

Geosciences Montpellier 5 decembre 2008

Previsions de production petroliere mondiale

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= seul prouve)).

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

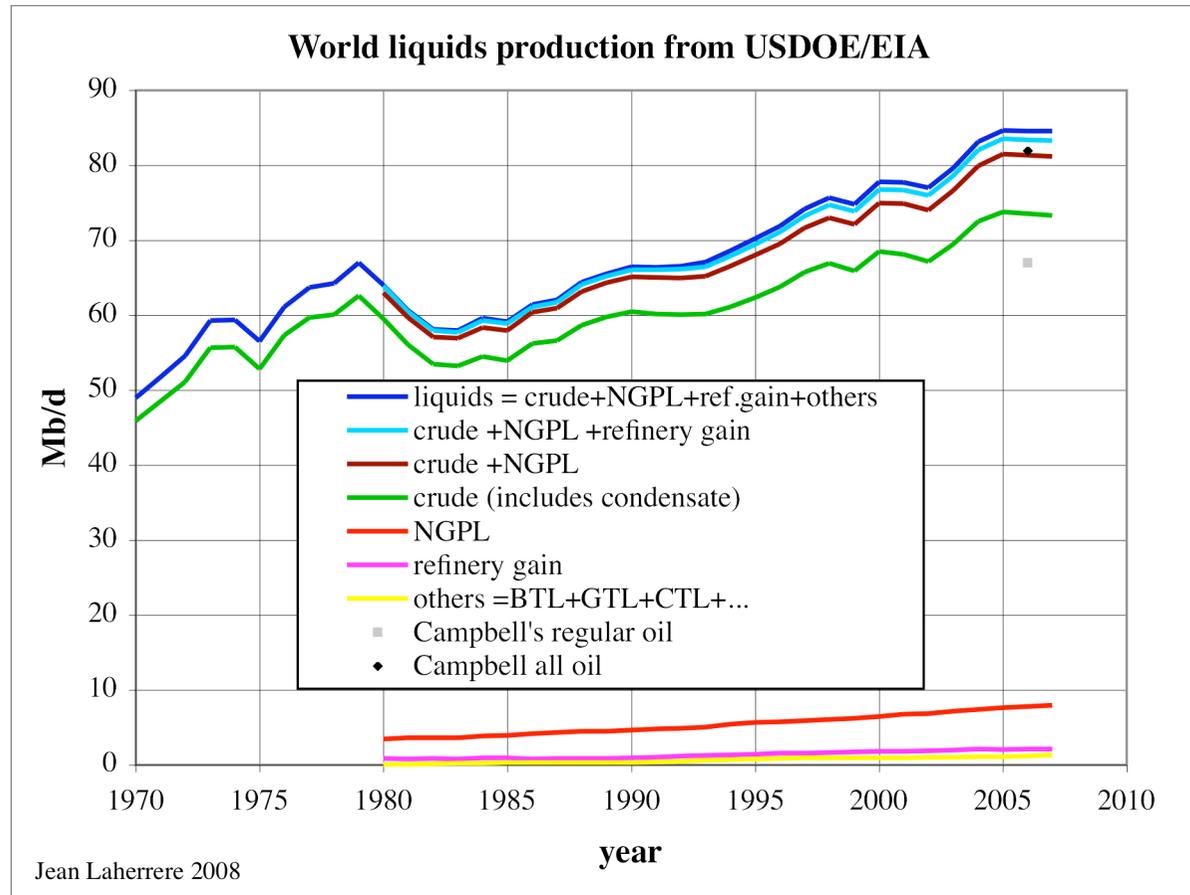
L'ambiguite est recherchee et les definitions ne sont jamais fournies exactement, ni les valeurs de reference

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'après USDOE/EIA



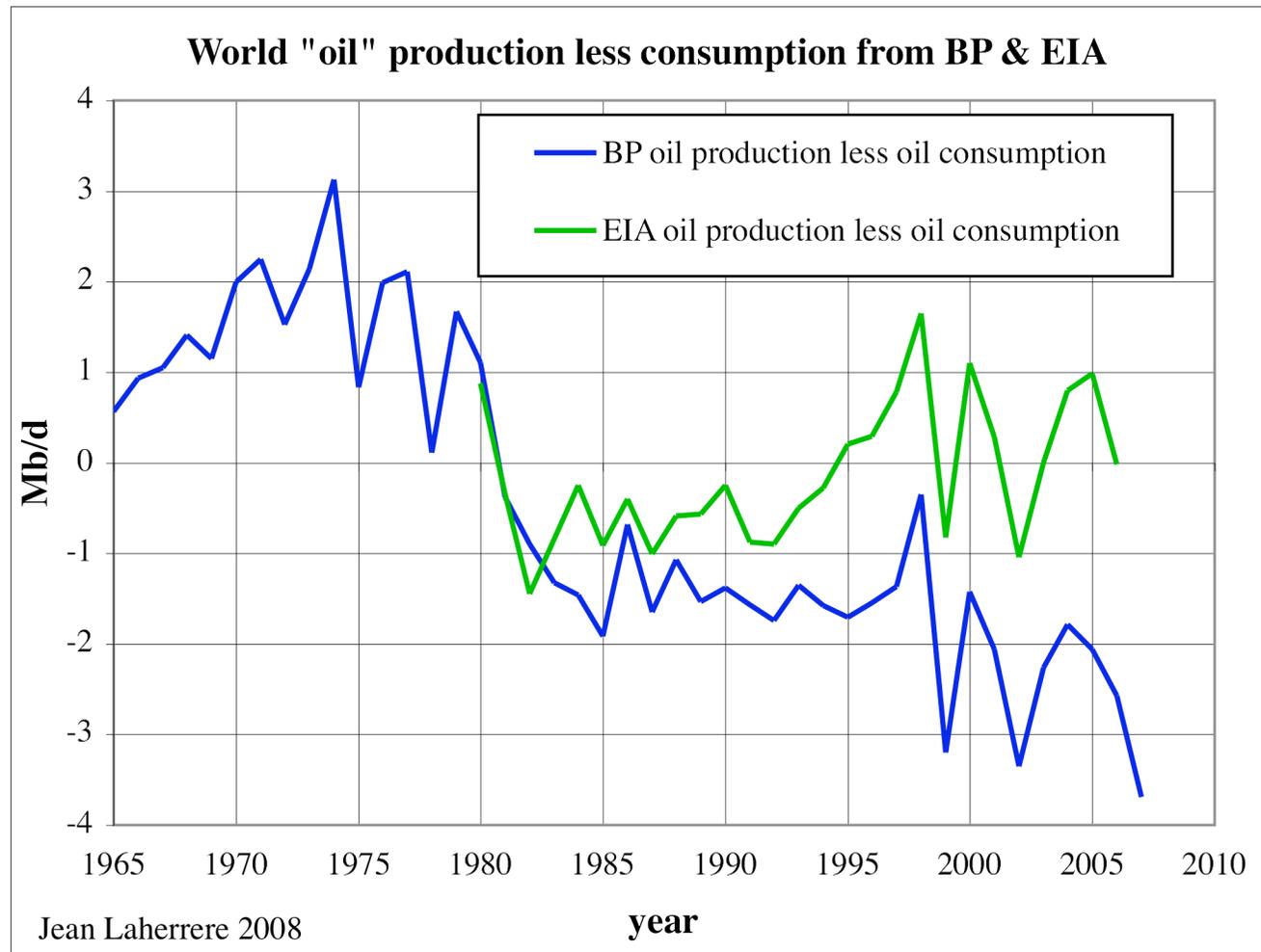
La demande d'huile publiée par USDOE et AIE est de 85 Mb/d en 2007, incluant tous les liquides: brut + huiles extra-lourdes + liquides de gaz naturel + gain de raffinerie + autres (huiles synthétiques = XTL)

XTL = GTL (gaz) , CTL (charbon) , BTL (biomasse) , STL (schiste)

L'offre d'huile doit être exprimée en tous liquides pour répondre à la question : **Quand la demande ne va pas être assurée par l'offre?** Certaines prévisions de l'offre n'incluent pas le gain de raffinerie et les XTL

Pour BP Statistical review “oil production” n’est pas le meme que “oil consumption”

Figure 2: “oil” production moins “oil consumption” pour BP et EIA



La plupart des donnees petrolieres publiques sont **manipulees financierement** (regles perimees SEC) ou **politiquement** (bagarre entre les membres OPEP sur les quotas)

Reserves dites prouves d'huile a fin 2007 publiees apres enquetes aupres d'organismes officiels

Oil Gb	OGJ	BP	WO
World	1 331.698 077	1 237.875 464 625 99	1 183.891
Russia	60.000 000	79.432 084 5	76.000
Norway	6.865 325	8.171 588 188 604 87	6.693
Canada	176.592 000	27.664 029 323 866 1	25.157
China	16.000 000	15.493 4	18.052

Le nombre de chiffres significatifs est ridicule en face de la divergence des sources

Il y a 4 classifications differentes pour les reserves:

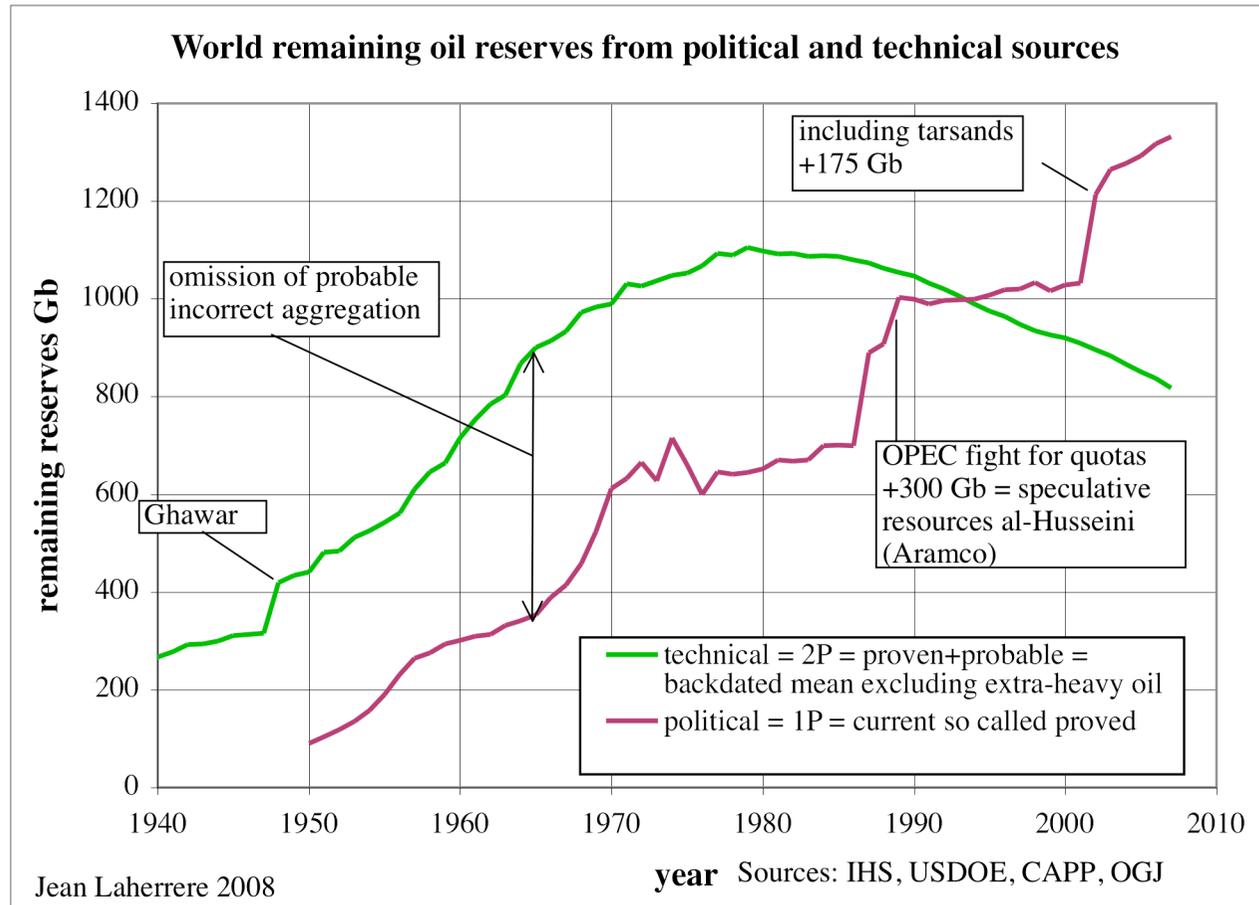
-US: toutes les compagnies cotees sur la bourse americaine sont obligees par la SEC (regles 1978) de ne publier que les reserves prouvees auditees supposees etre le minimum (certitude raisonnable). La SEC va changer les regles en 2009 acceptant les reserves probables

-OPEP: les quotas dependent des reserves dites prouvees non-auditees qui sont augmentees au gre des politiques ou qui restent constants pour ne pas changer les quotas

-classification de l'ex-URSS: les reserves ABC1 (Khalimov 1979) representent la recuperation theorique maximum (3P) qualifiees par Khalimov en 1993 comme grossierement exagerees;

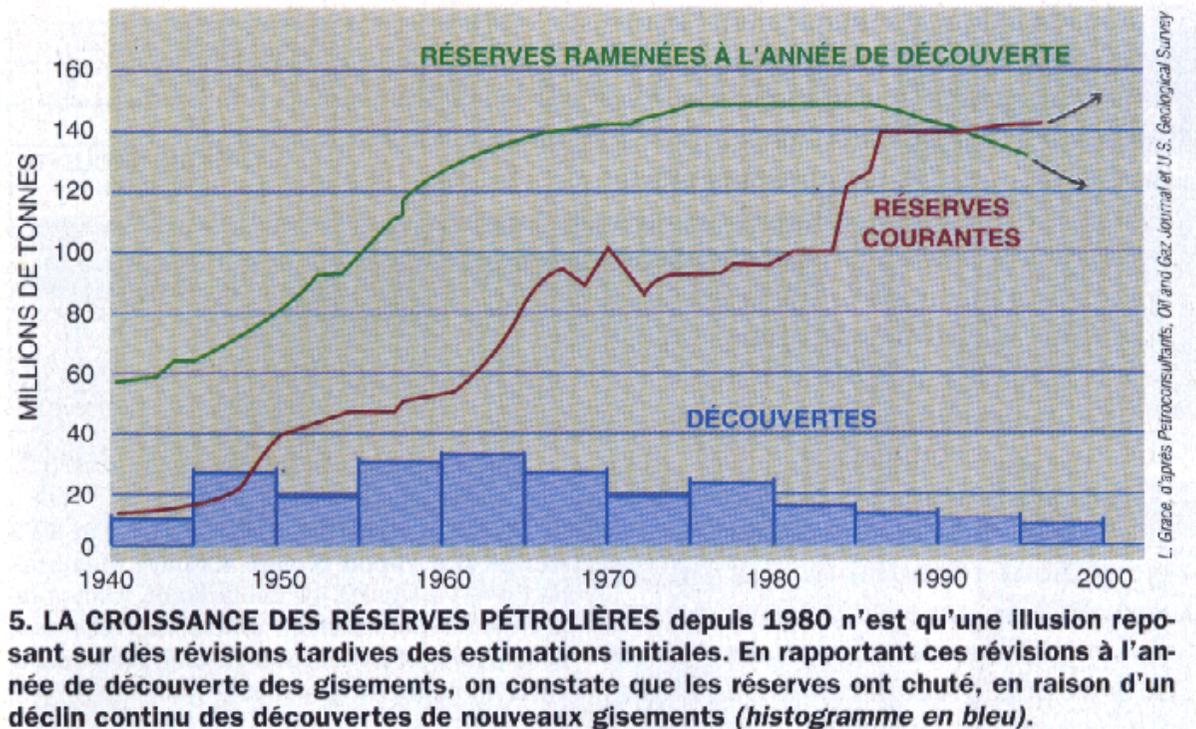
-reste du monde: les reserves 2P = prouve+probable sont utilisees par l'industrie suivant les regles SPE/WPC 1997 (j'etais un membre de la redaction)

Figure 3: **reserves mondiales restantes de petrole d'apres les donnees 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

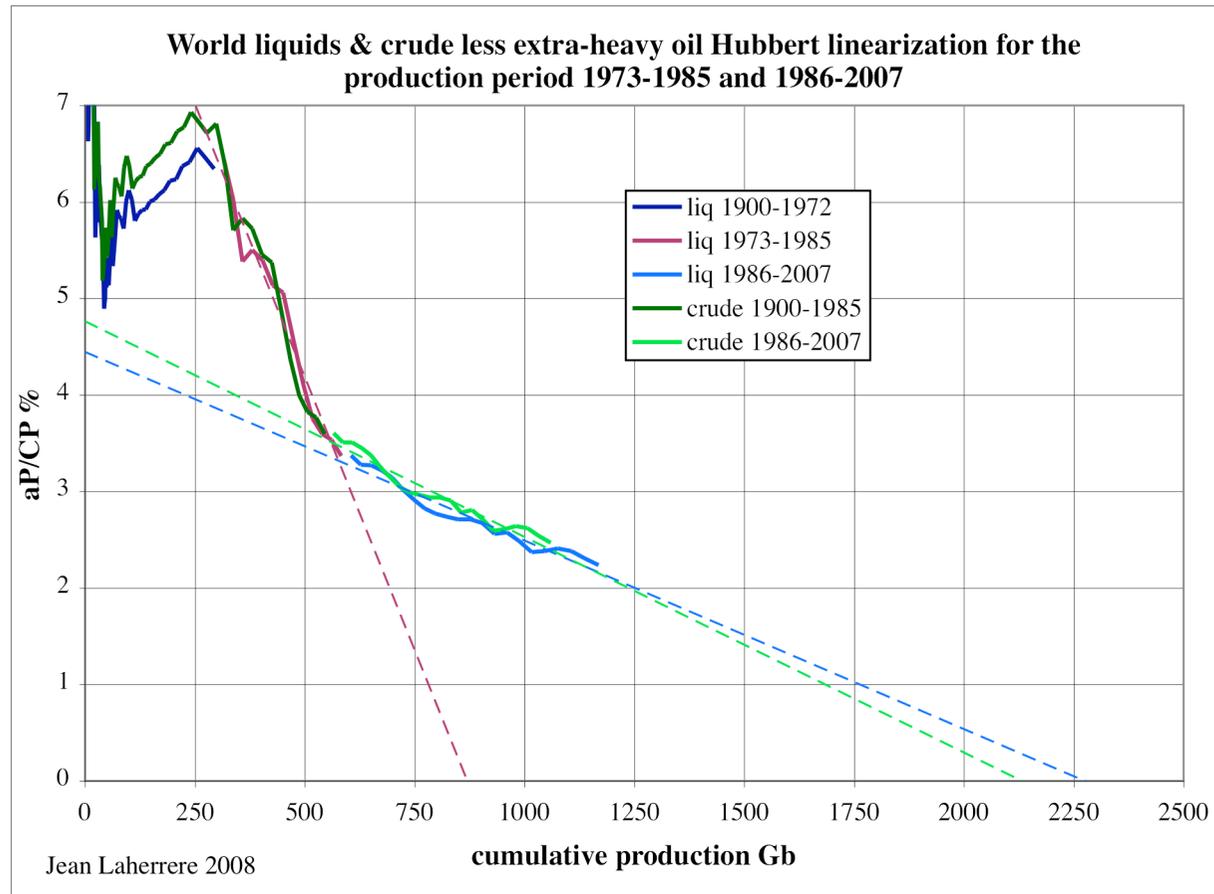
Il ne faut pas confondre réserves (ce qui sera produit) et ressources (ce qui se trouve dans le sous-sol).

Il ne faut pas confondre réserves ultimes (production passée + future production jusqu'à épuisement) et réserves restantes à une certaine date

Ultime et *linearisation d'Hubbert*

La *linearisation d'Hubbert* est utilisée par certains à partir des données de production pour obtenir l'ultime des réserves de pétrole. Mais la courbe: taux de croissance de la production en fonction de la production cumulée ne montre un trace linéaire que si la courbe suit un modèle logistique.

Figure 5: production mondiale des liquides et du brut-EL : linearisation Hubbert 1973-1985 & 1986-2007

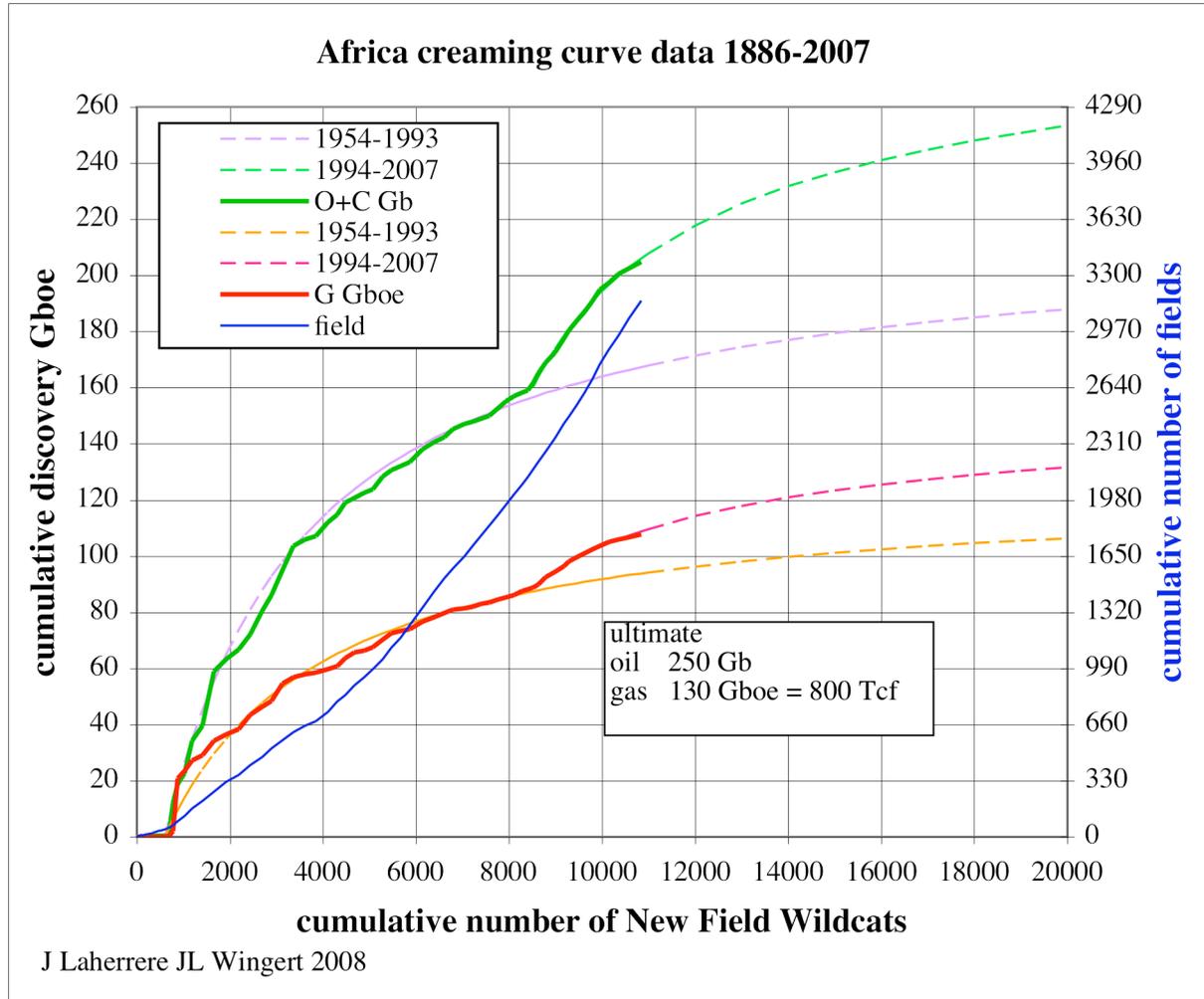


La période 1972-1985 donne une extrapolation moitié que la suivante. Il faut faire appel aux découvertes.

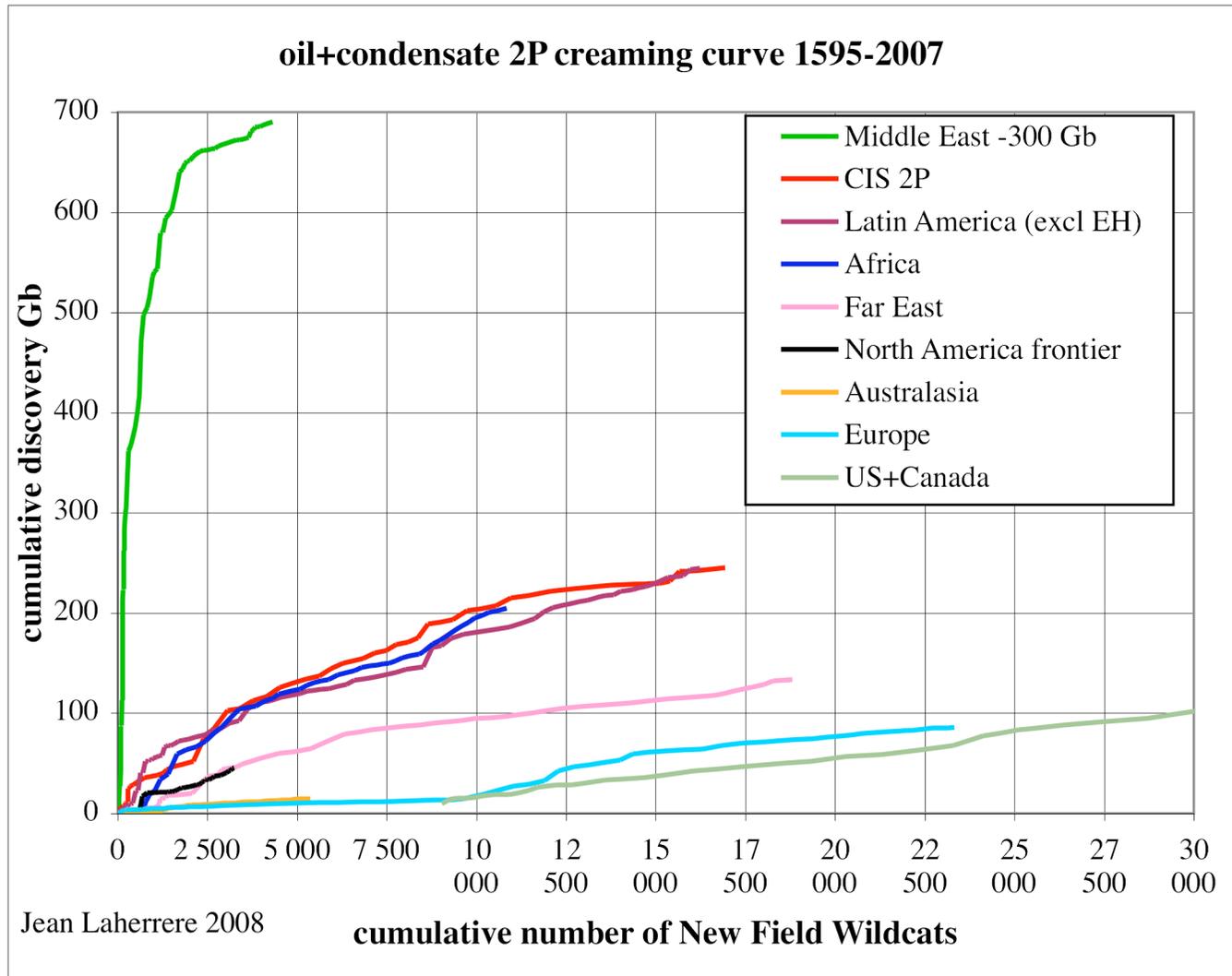
-courbe d'ecremage

L'extrapolation de la courbe cumulee de decouvertes (2P) en fonction du nombre cumule de puits d'exploration pure (NFW) avec plusieurs cycles est la meilleure methode, peu utilisee, necessitant des donnees confidentielles

Figure 6: **courbe d'ecremage du petrole de l'Afrique 1886-2007 avec deux cycles: quid du 3e?**



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



La courbe des decouvertes cumulees en fonction du temps peut aussi etre modellise 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 8: decouverte et production mondiale cumulees de brut –EL avec prevision pour ultime de 2 Tb

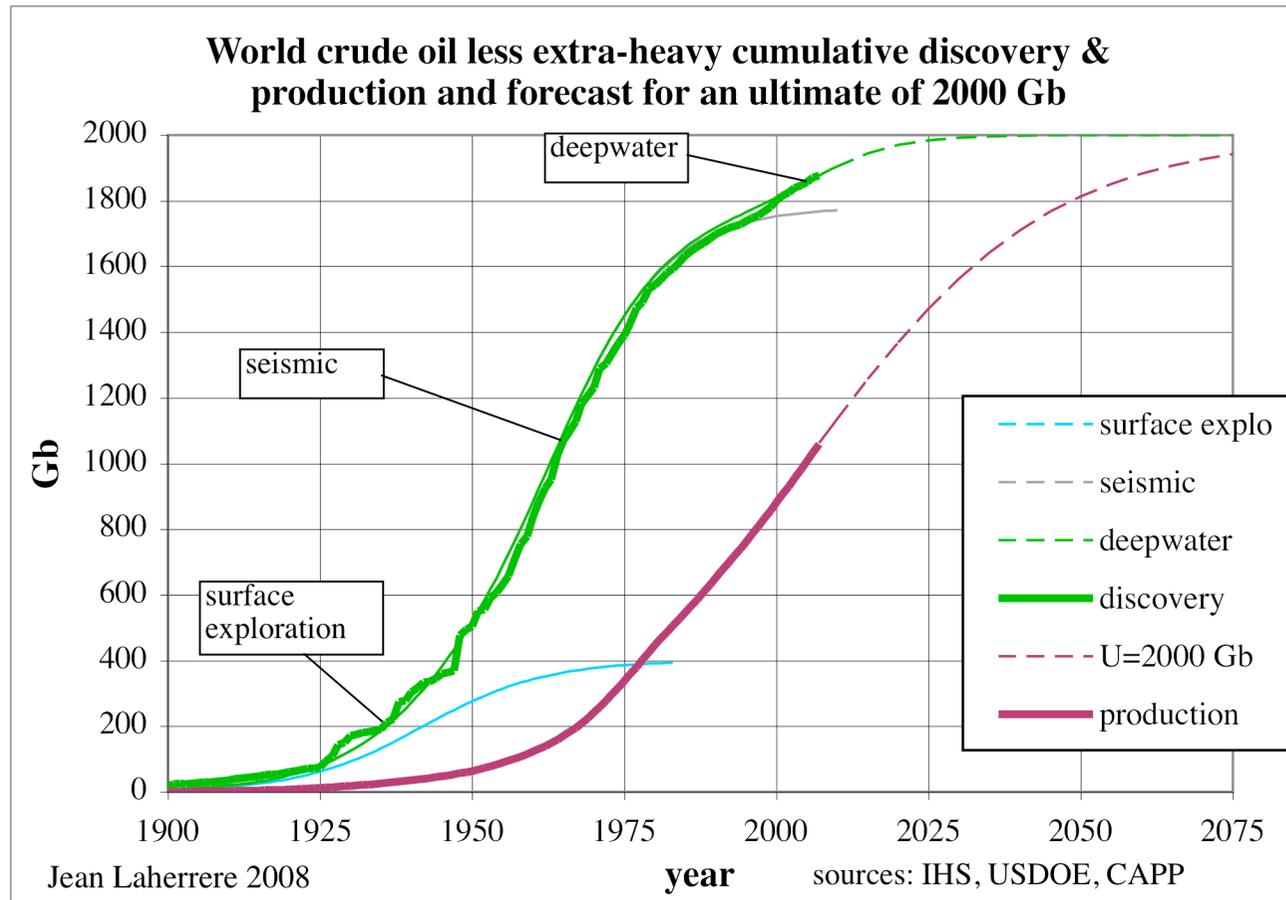
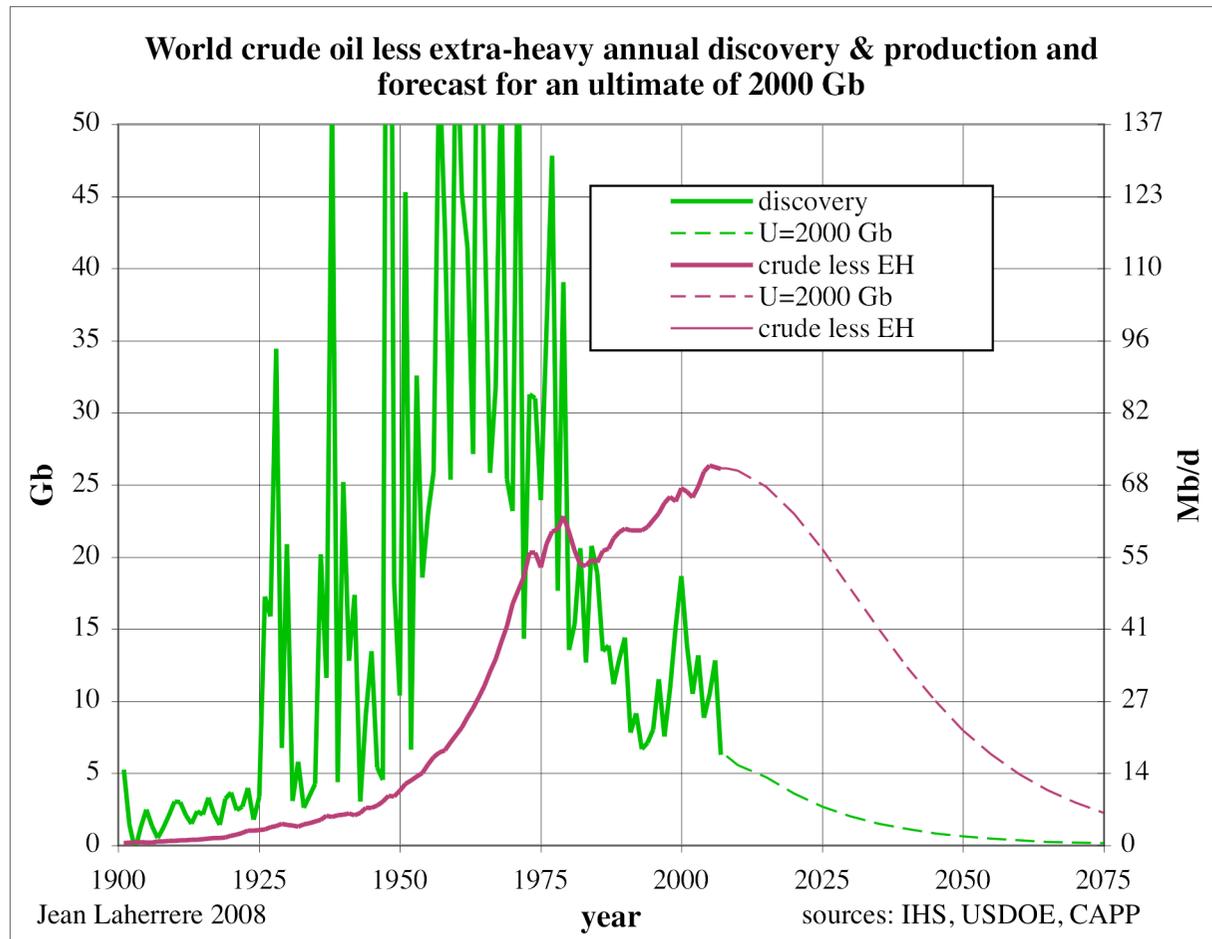


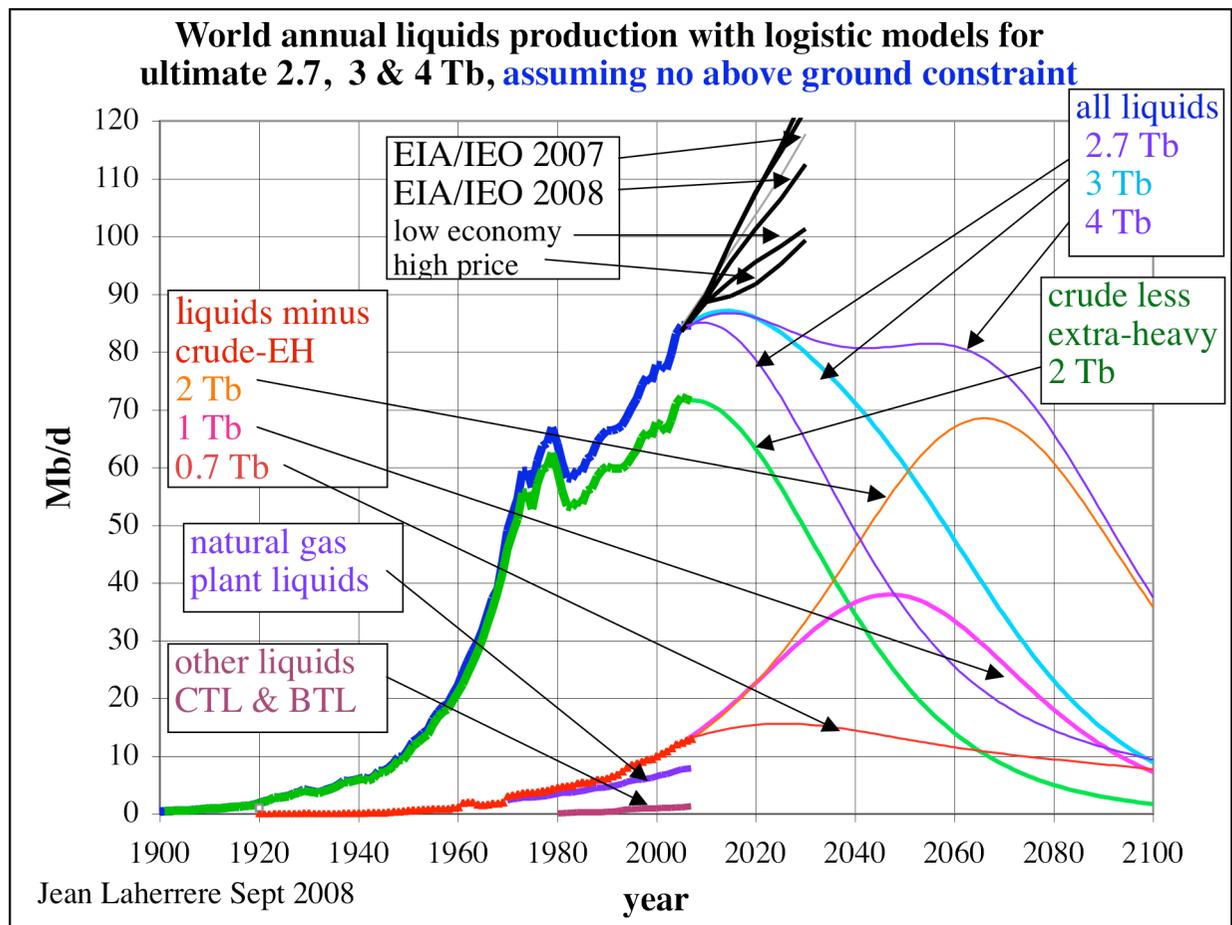
Figure 9: decouverte et production mondiale annuelles de brut –EL avec prevision pour ultimate de 2 Tb



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; synthetique (BTL, CTL) et gain de raffinerie =250 Gb

Si le scenario minimum est de 0,7 Tb pour les liquides autres que le brut-EL, le scenario le plus probable est de 1 Tb et le scenario maxi de 2 Tb, donnant un ultime tous liquides allant de 2,7 a 3 et 4 Tb.

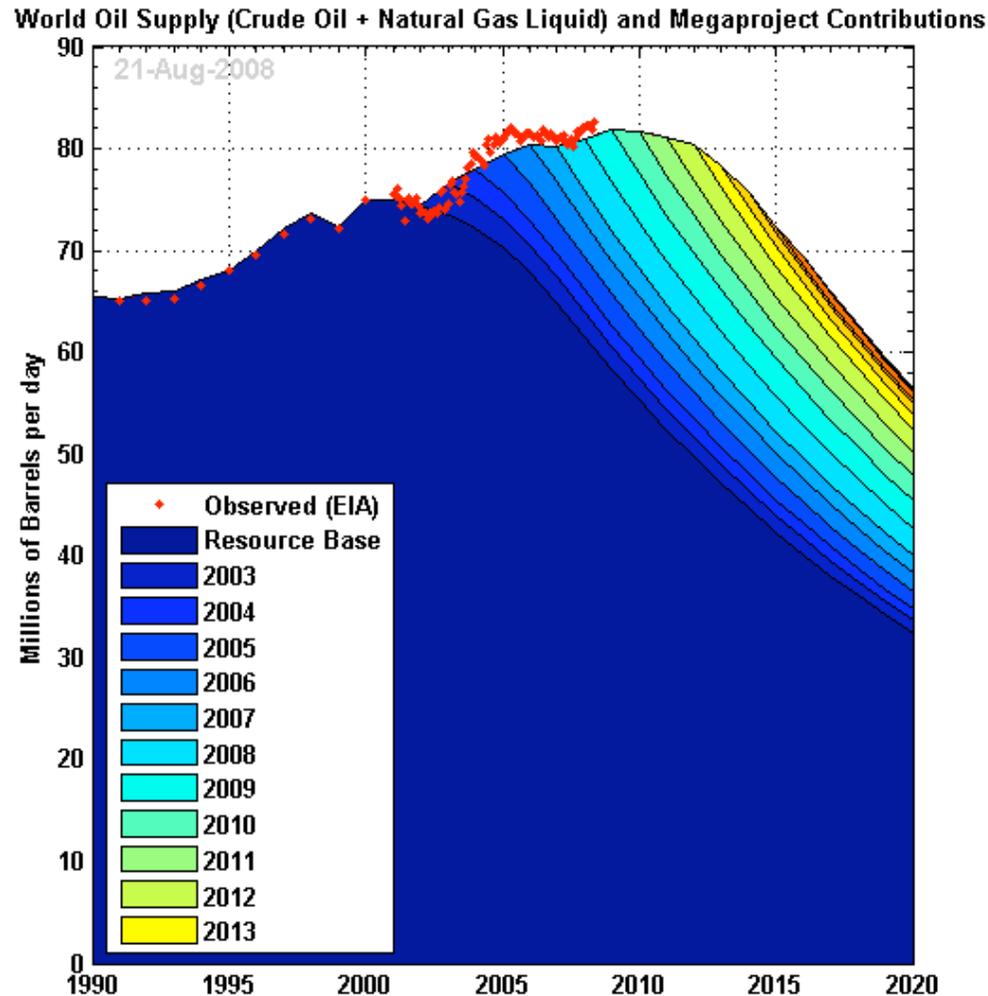
Figure 10: production annuelle mondiale de liquides pour un ultime de 2,7, 3 & 4 Tb avec l'hypothese *pas de contrainte au dessus du sol* avec les 5 scenarios USDOE/EAI 2008



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.

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 11: previsions production “brut + liquides de gaz” *The oil drum* a partir des *megaprojects*



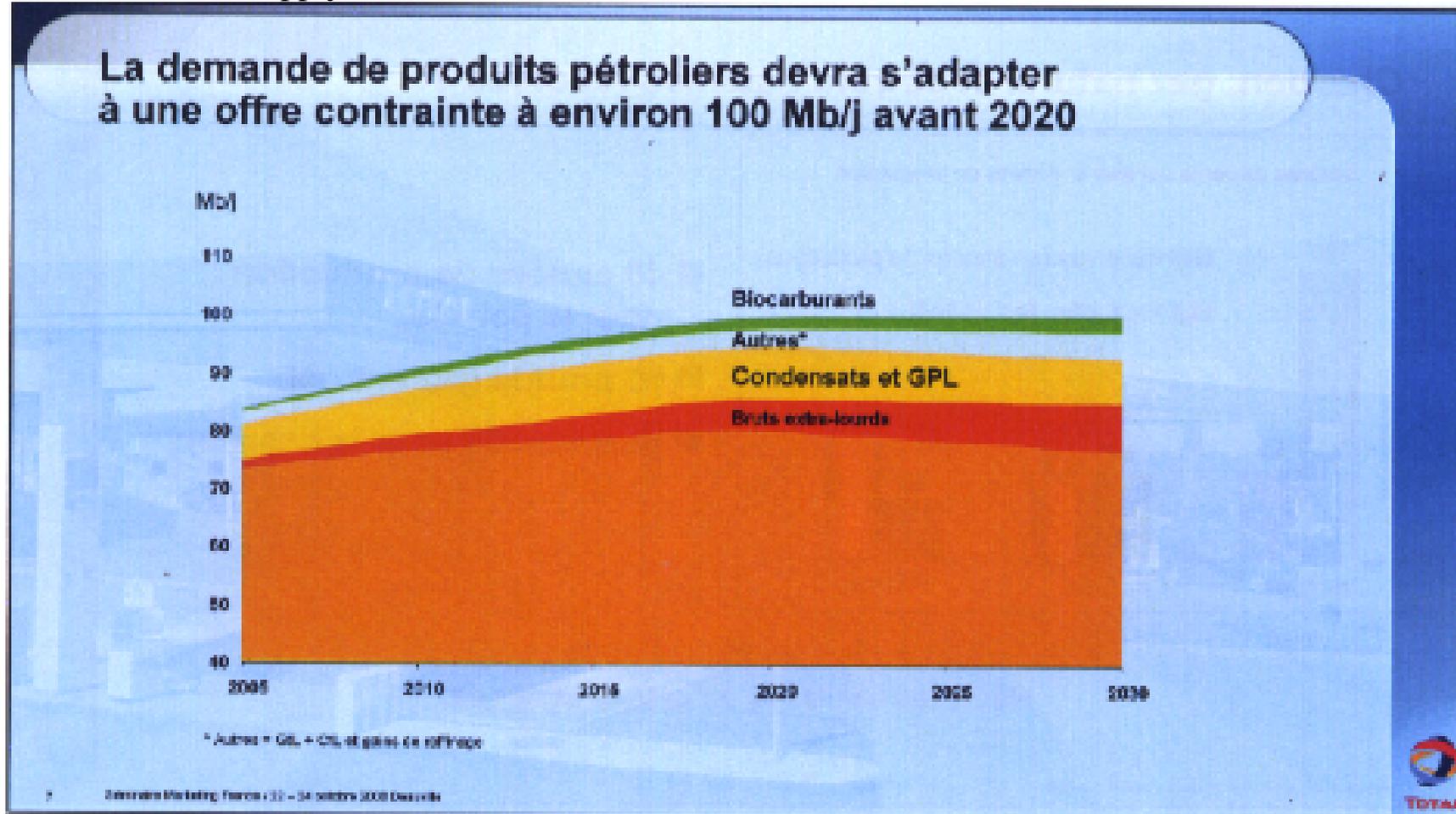
Après 2012 il faudra ajouter les futurs megaprojects non encore decides.

L'hypothèse *pas de contrainte au dessus du sol* est peu probable et c'est pourquoi depuis 2001 je prédis un plateau ondule et des prix du pétrole chaotique.

USDOE 2008 a un scénario low economy à 100 Mb/d en 2030

TOTAL prévoit un plateau tous liquides de 2018 à 2030 à moins de 100 Mb/d

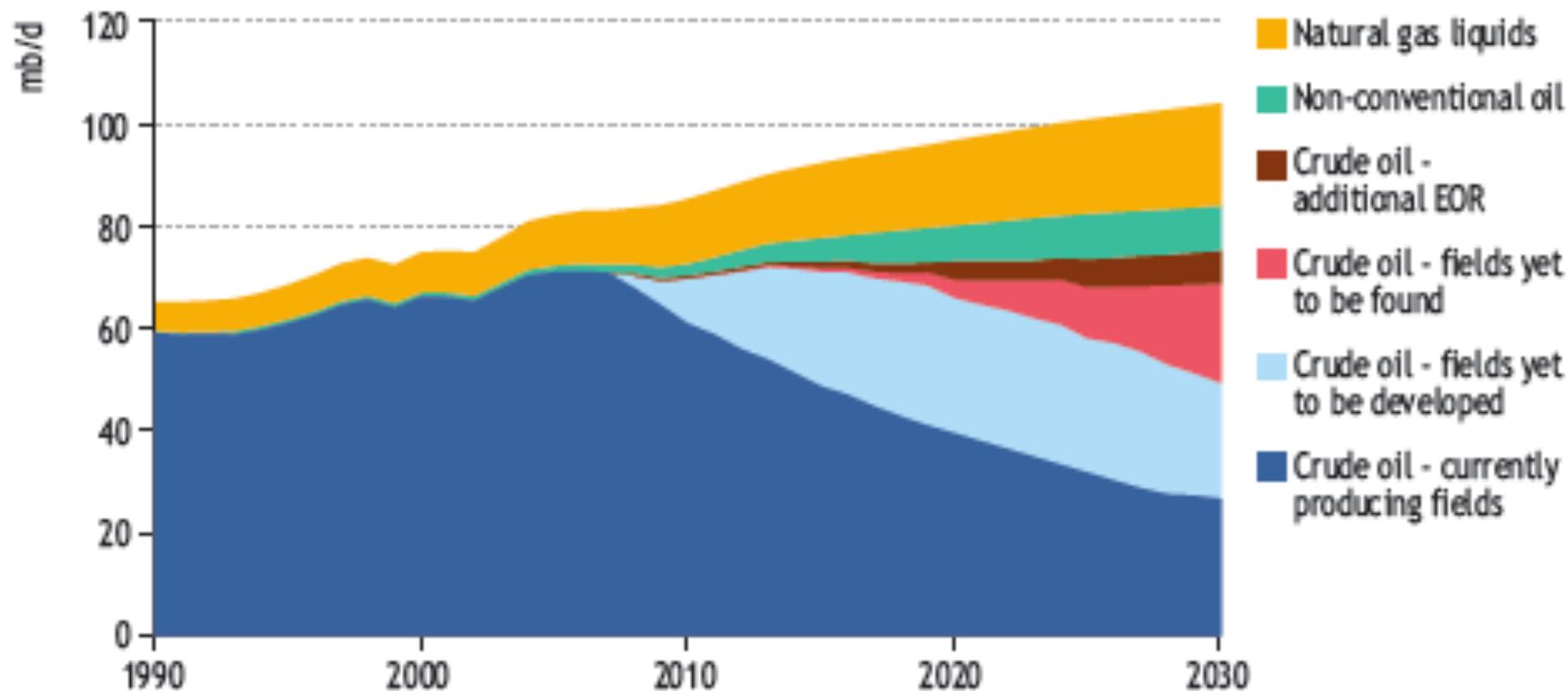
Figure 12: World oil supply forecast from TOTAL 2008



IEA/WEO 2008 pour 2030 = 106 Mb/d reference, = 98 Mb/d scénario 550 ppm et moins scénario 450 ppm.

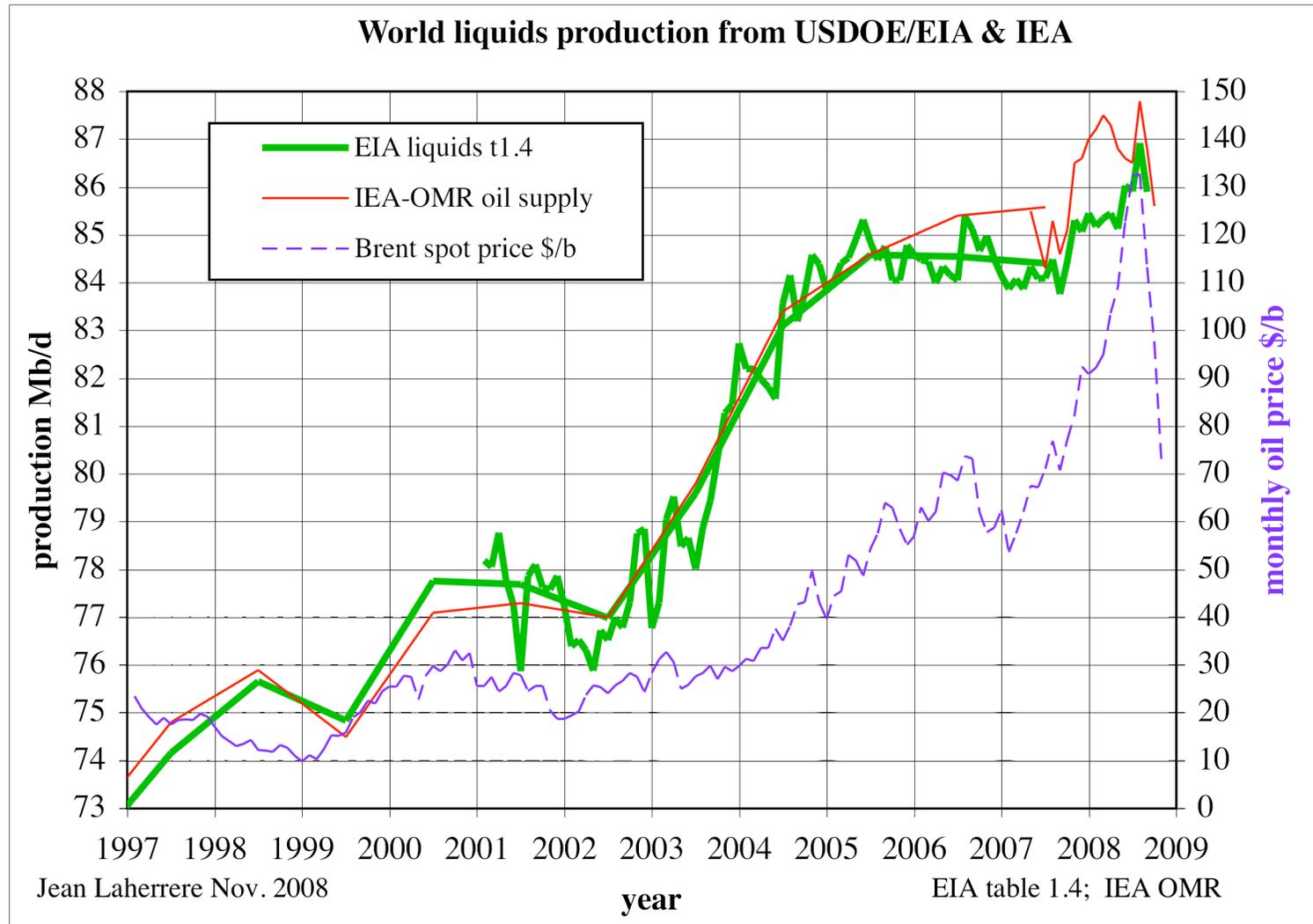
Agence Internationale de l'Énergie (AIE) World Energy Outlook WEO Novembre 2008
 pour 2030 = 106 Mb/d reference, = 98 Mb/d scenario 550 ppm et moins scenario 450 ppm
 Figure 13: previsions AIE WEO 2008 huile et liquides de gaz

Figure 11.1 • World oil production by source in the Reference Scenario

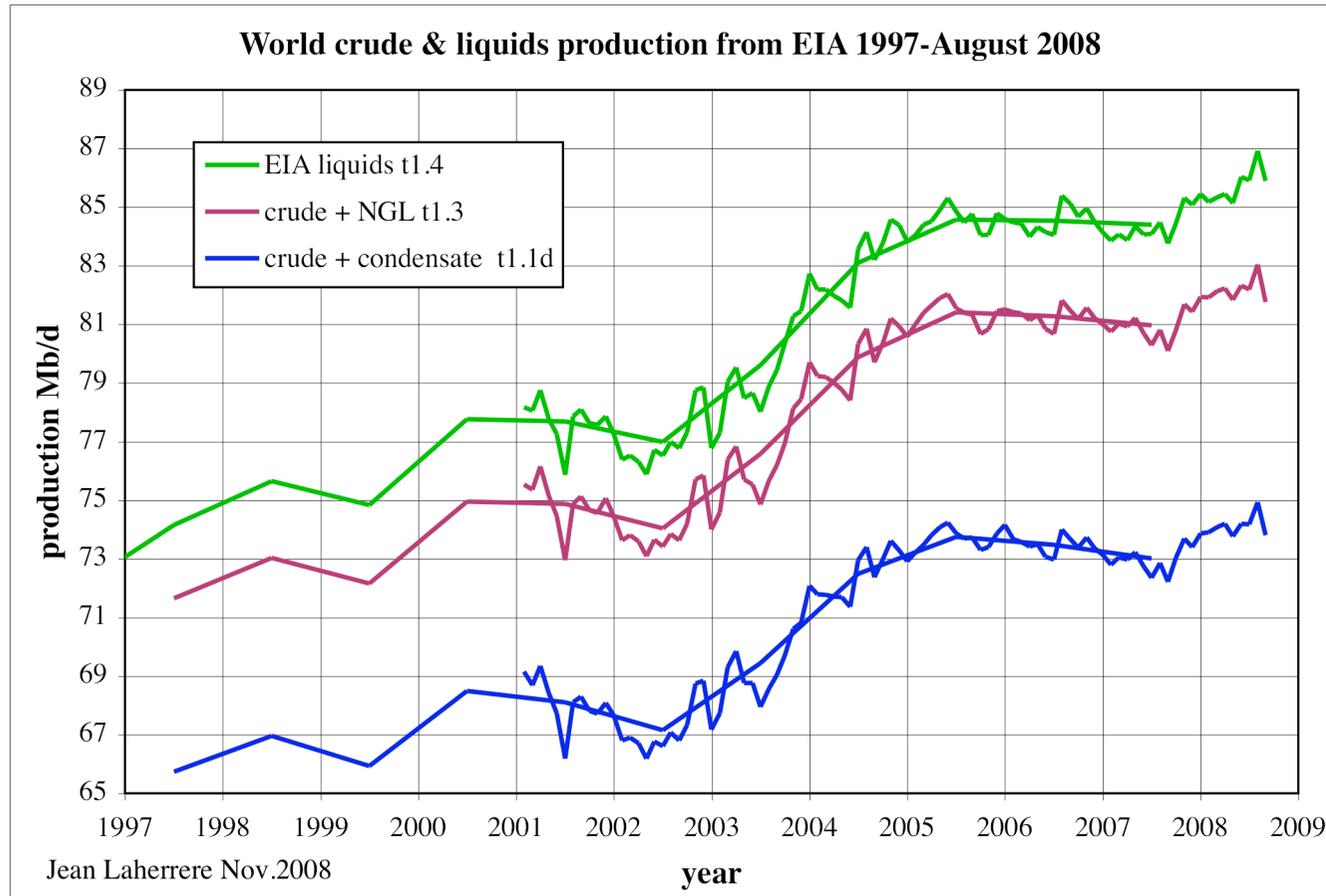


Les valeurs de production mensuelles de l'USDOE/EIA (souvent corriges des annes apres) montrent un plateau ondule depuis 2005. Les valeurs annuelles de l'AIE divergent par plus de 1 Mb/d!

Figure 14: **production mondiale de liquides d'apres USDOE/EIA**



Certains ont pretendu que le pic du **brut** a ete en Mai 2005, mais Mai 2008 a ete superieur
 Figure 15: production mondiale de tous liquides, de brut et de brut+liquides de gaz d'apres EIA

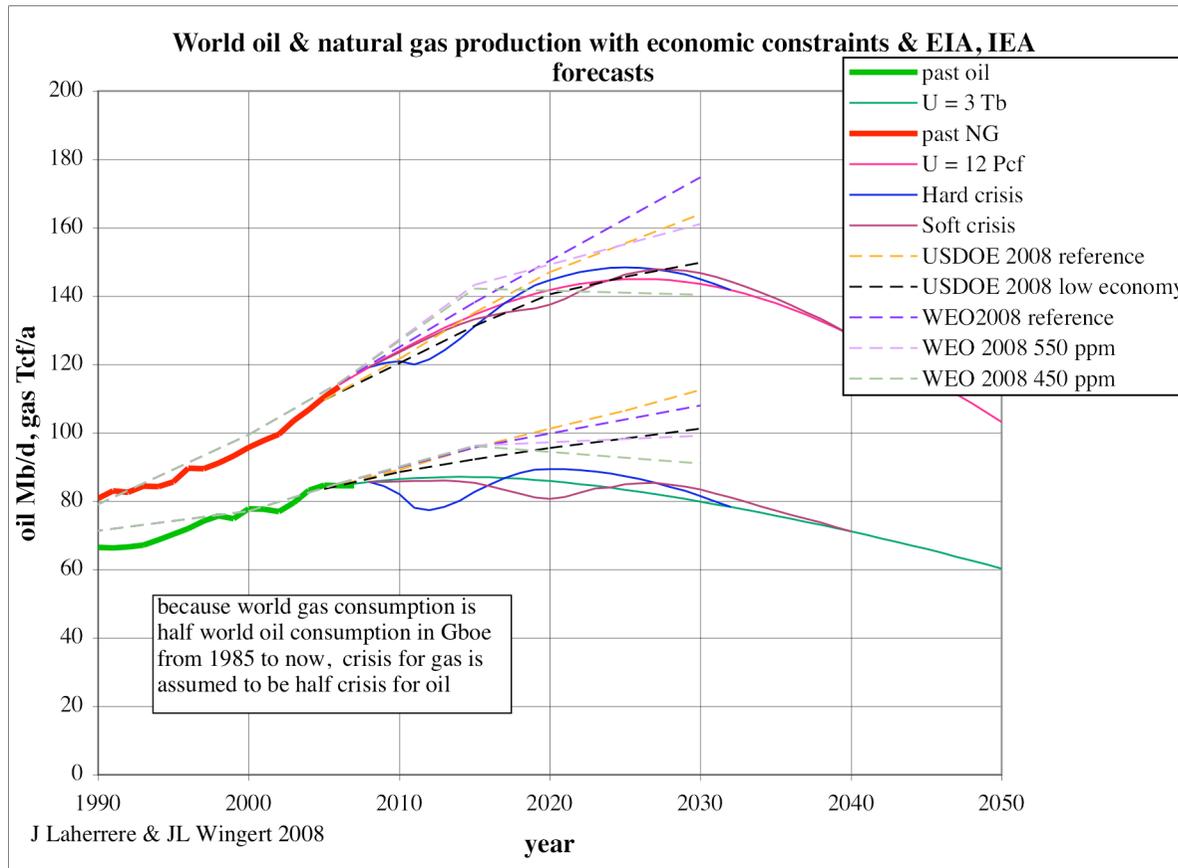


Les contraintes *above the ground* sont importantes: nationalisation (Venezuela, Russie), guerre civile (Irak, Nigeria), manque de terrain a explorer pour les IOCs, manque d'equipements et de personnel, et recession economique qui arrive et empire. **Le plateau sera ondule et les prix chaotiques, comme je le dis depuis 2001.** Le facteur temps est le plus sous-estimé et le plus difficile a combattre: **on ne peut faire un enfant en un mois avec neuf femmes!**

-Contraintes au dessus du sol

A ASPO VII a Barcelone (20 Octobre 2008) avec JL Wingert nous avons prévu deux scenarios économiques (fort & léger) a partir des crises de consommation de petrole en Argentine, Japon et monde.

Figure 16: previsions mondiales de production d'huile et de gaz avec contraintes économiques (crise forte et crise legere) pour des ultimes de 3 Tb et 12 Pcf avec USDOE 2008 et AIE WEO 2008



Autres previsions: National Petroleum Council 2007 *Hard truths* (2 ans et 350 personnes) a pris celles d'ASPO France en reference. CERA prevoit un plateau ondule qui ne commence qu'en 2030-2050, contrairement aux declarations de Total (de Margerie) et Conoco

Figure 17: prevision NPC dans WSJ 19 Nov 2007

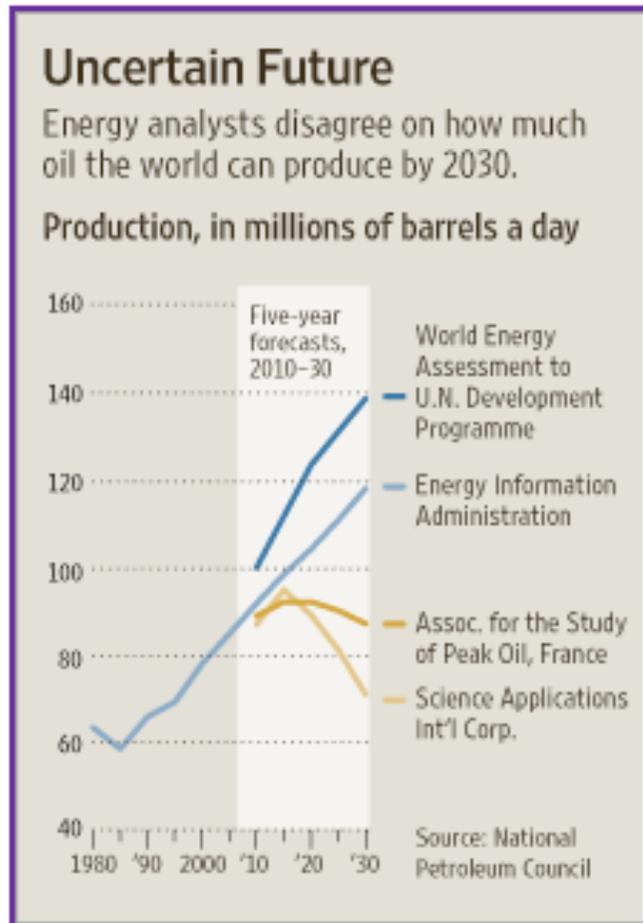
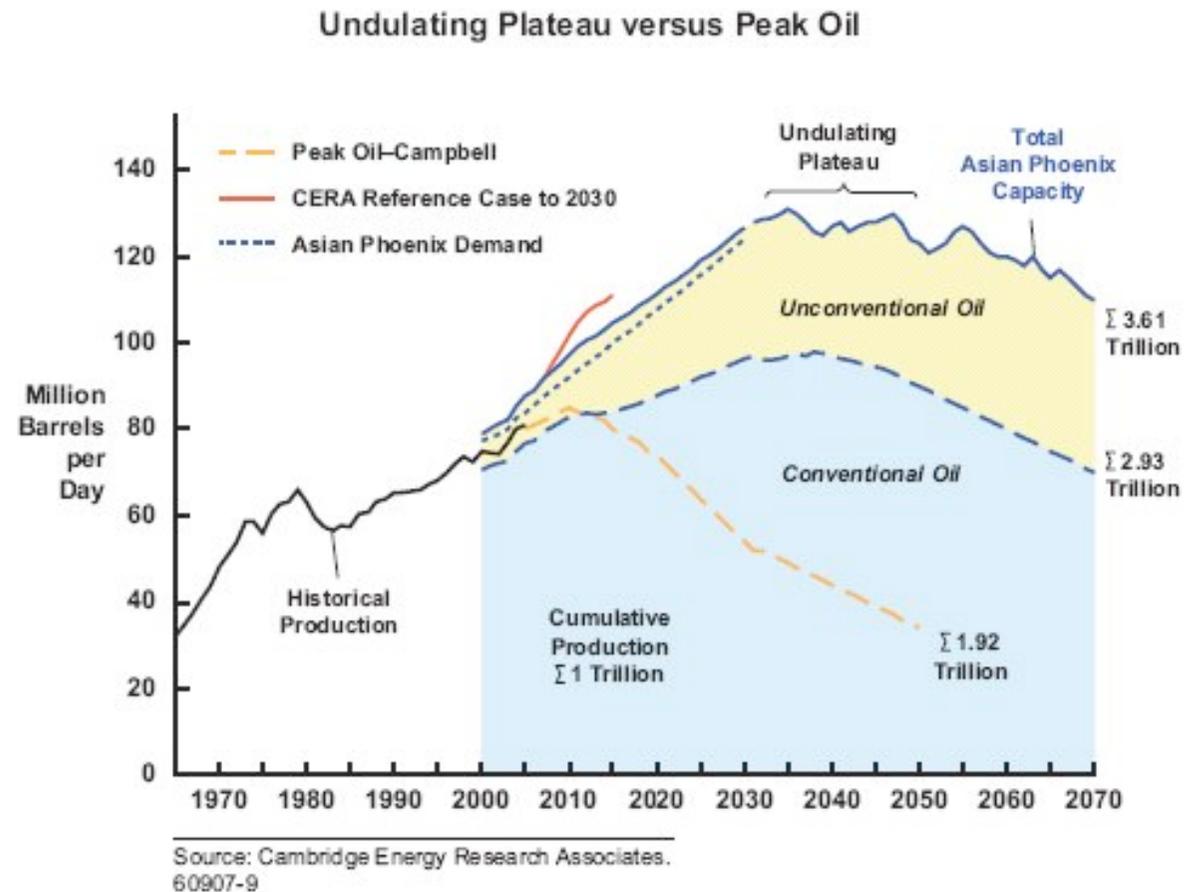


Figure 18: prevision CERA 2007

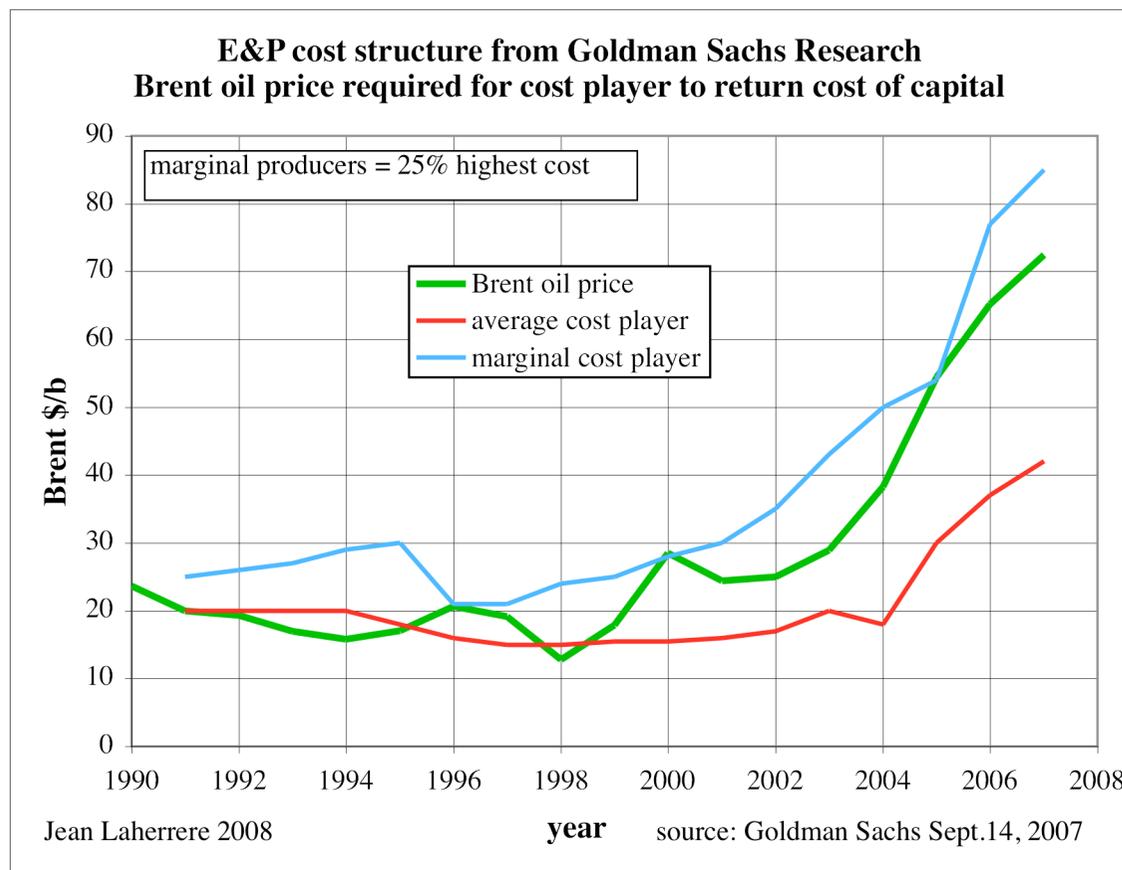


ASPO USA a parie 100 000 \$ avec CERA que leur 112 Mb/d en 2017 ne sera pas atteint = victoire par forfait

-cout marginal ou point neutre

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

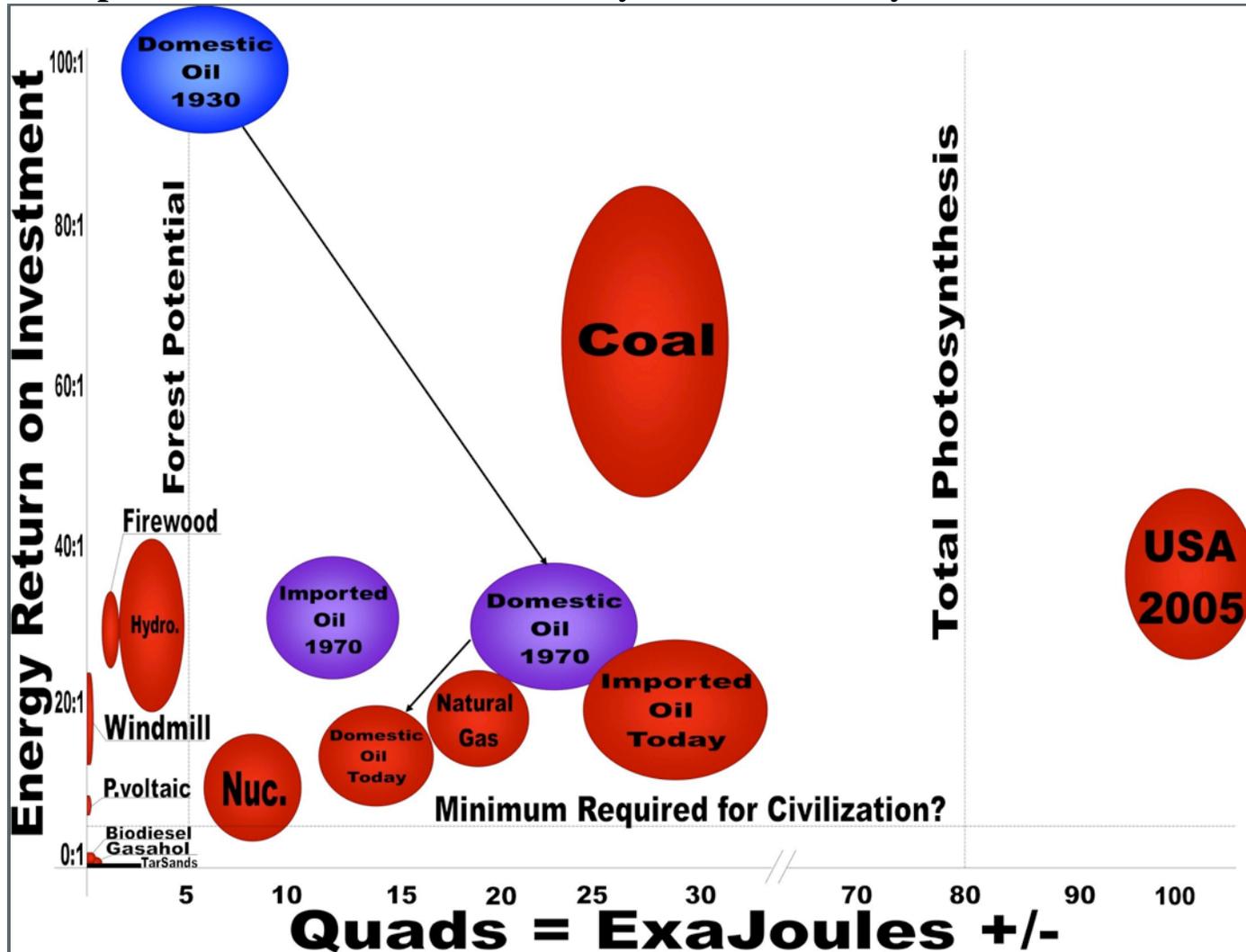
Figure 19: cout requis par les producteurs pour ne pas faire faillite d'apres Goldman Sachs 2007



TOTAL a declare que les sables bitumienux ont un point neutre a 90 \$/b et l'offshore profond a 70 \$/b. Pour les pays le point neutre serait Qatar 24, Koweit 33, Libye 47, Arabie 49, Venezuela 80, Iran 90, Irak 110.

- **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 que ce qu'elle peut produire : EROEI doit etre superieur a 1

Figure 20: EROI d'apres Charlie Hall State University of New York, Syracuse



-2-Energie primaire

Il est difficile de tracer un bon historique de l'énergie primaire depuis plusieurs siècles

Figure 21: energie primaire mondiale 1850-2007

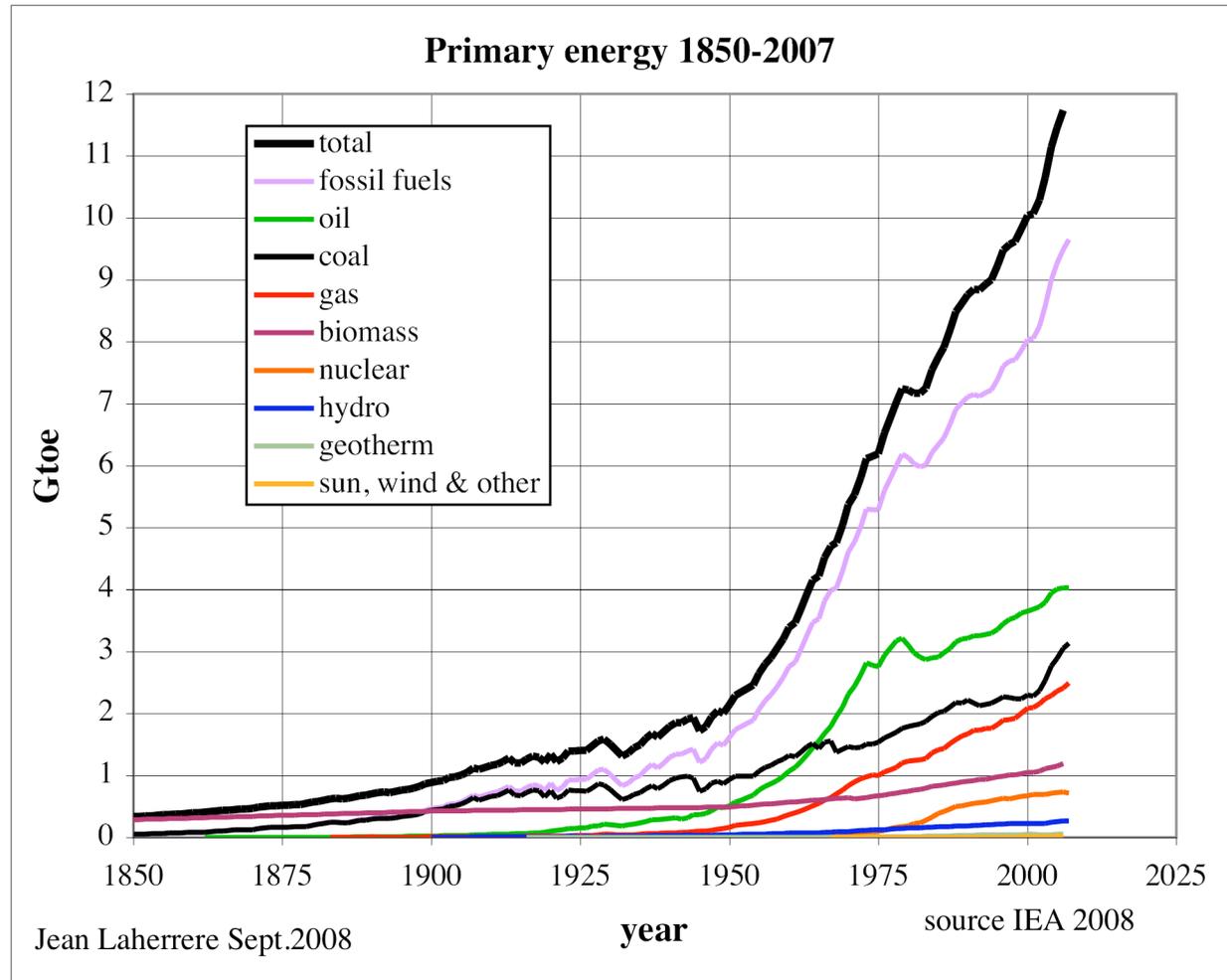
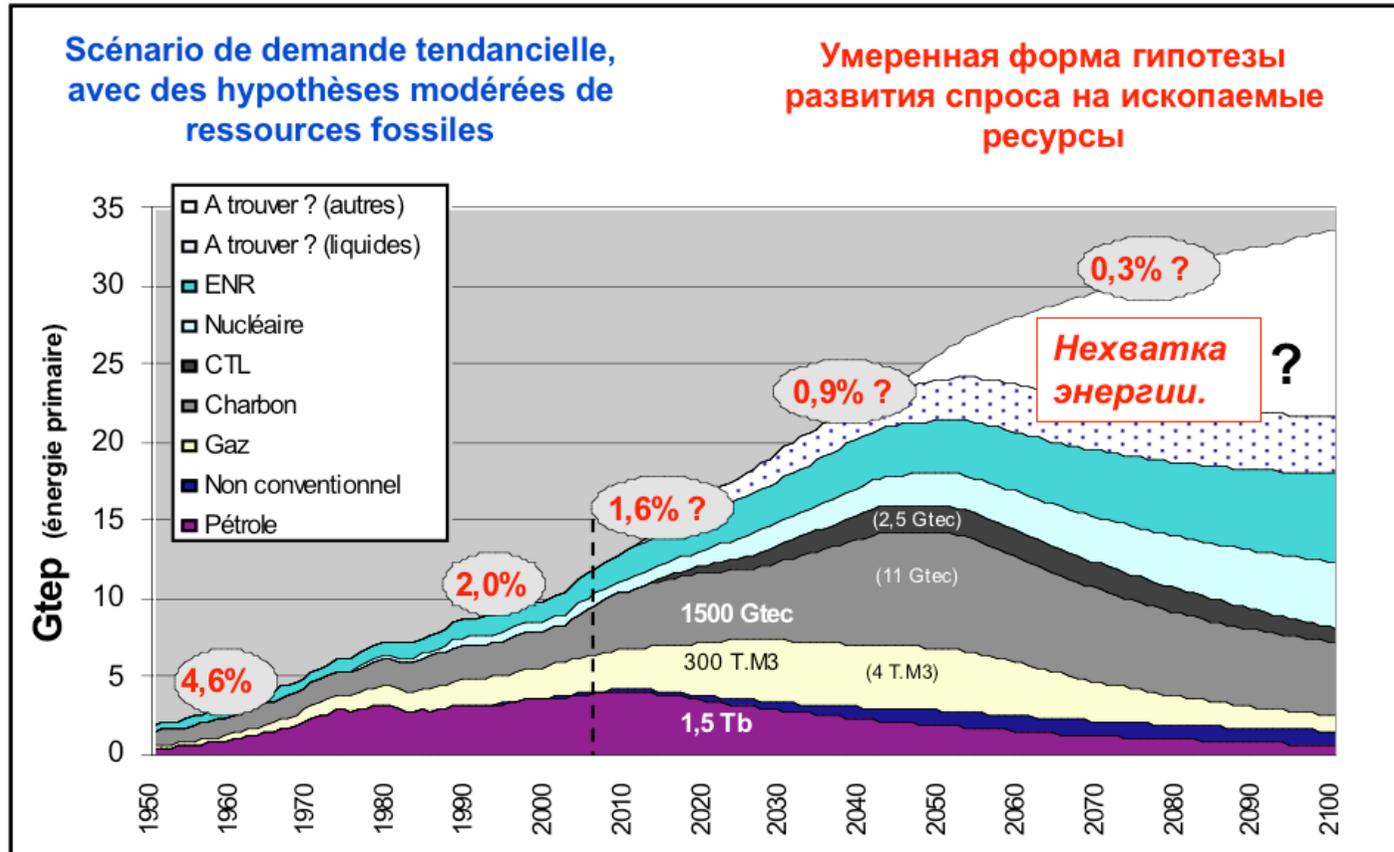


Figure 22: prevision B.Rogeaux & I.Bocquillon EDF Club de Nice Nov 2008

Quelles énergies accessibles à terme dans le monde ? **Какие энергоресурсы будут доступны в мире?**



4

Isabelle Bocquillon et Bernard Rogeaux - Club de Nice Nov 08

Sans surgenerateurs, la croissance de l'énergie primaire ne peut être assurée après 2040

Figure 23: Bilan énergétique de la France en 2007

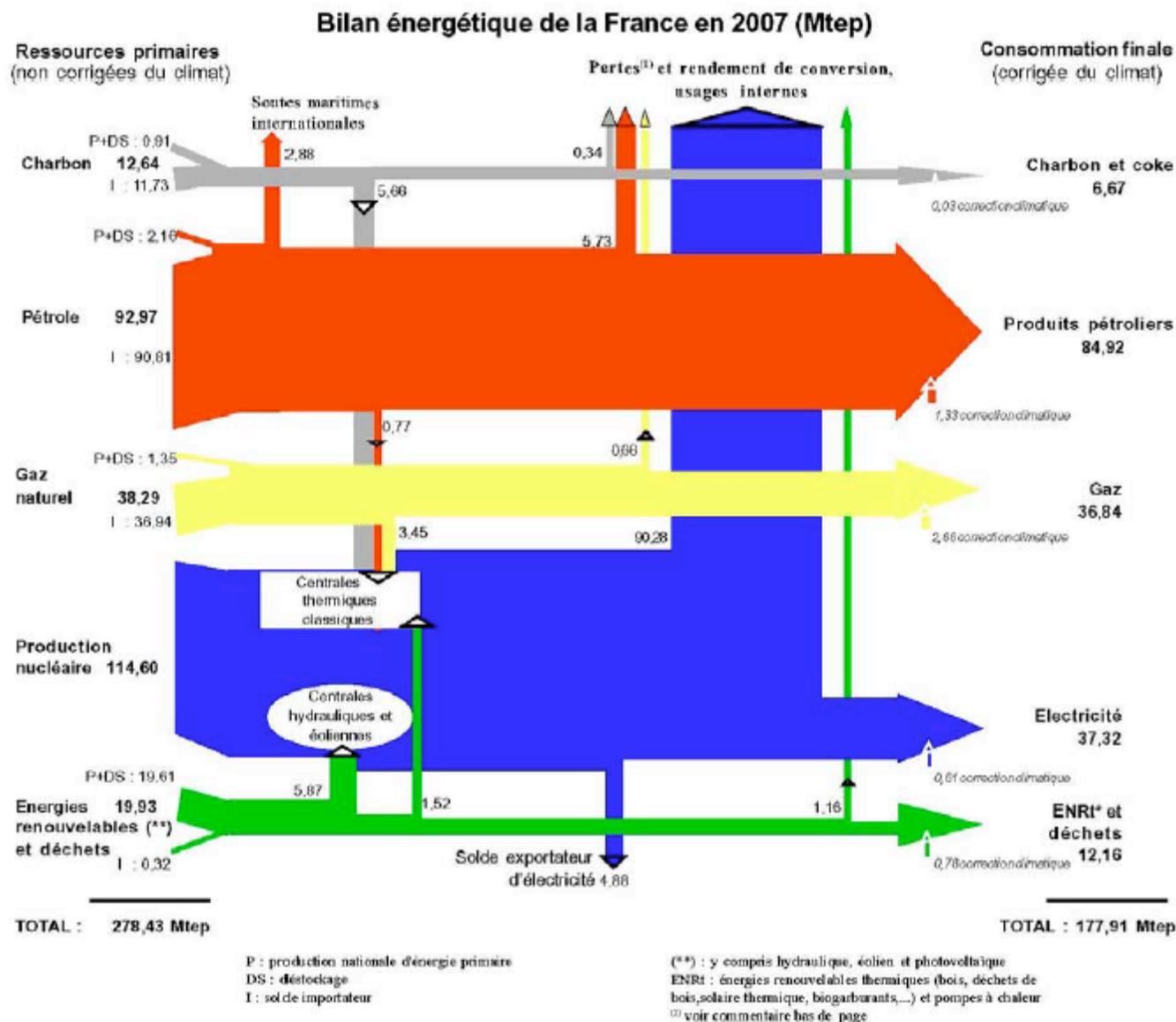
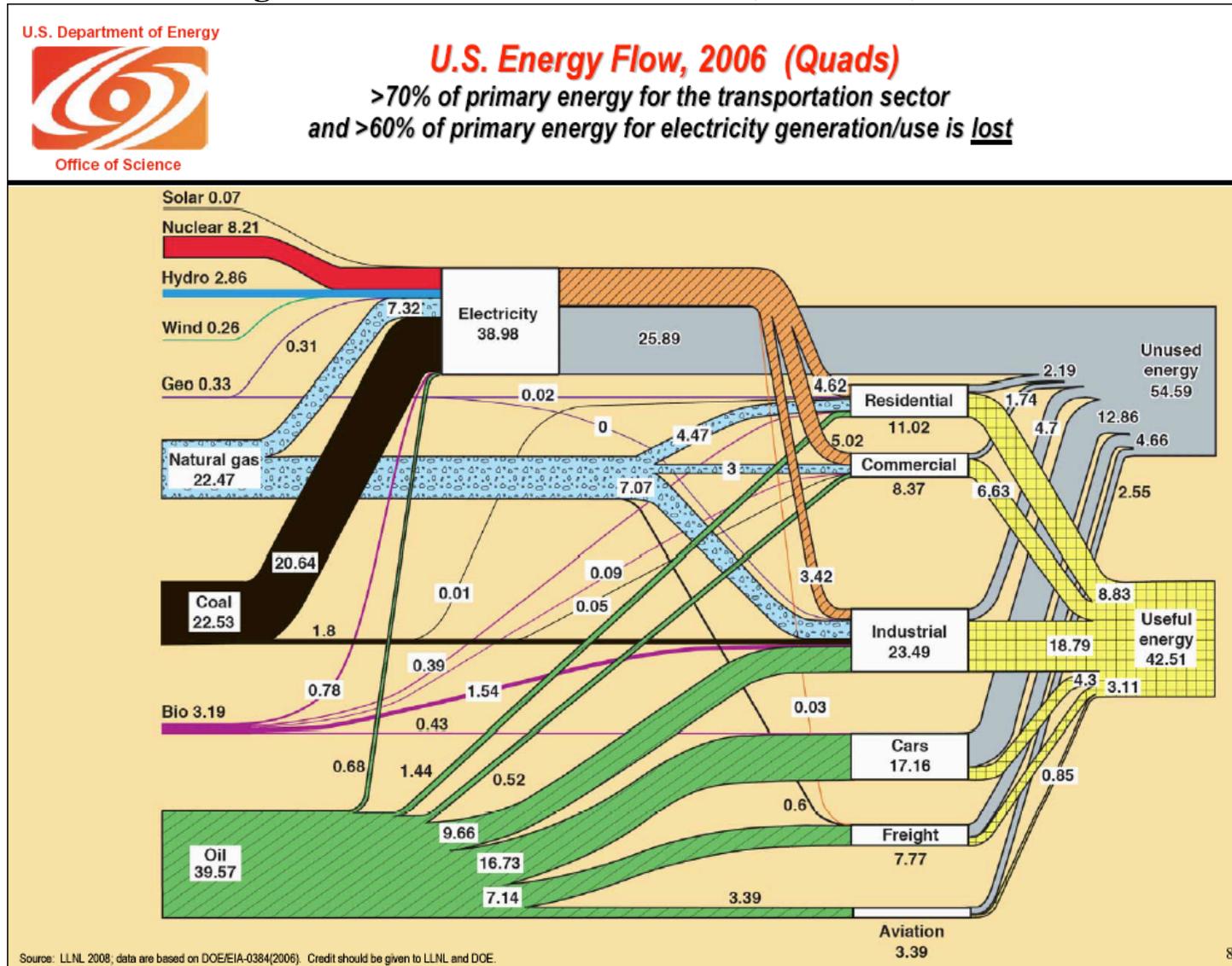
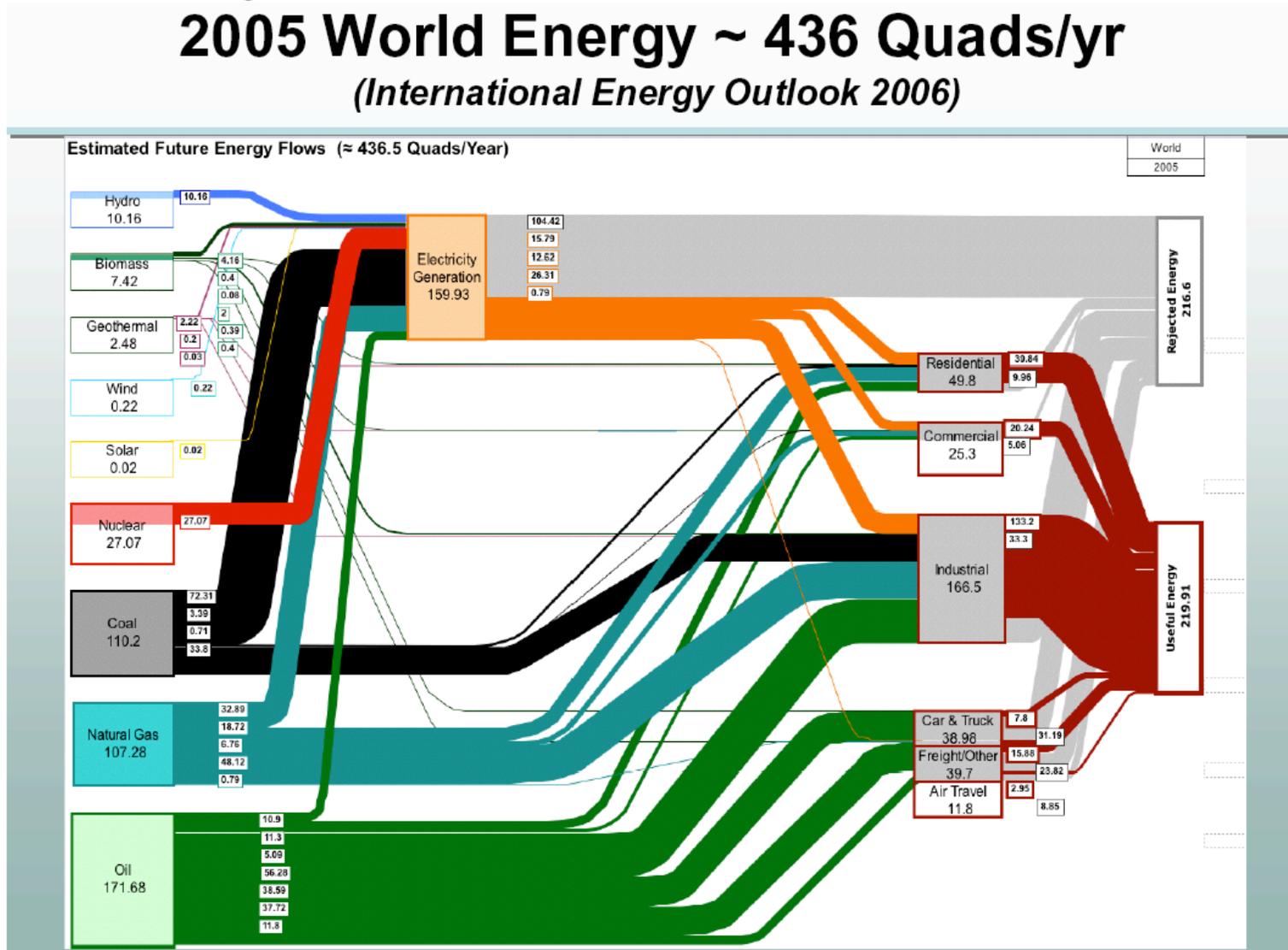


Figure 24: Flux de l'énergie aux US en 2006 efficacité (rendement) <44%



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

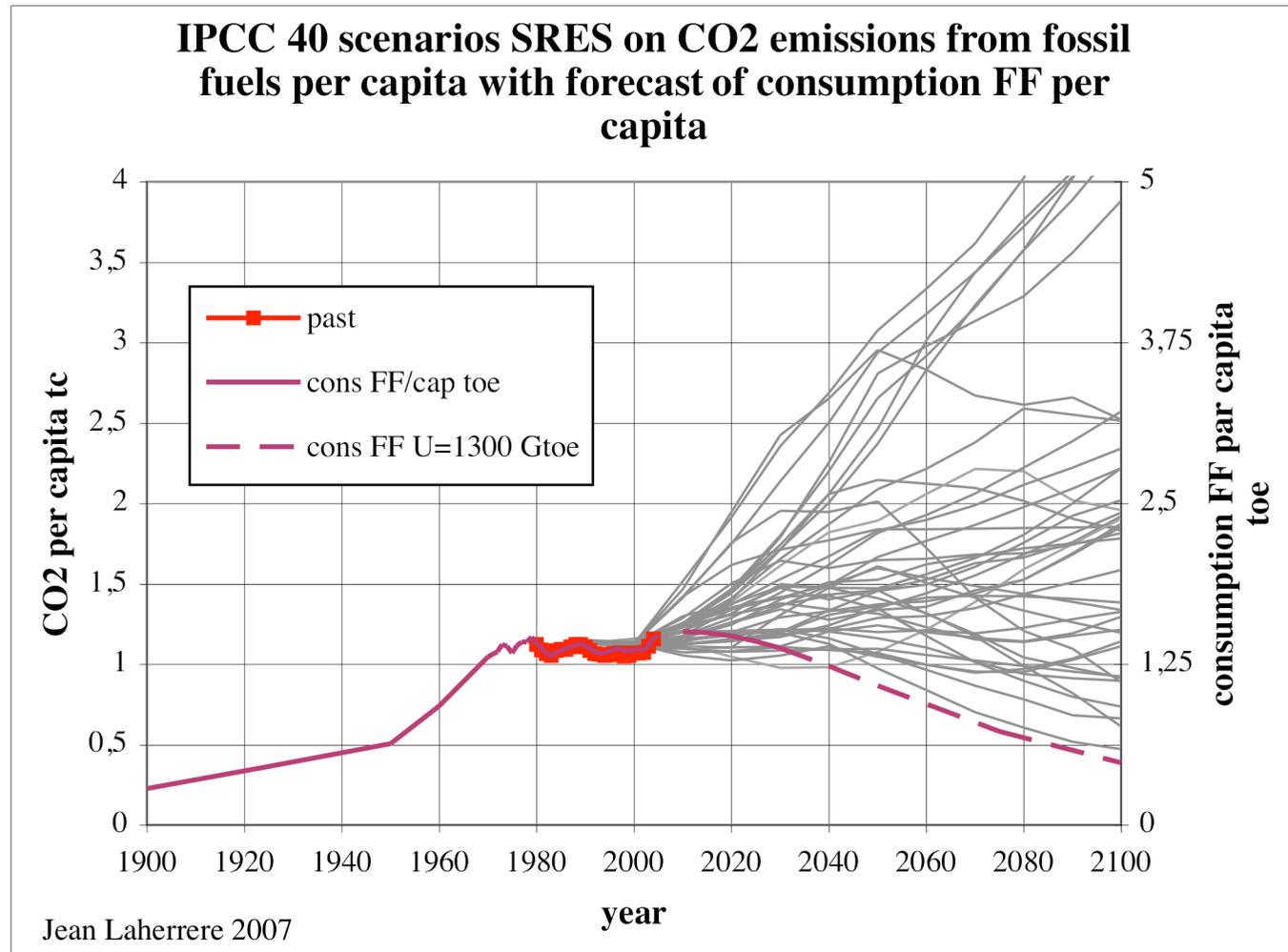
Figure 25: Flux de l'énergie mondiale en 2005 efficacité 50%



-3-emissions CO2 et consommation combustibles fossiles

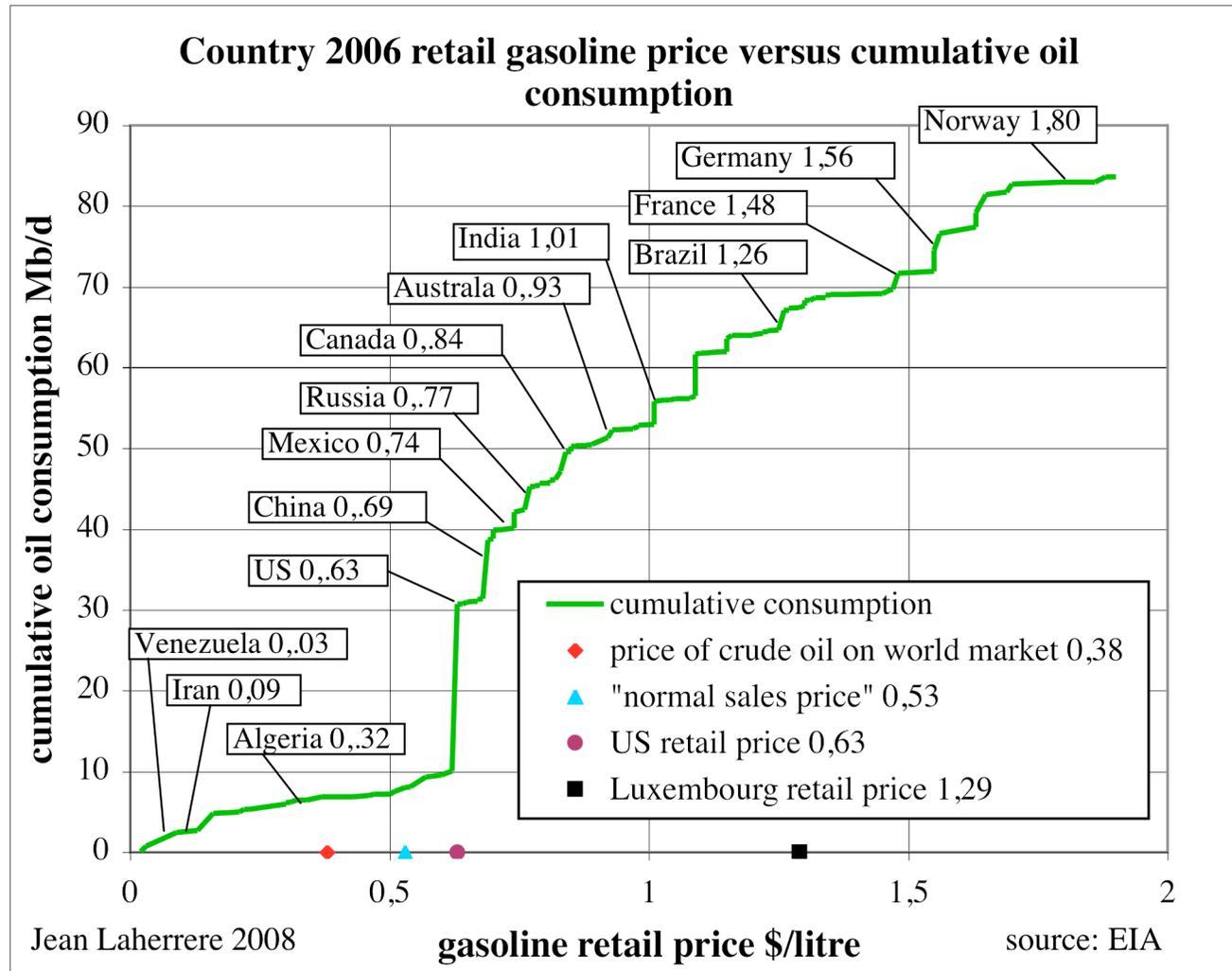
Les 40 scenarios SRES du GIEC 2007 d'émission par habitant de CO2 des combustibles fossiles sont tres superieurs aux previsions a partir des donnees techniques.

Figure 26: 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 27: cout de l'essence en \$/ litre en 2006 et consommation cumulee de petrole par pays



-4- 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 2000 \$2005/b en 1850 et le pétrole 90 \$2005/b en 1860 et 1980 avec les chiffres officiels de déflation!

Figure 28: **Prix de l'huile de baleine aux US et prix du pétrole en \$2008 (inflation officielle)**

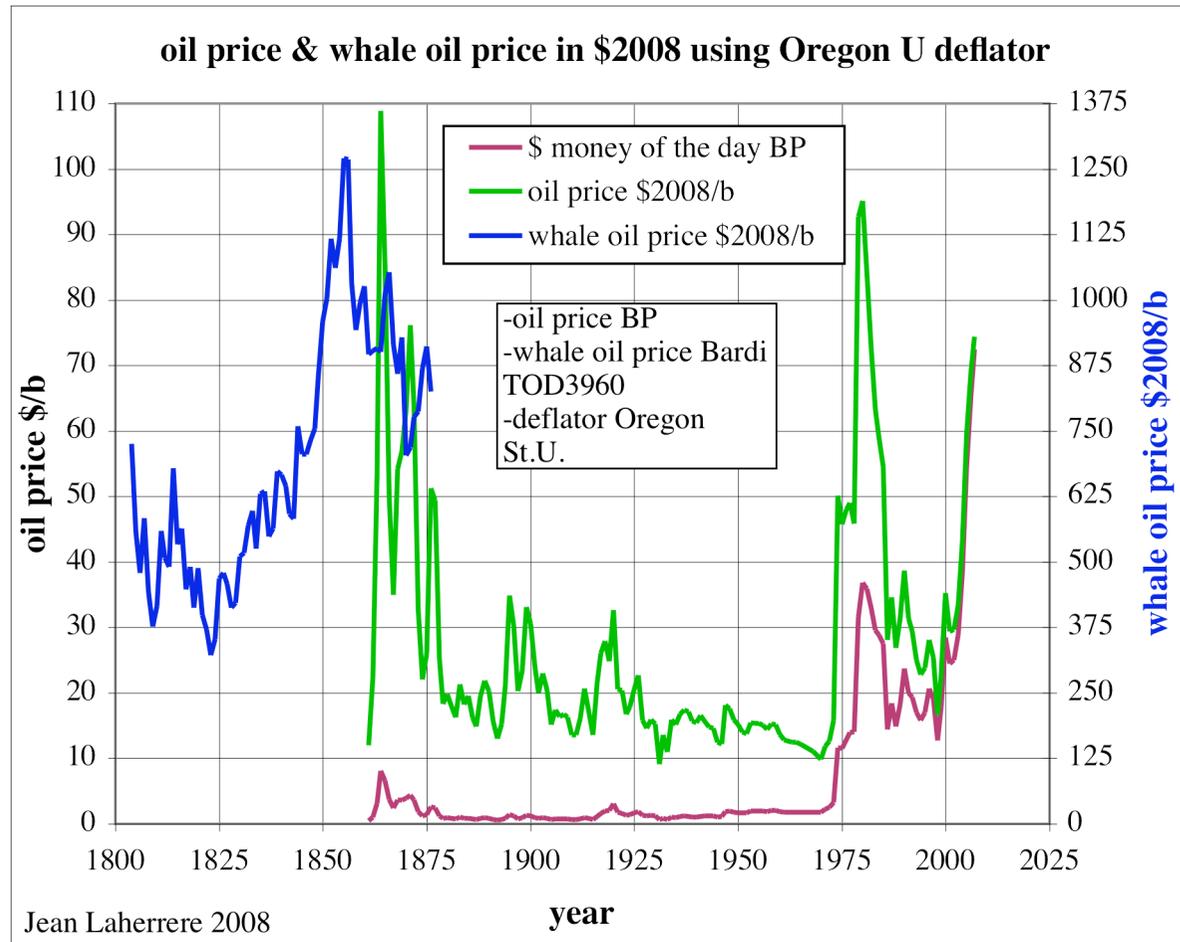
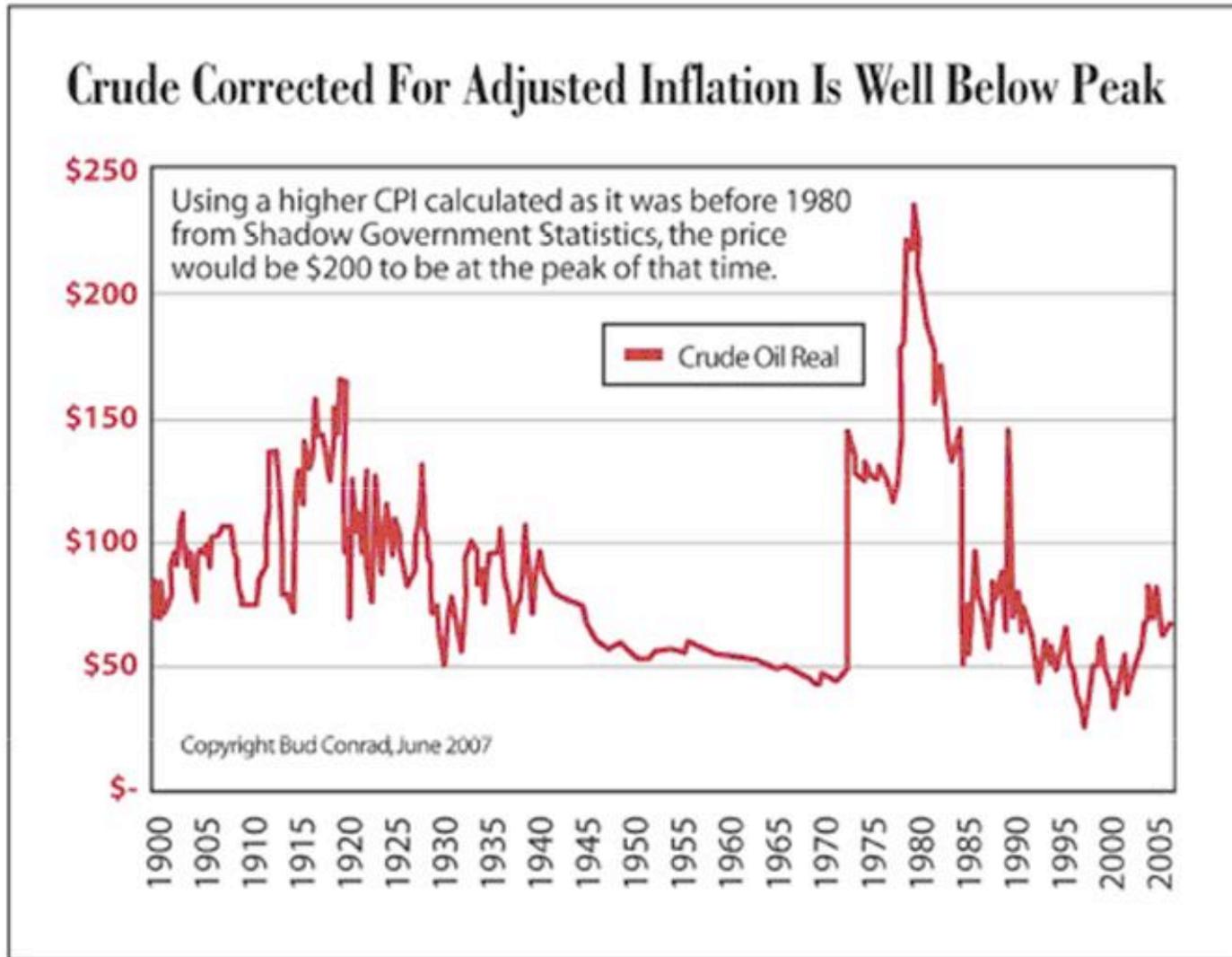
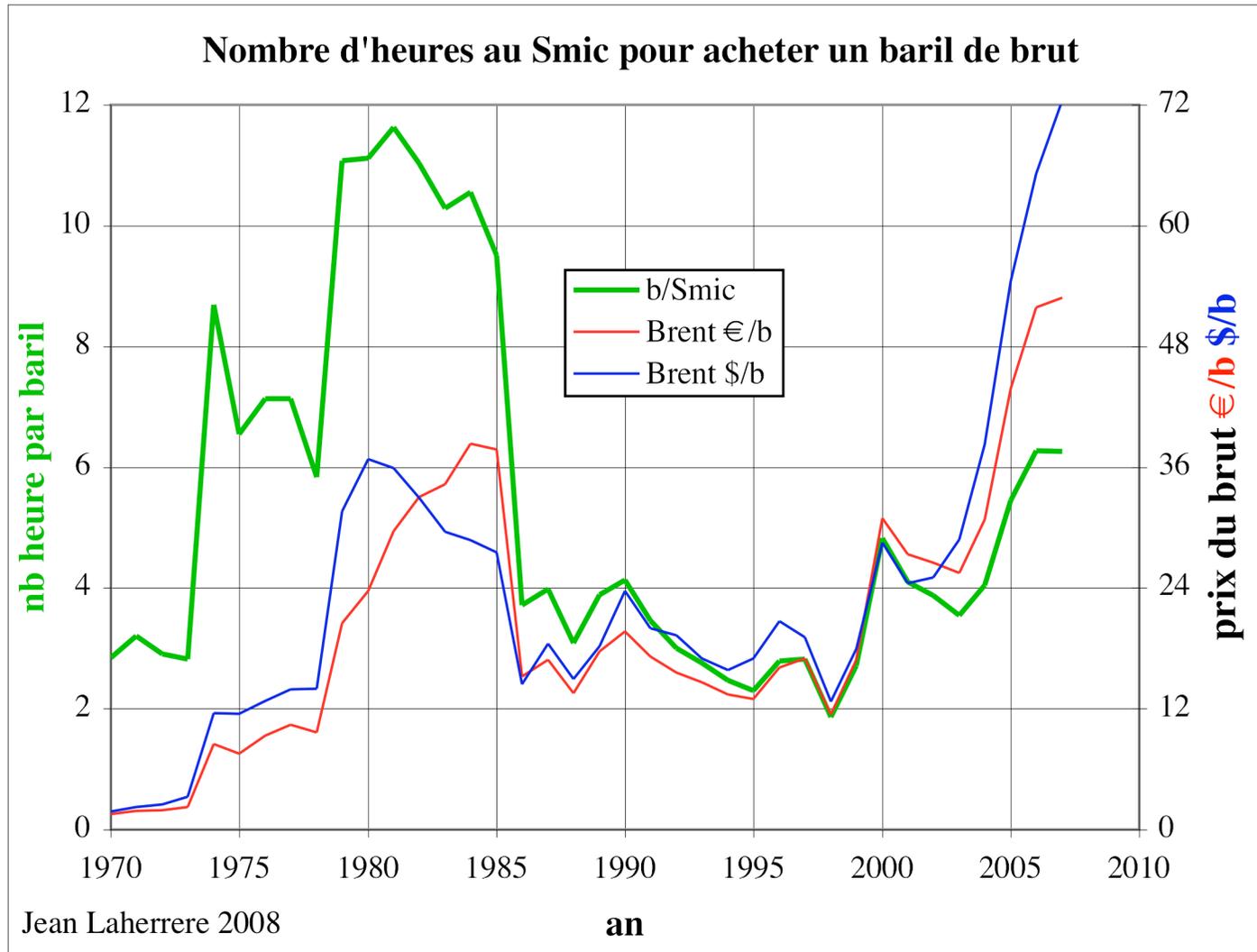


Figure 29: **Prix du petrole 1900-2005 en \$2005 avec une inflation corrigee d'apres Conrad**



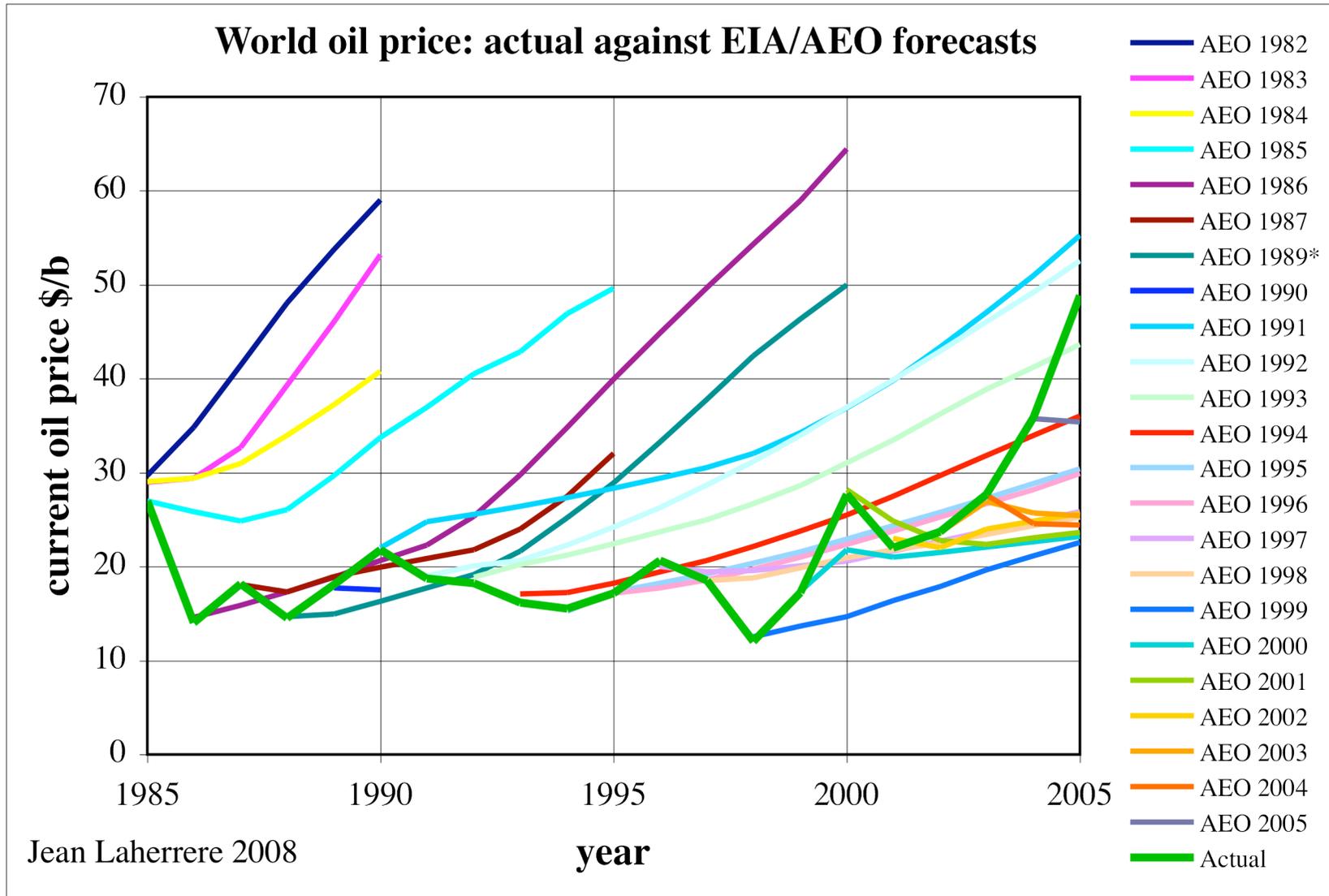
Les prix du passe sont discutables et les previsions toujours fausses. Pour eliminer le probleme du choix de l'inflation, il est preferable de [mesurer en heure de travail pour acheter un baril de petrole](#).

Figure 30: nombre d'heures de travail pour acheter un baril de petrole avec le SMIC; \$/b; €/b



Les couts actualises avec l'inflation officielle ne representent pas la realite

Figure 31: **previsions, toujours fausses, du prix du brut par USDOE/EIA de 1982 a 2005**

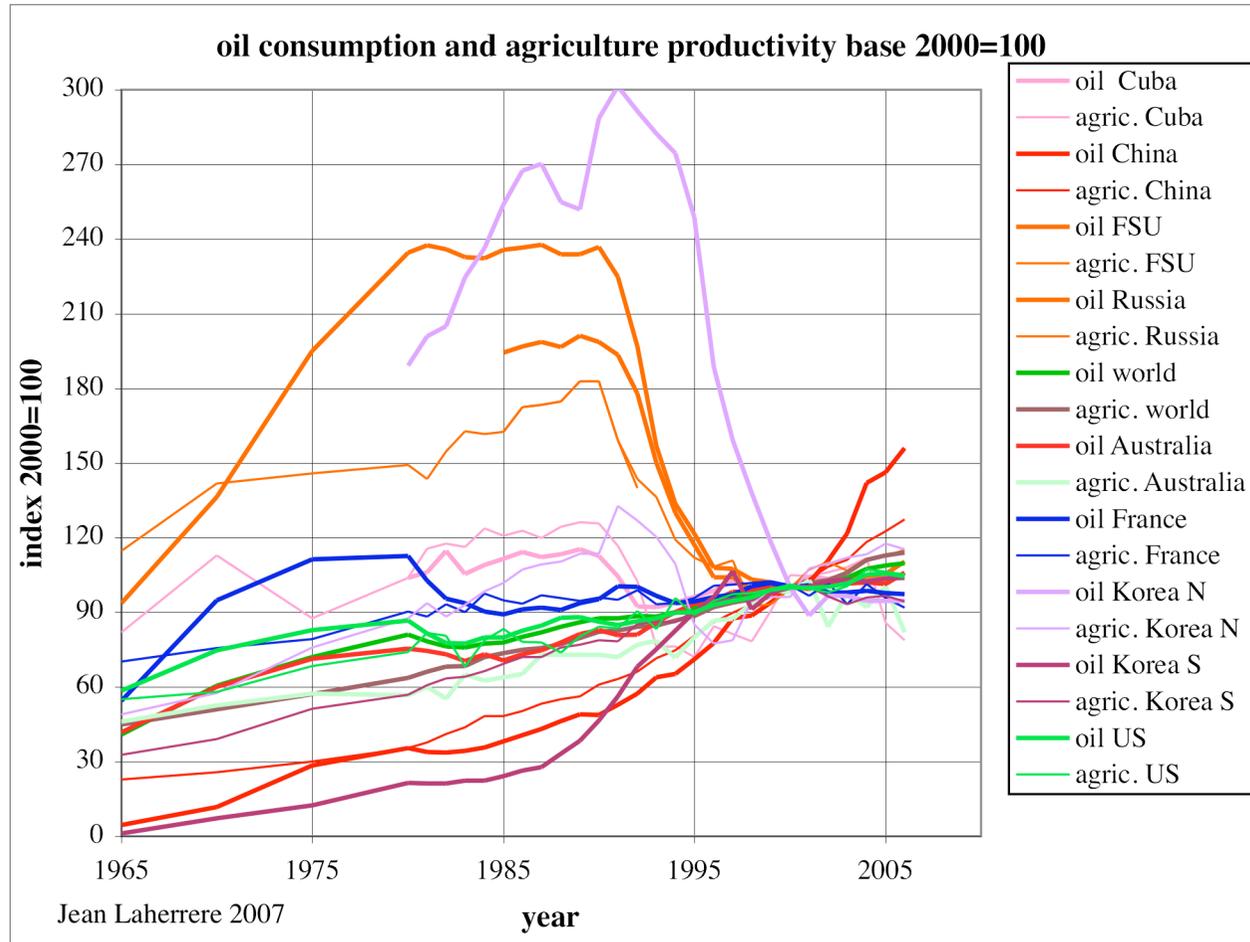


-5-Production mondiale de biocarburants

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!

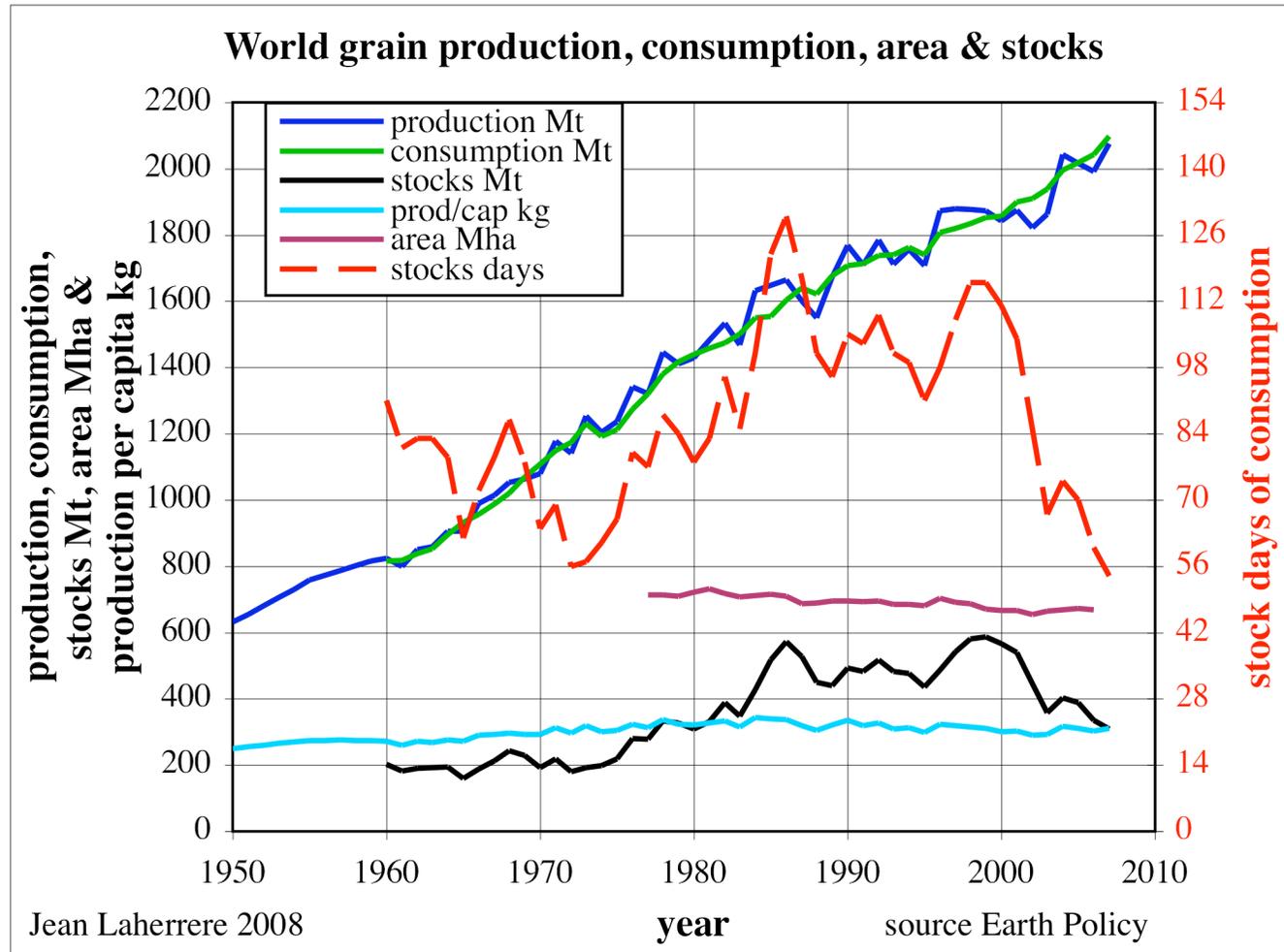
La chute de consommation de petrole a Cuba et en Coree du Nord a conduit a la chute de la productivite agricole.

Figure 32: 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 33: 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 entrainé une augmentation du prix des cereales. **Le remede est pire que le mal (rapport OCDE)!**

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

-6-Vieillessement des structures et des hommes et des bases de donnees.

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

L'age moyen de l'industrie petroliere est 45 ans et les jeunes ne sont guere attires.

Les donnees se deteriorent dans les memoires magnetiques si elles ne sont reactivées, meme dans les disques optiques, plus obsolescence des lecteurs et logiciels

Le facteur temps est toujours mal pris en compte.

-7-Comportement irrationnel (stupide) des hommes aboutissant a des echecs magistraux

-Chernobyl = absence d'enceinte et operations contre les regles de securite

-Bug Y2K = seulement 2 digits pour l'annee

-Katrina detruisant les digues de La Nouvelle Orleans qui etaient maintenus pour pour un ouragan categorie 3

-Airbus 380 = cablage electrique avec 2 logiciels differents a Toulouse et Hamburg

-Effondrement du pont de Minneapolis 2007 = manque de maintenance

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

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

-Iles artificielles et tours de Dubai basees sur une energie 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.*

Newton apres avoir perdu beaucoup dans la bulle boursiere de 1721 (Compagnie des mers du sud): *je peux prevoir le mouvement des astres, mais je ne pouvais pas calculer la folie des hommes*

-8-Percees technologiques a esperer dans le futur

- reacteurs generation IV = surgenerateurs (multiplie par 100 reserves U) et reacteurs HT donnant de l'H
- fusion = Iter ou Megajoules
- gaseification in situ du charbon
- ethanol cellulosique bon marche a partir d'enzymes exotiques
- hydrocarbures ou hydrogene economiques a partir des algues en grand volume
- batterie puissantes, legeres et bon marche
- pyrolise economique in situ des schistes bitumineux

La plupart ne reussiront pas, mais si l'une reussit, la scene energetique sera grandement modifiee, car les ressources sont grandes

-9-Mes previsions depuis 1998:

- production petrole = plateau en tole ondulee (bumpy plateau) avec prix chaotiques car recession probable
- cout energie tres sous-evalue ((energie <6% du budget menage francais en 2006) par rapport a la contribution au PIB (50%))
- 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 si sa croissance continue
- population Europe va perdre 100 millions en 50 ans alors que l'Amerique du Nord va les augmenter
- scenarios energetiques utilises dans les rapports GIEC 2001 & 2007 perimes et irrealistes, donc de meme les resultats

***Conclusions:**

- 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 emergents 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*) est basee depuis 50 ans sur une energie bon marche
- 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.
- il faut economiser l'energie = negawatts
- la recession mondiale prevue par Volcker en 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!