



Mobilité et Energie

Par

Christopher Thevenot & Yohan Collaud



Table des matières

1. Introduction.....	3
a) Privés et publics.....	3
b) Carburants et énergies actuels.....	4
2. Moteurs.....	5
2.1 Technologie Hybride.....	5
2.2 La voiture à hydrogène.....	7
2.3 La voiture électrique.....	8
3. Les Agrocarburants.....	9
4. Energie solaire.....	11
5. Conclusion.....	13
6. Internetographie.....	14

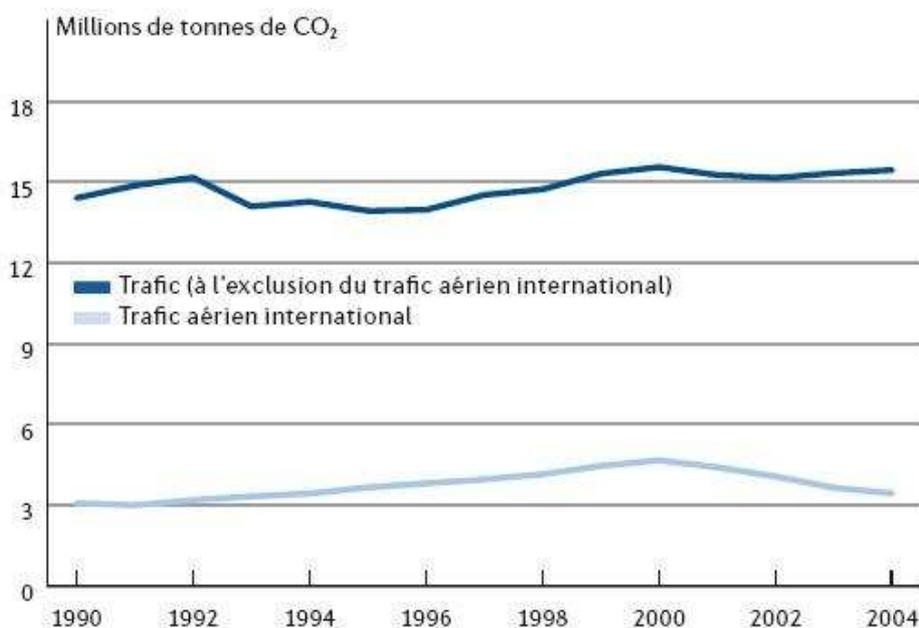
1. Introduction

En Suisse, le transport individuel motorisé a doublé depuis 1970 et le transport routier de marchandises triplé. 18 % des trajets sont effectués en transports publics dans le secteur du transport de personnes et 40 % par le rail dans celui du transport de marchandises.

Depuis 2000, les émissions de CO₂ (dioxyde de carbone) dues aux transports se sont stabilisées. En 2004 elles représentaient 34 % de l'ensemble des émissions de CO₂ en Suisse. Les émissions d'hydrocarbures, NO_x (oxydes d'azote) et PM10 (particules en suspension dans l'air, d'un diamètre inférieur à 10 micromètres) ont diminuées depuis 1985, mais elles doivent encore être réduites grâce notamment à de nouvelles technologies. Les transports, en particulier le trafic routier, constituent la principale source de bruit. Les coûts externes des transports sont estimés à 6,5 milliards de francs en 2003.

Privés et publics

En 2004, les émissions de CO₂ générées par le trafic ont atteint 15,4 millions de tonnes, ce qui correspond à 34 % des émissions totales de CO₂ et à 29 % des émissions de l'ensemble des gaz à effet de serre en Suisse. Après avoir augmentées de plus de 8 % entre 1990 et 2000, elles se sont globalement stabilisées. Près des trois quarts des émissions nationales de CO₂ générées par le trafic sont produites par les voitures de tourisme.



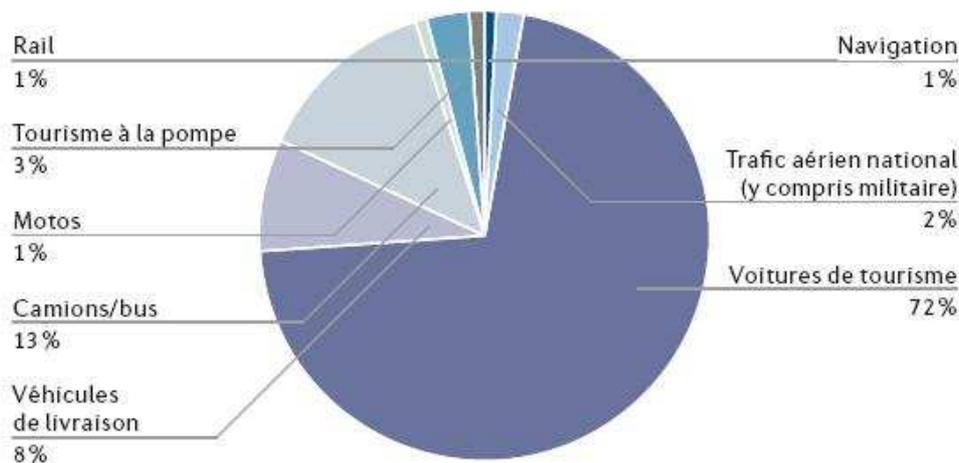
<http://www.bafu.admin.ch/umwelt>

Dans le secteur du transport individuel motorisé, l'amélioration technique des véhicules (moteurs à consommation réduite) a permis une diminution ininterrompue des émissions de CO₂ par personne-kilomètre, qui ont ainsi reculées de 12 % entre 1990 et 2004. Ce gain d'efficacité en termes de CO₂ a toutefois été atténué par

l'augmentation du volume des transports. Les émissions de CO₂ de l'ensemble des transports ont suivi l'évolution de l'économie : elles sont restées stables durant la phase de stagnation conjoncturelle de la première moitié des années 1990 et ont sensiblement augmenté lors de la reprise de l'économie entre 1995 et 2000. Depuis, la croissance économique a de nouveau ralenti, et, par conséquent, l'augmentation des émissions aussi.

On peut par contre remarquer que la plus forte quantité d'émission est causée par les voitures de tourisme. Elles représentent les trois quart des émissions nationale suisse. Bien que la recherche de nouveaux carburants et énergies vertes se poursuit les émissions restent très élevées pour l'instant et aucune vraie solution n'a encore été mise en place.

Origine des émissions en 2004
à l'exclusion du trafic aérien international



<http://www.bfs.admin.ch>

Carburants et énergies actuels

L'essentiel du trafic routier actuel circule à l'essence ou au diesel bien que d'autres carburants certes plus écologiques restent dans l'ombre. On va ainsi éclaircir les divers aspects qui séparent ces deux carburants ainsi que leurs divers inconvénients en terme de pollution.

Tout d'abord l'essence dégage du CO₂ dans l'atmosphère. Les brusques changements de régime (de vitesses) accentuent le phénomène. Les accélérations en ville, notamment. Le moteur diesel, lui, rejette moins de CO₂ (- 25%) dans l'atmosphère, de part ses meilleurs rendements énergétiques, mais il reste tout de même dans des taux très élevés.

Par contre l'essence est moins polluante dans le domaine des NO_x. Les pots catalytiques ont réduit le problème, mais il reste tout de même des rejets. Ce n'est pas tout à fait le cas pour les diesels étant donné que 50% des NO_x sont dus aux moteurs diesels (dont les utilitaires et les camions), les 50 autres % étant dus au chauffage urbain.

Pour ce qui concerne le rejet de particules (PM10 notamment), les pots catalytiques des moteurs à essence ont réduit depuis 1993 la pollution dans ce domaine et ainsi l'essence reste moins polluante que le diesel, qui est montré du doigt, surtout pour les très fines particules qu'il dégage, celles qui sont les plus dangereuses pour la santé.

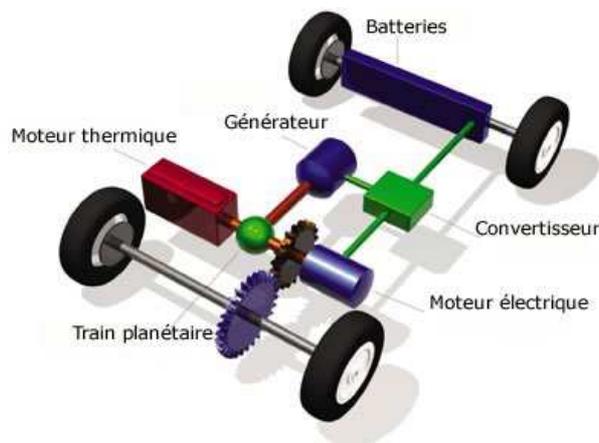
Ces trois grands types de pollution ont cependant des conséquences bien distinctes. Le gaz carbonique est responsable de l'effet de serre, ce qui contribue au réchauffement de la planète. Les NO_x contribuent par contre à modifier la qualité de l'air, surtout par temps chaud. Ils sont à l'origine des difficultés respiratoires et des allergies. Les particules sont, elles, désastreuses pour toutes les insuffisances respiratoires. Il se peut même qu'elles soient cancérogènes.

2. Moteurs

2.1 Technologie Hybride

La technologie hybride est « l'utilisation intelligente » du moteur la plus développée, derrière le Diesel. Son principe est simple, associer deux moteurs différents pour optimiser leur rendement et obtenir une conduite écologiquement plus responsable.

La plupart du temps, hybride signifie qu'on a associé un moteur thermique à un moteur électrique. Toutefois l'utilisation d'une pile à combustible dans un véhicule entraîne également son association avec un dispositif de stockage électrique réversible (supercondensateur ou batterie d'accumulateurs), réalisant ainsi une architecture hybride électrochimique/électrique au lieu d'une architecture hybride thermique/électrique.



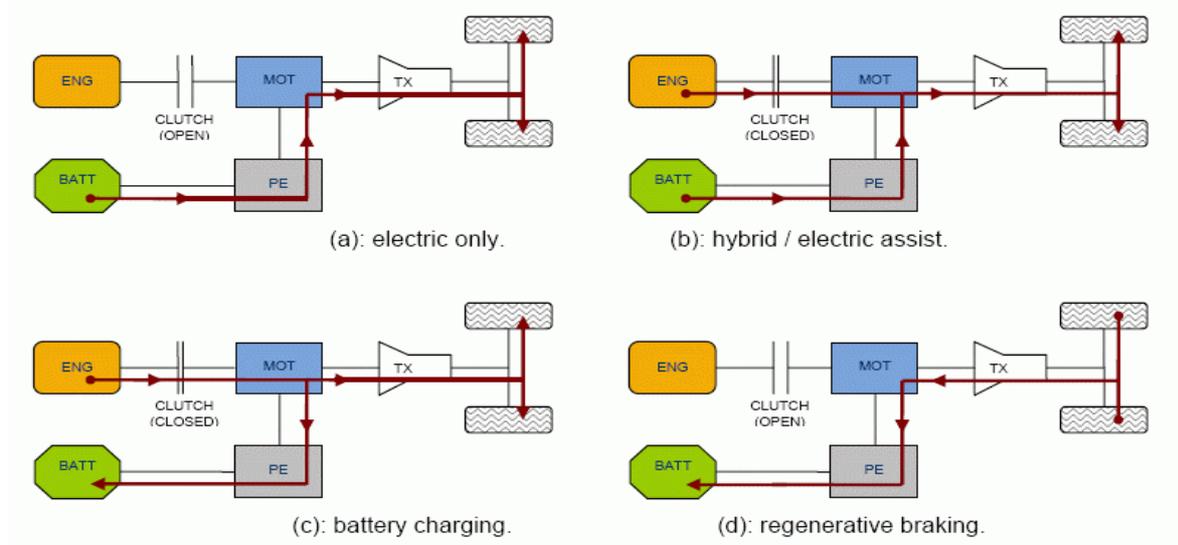
[http:// www.goudie.biz/toyota-prius-hybride](http://www.goudie.biz/toyota-prius-hybride)

Le principe général consiste à faire fonctionner soit le moteur électrique, soit le moteur thermique, soit les deux en même temps selon les modèles.

Fonctionnement :

- Lors des phases stationnaires (où le véhicule est immobile), les deux moteurs sont à l'arrêt ;
- Au démarrage, c'est le moteur électrique qui assure la mise en mouvement de la voiture, jusqu'à des vitesses plus élevées (25 ou 30 km/h);
- Lorsque des vitesses plus élevées sont atteintes, le moteur thermique prend le relais ;
- En cas de grande accélération, on observe la mise en marche des deux moteurs à la fois, qui permet d'avoir des accélérations équivalentes au moteur de même puissance, voire supérieures ;
- En phase de décélération et de freinage, l'énergie cinétique est en partie utilisée pour recharger les batteries.

Étant donné les trois types de fonctionnement différents, le choix du régime est en général confié à l'ordinateur de bord. Toutefois, la transformation de l'énergie cinétique en énergie électrique lors des phases de freinage n'est pas disponible sur tous les véhicules hybrides ; l'achat des engins ne disposant pas de cette fonction est donc moins rentable que celui de leurs concurrents par rapport aux automobiles classiques !!



http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hybrid_modes.gif

Sans aller dans le détail des différentes technologies hybrides (transmission microhybride, semi-hybride, tout hybride,...), voici leurs avantages et inconvénients.

Tout d'abord, les quantités de substances nocives émises par une voiture hybride sont nettement inférieures à celles des véhicules à motorisation traditionnelle. Selon des études de l'EPFZ et de l'université technique de Darmstadt, la réduction des émissions de CO₂ des hybrides varient de 30% à 50%. Les rejets de NOx, de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrocarbures (HC) sont également inférieurs à ceux d'un unique moteur à combustion.

La consommation est aussi fortement réduite. En ville ou sur les routes jusqu'à 120 km/h (limite de vitesse maximale sur les tronçons autoroutiers suisses !), elle est inférieure de 29% à 40% et sa puissance n'en est pas diminuée pour autant.

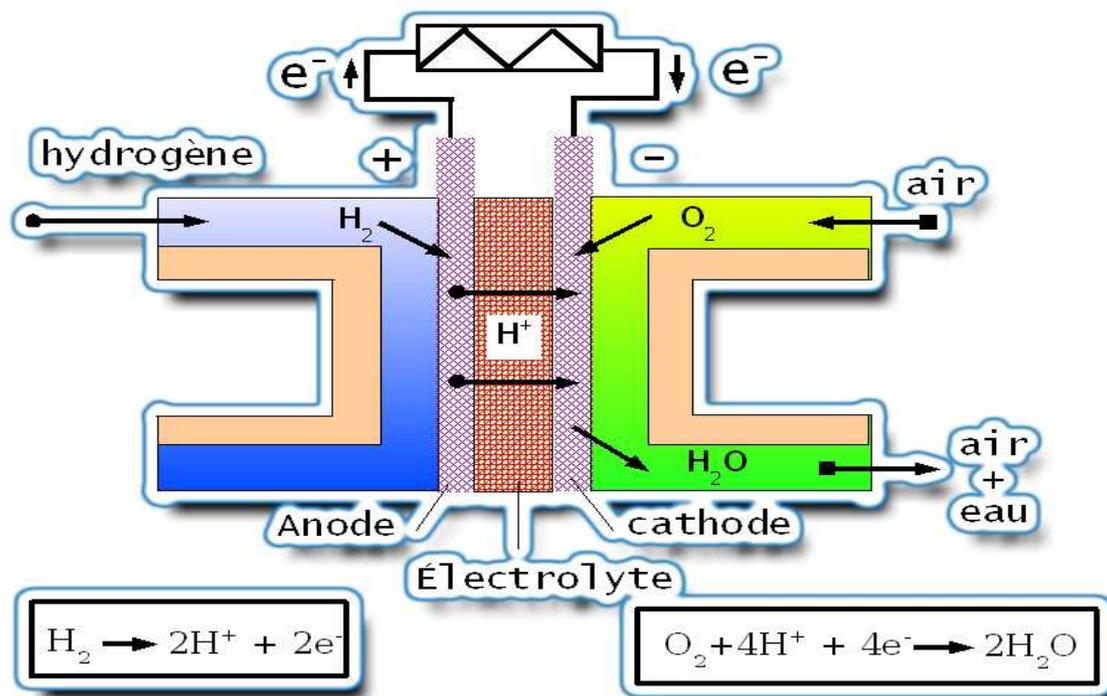
Notons encore le silence quasi-absolu lorsque le moteur électrique fonctionne seul et pour finir, le crédit d'impôt accordé en France par exemple pour l'achat d'un véhicule hybride.

Pour ce qui est des inconvénients, on constatera tout d'abord les prix encore très / trop élevés de ces véhicules (Comptez 40'000.- pour une toyota prius 5 places sans option). Ceci étant essentiellement dû à la recherche et au développement.

Citons également les difficultés à se fournir en lithium pour les batteries de type Ion-Lithium en cas de grande consommation de ces automobiles et pour conclure les problèmes rencontrés lors du recyclage des batteries.

2.2 La voiture à hydrogène

Une voiture à hydrogène, est une voiture qui fonctionne avec une pile à combustibles. Le principe de fonctionnement d'une pile à combustible est le principe inverse de l'électrolyse de l'eau. Ainsi, là où l'électrolyse de l'eau la dissocie en ses éléments constitutifs : hydrogène et oxygène, la pile à combustible les réunit électrochimiquement pour produire de l'électricité, rejetant ainsi de l'eau (ou plutôt de la vapeur d'eau, car la plupart des piles à combustibles fonctionnent à une température d'environ 80°), et sans la moindre émission polluante si l'hydrogène employé est pur.



<http://energ.free.fr/>

La voiture à hydrogène possède alors plusieurs avantages. Le premier est que la pile à combustibles n'émet aucun gaz d'échappements et il n'y a ainsi pas d'émissions toxiques. Il n'y a pas de combustion dans le moteur et ainsi il n'y a rien qui brûle pour produire des NO_x, ou tout autre élément toxique. De plus, contrairement aux voitures électriques, la pile à combustibles possède une autonomie garantie de 500 km, qui est une performance encore hors d'atteinte pour les batteries.

Mais les voitures à hydrogène ont de sérieux désavantages. Le premier désavantage qui n'est pas de moindre importance, est le prix. Tous les éléments de la pile à combustibles coûtent chers. Du coup, les quelques mille véhicules à hydrogène qui roulent actuellement valent chacun plusieurs centaines de milliers de francs. Un autre point négatif de l'hydrogène est qu'il n'existe pas dans la nature à l'état libre : il faut le produire, ce qui pèse sur le rendement CO₂ de la filière. En théorie le rendement de la voiture à pile à combustibles équivaut à celui de la voiture à batterie (50-60%), deux fois meilleur que celui de la voiture thermique (25-30%). Sauf que l'hydrogène

est alors tiré du méthane (CH₄, gaz naturel), une ressource fossile. La seule autre filière est celle de l'électrolyse de l'eau, mais elle consomme de l'électricité et le rendement de la pile à combustible devient alors pire que celui du moteur thermique. De plus l'hydrogène est un gaz inflammable et détonnant, ce qui rend son utilisation dangereuse et rend ainsi la fabrication de la voiture encore plus complexe et donc plus coûteuse.

2.3 La voiture électrique

L'idée du moteur électrique est de jouer sur les forces d'attraction et de répulsion entre un aimant permanent et un électroaimant alimenté par intermittence pour faire tourner un axe. Un véhicule électrique est un véhicule dont la propulsion est assurée par un moteur fonctionnant exclusivement à l'énergie électrique, à la différence des véhicules hybrides, disposant fréquemment de deux moteurs dont un électrique. Les voitures électriques fonctionnant avec des batteries d'accumulateur ont besoin d'un réseau électrique proche afin d'assurer la charge de celles-ci. La problématique de la pollution de cette production d'énergie électrique est donc directement liée aux différentes énergies primaires utilisées pour créer l'électricité de ce réseau.

La voiture électrique avait comme principal problème le stockage de l'électricité : une série de batteries au plomb avaient tôt fait de remplir le coffre et d'alourdir la voiture, tout ça pour une capacité de stockage très faible. Depuis quelques temps sont arrivées les batteries au lithium, qui ont pour avantage un poids moindre, une capacité près de quatre fois supérieure et un temps de recharge bien moindre. On peut estimer à l'heure actuelle que le poids total batteries/moteur électrique serait équivalent au poids d'un moteur thermique, essence comprise.



<http://www.bioecolo.info>

Le principal inconvénient reste l'autonomie de ces batteries, qui est un réel défi pour les scientifiques. L'autonomie de la voiture électrique dépend de la densité

énergétique. Et il reste alors très difficile de produire une densité énergétique suffisante pour rendre la voiture électrique assez attractive.

Les principaux avantages de l'électrique sont par contre le rendement, les émissions et la disponibilité. Le rendement c'est-à-dire la quantité investie restituée en énergie mécanique est de l'ordre de 90% contre ~26% pour un moteur à essence et ~34% au diesel. La voiture électrique ne produit aussi qu'une très faible quantité d'émissions à l'utilisation, qu'il faut encore comparer avec l'origine de l'électricité et des émissions en découlant. Mais l'électrique reste très convaincant en termes d'émissions face aux moteurs à essence et diesels.

3. Les Agrocarburants

Un agrocarburant (ou biocarburant) est un carburant produit à partir de matériaux organiques renouvelables et non-fossiles. Cette production peut se faire à partir d'un ensemble de techniques variées : production d'huile (biodiesel), d'alcool par fermentation alcoolique de sucres ou d'amidon hydrolysé (éthanol), carburants gazeux obtenus à partir de biomasse végétale ou animale (biogaz), ou carburants solides comme le charbon de bois.

Il faut également savoir qu'il existe deux types d'agrocarburants :

- ceux de première génération autrement dit à partir de cultures agricoles
- ceux de deuxième génération ce qui signifie qu'ils viennent de cultures énergétiques

Pour utiliser les agrocarburants dans les moteurs, deux approches sont possibles :

Soit on cherche à adapter l'agrocarburant (par transformation chimique pour obtenir du biodiesel par exemple) à des moteurs conçus pour fonctionner avec des dérivés du pétrole ; c'est la stratégie actuellement dominante mais elle n'a pas le meilleur bilan énergétique ni environnemental. Soit on cherche à adapter le moteur aux agrocarburants naturels, non transformés chimiquement. Plusieurs sociétés se sont spécialisées dans ces adaptations. La substitution peut être totale ou partielle. Le moteur Elsbett fonctionne par exemple entièrement à l'huile végétale pure. Cette stratégie permet une production locale et plus décentralisée des carburants.

Arrivé au stade des avantages et inconvénients, il est important de préciser que les agrocarburants ne sont pas une nouvelle technologie comme les moteurs hybrides ou encore électriques. En effet, pour ne citer qu'un modèle, la fameuse Ford T produite au début du XX^{ème} siècle se déplaçait déjà à l'éthanol. On comprend donc facilement que la faible croissance de cette industrie n'est pas due à la technologie étant donné les énormes progrès réalisés en un siècle contrairement à la croissance des parts du marché des agrocarburants.

Abordons maintenant ses différents problèmes et commençons par celui de l'éthique. La majeure partie des agrocarburants produits à ce jour sont de première génération. Autrement dit, on utilise des champs de cannes à sucre, de maïs ou encore de légumes pour produire ce dont on a besoin pour ce « type d'essence ». Dès lors apparaît le problème de la concurrence avec les cultures alimentaires et de l'impact sur la biodiversité. Dans un monde où près de 900 millions de personnes souffrent de la famine (sources FAO), il est plutôt mal vu de réduire encore plus l'aire des terres cultivées surtout qu'en plus de diminuer la production, ceci participe fortement à la hausse des prix du marché.

Toujours dans le chapitre écologique, les exploitations de deuxième génération favorisent fortement la déforestation. Une alternative substituant les algues au bois est en cours de développement mais avec un litre de carburant estimé à 15.-, cette solution est hors compétition. Citons encore l'utilisation quasi-inévitable d'OGM pour la production de ce carburant ainsi que tous les engrais chimiques polluant le sol et l'air.

Pourtant, une étude de David Pimentel et Tad Patzek (http://journeytoforever.org/ethanol_energy.html / <http://snipurl.com/g33b>) estime que l'énergie grise dépasserait de 27% à 118% l'énergie produite, mais cet écrit est fortement discuté par la communauté scientifique. Reste que ces deux hommes ont lancé un doute.

Parlons maintenant des rendements. Les résultats actuellement observés restent la cause principale du maintien de la production de ce carburant. Ils présentent en effet de biens meilleurs résultats que l'essence pour certaines filières.

Économie énergétique et Indicateur d'émission de GES

dans l'hypothèse où les coproduits sont efficacement valorisés en alimentation animale.

IES= Indicateur effet de serre; EE=Efficacité énergétique

Essence classique 102	Éthanol de blé	Éthanol de maïs	Éthanol de betteraves	ETBE	Ester méthylique d'huile de colza (EMHV)	Huile brute de colza
<ul style="list-style-type: none"> ■ EE = 0,87 ■ IES= 85,9 g éq CO₂/MJ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ EE = 1,35 ■ IES environ 47 g éq CO₂/MJ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ EE = 0,98 ■ IES environ 65 g éq CO₂/MJ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ EE = 1,25 ■ IES environ 59 g éq CO₂/MJ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ EE = 0,93 ■ IES de 75,2 g éq CO₂/MJ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ EE = 2,23 ■ IES environ 25,8 g éq CO₂/MJ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ EE =3,80 ■ IES de 4 à 10,5 g éq CO₂/MJ contre 79,3 pour le gazole
IES comparé à l'essence ordinaire :	55 %	76 %	69 %	88 %	33 %	9 %

Economie énergétique et Indicateur d'émission de GES

sans la valorisation des coproduits

IES= Indicateur effet de serre; EE=Efficacité énergétique

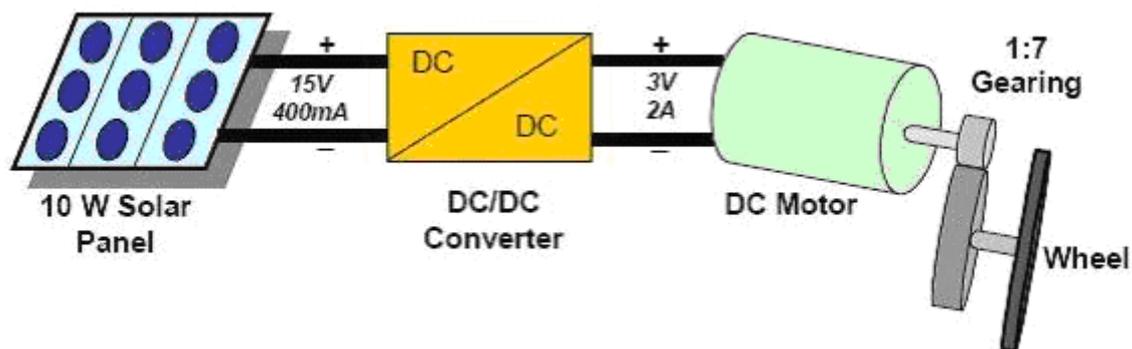
	Éthanol de blé	Éthanol de betteraves	Ester méthylique d'huile de colza (EMHV)	Huile brute de colza
	<ul style="list-style-type: none"> ■ EE = 1,06 ■ IES 79,1 à 97,2 g éq CO₂/MJ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ EE = 1,14 ■ IES 67,0 à 76,6 g éq CO₂/MJ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ EE = 1,66 ■ 49,6 à 63,2 g éq CO₂/MJ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ EE = 1,88 ■ IES 51,2 à 69,8 g éq CO₂/MJ contre 79,3 pour le gazole
IES comparé à l'essence ordinaire :	98 %	83 %	71 %	76 %

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Biocarburant>

En résumé on dira que les rendements présentés par les agrocarburants poussent à continuer la recherche dans ce domaine mais le nombre d'inconvénients liés à leur production restent bien trop importants pour que celle-ci puisse prétendre à remplacer les énergies fossiles un jour.

4. Energie solaire

Le sujet des voitures solaires reste pour l'instant très mince. Le principe est d'utiliser le rayonnement solaire à l'aide de panneau à cellules photovoltaïques installés sur toute la carrosserie et de transformer ce rayonnement en énergie électrique pour faire tourner un moteur et ainsi faire avancer le véhicule.



http://www.dimec.unisa.it/Leonardo_New/fr/solar_cars.php

Malheureusement l'utilisation de cette énergie est une solution encore très difficile à mettre en place aux vues de ses nombreux inconvénients. Tout d'abord, les panneaux solaires utilisés coûtent extrêmement cher et nécessitent une longue exposition quotidienne au Soleil. Dès lors que faire lorsqu'il fait nuit ou que le temps reste nuageux. Ainsi donc la voiture n'est pas vraiment autonome. Ensuite, les panneaux sont très fragiles et verraient leur rendement fortement affaibli en cas de légère dépravation.

Plus qu'un simple problème de panneau, la voiture se doit également d'être allégée au maximum et d'avoir un aérodynamisme à la pointe de la technologie. Mais comment respecter les normes de sécurité en vigueur lorsque la voiture ne doit pas dépasser les 300 kg. Ne parlons même pas de la place d'une telle voiture ne pouvant transporter qu'une personne et sans bagage. Malgré tout, le principal désavantage reste le prix. En effet, la recherche des meilleurs rendements possibles pousse à utiliser des matériaux high-tech impliquant un prix également élevé. C'est pourquoi la propreté absolue de cette voiture (excepté l'énergie grise) ne suffit pas à permettre un lancement sur le marché. Certes quelques firmes proposent des voitures solaires mais l'autonomie qu'elles présentent ne permet pas de les considérer comme de vraies voitures de tous les jours pouvant concurrencer celles avec des moteurs à combustion.

Pour exemple, la Venturi Eclectic du constructeur Venturi. La fiche du véhicule nous apprend ceci :

Autonomie allant jusqu'à 50 km pour une vitesse de 50 km/h.

- La production solaire (2.5 m² de cellules photovoltaïques) en une journée d'exposition permet de parcourir 7 km, à une vitesse maximale de 50 km/h.

- La production de une ou plusieurs éoliennes fixées sur le toit pendant le stationnement (en option) en une journée de bon vent permet de parcourir 15 km.
- La recharge intégrale du véhicule (sur le secteur) prend 5 heures et permet de parcourir 50 km.



<http://www.venturi.fr/Eclectic>

Il est sur que ces résultats n'osent aucune comparaison avec des moteurs à combustion mais malgré tout, l'homme rêve toujours de sa voiture solaire roulant sans émettre d'émissions nocives, et c'est pourquoi de nombreuses universités et autres équipes de part le monde travaillent sur différents prototypes comme la voiture solaire Nuna ou encore le solartaxi qui a pour sa part déjà réalisé un tour du monde sans une goutte de carburant.



<http://www.periodieksysteem.com/elem>



<http://www.lexpress.to/archives/2877>

5. Conclusion

Au vu de tout ce que nous avons pu apprendre sur les différentes solutions substituables à l'utilisation du pétrole, nous avons pu constater que les progrès sont là mais encore bien trop timides pour qu'une de ces technologies puisse remplacer les énergies fossiles. Le maintien des efforts de recherche est donc indispensable pour atteindre le but fixé : des transports 100% propres.

Sur un plan personnel, nous accordons tout deux notre préférence au développement de la technologie hybride qui nous semble la plus à même de freiner la consommation de pétrole dans les années à venir, en attendant une véritable révolution technologique pour les autres solutions.

6. Internetographie

<http://fr.wikipedia.org/wiki/%25s>

http://www.ecosources.info/dossiers/Voiture_solaire

<http://www.bfs.admin.ch/>

<http://fr.toyota.ch>

<http://www.plateforme-biocarburants.ch/accueil/index.php>

<http://automobile-magazine.fr/>