plus de DMC pour produire un dollar de PIB, alors qu'il y a une amélioration mondiale de la productivité-matières. Tout se passe comme si l'AmSud avait de plus en plus de mal à produire de la croissance. Il en va ainsi du Chili, du Pérou, du Brésil aussi.

Ainsi, la tendance en AmSud est que cette reprimarisation va de pair avec un recouplage, malgré une nette amélioration des termes des échanges. Heureusement que ces pays disposent de matières premières. Le tout au profit des pays les plus riches. Mais ne nous y trompons pas : le DMC ne tient pas compte des flux cachés, et la mobilisation des matières premières latino-américaines ne servent qu'à abreuver des consommations majoritairement non sudaméricaines.

- *Rareté des ressources enfin prise en compte
- *Notion d'empreinte matérielle des nations
- *Découplage inexistant ou tout au plus relatif dans les pays riches.
- *Rupture de tendance? Low-tech?

* Technologie vs « low-tech »

La rareté des ressources est donc prise en compte par l'ensemble des institutions internationales. Simplifier et harmoniser les indicateurs va dans le bon sens.

Quelles leçons de ce découplage PIB/matières?

- 1°) d'abord que les progrès en efficacité des ressources soit un jeu à somme nulle : le découplage relatif des pays industrialisés s'accompagne d'une dépendance aux importations intensives. Les pays exportateurs ont tout intérêt à mettre en lumière les flux cachés, afin d'amoindrir leur responsabilité en termes de dégâts environnementaux. Les concepteurs de la notion d'« empreinte matérielle des nations » sont d'ailleurs australiens.
- 2°) des pays comme UK ou le Japon, qui connaissent entre 1990 et 2010 un découplage absolu de leur DMC, voient dans le même temps leur empreinte matérielle augmenter. Et cet indicateur, l'empreinte matérielle par tête, est fortement corrélée au PIB/tête, bien plus que la DMC.

Dans l'ensemble, les indicateurs flux de matières montrent un découplage soit inexistant, soit relatif. Une étude de Julia Steinberger sur la période 1970-2005 a porté sur la dématérialisation des économies, en étudiant la DMC/tête. Il existe une tendance significative à la réduction de l'empreinte matérielle, mais le couplage entre PIB et matières est robuste et avéré.

Ceci pourra être utile pour des politiques plus ambitieuses en termes de ruptures technologiques, ou de modération des objectifs de croissance. Or ce que nous observons est que chaque rapport officiel est focalisé sur la dimension technologique, pour permettre d'économiser beaucoup de ressources.

Or la rupture de tendance devra être colossale. Il existe peut-être des voies plus raisonnables, plus fécondes, comme la « low-tech », la sobriété, ou la suffisance. Pour découpler l'utilisation des ressources, non de la croissance, mais plutôt de la prospérité au sens large.

- * Débat fondamental : le découplage pose la question de la survie de l'humanité
- * Verdir notre modèle de croissance? NON!
- * L'humanité s'adaptera-t-elle le moment venu? NON !
- * Cette cécité puise ses raisons sur des comportements sociopolitiques.

* Et maintenant, que faire?
1- une rupture nécessaire

Le débat sur le découplage pose la question de la survie de l'humanité, à laquelle nous répondons non si nous continuons ainsi. En effet les modes actuels de production et de consommation sont insoutenables, parce qu'ils sont fondés sur une consommation croissante d'EnF et de matières premières non renouvelables, parce qu'ils détruisent les écosystèmes qui sont la base même de la vie. Comment sortir de cette logique suicidaire?

Verdir notre modèle de croissance est un leurre, considérant que l'on ne change pas d'un iota la logique « *business as usual* » : or ce que nous avons montré est que les modes de production et de consommation sont étroitement dépendants des ressources énergétiques et matérielles non renouvelables. Dont jusqu'à présent l'accès s'est révélé peu coûteux et aisé. L'exploitation des EnF de schiste n'apporte qu'un sursis temporaire.

Il nous faut modifier radicalement nos façons de nous nourrir, nous chauffer, nous éclairer, nous déplacer, nous habiller, nous soigner, pour moins dévorer notre énergie et notre matière. Il nous faut produire sans détruire, et pour cela opérer de grandes ruptures, qui vont bien au-delà de la décroissance du PIB.

Certains économistes persistent à penser que l'humanité s'adaptera, des signaux semblent déjà exister que le moment venu, les alternatives technologiques seront rentables pour échapper aux pénuries annoncées.

Cette attitude dite réaliste est en fait une cécité. Car le système des prix actuel ne rend pas compte des effets externes liés à nos systèmes productifs : le dérèglement climatique a un coût, et les tentatives de marchandiser le CO2 ont été jusqu'alors des échecs. En matière de ressources, la prévention des catastrophes semble trop tardive, et l'effondrement annoncé risque d'être brutal pour permettre une transition réussie vers des modes de production soutenables. Enfin, sans nier la possibilité de ruptures technologiques salvatrices, l'horizon actuel nous oblige à penser en termes de technologies existantes. Au fond, les raisons de cette cécité sont moins liées à une conviction scientifique qu'à des raisons sociopolitiques, qui nous font fuir en avant.

- * La croissance économique reste souhaitable comme vecteur de pérennité ...
- * Le découplage : un problème technique?
- * Une transformation technique qui demeure à construire

* Et maintenant, que faire?
2- une croissance si désirable

- * L'avenir : pas renoncer à la croissance, mais en changer le contenu
- * Comment mettre un terme à la croissance dans sa forme actuelle
- * Au niveau de la scène internationale : substituer la coopération à la confrontation
- * Au niveau des entreprises : accompagner celles qui décroîtront et favoriser celles qui produiront du soutenable
- * Négociations sociales : un obstacle majeur

* Et maintenant, que faire?

3- rupture d'un modèle consommateur

L'avenir n'est pas de renoncer à la croissance, mais d'en changer le contenu, c'est-à-dire ses finalités économiques et les rapports sociaux au sein desquels elle se déploie. Ainsi substituer les EnF aux EnR, mettre un terme à l'obsolescence programmée, imposer une écoconception des produits, faciliter l'économie circulaire, réduire les déplacements, isoler les logements, rendre la ville durable, développer une alimentation saine? Au final réorienter l'activité économique vers le bien-être et l'épanouissement. C'est le lien avec la conférence sur les indices économiques. Toutes ces ruptures sont nécessaires. L'objectif n'est pas un simple renoncement à la croissance, ou réaliser une modeste décroissance. Non. L'objectif est de réduire fortement, donc cela suppose un réel effort de redéploiement d'activité, et donc de profondes transformations économiques, sociales et politiques. C'est un vrai bouleversement paradigmatique auquel on s'intéresse.

Peut-on dématérialiser la production de telle manière à obtenir une baisse absolue de la consommation? (ce que désirent les économistes écologistes). Le découplage absolu est-il possible?

Au niveau des états, la question sera de substituer la coopération à la confrontation, afin de rendre sans objet la course à la puissance. Utopie? Mais avons-nous seulement le choix? Il en est ainsi des enjeux pour le climat. Il en est aussi pour les circuits courts, les monnaies complémentaires, rendre les territoires plus résilients. Cette recherche de diagnostics communs et de coopérations internationales, comme le GIEC, jettera les bases de nouvelles formes de prospérité. C'est ce que nous devrions mettre en place lors de la COP 21 en décembre 2015 à Paris. Par quelques exemples, c'est ce que nous montre Marie-Monique Robin dans son dernier opus que nous vous présenterons dans un mois.

Au niveau des entreprises, on doit accompagner le changement de celles amenées à décroître et favoriser l'essor de celles qui produisent biens et services soutenable.

La question des négociations sociales est majeure. C'est là que le débat sur la croissance revient, car elle est un référentiel crucial de la négociation sociale (partage des gains de productivité). Il faut imaginer de nouveaux processus de négociations pour s'engager dans la voie de cette nouvelle prospérité. Prospérité qui nous conduirait à ne plus avoir de particules fines, de ne plus avoir de perturbateurs endocriniens, de réduire notre temps de travail, de pratiquer de l'activité physique sur ce temps nouveau, bref un monde qui fasse envie.

- * Après désintoxication : le PIB baissera-t-il?
 - * Débat sur les indicateurs de richesse
 - * Faire décroître les activités fortement consommatrices
- * Transformer les conventions qui définissent le PIB : inclure
 - * L'évolution de l'état du capital naturel
 - * La qualité de vie sociale liée à l'activité économique
 - * Donc l'ensemble des externalités de cette activité
- * Pas un simple jeu intellectuel : établir un nouveau consensus social autour des modes d'évaluation de cette nouvelle richesse...

* Nouveaux indicateurs de richesse

La réponse en termes de baisse du PIB tel qu'actuellement défini importe peu. Car notre avenir dépend de ce que nous en imaginons, de ce que nous considérerons comme richesse économique. De nos jours, ce qu'inclut le PIB est la résultante de toutes les activités marchandes et non marchandes (administrations) au prorata de la valeur équivalente à leur coût. Dans ces conditions, la question est bien de décroître les activités à forte consommation énergétique et de matières, tout en développant celles qui apportent du bien-être en étant économe des ressources. Donc peu importe le devenir du PIB : ce qui importe, c'est que la seule décroissance du PIB ne nous sortira pas d'affaire.

Le PIB doit, par convention, être transformé, en intégrant par exemple dans son calcul, l'état du capital naturel, ou la qualité de la vie sociale liée à l'activité économique, bref l'ensemble des externalités positives ou négatives que cette activité économique engendre.

Et ce n'est pas un simple exercice intellectuel : car il vise en sus à établir un nouveau consensus social autour de nouveaux modes d'évaluation et de richesses. Peut-être en résultera-t-il un moindre pouvoir d'achat? Mais si c'est pour obtenir plus de richesses immatérielles, souvent communes et hors marché, pourquoi pas? Cette évolution suppose une réduction de la place de la monnaie et du marché dans nos vies, suppose de réduire fortement les inégalités, suppose d'assurer un accès de tous aux ressources de vie digne (les biens communs), suppose de taxer fortement les très hauts revenus (voir le livre de Richard Wilkinson et Kate Pickett, « Pourquoi l'égalité est meilleure pour tous », Editions Les Petits Matins : où ce sont les inégalités sociales et non le niveau absolu des revenus qui déterminent les inégalités de santé et de longévité).



Notre société n'est sans doute pas prête à accepter une telle transformation. Ce rejet témoigne qu'une fiscalité écologique n'a de sens que pour la transformation des modes de production et de consommation perçus comme bénéfique. Non plus une écologie accusatrice, mais une écologie protectrice, comme l'explique Eloi Laurent. Un état dont les dimensions régaliennes s'étendent non seulement aux risques sanitaires et sociaux, mais aussi aux risques écologiques, tant les trois sont liés.

Ce ne sera donc pas une fiscalité punitive, mais envisagée comme un outil indispensable au financement de mesures propres à rendre la transition économique désirable. Elle remet en cause le contrat social antérieur, pas par des mesures vertes marginales, mais par un nouveau contrat social-écologique, vu comme perspective stimulante à proposer au citoyen. Je vous la laisse imaginer.

« Le développement durable est un développement découplé de l'utilisation des ressources »

Ida Auken, Ministre danoise de l'environnement



« Le jour où le capitalisme sera contraint de tolérer la présence de sociétés non capitalistes, de limiter son appétit de domination et d'admettre que l'offre de matières premières n'est pas infinie, ce jour-là soufflera enfin un vent de changement. S'il existe la moindre lueur d'espoir pour la planète, elle ne réside pas dans les conférences sur la crise du climat ou au sommet des gratte-ciel. Elle se trouve tout en bas, sur le terrain, dans les yeux des gens qui se battent au quotidien pour la protection de leurs forêts, de leurs montagnes, de leurs rivières, parce qu'ils savent que ces forêts, ces montagnes, ces rivières les protègent.

Arundhaty Roy (militante et écrivaine indienne), 2010

