

Essai de perspectives energetiques

Jean Laherrere ASPO (Association for the Study of Peak Oil & gas) & ASPO France

jean.laherrere@nordnet.fr

pas d'accent par crainte de deformation possible avec certains logiciels

-1-Petrole-Petrole =mineral, different *oil* = tout liquide qui brule, notamment vegetal (olive oil)**Publier une donnee est un acte politique et depend de l'image que l'auteur veut donner.**

Tout ce qui est publie est politique (OPEC qui triche sur les quotas)) ou financier (regles SEC = seulement prouve)).

Tout ce qui est technique est confidentiel (sauf UK, Norvege et US federal)

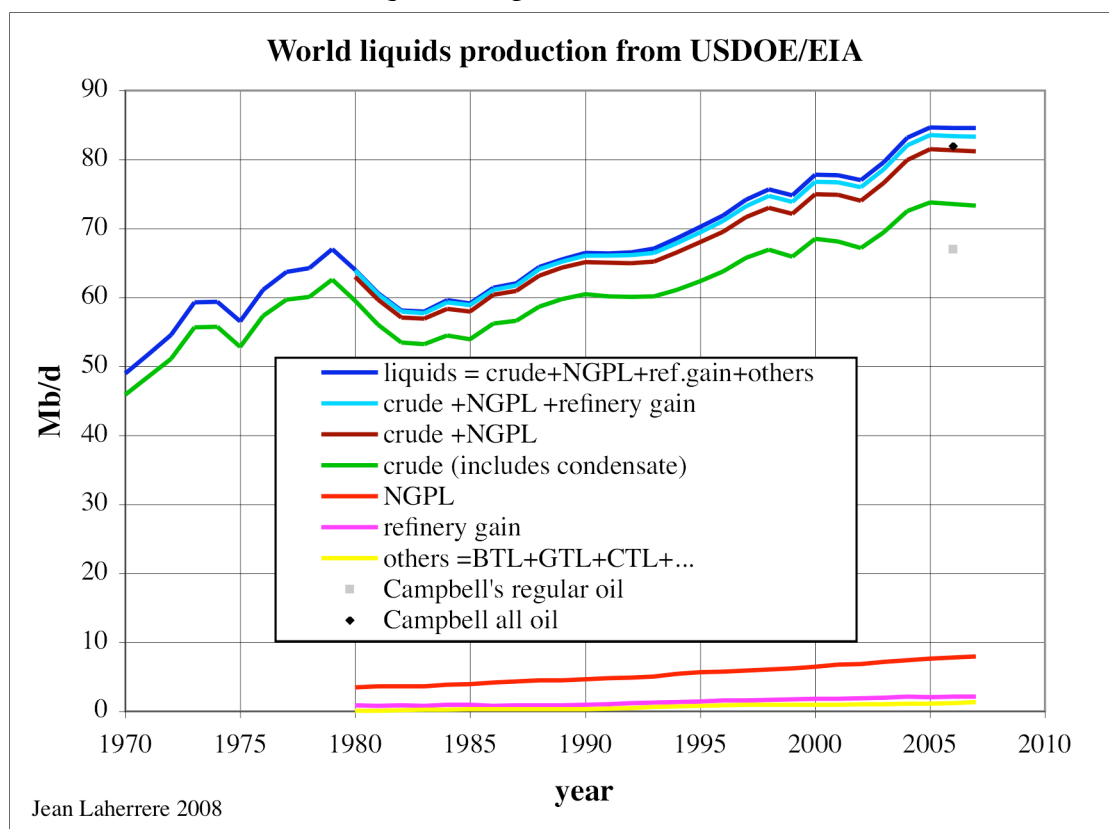
L'ambiguite est recherchee et les definitions ne sont jamais fournies exactement, ni les valeurs de reference

Pour 2006 la production d'huile va de 67 Mb/d pour le regular oil de Campbell, 71 Mb/d pour le brut moins extra-lourd, 73 Mb/d brut, a 85 Mb/d pour tous liquides (= oil demand) incluant liquides de gaz naturel, petroles extra-lourds, huiles synthetiques, biocarburants, liquides de charbon et gains de raffinerie (en volume)

World oil production for 2007	definition	Mb/d
OGJ Oil & Gas Journal	oil	72,361
WO World Oil magazine	crude/condensate	74,515 796
BP Statistical Review	liquids (excl BTL. CTL)	81,532 910 152 325 8
USDoE (Depart of Energy)/EIA	crude oil	73,573 844 712 166 8
	all liquids	84,597 461 4
IEA International Energy Agency	oil	85,4

Publier une donnee avec plus de 2 chiffres significatifs pour l'energie montre que l'auteur est incompetent sur le sujet, ignorant les incertitudes et le calcul d'erreur

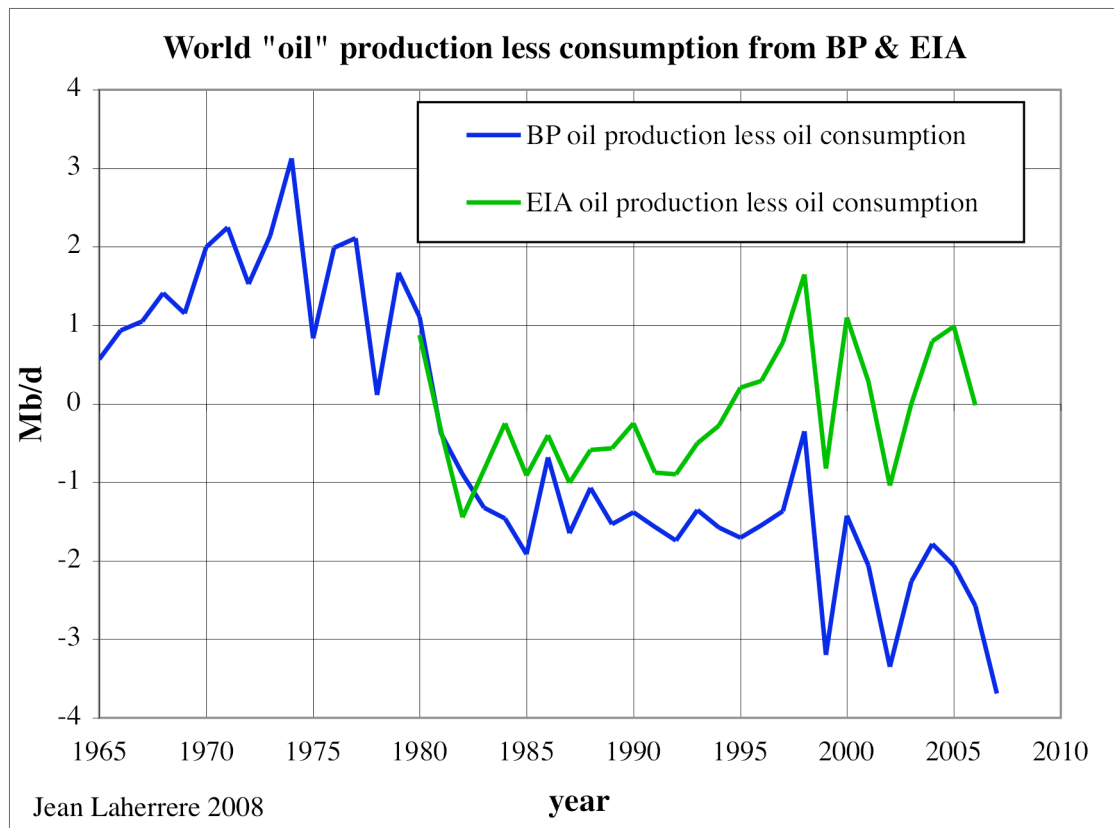
Figure 1: Production mondiale de liquides d'apres USDOE/EIA



Colin Campbell, fondateur d'ASPO, a remplacé *conventional oil* par *regular oil*, excluant arctique, offshore profond (>500m) et pétrole lourd (<17,5°API), mais, dans *all oil*, il ne met ni les gains de raffinerie, ni les pétroles synthétiques (XTL = GTL, CTL, BTL, STL)

Pour BP Statistical review "oil production" n'est pas le même que "oil consumption"

Figure 2: "oil" production moins "oil consumption" pour BP et EIA



Les économistes qui se basent sur les données politiques de BP sur les réserves qui croissent devraient s'étonner de voir la production être bien inférieure à la consommation?

La plupart des données pétrolières publiques sont **manipulées financièrement** (règles périmées SEC) ou **politiquement** (bagarre entre les membres OPEP sur les quotas)

Il y a plusieurs définitions pour les réserves

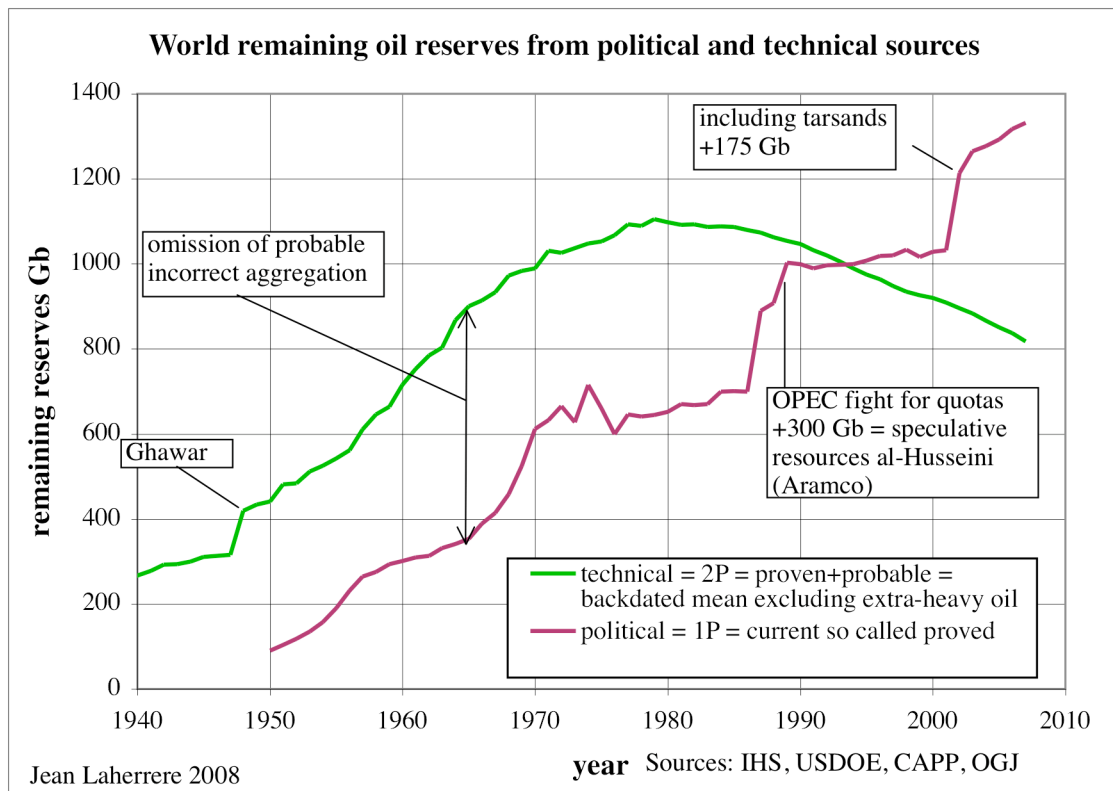
-**US**: règles SEC: seulement réserves prouvées auditées = minimum ? = 1P (doivent changer en 2009)

-**OPEP**: réserves prouvées non auditées, base des quotas = essentiellement politiques, changent peu

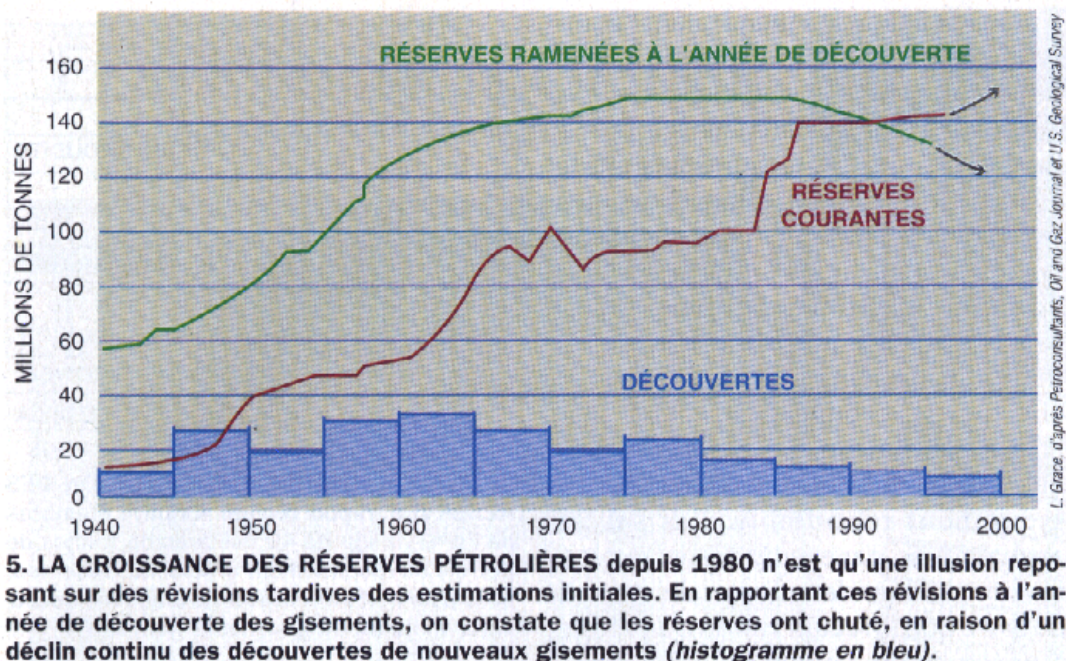
-**ex-URSS**: classification ABC1 = récupération maximum = prouvé+probable+possible = 3P

-**reste du monde**: prouvé+probable = 2P = valeur espérée

Figure 3: réserves mondiales restantes de pétrole d'après les **données politiques (publiques) et techniques (confidentielles)**



Il faut comparer ce graphique en 2007 avec celui que j'ai tracé en mars 1998 dans Scientific American **"The end of cheap oil"** (article qui a conduit à la création par Colin Campbell d'ASPO "Association for the Study of Peak Oil and gas") et en mai 1998 dans Pour la Science Figure 4: meme graphique en 1998 Pour la Science Campbell and Laherrere **"La fin du petrole bon marche"**



Les économistes, qui n'ont que les données politiques, **raisonnent sur des données fausses!**

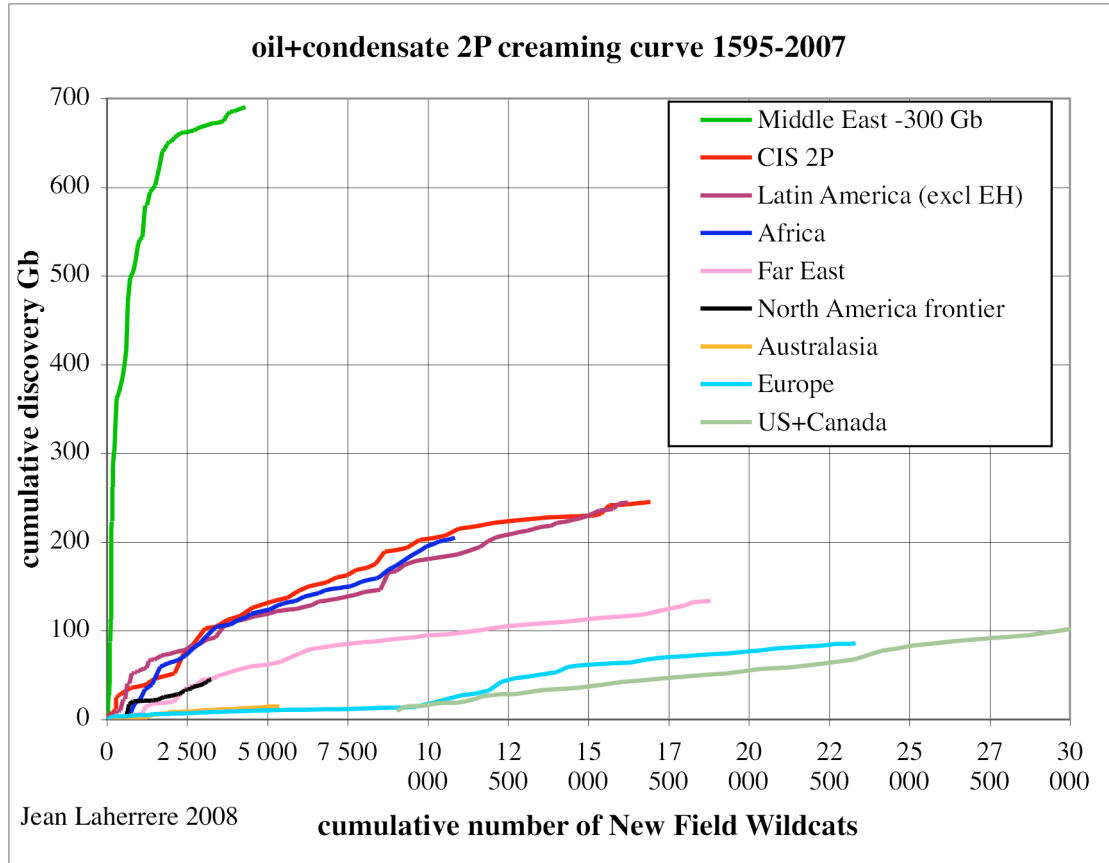
Il ne faut pas confondre réserves politiques et réserves techniques

Il ne faut pas confondre réserves (ce qui sera produit) et ressources (ce qui se trouve dans le sous-sol).

Il ne faut pas confondre reserves ultimes (production passe + future production jusqu'a epuisement) et reserves restantes a une certain date

L'extrapolation des courbes d'ecremage (decouvertes cumulees en fonction du nombre cumule de puits d'exploration pure (NFW) permet d'obtenir les reserves ultimes par continent et donc pour le monde.

Figure 5: courbes d'ecremage pour le brut –EL + condensat



La courbe des decouvertes cumulees en fonction du temps peut aussi etre modélisée avec plusieurs courbes en S pour un ultime de 2000 Gb pour le brut –EL. Le “a decouvrir” (YET) est de l'ordre de 200 Gb soit l'imprecision sur l'ultime.

Les dernieres decouvertes bresiliennes se logent sans probleme a l'interieur de ces 200 Gb.

Figure 6: decouverte et production mondiale cumulees de brut –EL avec prevision pour ultimate de 2 Tb

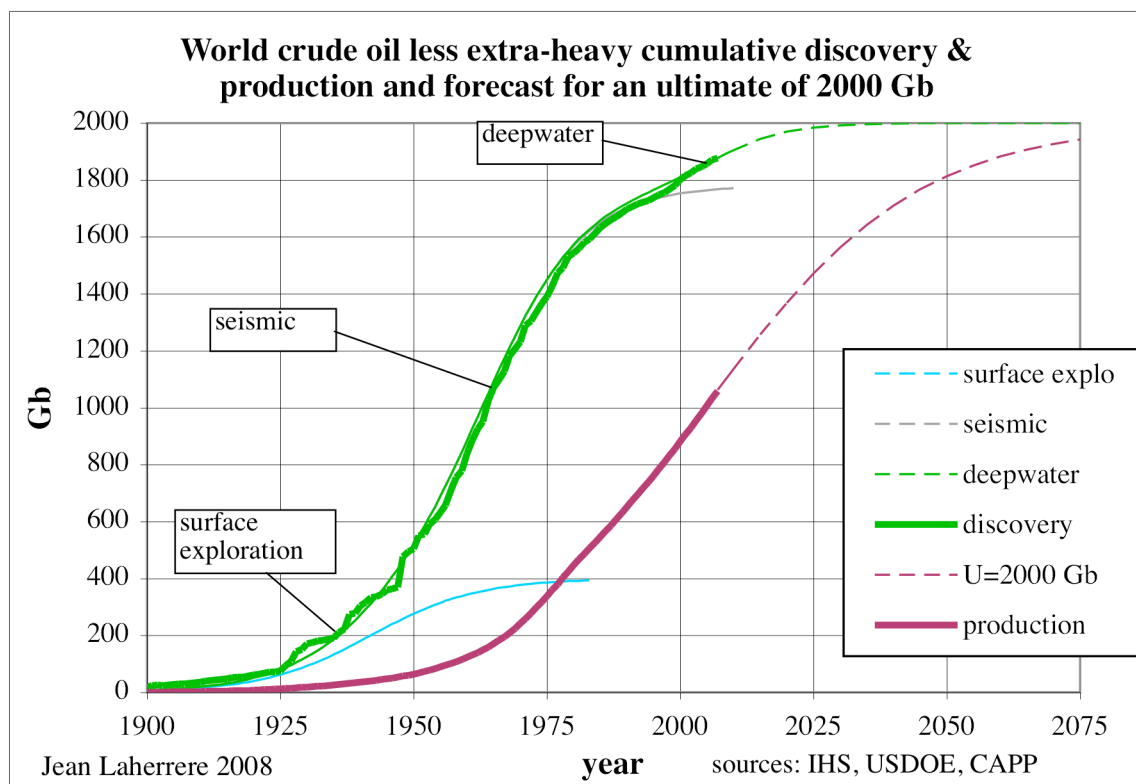
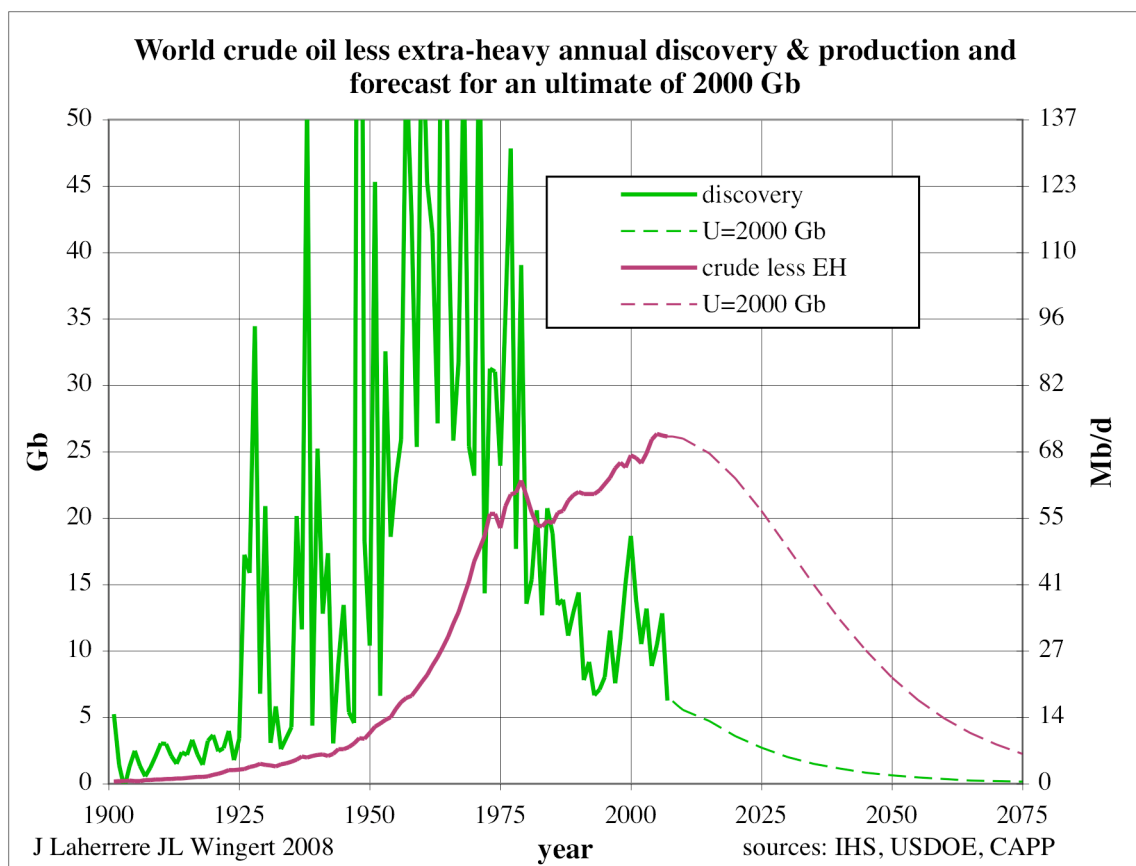


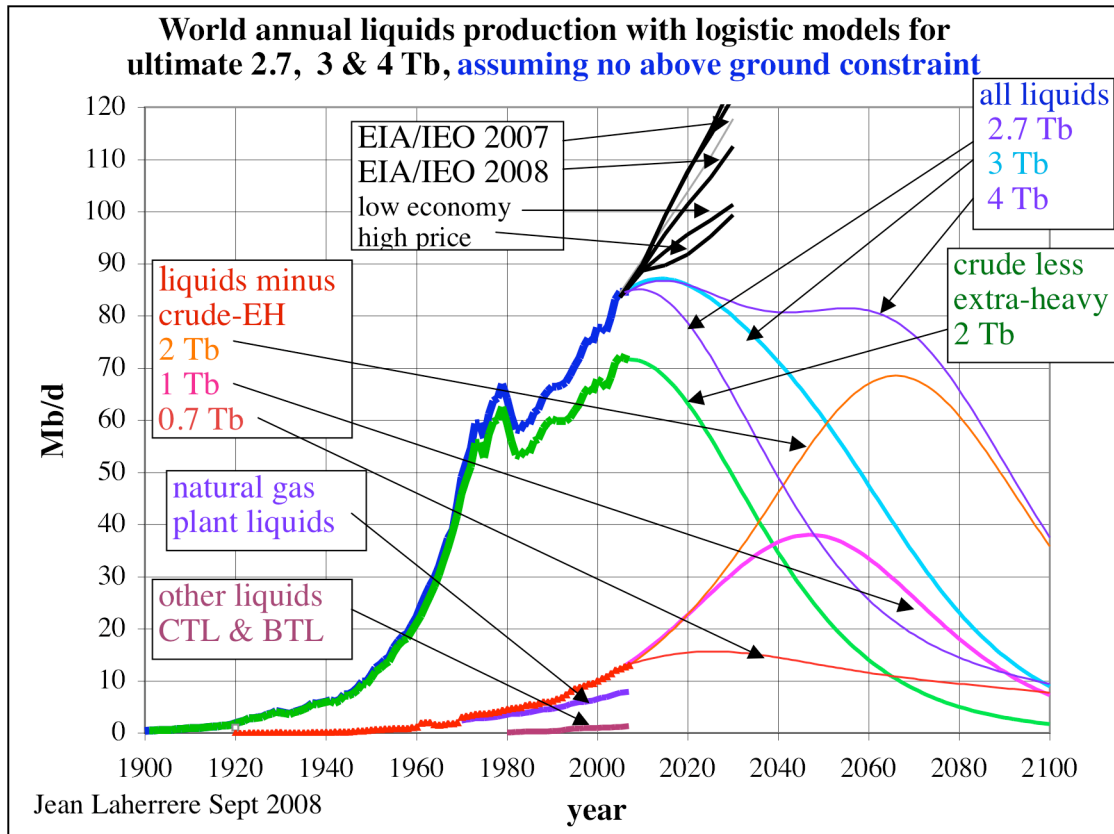
Figure 7: decouverte et production mondiale annuelles de brut –EL avec prevision pour ultime de 2 Tb



Pour satisfaire la “oil demand” qui inclut tous les liquides avec des XTL (n’importe quoi transforme en liquides) comme GTL (gas-to-liquid), CTL (coal-to-liquid) et BTL (biomass-to-liquid),.

Nous estimons l'ultime liquides le plus probable a 3 Tb etant la somme de brut moins EL= 2000 Gb; extra-lourd (EL) = 500 Gb; liquides de gaz naturel et GTL = 250 Gb; synthétique (BTL, CTL) et gain de raffinerie =250 Gb

Figure 8: production annuelle mondiale de liquides pour un ultime de 2,7, 3 & 4 Tb avec l'hypothese *pas de contrainte au dessus du sol* avec les 5 scenarios USDOE/EAI 2008



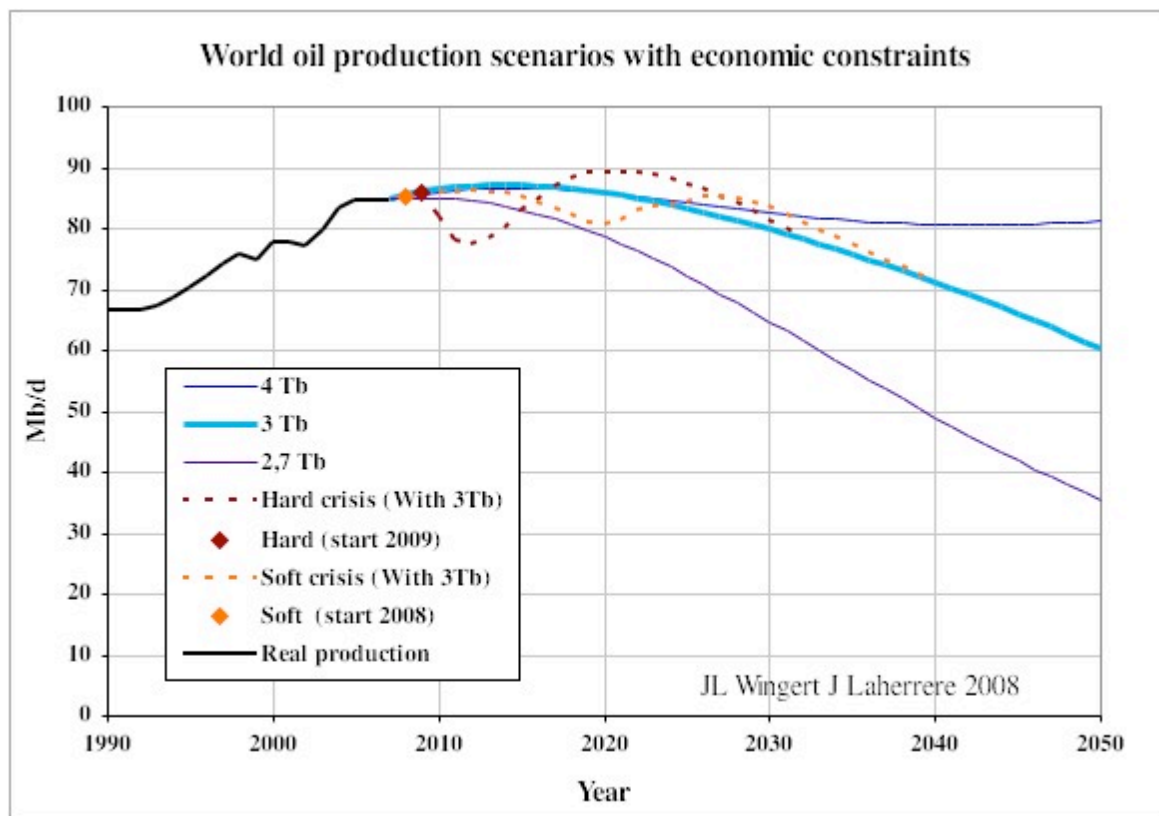
Le doublement du petrole cher (rouge) de 1 a 2 Tb **ne change pas la date du pic**, seulement la pente du declin.

Les 90 Mb/d ne seront pas atteints, mais un plateau ondule (bumpy plateau) pourra retarder le debut de la chute.

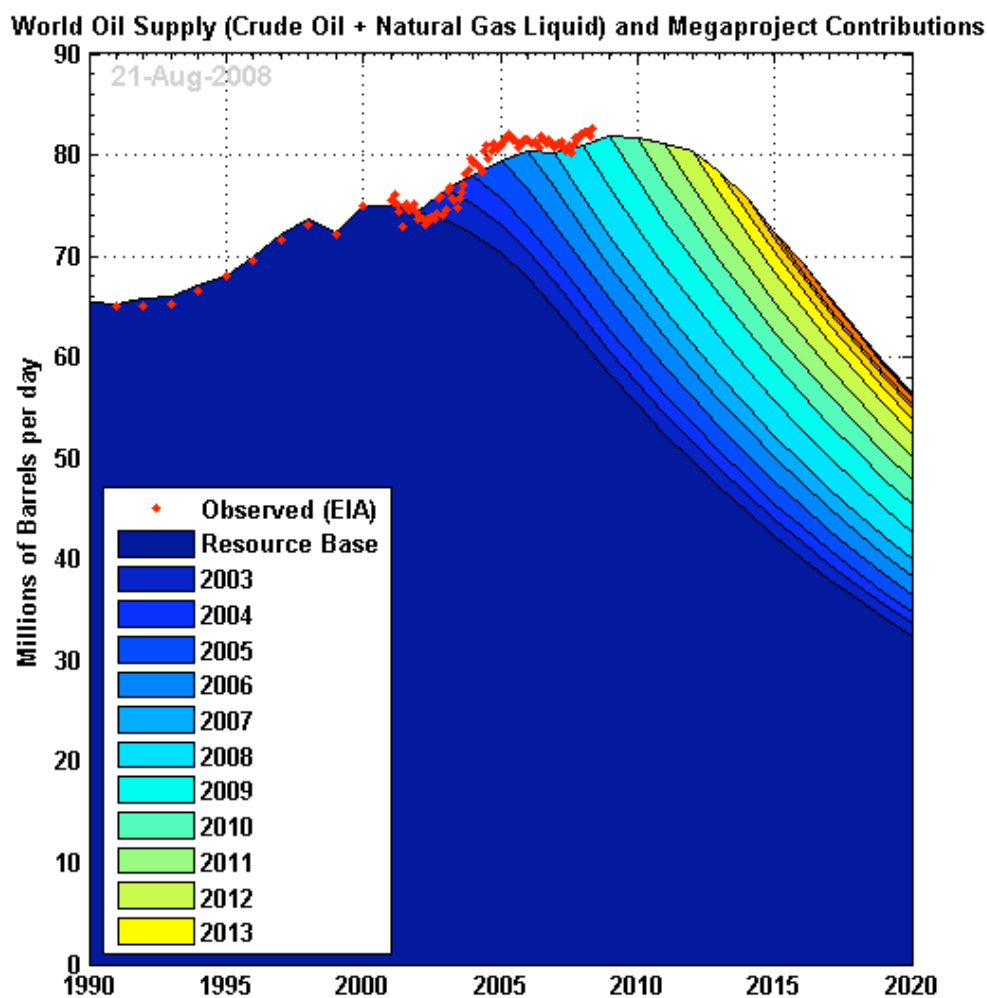
Depuis 2001 nous montrons un pic harmonieux en ne considerant que les contraintes geologiques (below-ground) mais en disant bien que les contraintes above-ground couduira a un plateau ondule (bumpy plateau) et des prix chaotiques.

Des scenarios de contrainte economique (crise Argentine, Japon et chos petroliers 73-79) ont permis (ASPO VII Barcelone) de visualier ce que pourrait etre un bumpy plateau:

Figure 9: previsions de production de liquides avec contraintes eeconomiques



Pour le court terme les ultimes des reserves sont peu utiles, il faut evaluer les *megaprojects* en cours pour les annees a venir et le pic (brut + liquides de gaz) semble etre avant 2010
 Figure 10: previsions production "brut + liquides de gaz" *The oil drum* a partir des *megaprojects*



Après 2012 il faudra ajouter les futurs megaprojects non encore decides.

The Oil Drum 18 Sept.2008 (Luis de Sousa) prévoit les exportations de petrole jusqu'en 2020 avec un pic en 2005

Figure 11: exportation mondiale de petrole d'après TOD WOE(2)

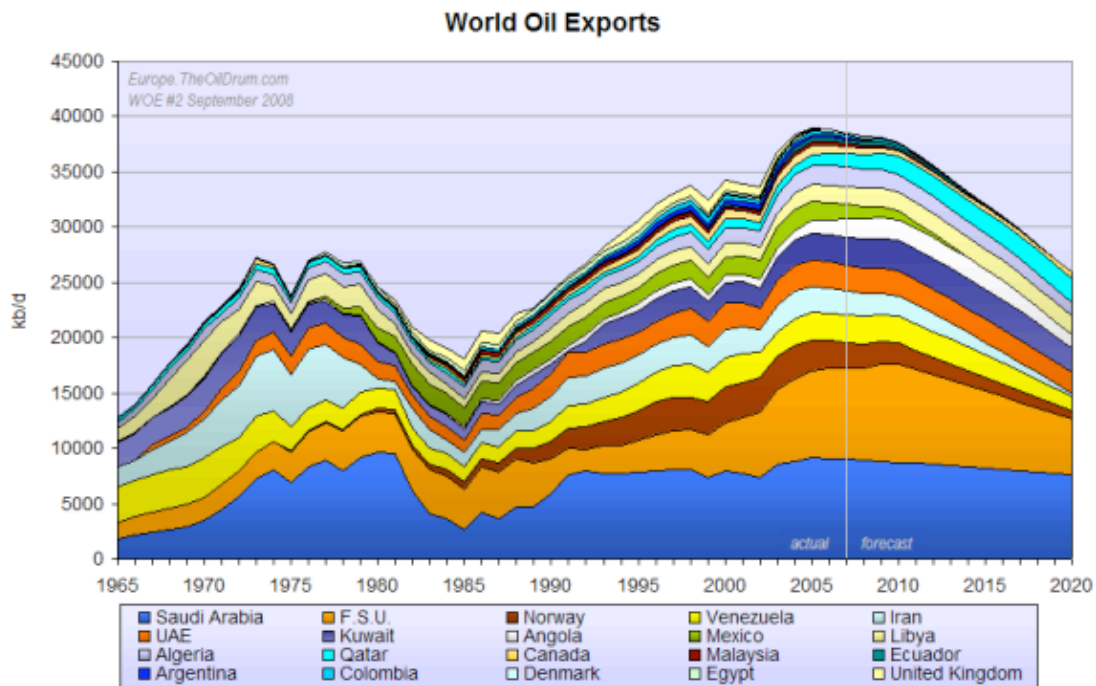
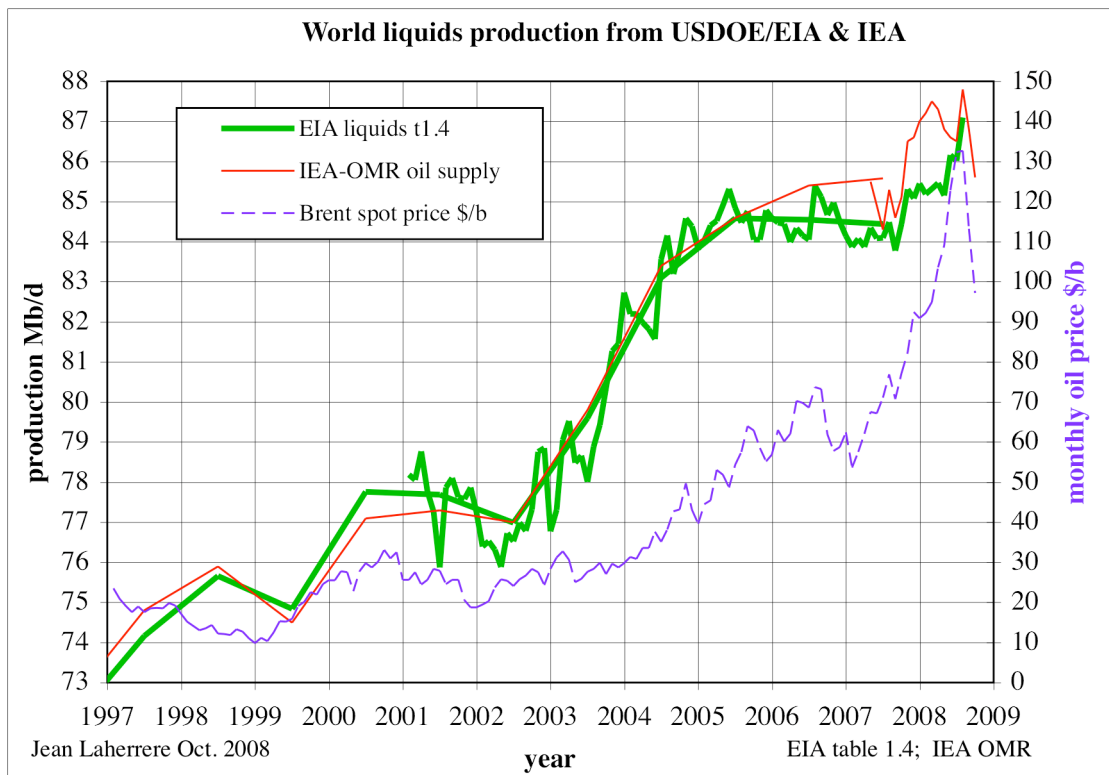


Figure 16 – World Oil Exports as of September 2008. Click to enlarge.

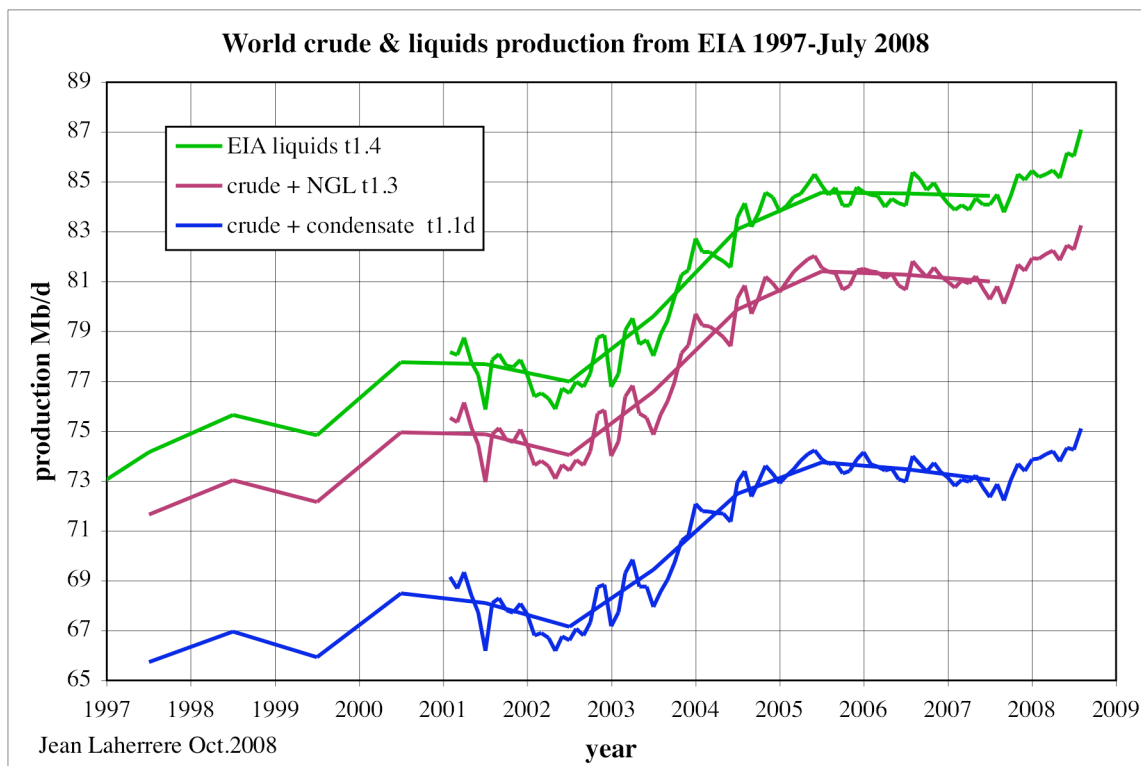
Les valeurs de production mensuelles de l'USDOE/EIA (souvent corrigés des années après) montrent un plateau ondule depuis 2005. Les valeurs annuelles de l'AIE divergent par plus de 1 Mb/d!

Figure 12: **production mondiale de liquides d'après USDOE/EIA & AIE**



Juillet 2008 est la valeur maxi (la Chine a fait le plein?) mais aout s'écroule suivi par septembre

Figure 13: production mondiale de tous liquides, de brut et de brut+liquides de gaz d'après EIA

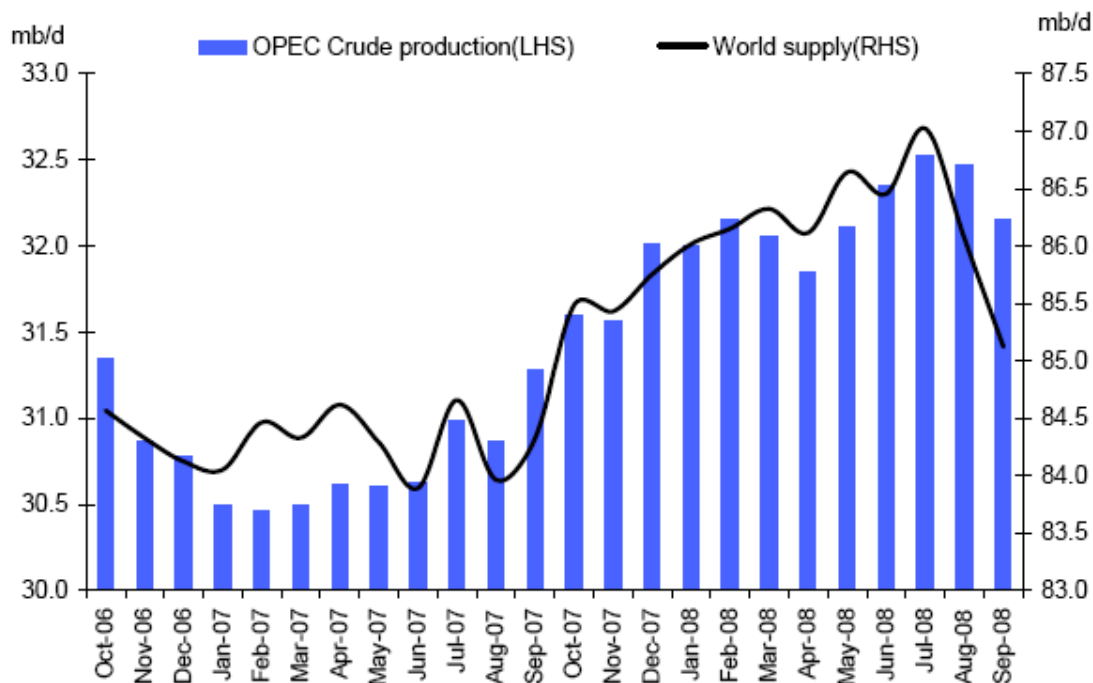


Certains ont pretendu que le pic du **brut** a ete en Mai 2005, mais Juillet 2008 a ete superieur.

Rapport Oct2008 OPEP montrant un pic pour Juillet 2008 pour la production de l'OPEP et la production mondiale (87 Mb/d) avec chute brutale aout et septembre (85 Mb/d)

Figure 13bis: oil supply monde & OPEP d'apres OPEC MR Oct2008

Graph 23: OPEC and World oil supply



Les contraintes *above-ground* sont importantes: nationalisation (Venezuela, Russie), guerre civile (Irak, Nigeria), manque de terrain a explorer pour les IOC, manque d'equipements et de personnel, et recession economique qui va faire baisser la demande.

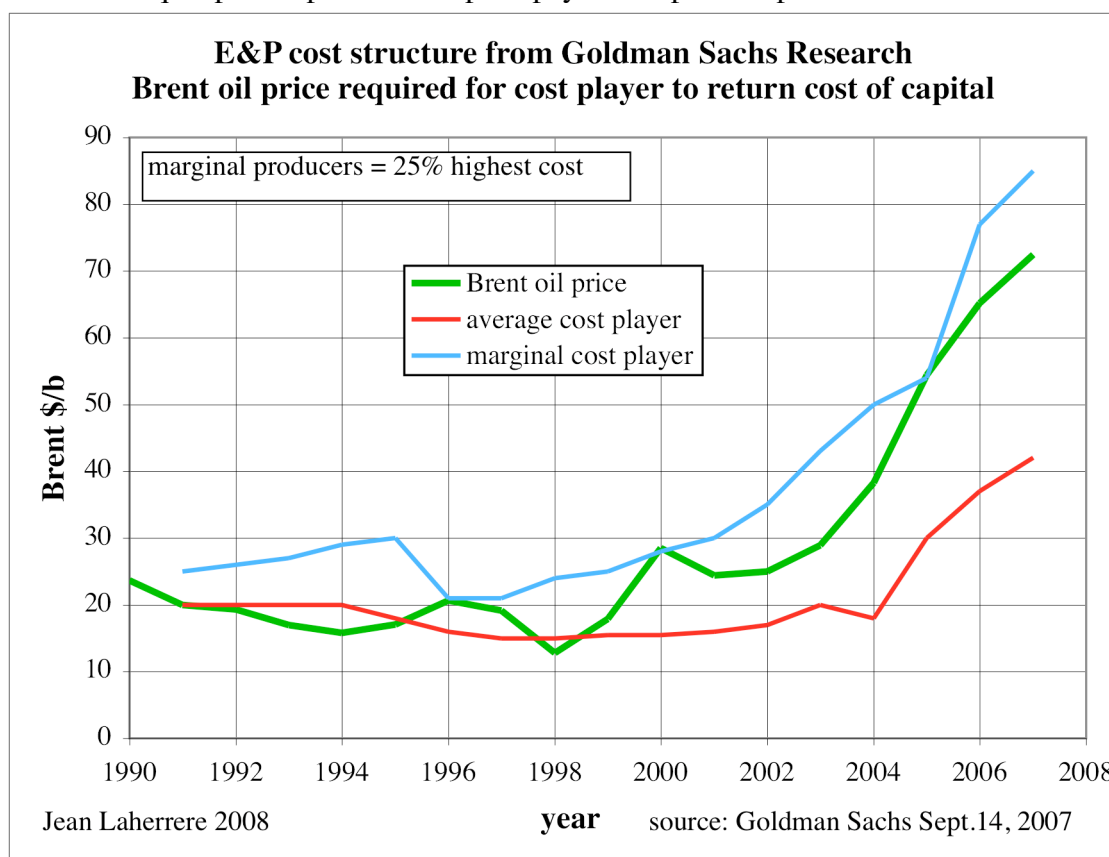
Le facteur temps est le plus sous-estimé: **on ne peut faire un enfant en un mois avec neuf femmes!**

Le plateau sera ondule et les prix chaotiques, comme je le dis depuis 2001, faisant confiance dans les dires du retraité Paul Volcker sur l'économie du monde.

-cout marginal ou point neutre

Goldman Sachs a étudié les coûts de revient de 60 compagnies pétrolières (IOC). Avec les augmentations du prix du brut mais aussi de l'acier et des services, les producteurs marginaux (25% des coûts les plus hauts) ont besoin actuellement d'un prix du brut de 75-80 \$/b pour avoir un taux de rentabilité normal (Brent en 2007 = 72 \$/b)

Figure 14: coût requis par les producteurs pour payer le capital d'après Goldman Sachs 2007

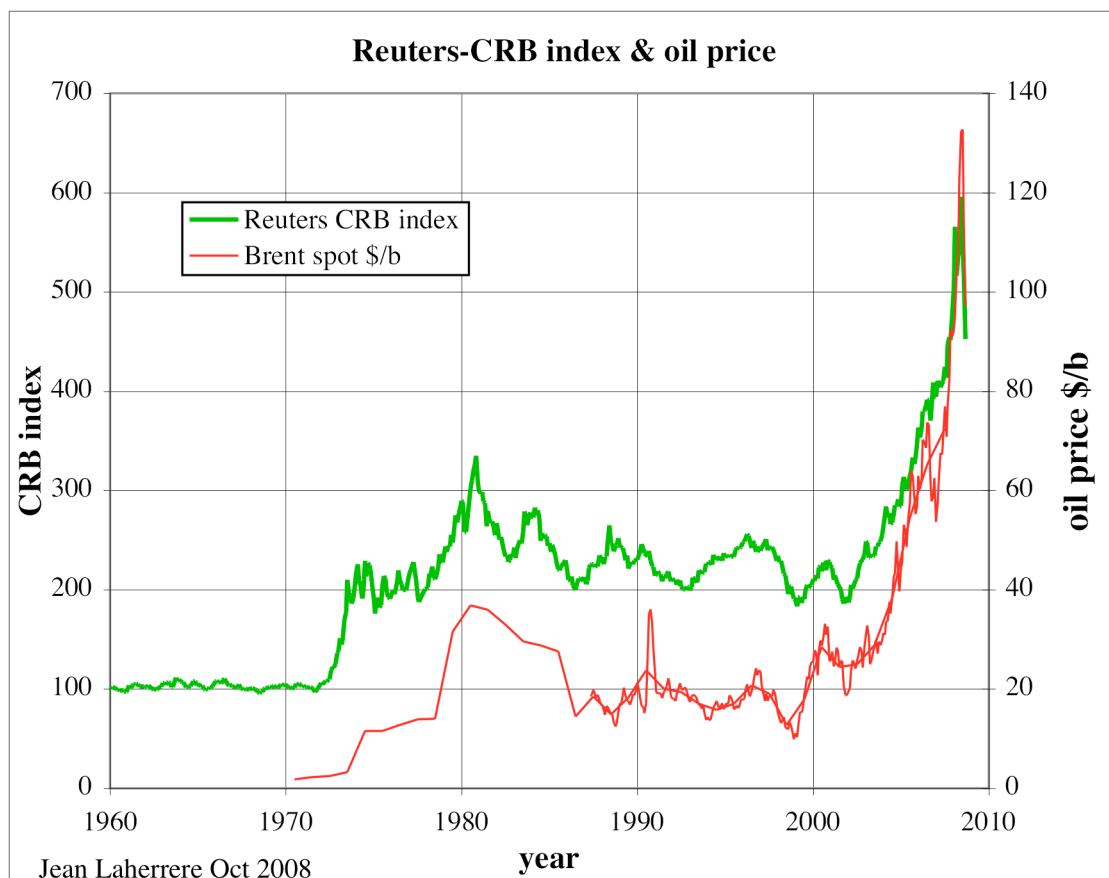


Mais ce point neutre doit redescendre avec la baisse du prix du brut et celle à venir du coût des matières premières et des services. Pour équilibrer leurs budgets (PFC Energy), l'Iran et le Venezuela auraient besoin de 95 \$/b, la Russie 70 \$/b et l'Arabie Saoudite 55 \$/b.

-cout des matieres premieres et inflation

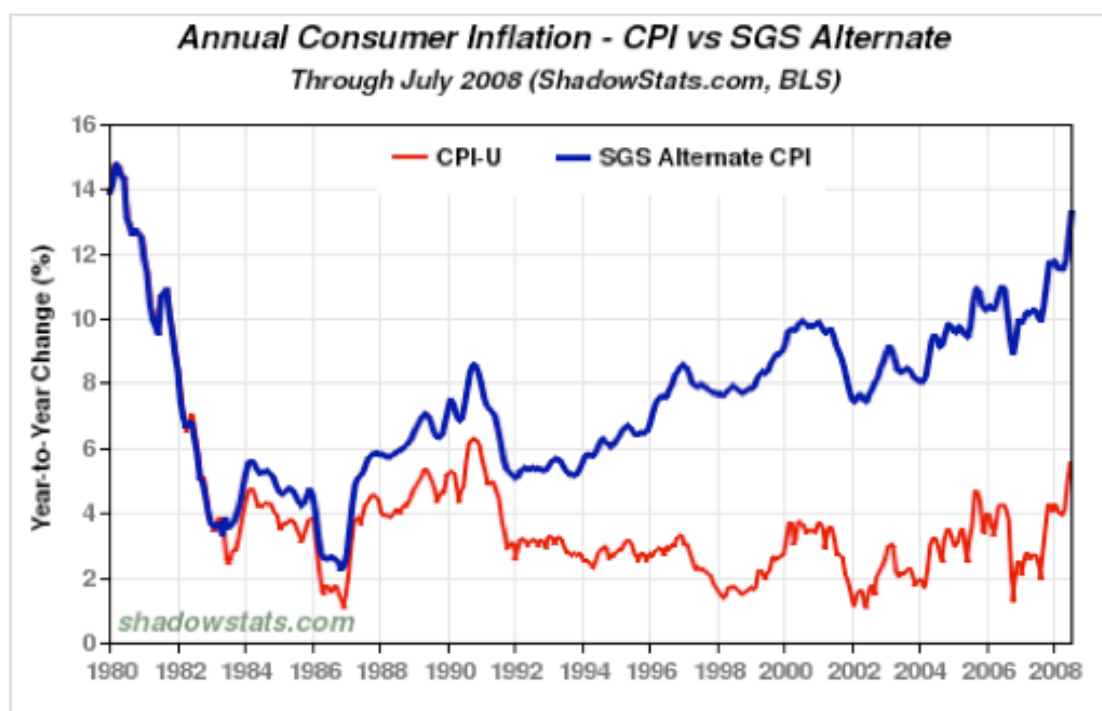
L'indice Reuters-CRB (bon indicateur des matières premières = commodities) est passé de 200 en 2002 à 500 en 2008 soit une croissance de plus de 10%/a, alors que l'inflation officielle a été de l'ordre de 4%/a. Mais l'indice redescend aussi vite qu'il a monté ces derniers mois (actuel moins de 400)

Figure 15: indicateur des matières premières CRB et prix du pétrole



L'inflation officielle US (CPI) est tres differente de l'inflation réelle estimée par Conrad (shadowstats.com)

Figure 16: inflation officielle et réelle

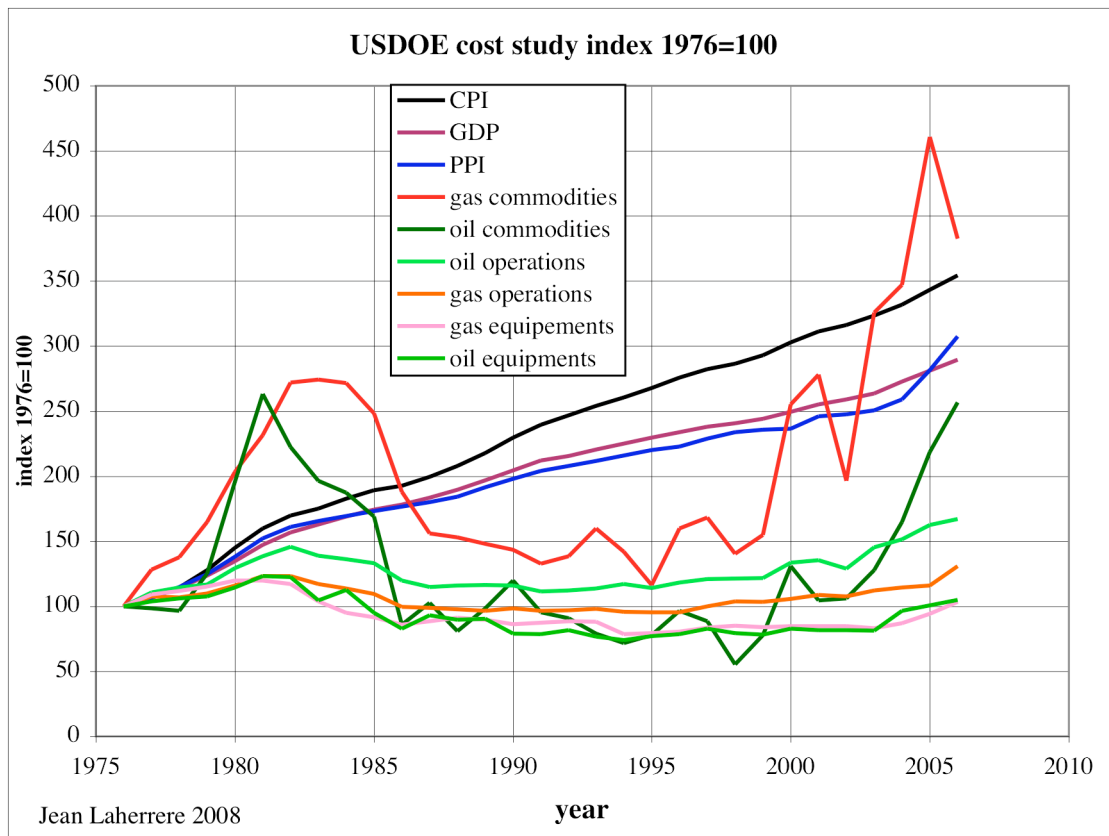


http://www.shadowstats.com/alternate_data

L'USDOE a compare les croissances des coûts des opérations pétrolières avec celle du coût de la vie (CPI) ou du PIB. Après le contrechoc de 1986 le coût de la vie a augmenté et les services

petroliers ont diminue jusqu'en 1998 pour se rattraper ensuite. Les *gas commodities* ont le plus augmente en 2005 et le prix du gaz actuel US est le plus bas.

Figure 17: etude USDOE des couts 1976-2006

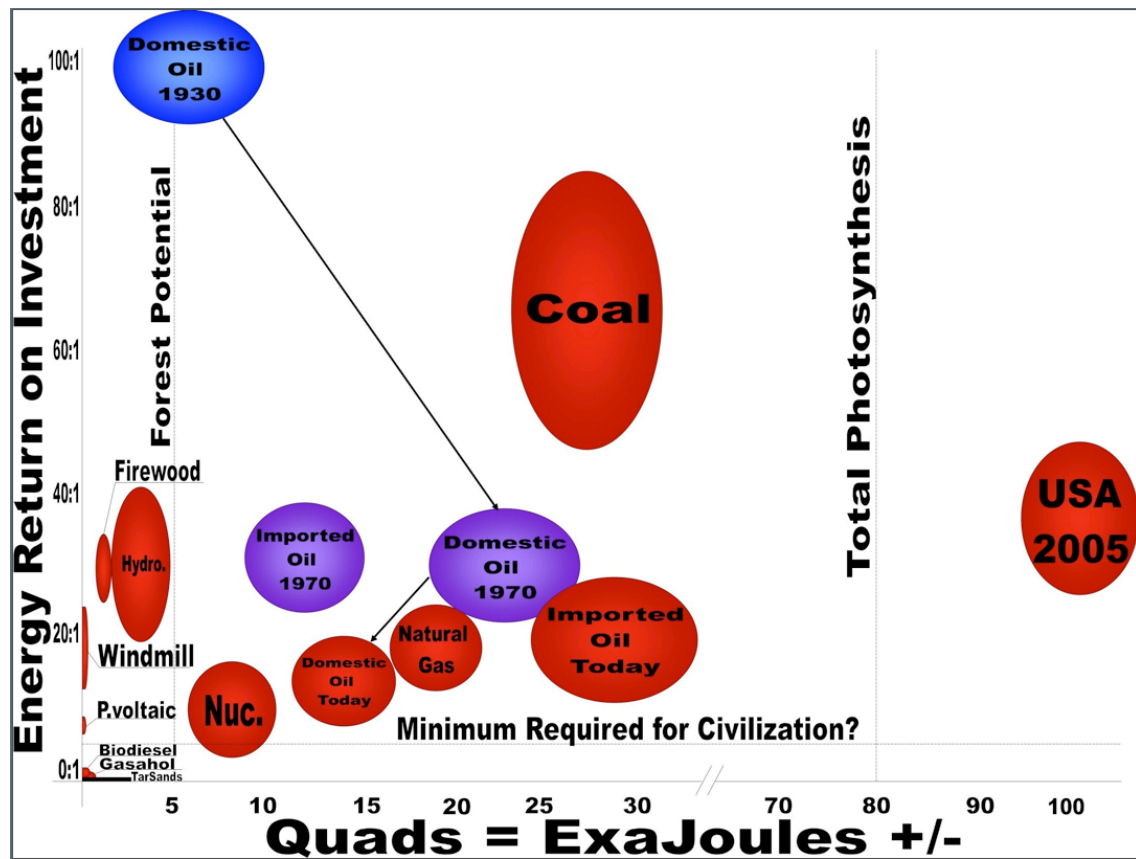


-limitation par l'EROI ou EROEI = Energy return On Energy Invested

Ce qui limite la production d'une energie est non le cout, mais le bilan energetique: il ne faut pas depenser plus en energie pour la produire plus que ce qu'elle contient:

L'EROEI doit etre superieur a 1

Figure 18: EROI d'apres Charlie Hall State University of New York, Syracuse



-2-Gaz Naturel

Il y a qu'un seul marché du pétrole alors qu'il y a 4 marchés du gaz, car il coûte 10 fois plus cher à transporter.

Comme pour le pétrole, il y a plusieurs définitions de gaz : gross, gross-reinjected, marketed, dry gas

Figure 19: production mondiale de gaz

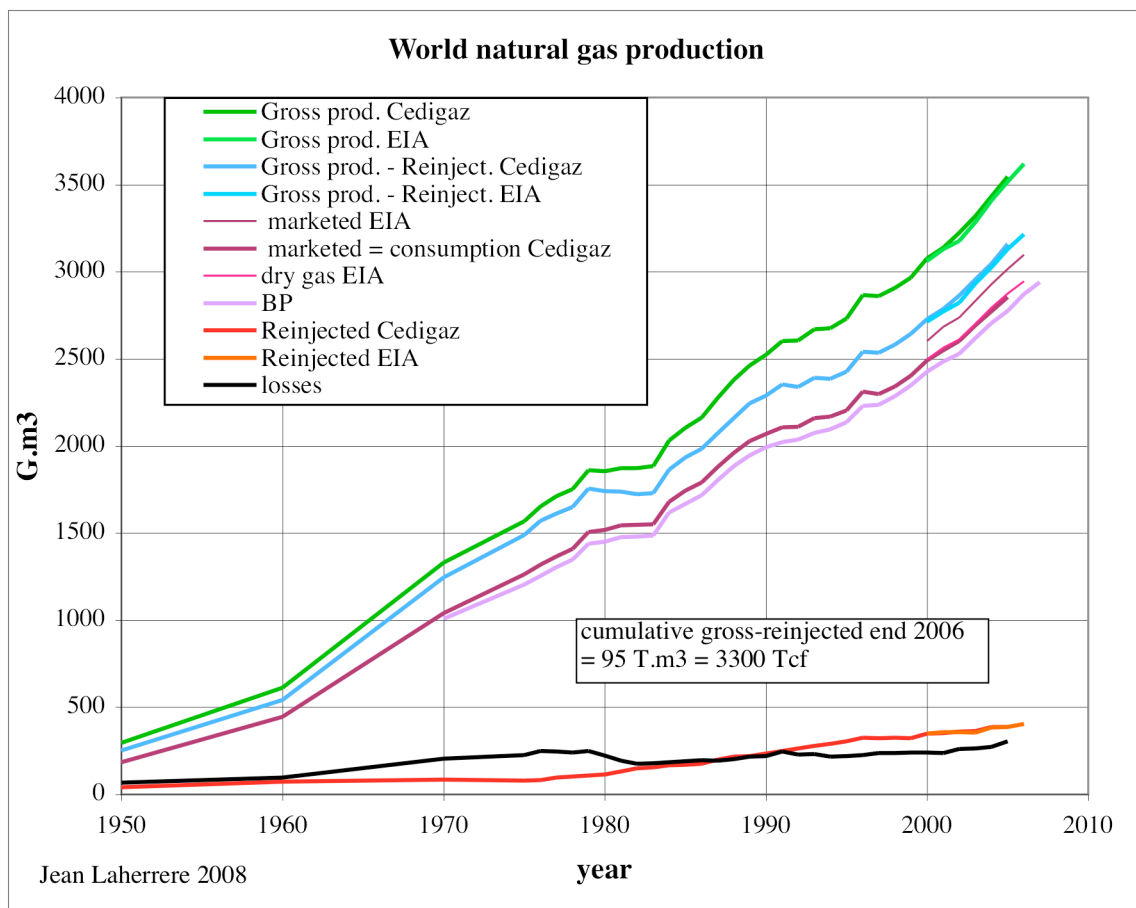
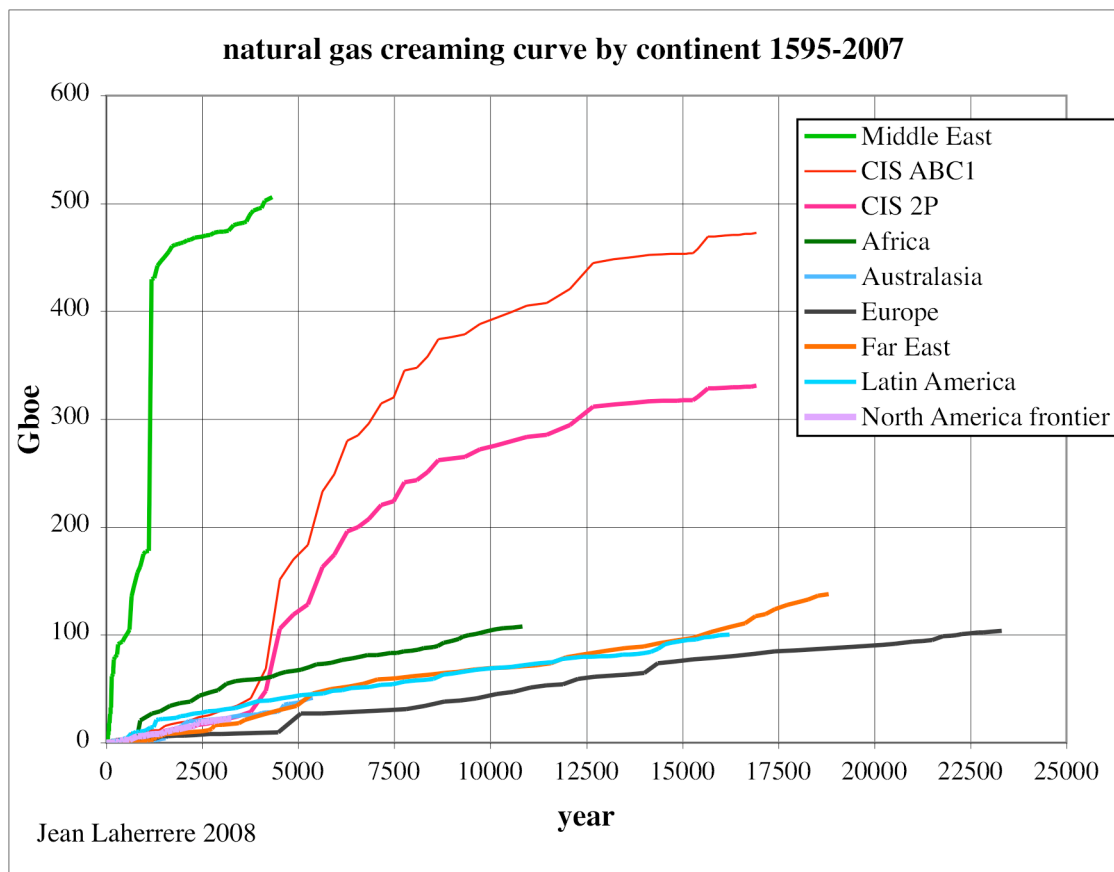


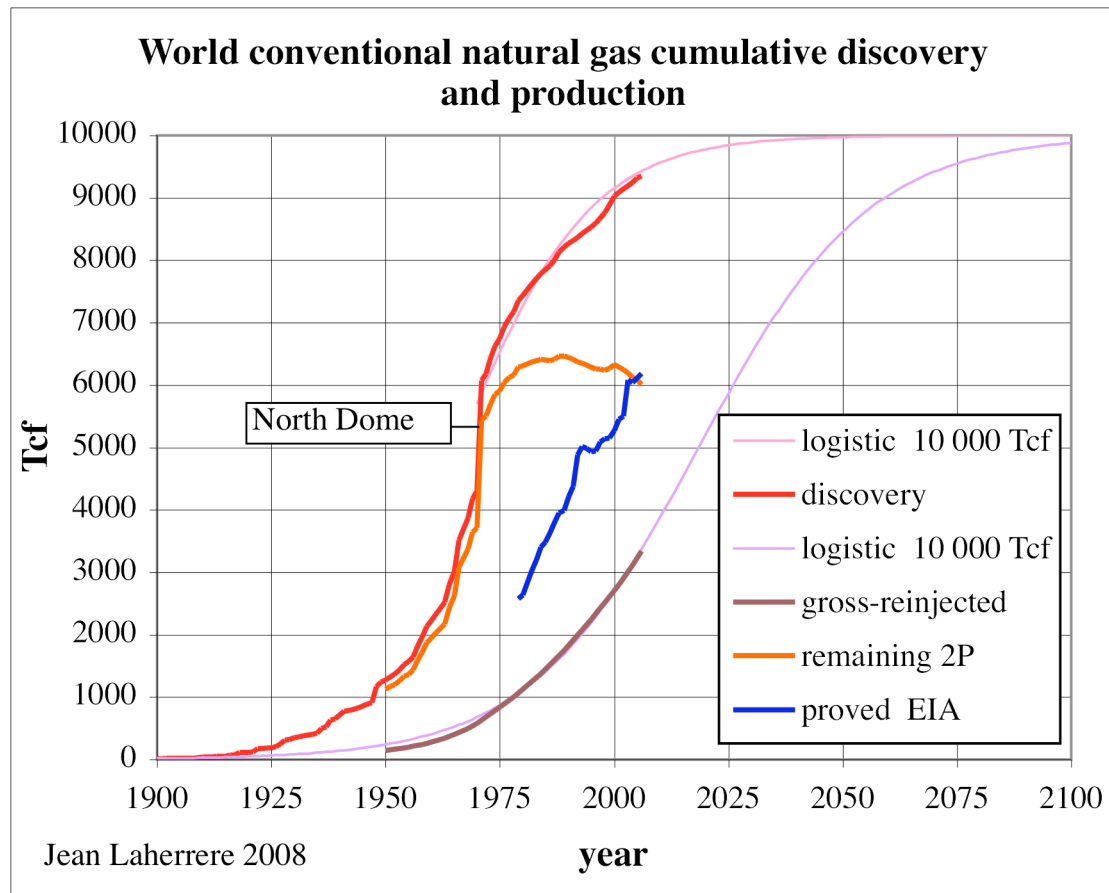
Figure 20: courbes d'ecremage du gaz par continents



Le Moyen Orient arrive de loin en tete, suivi par l'ex-URSS (2P)

Les decouvertes mondiales cumulees de gaz sont proches de l'ultime (10 000 Tcf= 10 Pcf). Les **reserves restantes techniques** plafonnent depuis 1980 alors que les **reserves dites prouvees** ont double depuis 1980!

Figure 21: decouverte et production mondiale cumulees de gaz conventionnel

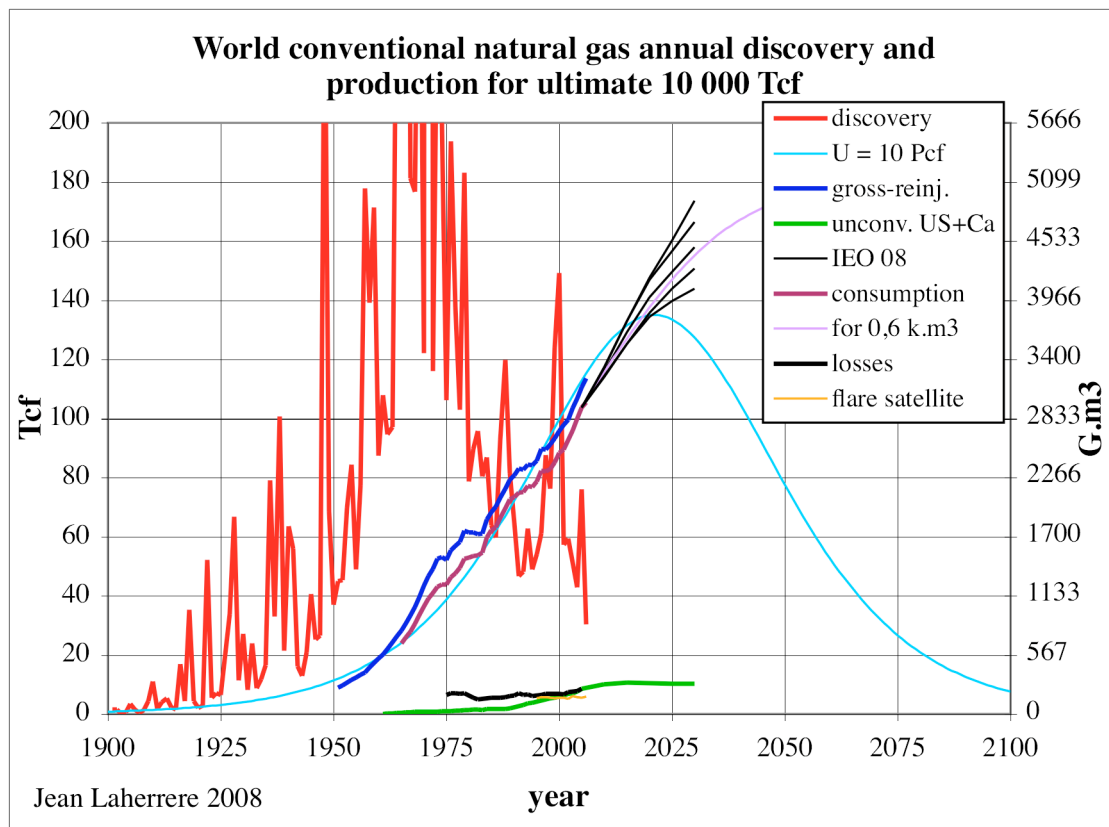


La encore les economistes, ne disposant que des valeurs politiques, raisonnent sur des evolutions toujours croissantes completement fausses

Le pic des decouvertes de gaz conventionnel se situe vers 1970 et le pic de production (gross-reinjected) sera vers 2020 a moins de 140 Tcf/a. Le **non-conventionnel US+Canada** (vert) est prevu par EIA plafonner des 2015.

Les pertes (en noir) ne décroissent guere !

Figure 22: decouverte et production mondiale annuelle de gaz conventionnel



Les previsions EIA 2008 pour la production (marketed) du gaz mondial en 2030 varie entre 145 et 175 Tcf/a. L'Europe va tres vite manque de gaz, comptant trop sur le gaz russe qui est surestime (Laherrere Prague 2007)

-3-charbon

L'augmentation spectaculaire de la production chinoise semble difficile a extrapoler et les donnees sont peu fiables. La Chine a decide d'arreter les projets CTL (sauf Shenhua) car elle doit maintenant importer du charbon

Figure 23: production de charbon en Chine, ex-URSS, Russie et Inde

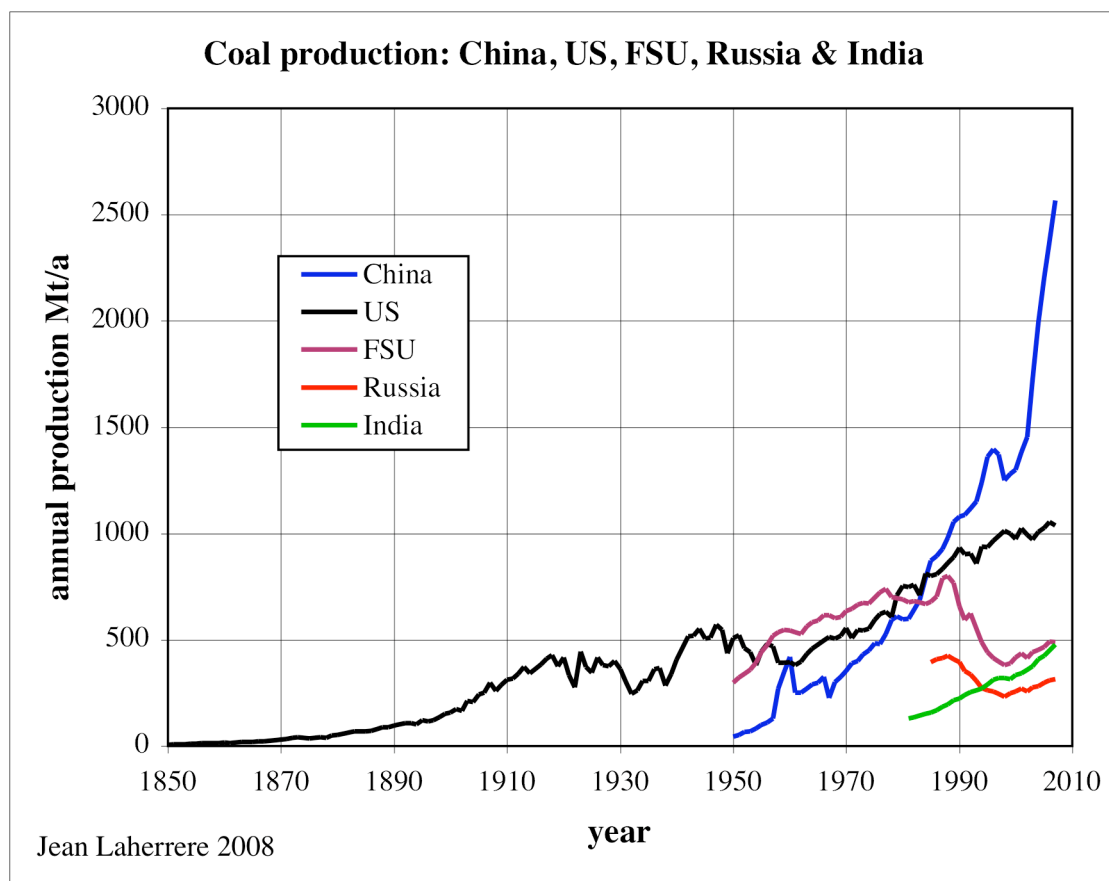
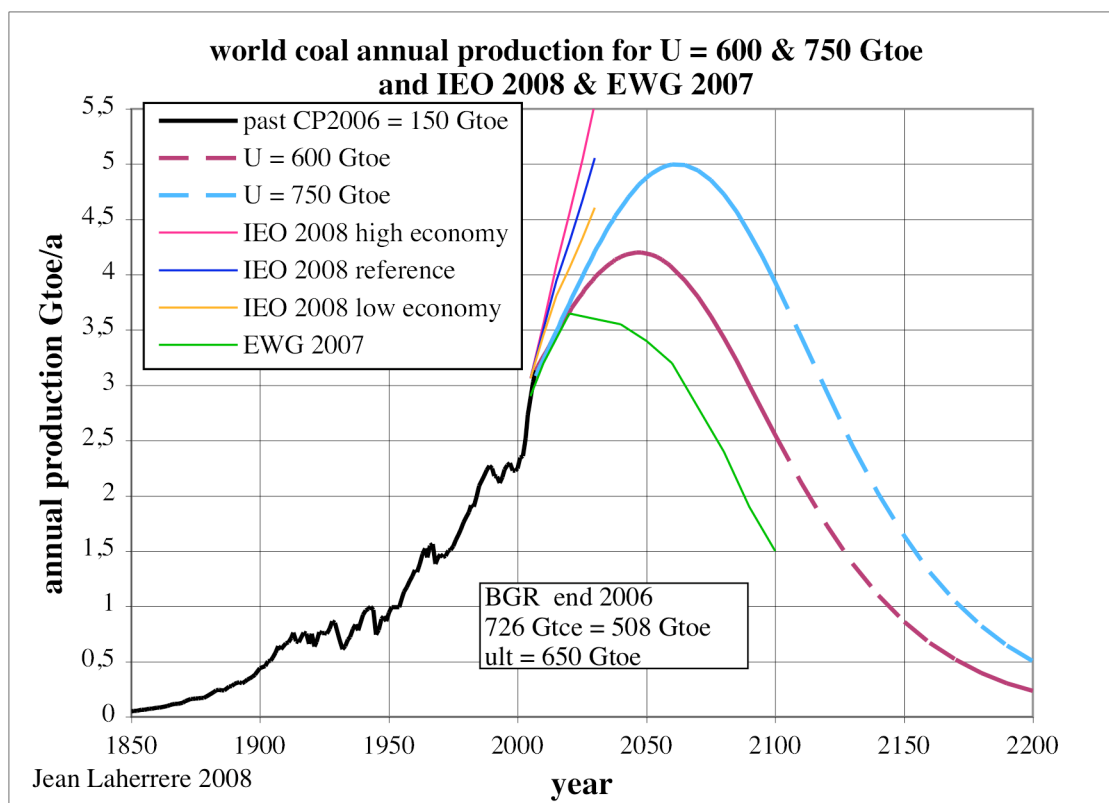


Figure 24: production mondiale annuelle de charbon et previsions pour U=600 & 750 Gtep et EIA & EWG

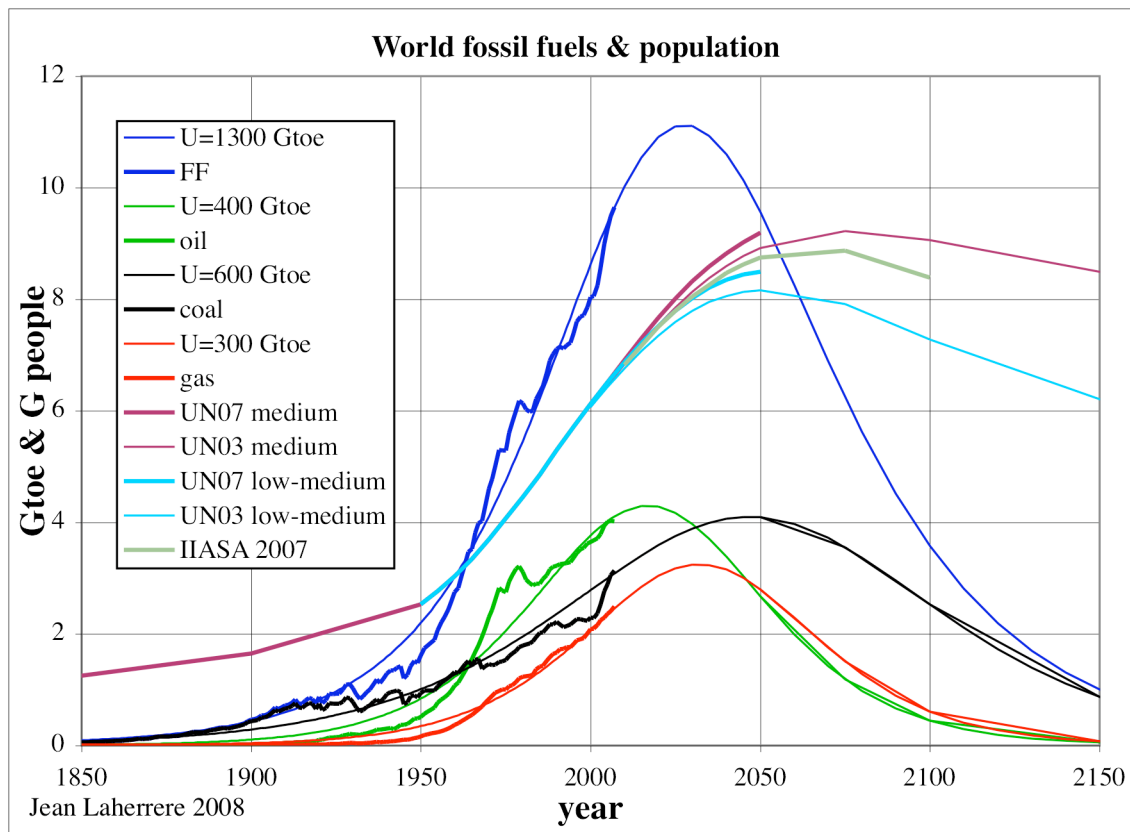


Le pic de production serait proche de 2050, alors que l'EWG (Energy Watch Group) le met vers 2025.

-4-combustibles fossiles = CF

A partir des ultimes: charbon 600 Gtep, petrole 400 Gtep et gaz 300 Gtep, on peut (avec l'hypothese de non contrainte autre que l'offre) prevoir un pic pour chacun, avec aussi un [pic de la population autour de 2050](#)

Figure 25: production mondiale annuelle de **petrole, gaz et charbon** et population 1850-2150 (UN et IIASA)

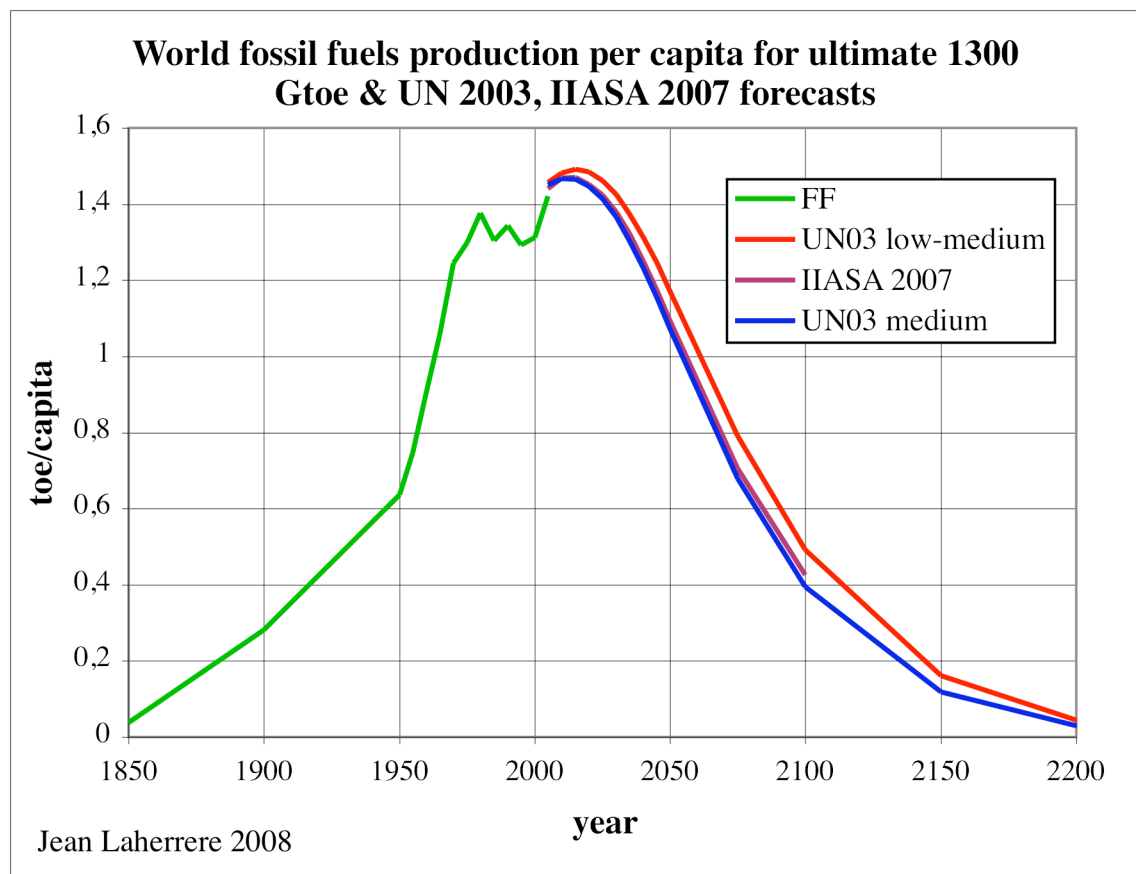


Pic du petrole vers 2015, du gaz vers 2025, du charbon vers 2050 comme la population.

La production (ou consommation) mondiale des CF par habitant a grimpe brutalement dans les années 50 mais a plafonné depuis 1975 à 2000 à 1,3 tep/hab, on peut prévoir que la consommation pourra rester à 1,5 tep pendant encore 20 ans pour décliner fortement ensuite ; Il faut profiter de ces 20 ans pour prévoir le remplacement par d'autres énergies et par une meilleure distribution entre pays riches et pays pauvres.

Mais il n'y a pas de substitut au pétrole en quantité suffisante pour le transport, sauf le pétrole synthétique

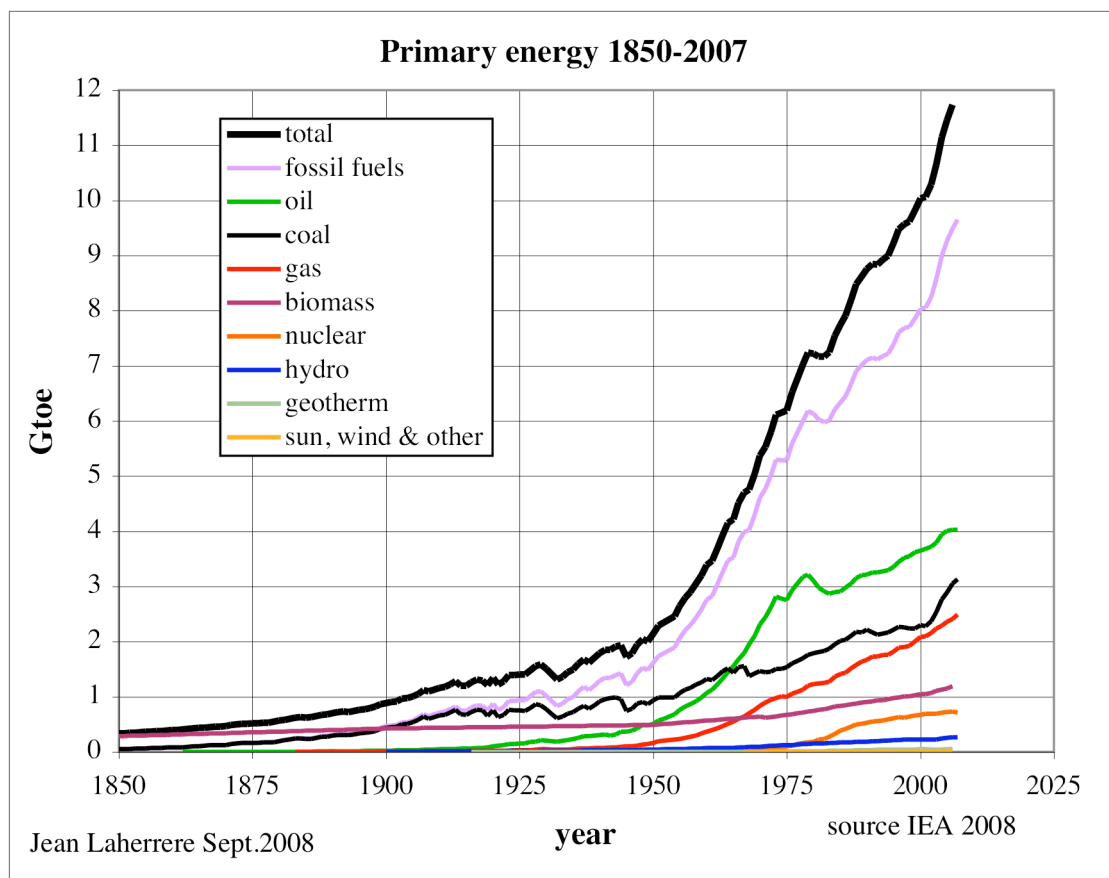
Figure 26: production de combustibles fossiles par habitant 1850-2200



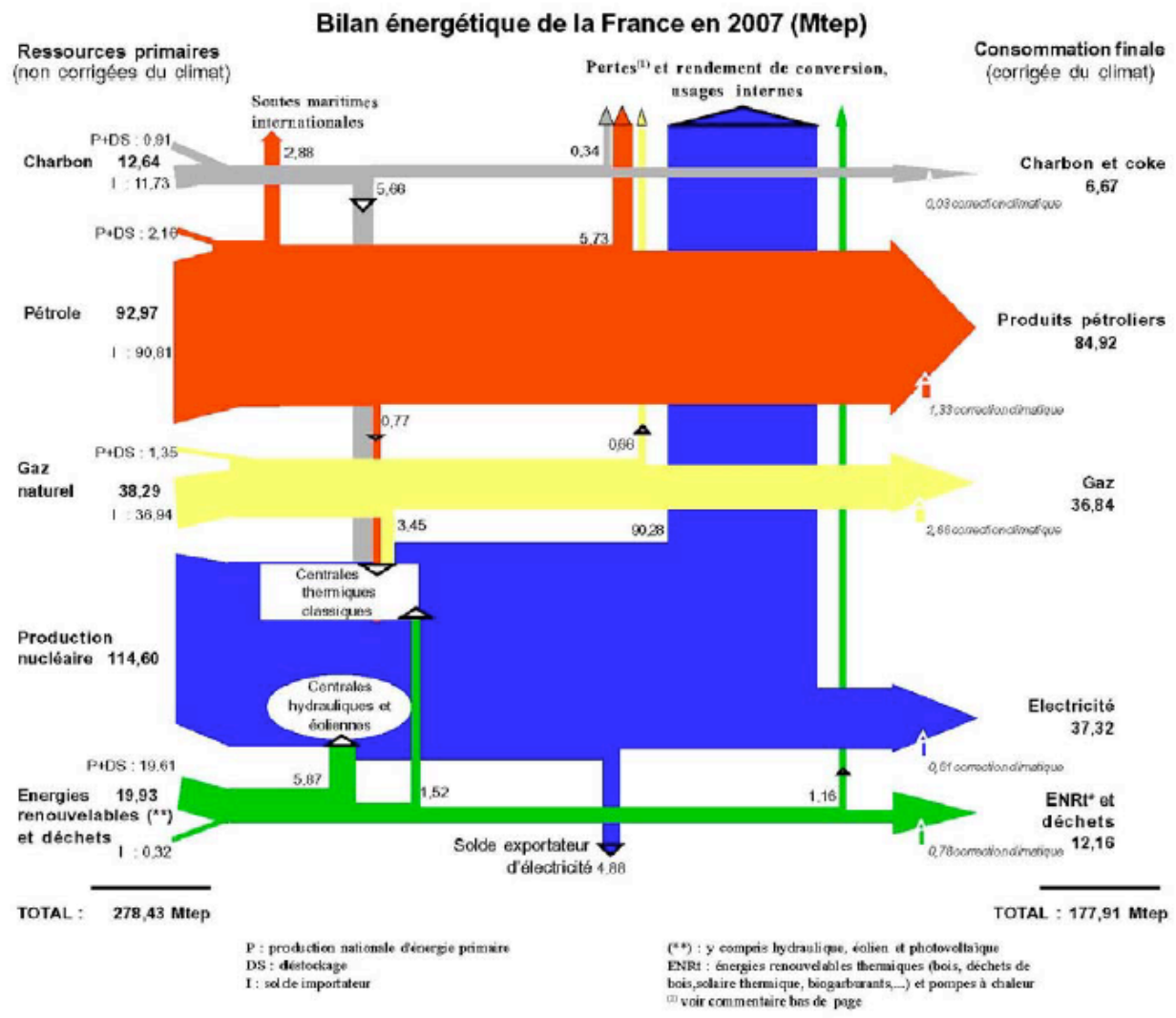
-5-Energie primaire

Il est difficile de tracer un bon historique de l'énergie primaire depuis plusieurs siècles (les données varient avec l'équivalence énergétique qui demandent des hypothèses)

Figure 27: énergie primaire mondiale 1850-2007



Le bilan energetique en France montre les pertes et rendement de conversion par les fleches vers le haut: il y a la une source importante d'economie
 Figure 28: **Bilan energetique de la France en 2007**

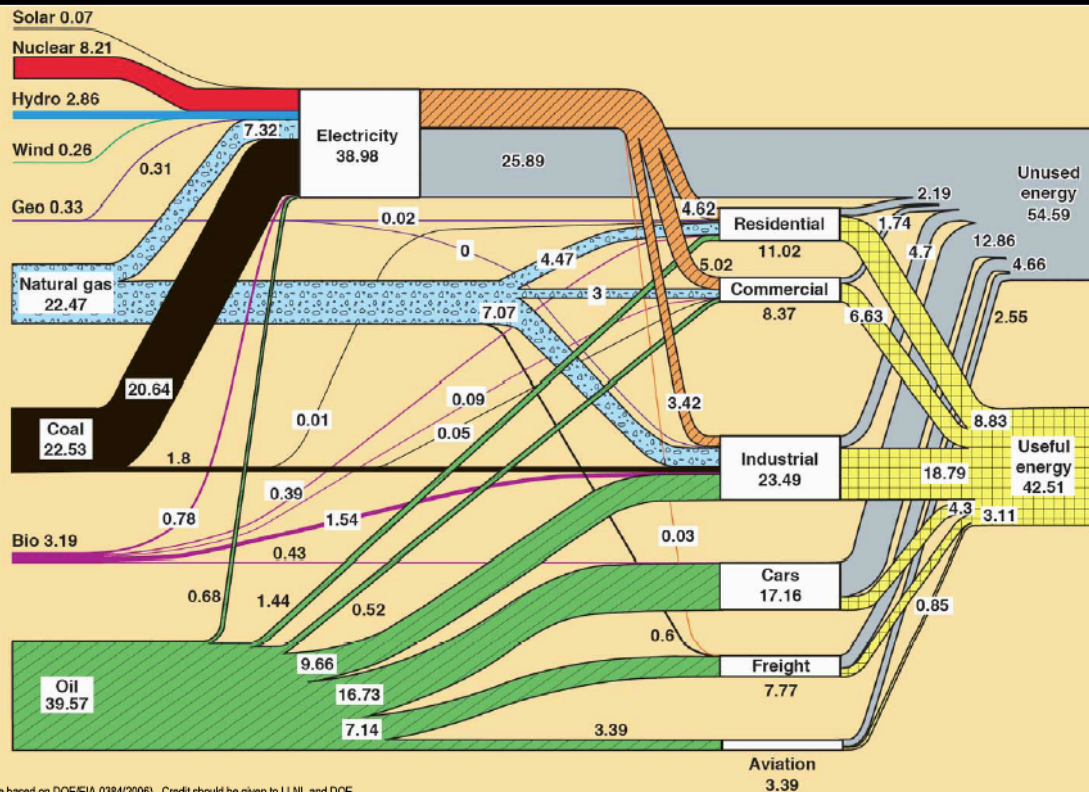


Pour les US le rendement est de 44% mais il était de 52% en 1960, mais de 38% en 2000
 Figure 29: Flux de l'énergie aux US en 2006



U.S. Energy Flow, 2006 (Quads)

>70% of primary energy for the transportation sector
and >60% of primary energy for electricity generation/use is lost



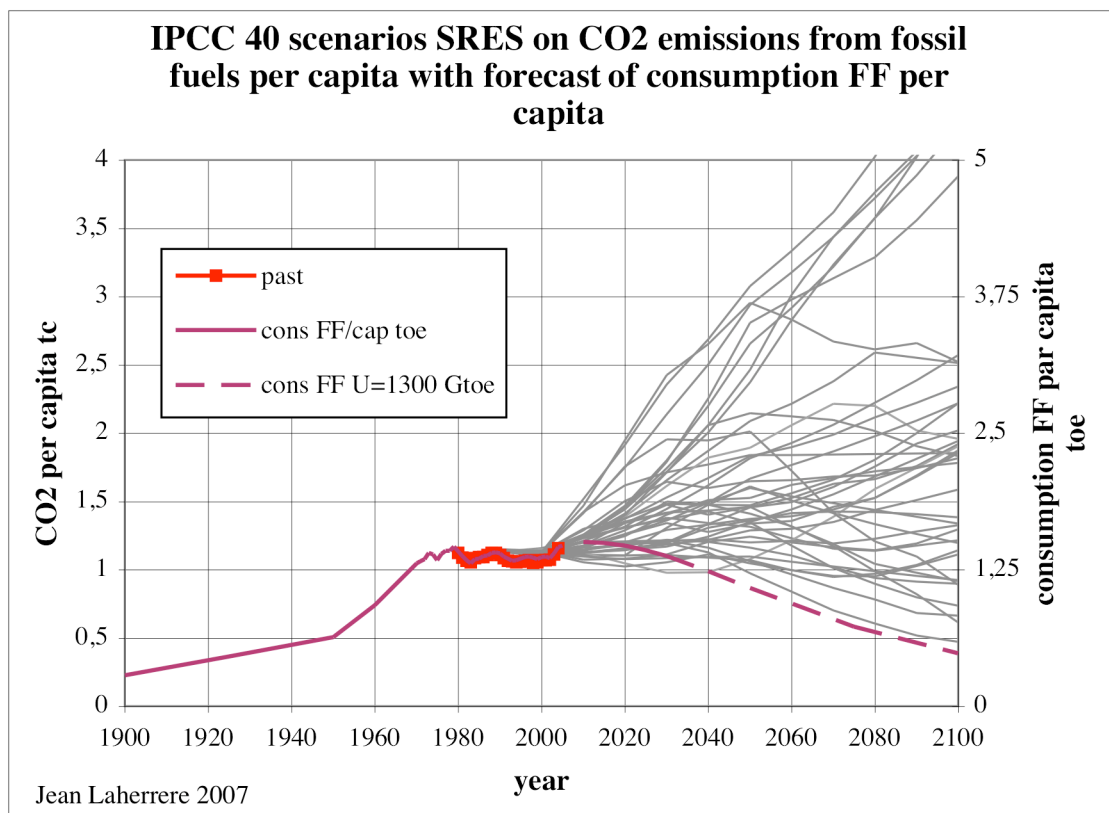
8

Le rendement du petrole pour les transports est bas: 31% %, 25% pour les voitures

Les 40 scenarios SRES du GIEC 2007 d'émission **par habitant** de CO₂ des combustibles fossiles sont tres superieurs aux previsions a partir des donnees techniques.

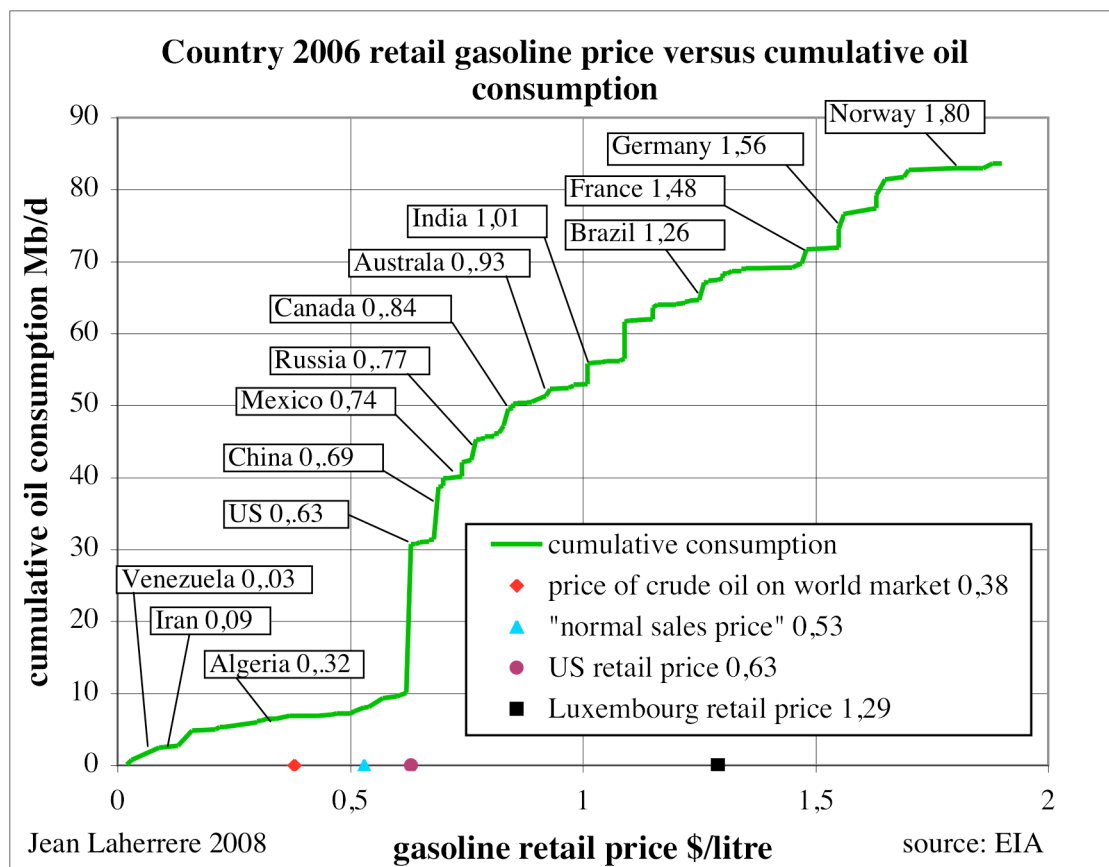
Figure 30: scenarios du GIEC emissions CO₂ par habitant des combustibles fossiles avec prevision consommation U=1300 Gtep

GIGO = Garbage in, garbage out



Certains pays producteurs subventionnent fortement le prix de l'essence ce qui encourage une augmentation de la consommation de petrole qui va reduire les exportations. La Chine et l'Inde viennent d'augmenter le prix de l'essence.

Figure 31: cout de l'essence en \$/ litre en 2006 et consommation cumulee de petrole par pays

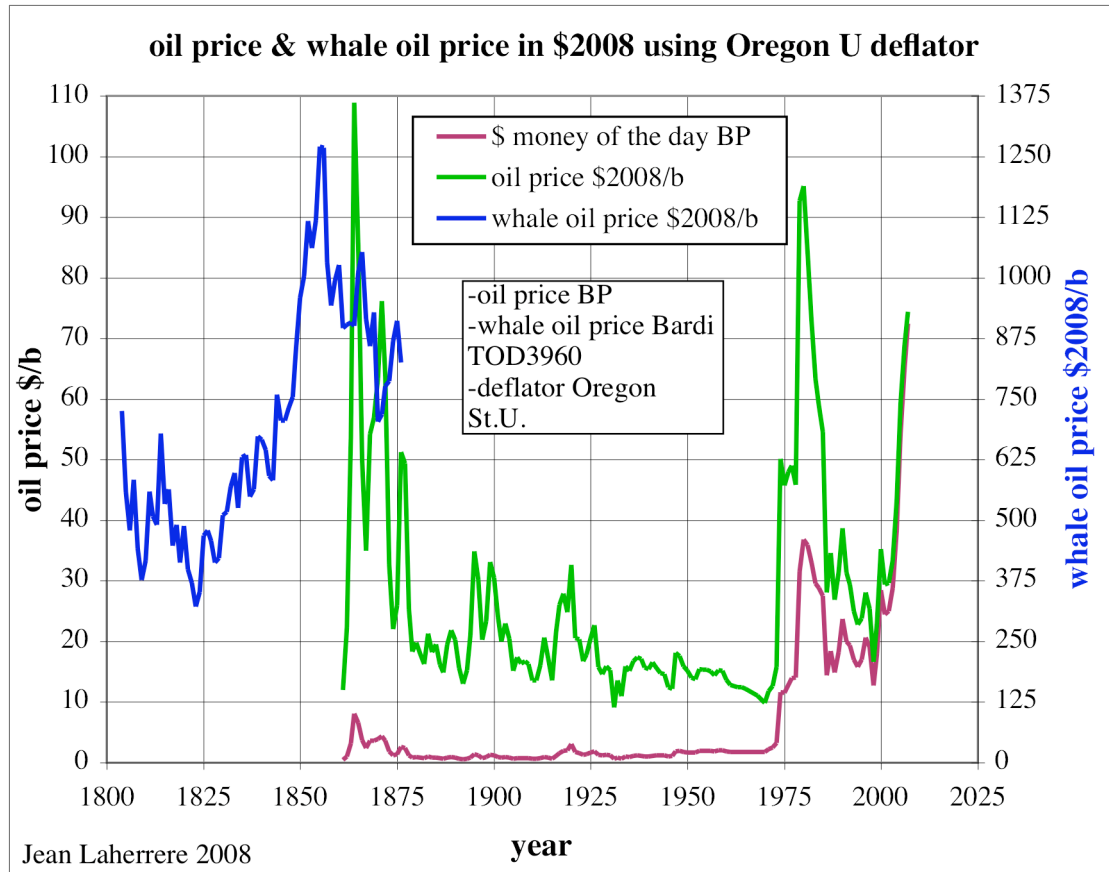


-7- prix

L'article de Pour la Science est la traduction de "**The end of cheap oil**" Scientific American March 1998 alors que le prix du baril (13\$) était près du plus bas. Les médias ne sont venus nous voir qu'en oct 2005 quand 50 \$/b.

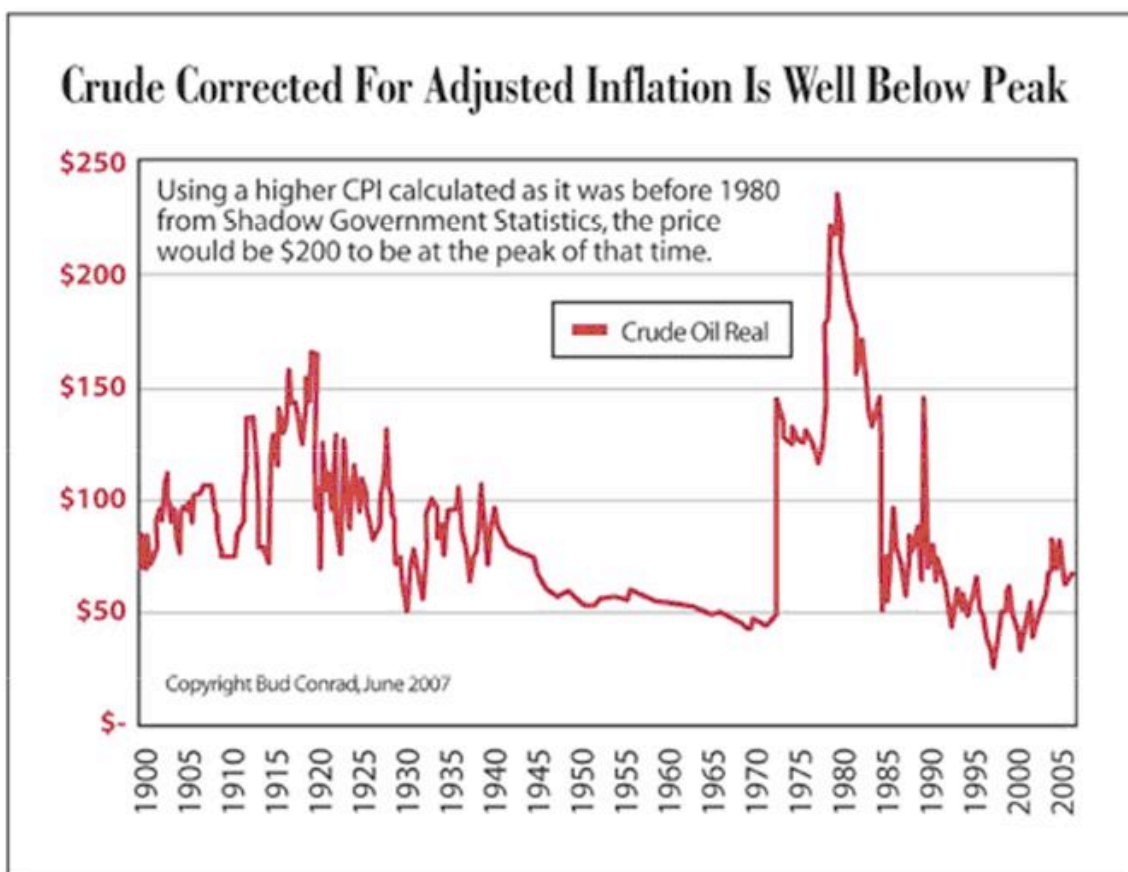
L'énergie était plus chère dans le passé lointain. L'huile de baleine (éclairage) coûtait >1200 \$2008/b en 1855 et le pétrole 100 \$2008/b en 1860 et 1980 avec les chiffres officiels de déflation!

Figure 32: **Prix de l'huile de baleine aux US et prix du pétrole en \$2008 (inflation officielle)**

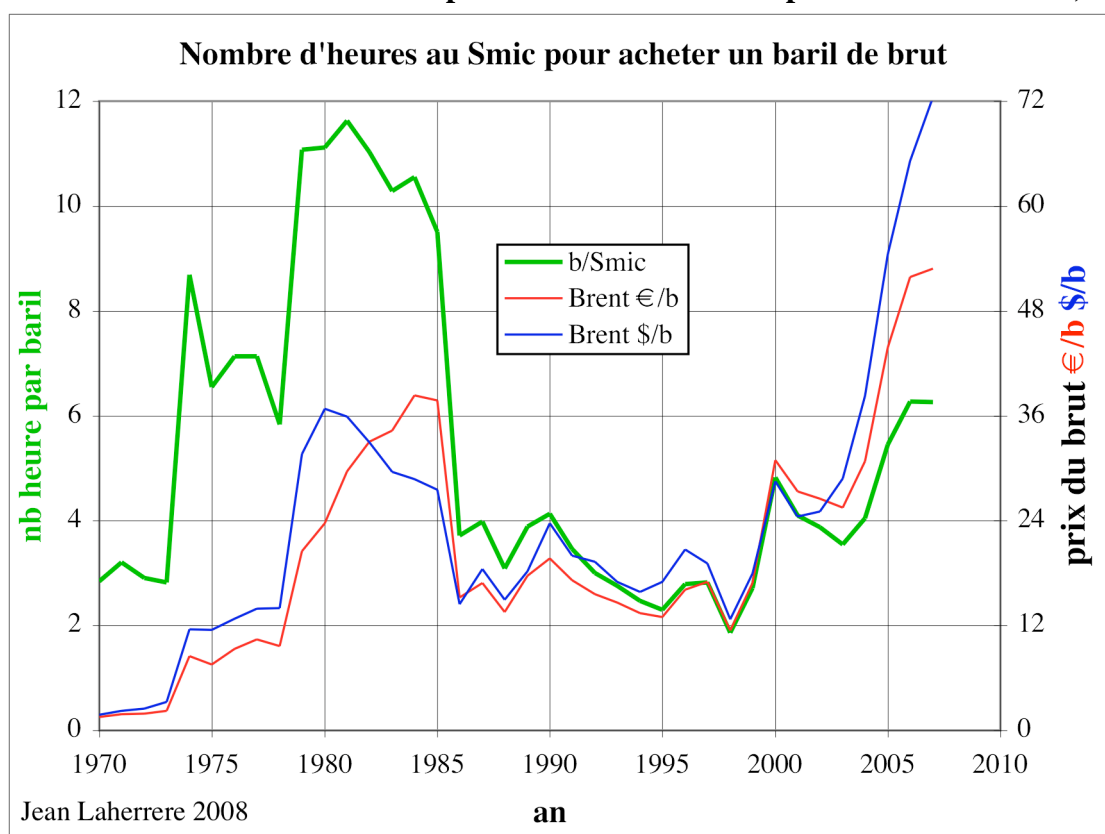


L'inflation comme le PIB (facteur hedonique) sont manipulées. L'inflation réelle est supérieure comme le montre la figure 15.

Figure 33: **Prix du pétrole 1900-2005 en \$2005 avec une inflation corrigée d'après Conrad**



Les prix du passé sont discutables et les prévisions toujours fausses. Pour éliminer le problème du choix de l'inflation, il est préférable de [mesurer en heure de travail pour acheter un baril de pétrole](#).
 Figure 34: **nombre d'heures de travail pour acheter un baril de pétrole avec le SMIC; \$/b; €/b**



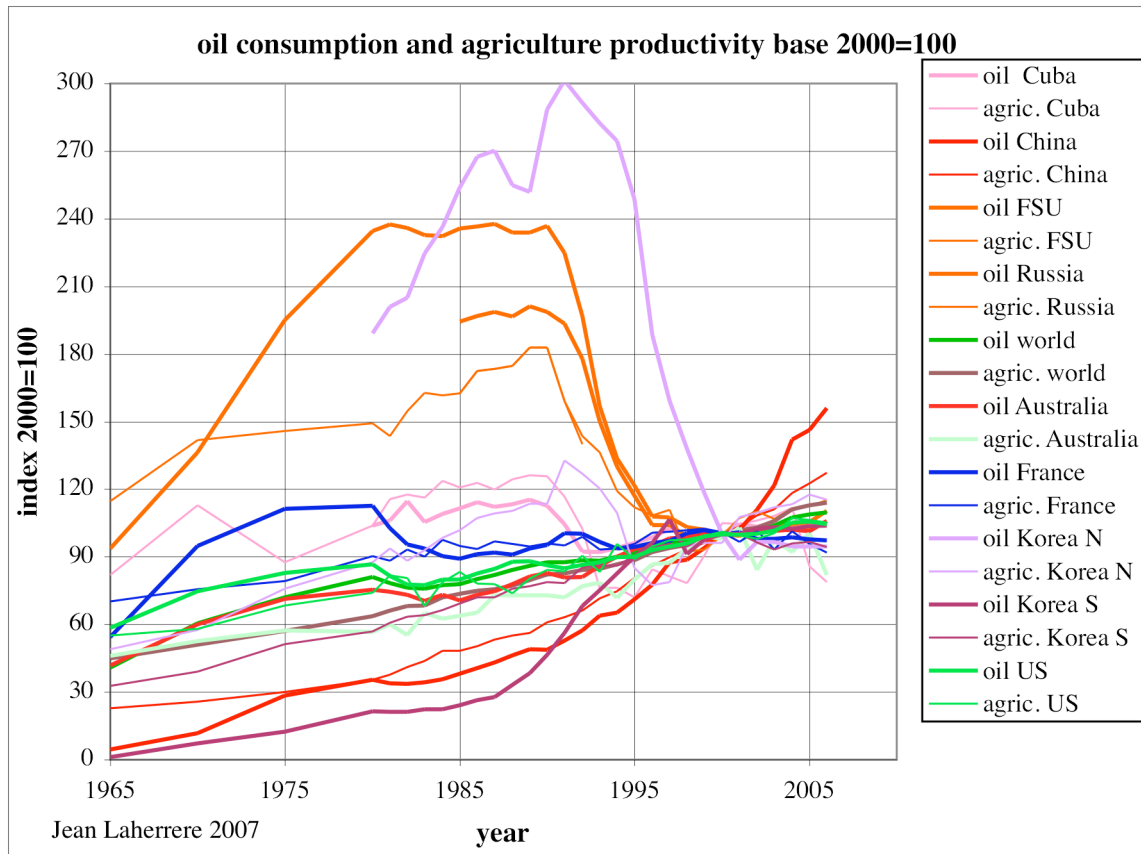
Les coûts actualisés avec l'inflation officielle ne représentent pas la réalité

-8-Production mondiale de biocarburants

La revolution verte de l'agriculture a consiste a convertir le petrole et le gaz (engrais, pesticide, irrigation) en nourriture = correlation productivite agricole et consommation petrole. On veut faire le contraire!

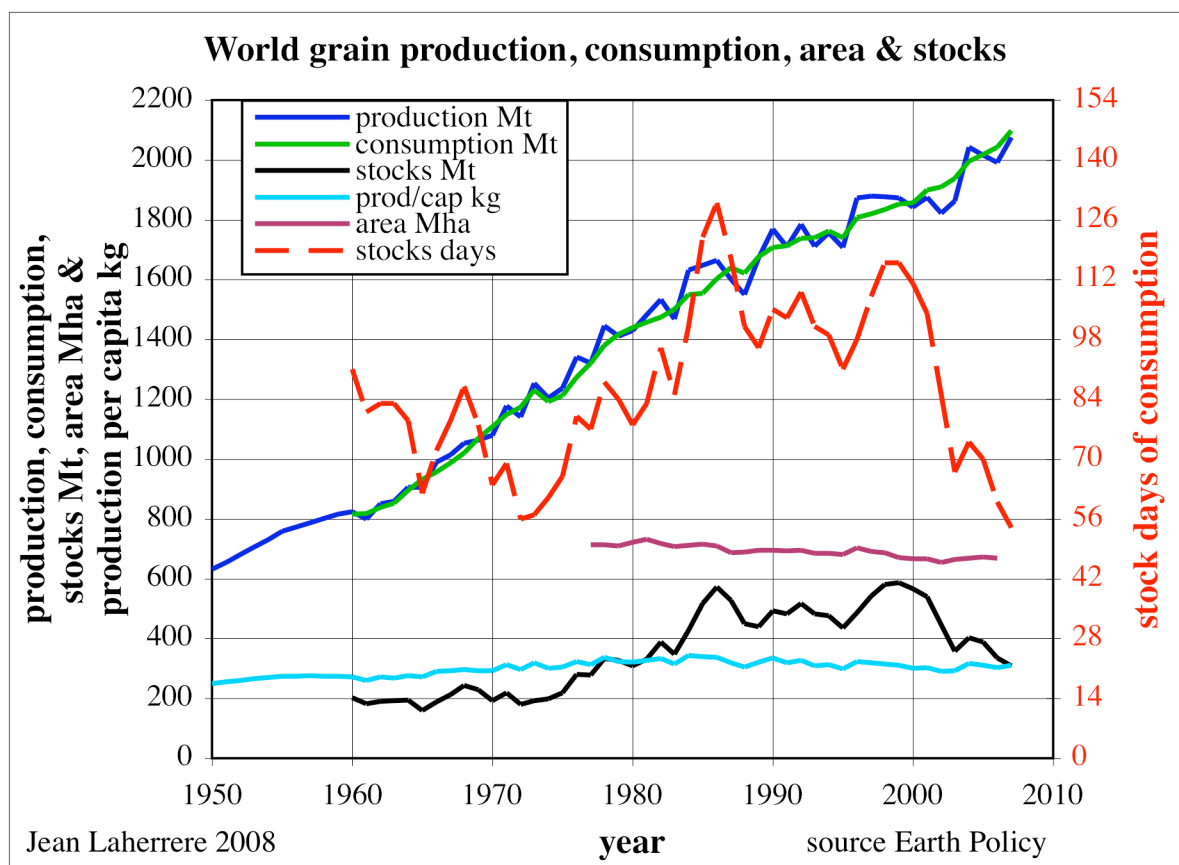
La chute de consommation de petrole a Cuba et en Coree du Nord a conduit a la chute de la productivite agricole.

Figure 35: consommation de petrole et productivite agricole 1965-2006



Le stock de cereales s'ecroule, passant de 120 jours en 1999 a moins de 60 jours en 2006!

Figure 36: production mondiale de **cereales**, consommation, surface, stocks et jours de consommation



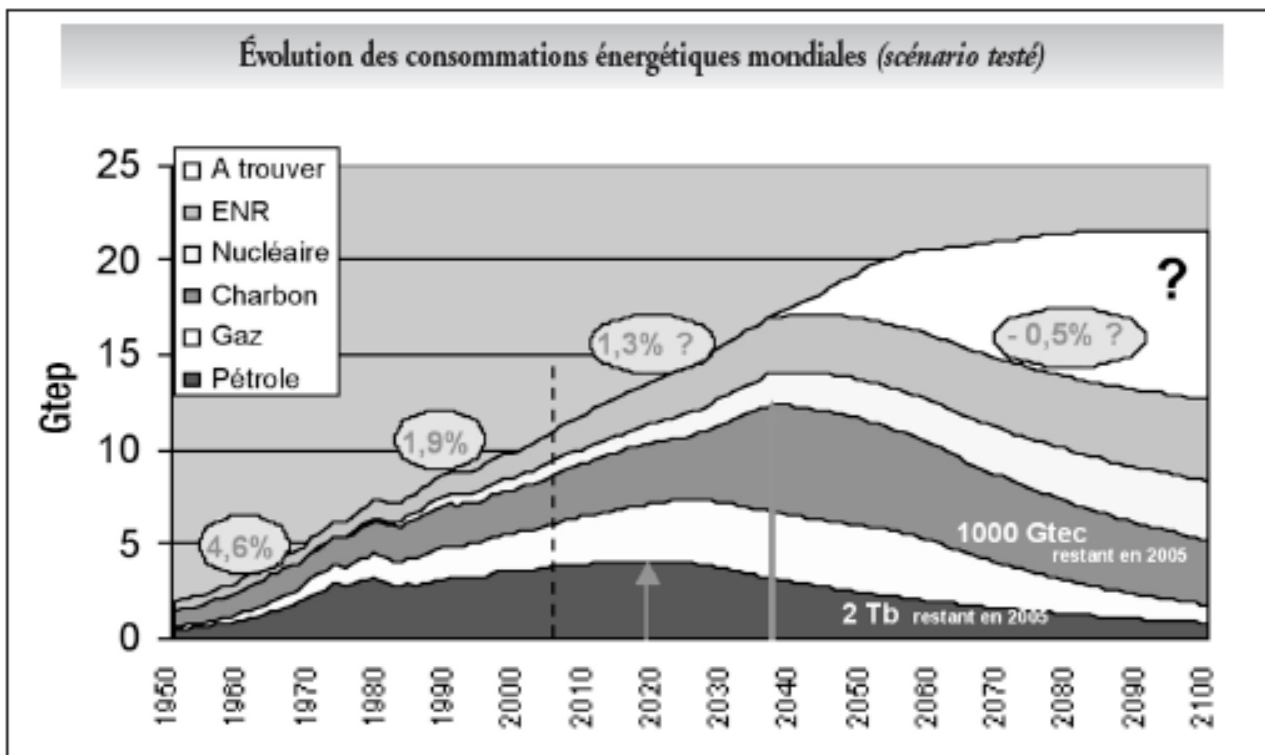
L'agriculture ne peut, dans le futur, nourrir le monde et remplir les reservoirs des voitures!

La ruée sur les biocarburants a entraîné une augmentation du prix des céréales. [Le remède est pire que le mal \(rapport OCDE\)](#)!

Il faut diminuer le gaspillage de nourriture: 50% % US, 35% UK, 25% France.

-previsions d'EDF pour le nucleaire

Figure 37: evolution des consommations energetiques mondiales Y.Bamberger, B.Rogaux Revue Energie 2007



Avec les techniques actuelles des centrales nucléaires (EPR) et les réserves ultimes d'uranium à 15 Mt (4 prouve) il y a déficit des 2040 pour obtenir une croissance de 1,3%/a: il faudra donc que la génération IV (surgénérateurs) prévue pour 2040 soit prête, ce qui semble difficile quand on voit le retard sur l'EPR

-9-Vieillessement des structures et des hommes et des bases de données.

Les structures pétrolières sont surtout en acier et elles rouillent (fuite oleoduc Alaska).

L'âge moyen de l'industrie pétrolière est 45 ans et les jeunes ne sont guère attirés.

Les données se détériorent dans les mémoires magnétiques si elles ne sont réactivées, même dans les disques optiques, plus obsolescence des lecteurs et logiciels

Le facteur temps est toujours mal pris en compte.

-10- potentiel de percée technologique à long terme

-fusion : ITER ou Megajoule

-surgénérateur et réacteur à HT donnant de l'H

-gaseification in situ du charbon

-ethanol cellulosique avec enzymes exotiques

-batterie légère, puissante et bon marché

-pétrole ou H à partir des algues

-11-Comportement irrationnel (stupide) des hommes aboutissant à des échecs magistraux

-Chernobyl = absence d'enceinte et opérations contre les règles de sécurité

-Bug Y2K = seulement 2 digits pour l'année

-Katrina détruisant les digues de La Nouvelle Orléans qui étaient maintenus pour un ouragan catégorie 3

-Airbus 380 = câblage électrique avec 2 logiciels différents à Toulouse et Hamburg

-Effondrement du pont de Minneapolis 2007 = manque de maintenance

-US Subprimes = hypothèse de croissance permanente des prix de l'immobilier

-titrisation des subprimes croyant que le grand nombre réduit le risque, en contradiction avec globalisation

-Îles artificielles et tours de Dubaï basées sur une énergie sans limites??

Einstein parlant de l'infini: *il y a deux exemples: l'Univers et la stupidite humaine, mais je ne suis pas sur du premier.*

***Mes previsions depuis 1998:**

- production petrole = plateau en tole ondulee (bumpy plateau) avec prix chaotiques car recession probable et cout energie sous-evalue
- agriculture ne peut nourrir le monde et remplir les reservoirs des voitures
- demande de gaz europeen ne sera pas satisfaite dans un futur peu eloigne

***Conclusions actuelles:**

- tout est cycle: ce qui monte doit redescendre, car la terre est limitee
- les previsions officielles de reference BAU sont dites irrealisables par beaucoup (Mandil, Margerie,)
- facteur temps le plus important avec retard imprevu
- vieillissement des infrastructures petrolieres, des donnees et des cadres
- augmentation des consommations ou l'essence est subventionne (Iran, Venezuela)
- augmentation rapide des voitures dans les pays émergents Chine, Inde qui va se heurter au mur du peak oil
- compagnies nationales NOC = plus de reserves, mais moins competentes et moins de moyens que les IOC
- economistes comptent sur la technologie (pere Noel) avec des donnees fausses, n'ecoutant pas les techniciens
- notre societe de consommation (toujours plus) a ete base depuis 50 ans sur une energie faisant 5% du PIB (energie <6% du budget menage francais en 2006) alors que l'energie contribue pour 50%
- ASPO, organisation internationale independante non-profit fondee par C.Campbell, a impose le terme *peak oil* avec une influence grandissante en matiere des HC aupres des pays, avec 30 ASPO Nationaux
- les soi disants pessimistes (qui se voulaient realistes) semblent maintenant l'emporter sur les optimistes (Tout va tres bien Madame la Marquise) qui deviennent plus realistes (IFP, AIE)
- il faudra changer de mode de vie car la croissance constante (BAU) est impossible dans un monde fini.
- la recession mondiale prevue par Volcker 2004 pourrait etre la purge salutaire qui permettra a chacun de changer de comportement.

Le temps du monde fini commence Paul Valery 1931

Plus je sais, plus je sais que je ne sais pas, et les autres non plus!