

Climat & énergie & mobilité : la nécessité d'une mobilité durable !



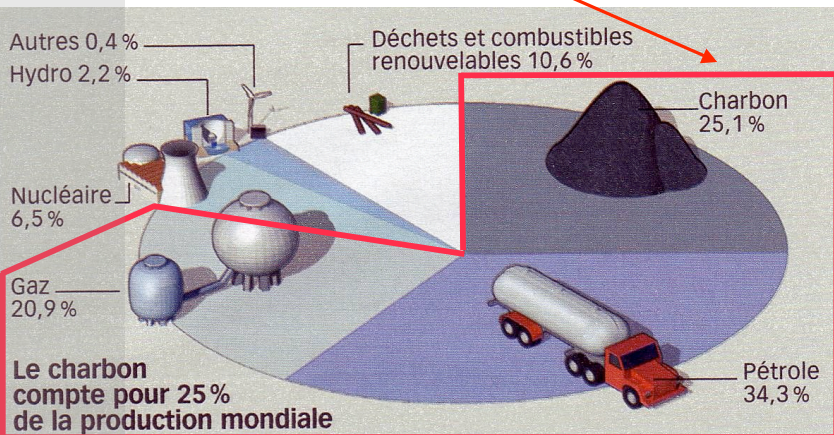
1. Consommation mondiale / rejets de CO₂ / équilibre thermique de la Terre
2. Les transports : quels problèmes / quelles solutions ?
3. Réussir la transition vers une mobilité durable

(Jean-Claude Keller, Epalinges, le 16 septembre 2009)

1. La consommation des énergies fossiles, un sacré problème mondial avec 2 conséquences !

Consommation mondiale 2004 :

Les 80,3% sont des énergies qui rejettent du CO₂ !



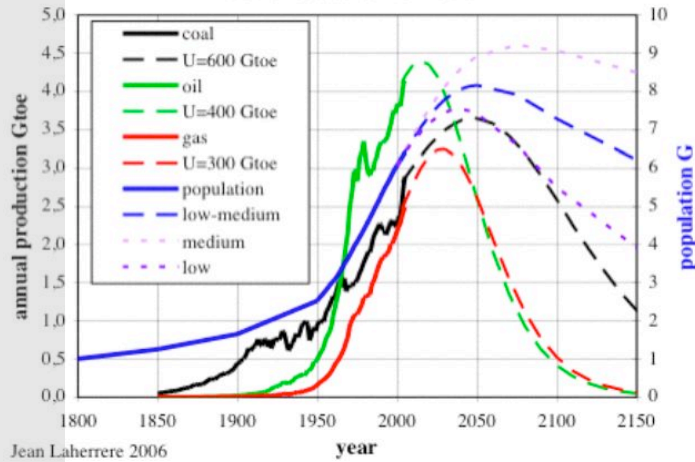
« Le charbon à la conquête du XXIème siècle », article paru dans « Science et vie », n°1074, mars 2007

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

1^{ère} conséquence : l'épuisement des ressources !

Le pic de production est appelé « le pic de Hubbert »

World production of coal, oil, gas with forecasts (no demand constraints) from ultimates & population with UN 2003 forecasts low to medium

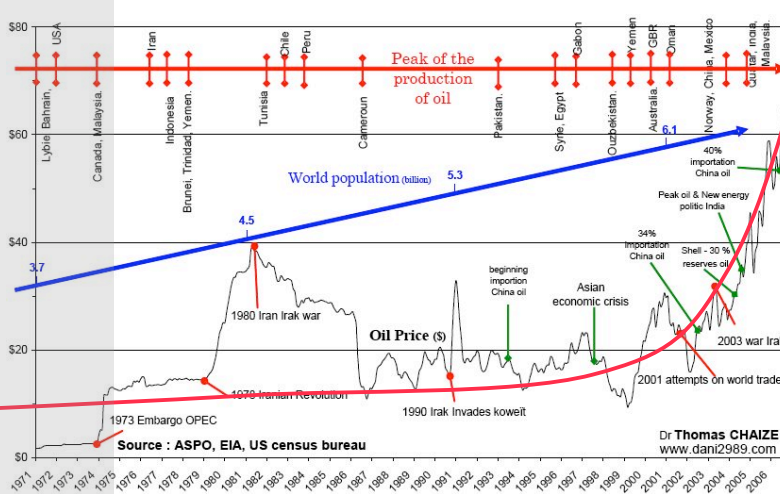


Jean Laherrere 2006
 Exposé « Quand le Peak oil ? » de Jean Laherrère (le 27 novembre 2007 à Chalons en Champagne), téléchargeable : <http://aspofrance.viabloga.com/texts/documents>

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

1^{ère} conséquence : l'épuisement des ressources !

- Les pics de production et/ou les tensions politiques entraînent une montée des prix !



ASPO : Association for the Study of Peak Oil&Gas
<http://www.peakoil.net/>

téléchargeable : <http://www.dani2989.com/pdf/oilpoppeak.pdf>

Article : <http://www.dani2989.com/matiere1/oilpopulationprod26112006gb.htm>

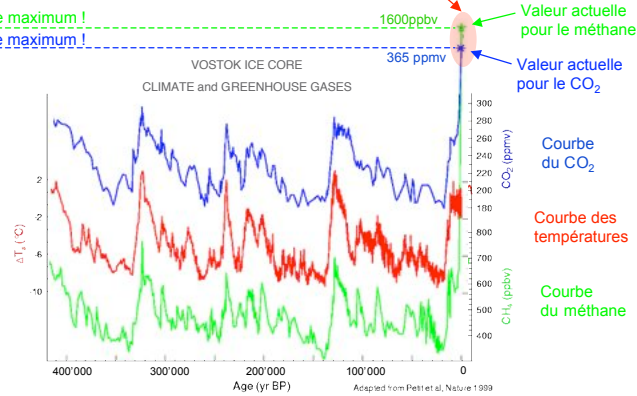
Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

2^{ème} conséquence : l'équilibre thermique de la Terre est perturbé par les rejets de CO₂

- Aujourd'hui, il y a beaucoup plus de gaz à effet de serre dans l'atmosphère que dans le passé.

Il n'y a jamais eu de valeurs aussi importantes par le passé !

2 fois plus que le maximum !
1,3 fois plus que le maximum !



Document du laboratoire de Glaciologie de Grenoble, CNRS
LGGE/LSCE d'après Petit et al., *Nature*, 399, juin 1999
<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim/motsclies/Images/vostok.html>

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

... et aujourd'hui, la Terre chauffe ...

- Les satellites d'observation mesurent un déséquilibre d'environ + 0,75 W/m².



Le volcan Agung à Bali a été en forte éruption de mars à mai 1963

Eruption de El Chichon au Mexique en mars 82 !

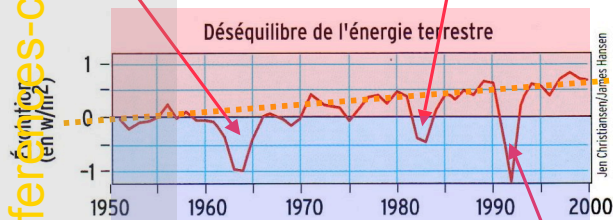


Schéma paru dans « Pour la science » dossier n°54, mars 07

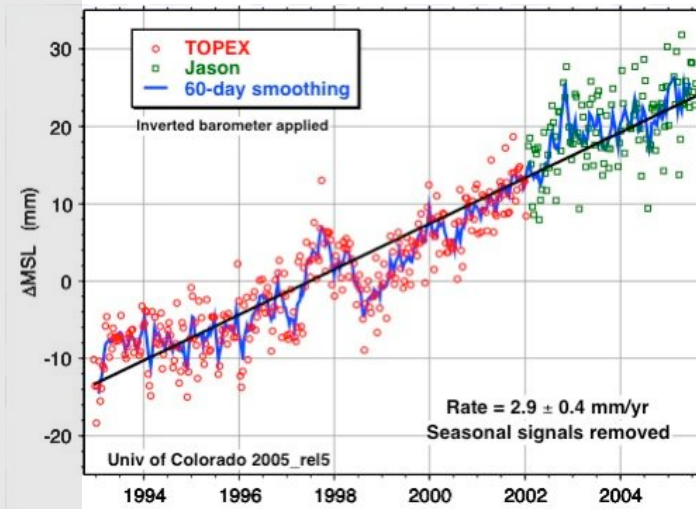
Eruption du Pinatubo aux Philippines en juin 91 !



Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

... le niveau des océans monte ...

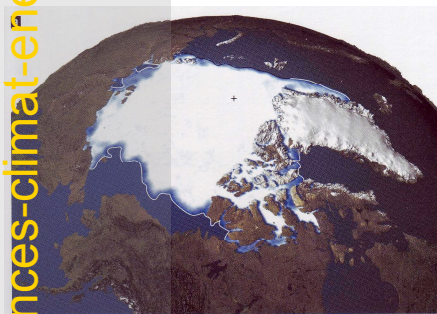
- Exemple 1 : L'augmentation des températures entraîne une dilatation volumique des océans, avec comme conséquence la montée du niveau des eaux.



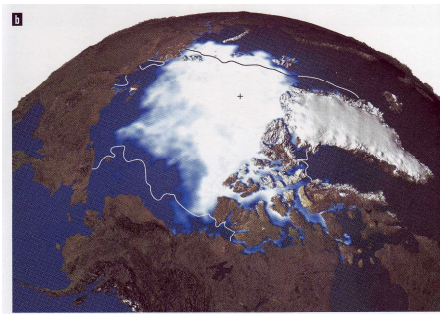
Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

... la banquise Arctique diminue ...

- Exemple 2, la banquise Arctique diminue !



La calotte polaire en 1979.



La calotte polaire en 2003.

Source : "Pour la science", dossier janvier / mars 2007, article de Jérôme Weiss

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

2. La mobilité motorisée est-elle vraiment un problème ?



Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

La mobilité individuelle : parfois un goût de bouchon !

Avec la mobilité individuelle, il y a parfois un problème de place !

Aux USA en 2005, 8,7 milliards de litres de pétrole ont été gaspillés par les voitures dans les bouchons !

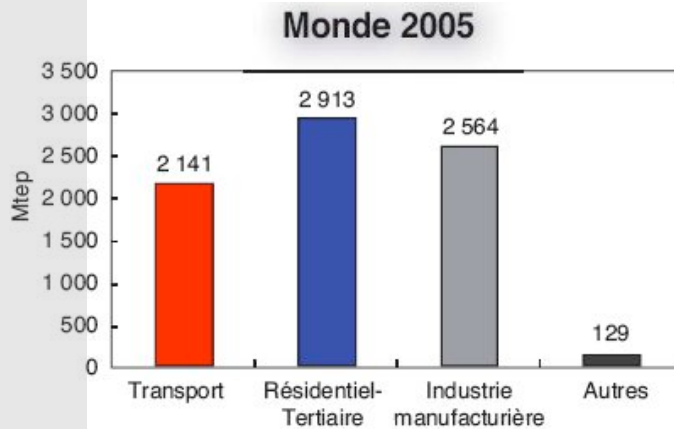
(source : www.clean-auto.com/8-7-milliards-de-litres-de?3893.html)



Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Energie utilisée dans les transports mondiaux

- Le secteur des transports représente presque le tiers de toute l'énergie mondiale consommée !

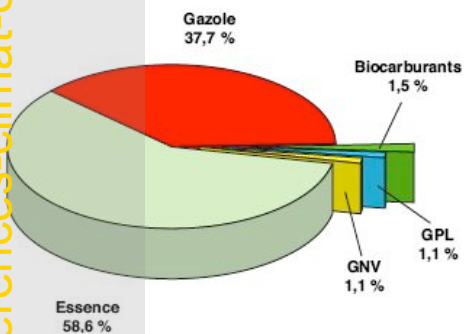


Panorama 2009, Les énergies pour le transport : avantages et inconvénients », rapport de l'Institut Français du Pétrole, téléchargeable <http://www.ifp.fr/actualites/dossiers/le-vehicule-decarbone-les-solutions-de-l-ifp>

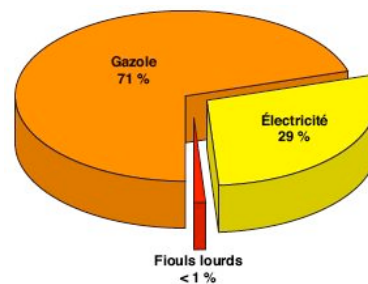
Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Energie utilisée dans les transports mondiaux

Transport routier mondial (en 2007) :



Transport ferroviaire mondial (en 2006) :

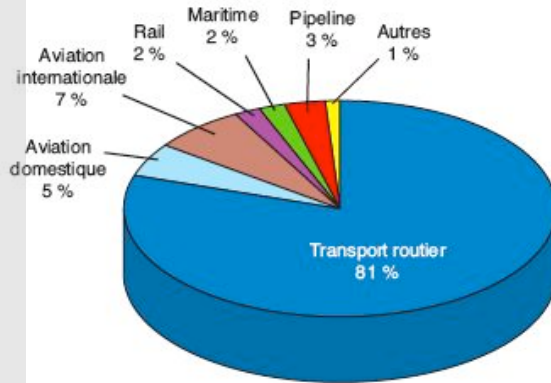


Panorama 2009, Les énergies pour le transport : avantages et inconvénients », rapport de l'Institut Français du Pétrole, téléchargeable <http://www.ifp.fr/actualites/dossiers/le-vehicule-decarbone-les-solutions-de-l-ifp>

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Les émissions mondiales de CO₂ du trafic routier

Dans les transports, le trafic routier est responsable de 81% des émissions de CO₂ (en 2005).



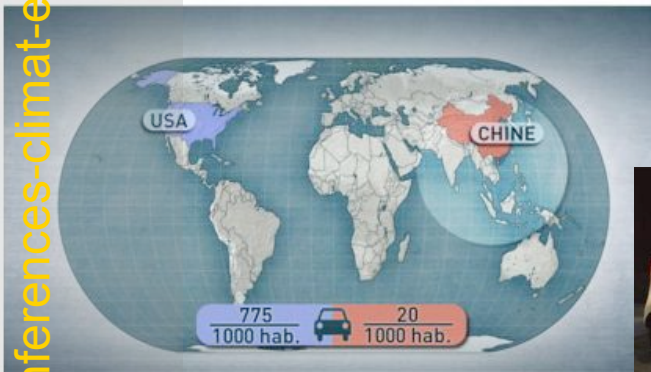
Panorama 2009, Les énergies pour le transport : avantages et inconvénients », rapport de l'Institut Français du Pétrole, téléchargeable <http://www.ifp.fr/actualites/dossiers/le-vehicule-decarbone-les-solutions-de-l-ifp>

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Dans le monde, le nombre de véhicules va augmenter d'ici à 2030

Selon l'ONU, le parc de véhicules (camions et voitures) pourrait doubler et atteindre 1,6 milliards d'unités en 2030.

Sources : « Le dessous des cartes » sur ARTE, Croissance, énergie et facteurs de risques : Prospective 2030

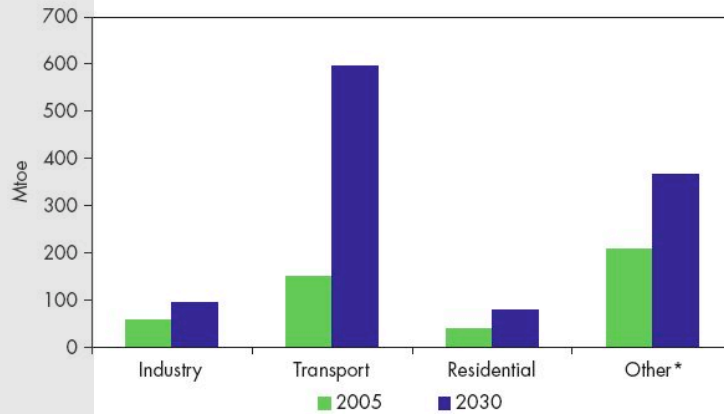


Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Dans le monde, le nombre de véhicules va augmenter d'ici à 2030

Voici l'évolution prévue pour la Chine et l'Inde (graphique publié dans « World Energy Outlook 2007 », téléchargeable : <http://www.worldenergyoutlook.org>)

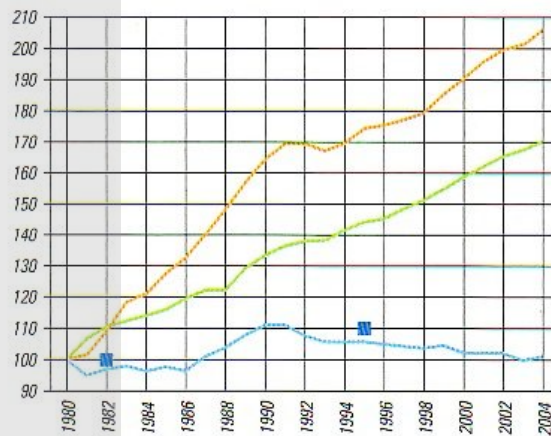
Figure 2.2: Primary Oil Demand in China and India by Sector in the Reference Scenario



Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

En Suisse dans le dernier quart de siècle le nombre de véhicules (< 3,5 tonnes) a presque doublé !

Corrélations – Comparaisons – Evolutions
(Indice 100 = 1980)



Population suisse

1980 : 6'385'000

2004 : 7'454'000

Statistique globale suisse de l'énergie 2004 et 2007

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

La mobilité en Suisse consomme principalement de l'essence, du diesel et du kérosène (+ un tout petit peu de gaz et d'électricité)

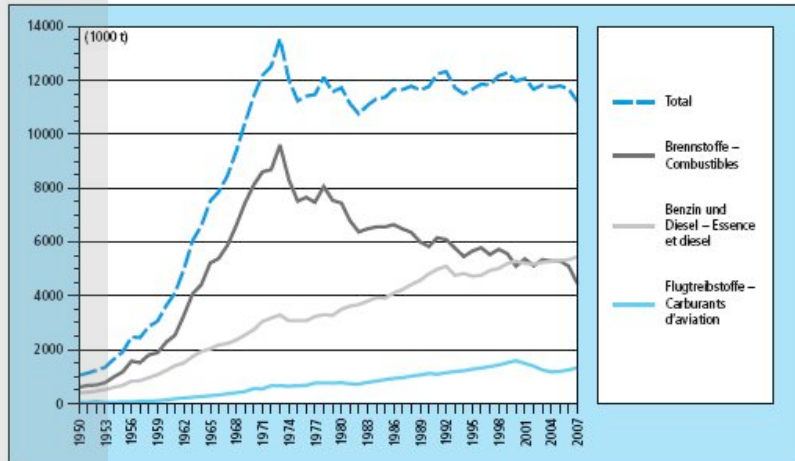
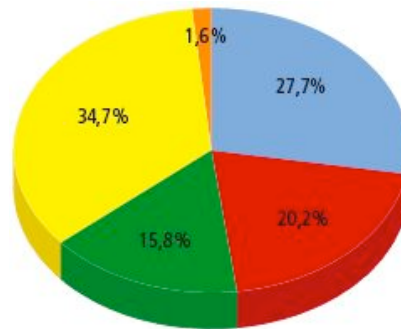


Fig. 10 Entwicklung des Endverbrauchs der Erdölprodukte
Evolution de la consommation finale des produits pétroliers

Statistique globale suisse de l'énergie 2007

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

En Suisse, l'énergie consacrée à la mobilité représente 1/3 de toute l'énergie consommée !



- Haushalte - Ménages
- Industrie - Industrie
- Dienstleistungen - Services
- Verkehr - Transport
- SD - DS

DS : différence statistique, y compris l'agriculture

Statistique globale suisse de l'énergie 2007

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Dans le secteur des transports : 7 possibilités pour diminuer nos rejets de CO₂

- A. Utiliser une autre forme d'énergie que l'énergie fossile.
- B. Améliorer l'efficacité énergétique pour diminuer la consommation.
- C. Diminuer le nombre de kilomètres parcourus par les personnes et les marchandises.
- D. Diminuer la vitesse maximum autorisée sur les routes.
- E. Promouvoir les transports publics lorsque c'est possible.
- F. Promouvoir une mobilité douce lorsque c'est possible (vélos, covoiturage, carsharing, ...).
- G. Promouvoir lorsque c'est possible, pour le transport des marchandises, un transfert de la route au rail et de l'avion au bateau.

Les possibilités C à G ne sont pas abordées dans cette conférence.

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

A. Une autre énergie oui, mais laquelle ?

Energie à disposition

L'énergie fossile :

- charbon
- pétrole
- gaz naturel

CO₂

La biomasse

L'énergie géothermique

L'énergie solaire :

- hydroélectrique
- éolienne
- photovoltaïque
- thermique
- houlo-motrice

L'énergie gravitationnelle (marées)

L'énergie nucléaire :

- fission (uranium)
- fusion (deutérium, tritium)

L'énergie musculaire

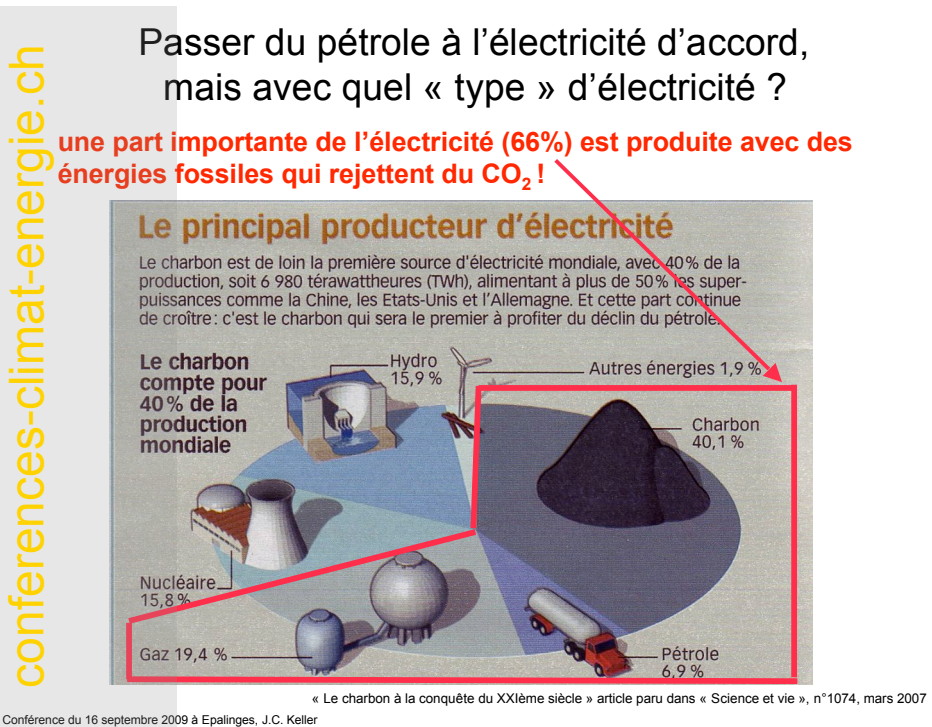
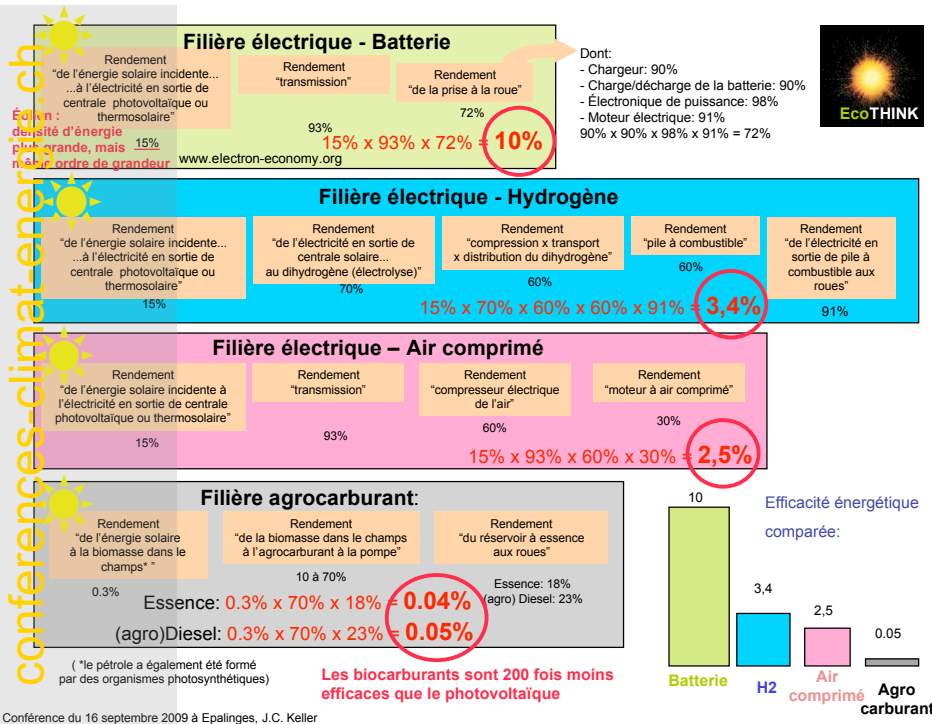
- humaine et animale

Energie à produire
avec l'énergie à disposition

rejets de CO₂ dans l'atmosphère
= effet de serre !

- Les biocarburants (obtenus à partir de la biomasse)
- L'électricité : obtenue par induction magnétique attention, il est difficile de la stocker !!
- L'hydrogène (obtenu par électrolyse ou par réaction chimique)
- L'air comprimé (obtenu par compression)

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller



Remplacer le pétrole par de l'électricité (d'accord, mais qui n'est pas produite par du charbon !)

Le projet NUVU de Nissan :



Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

<http://www.carttech.fr/news/nissan-nuvu-salon-auto-39383955.htm?i=3900162125#photo>

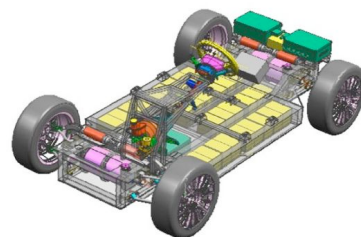
Remplacer le pétrole par de l'électricité (d'accord, mais qui n'est pas produite par du charbon !)

Le projet Phylla de Fiat (2+2 places) :
vitesse maxi 130 km/h, autonomie 220 km, poids 750 kg



<http://www.carttech.fr/news/flat-phylla-39385387.htm>

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller



Remplacer le pétrole par de l'électricité (d'accord, mais qui n'est pas produite par du charbon !)

Le bus Proterra FCBE 35 à motorisation électrique (puissance maximum 150 kW), batteries lithium - ions, système TerraVolt de recharge rapide (20'), consommation équivalente entre 20 et 30 miles par gallon (8 à 11 litres par 100 km).



<http://www.proterraonline.com/media/FastChargeProto3QFSS.jpg>

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Les vélos électriques : des véhicules modernes post-fossiles !

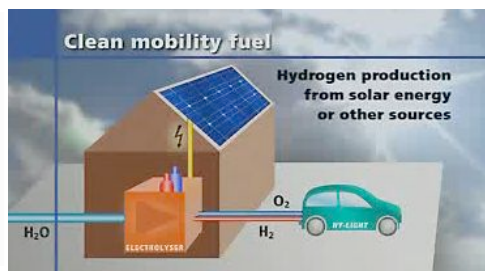
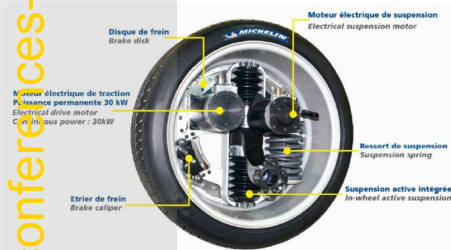
Le vélo électrique a de l'avenir (la sacoche a une puissance de recharge d'environ 30 W) !



Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Remplacer le pétrole par de l'hydrogène solaire !

Le projet Hy-Light développé conjointement par le groupe Michelin et l'Institut Paul Scherer (PSI) à Givisiez dans le canton de Fribourg :



http://www.moteurmature.com/actu/2004/michelin-hy_light.php

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Les bus aussi peuvent rouler à l'hydrogène !

Les sociétés Proton Motor et Skoda Electric ont développé un bus à pile à combustible, équipé de batteries et de supercondensateur pour la récupération d'énergie (triple hybrid system fuel cells).

En été 2009, un bus a été mis en service à Pragues.

Caractéristiques :

Puissance max 120 kW, PAC de 50 kW

autonomie 250 km, carburant 20 kg de H₂ comprimé à 350 bars



http://www.proton-motor.de/fileadmin/documents_pm/press_releases/20090508_TripleHybridBusPreview_EN.pdf

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

L'air comprimé n'est pas idéal ...

- L'air comprimé doit être produit avec de l'électricité.
- Le problème des voitures à air comprimé, c'est l'autonomie.
- Une réserve de 200 litres d'air comprimé à 300 bars correspond à 1 litre de pétrole !
- En tenant compte du rendement du moteur, un véhicule de 700 à 800 kg qui aurait un réservoir de 300 litres d'air comprimé à 300 bars aurait une autonomie d'environ 30 à 35 km (source: « Mission véhicule 2030 » de Jean Syrota, 25/09/2008) !



<http://www.mdi.lu/actualite.php>

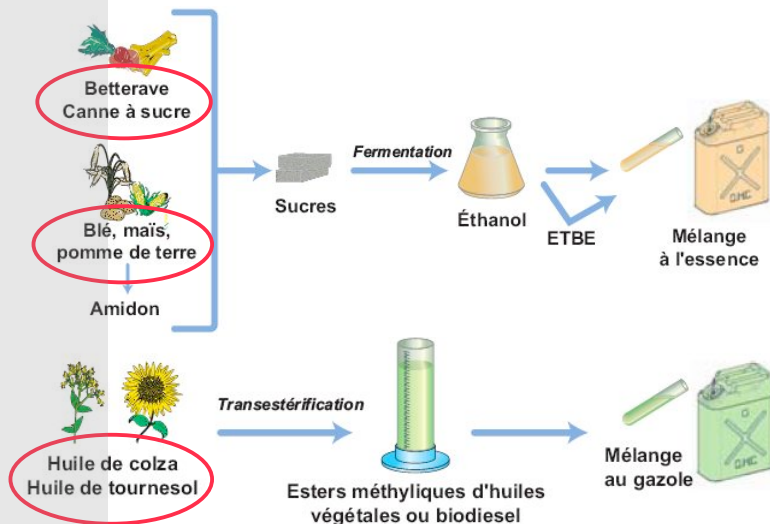


<http://technosmedias.canalblog.com/archives/2008/01/08/7491642.html>

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Remplacer le pétrole par des biocarburants ... ??

- Actuellement, les biocarburants sont produits à partir de denrées alimentaires !

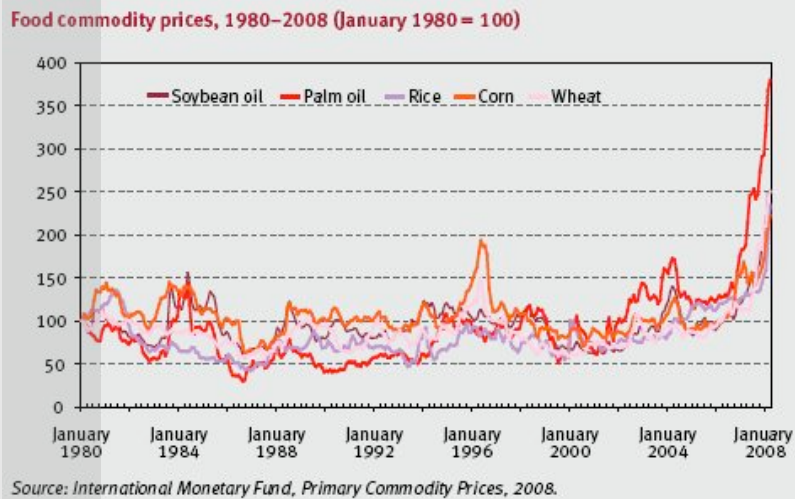


« Panorama 2009, Les énergies pour le transport : avantages et inconvénients », rapport de l'Institut Français du Pétrole, téléchargeable <http://www.ifp.fr/actualites/dossiers/le-vehicule-decarbone-les-solutions-de-l-ifp>

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Les biocarburants, une fausse bonne idée !

- Une fausse bonne idée, car le prix des céréales peut flamber !



World Oil Outlook 2008, téléchargeable : <http://www.opec.org/library/world%20oil%20outlook/WorldOilOutlook08.htm>

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Améliorer l'efficacité énergétique pour diminuer la consommation !

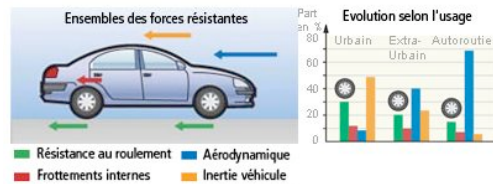
La consommation dépend :

- Du frottement de l'air sur la carrosserie.
- Du frottement des pneus sur la route.
- Du poids de la voiture.
- Du type de motorisation (diesel, essence, hybride, ...).
- De l'équipement et de son utilisation (climatisation ...)
- De la façon de conduire.
- Du type de trajet (ville, autoroute, plaine, montagne, ...).

Cela dépend du constructeur

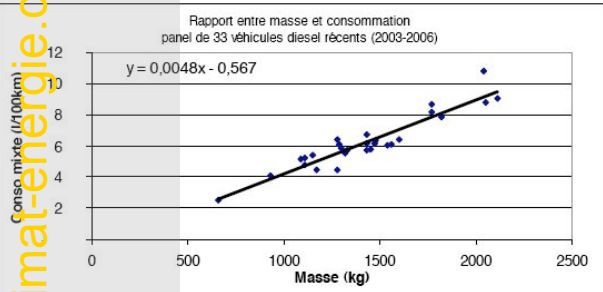
Cela dépend du conducteur

RÉSISTANCE AU ROULEMENT – LA PART DU PNEU



Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Influence de la masse et de la puissance du moteur . . .

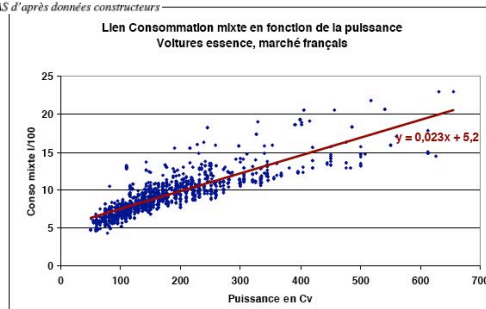


- Si la masse double, la consommation double !

- Si la puissance double, la consommation double !

Source: Rapport (28/9/08) "Perspectives concernant Le VÉHICULE grand public d'ici 2030", par Jean Syrota

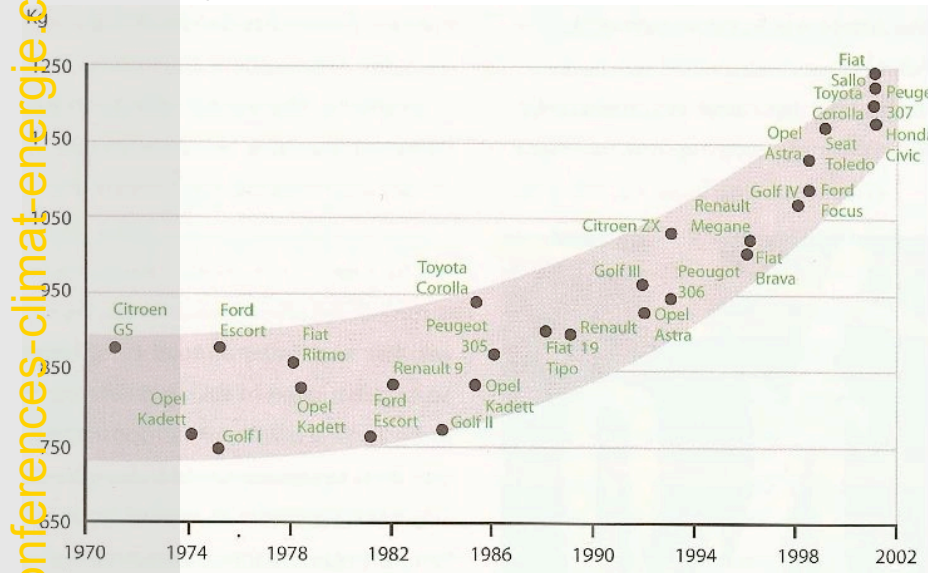
Source : CAS d'après données constructeurs



Source : CAS d'après bases de données ADEME

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

« Le toujours plus des 30 dernières années . . . »



Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller



EPFL AISEN 06, professeur Daniel Favrat



Améliorer l'efficacité énergétique des automotrices

En diminuant leur poids grâce aux matériaux composites.

En installant à bord des automotrices des systèmes de stockage de l'énergie récupérée au freinage et à la descente.

Mobilité urbaine et régionale avec des trams surbaissés ...



Sources : www.lyon.fr/vdl/sections/fr/transport et <http://alain.caraco.free.fr/blog/index.php?2006/05/24/75-trams>

... et mobilité interrégionale avec des rames ferroviaires (ici une automotrice diesel-électrique GTW de Stadler).



Sources : www.stadlerail.com

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Améliorer l'efficacité énergétique des automotrices

Le 16 avril 2007, les japonais ont mis en service sur la ligne Koumi une locomotive à motorisation hybride (diesel/électrique), la KiHa E200.

Caractéristiques : vitesse maxi 100 km/h, puissance 331 kW.

Réduction de 60% des émissions polluantes !



<http://www.youtube.com/watch?v=cRWLFOG2z0A&NR=1>



<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:JREast-kihaE200-1.jpg>

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Améliorer l'efficacité énergétique des camions

En utilisant une motorisation hybride.

Le Dutral Hybrid 6500 de Hino du groupe Toyota :



<http://ecologie.caradisiac.com/Hino-Dutral-Hybrid-6500-le-camion-vert-qui-roule-des-mecaniques-en-australie-502>



Volvo Trucks va livrer et mettre en circulation quatre véhicules hybrides de collecte d'ordures ménagères à Veolia Propreté, en France et au Royaume-Uni au cours de l'automne prochain.

Les quatre véhicules de collecte d'ordures ménagères sont tous construits sur la

base du Volvo FE, l'un des véhicules de gros tonnage de Volvo Trucks. La principale différence entre ces camions et les véhicules BOM (benne à ordures ménagères) classiques est la chaîne cinématique.

<http://www.enerzine.com/1036/6556+quatre-camions-poubelles-hybrides-pour-veolia-des-2009+.html>

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Améliorer l'efficacité énergétique des bus

- Le bus Proterra FCBE 35 a une structure en matériaux composites : diminution du poids jusqu'à 40% (environ 5 tonnes de diminution).



<http://www.greencarcongress.com/2009/05/proterra-20090505.html>

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Améliorer l'efficacité énergétique des voitures

- Améliorer l'efficacité énergétique dans la mobilité individuelle **en diminuant le poids des véhicules et en augmentant leur aérodynamisme !**



L'aptera, un projet californien : environ 1 litre au 100 km !
Poids environ 680 kg

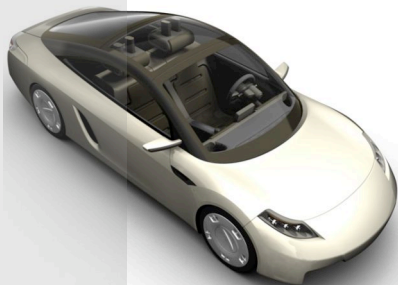
<http://www.aptera.com>

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Améliorer l'efficacité énergétique des voitures

- LOREMO est un projet allemand : amélioration de l'efficacité énergétique **en diminuant le poids du véhicule et en augmentant son aérodynamisme !**

Poids inférieur à 600 kg
Consommation : inférieur à 2 litres aux 100 km !
motorisation Turbo-Diesel
Vitesse de pointe : 160 km/h
Prix annoncé : inférieur à 15'000 €
Commercialisation prévue pour fin 2010



<http://evolution.loremo.com/content/view/13/47/lang,de/>

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Améliorer l'efficacité énergétique des voitures

Le prototype 1/X de Toyota : amélioration de l'efficacité énergétique en diminuant le poids du véhicule et en augmentant son aérodynamisme !



poids 420 kg avec motorisation hybride

Consommation : 2 litres aux 100 km !

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Les pistes à suivre pour une mobilité durable

- La diminution du poids et l'amélioration de l'aérodynamisme sont 2 voies prioritaire à suivre pour une mobilité durable ...
- Mais, il y a tout de même des limites en la matière :

Un record du monde: 0,19 dl/100km !

Avec l'équivalent en énergie d'un litre d'essence,

la PaC Car II de l'ETHZ a parcouru 5'385 km le 26 juin 2005 !!

Poids du véhicule : 30 kg !!

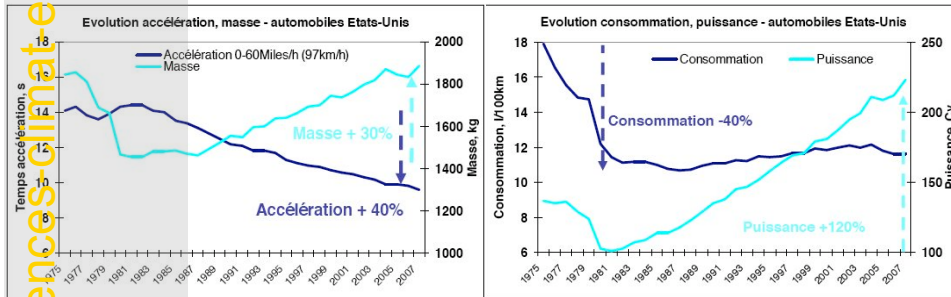


<http://www.paccar.ethz.ch/> et ETH Globe das Magazin der ETHZ Februar 07

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Il faudra donc faire le deuil du « toujours plus gros, toujours plus vite ! » . . .

Aux USA ces 30 dernières années, l'évolution de l'automobile a été vers du
« toujours plus grand, toujours plus lourd, toujours plus puissant pour accélérer
toujours plus ! »



Source : CAS à partir de données E.P.A., « Technology and fuel economy trends », 2006

Source: Rapport (28/9/08) "Perspectives concernant Le VÉHICULE grand public d'ici 2030", par Jean Syrota

En 2008 en Suisse, le poids moyen à vide des voitures neuves a diminué pour la
1^{ère} fois, pour atteindre 1473 kg.

Source : catalogue consommation 2009, téléchargeable à l'adresse
http://www.bfe.admin.ch/energie/index.html?lang=fr&print_style=yes

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Rouler avec des véhicules personnels électriques (et quand c'est possible produire l'électricité avec des énergies renouvelables)

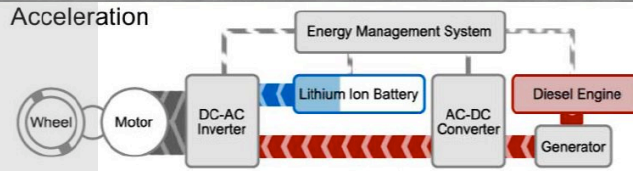
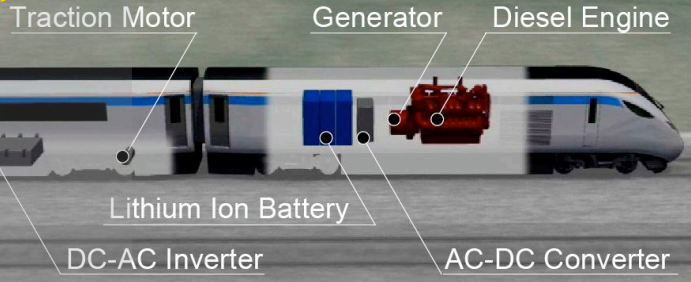
- Le projet de Suzuki :
« Sustainable Mobility »
- Pixy et SSC en version ville
(porte ouverte et fermée)
- et en version course et bateau



Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

L'hybridation va encore se développer

Hitachi Transportation System développe des trains à haute vitesse à motorisation hybride (pour des lignes non électrifiées) :



For further acceleration the Energy Management System will start the engine, and begins to blend the power to keep the engine operating efficiently.

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

<http://www.jbce.org/files/hitachipresentation.pdf>

Voler sans pétrole avec de l'hydrogène !

(et si possible produire l'hydrogène à partir des énergies renouvelables)

L'Antares DLR-H₂ est un avion - planeur qui est propulsé à l'électricité. Cette électricité est produite à bord par une pile à combustible à partir d'hydrogène (qu'il faudrait produire sans utiliser d'énergies fossiles !).

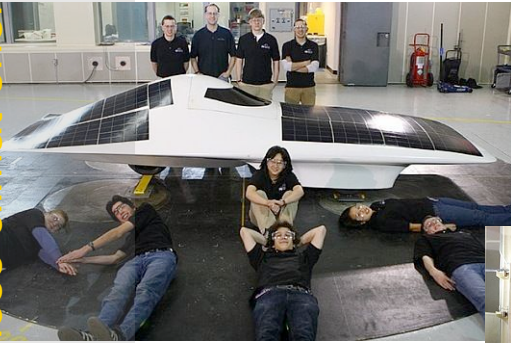


http://www.lange-aviation.com/htm/english/news/img_news_11_04_2008_2_xl.html

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Peut-être un jour rouler grâce à la lumière !

Les étudiants du MIT ont réalisé une voiture solaire (La Eleanor) pour participer en 2009 à la course des voitures solaires à travers l'Australie (World Solar Challenge) !



Surface de capteurs :
6 m²

Poids :
250 kg
Puissance :
1200 W

Vitesse maxi :
145 km/h



<http://www.natm.ca/automobile/une-voiture-de-course-solaire>

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Vol stationnaire sans pétrole : le dirigeable Néphélios

- Le projet français Sol'R :



©Copyright Paris 2007-2009 Association Projet Sol'R, tous droits réservés

Information publiée le 6/7/09 sur : <http://www.wired.com/autopia/2009/07/solar-blimp/>

<http://www.projetsolr.com/>

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Un rêve, voler grâce à la lumière : Solar Impulse !

L'avion Solar Impulse, un grand projet pour la promotion de l'énergie photovoltaïque.

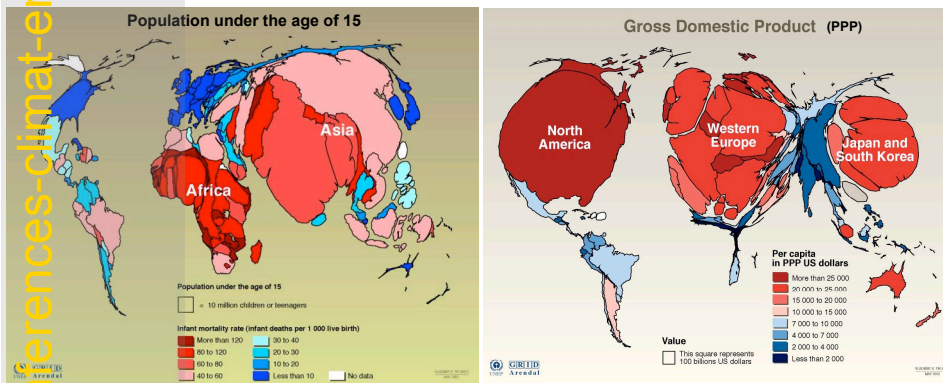


http://www.futura-sciences.com/fr/news/t/aeronautique-1/d/solar-impulse-lavion-solaire-de-bertrand-piccard-est-construit_19759/

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Mais le chemin vers une *mobilité durable* est encore long et les efforts à faire seront très importants

La transition vers une *mobilité durable* ne sera pas facile, car elle devra se faire dans un contexte où les énergies fossiles seront moins abondantes et les inégalités très importantes.



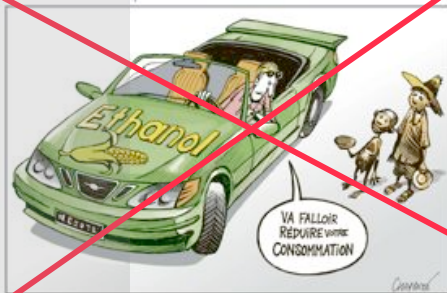
Conférence du 17 février 2009 de Jacques Frot, téléchargeable à l'adresse : <http://www.sauvonsleclimat.org/new/spip/spip.php?auteur5>

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller

Pour conclure ...

Si nous voulons
que tout reste comme avant,
il faut que tout change !

Giuseppe Tomasi di Lampedusa



Il nous faut donc changer
nos mentalités, nos
comportements et nos
habitudes de vie !

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller



« Soyez le changement que vous voudriez voir
advenir dans le monde », disait Gandhi.

Pour en savoir plus : conferences-climat-energie.ch

Conférence du 16 septembre 2009 à Epalinges, J.C. Keller