

I - L'ÉNERGIE



Chapitre 01 - Retour aux basiques : qu'est-ce que l'énergie ?

▶ https://youtu.be/2cE_ryy68y4

Chapitre 02 - Un monde de machines

▶ <https://youtu.be/XaHzB8TsobQ>

Chapitre 03 - Passage des énergies renouvelables aux énergies fossiles

▶ <https://youtu.be/paUW3a55tdw>

Chapitre 04 - Les effets de l'abondance énergétique sur les secteurs économiques

▶ <https://youtu.be/QLdhb7CyCjs>

Chapitre 05 - Les effets de l'abondance énergétique sur les modes de vie

▶ <https://youtu.be/h8tSttoPHN8>

Chapitre 06 - Une théorie économique hors-sol

▶ https://youtu.be/Llu8EOUrS_U

Chapitre 07 - Baisse de l'approvisionnement énergétique et conséquences

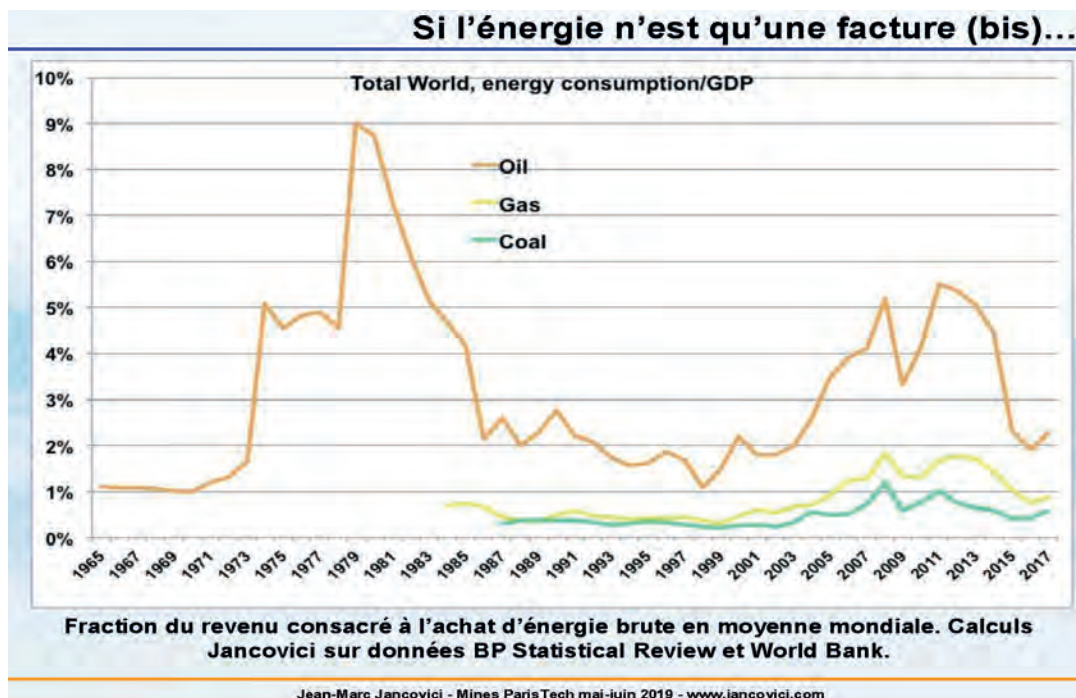
▶ <https://youtu.be/PMSJMQgpVgc>

Chapitre 01 - Retour aux basiques : qu'est-ce que l'énergie ?



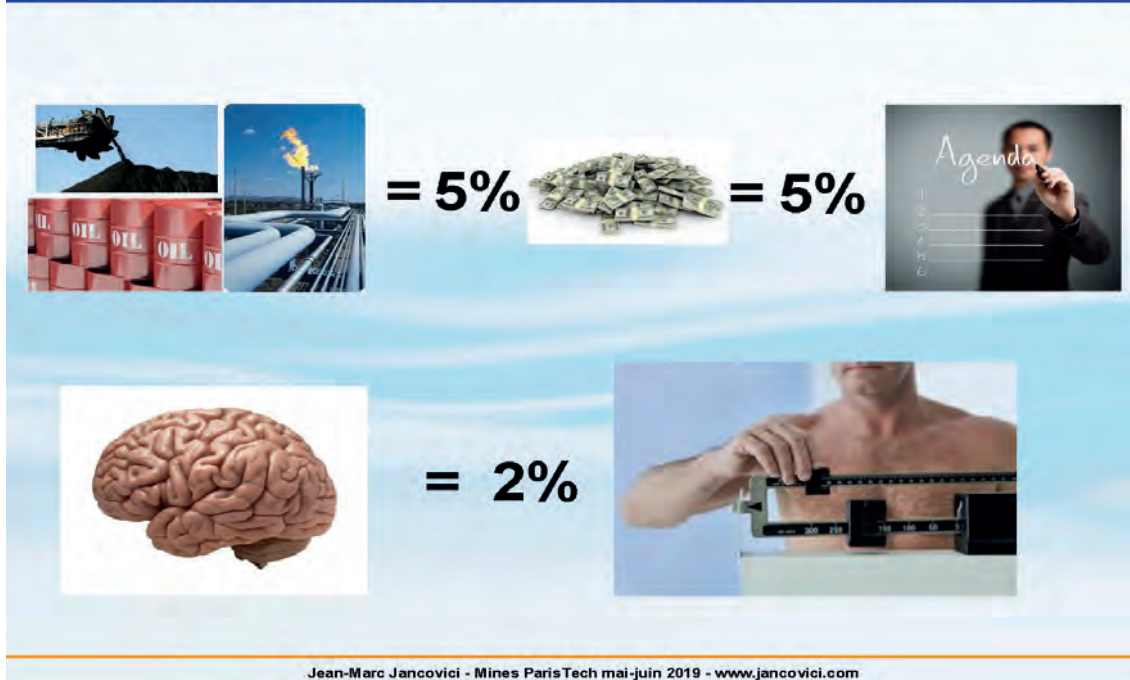
Question 01 - Selon vous, qu'est-ce que l'énergie ?

- Raisonnement de type économique = Ma facture d'électricité ou de gaz



On passe à côté de l'essentiel si on associe énergie et facture d'énergie. Car le coût de l'énergie - pétrole, gaz, charbon - est infime par rapport aux fonctions remplies.

On ne va quand même pas passer la nuit sur 5% de nos couts



Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Un raisonnement en part de camembert est impropre pour appréhender la question de l'énergie car il ne tient pas compte du fait que les parts puissent être asservies les unes aux autres.

Exemple typique : l'agriculture représente 2% du PIB, on pourrait s'en passer. Les 95% du PIB qui ne sont pas de l'achat d'énergie dépendent en réalité à 100% des 5% en question.

- Il faut l'économiser, mais pourquoi ?

L'énergie c'est ce qu'on doit économiser. C'est un paradoxe car la société thermo-industrielle repose précisément sur l'abondance énergétique.

- C'est ce qu'on ressent le matin lorsqu'on est en forme.
- C'est ce qui permet de transformer l'environnement

Back to basics : qu'est-ce que l'énergie ?

L'énergie est la grandeur physique qui permet de caractériser un changement d'état dans un système :

- Modification de température**
- Modification de la vitesse**
- Modification de forme**
- Modification de la composition chimique**
- Modification de la position dans un champ (magnétique, électrique, gravitationnel...)**
- Changement de composition atomique**
- Modification de l'énergie ou du nombre de photons**

L'énergie n'est donc rien d'autre que l'unité de compte de la transformation du monde qui nous entoure

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

L'énergie est la grandeur physique qui permet de caractériser un changement d'état dans un système : L'énergie est ce qui quantifie / calcule le changement d'état d'un système.

Objets qui transforment l'environnement dans la vie courante :

- modification de température, réchauffer / refroidir (frigo, radiateur)
- modification de vitesse (voiture, trains, camions)
- modification de forme (pelleteuse, presse)
- modification de la composition chimique d'un système (système digestif humain sert à fournir de l'énergie)
- modification de la position dans un champ magnétique, électrique, gravitationnel... (consomme dans un moteur / en fournit dans un alternateur)
- changement de composition atomique (exemple le soleil qui est une grosse bombe thermo-nucléaire et qui assemble des noyaux d'hydrogène pour fabriquer des noyaux d'hélium)
- modification de l'énergie ou du nombre de photons (interaction matière / rayonnement)

=> l'énergie c'est transformer le monde qui nous entoure et inversement transformer le monde qui nous entoure suppose nécessairement qu'il y ait de l'énergie qui soit entrée en jeu.

Chapitre 02 - Un monde de machines

500.000 ans de transition énergétique !

- **-500.000 ans : domestication du feu.**
- **L'antiquité : toutes les renouvelables ont été utilisées ! Bois, vent, soleil, hydraulique, traction animale...**
- **Le pétrole est connu des Sumériens (-3.000 av. JC environ), bien avant Drake et son premier forage (1859 à Tittusville).**
- **Le charbon est exploité dans la Chine antique 1000 ans avant notre ère.**
- **Ce qui caractérise l'ère « moderne », ce n'est pas l'utilisation de sources « nouvelles » (sauf le nucléaire et le photovoltaïque), mais le **changement d'ordre de grandeur** dans leur usage.**

Jean-Marc Jancovici - Mines Paris Tech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

500 000 ans de transitions énergétiques :

- 1ère énergie extracorporelle : le feu, il y a 500 000 ans
- toutes les énergies renouvelables ont été mises au point pendant l'Antiquité (bois, vent, soleil, hydraulique, traction animale, ... et même les énergies fossiles dans des petits volumes : le pétrole connu des Sumériens, le charbon connu des Chinois au début du 1er millénaire avant l'ère chrétienne)
- à partir du XVIII et de la révolution industrielle, pas de nouvelles sources d'énergie mais un changement d'ordre de grandeur dans leur usage
- il faut attendre le XXe avec le nucléaire et le photovoltaïque pour que soient exploitées de nouvelles sources d'énergie

> la transition énergétique, un état permanent des sociétés humaines

> la Révolution industrielle marque une rupture avec l'exploitation massive et en un laps de temps très court des énergies fossiles

Oubliez « énergie », pensez « machines »

L'énergie, c'est ce qui **quantifie** la transformation de l'environnement

A cause de la loi de conservation de l'énergie, « utiliser de l'énergie », c'est en pratique **extraire de l'énergie de l'environnement (où elle se trouve déjà)** et la transformer avec un convertisseur.

La seule énergie que les hommes peuvent convertir en direct, c'est la biomasse et ses dérivés comestibles



Pour utiliser « plus puissant que soi » il faut un autre convertisseur, et l'énergie qui l'alimente



« Utiliser de plus en plus d'énergie », c'est aujourd'hui en pratique « commander de plus en plus de machinerie »

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

L'énergie est une grandeur physique, elle est par conséquent gouvernée par des lois physiques immuables Utiliser de l'énergie consiste à extraire de l'énergie de l'environnement (une énergie primaire) et la transformer avec un "convertisseur"

- énergies primaires directement convertissables par l'homme : la nourriture et la chaleur du soleil
- puis domestication par l'homme d'autres convertisseurs d'énergie, tous renouvelables :
 - le bois
 - les animaux de trait
 - l'eau puis le vent avec les moulins
 - les esclaves
- puis avec la Révolution industrielle, mise au point de convertisseurs non renouvelables (machines faites de métal et qui convertissent des énergies fossiles)

> conclusion :

- l'énergie ne se consomme pas, elle se convertit
- abus de langage fâcheux qui minore le rôle des convertisseurs, et singulièrement dans nos sociétés modernes, les machines
- systématiquement traduire
 - "consommation d'énergie" par "utilisation de machines"
 - "nous consommons de plus en plus d'énergie" par "nous utilisons de plus en plus de machines"

Exemples de mobilisation de machines

Enfiler une culotte ? De l'énergie !



Industrie textile

Une armée de machines pour qu'on puisse enfiler un vêtement

- champs mécanisés pour les vêtements naturels (par exemple coton)
- installations pétrolières (plateformes pétrolières, vapocraqueur, raffinerie) pour les vêtements contenant des fibres synthétiques
- industrie mécanique pour le tissage
- industrie chimique pour les teintures
- industrie du transport pour les différentes étapes de la productions, jusqu'à la vente
- industrie du bâtiment pour la construction des usines et installations requises par la filière
- centrales électriques

Se laver les dents devant la glace ? De l'énergie !



dentifrice

Se laver les dents, une armée de machines pour un geste du quotidien

- industrie chimique pour la pâte (amidonnerie pour fabriquer le Sorbitol)
- industrie pétrolière pour le plastique du tube (plateforme, raffinerie, vapocraqueur)
- extrudeur pour mettre en forme le tube
- industrie de transport, bâtiment, ...
- industrie de l'eau / filtration de l'eau potable

- énergie obtenue d'1 litre d'essence
- énergie thermique 10 kw/h
- énergie mécanique une fois passée dans un convertisseur comme un moteur de voiture, 2 à 4 kw/h



- Un moteur qui brûle 1 L d'essence équivaut à 10 à 100 jours de travail humain. Dit autrement
- 1 moteur qui brûle 1 litre d'essence est capable de remplacer 100 travailleurs qui utilisent la force musculaire de leurs bras
- il est bien plus rentable de faire travailler des machines (différentiel se situe entre quelques centaines à quelques milliers de fois moins cher)

- Le différentiel de coût entre le travail humain et celui des machines explique la mécanisation et la robotisation systématique de l'industrie. D'autres avantages : disponibilité H24, docilité des machines (c'est également une des causes profondes de l'abolition de l'esclavage)

Données : 1000 litres d'essence consommés par an par chaque français

Les énergies primaires

- pour obtenir de l'énergie, l'homme doit extraire de l'énergie primaire de son environnement
- la molécule d'hydrogène est présente partout dans l'environnement mais sous forme liée, donc l'hydrogène n'est pas disponible en tant que source d'énergie primaire. Pour fabriquer de l'énergie à partir de l'hydrogène il faut casser les liaisons (par exemple hydrolyse de l'eau), ce qui nécessite d'employer plus d'énergie que ce qu'il est possible d'en obtenir sous forme d'hydrogène. Même réflexion pour la pile à combustible ... ce n'est pas une énergie primaire, c'est un "moteur"

Les externalités : l'utilisation de l'énergie transforme l'environnement, c'est sa définition. Par conséquent aucune énergie n'est propre ou sale par nature :

- leur exploitation a toujours un impact / une contrepartie sur l'environnement
- c'est donc le niveau d'utilisation / d'exploitation de l'énergie qui peut la rendre "sale", nocive pour l'environnement

Choisir une énergie plutôt qu'une autre, c'est arbitrer entre les inconvénients que l'on considère supportables

La physique sera toujours plus forte que les slogans

La loi de conservation impose que **l'homme ne peut rien faire d'autre que d'exploiter à son profit une source d'énergie déjà existante dans l'environnement**

L'énergie étant par définition la marque de la transformation, il n'existe aucune énergie propre ou sale dans l'absolu : choisir une énergie, c'est choisir les contreparties, pas les supprimer

Toutes les énergies primaires sont gratuites : personne n'a rien payé pour que se forment le pétrole, le gaz, l'uranium, le soleil ou le vent. Les hydrocarbures sont aussi gratuits que les renouvelables.

Le « cout de l'énergie » représente **uniquement les revenus humains qu'il a fallu payer pour extraire l'énergie de l'environnement. La nature ne se fait jamais payer.**

Plus une énergie est diffuse et non pilotable, plus elle coutera cher à extraire. C'est juste de la physique.

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Le prix de l'énergie primaire

L'énergie primaire est gratuite : le soleil, le vent mais également les énergies fossiles qui se sont accumulées à différentes périodes géologiques.

Le coût des énergies fossiles provient du coût d'accès, partagé entre :

- une "rente" foncière : le consentement du propriétaire du sol à se défaire de la matière première
- et une rémunération, pour le travail d'extraction, de prospection etc.

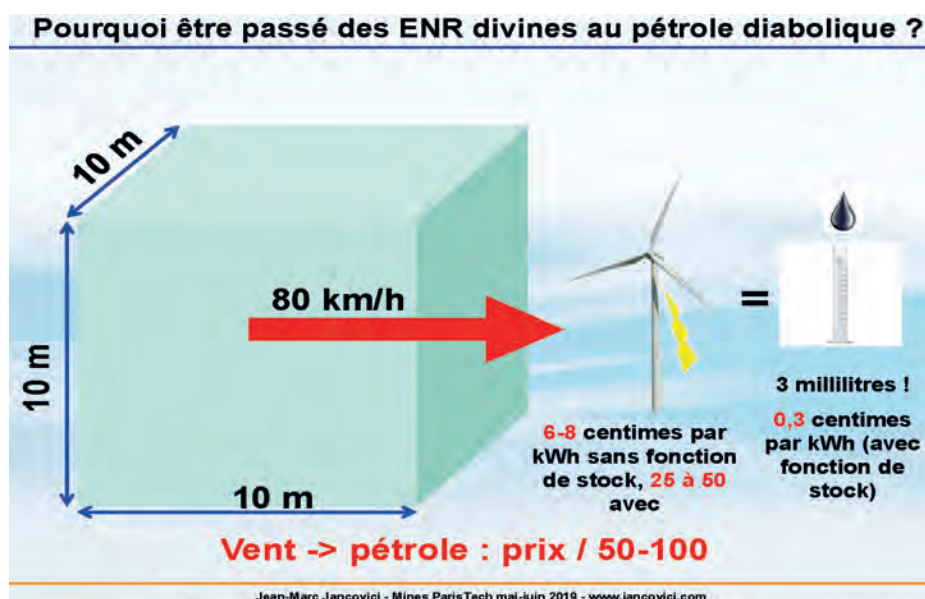
>> la Nature n'a jamais envoyé de facture à qui que ce soit

La fixation du prix des énergies primaires n'est pas lié à son abondance ou à sa rareté mais à la facilité d'extraction

- elle doit être très concentrée et non pas diffuse dans l'environnement
- elle doit être facilement accessible dans le sous-sol

>> typiquement, le pétrole

Autre variable dans le prix : la capacité à piloter l'énergie (la stocker)



Pourquoi être passé des ENR aux énergies fossiles ?

- 1000 m³ d'air à 80km/h produit via une éolienne équivaut à l'énergie obtenue en brûlant 3 ml de pétrole
- outre la concentration, aspect pratique :
 - il est plus simple d'extraire du pétrole que de construire un parc d'éoliennes

-- le pétrole est stockable / pilotable

Comparaison prix :

- 6 à 8 cts le kw/h éolien
- avec coût de stockage 25 à 50 cts le kw/h
- pétrole : 0,3 cts le kw/h

>> différentiel de prix de l'énergie stockée : x50 à 100

>> différentiel encore plus grand si on devait construire le parc éolien avec des éoliennes plutôt que l'industrie fossile (extraction des minerais, métallurgie, assemblage, transport, béton ...)

Deux siècles de transition des énergies renouvelables vers les énergies fossiles en raison de la supériorité des caractéristiques physiques des énergies fossiles

Conséquence prévisible :

>> faire le chemin inverse sans toucher au niveau de vie / de consommation sera impossible

>> et en plus avec la problématique de la population 1 milliard en 1800 > 7 milliards aujourd'hui

Pourquoi être passé des ENR divines au pétrole diabolique ?



Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Pourquoi être passé des ENR divines au pétrole diabolique ?



Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Pourquoi être passé des ENR divines au pétrole diabolique ?



Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Pourquoi être passé des ENR divines au pétrole diabolique ?



Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Pourquoi être passé des ENR divines au pétrole diabolique ?



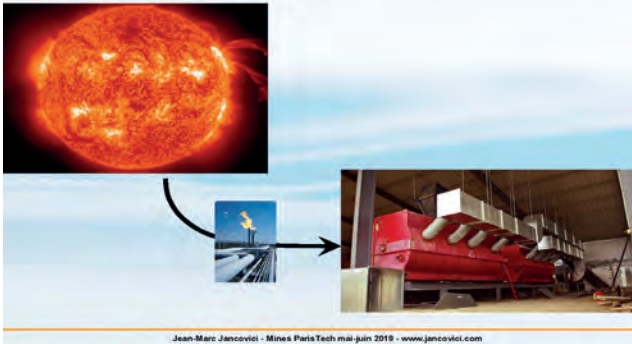
Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Pourquoi être passé des ENR divines au pétrole diabolique ?



Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Pourquoi être passé des ENR divines au pétrole diabolique ?



Avant pétrole & co : ni moral ni efficace, mais très durable



L'homme produit avec machine, ou la machine produit avec hommes ?

= 100 W pour les jambes, 10 W pour les bras

= 60 kW ≈ 600 paires de jambes

= 100 kW ≈ 10.000 paires de bras

= 400 kW ≈ 4.000 paires de jambes

= 100 MW ≈ 1.000.000 paires de jambes...

= 100 MW ≈ 10.000.000 paires de bras !

Un autre auxiliaire de l'agriculture qui vaut quelques millions de paires de bras...

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Raisonnement en terme de puissance et non plus énergies

- 100 Watts produits par la puissance musculaire des jambes / 10 watts pour les bras
- 1 tracteur = 60 kw = 600 paires de jambes = plusieurs dizaines d'animaux de trait
- 1 engin de chantier = 100 kW = 10 000 paires de bras
- 1 camion = 40 kW = 4000 paires de jambes
- 1 avion = 100mW = 1 000 000 de paires de jambes
- 1 laminoir industriel = 100 mW = 10 000 000 de paires de bras

>> la mécanisation des champs (et la chimie organique également liée aux énergies fossiles) explique

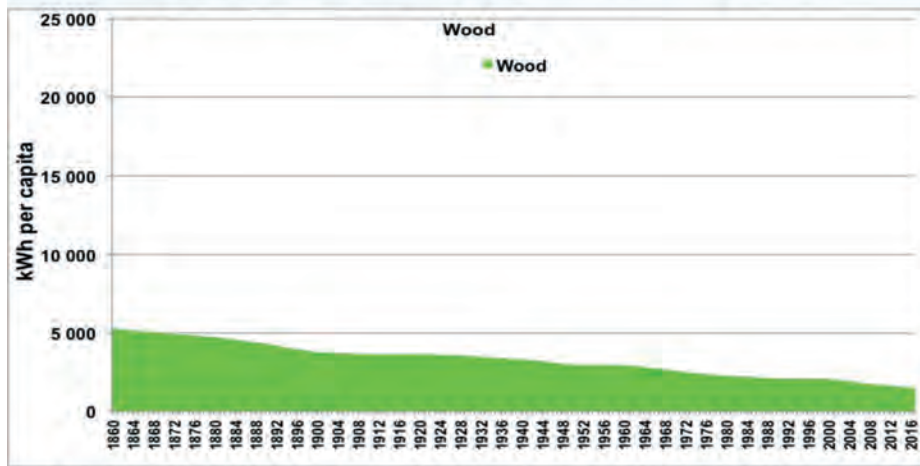
- l'augmentation de la productivité des agriculteurs
- l'exode rural et l'urbanisation

Rappels :

- 1) L'énergie quantifie la transformation
- 2) Pour utiliser de l'énergie il faut un convertisseur
- 3) L'essentiel des convertisseurs aujourd'hui ne sont plus nos propres corps mais des machines

Quantification du parc de machines par individu

Il fut une époque où nous étions renouvelables et durables...



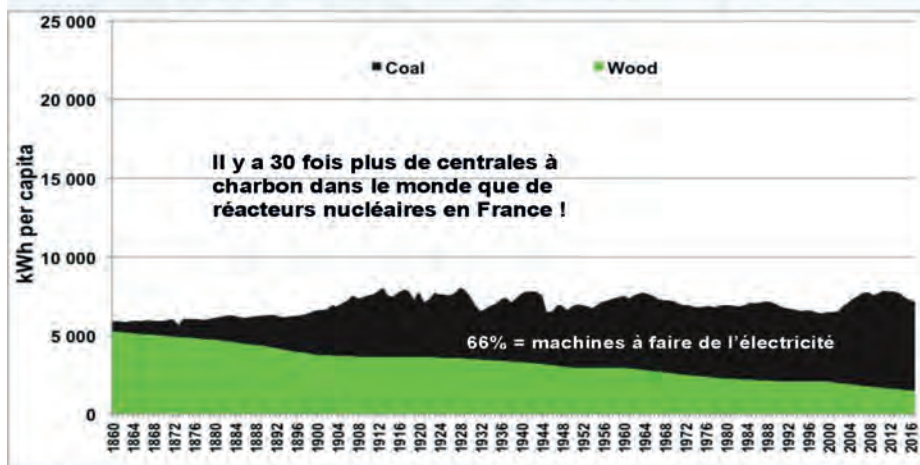
Consommation d'énergie par personne, moyenne mondiale 1860-2017. Jancovici, 2018

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

BOIS

- 1860, 5000 kw/h de bois par an par individu pour les poêles, les forges, les premières machines à vapeur (pas de données sur les autres énergies renouvelables utilisées à l'époque, le vent et l'eau)
- depuis 1860, baisse constante utilisation du bois / personne. C'est la seule énergie qui suit cette courbe

Il fut une époque où nous étions renouvelables et durables...



Consommation d'énergie par personne, moyenne mondiale 1860-2017. Jancovici, 2018

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

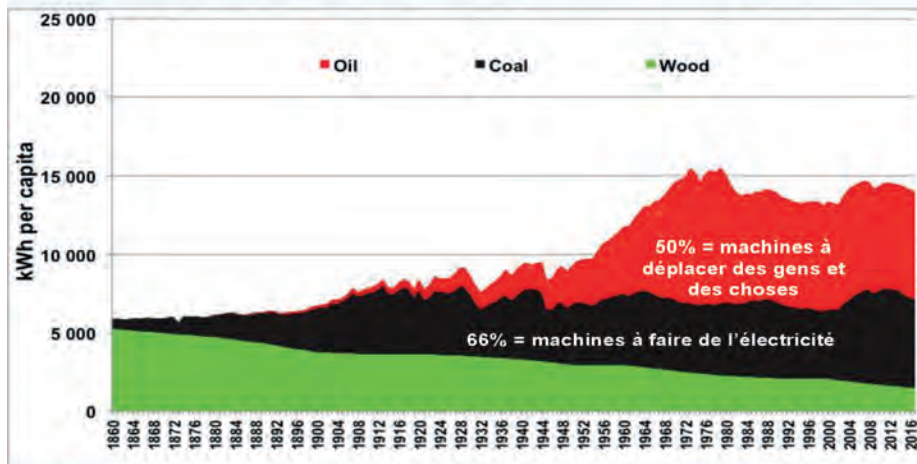
CHARBON

- le charbon de terre a progressivement remplacé en Europe le charbon de bois pour faire fonctionner les forges puis les machines à vapeur
- atteint aujourd'hui 5000 kw/h par personne et par an
- en hausse constante, n'a jamais baissé, le charbon n'a jamais été une énergie du passé
- "Made in China" = "Made in Charbon" / près de la moitié de la production de charbon dans le monde
- les 2/3 du charbon extrait sert à alimenter des centrales électriques
- 10% pour la métallurgie (charbons à coke)
- le reste, consacré aux réseaux de chaleur, poêles, chauffage domestique ...

Chiffre repère :

- il y a 30 fois plus de centrales à charbon dans le monde que de réacteurs nucléaires en France
- 60 gigawatts d'énergie nucléaire en France / 2000 gigawatts d'énergie charbon dans le monde
- Accords de Paris prévoit la disparition des centrales à charbon en 2050

Il fut une époque où nous étions renouvelables et durables...



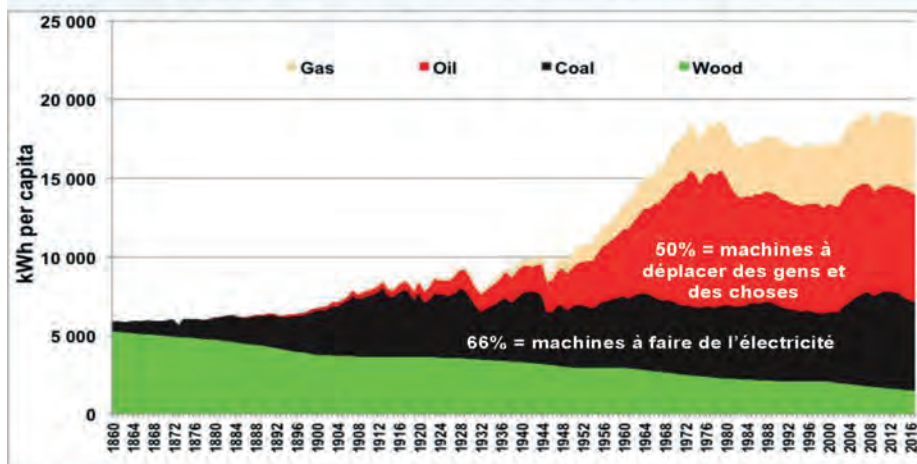
Consommation d'énergie par personne, moyenne mondiale 1860-2017. Jancovici, 2018

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

PETROLE

- le pétrole n'a jamais remplacé le charbon, il s'est ajouté à l'utilisation du charbon
- le pétrole a un usage complètement différent du charbon : pétrole = énergie de la mobilité car
 - a le meilleur ratio énergie transportée par unité de volume, cette densité permet l'autonomie, d'emporter son énergie avec son moyen de transport (contrairement à l'électricité, dont les moteurs sont pourtant plus efficaces)
 - facilement stockable et manipulable
 - 98% de ce qui roule, vole ou navigue utilise du pétrole
- années 70 :
 - "épisodes" des chocs pétroliers, arrêt soudain de l'augmentation de la quantité de pétrole disponible par personne
 - les chocs pétroliers ne sont pas un épisode de prix, c'est l'arrêt d'un monde en expansion rapide

Il fut une époque où nous étions renouvelables et durables...



Consommation d'énergie par personne, moyenne mondiale 1860-2017. Jancovici, 2018

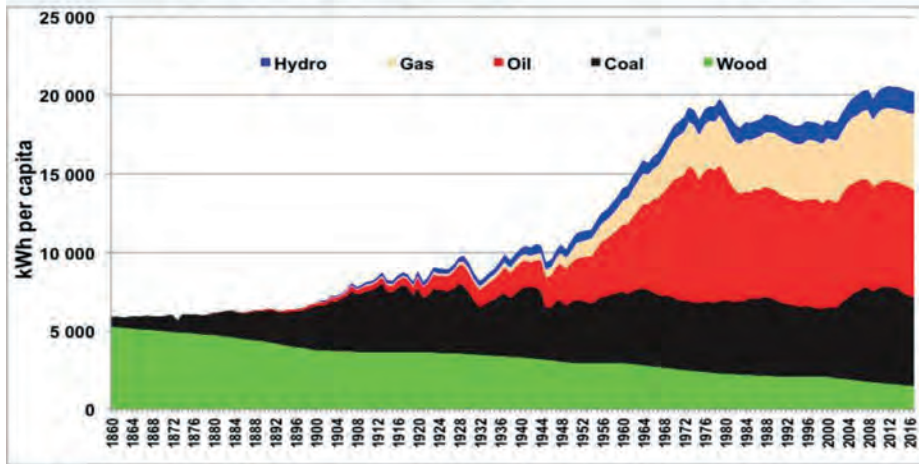
Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

GAZ

- le gaz arrive après le pétrole, s'y ajoute sans s'y substituer

HYDROELECTRICITE

Il fut une époque où nous étions renouvelables et durables...

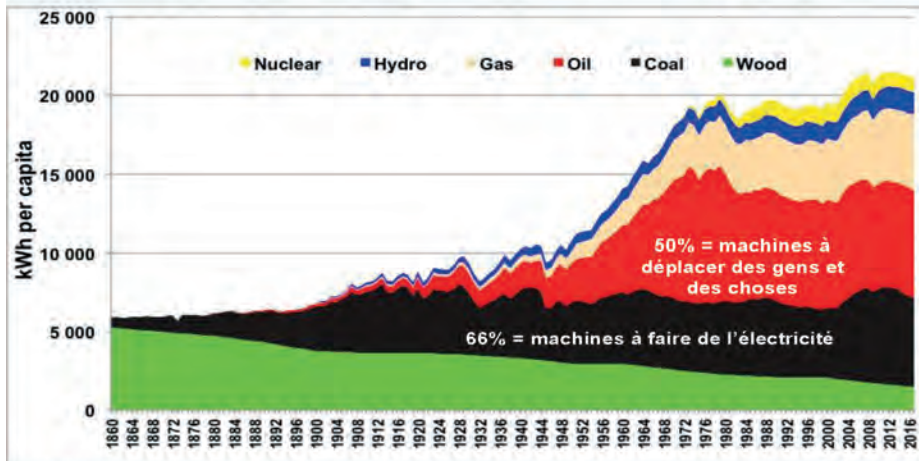


Consommation d'énergie par personne, moyenne mondiale 1860-2017. Jancovici, 2018

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

NUCLEAIRE

Il fut une époque où nous étions renouvelables et durables...

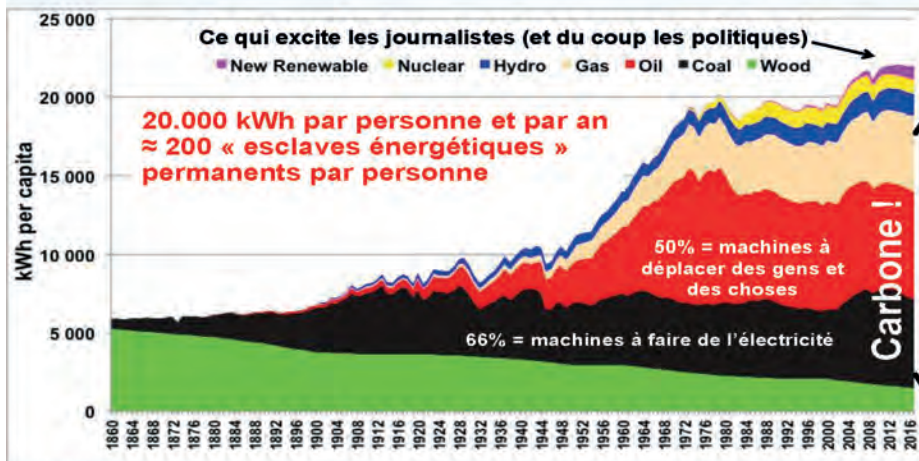


Consommation d'énergie par personne, moyenne mondiale 1860-2017. Jancovici, 2018

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

LES NOUVELLES ENERGIES RENOUVELABLES (faible réalité p/r à la place accordée dans l'actualité)

Miam miam kWh



Consommation d'énergie par personne, moyenne mondiale 1860-2017. Jancovici, 2018

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

CONCLUSION SUR L'EVOLUTION DES SOURCES D'ENERGIE

Les voici, nos esclaves des temps modernes !



Tendance

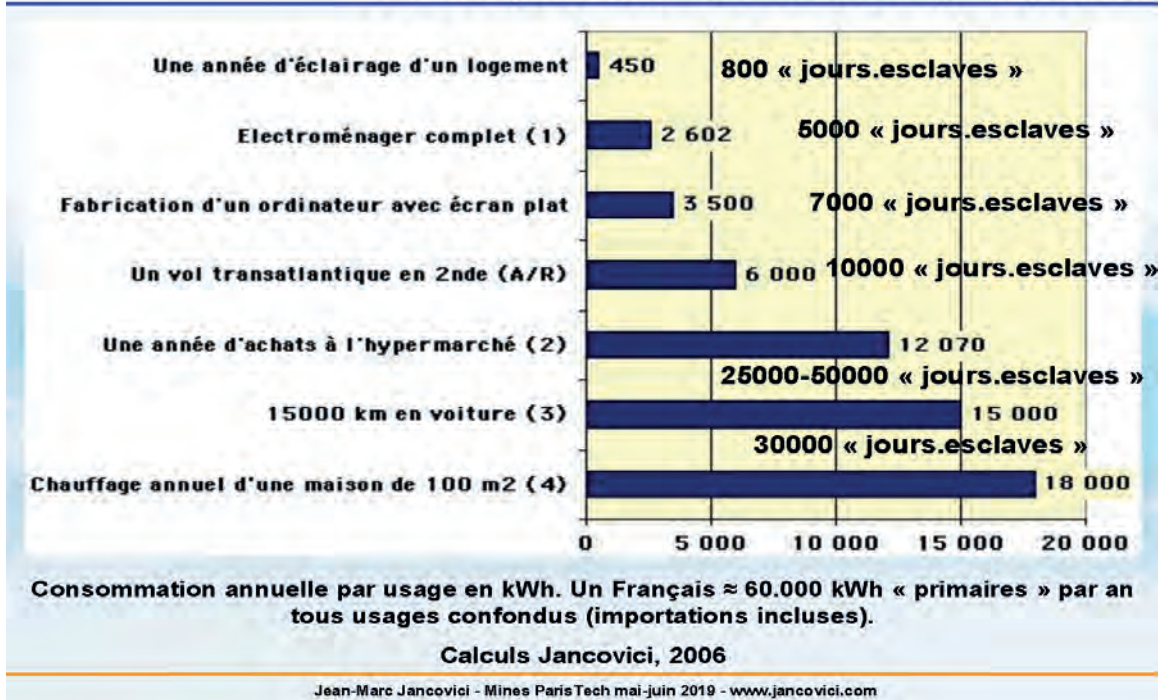
- augmentation de l'énergie thermique extracorporelle "consommée" par chaque individu par an : 5000 kw/h en 1860 / 20 000 kw/h aujourd'hui
- soit en énergie mécanique, 200 esclaves énergétiques (moyenne mondiale, 600 pour un Français)
- dit autrement, le parc de machines mis à notre service, notre "exosquelette" revient à multiplier notre force musculaire par 200
- dit encore autrement, la production des machines est celle de 1400 milliards d'individus

Part des énergies fossiles domine de très loin

- fossile = "reste de vie ancienne"
 - charbon : fossilisation de fougères à l'ère du carbonifère
 - pétrole et gaz : fossilisation de planctons et de micro-algues entre plusieurs millions d'années et quelques centaines de milliers d'années
- c'est aux énergies fossiles et au parc de machines que les humains doivent
 - leur exosquelette
 - leur espérance de vie supérieur à 30 ans
 - leurs conditions de vie et la protection sociale
 - Les hommes aujourd'hui ne sont nécessaires à la production que pour piloter des machines.
- Autre avantage procuré par les énergies fossiles extraites du sous-sol : elles libèrent toute la surface pour les activités humaines (plus besoin de surface pour les animaux de trait ou de transport).
 - Les machines "mangent" du sous-sol et revenir aux énergies renouvelables fait ressurgir la question de conflits d'usage des sols (exemple conflit cultures à usage énergétique en conflit avec cultures à usage alimentaire)
- les énergies fossiles sont les énergies qui continuent à augmenter le plus fortement dans le monde, et en premier le charbon (14 fois plus que le solaire et 6 fois plus que l'éolien)
- parts des énergies primaires en 2017 :
 - pétrole : 34,2%
 - charbon : 27,6 %
 - gaz : 23,4 %
 - hydroélectricité : 6,8 %
 - nucléaire : 4,4 %
 - éolien : 1,9 %
 - géothermie et biomasse : 1 %
 - solaire : 0,7 %

POSTES DE DEPENSE DE L'ENERGIE

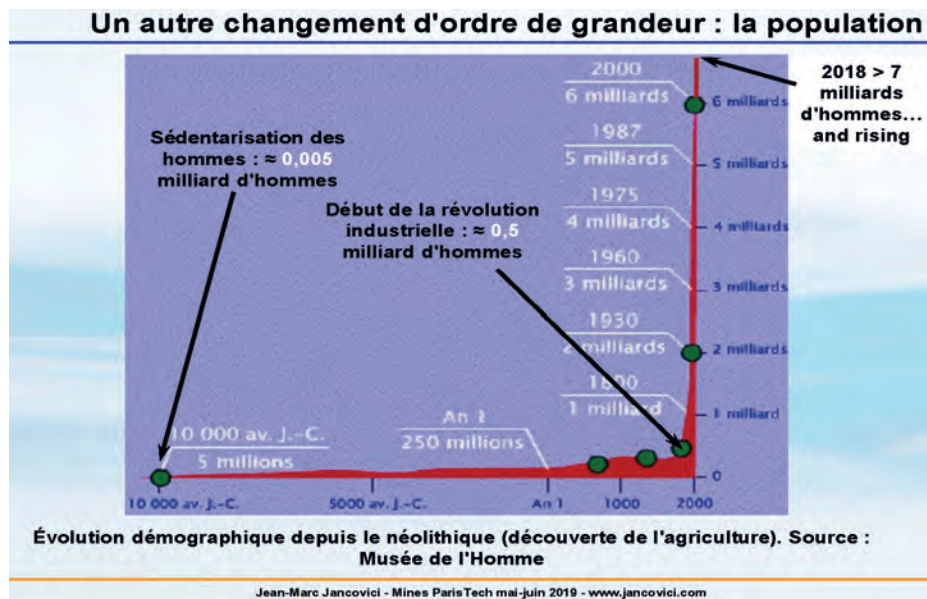
En kWh, les hommes sont très primaires...



Ce n'est pas avec des petits gestes qu'on évite de gros problèmes.

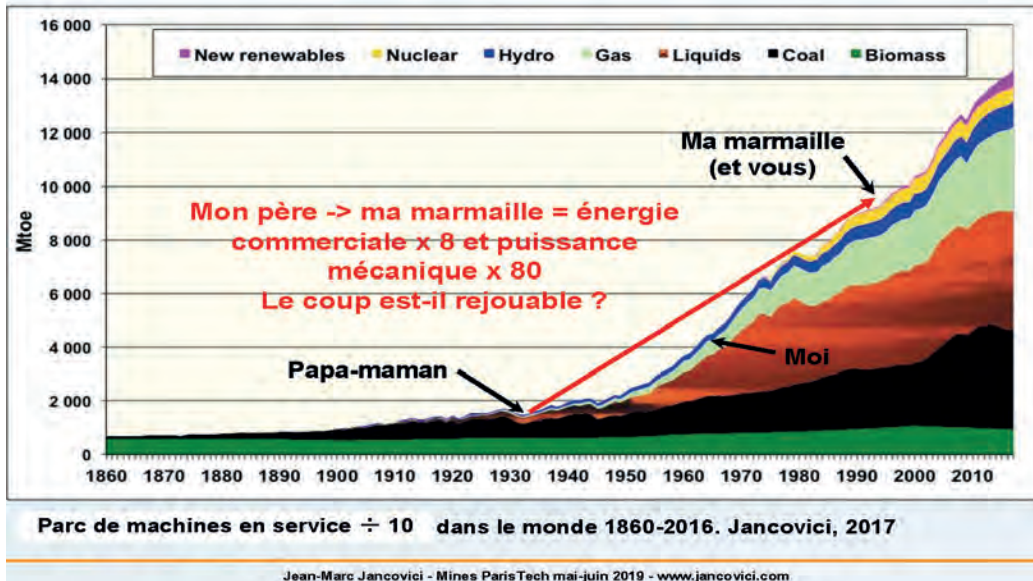
- la fréquence des achats / déplacements, la façon de se déplacer et le nombre de kilomètres
- chauffage, taille du logement

QUESTION DE L'EXPLOSION DEMOGRAPHIQUE



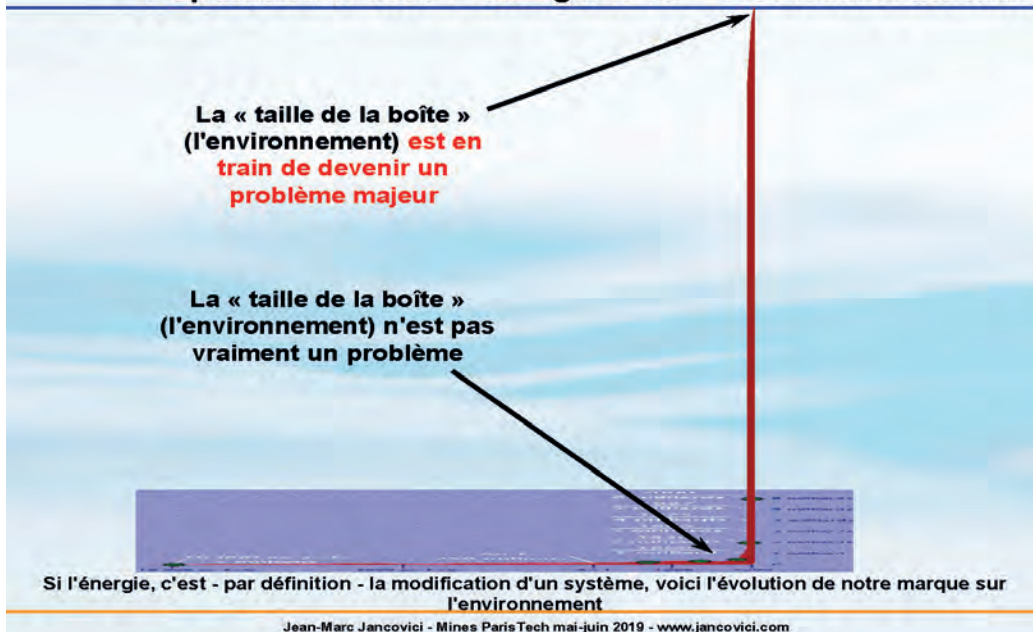
- 10000 ans néolithique, sédentarisation des hommes permise par une très forte stabilité du climatique : quelques millions d'hommes sur terre
- 1800 : 1 milliard
- 2020 : 7 milliards

Gaz et électricité à tous les étages : au résultat



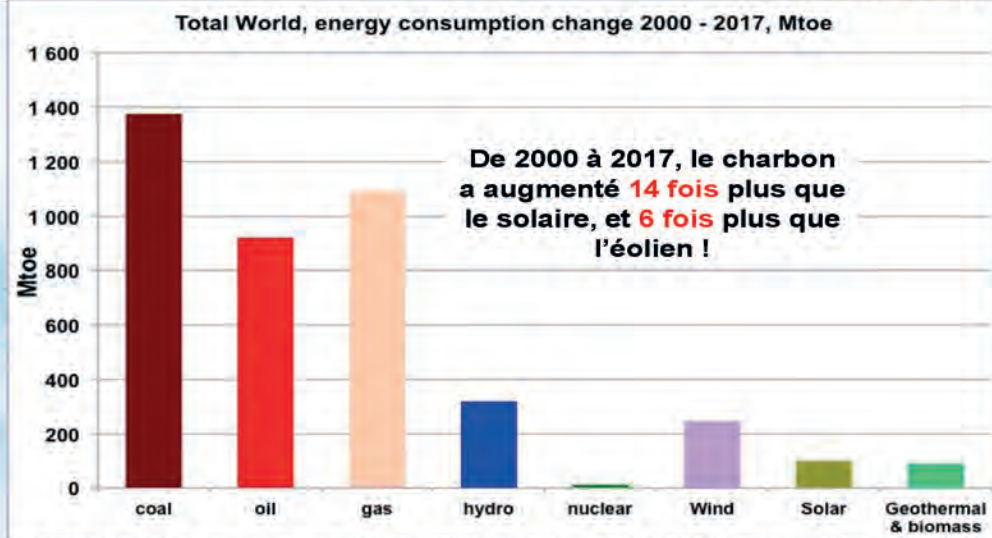
- > explosion démographique est 1 des conséquences de l'exploitation des énergies fossiles
- augmentation des rendements agricoles
 - facilité de transport des denrées alimentaires
 - capacité à conserver les aliments dans le temps
 - mise à disposition de l'eau potable et assainissement des centres urbains
 - ...

Population x 1000 + énergie x 10 = croissance attitude



- > inversement, à partir du moment où on entre en décline énergétique forte :
- se pose la question de la faculté à nourrir 7 milliards d'individus

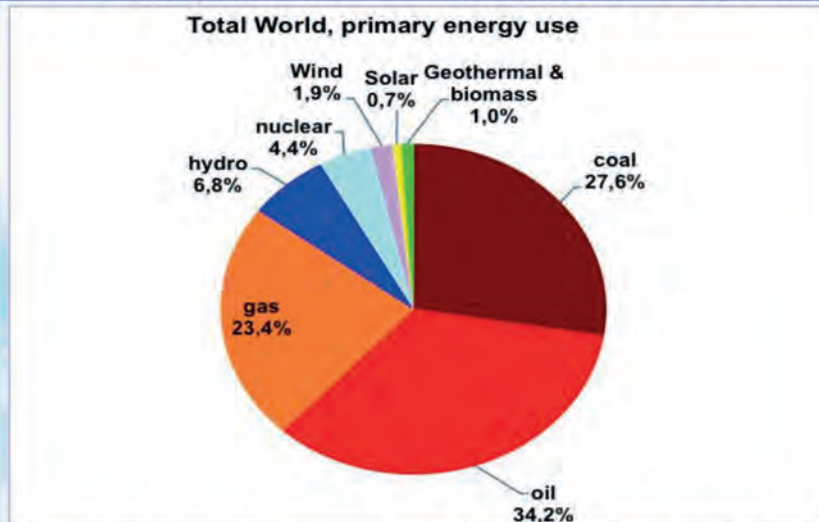
King coal is back



Surplus de consommation mondiale par énergie entre 2000 et 2016. Jancovici, sur données BP Statistical Review 2017 & divers

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

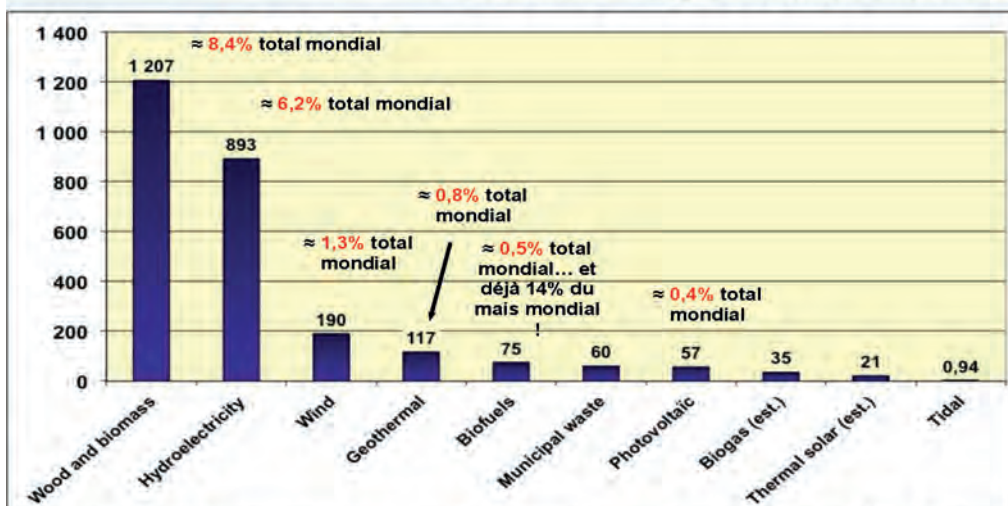
Gaz et électricité à tous les étages : au résultat (bis)



Décomposition de la consommation mondiale d'énergie primaire en 2017. Données BP statistical review

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

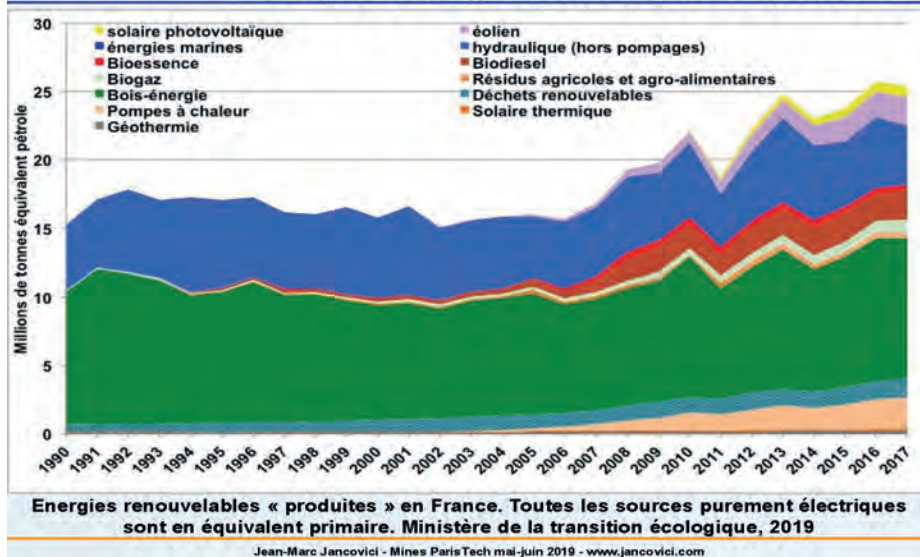
Quid des énergies renouvelables ?



Contribution des énergies renouvelables au bilan énergétique mondial en 2015. Toutes les sources purement électriques sont en équivalent primaire. Compilation de l'auteur.

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Quid des énergies renouvelables tricolores ?

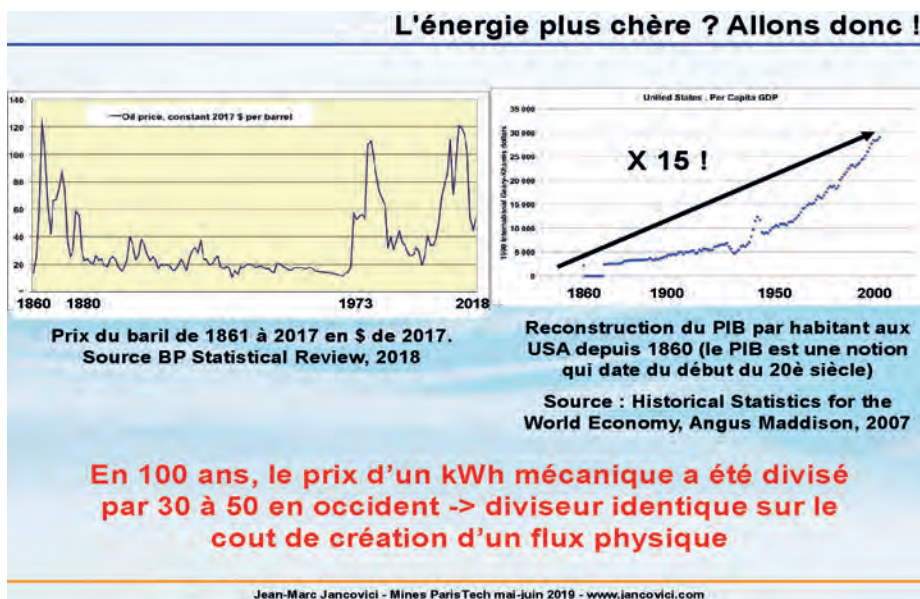


Consommation d'énergie + augmentation de la population = impact sur l'environnement

- un problème d'ordres de grandeur
- système climatique mis en instabilité

Chapitre 04 - Les effets de l'abondance énergétique sur les secteurs économiques

Fixation des prix de l'énergie



> pas lié à l'abondance ou à la rareté mais à son accessibilité et également prix asservi à celui du pétrole

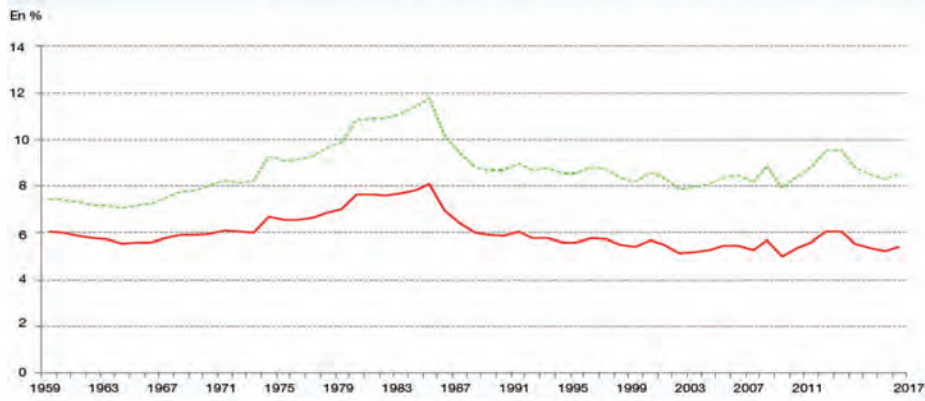
Rapporter le prix du pétrole au PIB par personne permet de mesurer la véritable évolution :

- du prix du baril de pétrole, divisé par 15 à 20 entre 1860 et aujourd'hui
- avec l'augmentation dans le même temps de l'efficacité des machines, le prix du kw/h mécanique a été divisé par 50 à 100 en Occident

> 50 à 100 correspond au différentiel de prix entre

- les énergies renouvelables anciennes
- les énergies fossiles modernes

Plus chère l'énergie ? La bonne blague ! (bis)



Général au Développement Durable, 2017

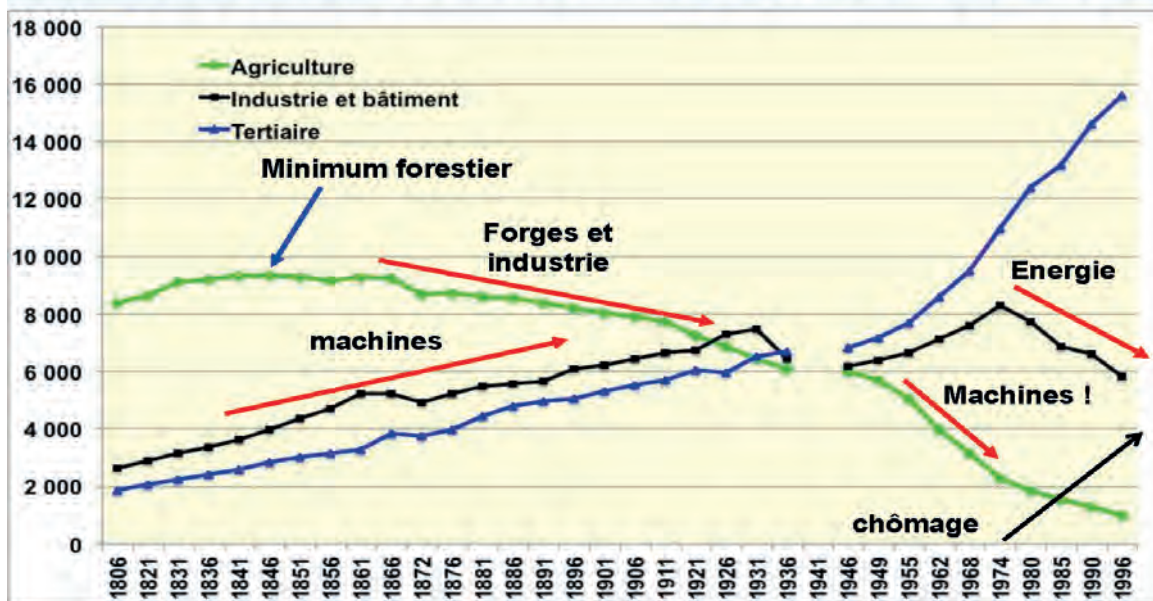
Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Multiplication par plusieurs dizaines voire centaines de la capacité de transformation de l'environnement par l'homme équipé de machines. Avec pour corollaire, la multiplication des effets indésirables :

- suppression de surfaces pour la faune et flore sauvage = perte de biodiversité
- dispersion de substances polluantes dans l'environnement, en quantités de plus en plus grandes au fur et à mesure que l'homme augmente les flux de transformation

--- Evolution dynamique des secteurs d'activité en France

Plus d'énergie = tout le monde à l'usine, puis au bureau



Nombre d'actifs en France par catégorie sur 2 siècles. Source INSEE.

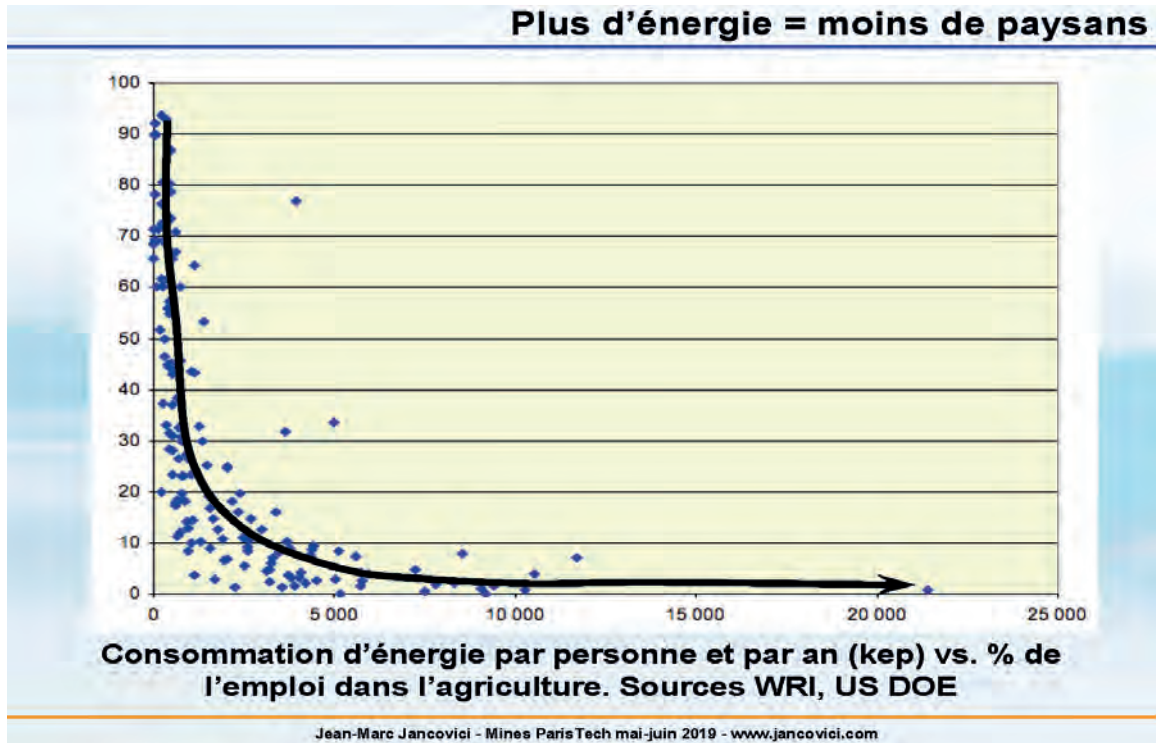
Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Bouleversement des secteurs d'activité économique consécutif au développement de l'énergie abondante

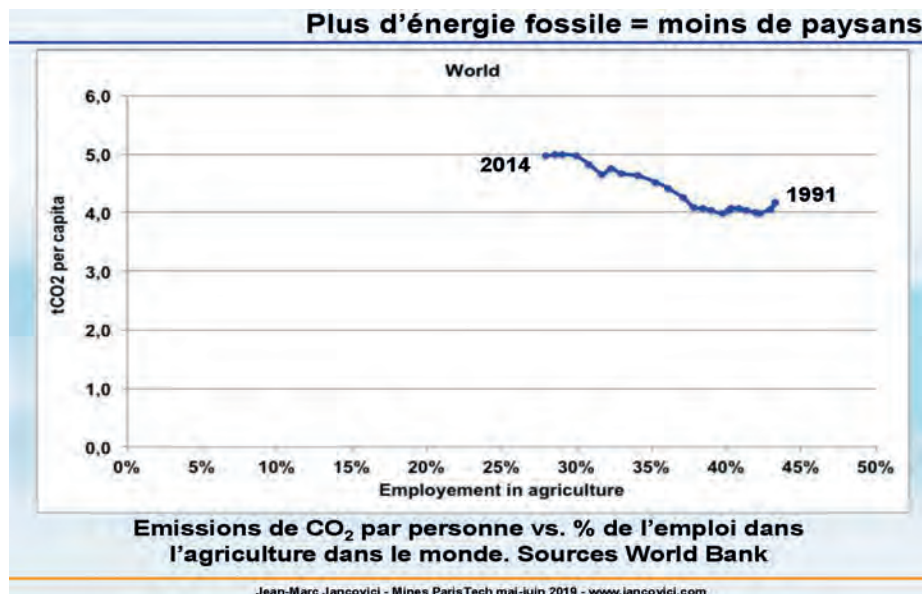
- début XIX, 2/3 de la population dans les champs. La productivité est donc : se nourrir lui + 1/2 personne d'un autre secteur d'activité
- la population paysanne cesse d'augmenter dans la première moitié du XIXe, alors que
 - la productivité des paysans n'a pas beaucoup augmenté
 - et la population augmente
 - > cette évolution s'explique par l'augmentation des surfaces cultivées via la déforestation
 - > en 1850 le minimum forestier est atteint en France avec 15% de la surface du territoire, et souvent parce qu'inexploita-

ble par l'agriculture comme les montagnes (aujourd'hui : 25%)

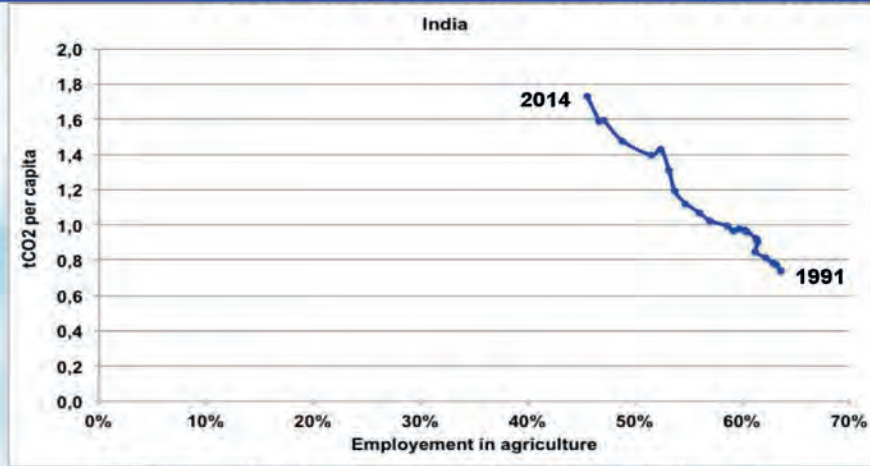
- la population rurale commence à baisser à partir du milieu du XIXe



Plus d'énergie = moins de paysans



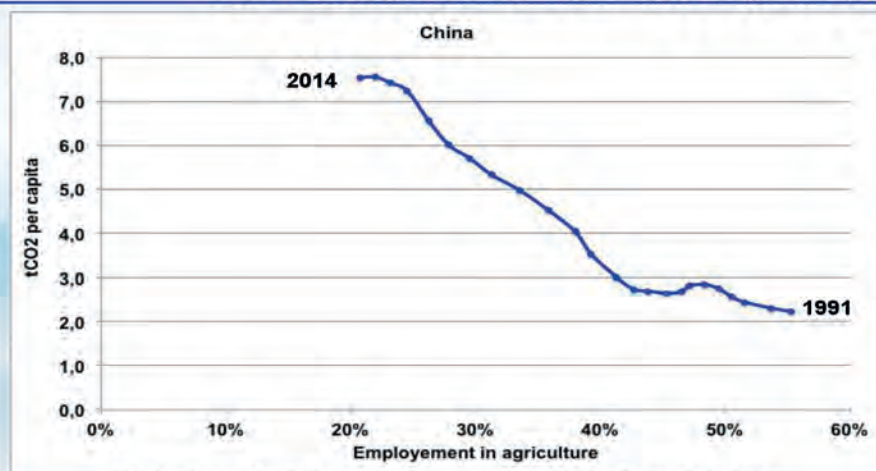
Plus d'énergie fossile = moins de paysans (bis)



Emissions de CO₂ par personne vs. % de l'emploi dans l'agriculture en Inde. Sources World Bank

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Plus d'énergie fossile = moins de paysans (ter)

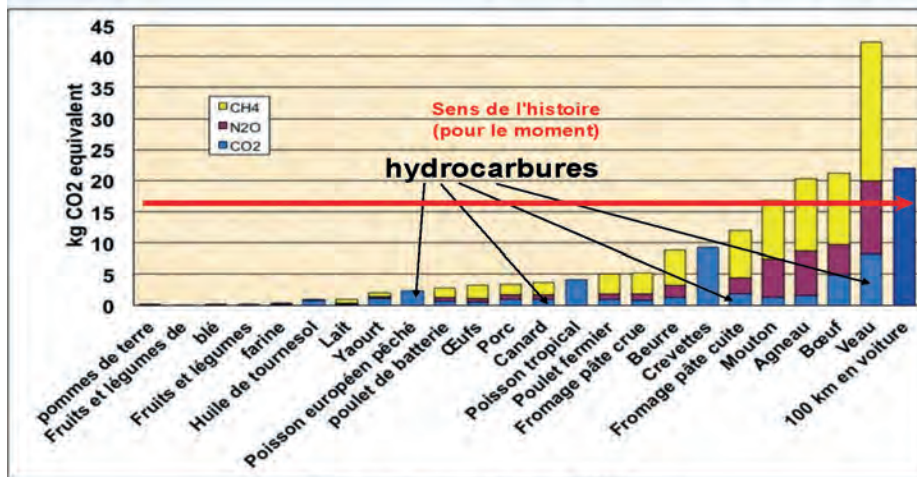


Emissions de CO₂ par personne vs. % de l'emploi dans l'agriculture en Inde. Sources World Bank

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

- l'industrie et ses forges fournissent des équipements pour la culture des champs (développement des colliers de traits, des charrues, ...)
 - la productivité augmente grâce aux auxiliaires "machines" apportés dans les champs
 - cela "libère des bras" pour les autres secteurs de l'économie
- mi-XXe, chute sensible des effectifs du secteur primaire
 - du fait des tracteurs et des engrais made in usa
 - entre 1945 et 1975, le rendement céréalier en Beauce a été multiplié par 7

Miam miam kWh pour de vrai



Source : Jancovici/Ademe, 2009

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Approvisionnement énergétique croissant

- > mise en route d'une quantité croissante de machines
- > création d'emplois dans le secteur secondaire pour "piloter" ces nouvelles machines (exemple : travail à la chaîne)

L'approvisionnement énergétique augmente plus vite par personne que la taille unitaire de la machine

- > dans ce contexte, la création de machines de plus en plus grosses n'empêche pas de créer de plus en plus d'emplois

Les chocs pétroliers mettent fin à la croissance exponentielle de l'approvisionnement énergétique

- > l'approvisionnement énergétique par personne augmente moins vite que la taille unitaire de la machine
- > la taille unitaire de la machine continue d'augmenter, il y a besoin de moins en moins de personnes pour piloter les machines, de plus en plus grosses / qui produisent plus (la production industrielle a doublé en France entre 1974 et 2007)
- > baisse des effectifs du secteur secondaire
- > et apparition d'une nouvelle catégorie de population : les chômeurs
 - l'approvisionnement énergétique par personne n'augmentant plus
 - la productivité du travail (= adjoindre des machines) augmente peu
 - les emplois existants sont trop productifs pour que dans une économie qui a cessé de croître rapidement, il y ait des emplois pour tous les salariés
 - dit autrement, la seule solution pour éliminer le chômage, serait de diminuer la productivité au travail (système libéraux anglais, Etats-Unis et allemand des petits boulots ou chômage de masse)

Le secteur tertiaire

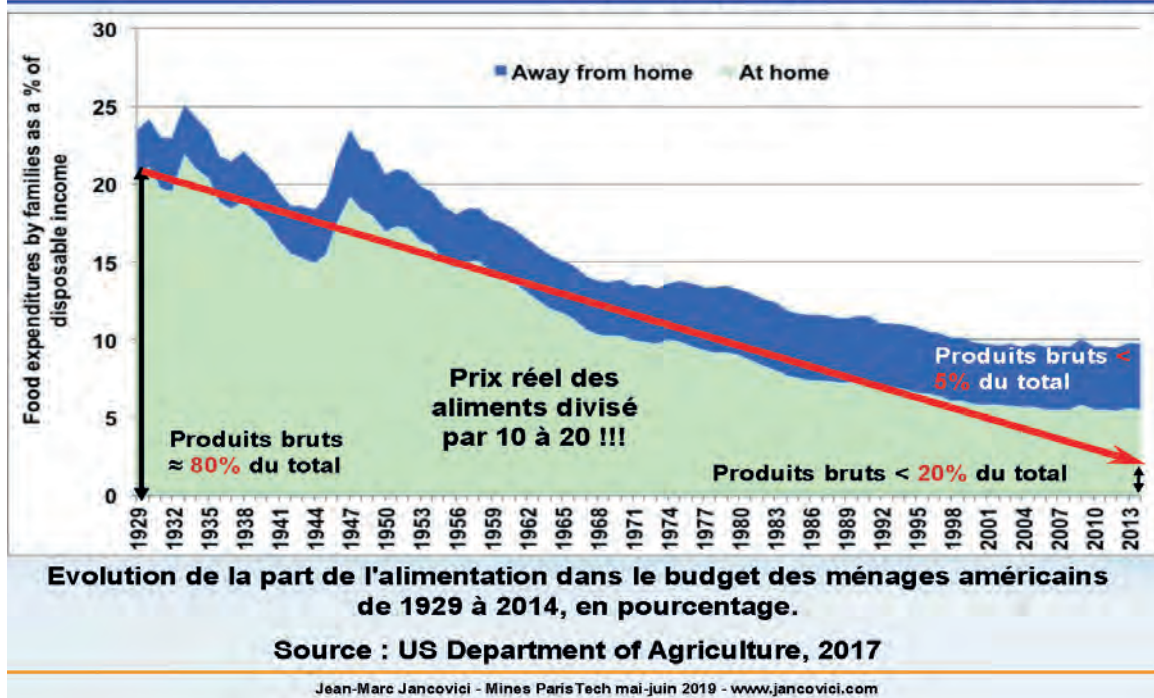
- = emplois asservis à l'industrie : les emplois de services n'existent pas sans flux physiques
- = un secteur tertiaire n'est absolument pas dématérialisé, c'est l'inverse : il s'agit d'une société occupée à gérer de très nombreux flux physiques

A partir de 2007, date à laquelle la production industrielle cesse d'augmenter, on observe un impact sur le nombre d'emplois dans les services

---- Correspondances

- Consommation d'énergie par personne par an vs le % d'actifs dans l'agriculture
 - plus la quantité d'énergie utilisée par personne est élevée
 - moins le secteur primaire est important
 - > la quantité d'énergie utilisée par personne = nb de machines à sa disposition)
- Emissions de CO2 par personne vs le % d'actifs dans l'agriculture
 - plus les émissions augmentent, moins il y a d'agriculteurs dans la population active
 - > dit autrement, augmenter le parc de machines = fonte des effectifs du secteur primaire, exode rural
- évolution de l'alimentation

Plus de pétrole = moins de sous

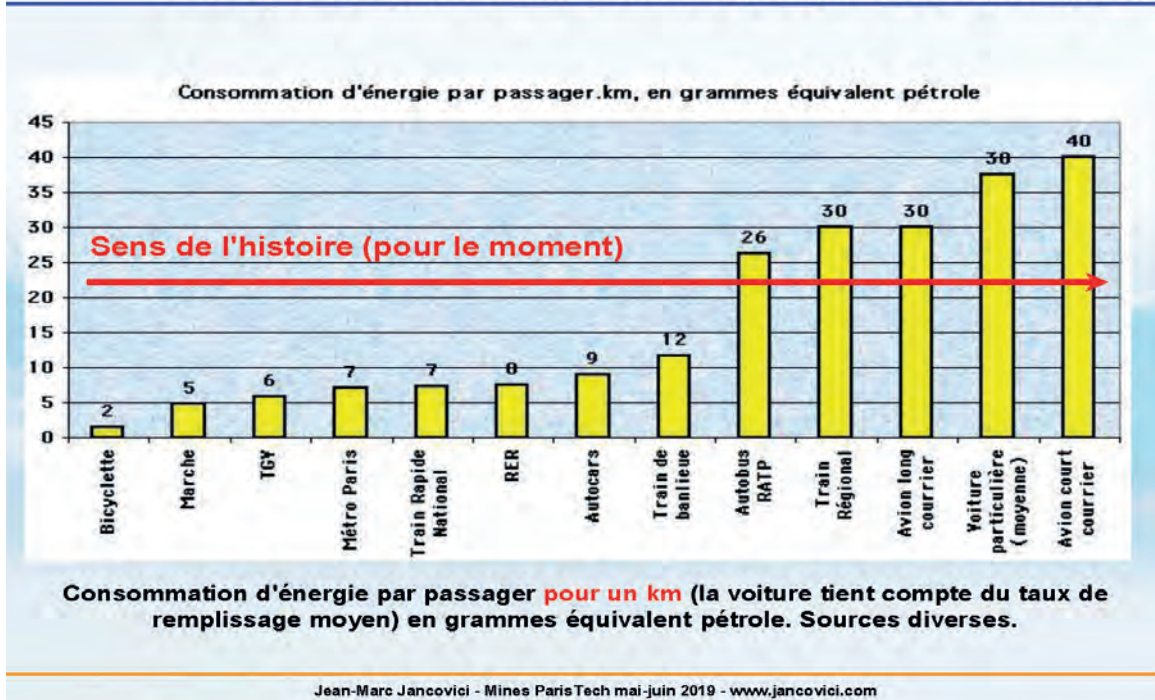


- 80% de ce qui pousse dans les pays occidentaux sert à nourrir des animaux (100% prairies, quasiment tout le maïs, quasi-totalité du soja cultivé dans le monde, 50% du blé ...)
- la possibilité de manger des animaux de plus en plus gros, est la marque d'une société sous perfusion énergétique
- productivité accrue du fait des machines rend l'alimentation (dont l'alimentation carnée) de moins en moins chère
 - 25% du budget d'un ménage américain en 1930
 - 10% aujourd'hui et dans ces 10%, 80% est acheté au supermarché et donc le coût est celui
 - > des salaires (caissières, transporteurs, intermédiaires, ...)
 - > le produit brut représente entre 1/3 de la facture et 3%
 - > exemple œuf vendu 25cts dans un supermarché est acheté en sortie de ferme 6 cts
 - > le vrai prix de la nourriture en fait divisé par un facteur 20 en 1 siècle, grâce à l'abondance énergétique
- 80% de produits bruts en 1930 / moins de 20% aujourd'hui

Chapitre 05 - Les effets de l'abondance énergétique sur les modes de vie

TRANSPORTS

Transports : plus c'est moderne, et plus cela pompe...



• L'abondance énergétique permet la diversification et le développement des moyens de transport. Consommation d'énergie par passager.km en grammes équivalent pétrole :

- vélo 2 gr
- marche 5 gr
- TGV 6 gr
- Autocars 9 gr
- Trains de banlieue 12 gr
- Trains régionaux 30 gr
- Avions longs courriers 30 gr
- Voiture particulière 38 gr
- Avions courts courriers 40 gr

> plus un moyen est moderne, plus sa consommation d'énergie est élevée

> parce que l'énergie était abondante, l'évolution des transports a consisté à aller des moyens de locomotion économes vers des moyens toujours plus énergivores

Qu'est-ce qu'une voiture exactement?

Qu'est-ce qu'une voiture exactement ?

Une voiture, ce n'est qu'un moyen de transport ? Pas vraiment ! C'est aussi :

Une pièce supplémentaire sur roulettes, avec ses objets, sa radio, ses odeurs, ses repères.... (« service » majeur oublié dans les calculs)



Et... un objet de statut social (« service » majeur oublié dans les calculs)



Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

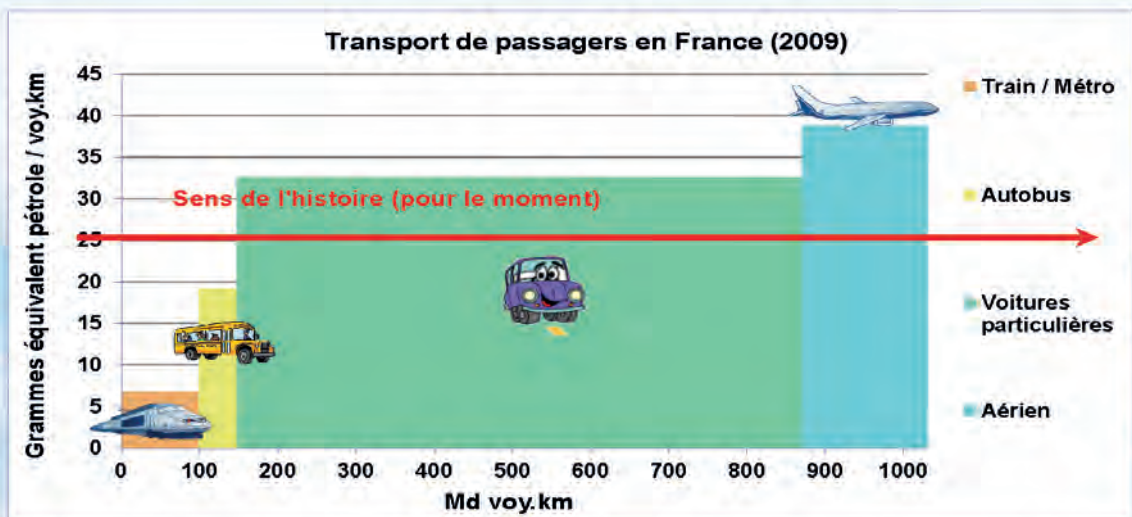
Qu'est-ce qu'une voiture exactement ? (bis)



Est-ce : une voiture, accessoirement autonome ? Un salon, accessoirement mobile ? Un poste de travail, accessoirement mobile ? Un ordinateur sur roues, qui accessoirement transporte du monde ? Un truc inutile mais qui sert à afficher son statut ?

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Et je dirais même plus : plus c'est moderne, plus ça pompe...

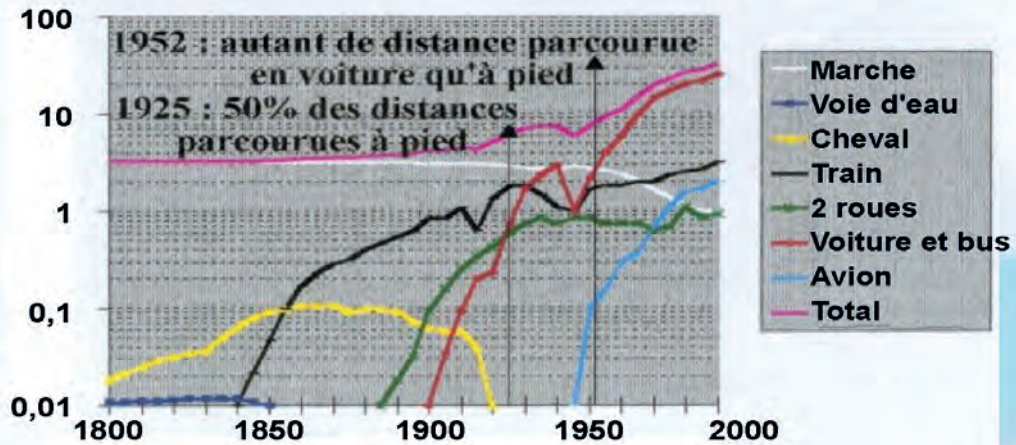


Source des données : Compte des transport 2009, Mémento du tourisme 2009, Calculs Carbone 4

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Un aller / retour Paris - New-York équivaut à 400 / 500 litres de pétrole par voyageur. Cela correspond à la consommation annuelle d'un automobiliste.

Transports : plus loin, plus vite, moins cher (pour l'instant)

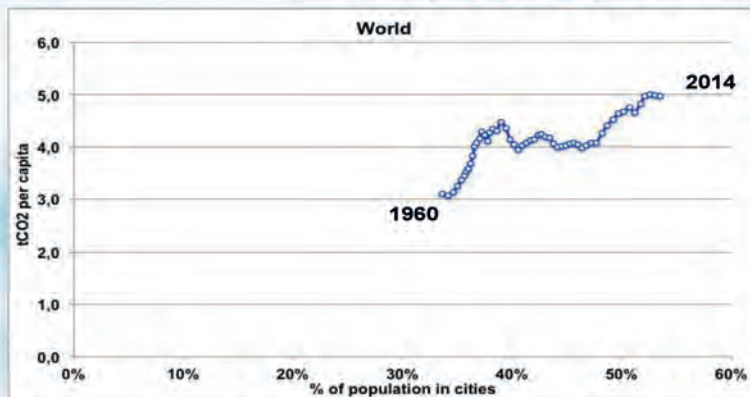


Evolution des distances parcourues par personne et par jour, en France, depuis 1800.
 Grübler & Nakicenovic, 1991 et estimations de Francis Papon pour la marche

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

MODE DE VIE URBAIN

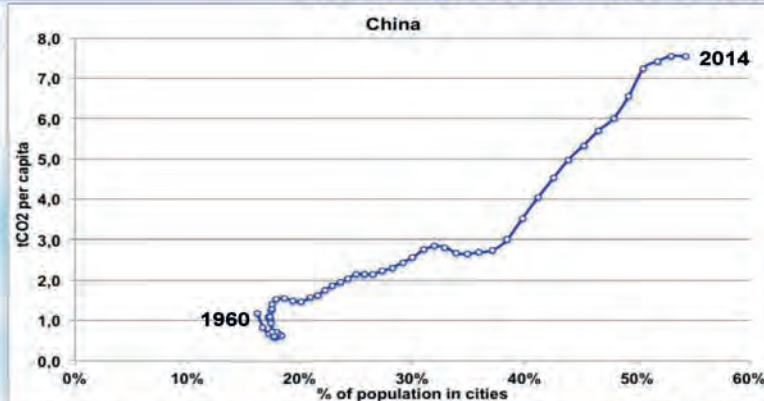
Plus d'énergie fossile = plus de villes !



Fraction de la population dans les villes vs émissions de CO2 par personne dans le monde. Données Banque Mondiale

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

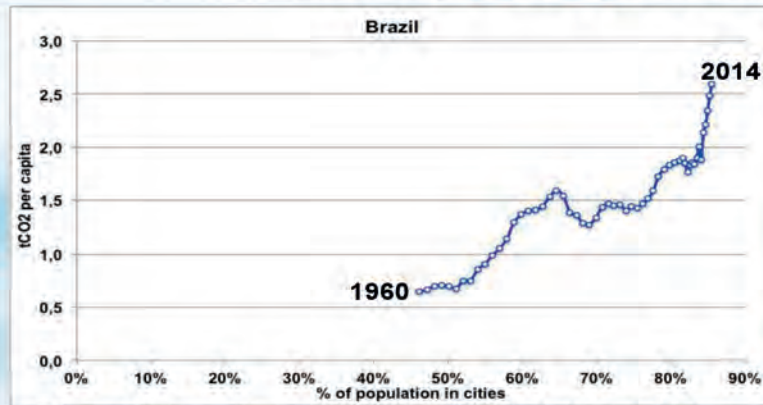
Plus d'énergie fossile = plus de villes !



Fraction de la population dans les villes vs émissions de CO2 par personne en Chine. Données Banque Mondiale

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

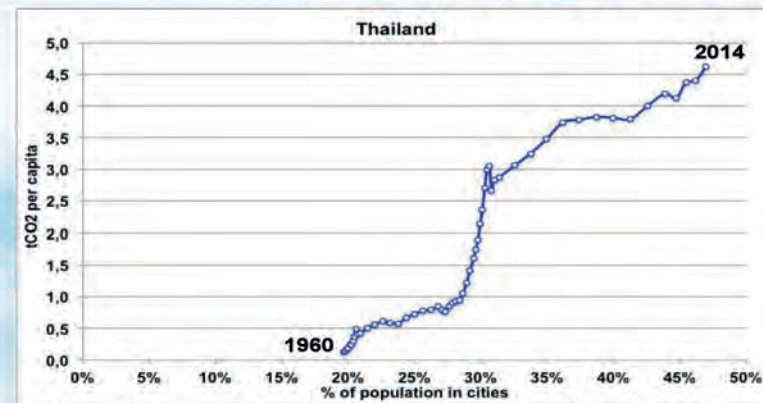
Plus d'énergie fossile = plus de villes !



Fraction de la population dans les villes vs émissions de CO2 par personne au Brésil. Données Banque Mondiale

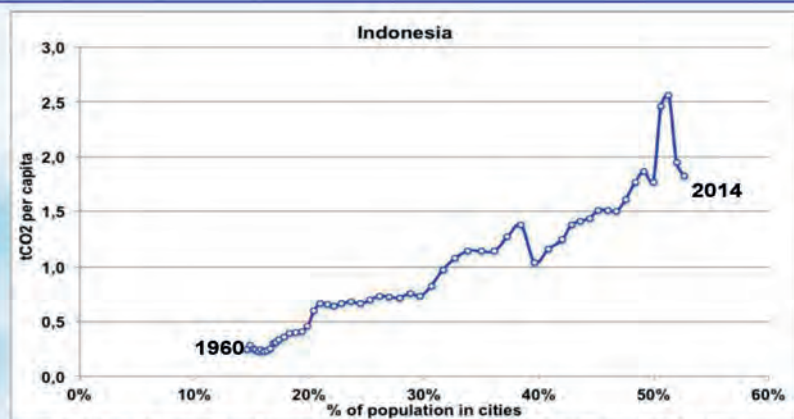
Jean-Marc Jancovicci - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovicci.com

Plus d'énergie fossile = plus de villes !



Fraction de la population dans les villes vs émissions de CO2 par personne en Thaïlande. Données Banque Mondiale

Jean-Marc Jancovicci - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovicci.com



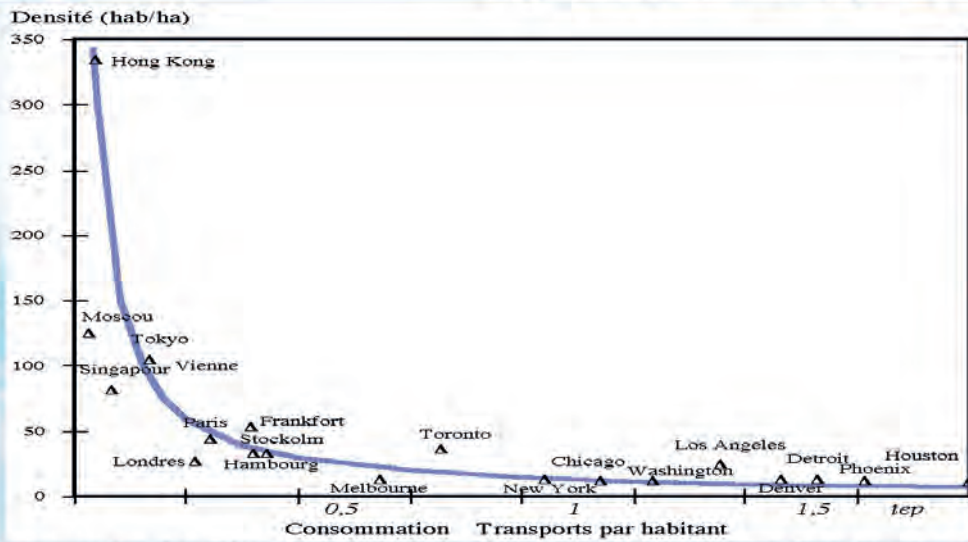
Fraction de la population dans les villes vs émissions de CO2 par personne en Indonésie. Données Banque Mondiale

Jean-Marc Jancovicci - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovicci.com

En augmentant la disponibilité de l'énergie,

- on augmente la productivité des agriculteurs
- on met à disposition des moyens de transports plus efficaces
- on crée les conditions pour un exode rural et un monde de plus en plus urbain

Si je suis moderne, je m'étale...



Consommation énergétique par habitant liée aux transports urbains (axe horizontal, en tonnes équivalent pétrole par an) en fonction de la densité de la zone urbaine (axe vertical, en habitants à l'hectare).

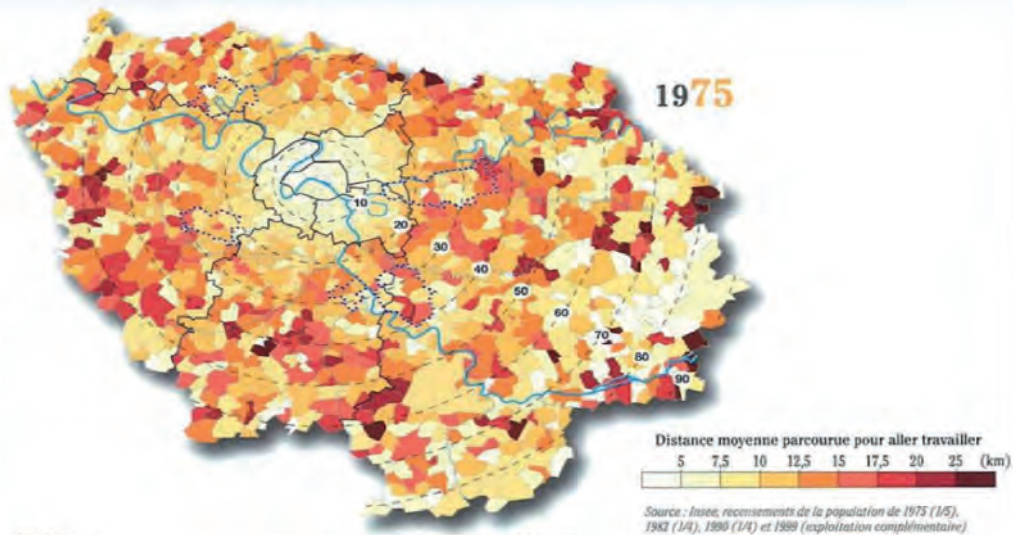
Source : Newman and Kenworthy, "Cities and automobile dependance", Gower, 1989

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

L'accès à l'énergie abondante détermine non seulement l'accroissement de la population urbaine mais également la superficie des villes

- déplacement en mode mécanisé facilité
- les villes s'étalent en zones péri-urbaines

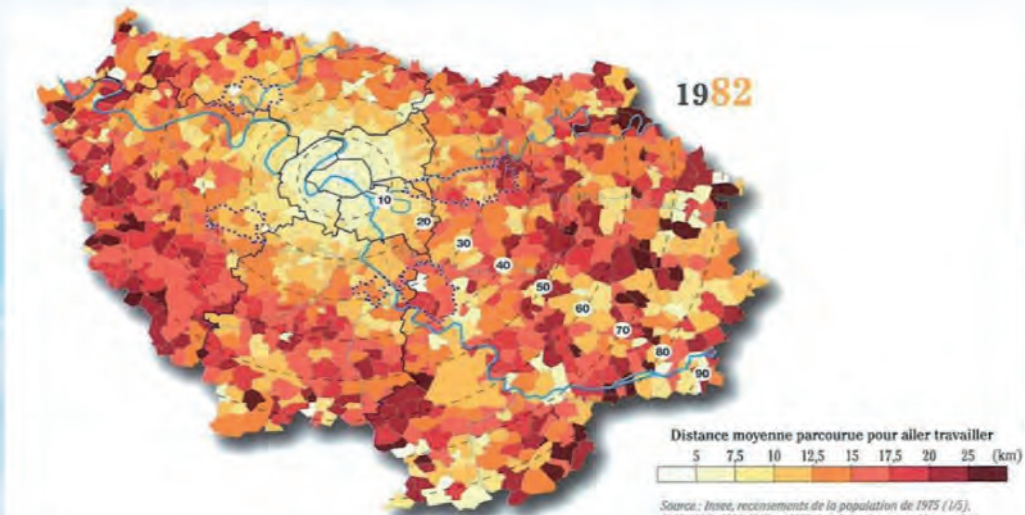
Energie à gogo = la ville à la campagne pour de vrai



Distance moyenne au travail dans le « Grand Paris ». Source INSEE

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

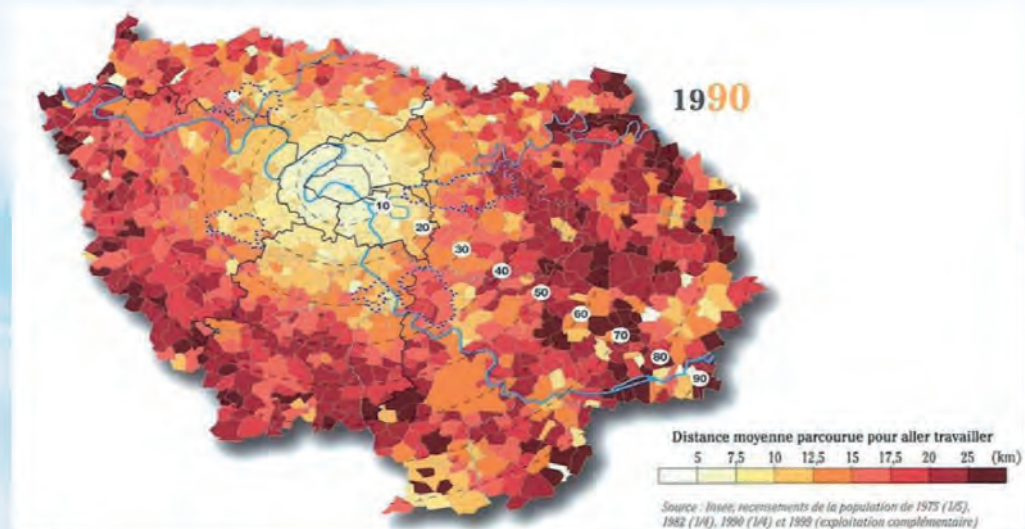
Energie à gogo = la ville à la campagne pour de vrai



Distance moyenne au travail dans le « Grand Paris ».
Source INSEE

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

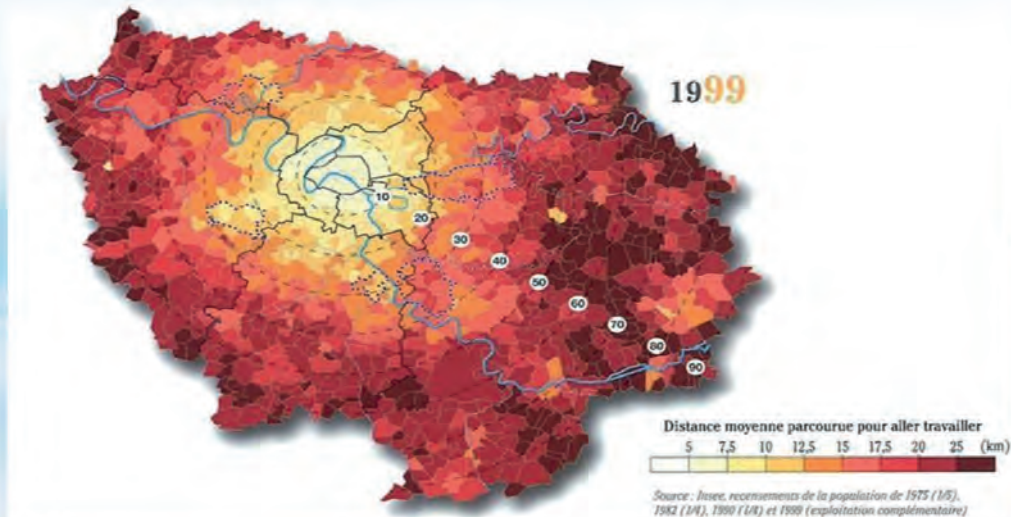
Energie à gogo = la ville à la campagne pour de vrai



Distance moyenne au travail dans le « Grand Paris ».
Source INSEE

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

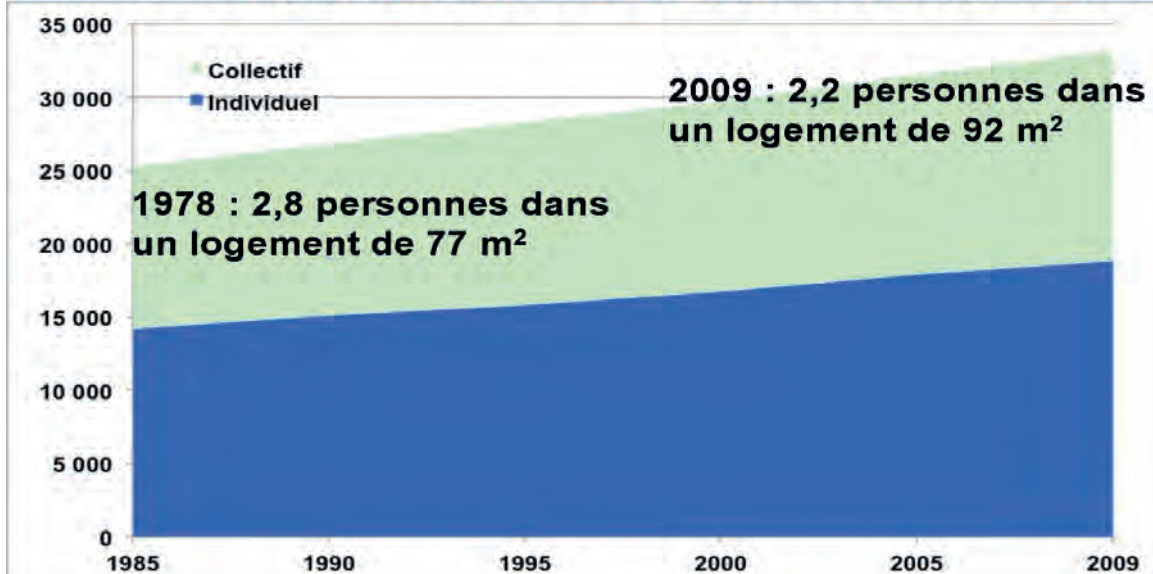
Energie à gogo = la ville à la campagne pour de vrai



Distance moyenne au travail dans le « Grand Paris ».
Source INSEE

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Utiliser des hydrocarbures sans se déplacer, c'est possible !



Evolution du nombre de logements entre 1985 et 2009

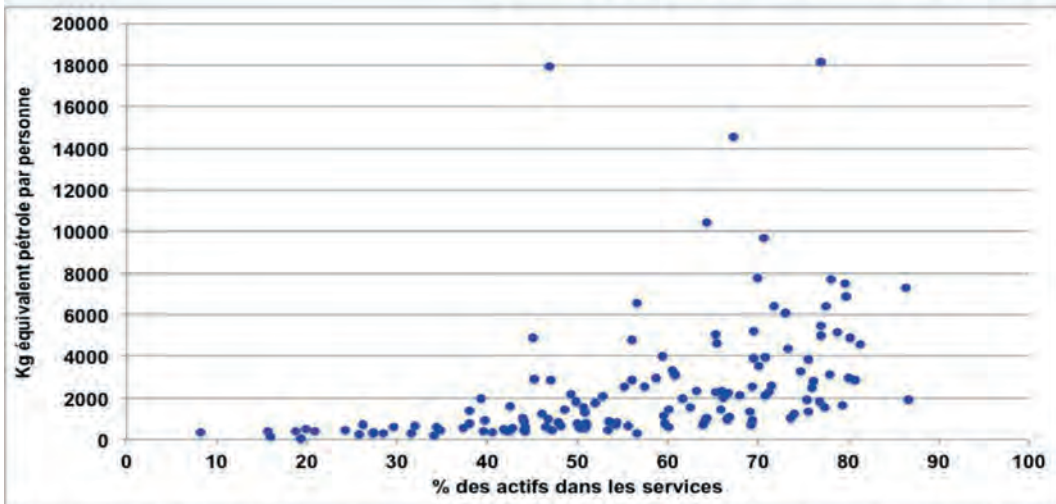
Source SOES, 2013

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

L'énergie abondante permet d'augmenter

- le parc de logements (et plus vite que la population)
- la taille des logements (moindre densité au m²)

Vous avez dit dématérialisation ?



Utilisation de l'énergie par personne et par an vs. % de l'emploi dans les services en 2013. Données primaires World Bank, 2018

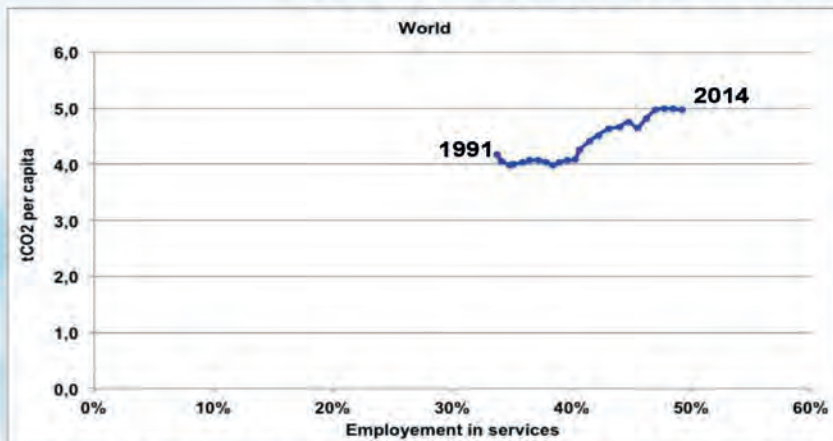
Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

L'augmentation des effectifs du secteur tertiaire et de son corollaire du gonflement des villes ne diminue pas les émissions de CO₂.

C'est tout l'inverse. La dématérialisation de l'économie est un leurre.

L'abondance énergétique a augmenté les flux de marchandises.

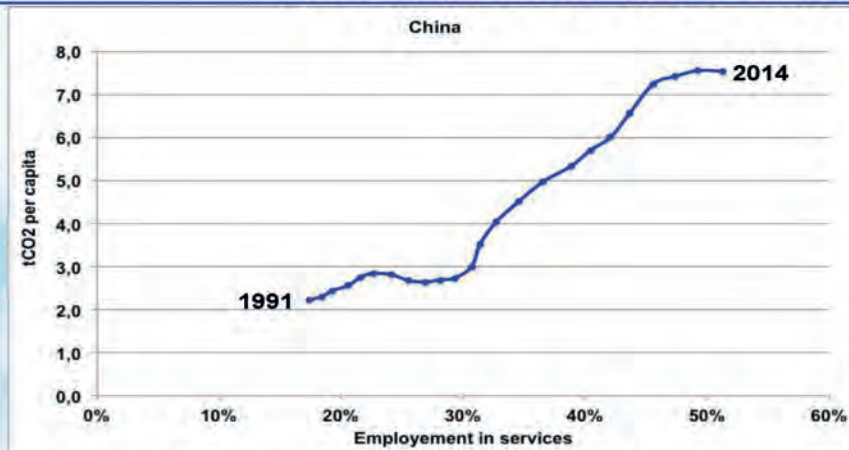
Plus d'énergie fossile = plus de services !



Fraction de la population active dans les services vs émissions de CO₂ par personne dans le monde. Donnés Banque Mondiale

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

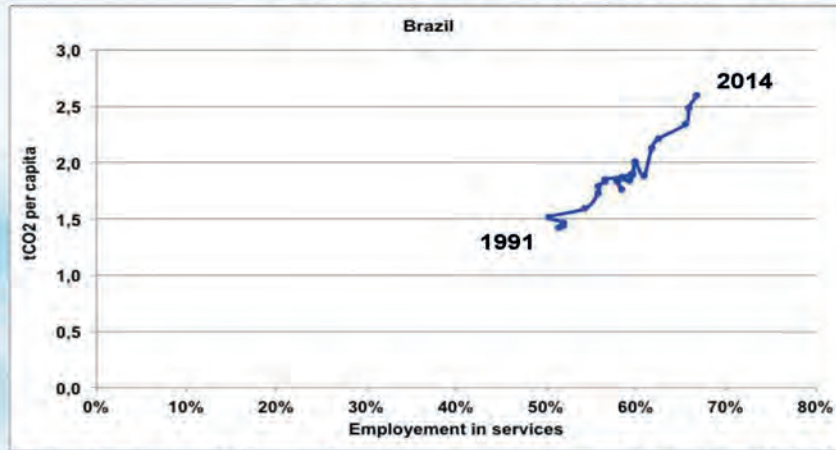
Plus d'énergie fossile = plus de services !



Fraction de la population active dans les services vs émissions de CO₂ par personne en Chine. Donnés Banque Mondiale

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

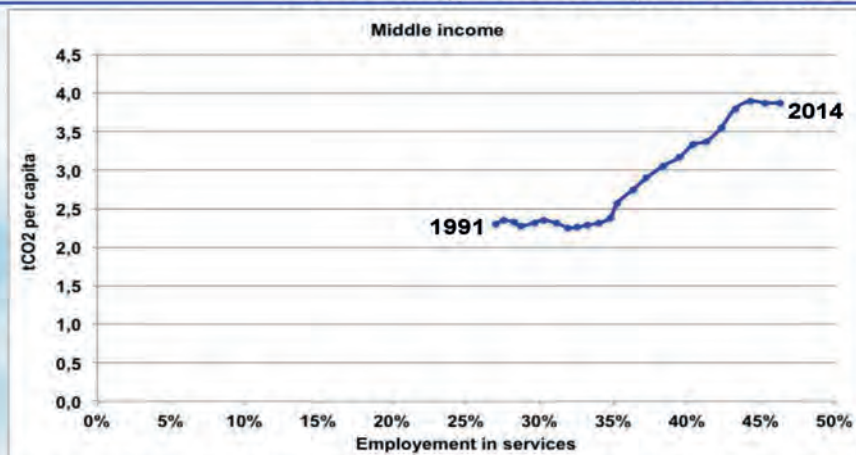
Plus d'énergie fossile = plus de services !



Fraction de la population active dans les services vs émissions de CO2 par personne au Brésil. Données Banque Mondiale

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Plus d'énergie fossile = plus de services !



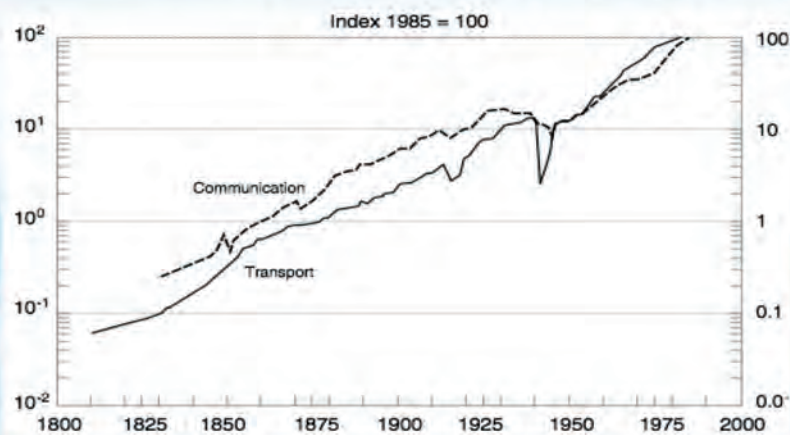
Fraction de la population active dans les services vs émissions de CO2 par personne au Brésil. Données Banque Mondiale

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

L'augmentation des flux d'information ne permet pas la dématérialisation de l'économie, les deux augmentant de concert.

L'idée reçue selon laquelle faire circuler plus d'informations permettrait de faire circuler moins de personnes et moins de marchandises est fautive, cela ne se vérifie pas à l'échelle macroscopique.

Les kilo-octets n'ont pas tué les kilomètres !

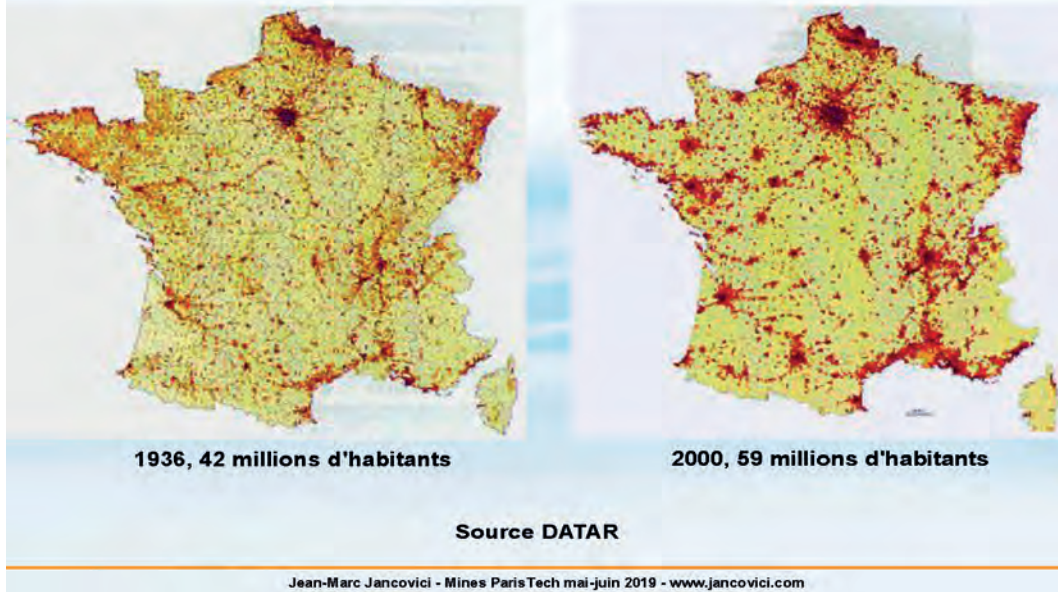


Evolution comparée des flux d'information et des flux de transport de 1800 à 1990.

Source : Amulf GRÜBLER, the Rise and Fall of Infrastructures, 1990

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Plus d'énergie = des campagnes vides et des villes étalées



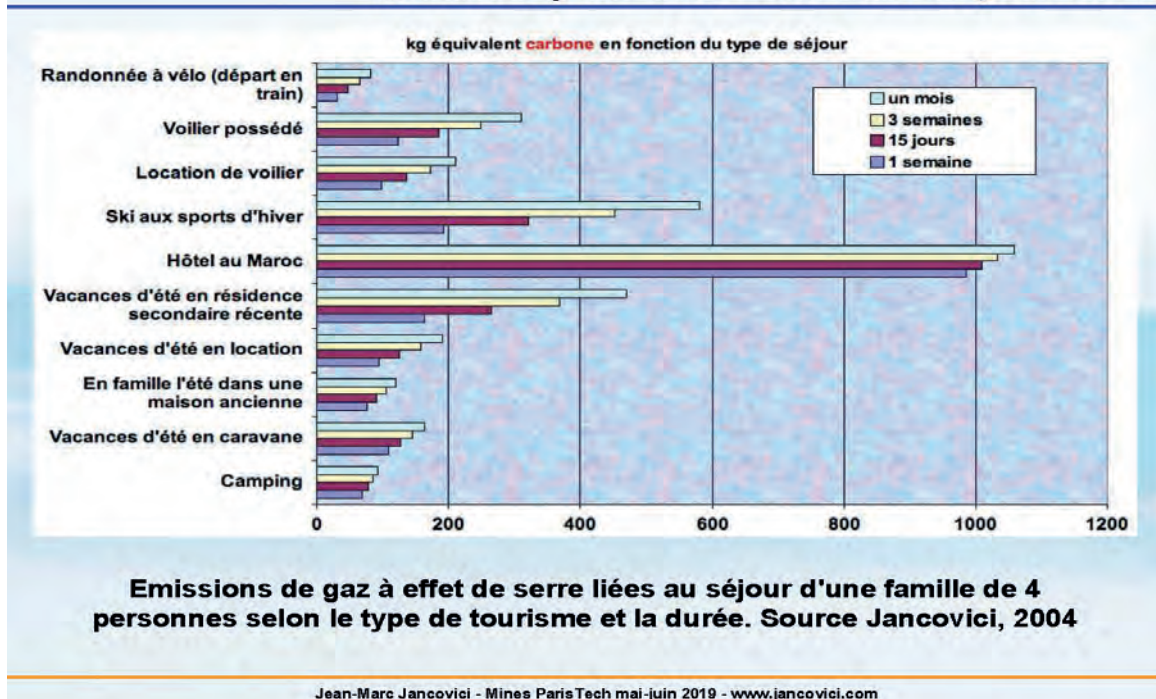
Tous les pays ayant eu accès à une énergie abondante ont été restructuré de la même manière :

- passage de campagnes peuplées et de villes moyennes
- à des villes plus peuplées et plus grandes et des campagnes vides

Exception en raison d'obstacles géographiques, par exemple la Suisse où les villes ne peuvent pas s'étaler dans l'espace (fond de vallées)

TEMPS LIBRE

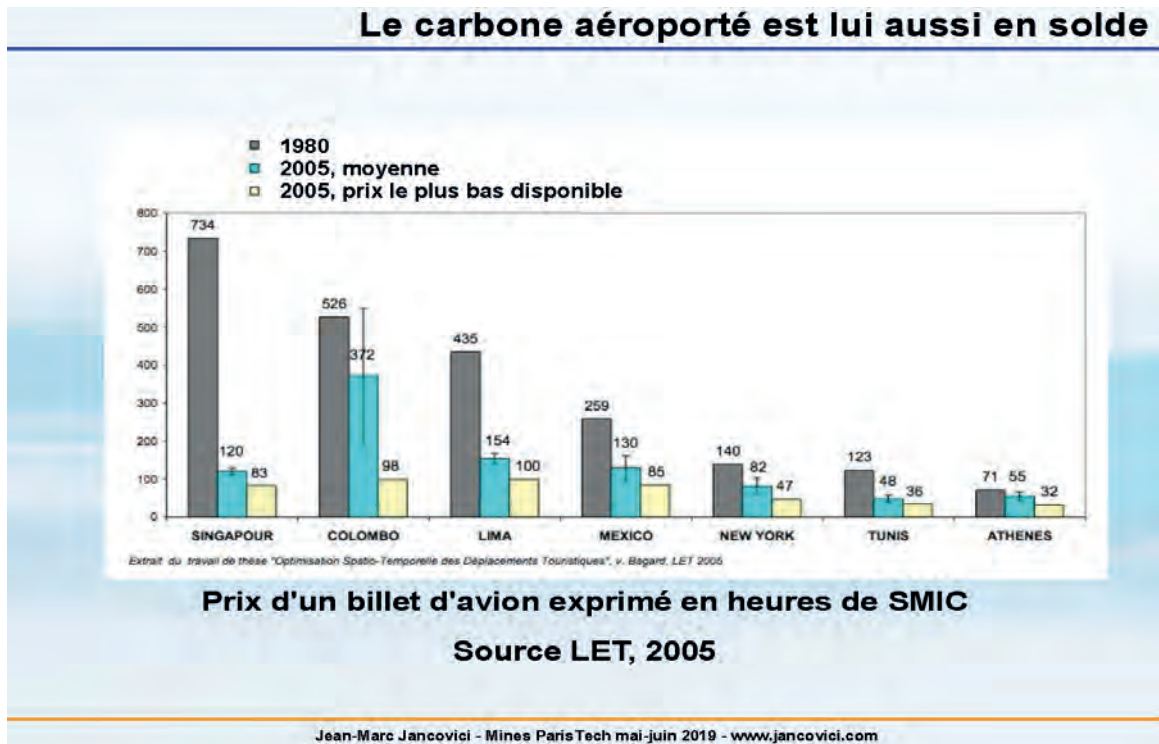
Vacances pour tous = du carbone, encore !



Vacances pour tous permises par l'énergie abondante :

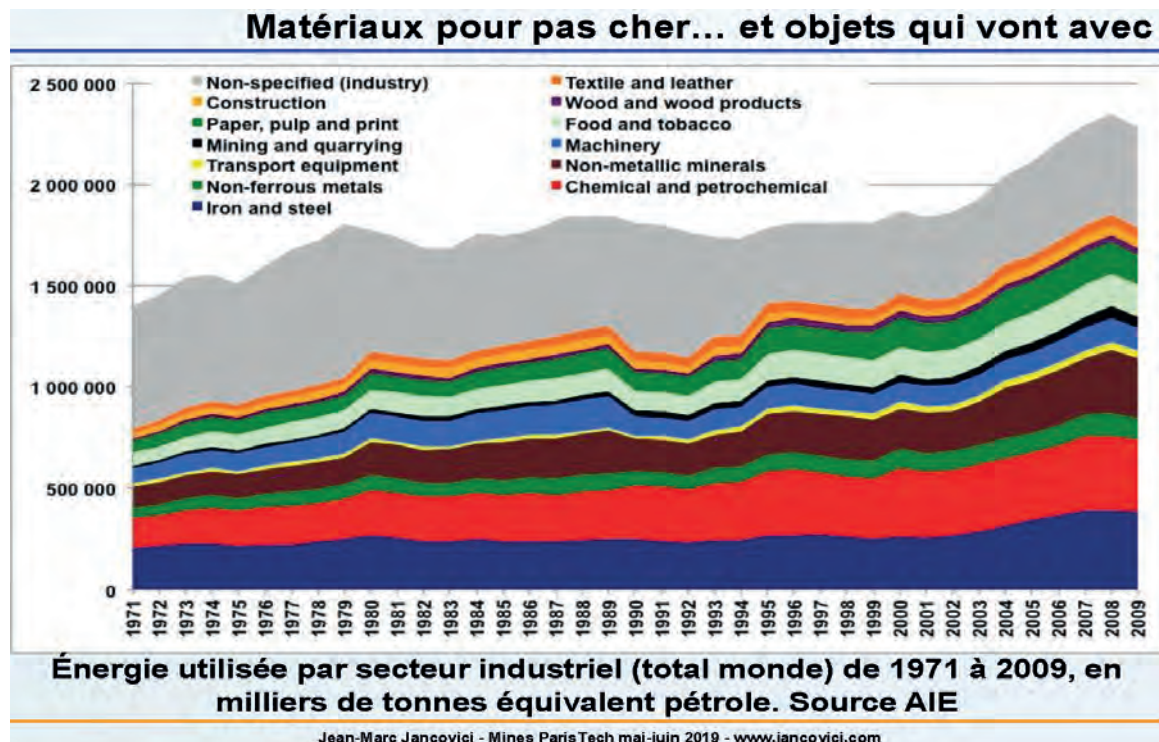
- temps libre obtenu grâce au travail des machines pour les études, les retraites, les vacances, limiter le temps de travail hebdomadaire à 35h ...
- une des conséquences de la contrainte énergétique à venir, l'augmentation séculaire du temps libre risque d'être remis en cause

TOURISME



- évolution vers plus d'émissions de CO₂ du fait du tourisme par avion
- les types de vacances les plus anciens (= congés payés de 1936 : vélo, camping) sont les moins émetteurs
- très forte diminution du prix du transport aérien :
 - il fallait par exemple 140 heures de smic en 1980 pour acheter un billet pour New York
 - il n'en faut plus que 70 environ aujourd'hui

EQUIPEMENT MATERIEL



La composante non énergétique de l'énergie (usages non énergétiques du pétrole et du gaz) sert de matière première pour la chimie organique.

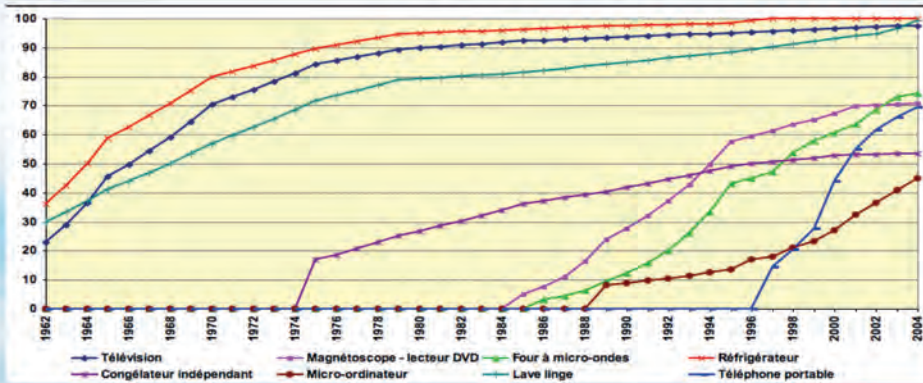
- le pétrole est la base de la chimie organique pour fabriquer la quasi-totalité des produits du quotidien

Se passer de pétrole ou vider son logement, c'est pareil



Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Plus d'électrons pour les français aussi



Evolution du taux d'équipement des ménages français en appareils électroménagers de 1962 à 2004. Source : INSEE, 2010

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Le taux d'équipement des ménages augmente dans tous les domaines et tout le temps. Ces objets

- ont eu besoin d'énergie et de chimie organique pour être fabriqués
- et nécessitent encore de l'énergie pour fonctionner

RELATIONS DE COUPLE

Divorcer = +60% d'énergie par ex-conjoint

2 fois plus de logements (à construire, à chauffer) -> énergie

2 fois plus d'objets à fabriquer (et utiliser) : électroménager, meubles, véhicule, etc -> énergie

Et quelques déplacements supplémentaires pour les enfants...

La retraite, les études, les vacances, l'assurance chômage = le fruit de la formidable hausse de la productivité du travail -> énergie

1 employé du National Health Service (en Grande Bretagne) « utilise » 14 tonnes équivalent CO₂ par an -> l'hôpital est sous perfusion d'énergie !

Divorcer est énergivore :

- besoin de fabriquer plus de logements / probablement un des plus importants facteurs de pression sur les prix de l'immobilier
- doublement des logements = augmentation de la consommation énergétique
- doublement de l'équipement ménager
- déplacements supplémentaires induits par la garde alternée des enfants

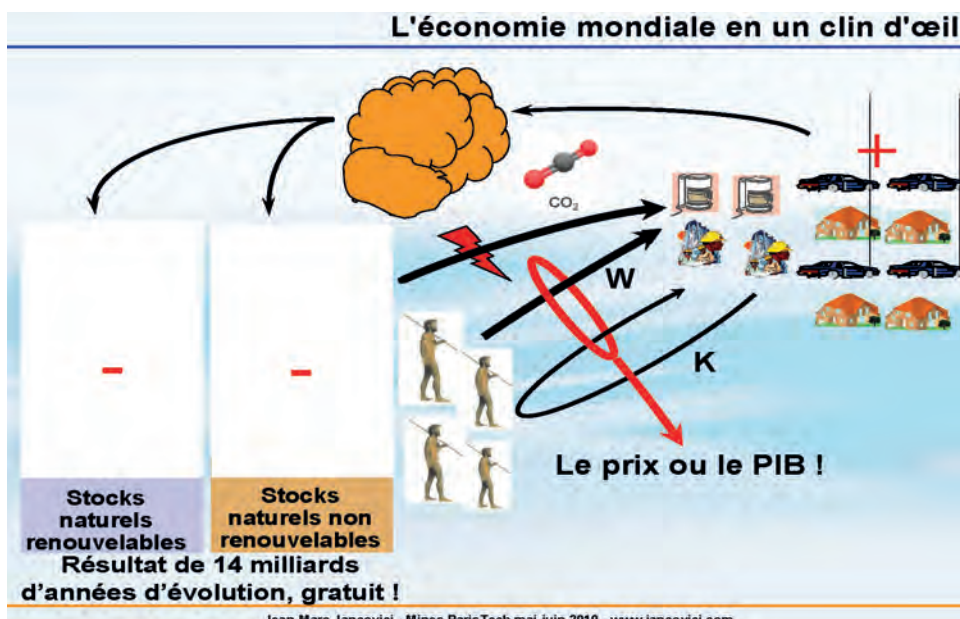
SYSTEME DE SOINS

- 5% de l'empreinte carbone en France provient de l'hôpital
- question éthique se posera dans un monde à l'énergie contrainte, arbitrage à faire entre soins aux personnes âgées nécessitant un appareillage très lourd et les soins à apporter aux autres malades

>> L'abondance énergétique a déformé / fait évolué nos modes de vie

Chapitre 06 - Une théorie économique hors-sol

Evolution de l'empreinte de l'activité humaine sur les ressources naturelles



- dans un premier temps, les hommes ont épuisé très lentement les ressources non renouvelables (silex, ...) et prélevé un

part très faible des ressources renouvelables, sans impact sensible sur leur régénération

- la mise au point de convertisseurs d'énergie a progressivement augmenté la capacité de l'humanité à prélever les ressources naturelles.
 - Le stock des ressources non renouvelables a commencé à se réduire de plus en plus vite
 - et à affecter le stock des ressources renouvelables lui-même (forêt, biodiversité, surpêche ...)
- phénomène concomitant à l'extractivisme, le rejet d'externalité dans l'environnement, la pollution engendrée notamment par les énergies fossiles

Si nous sommes ici, c'est un peu à cause de lui...

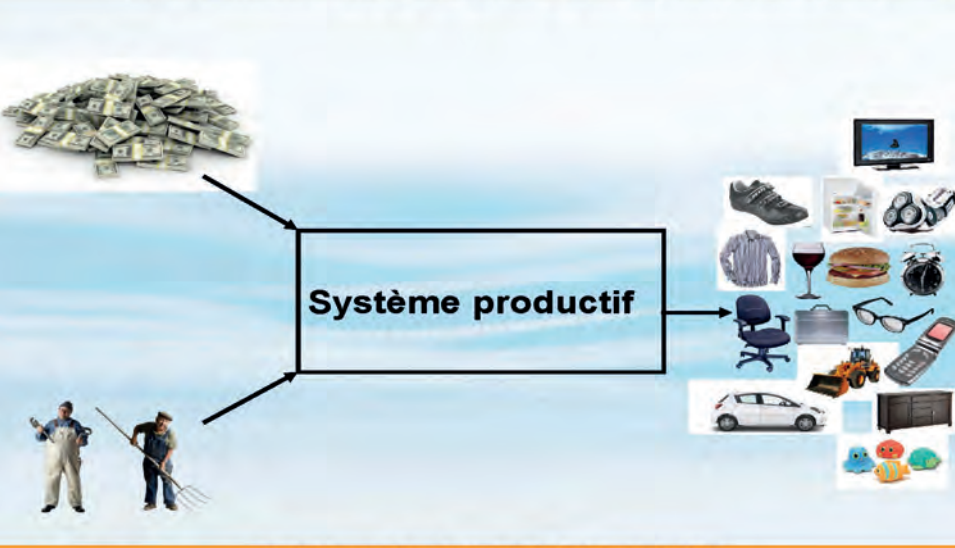


Les ressources naturelles sont inépuisables, car sans cela, nous ne les obtiendrions pas gratuitement. Ne pouvant ni être multipliées ni épuisées, elles ne sont pas l'objet des sciences économiques

Traité d'économie politique (1803)

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

L'économie vue par Super Mario (ou Super Manuel !)



The diagram illustrates a production system. On the left, a pile of money and two workers (one with a shovel, one with a pitchfork) have arrows pointing towards a central box labeled "Système productif". From this box, an arrow points to a collection of various consumer goods including a TV, shoes, a shirt, a wine glass, a burger, a car, a tractor, glasses, a calculator, a chair, and toys.

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

> ni les phénomènes de réduction des stocks de ressources naturelles ni les externalités des activités humaines sur l'environnement ne sont pris en compte par la théorie économique classique, qui

- ne s'intéresse qu'à l'étape de transformation et à son coût
- ne considère que deux facteurs, l'humain et le capital

L'ingénieur avait tout compris à la force des machines !

Comparaison faite par le Baron Charles Dupin (X 1801) sur les « forces productives » françaises et anglaises en 1820



	France	hommes.	Grande-Bretagne	hommes.
Moulins et machines hydrauliques	1 500 000		1 200 000	
Moulins à vent	253 333		240 000	
Vent et navigation	3 000 000		12 000 000	
Machines à vapeur	480 000		6 400 000	
TOTAUX	5 233 333		19 840 000	

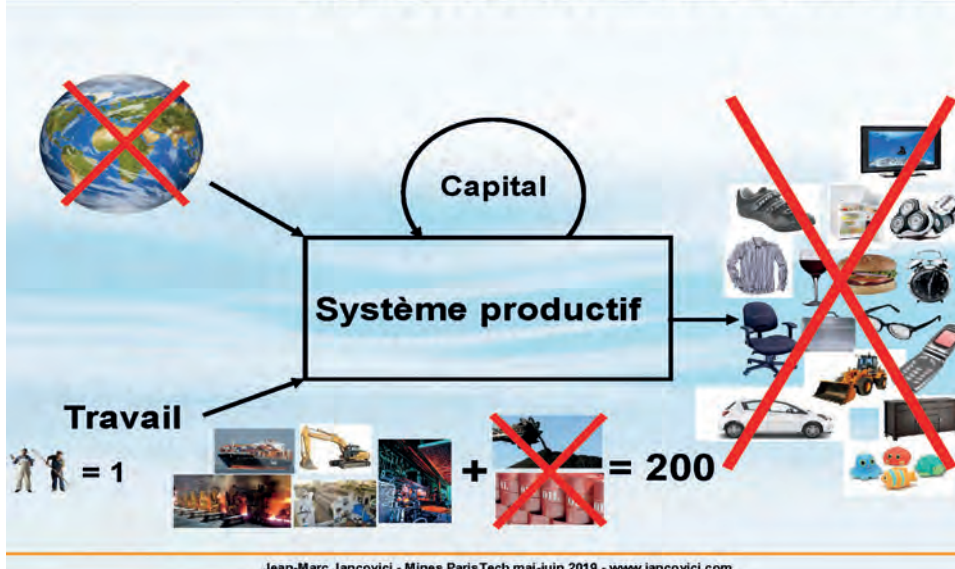
Tableau général des forces industrielles et commerciales

	France	Grande-
Bretagne		
Forces vivantes	6 303 019	7 275 497
Forces inanimées	5 233 333	19 840 000
FORCE TOTALE INDUSTRIELLE	11 536 352	27 115 497

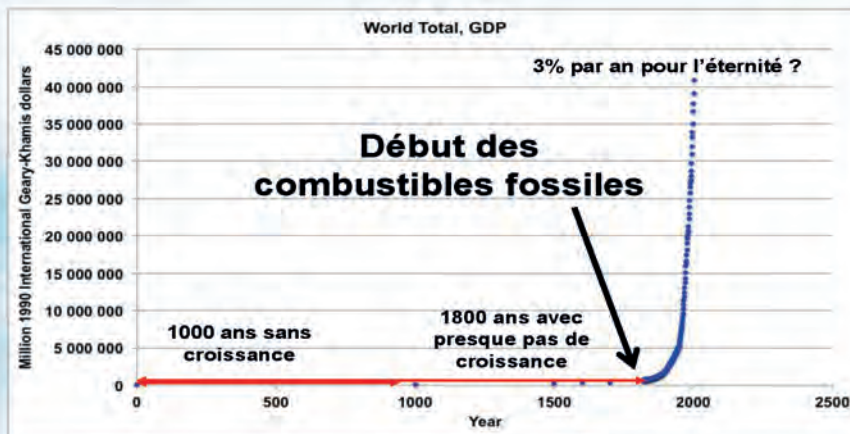
Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

> une autre comptabilité, plus juste, aurait consisté à prendre en compte la valeur des ressources naturelles avec pour conséquence logique que l'extractivisme aurait cessé bien avant l'épuisement des stocks

En fait, il vaut mieux avoir de la ressource !



Les promesses électorales étaient plus faciles il y a 1000 ans



PIB mondial reconstitué de l'an 0 à 2003. Source : Angus Maddison

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

> actuellement,

- le système économique ne fixe aucune limite au PIB (la valeur économique de la production), au travail de transformation des ressources naturelles par l'homme
- parce qu'il ne tient pas compte de l'épuisement des ressources naturelles / de la gestion du "stock"

> historiquement l'explication est à chercher chez les fondateurs de la théorie économique au début du XIXe

- l'économie est la gestion de la rareté,
- c'est à dire au XIX, le facteur humain : 1 milliard d'humains dans un monde qui reste en partie à explorer et où les ressources naturelles sont exploitées avec des convertisseurs ENR

> Citation JB Say (1767 - 1832) - Traité d'économie politique

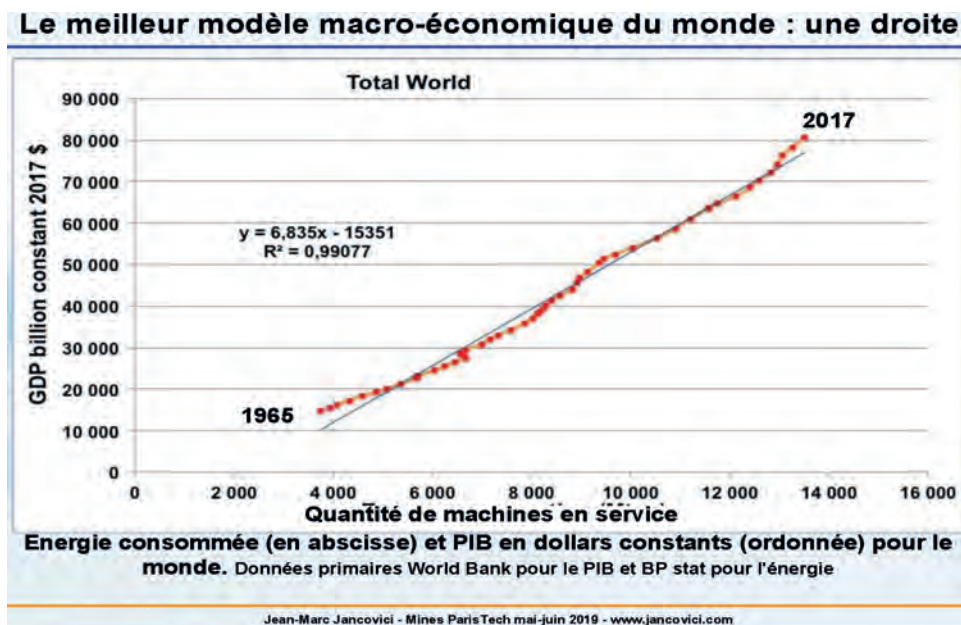
Les ressources naturelles sont inépuisables, car sans cela, nous ne les obtiendrions pas gratuitement. Ne pouvant ni être multipliées ni épuisées, elles ne sont pas l'objet des sciences économiques.

> facteurs limitants du système hier = les hommes mais aujourd'hui

- l'énergie qui alimente les convertisseurs (sans énergie, les travailleurs et le capital ne valent rien)
- et les ressources naturelles

Historiquement

- pas de croissance économique jusque l'an mil (convertisseur = force musculaire)
- faible croissance jusque 1800
- croissance exponentielle avec la mise au point des convertisseurs d'énergie à combustibles fossiles
 - > le pétrole a permis aux Etats-Unis et à l'Europe d'écraser économiquement le reste du monde
 - > parenthèse de 2 siècles qui se referme avec la Chine qui retrouve sa place de première puissance économique



Equivalence parfaite entre la quantité de machines en service (= énergie consommée) et le PIB (= la valeur économique de la production)

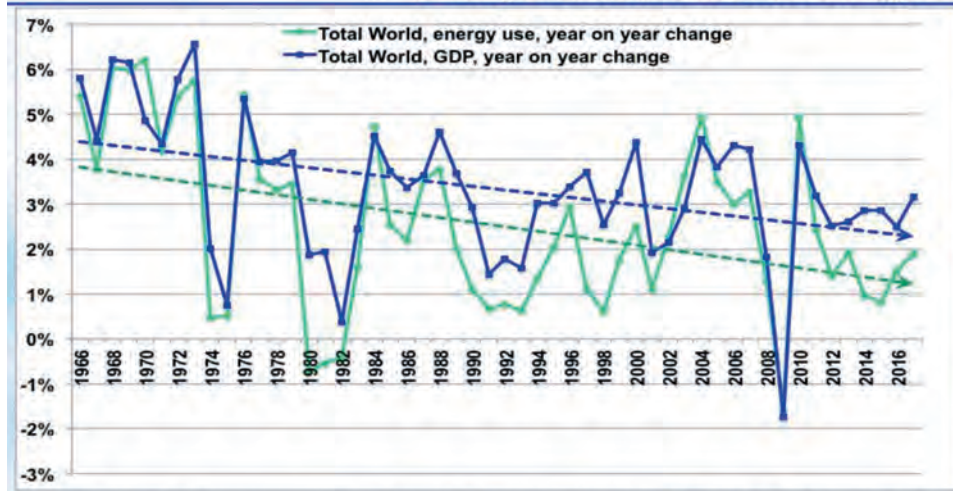
Observable à l'année :

- nb de machines en service
- variation de la production économique

"Les euros ne font que mesurer monétairement un flux que les kw/h mesurent physiquement"

> deux unités de compte qui mesurent la même chose, un flux de transformation

Puis-je avoir du PIB sans énergie ?

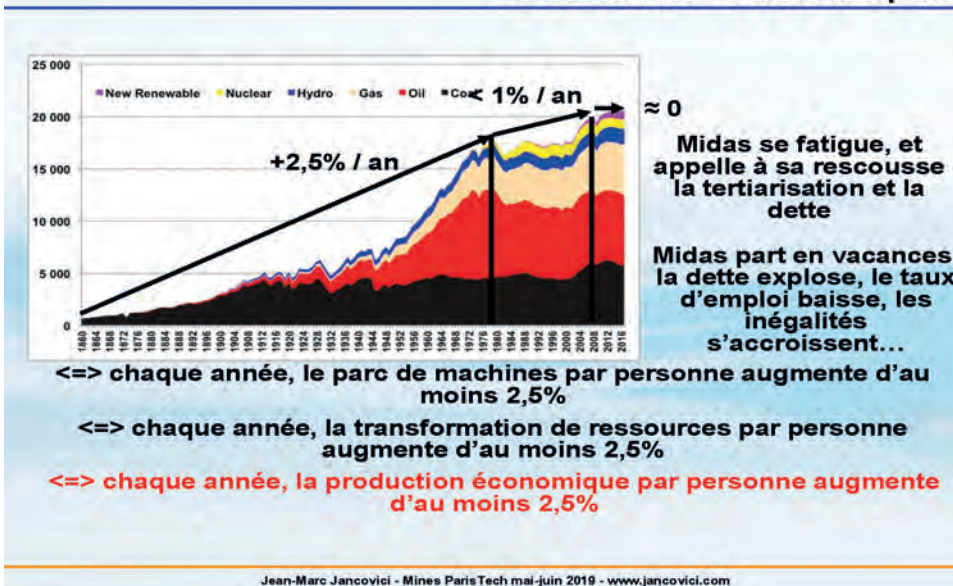


Variation de la consommation d'énergie (en vert) et du PIB en dollars constants (en bleu), pour le monde. Données World Bank pour le PIB et BP stat pour l'énergie

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

Chapitre 07 - Baisse de l'approvisionnement énergétique et conséquences

C'est la valse à trois temps...



Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

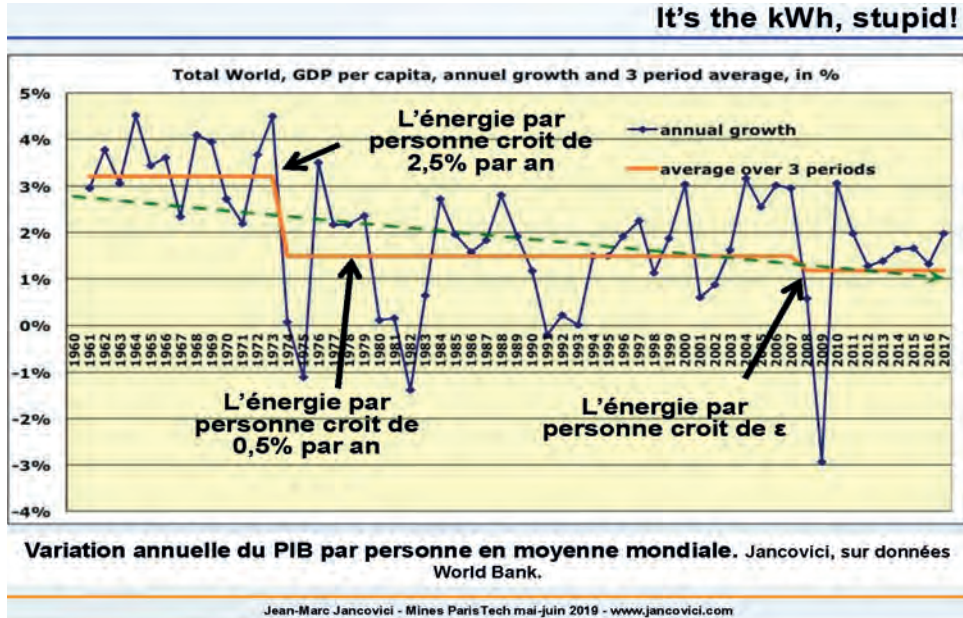
- jusqu'aux chocs pétroliers, l'approvisionnement énergétique augmente de 2,5% par an par personne
 - > cela signifie que le parc de machines par personne augmente de 2,5% par an, au minimum (il faut tenir compte des gains d'efficacité énergétique)
 - > tant qu'il n'y a pas de facteur limitant sur les ressources à transformer (c'était le cas jusqu'aux chocs pétroliers), la production physique par personne augmente de 2,5% par an au moins
 - > la contrepartie monétaire de cette production augmente de 2,5% par an (un peu plus en fait)
- après les chocs pétroliers, l'approvisionnement énergétique freine brusquement pour les pays riches (OCDE),
 - > l'essor de la Chine et des pays émergents crée un rebond dans les années 90, du fait de l'augmentation de l'extraction de charbon (la moitié du charbon consommée dans le monde l'est par la Chine aujourd'hui)
 - > le frein de l'approvisionnement énergétique fait ralentir l'économie des pays riches :
 - la hausse de la production physique par personne continue à croître mais faiblement
 - trop faiblement pour soutenir le rythme de redistribution de la période précédente, où s'était perfectionné le Welfare State (hausse mécanique des salaires à l'ancienneté, des retraites, ...)
 - recours à la dette (inexistante ou presque avant les chocs pétroliers, la dette augmente dans tous les pays riches pour soutenir le rythme de redistribution des décennies précédentes) et à la tertiarisation, taux d'emploi baisse, inégalités augmentent ...
 - "le rythme d'augmentation de la production par personne devient insuffisant pour assurer le rythme de hausse de la

redistribution par personne”

• à partir de 2005, l’approvisionnement énergétique par personne n’augmente plus dans le monde et décline dans la zone OCDE - conséquences du déraillement d’un système fondé sur l’abondance énergétique lorsque l’abondance fait défaut et que l’approvisionnement stagne

- crise financière, la faillite de Lehman Brothers est une conséquence
- explosion de l’endettement
- taux d’intérêts négatifs

> stagnation puis baisse de l’approvisionnement énergétique ne fait que s’amorcer



Variation annuelle du PIB par personne en moyenne mondiale

- on retrouve les 3 périodes ci-dessus
- l’endettement dans la dernière période permet “d’acheter” des % de PIB, ce qui masque en partie la réalité d’un PIB atone

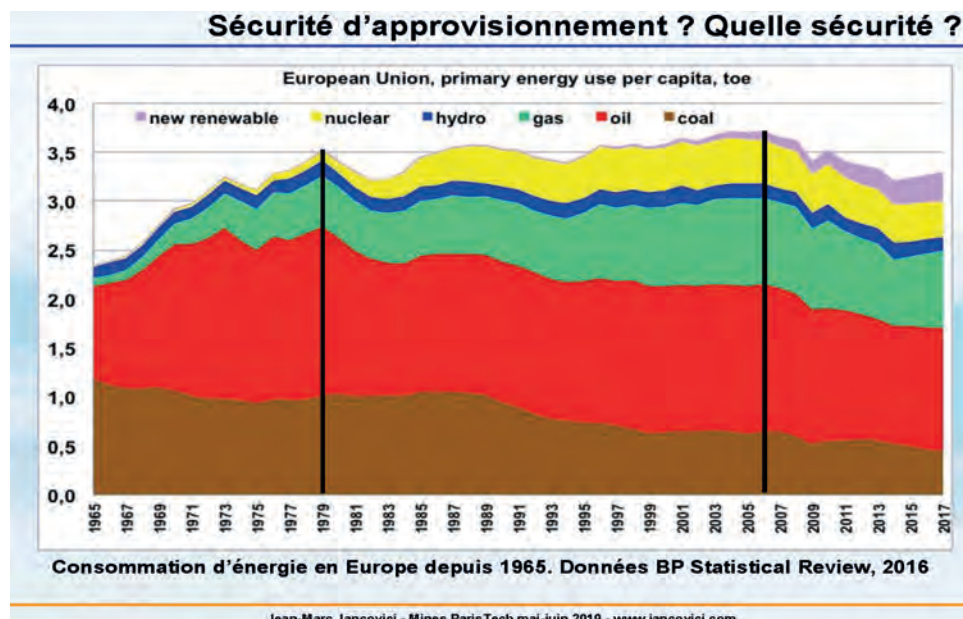
-- période 01 : forte croissance de l’approvisionnement en énergie par personne et la production par personne croît encore plus fortement du fait du gain d’efficacité énergétique

-- période 02 : ralentissement de l’approvisionnement / PIB croît moins vite

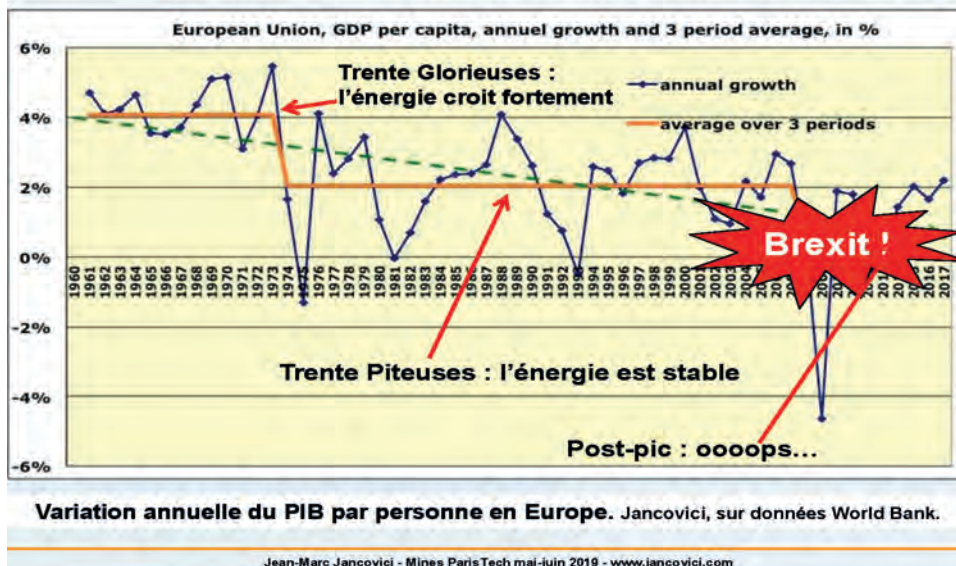
-- période 03 : deux cas de figure très différents dans le monde

---> OCDE

---> reste du monde



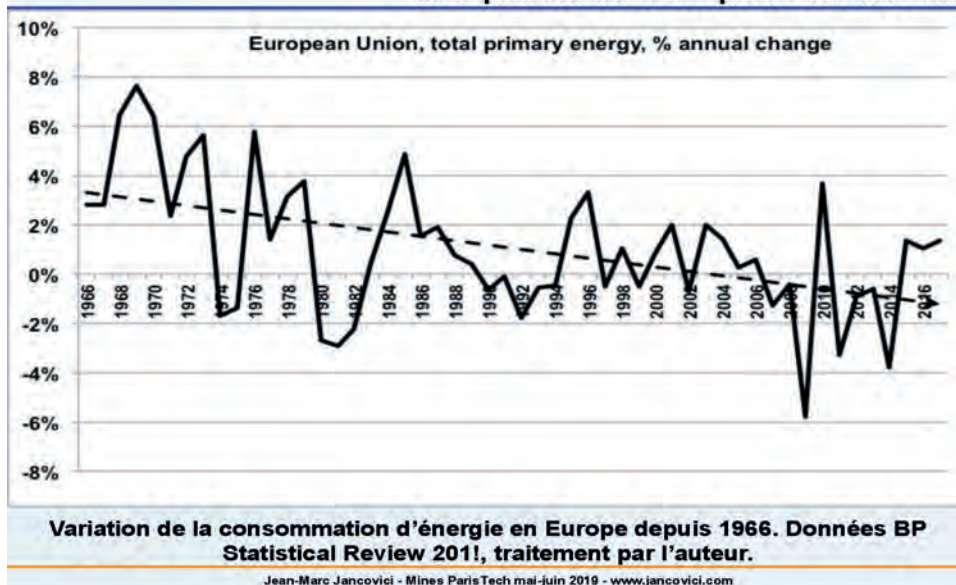
C'est (à nouveau) la valse à trois temps



Exemple UE

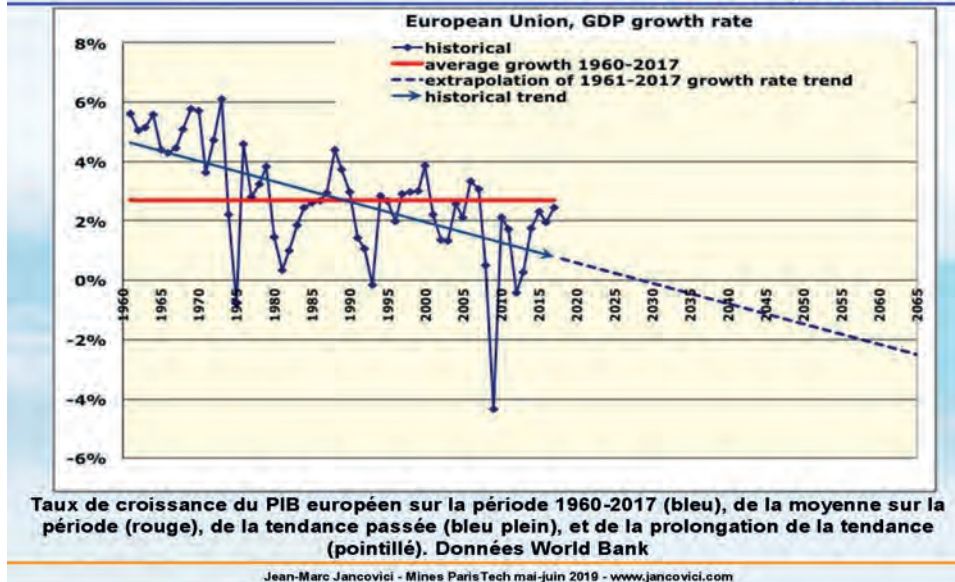
- période 01 : forte augmentation approvisionnement
- période 02 : faible augmentation approvisionnement (pic en 2006), généralisation de l'endettement pour compenser / maintenir la consommation et le niveau de vie
- période 03 : stagnation / début contraction de l'approvisionnement (malgré essor des énergies de roches mères aux Etats-Unis),
 - > le PIB par personne stagne
 - > les dettes ne peuvent pas être remboursées
 - > la production industrielle aujourd'hui en Europe demeure inférieure à celle de 2007, s'observe sur sur les T.km camion, l'indice de la construction

Une pédale de frein pour les kWh....



“Ce n'est pas la crise financière qui a fait baisser la quantité d'énergie utilisée dans le monde, c'est la contraction de l'approvisionnement énergétique disponible qui a ralenti le PIB et qui a rendu incapables les empreinteurs de rembourser leurs dettes (contractées au moment du ralentissement de l'économie, période 02)

... et donc aussi pour le PIB



Particularité de l'UE :

- mise en concurrence des salaires (variant de 1 à 5 dans la zone UE)
- dans un système économique en stagnation

---> Conséquence :

----> L'entrée des pays de l'Est intervient en 2005, soit 2 ans avant le maximum énergétique européen (= date à laquelle le PIB de la zone n'augmente plus)

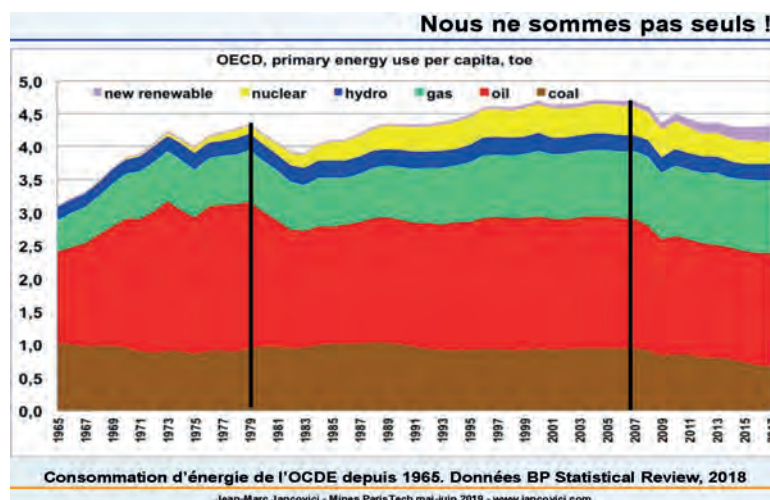
----> Effet de vases communicants : les gains des pays de l'Est se font au détriment des pays de l'Ouest (délocalisation ou travailleur détaché, délocalisation à domicile)

----> le maintien des salaires de l'Ouest de l'UE n'est pas possible

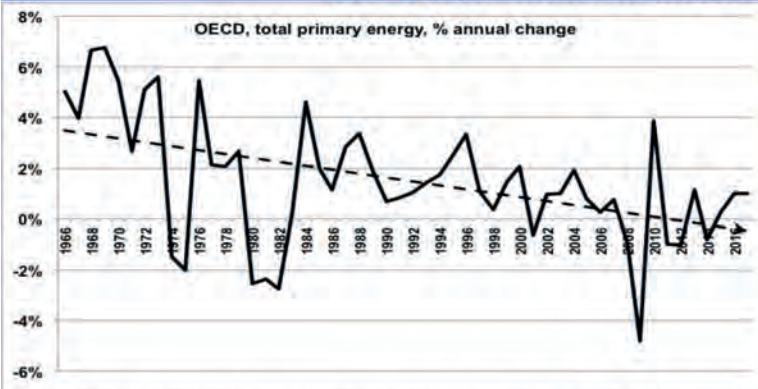
----> Turbulences politiques prévisibles (Brexit ...)

Variation de la consommation d'énergie par personne (en Europe depuis 1966)

- > variation héritière d'une tendance très profonde et qui est présente depuis les chocs pétroliers
- > en décroissance sur 40 ans
- > se poursuivra dans les prochaines décennies, avec un PIB qui passera négatif
- > prochaines décennies = un monde de contraction et non plus d'expansion économique
- > enjeu : garder un système stable dans un contexte de contraction des ressources disponibles



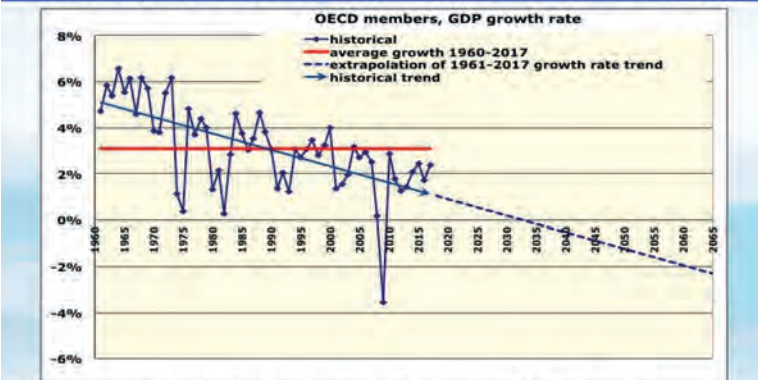
Tous les pays « riches » ralentissent



Variation de la consommation d'énergie dans la zone OCDE depuis 1966. Données BP Statistical Review 2018, traitement par l'auteur.

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

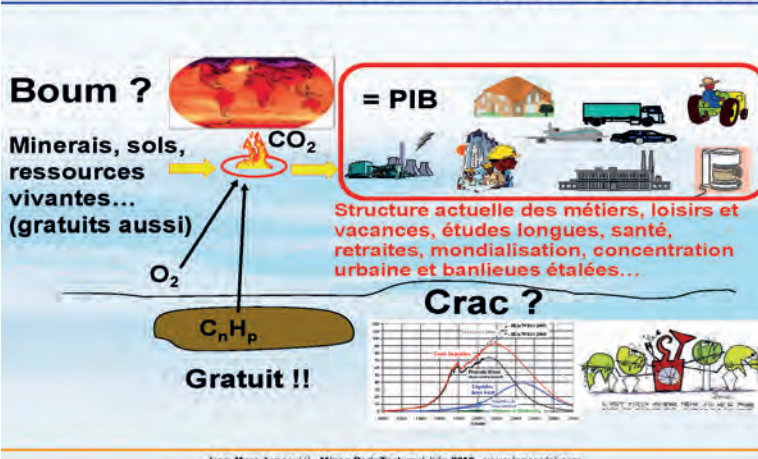
...et une partie de votre carrière se fera « dans l'autre sens »



Taux de croissance du PIB de la zone OCDE sur la période 1960-2017 (bleu), de la moyenne sur la période (rouge), de la tendance passée (bleu plein), et de la prolongation de la tendance (pointillé). Données World Bank

Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com

L'ère du feu, croissance à gogo et 2 questions...



Jean-Marc Jancovici - Mines ParisTech mai-juin 2019 - www.jancovici.com