

Previsions des productions de combustibles fossiles

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**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

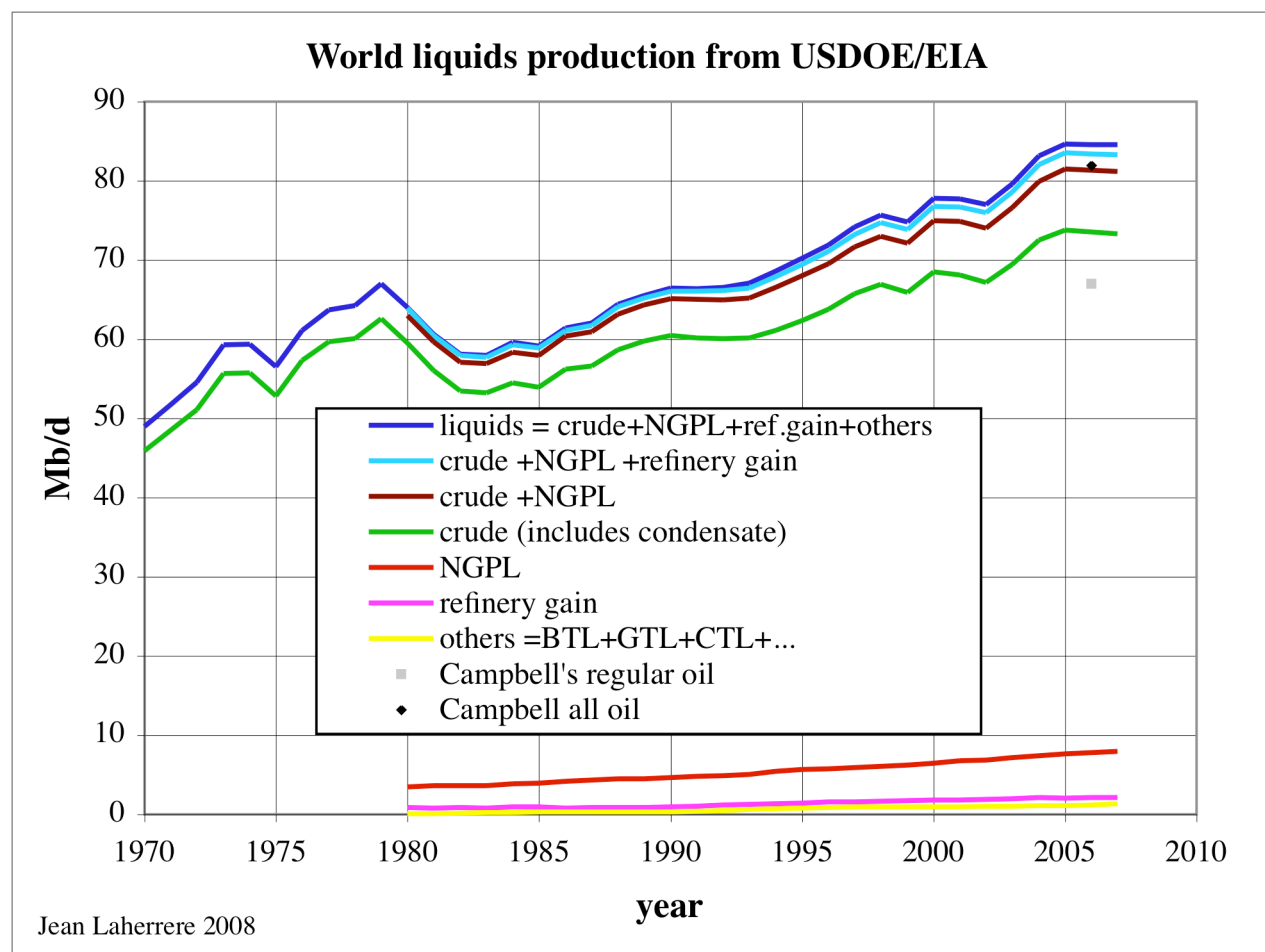
Petrole = huile de pierre = mineral, mais *oil* = tout liquide qui brule, notamment vegetal (olive oil)

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



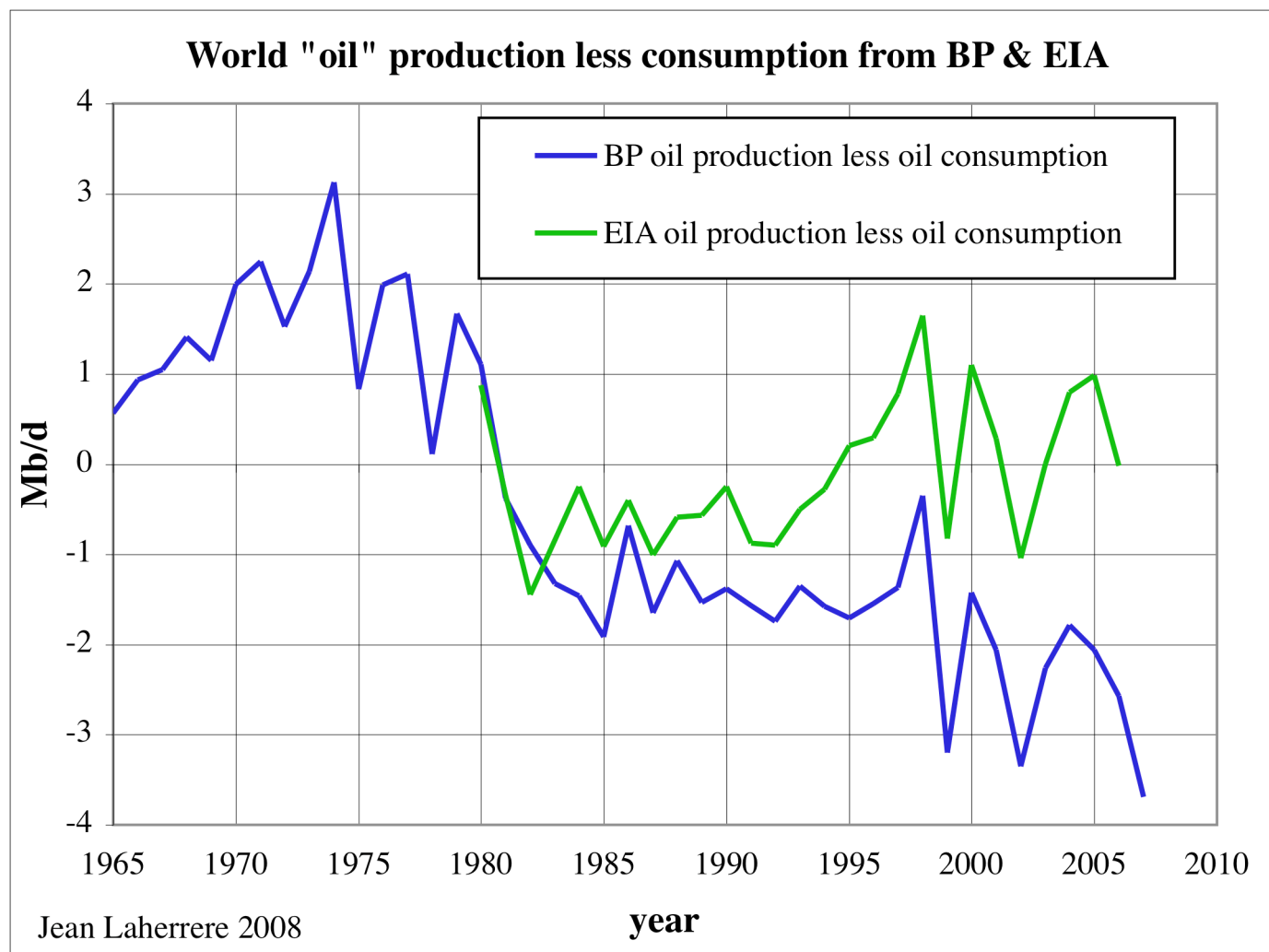
La demande d'huile publiée par USDOE et AIE est de 85 Mb/d en 2007, incluant tous les liquides: brut + huiles extra-lourdes + liquides de gaz naturel + gain de raffinerie + autres (huiles synthétiques = XTL)

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, ni les XTL

Pour BP Statistical Review “oil production” n’est pas le meme que “oil consumption” qui inclut XTL

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



Ceux qui utilisent les donnees de production de BP pour calculer les reserves ultimes de liquides se basent sur des donnees incompletes.

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

Reserves dites prouvees 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**:

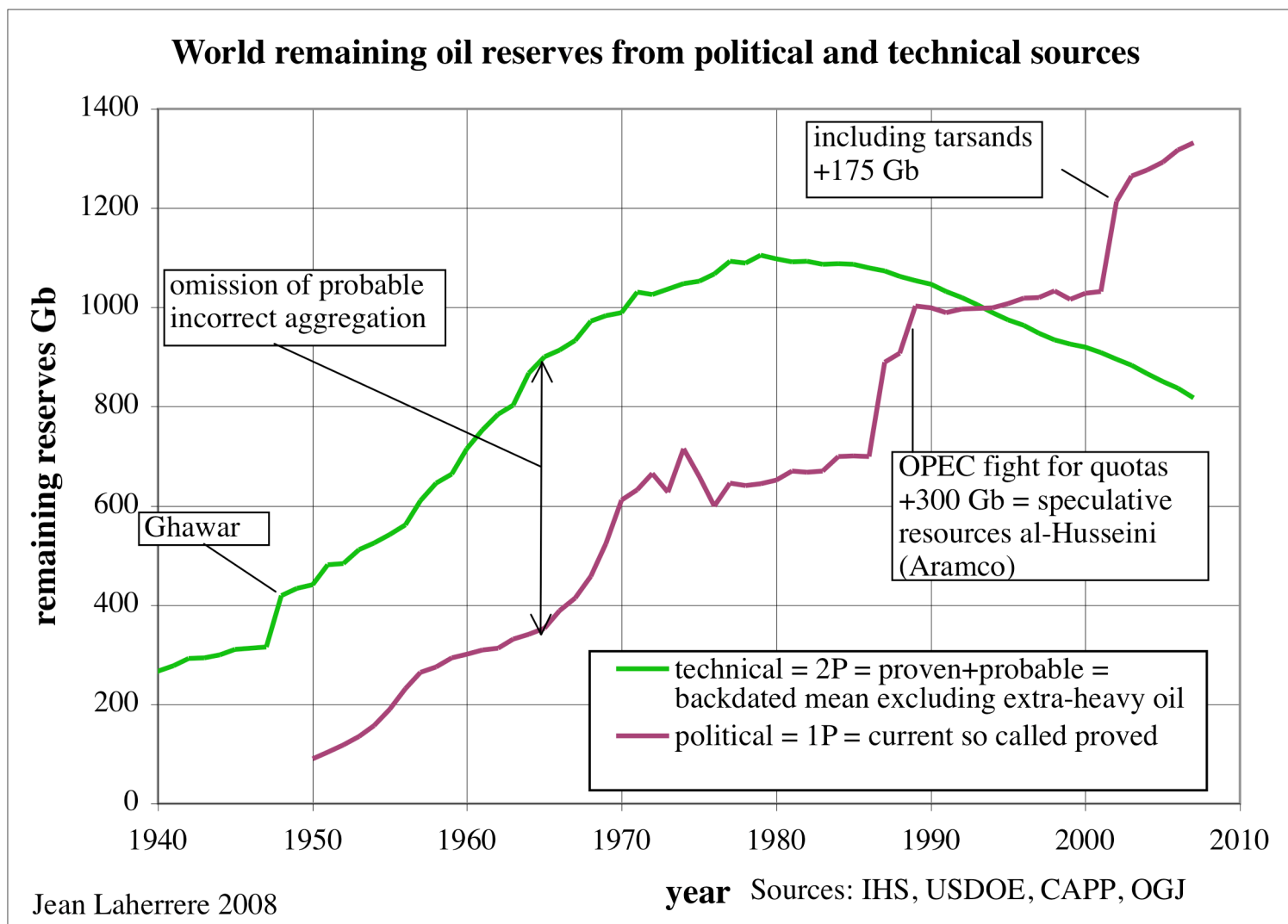
-**US**: toutes les compagnies cotees sur la bourse americaine sont obligees par la SEC (regles 1978 perimees) de ne publier que les reserves prouvees auditees supposees etre le minimum (certitude raisonnable). La SEC va changer les regles en 2009 acceptant les reserves probables

-**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)

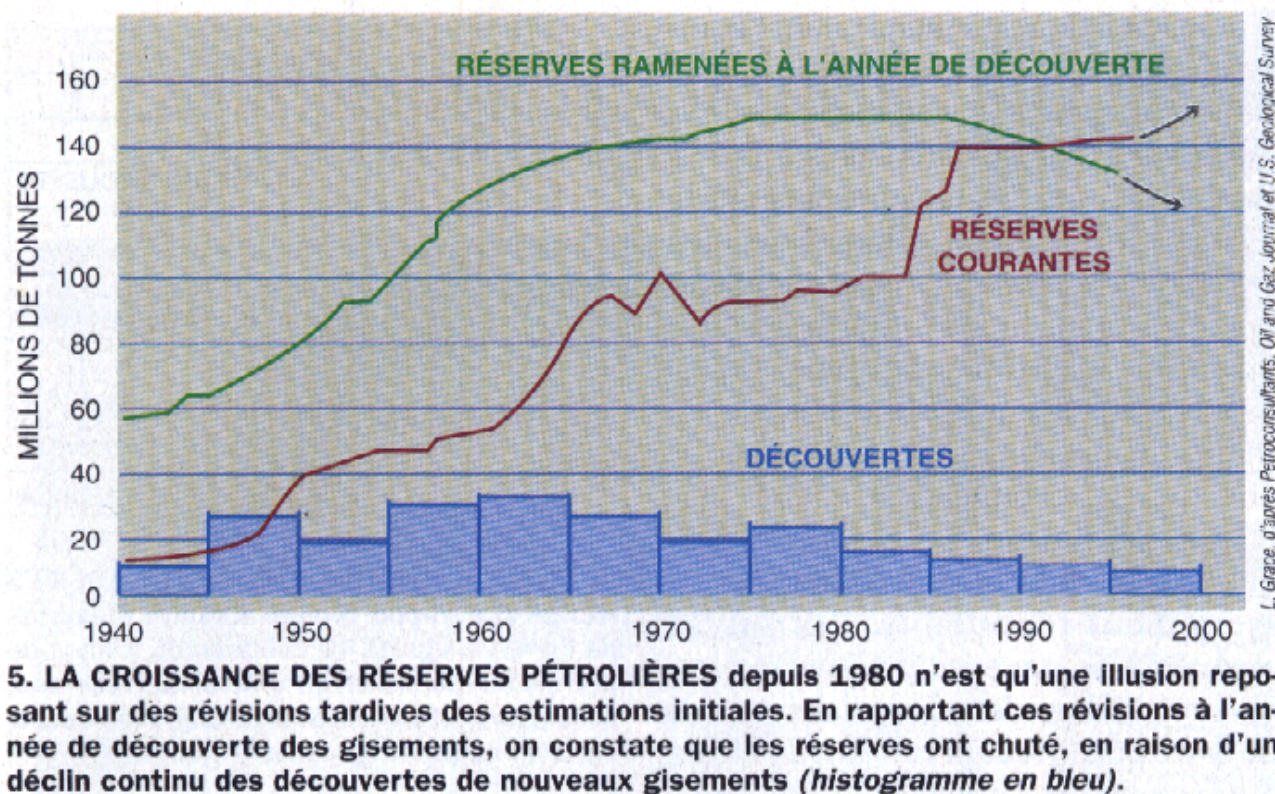
Figure 3: **reserves mondiales restantes** de petrole d'apres les **donnees politiques (publiques) et techniques (confidentielles)**



L'augmentation de 300 Gb par l'OPEP se bagarrant sur les quotas est reconnue speculative par al-Husseini

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

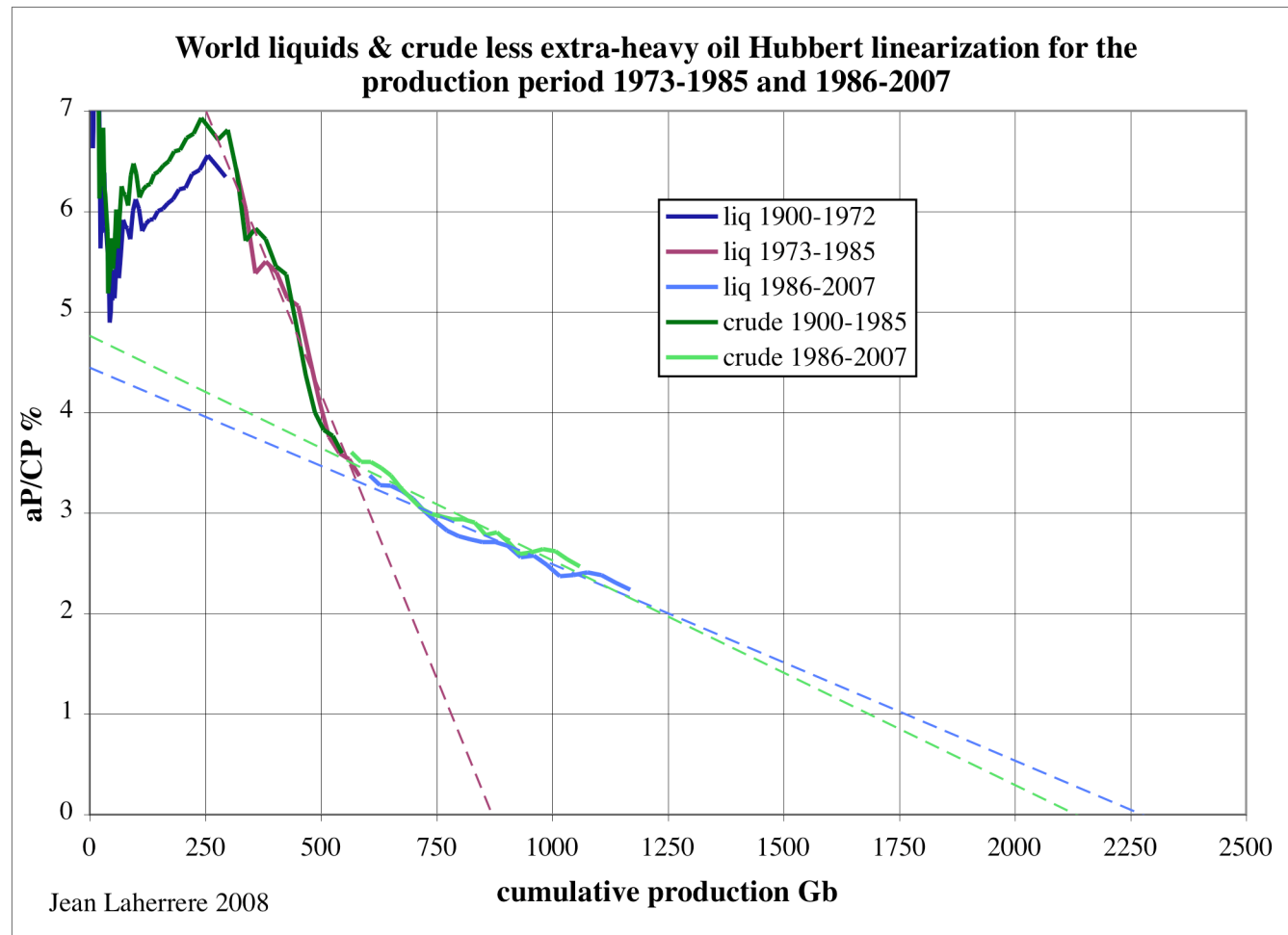
Il ne faut pas confondre réserves (ce qui sera produit) et ressources (ce qui se trouve dans le sous-sol).

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 tracé 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

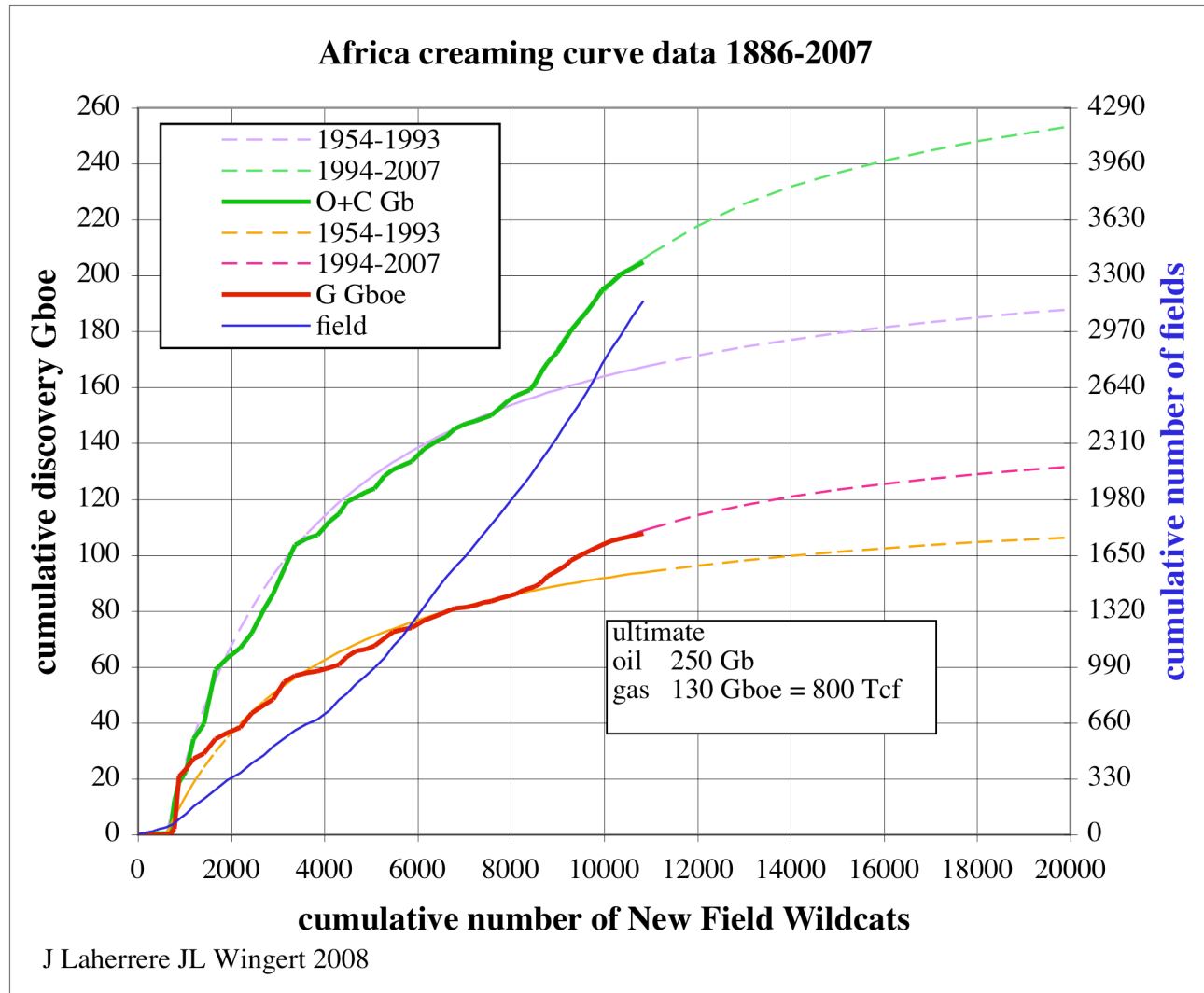


La période 1972-1985 donne une extrapolation moitié que la suivante. Il faut faire appel aux **decouvertes**.

-courbe d'ecremage

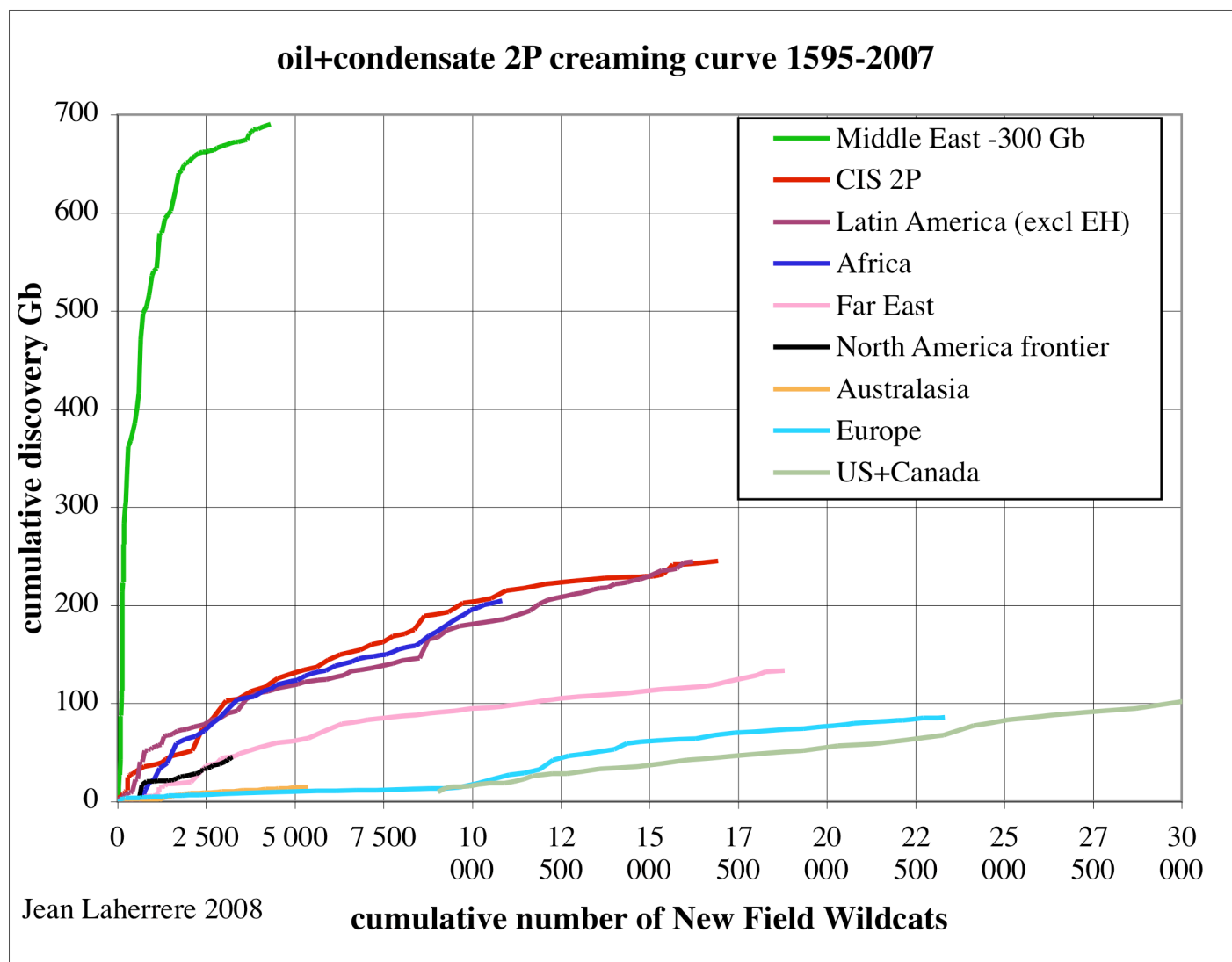
L'extrapolation de la courbe cumulee de decouvertes (2P) en fonction du nombre cumule de puits d'exploration pure (NFW) avec plusieurs cycles est la meilleure methode, peu utilisee, necessitant des donnees confidentielles

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 – extra-lourd = brut-EL = petrole facile

Le “a decouvrir” est de l’ordre de 200 Gb soit l’imprecision sur ce qui a deja ete decouvert.

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 ultimate de 2 Tb

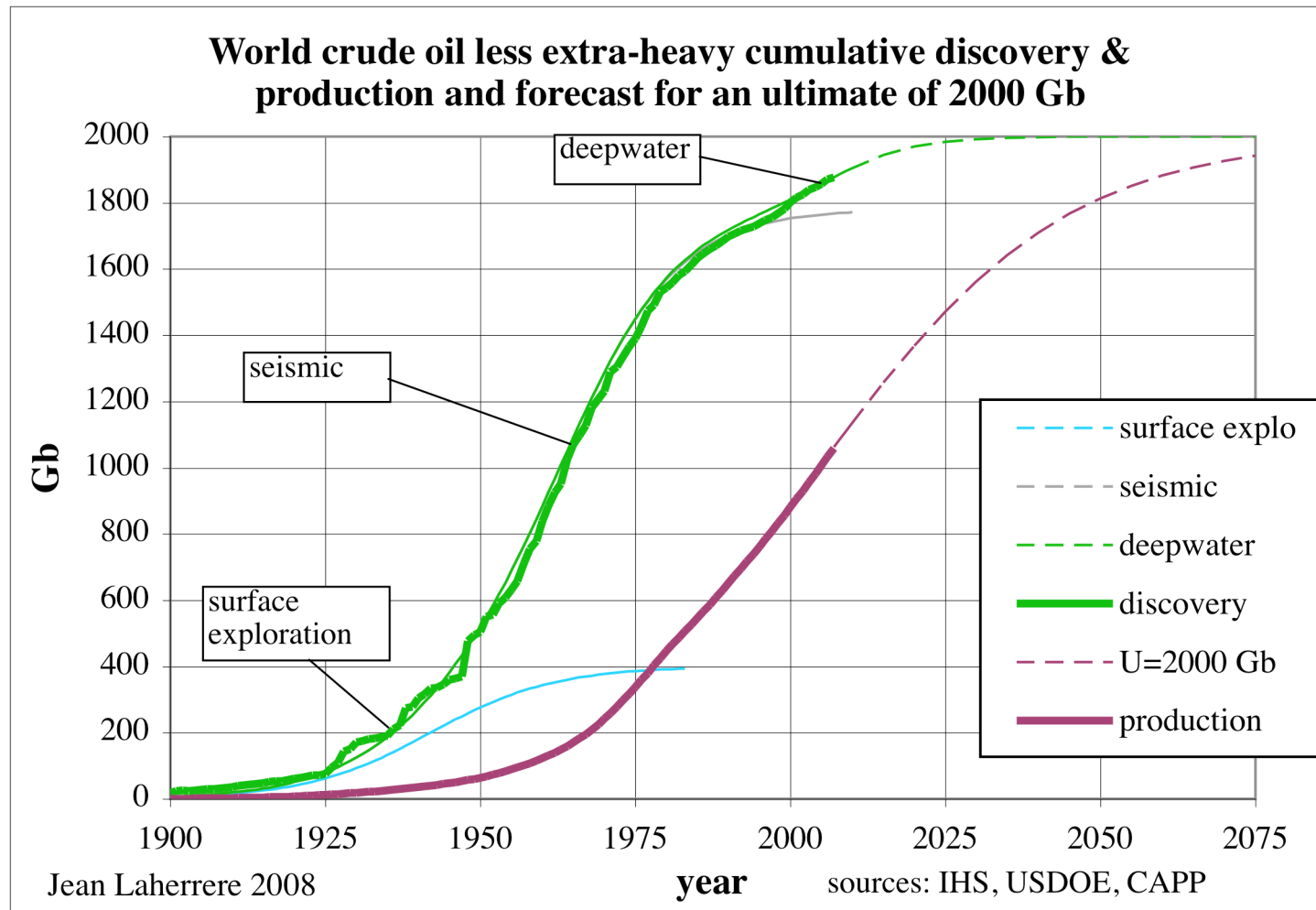
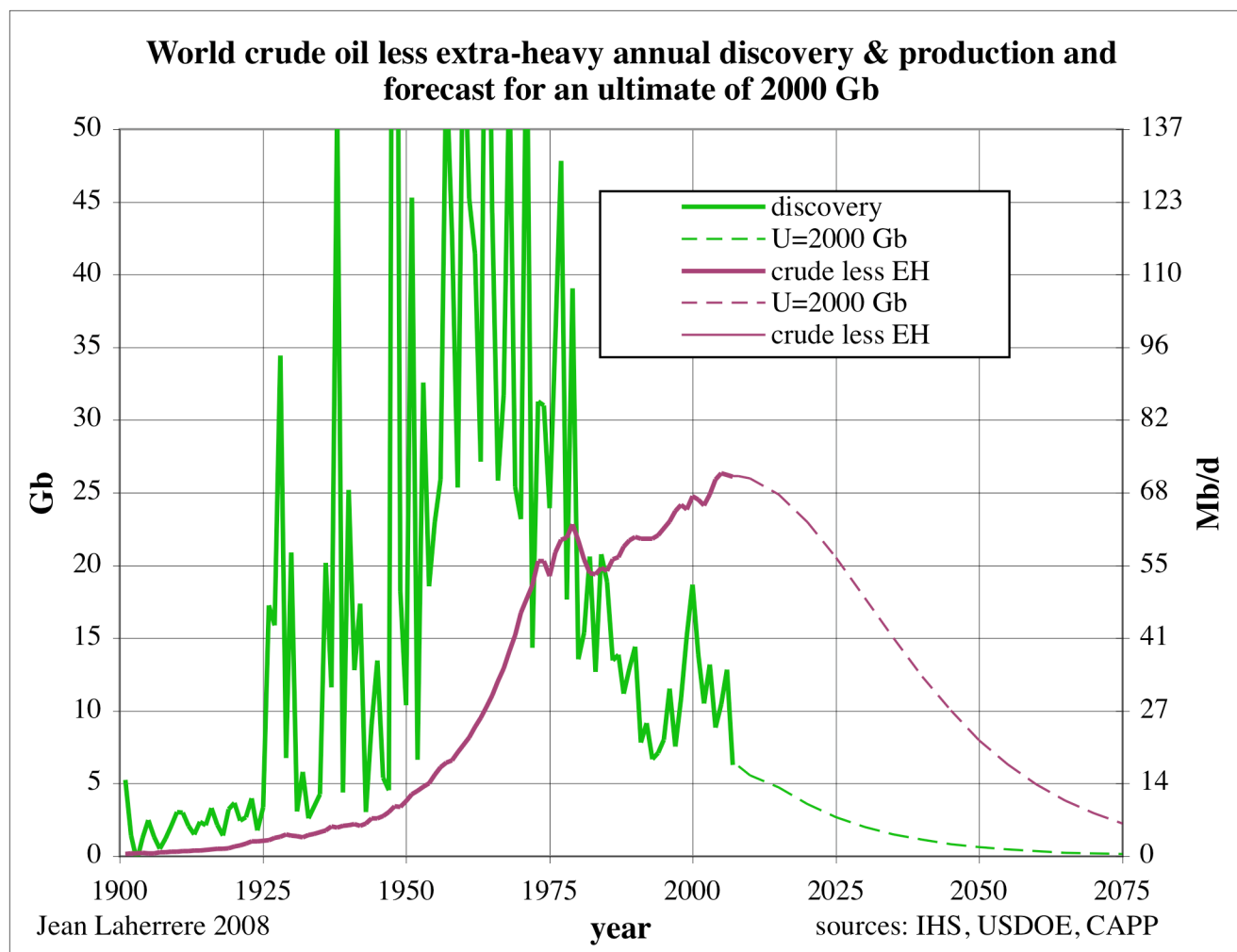
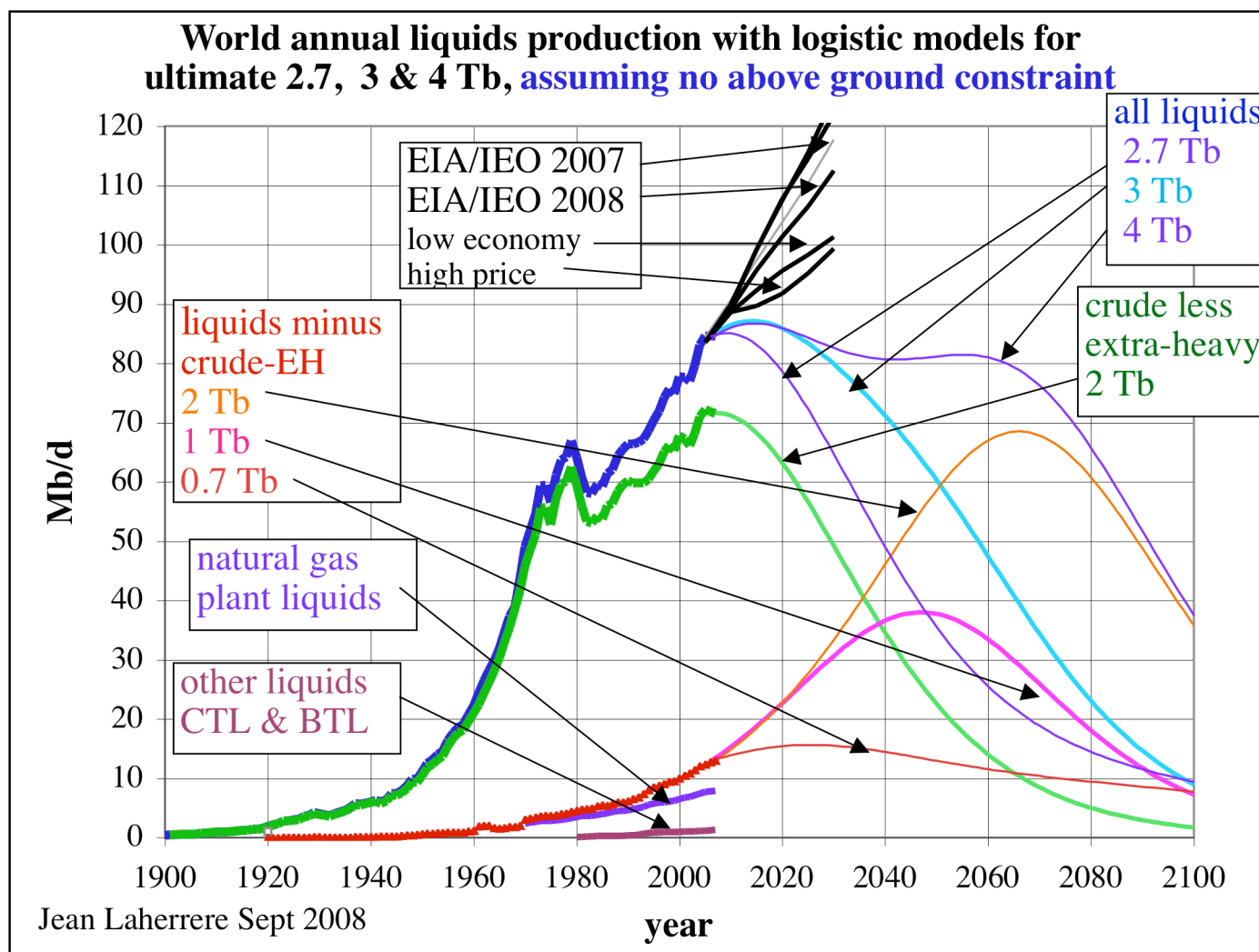


Figure 9: decouverte et production mondiale annuelles de brut –EL avec prevision pour ultimate de 2 Tb



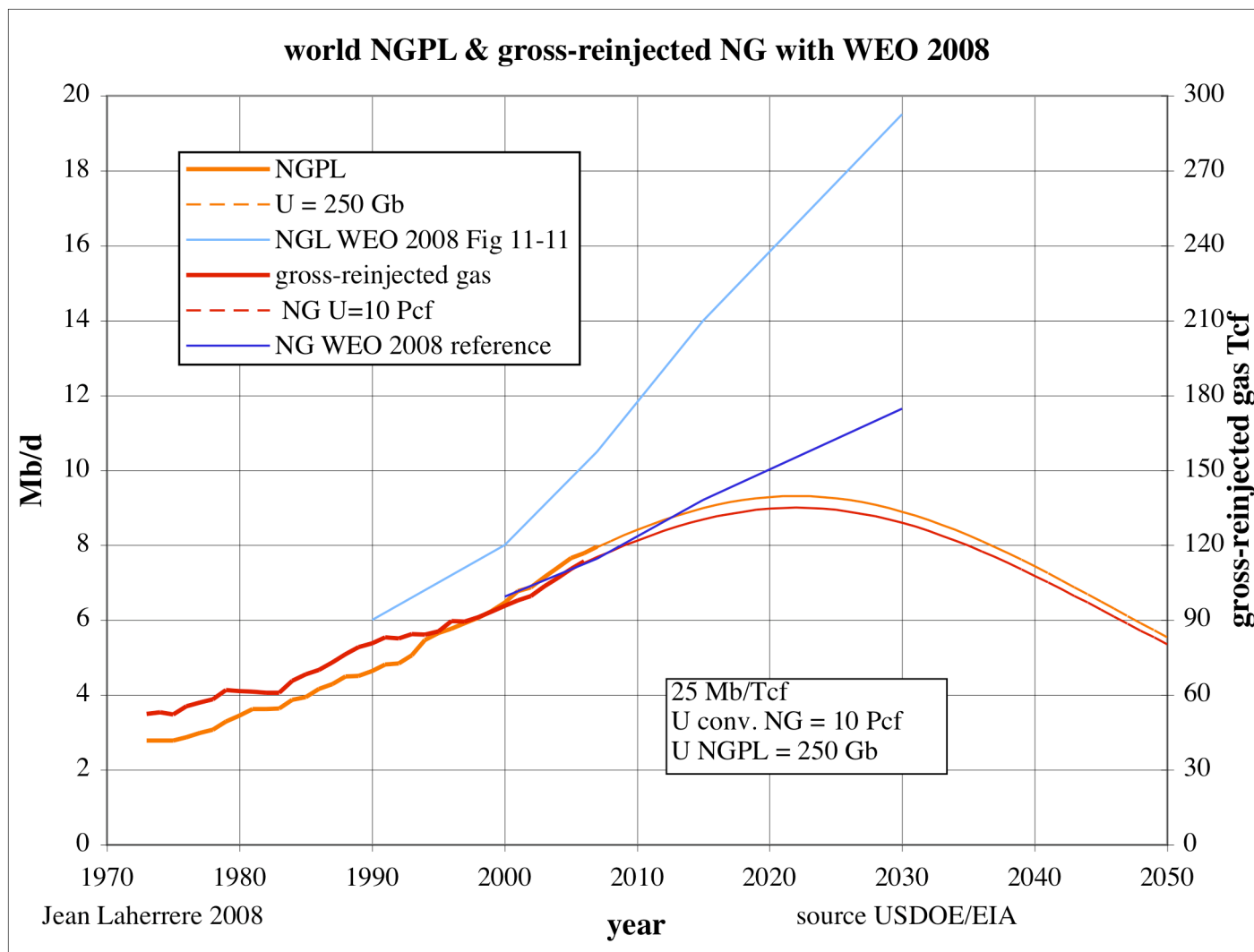
Nous estimons l'ultime **tous liquides** le plus probable a 3 Tb etant la somme de brut moins EL= 2000 Gb; extra-lourd (EL) = 500 Gb; liquides de gaz naturel et GTL = 250 Gb; synthetique (BTL, CTL) et gain de raffinerie = 250 Gb. L'ultime mini est 2,7 Tb et l'ultime maxi 4 Tb

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



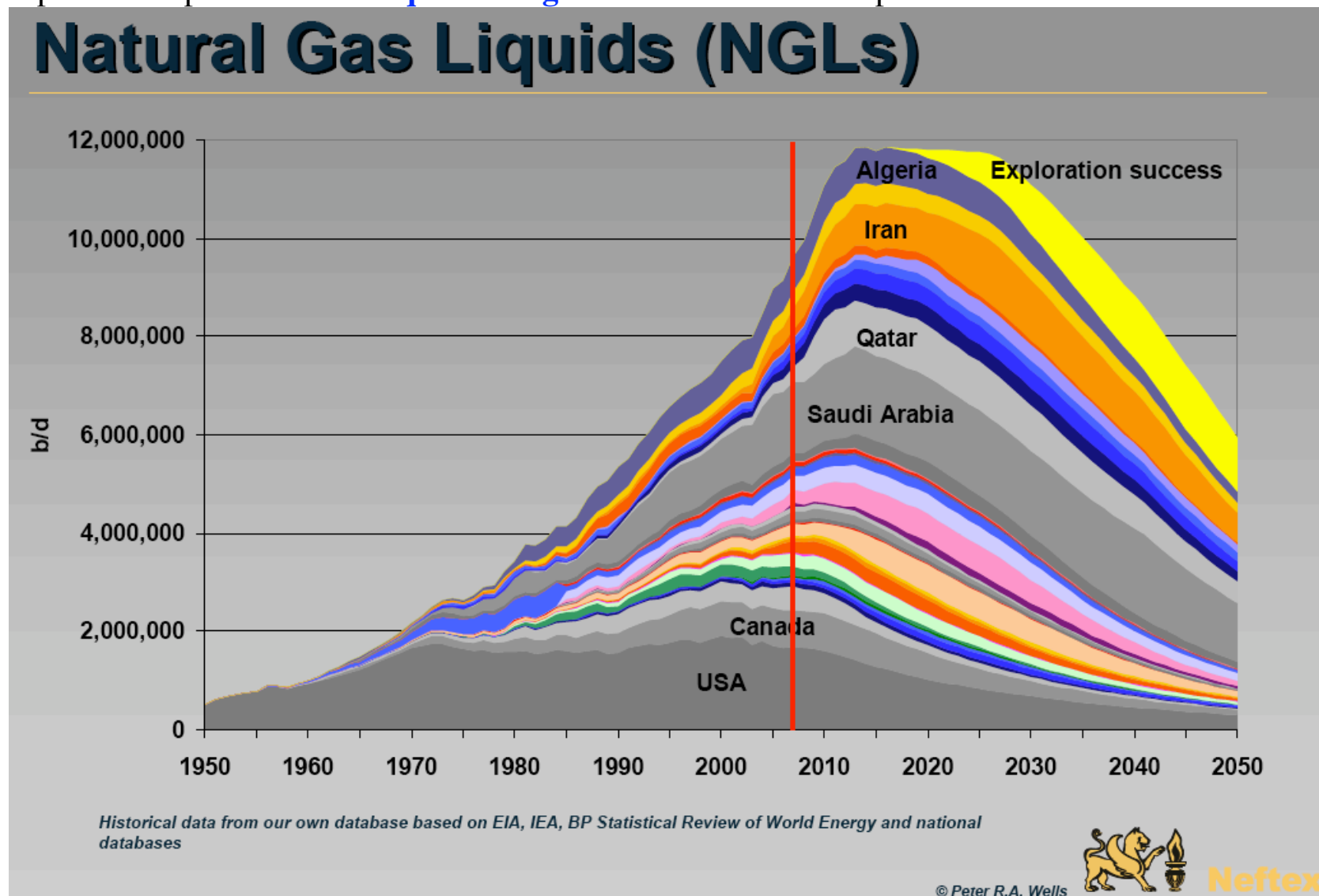
Le doublement du petrole cher (rouge) de 1 a 2 Tb **ne change pas la date du pic**, seulement la pente du declin. Les 90 Mb/d ne seront pas atteints, mais un plateau ondule (bumpy plateau) pourra retarder le debut du declin.

La production des **liquides de gaz naturel** (le condensat est comptée avec le brut pour USDOE) dépend de la production du gaz et les prévisions montrent un pic vers 2020 à **9 Mb/d** contre celle de l'AIE en 2030 à **20 Mb/d**
 Figure 11: prévisions production **liquides de gaz** et production **gaz naturel** avec celles de l'AIE WEO 2008



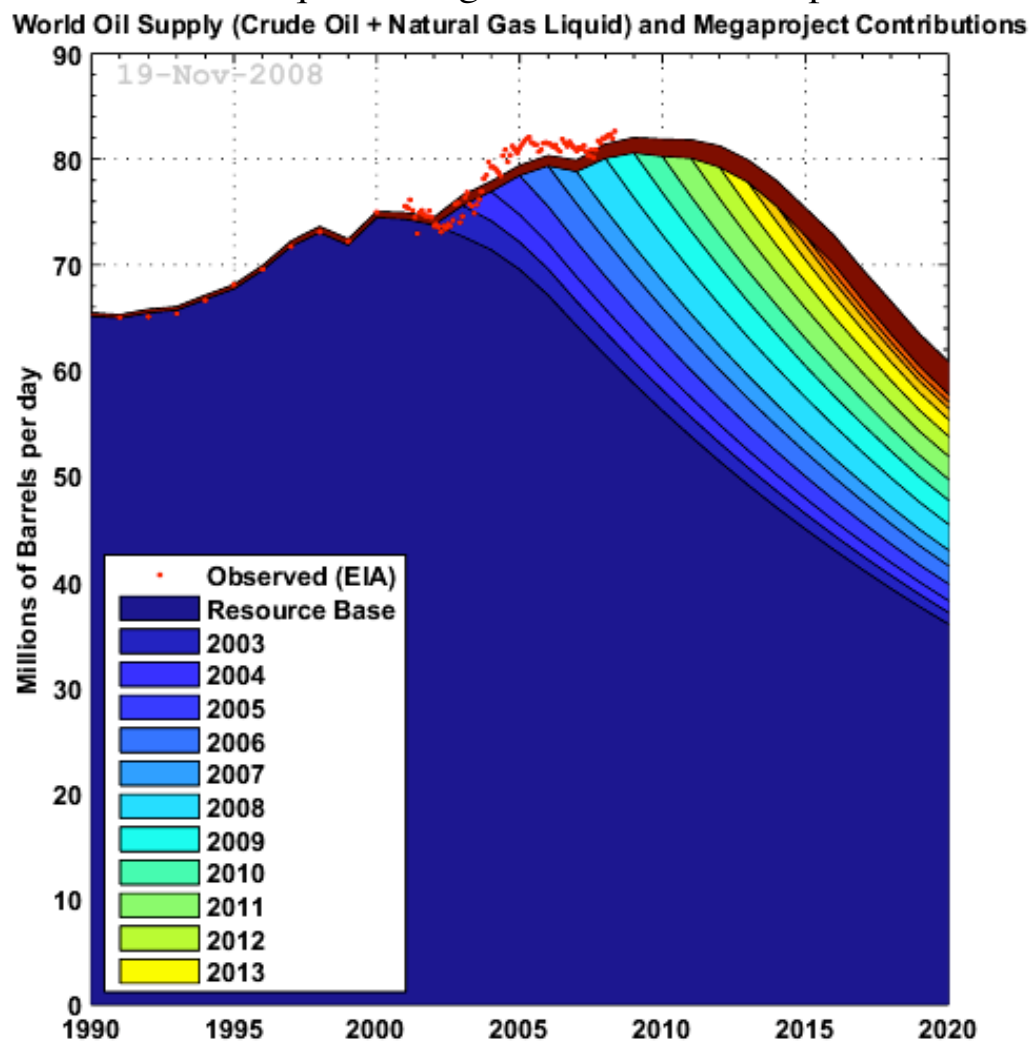
Peter Wells (ASPO-USA 4 2008) prévoit un pic des liquides de gaz a moins de 12 Mb/d en 2015 NGL

Figure 12: previsions production de **liquides de gaz naturel** mondial d'après P. Wells



Pour predire 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 autour de 2010

Figure 13: previsions production “brut + liquides de gaz” *The oil drum* a partir des *megaprojects*



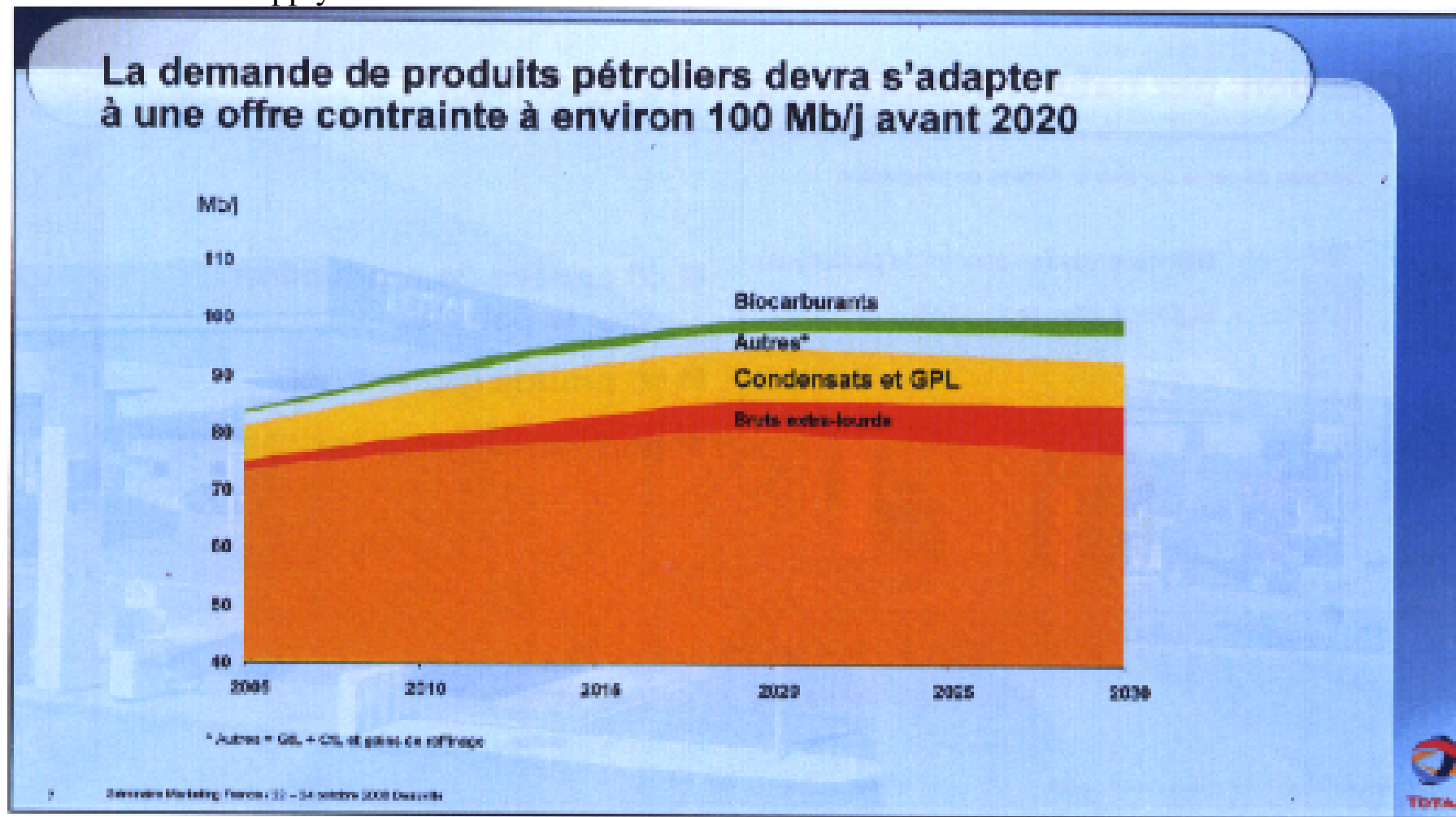
Pour avoir le vrai declin, il faudra ajouter les futurs megaprojects non encore decides.

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 avec les liquides de gaz à 10 Mb/d

Figure 14: World oil supply forecast from TOTAL 2008

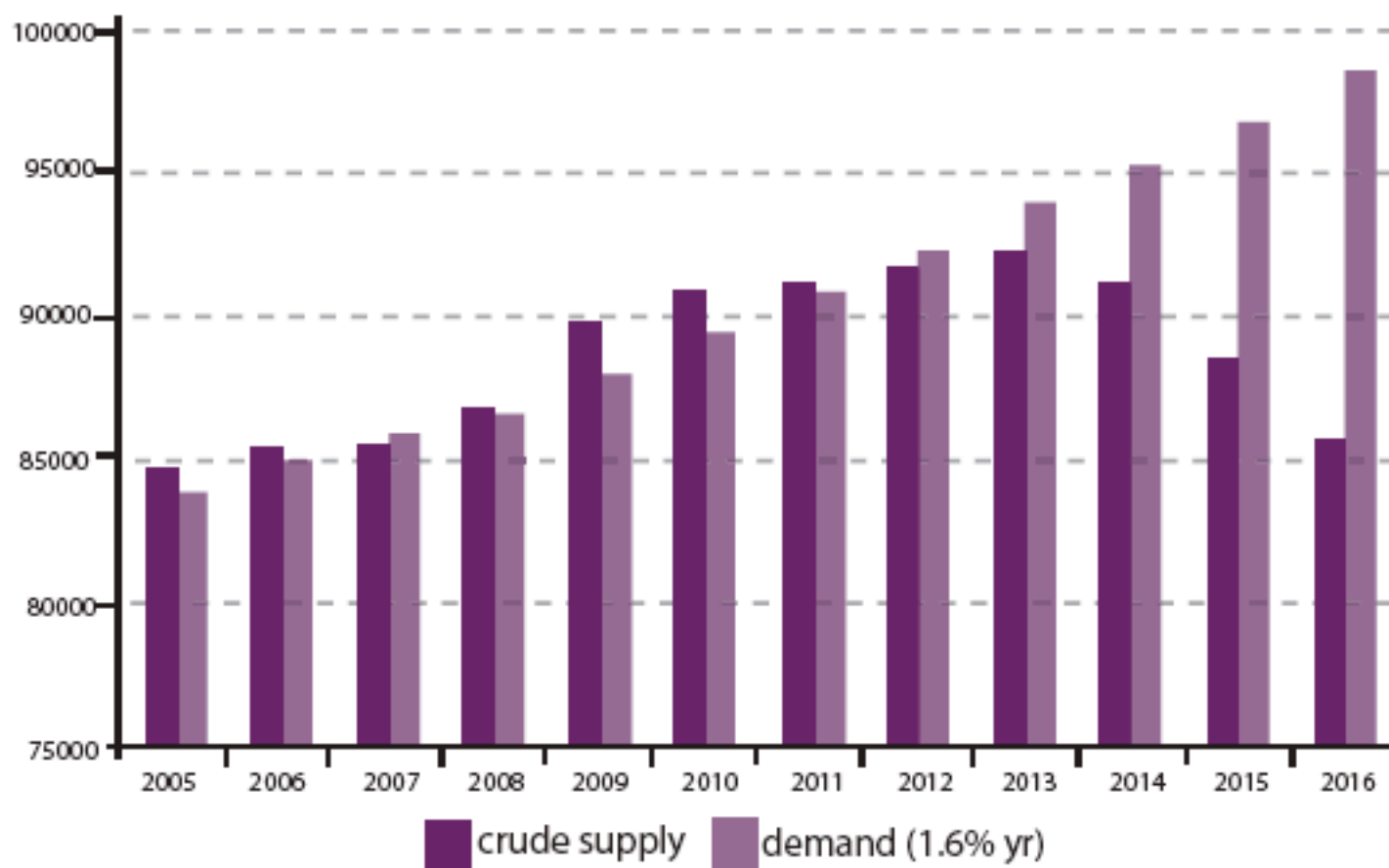


UK Industry Taskforce on Peak Oil and Energy Security prévoit un pic en 2013 à 92 Mb/d parmi plusieurs scénarios: croissance, plateau, descente et effondrement: le plus probable ne peut satisfaire la demande dès 2012

Figure 15: prévisions UK ITPOES de l'offre de pétrole

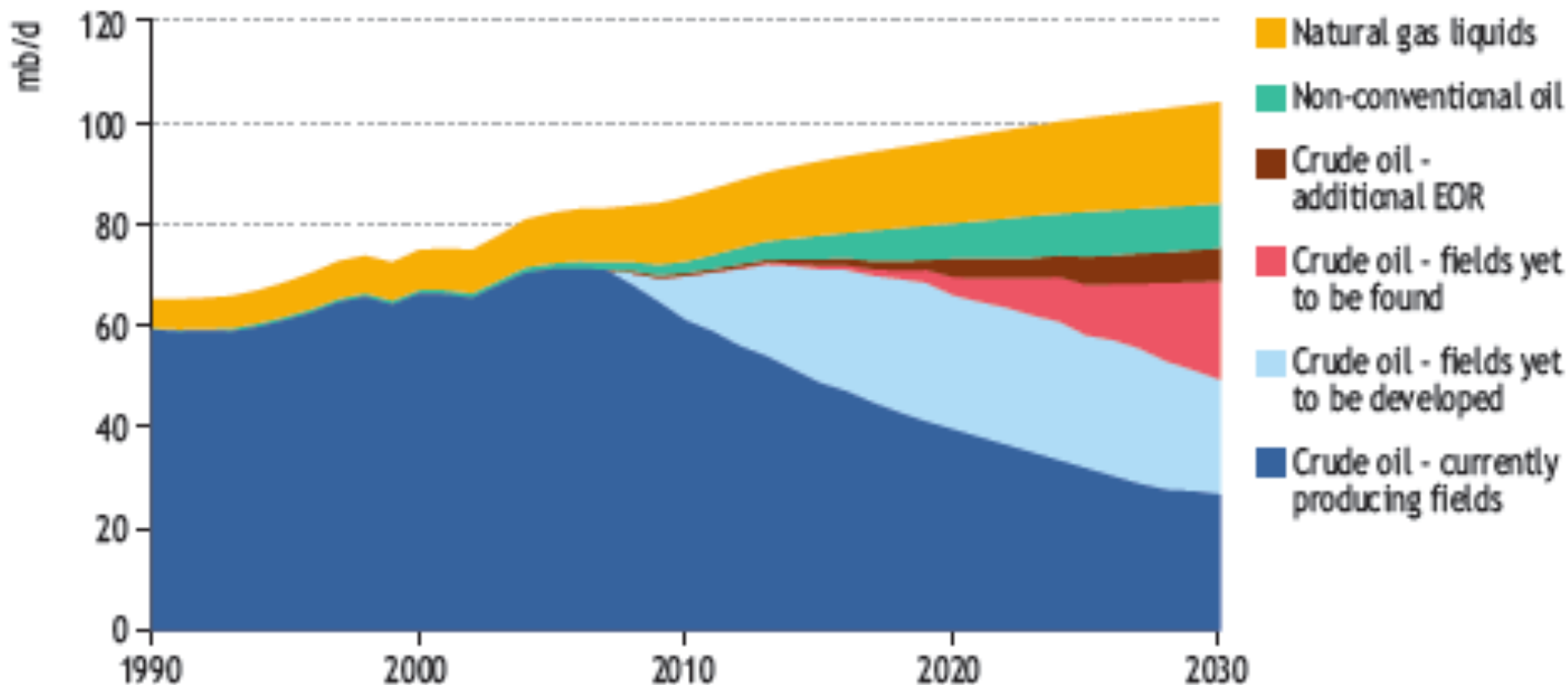
Figure 4: Global oil supply versus projected demand in a best-case analysis

Source: Peak Oil Consulting



Agence Internationale de l'Energie (AIE) World Energy Outlook WEO Novembre 2008 prévoit pour 2030
= 106 Mb/d scenario reference, = 98 Mb/d scenario 550 ppm, = 91 Mb/d scenario 450 ppm
Figure 16: previsions AIE WEO 2008 huile et liquides de gaz pour le scenario de reference

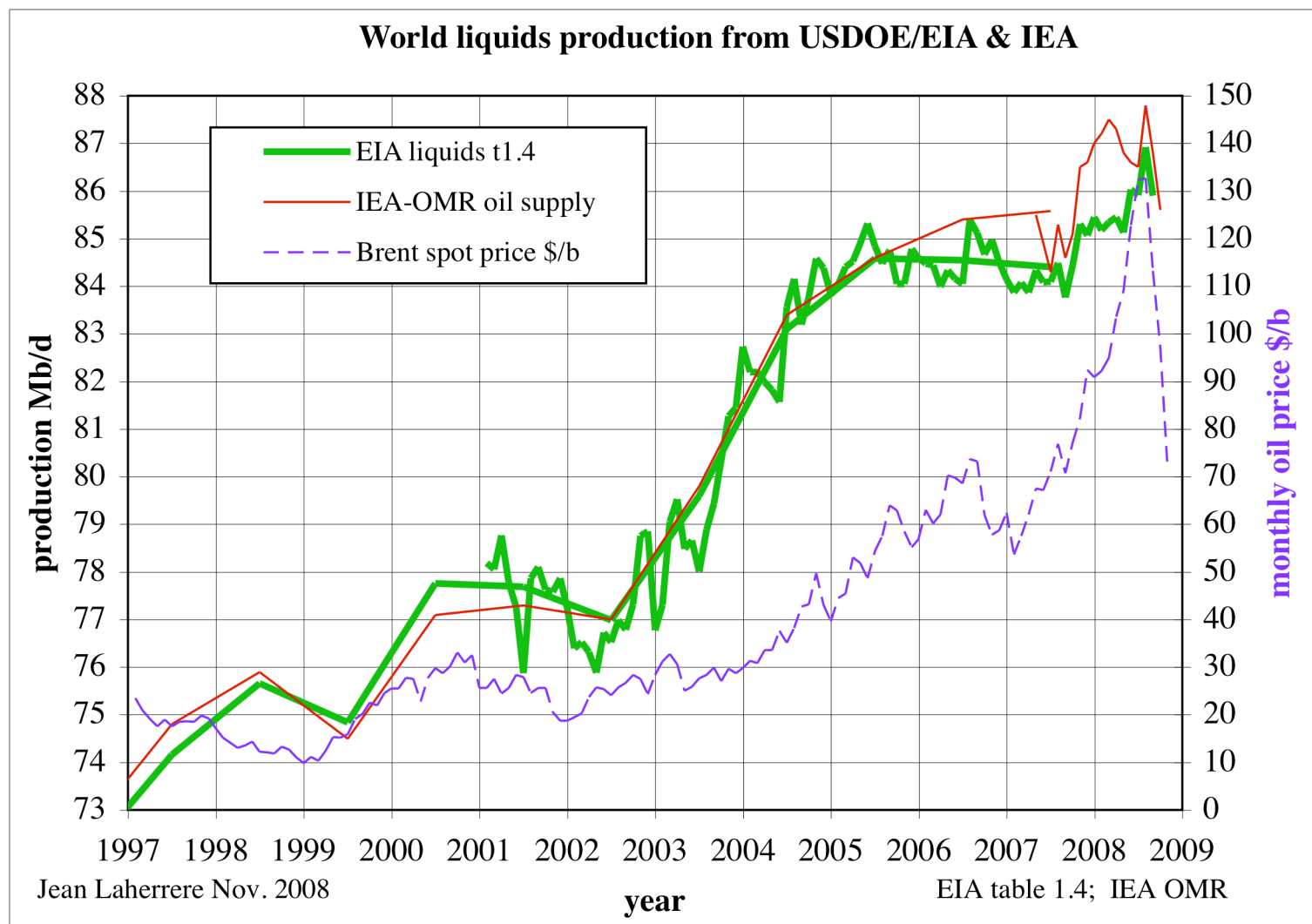
Figure 11.1 • World oil production by source in the Reference Scenario



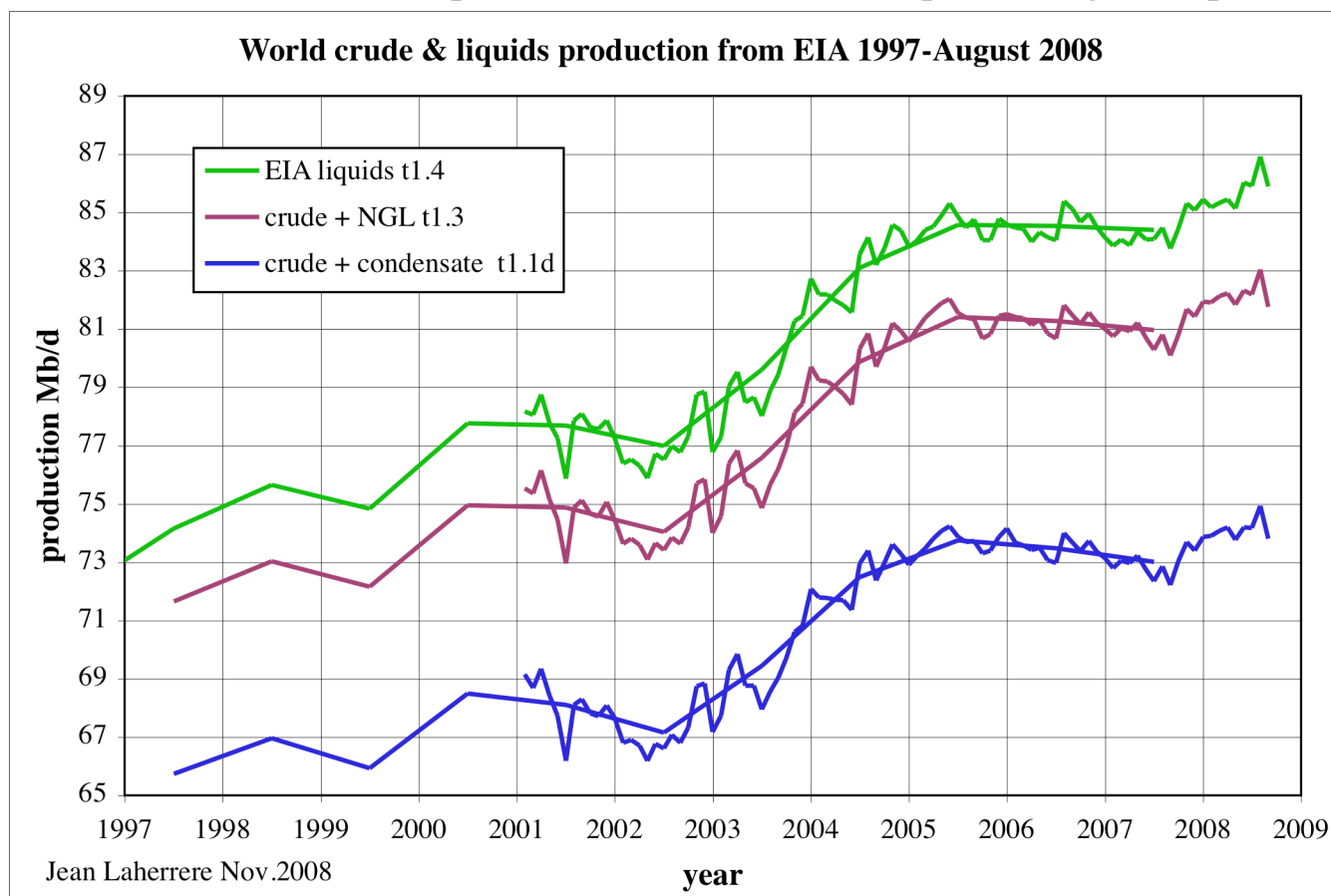
Les 20 Mb/d de liquides de gaz en 2030 sont beaucoup trop optimistes !

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

Figure 17: **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 18: production mondiale de tous liquides, de brut et de brut+liquides de gaz d'apres EIA



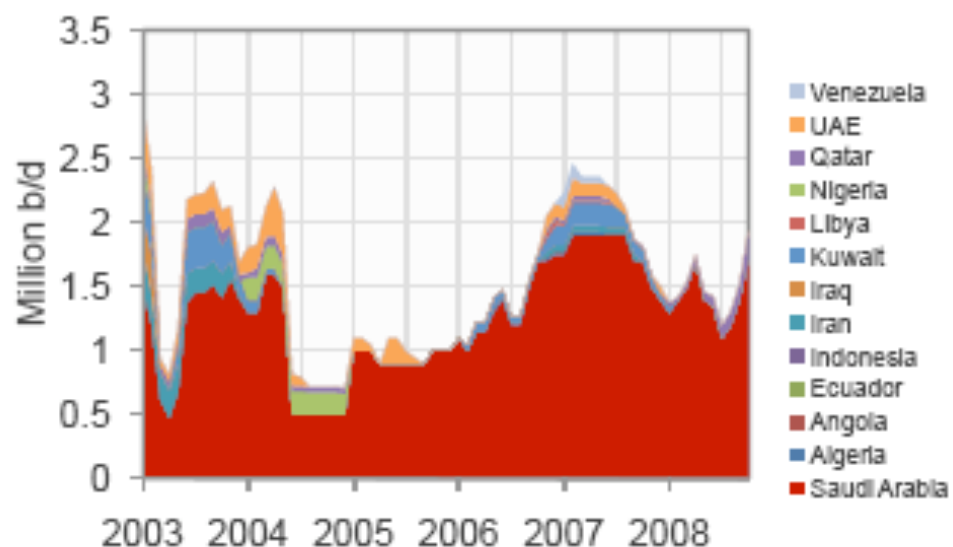
Les contraintes *above the ground* sont importantes: nationalisation (Venezuela, Russie), guerre civile (Irak, Nigeria), manque de terrain a explorer pour les IOCs, manque d'equipements et de personnel, et recession economique qui arrive et empire. **Le plateau sera ondule et les prix chaotiques, comme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

-Capacite d'appoint

ASPO Netherlands donne les capacites d'appoint suivant les 2 sources officielles et les differences montrent bien l'opacite des donnees des membres de l'OPEP

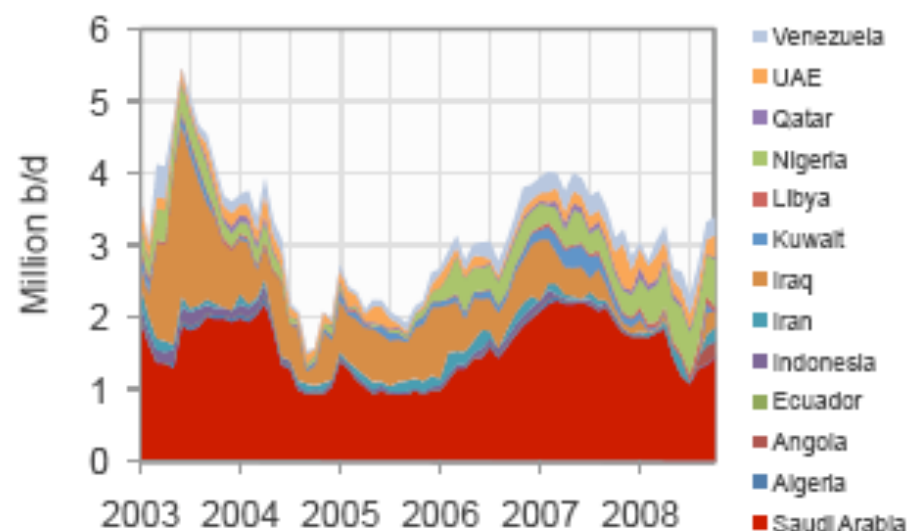
Figure 19 capacites d'appoint des pays producteurs d'apres AIE et USDOE/EIA

Chart 33: EIA OPEC Spare Capacity Jan. 2003 - October 2008



Source: Energy Information Administration

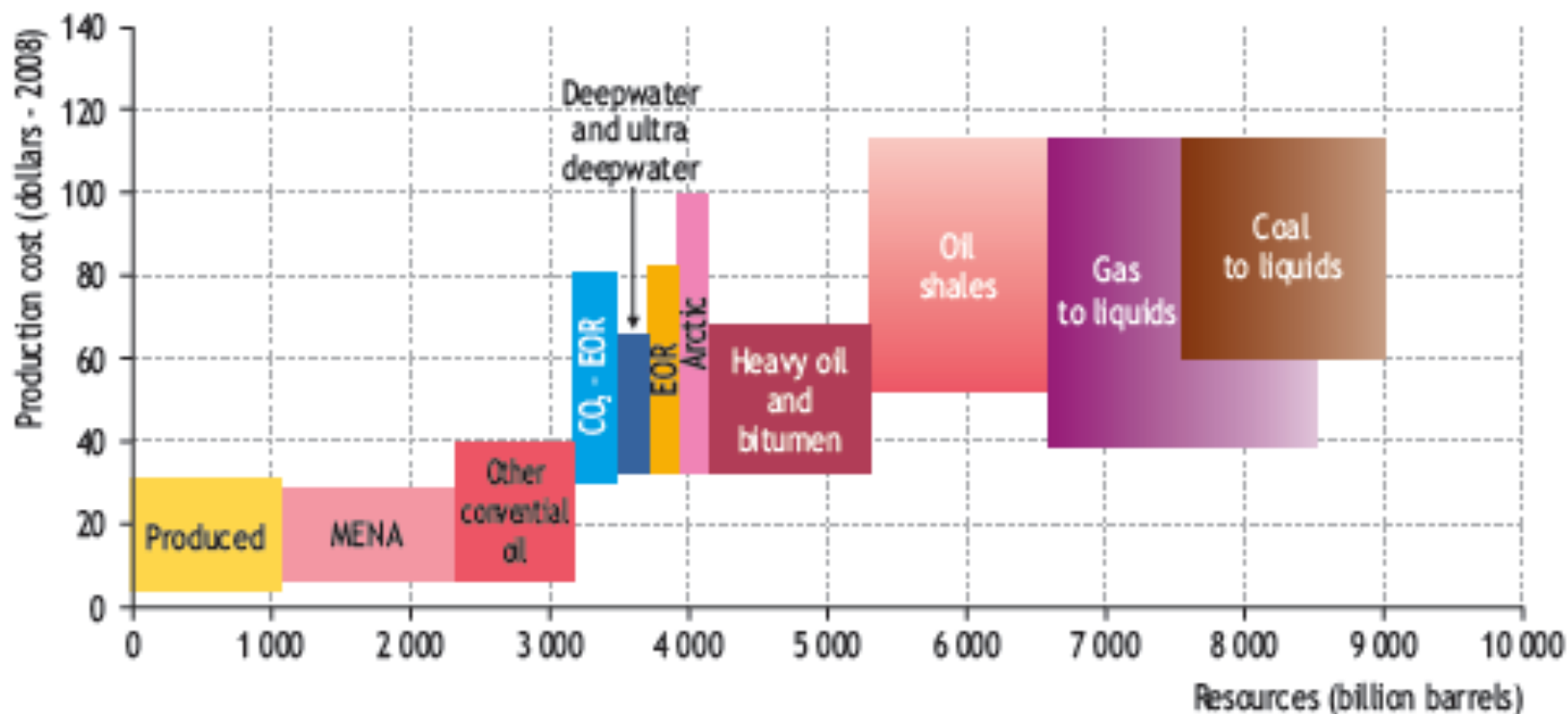
Chart 34: IEA OPEC Spare Capacity Jan. 2003 - October 2008



Source: International Energy Agency

AIE est très optimiste sur les ressources (dans le sous-sol), qui ne sont pas les réserves (ce qui sera produit)
 Figure 20: ultimes par AIE 2008 des liquides combustibles fossiles d'après le coût de production

Figure 9.10 • Long-term oil-supply cost curve

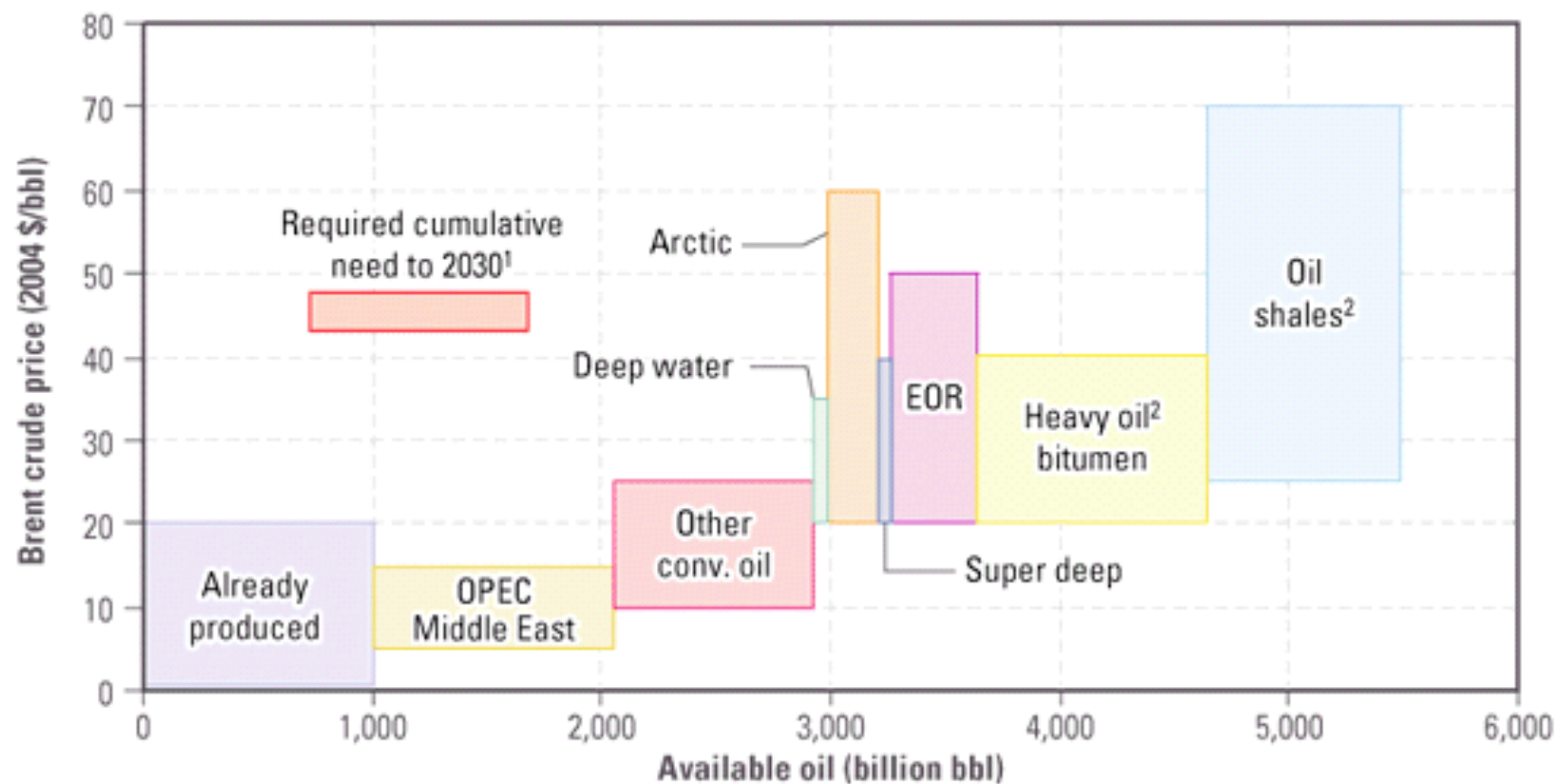


Note: The curve shows the availability of oil resources as a function of the estimated production cost. Cost associated with CO₂ emissions is not included. There is also a significant uncertainty on oil shales production cost as the technology is not yet commercial. MENA is the Middle East and North Africa. The shading and overlapping of the gas-to-liquids and coal-to-liquids segments indicates the range of uncertainty surrounding the size of these resources, with 2.4 trillion shown as a best estimate of the likely total potential for the two combined.

meme graphique en 2004 nettement moins volumineux sans CTL & GTL, les couts etaient aussi moindres
 Figure 21: ultimes par AIE 2004 des liquides combustibles fossiles d'après le cout de production

IEA'S VIEW OF OIL AVAILABILITY VS. PRICE

Fig. 1



¹According to IEA's World Energy Outlook. ²Estimates include mitigation costs to make heavy oil, bitumen, and oil shales CO₂-neutral compared to conventional oil.

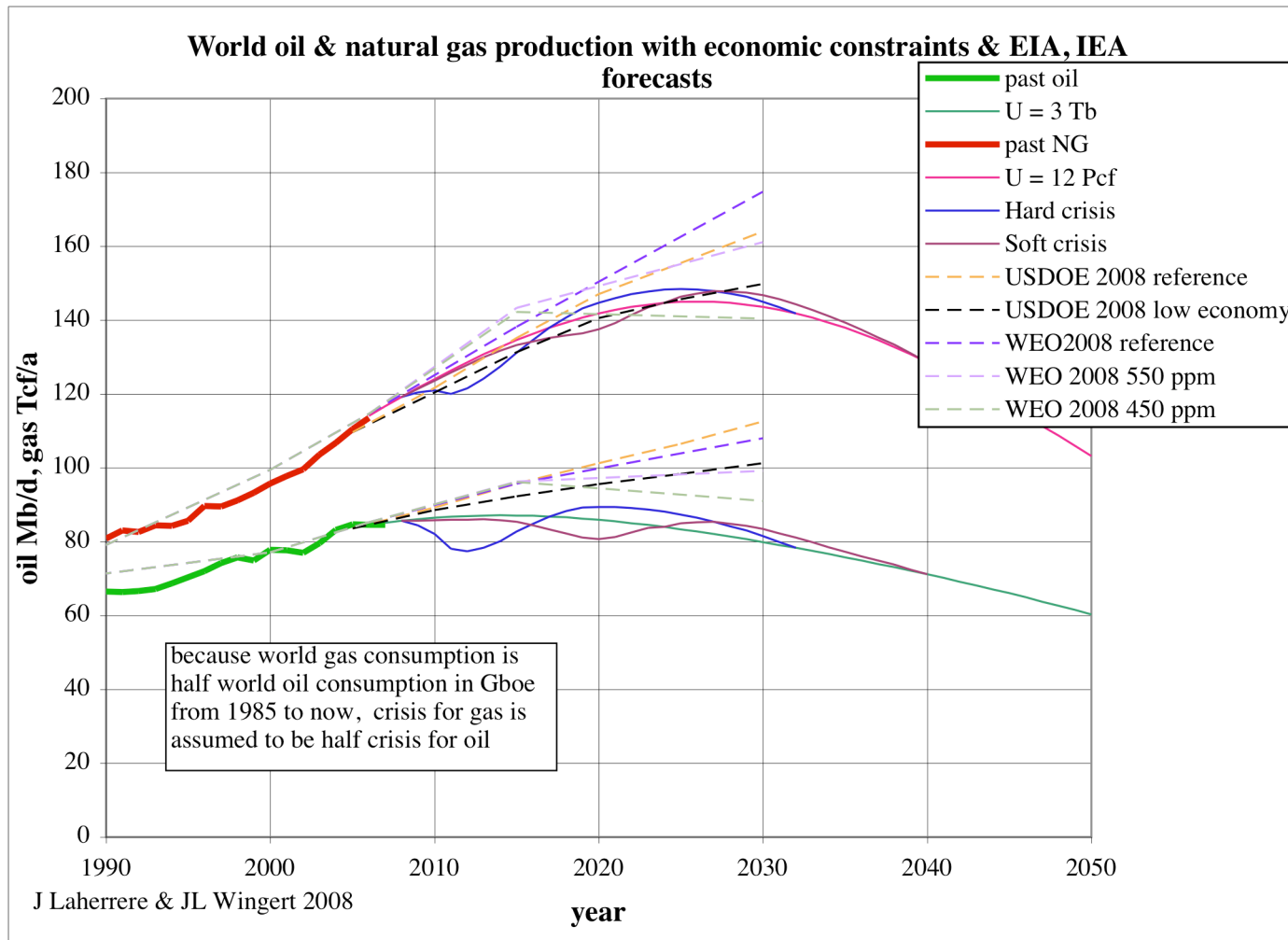
Source: IEA

La variation de ce graphique avec le temps montre qu'il est peu fiable!

-Contraintes au dessus du sol

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

Figure 22: previsions mondiales de production d'huile et de gaz avec contraintes economiques (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 prévoit un plateau ondule qui ne commence qu'en 2030-2050, contrairement aux declarations de Total (de Margerie) et Conoco

Figure 23: prevision NPC dans WSJ 19 Nov 2007

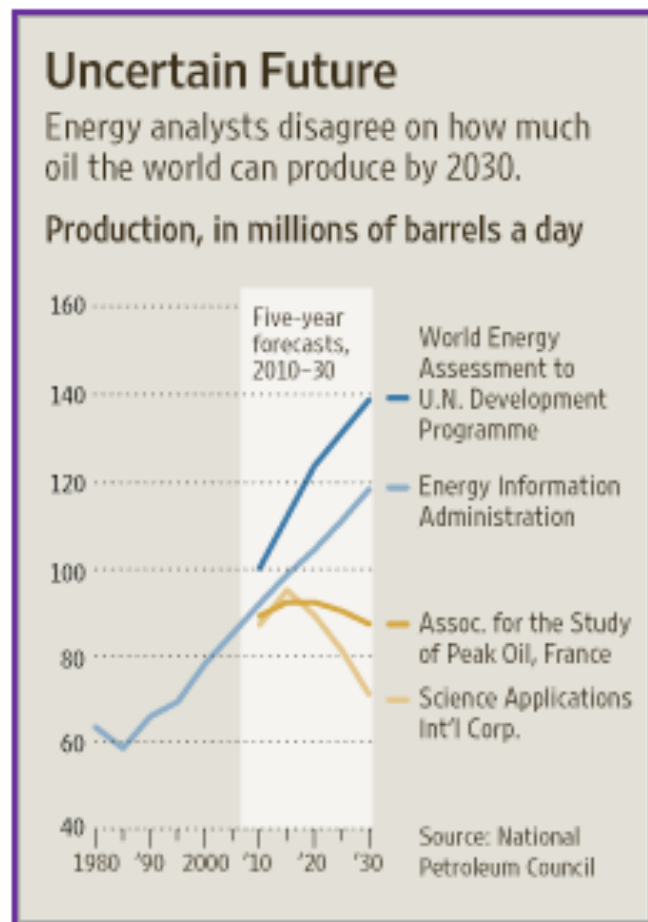
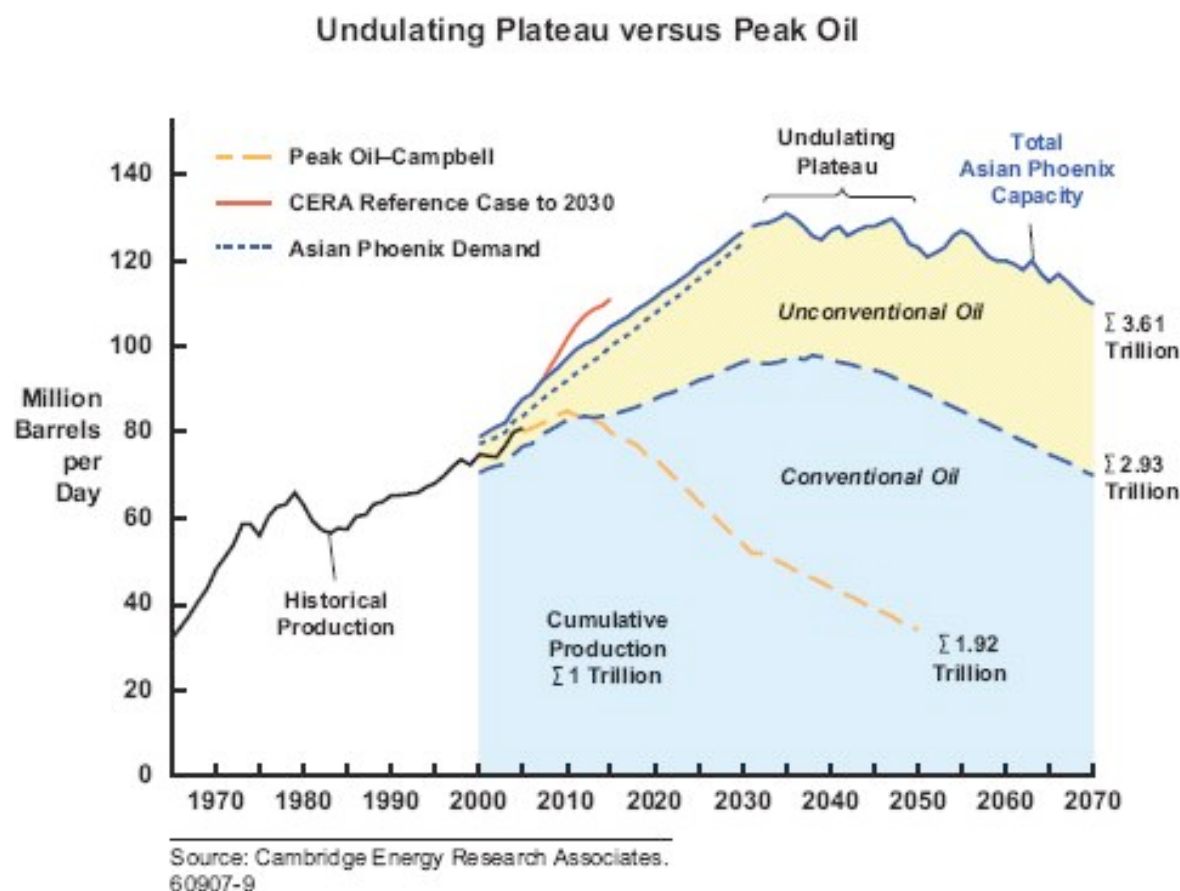


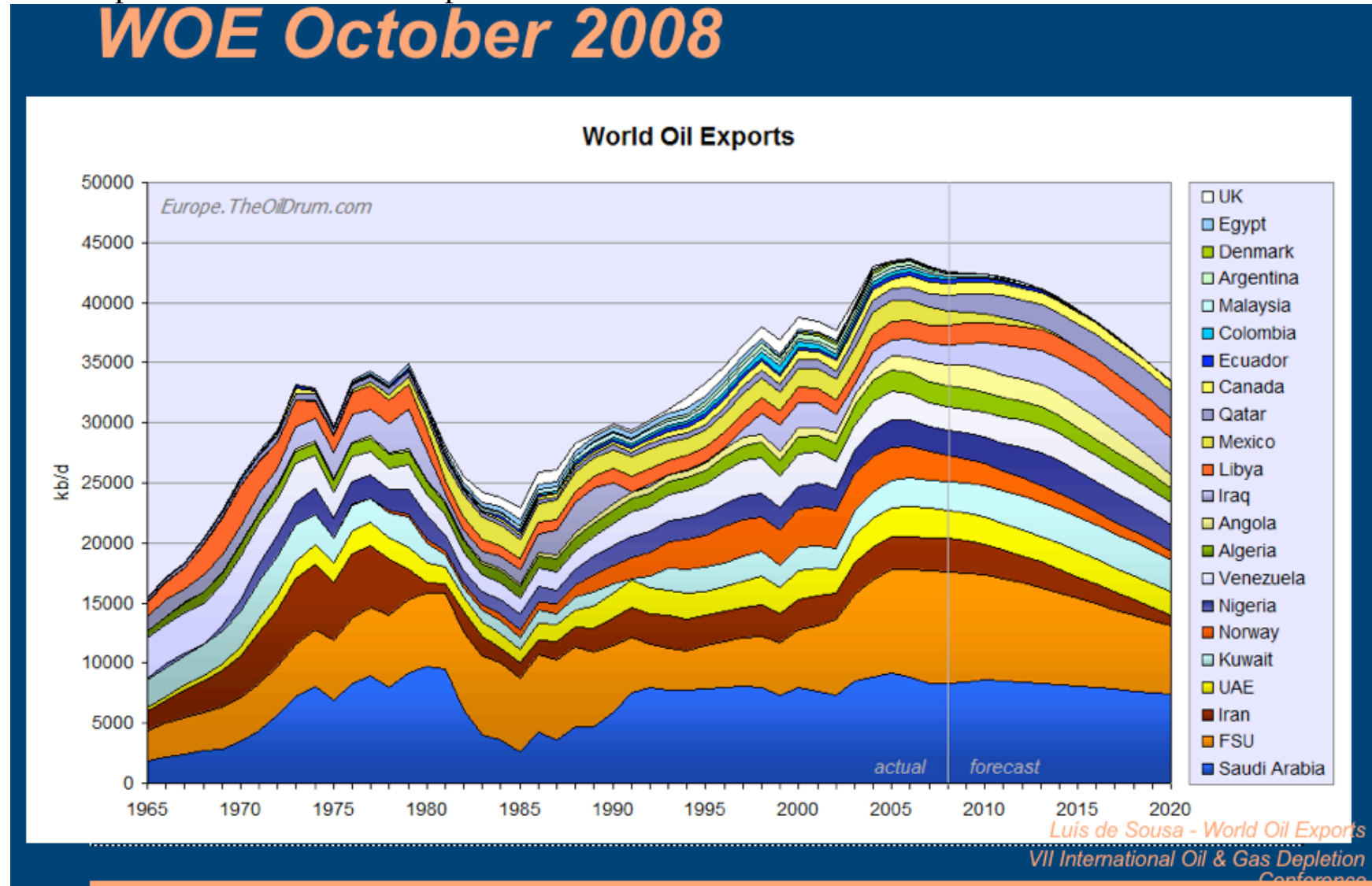
Figure 24: prevision CERA 2007



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

Luis de Sousa (The Oil Drum 18 Sept.2008 et ASPO VII Barcelone) has trace les exportations de petrole dans le monde de 1965 a 2020: **le pic semble etre passe!**

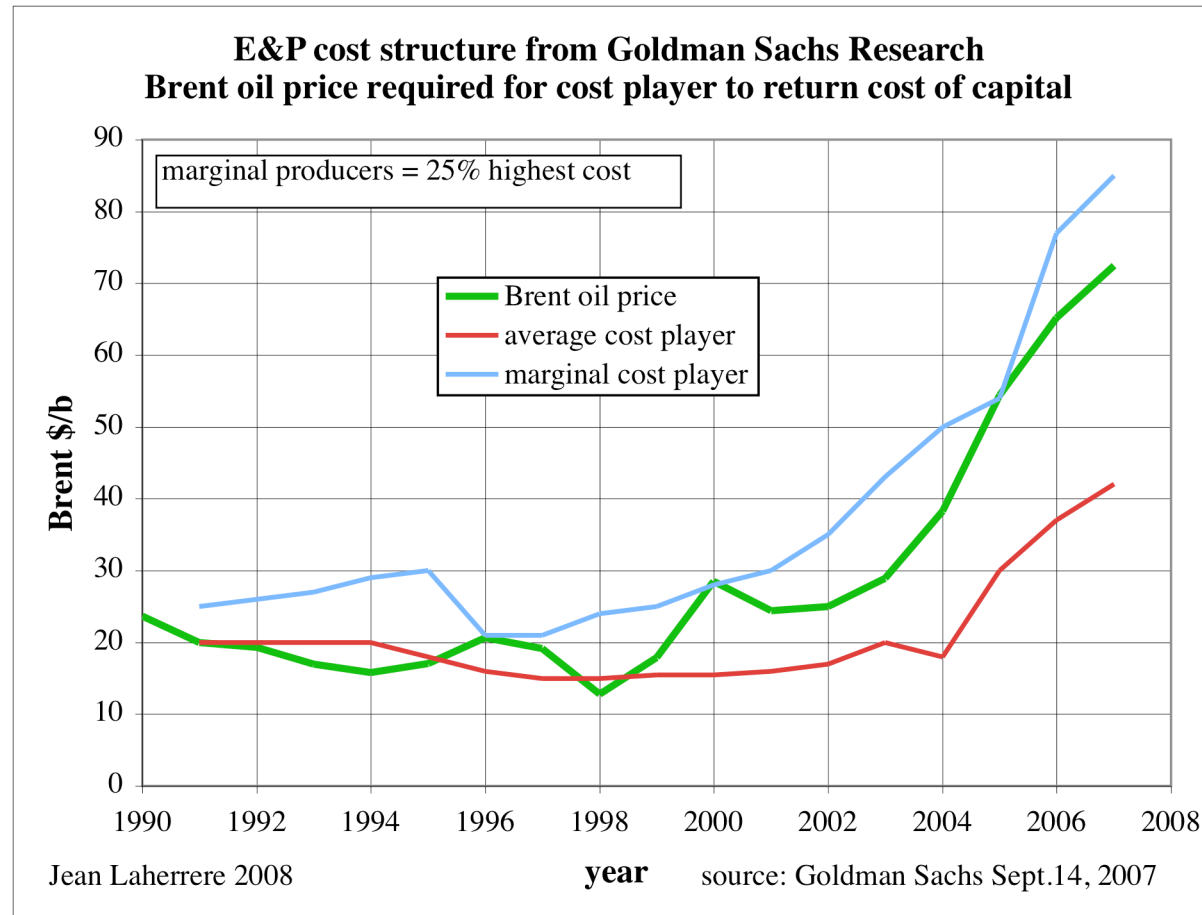
Figure 25: exportations mondiales de petrole L de Sousa TOD WOE 2008



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

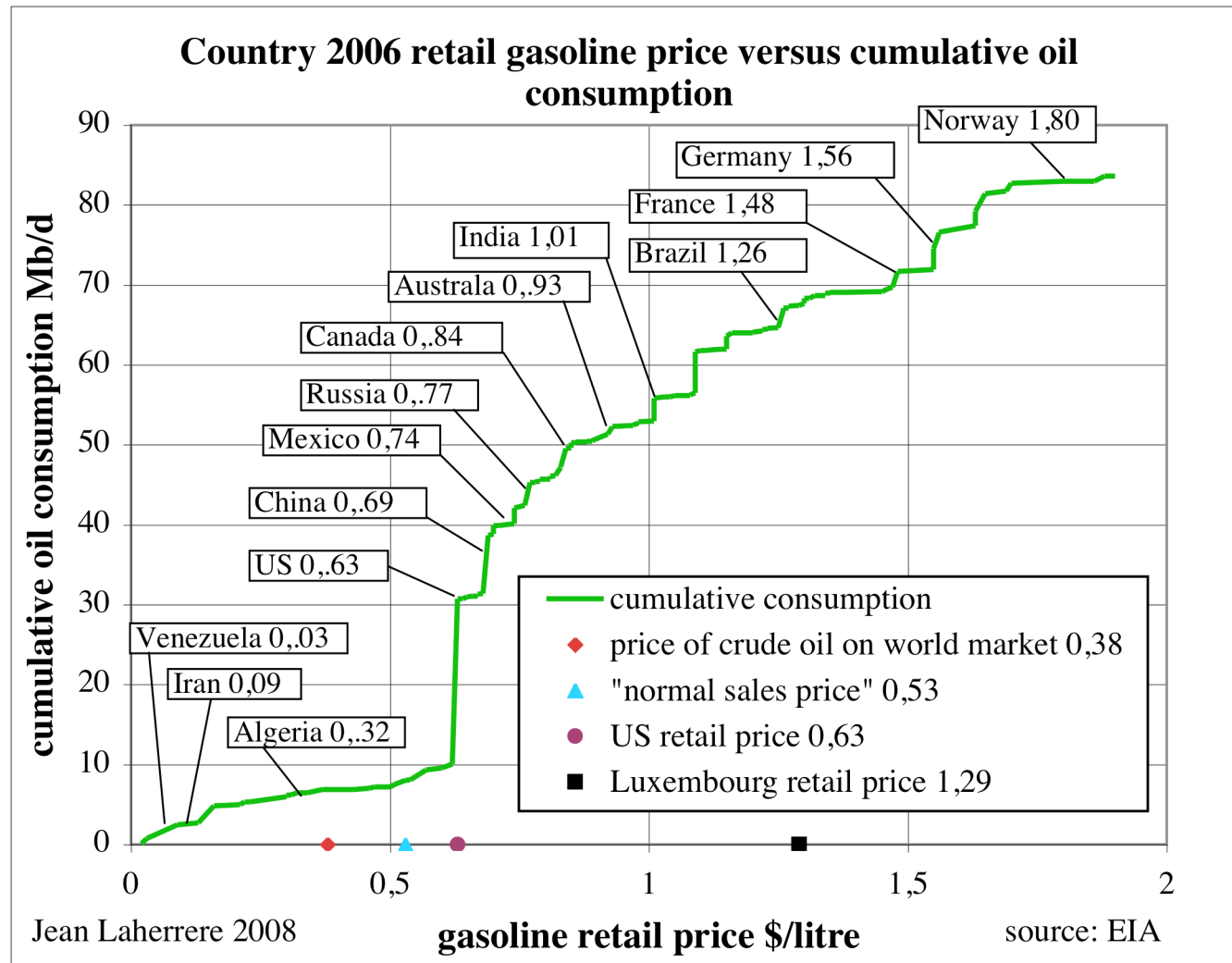


TOTAL a declare que les sables bitumienux ont un point neutre a 90 \$/b et l'offshore profond a 70 \$/b.

Pour les pays le point neutre serait Qatar 24, Koweit 33, Libye 47, Arabie 49, Venezuela 80, Iran 90, Irak 110.

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



-2-Gaz naturel

Le gaz est différent du pétrole, car le coût élevé du transport (5 à 10 fois celui du pétrole) conduit à plusieurs marchés du gaz. Le gaz liquéfié n'a pas encore abouti à la mondialisation du gaz.

Les données de gaz sont encore moins fiables que celles du pétrole. Le contenu énergétique varie de la Pologne à l'Équateur (+62%)

Figure 28: contenu énergétique du gaz par pays naturel

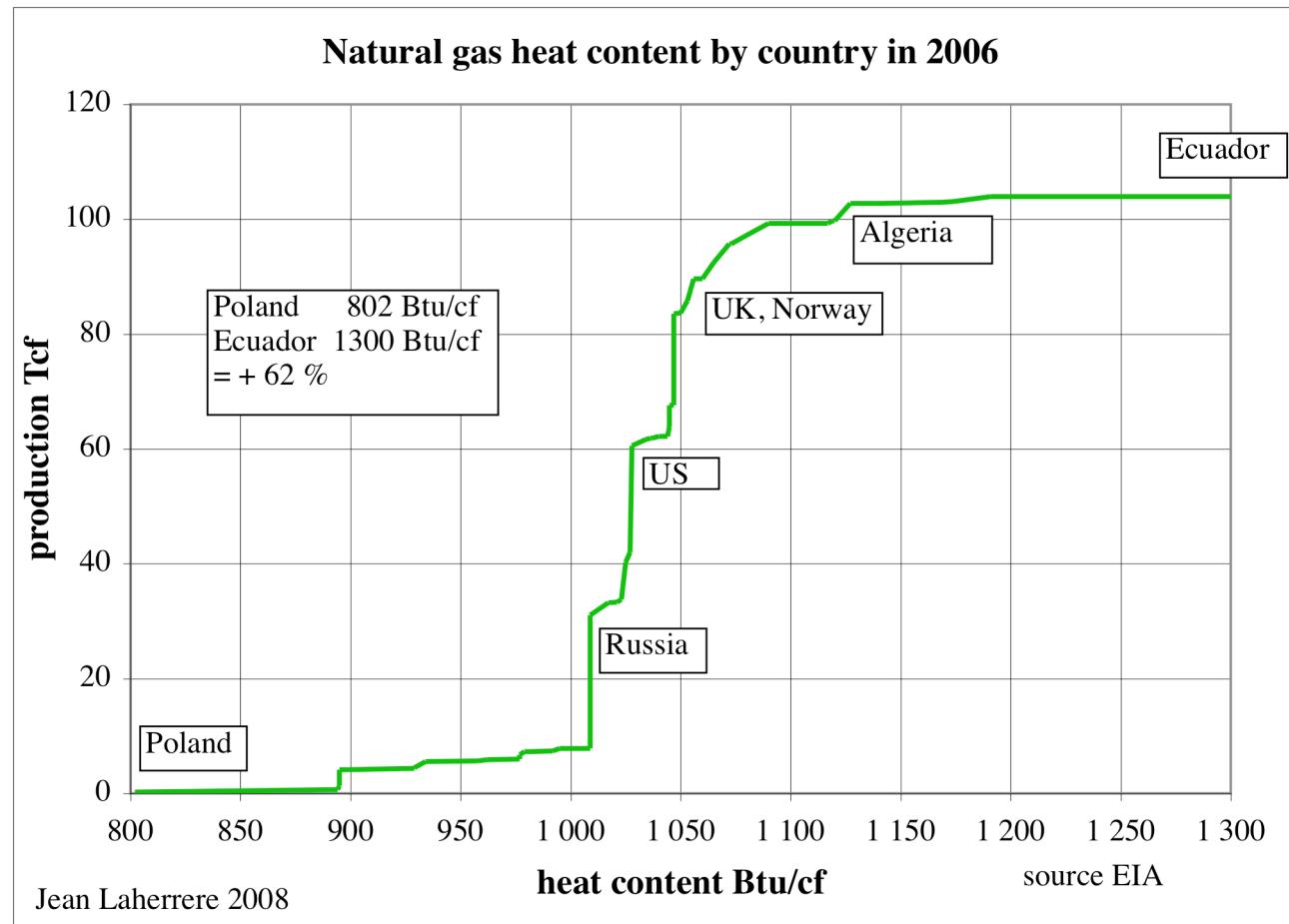
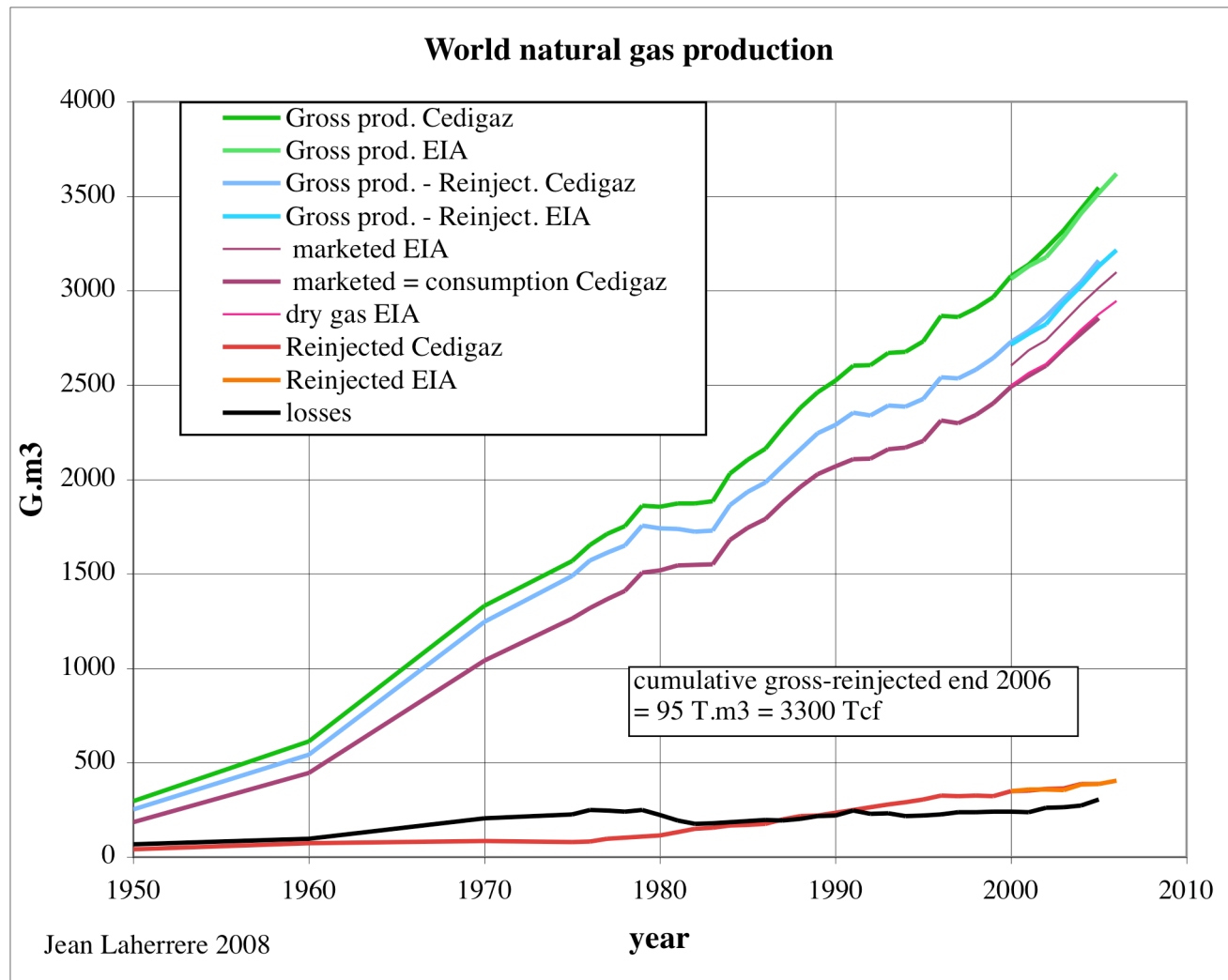


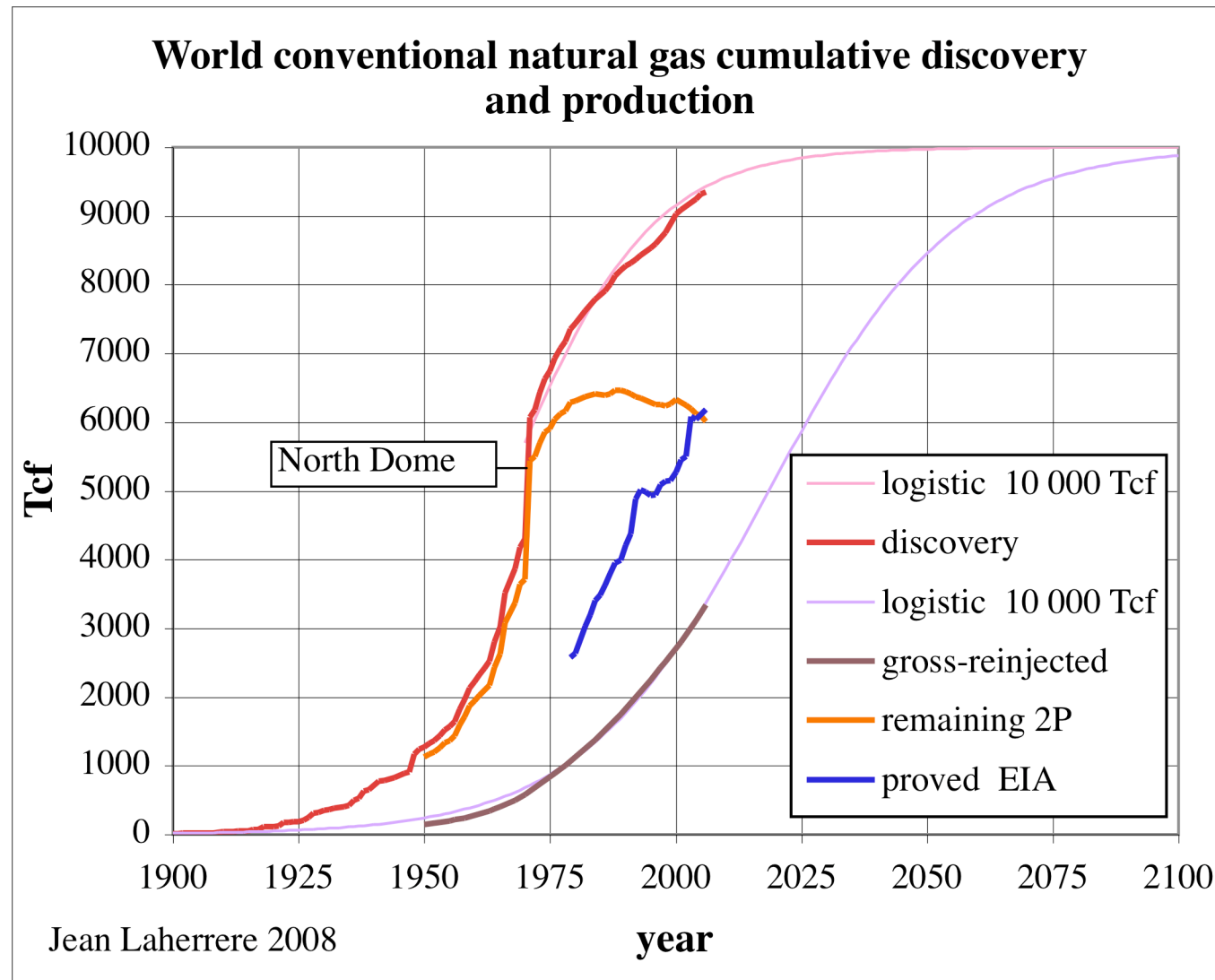
Figure 29: production mondiale de gaz



Beaucoup utilise seulement le gaz commercialise, ignorant les pertes et le torchage. Il faut travailler sur le gross-reinjected, mais le gaz peut etre reinjecte plusieurs fois (3 fois pour Prudhoe Bay)

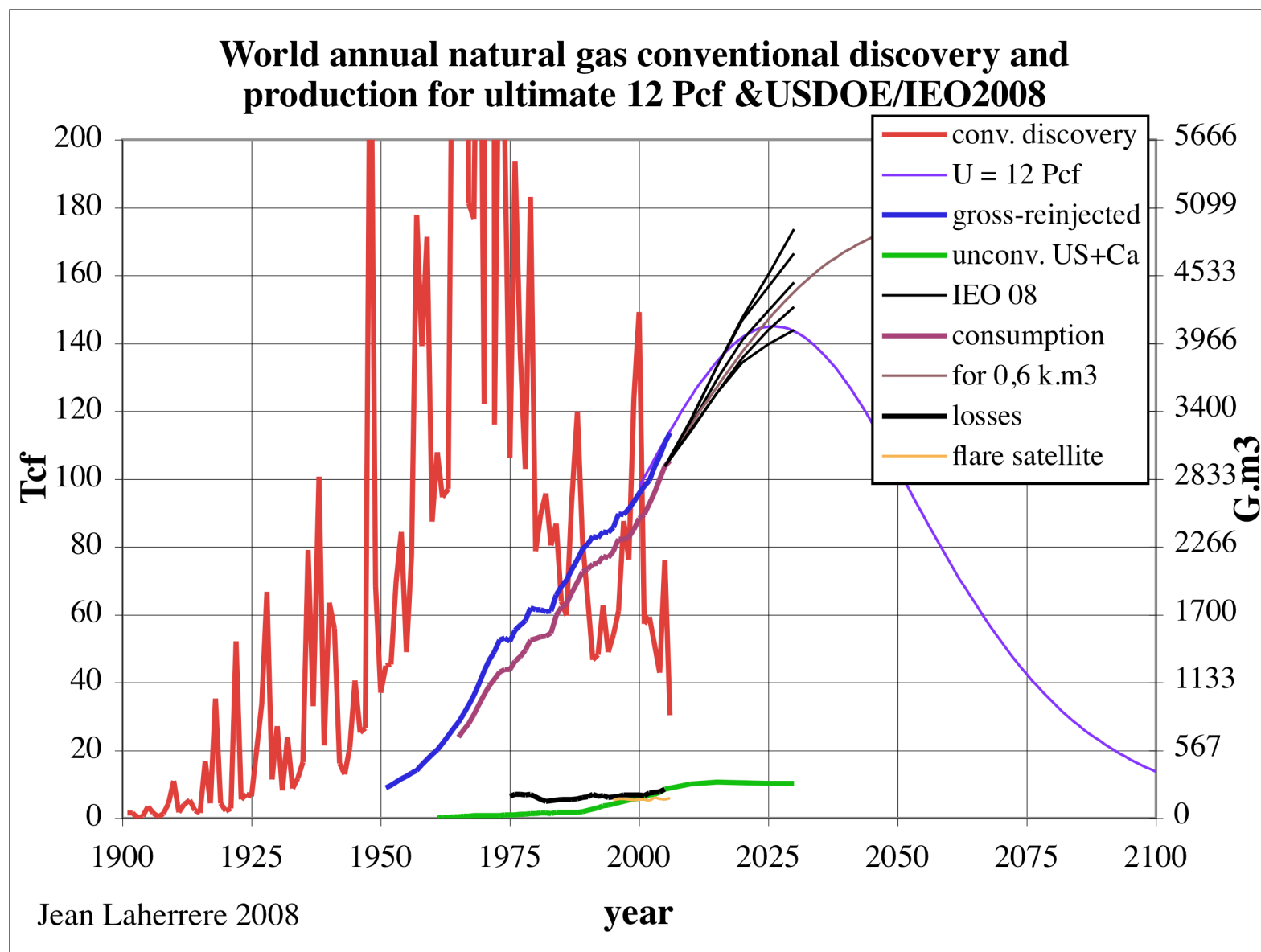
-prevision mondiale

Figure 30: courbe cumulee de decouverte et de production du gaz conventionnel pour un ultime de 10 Pcf



Les reserves restantes techniques 2P (en orange) evoluent a l'oppose des reserves "prouvees" (en bleu)

Figure 31: courbe annuelle de decouverte et de production du gaz pour ultime 12 Pcf avec EIA/IEO 2008

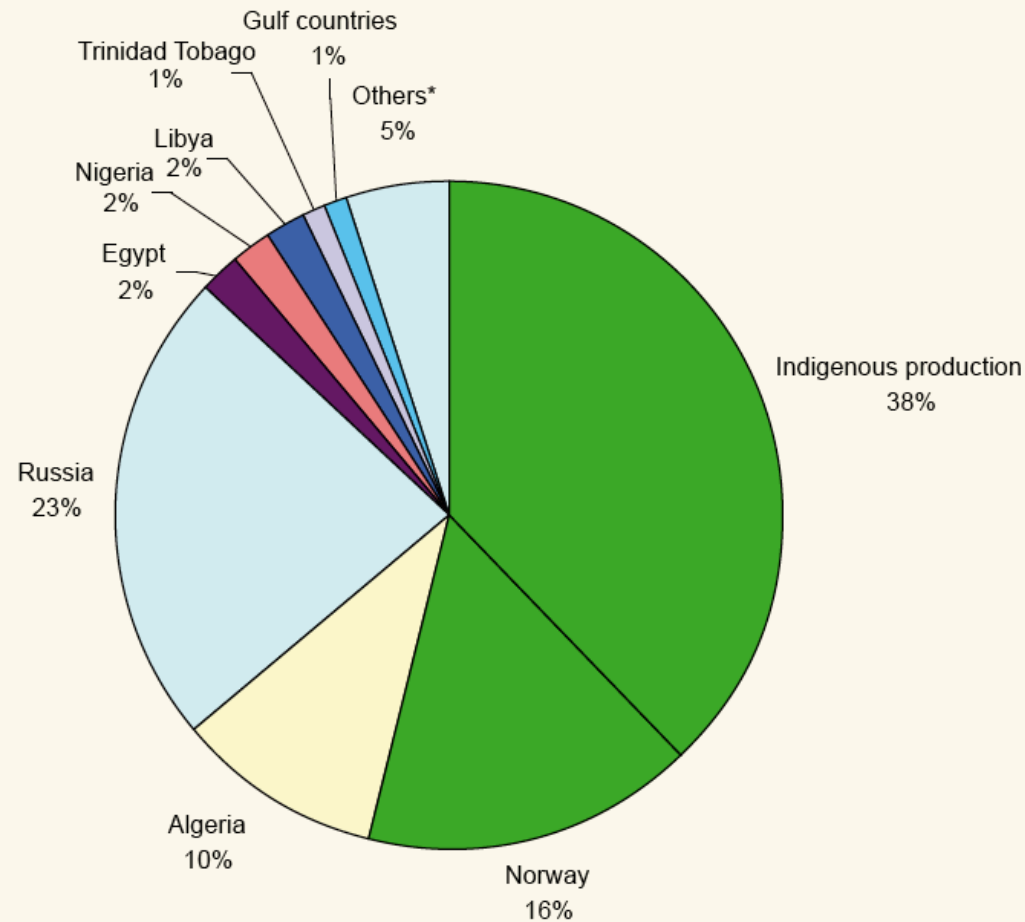


-Europe; production et consommation de gaz

L'approvisionnement de gaz de l'EU en 2006 montre l'importance de la Russie a 23% (avec du gaz achete a l'ex-URSS), la Norvege 16% et Algerie 10%

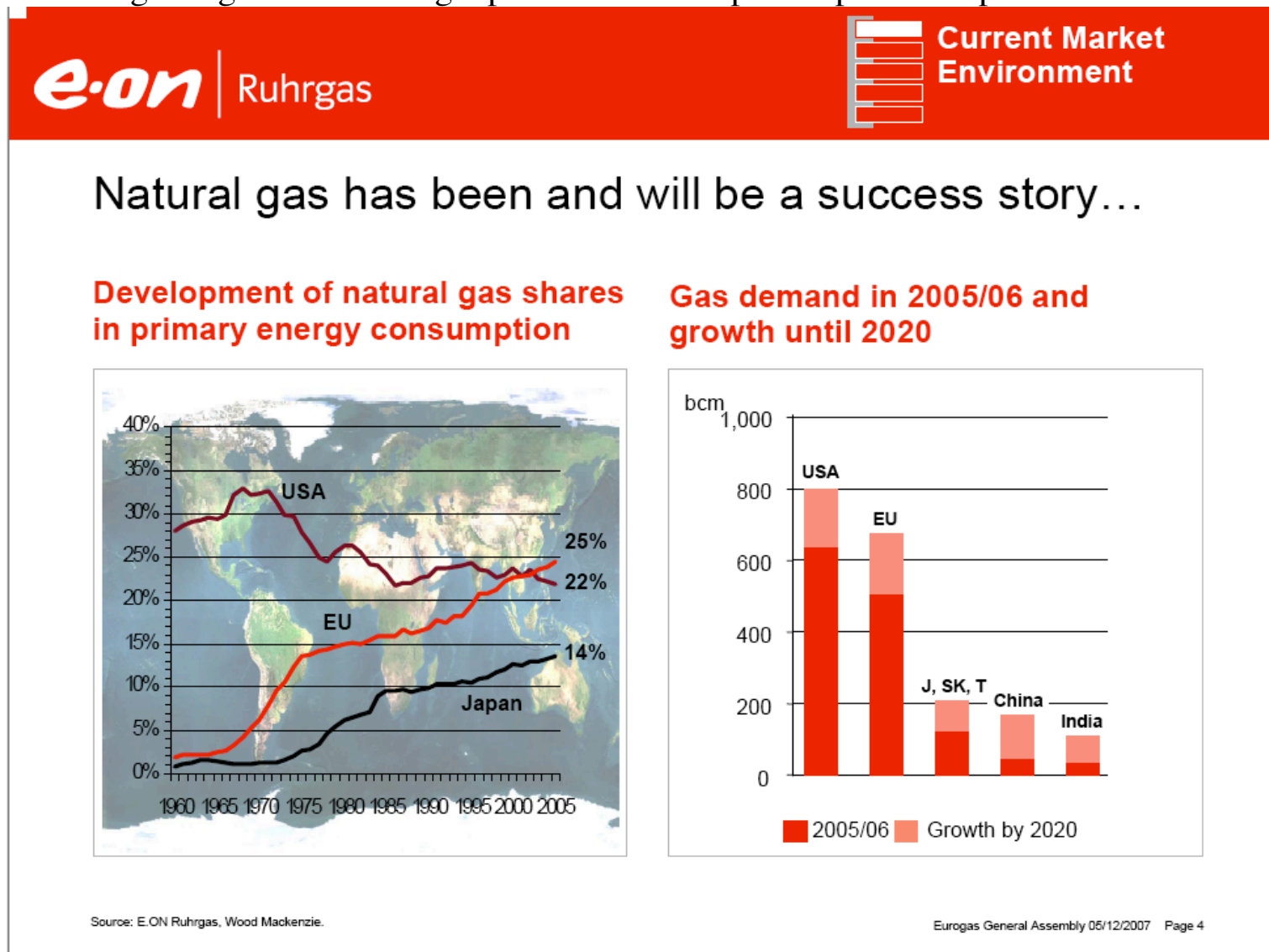
Figure 32: provenance du gaz en 2006 de l'UE 27

EU27 Natural Gas Net-Supplies



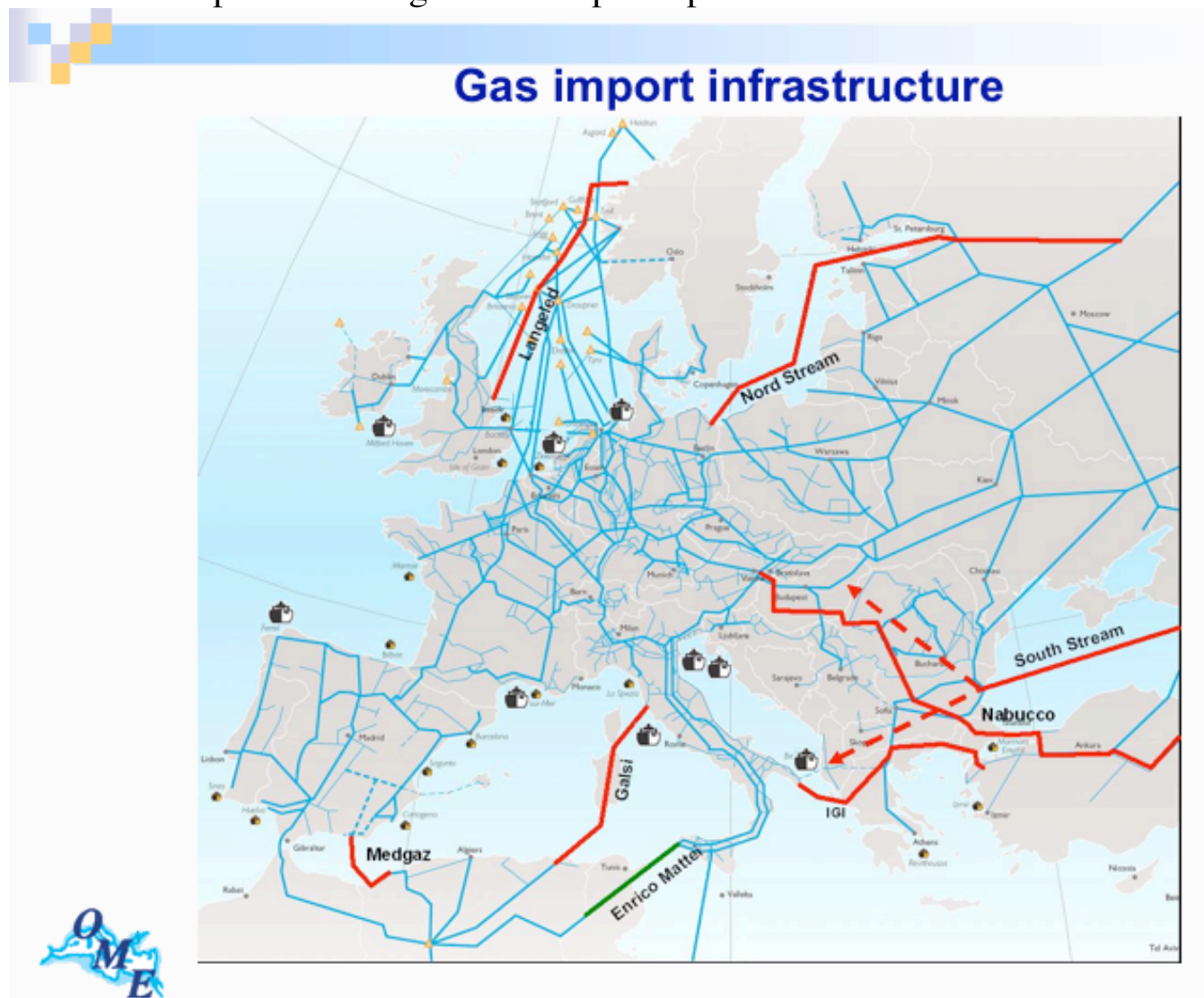
La croissance du gaz dans l'énergie primaire en Europe est plus importante qu'au Japon alors qu'il y a une décroissance aux US

Figure 33: pourcentage du gaz dans l'énergie primaire en Europe compare au Japon & US



Infrastructure importante, plusieurs projets dont certains en doute = Nabucco & Nord Stream

Figure 34: infrastructure importation du gaz en Europe d'après Observatoire Méditerranéen de l'Énergie = OME



Les Russes (Nice 2008) voudraient des investissements européens, notamment pour leurs compresseurs perimes.

Previsions Eurogas pour les contrats identifiés et l'additionnel *a definir* plus important en 2030

Figure 35: prevision Eurogas (long-term outlook to 2030) pour UE 27

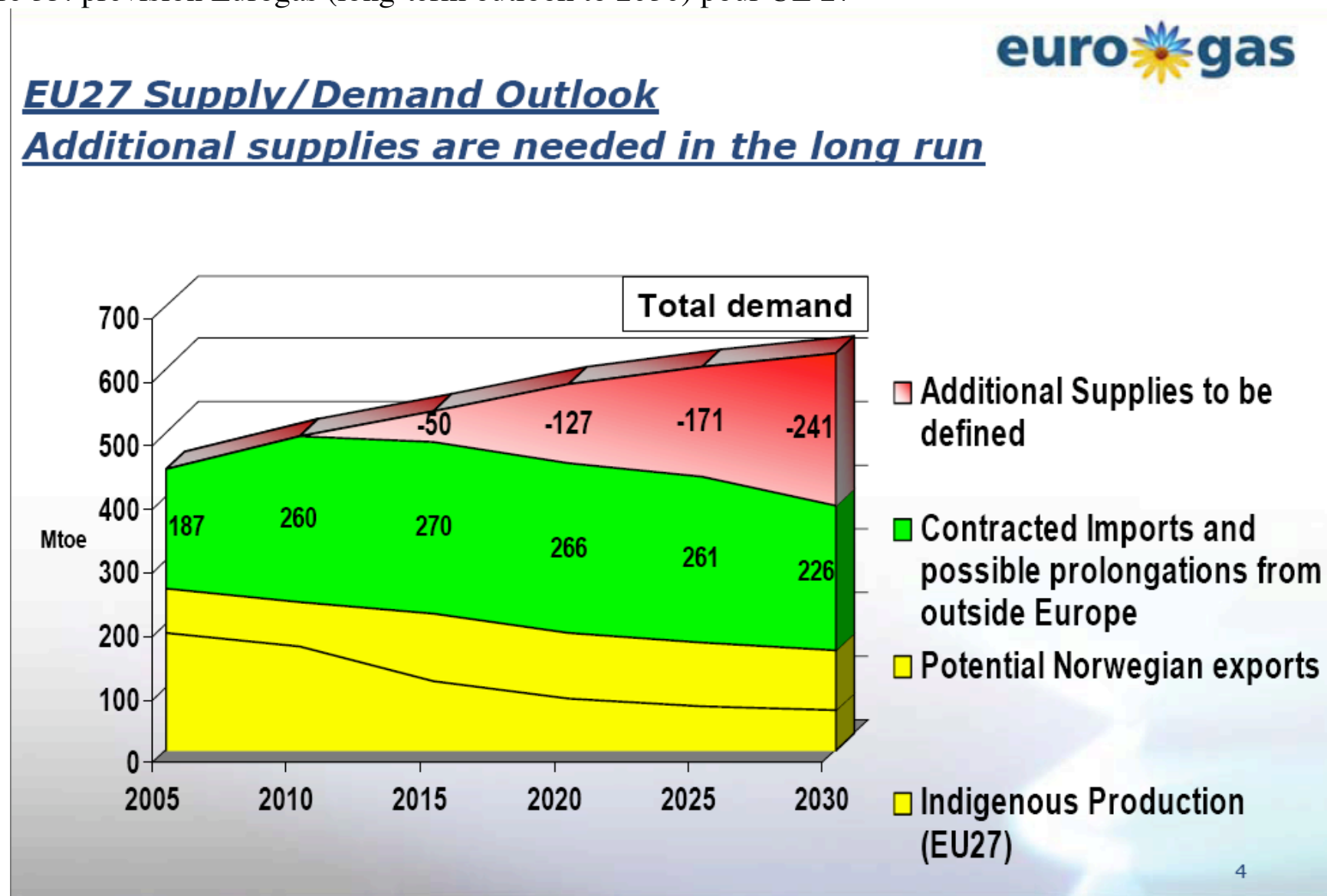
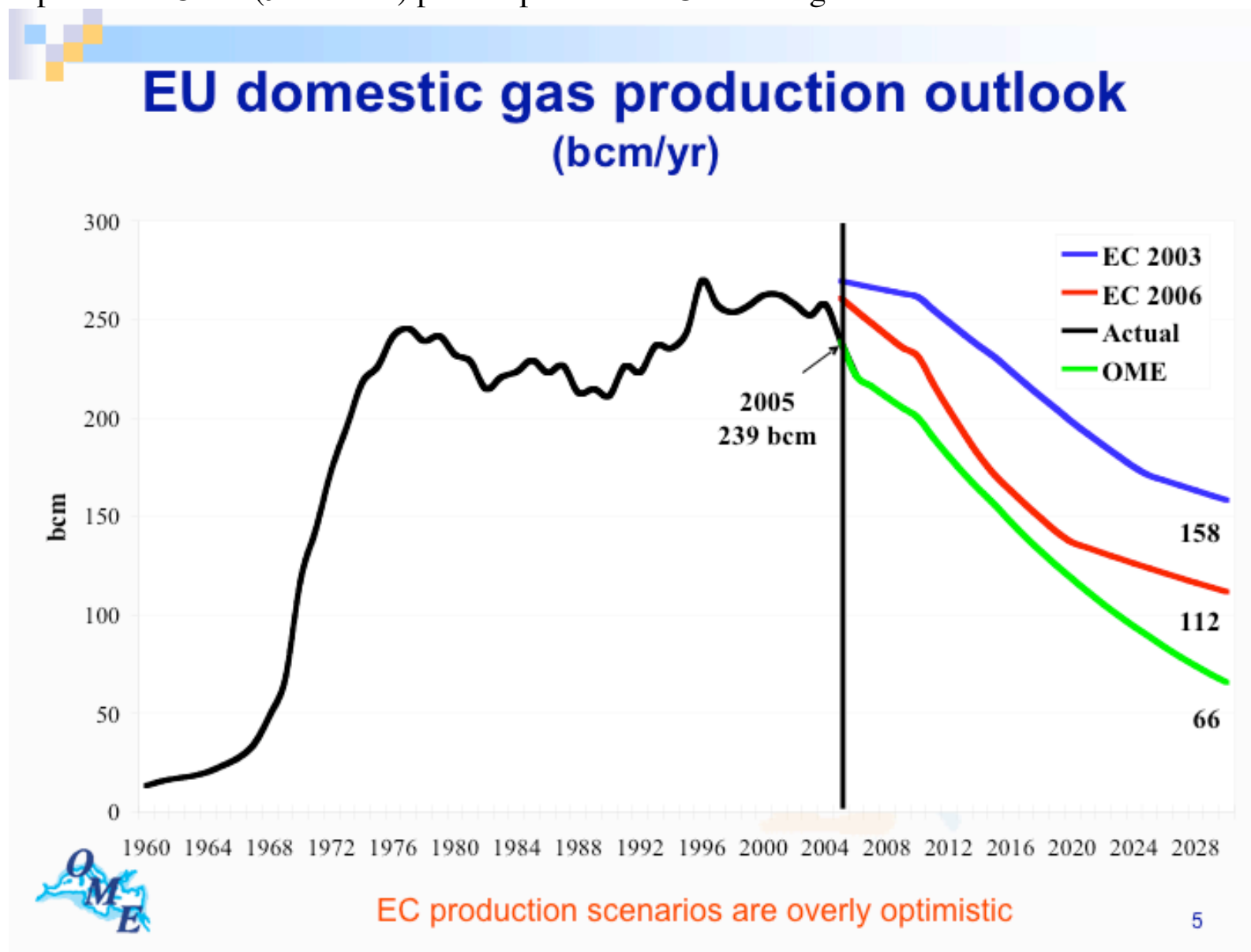
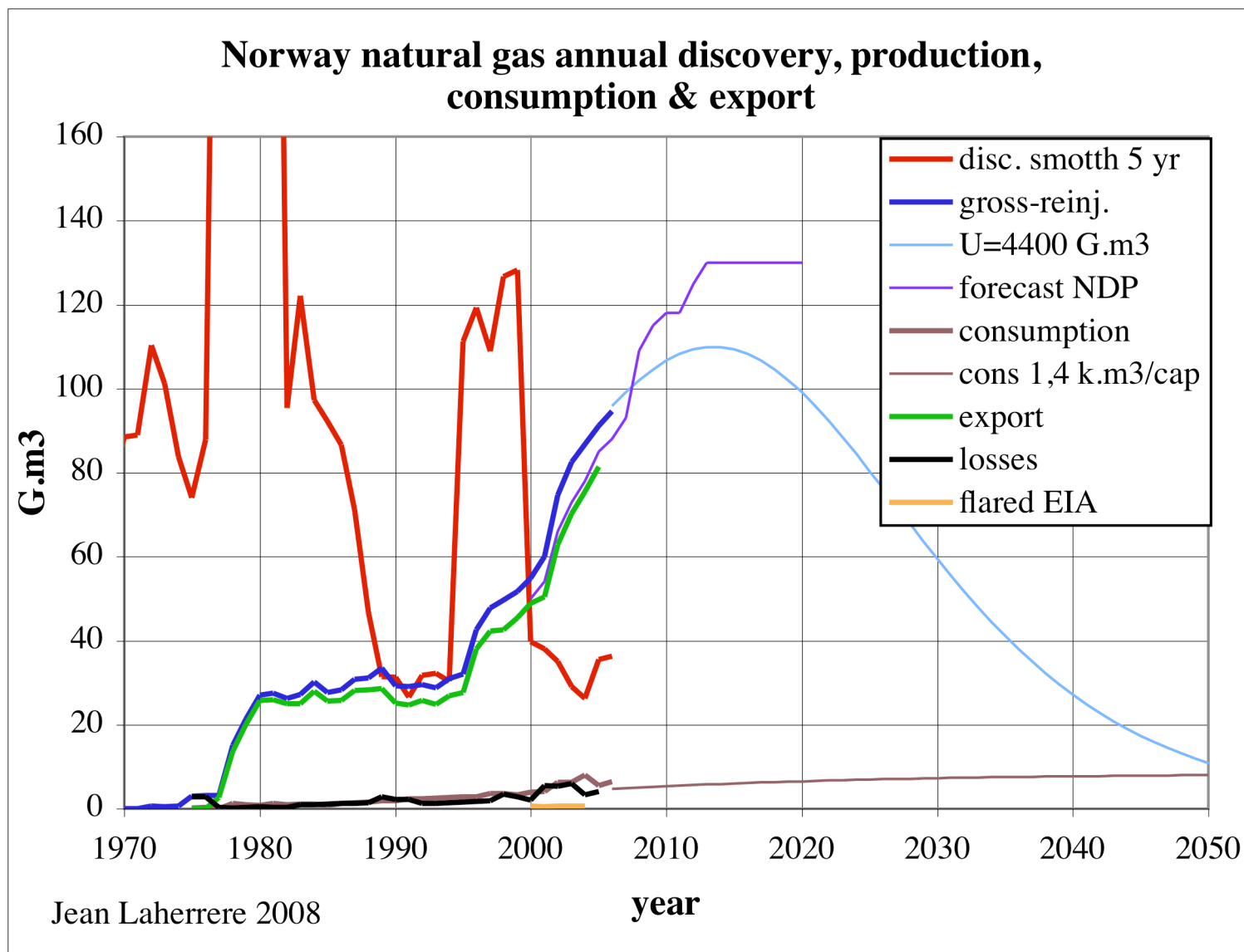


Figure 36: prevision OME (Juin 2007) pour la production UE 27 de gaz



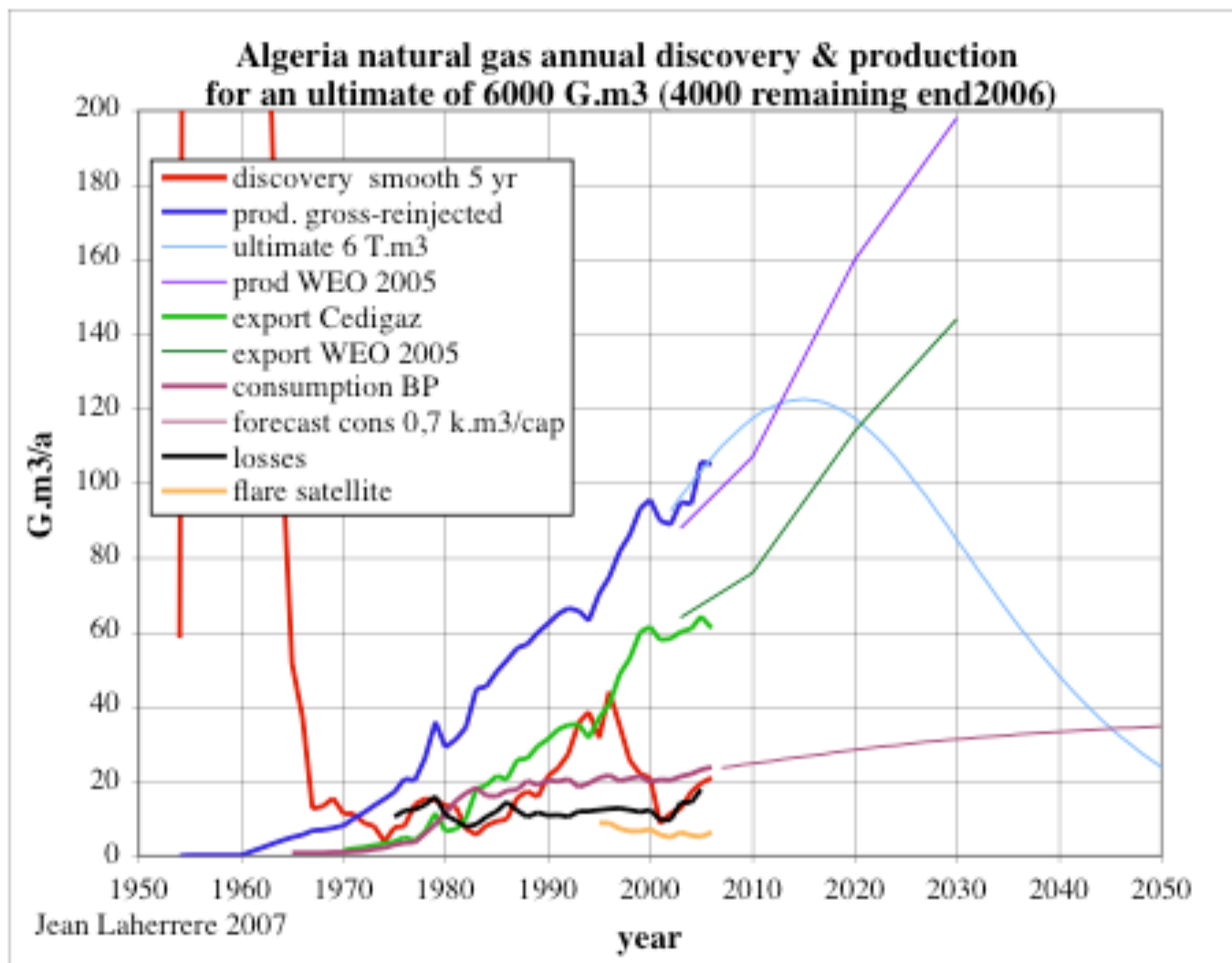
La production de gaz en Norvege va culminer vers 2015 e l' exportation se terminer en 2050

Figure 37: gaz en Norvege: decouverte, production pour ultime 4.4 T.m3 (sans autre contrainte), consommation



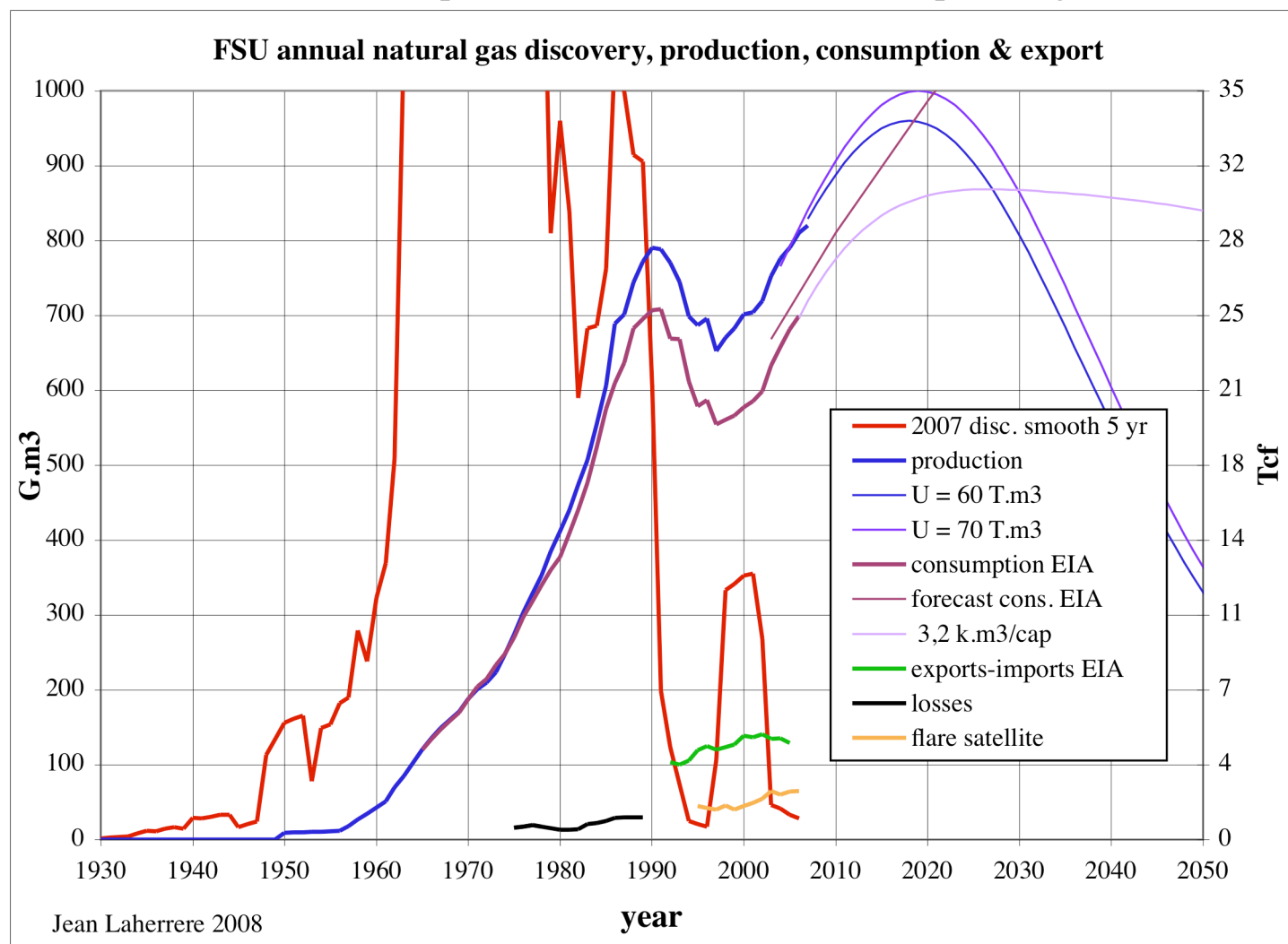
L'Algérie a de large reserves de gaz grace a Hassi R'Mel (j'ai participe a sa decouverte) mais le pic de production sera vers 2015 et l'exportation s'arretera vers 2050 avec un faible niveau de consommation domestique

Figure 38: gaz en Algérie: decouverte, production pour ultime 6 T.m3 (sans autre contrainte), consommation



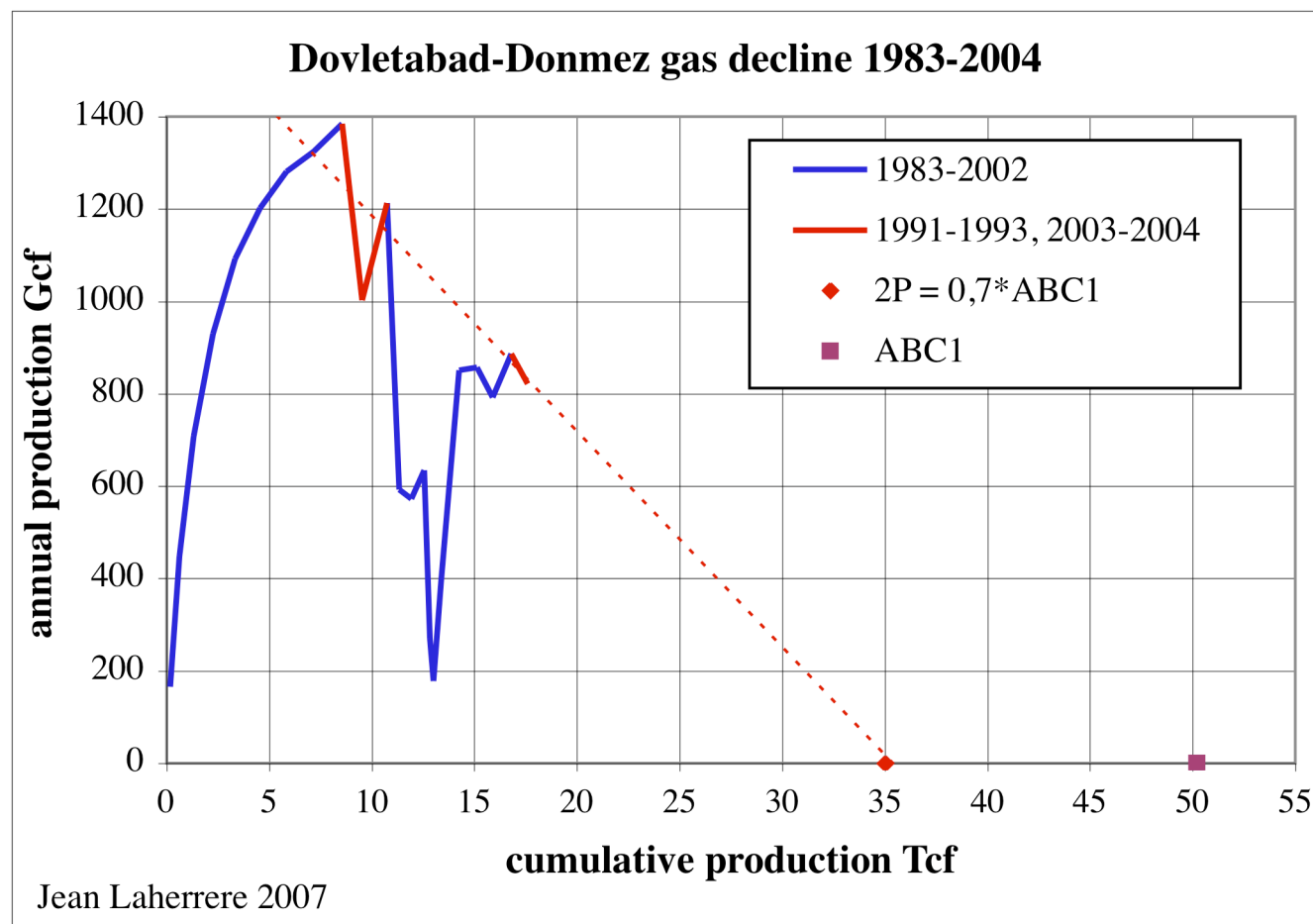
L'ex-URSS estime les reserves ABC1 = 3P et il faut les corriger pour les ramener a 2P

Figure 39: courbe annuelle decouverte, production, consommation & export de gaz de l'ex-URSS



Les reserves (ABC1) de gaz au Turkmenistan est un secret d'Etat et les donnees de production par champ sont peu fiables.

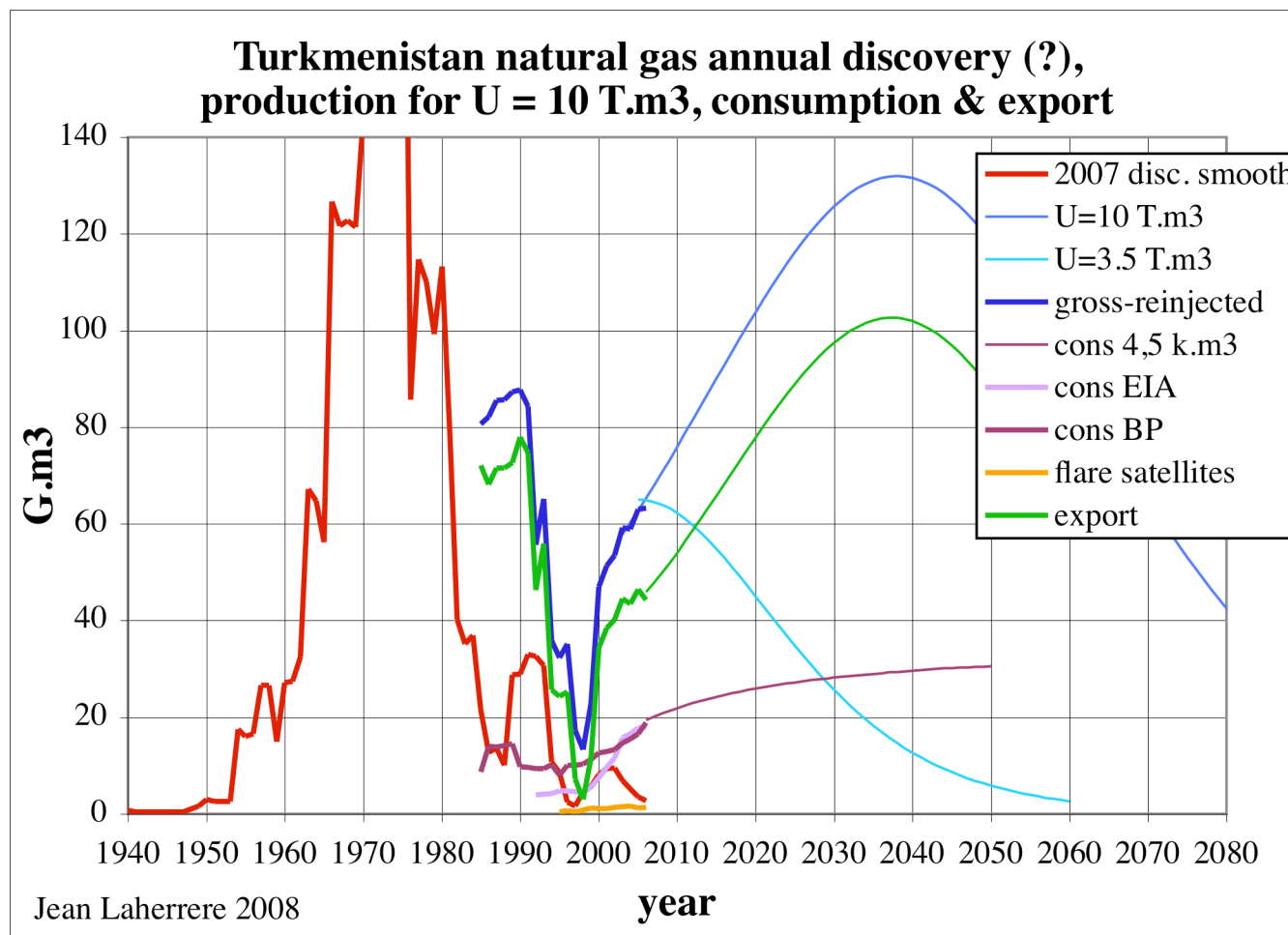
Figure 40: declin de la production de gaz du champ Dovletabad gas 1983-2004



Mais un recent audit par Gaffney, Cline & Ass. aurait augmente (information indirecte) par un facteur >100 les reserves de Yoloten Gunorta (1970) et Osman (2007) pour en faire un seul champ South Yoloten (250 Tcf = superieur Shtokman, Urengoy?) apres une appreciation financee par China National Petroleum Corp. Turkmenistan qui produit actuellement 70 G.m³/a est commis d'exporter 40 G.m³/a en Chine par un gazoduc en cours de construction, en addition de 50 G.m³/a en Russie et de 8 G.m³/a en Iran

Ma presentation a Prague (avril 2008) prevoyait un ultime de 3,5 T.m3 pour le gaz du Turkmenistan, avec les donnees actuelles (indirectes) un ultime de 10 T.m3 semble preferable, donnant un pic en 2040 pour une exportation de 100 G.m3/a = niveau deja commis pour Chine, Russie et Iran.

Figure 41: courbe annuelle de decouverte, production, consommation & export du gaz au Turkmenistan

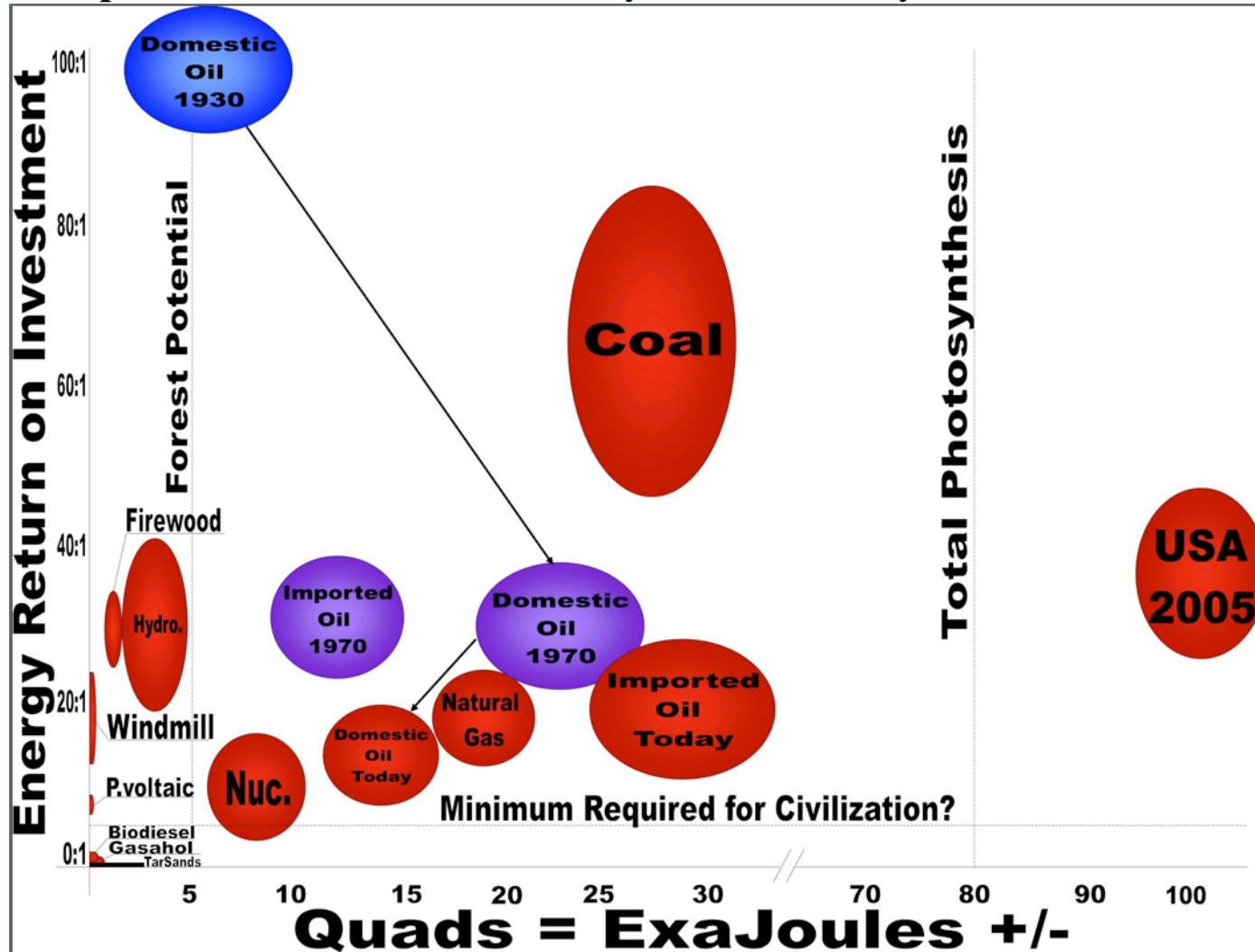


L'augmentation des reserves de gaz au Turkmenistan est une bonne nouvelle pour la Chine, pas forcement pour l'Europe

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

Ce qui limite la production d'une énergie est non le coût, mais le bilan énergétique: il ne faut pas dépenser plus en énergie pour la produire que ce qu'elle peut produire : EROEI doit être supérieur à 1

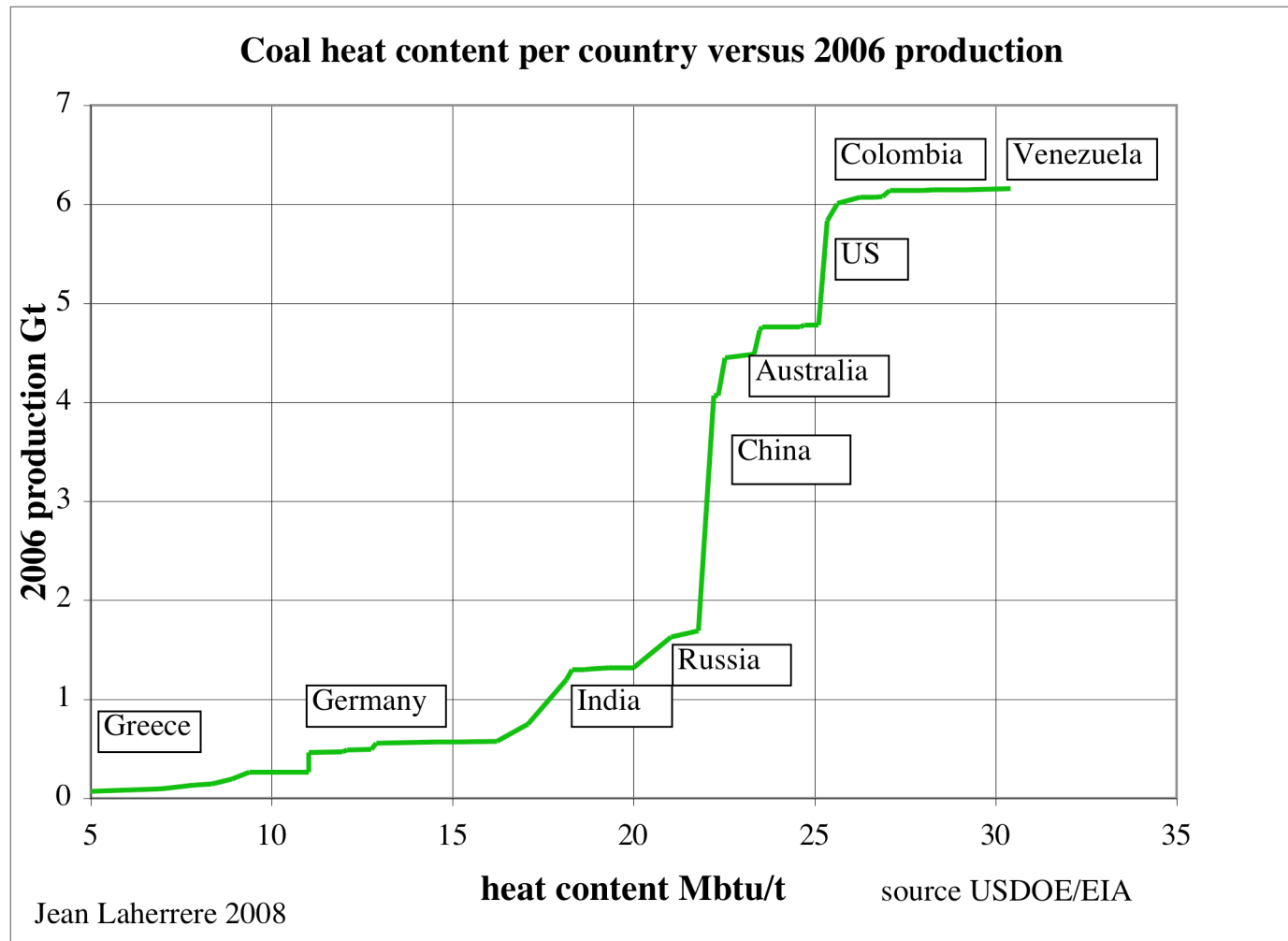
Figure 42: EROI d'après Charlie Hall State University of New York, Syracuse



-3-charbon -donnees

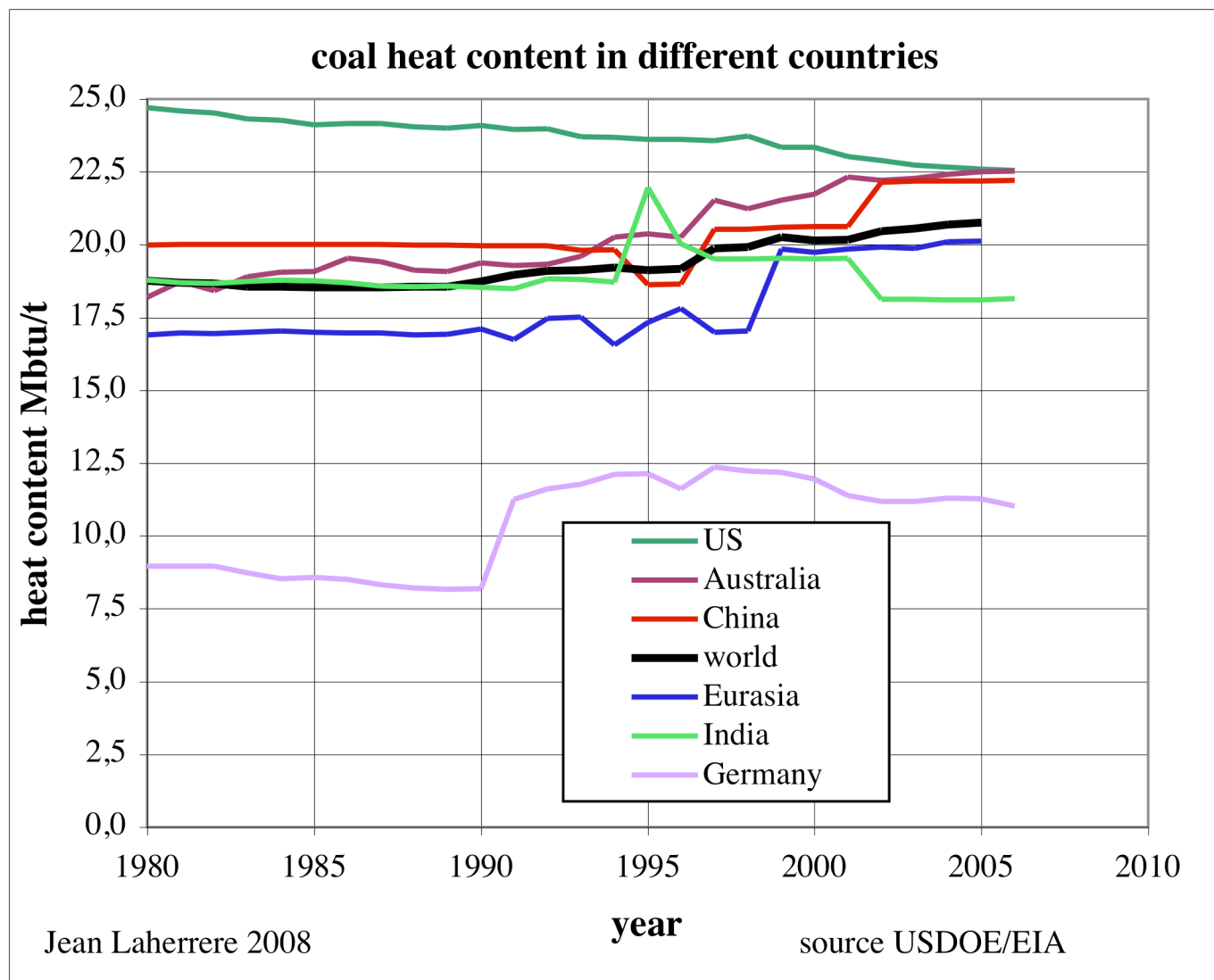
Il ya deux sortes de charbon avec des noms varies: anthracite & bitumineux et sous-bitumineux, suivant la composition en eau et cendres. La qualite varie largement entre 5 Mbtu/t en Grece a 30 Mbtu/t au Venezuela. C'est pourquoi [la production du charbon doit etre donnee en Gtep et non en Gt](#).

Figure 43: teneur calorifique du charbon en 2006 en fonction de la production

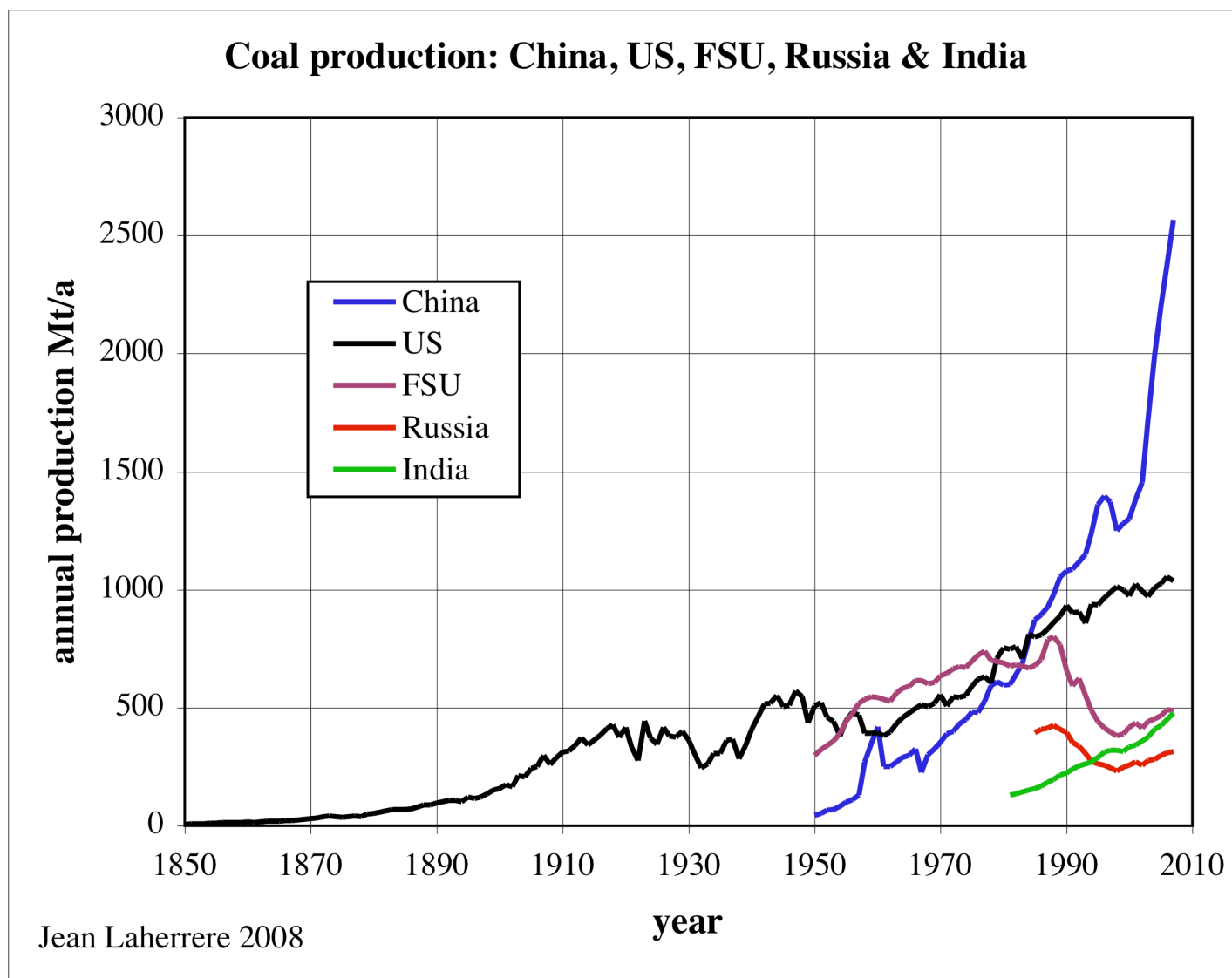


La teneur calorifique annuelle décroît aux US avec le temps, croît en Australie, est erratique en Chine, montrant le peu de fiabilité des données.

Figure 44: teneur calorifique du charbon dans différents pays 1980-2006



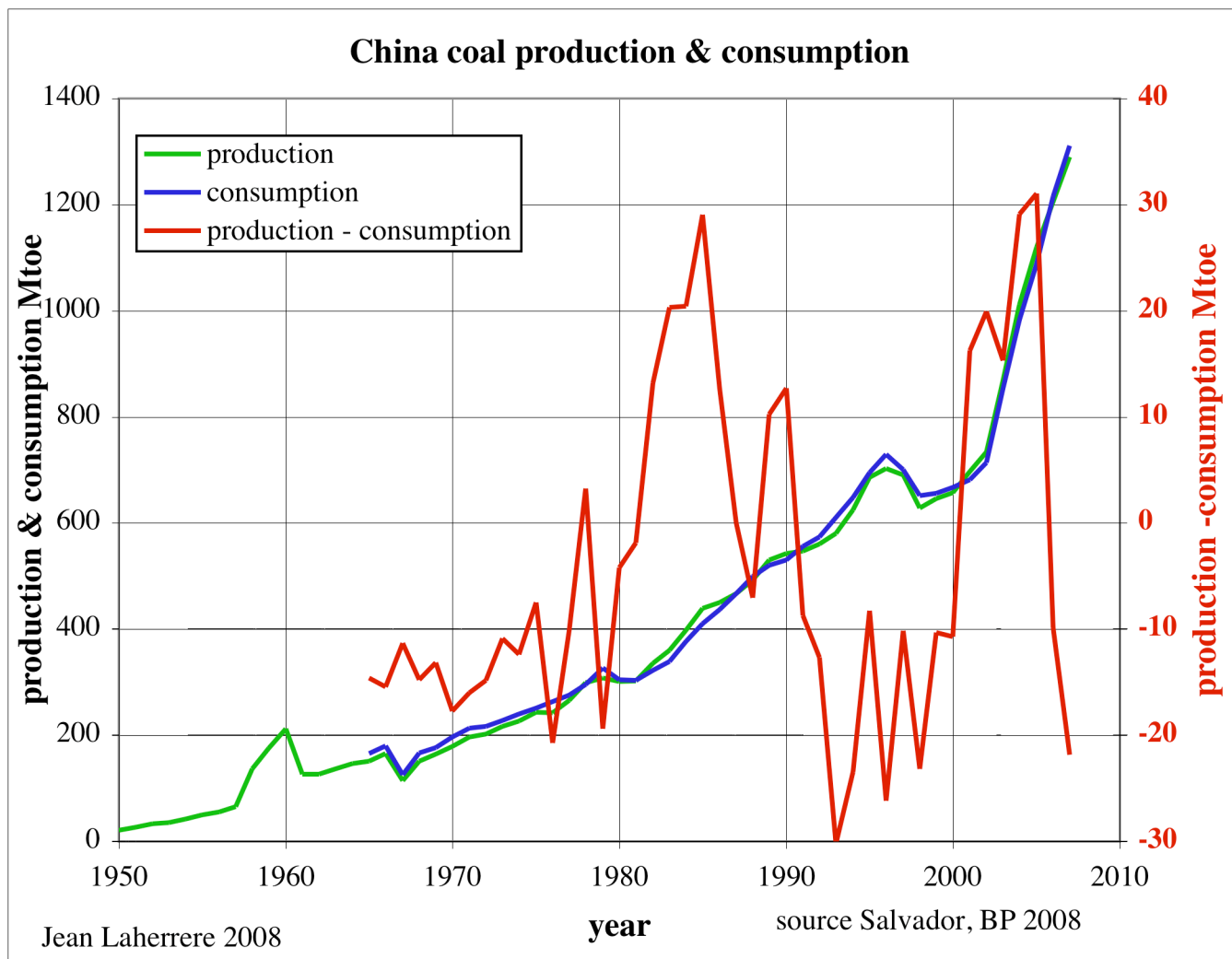
La production de charbon en Chine a augmenté largement dans les dernières années comparée aux US ou l'Inde.
Figure 45: production de charbon: Chine, ex-URSS, Russie & Inde



En Chine l'équilibre production consommation a varié de façon cyclique. Mais la Chine doit importer maintenant du charbon et a abandonné les projets de CTL (sauf les 2 usines à peu près terminées du Shenhua).

Il y a 4 millions de mineurs chinois et une centaine meurt chaque semaine.

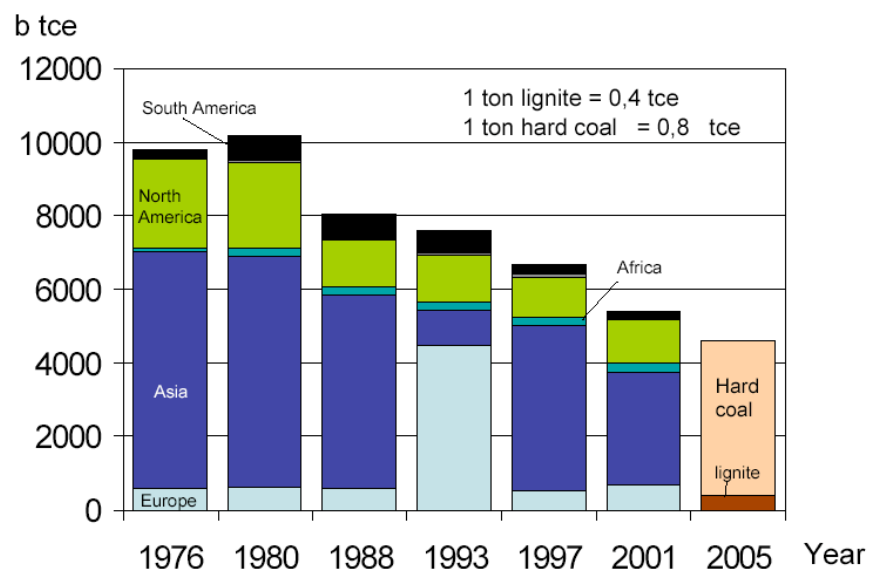
Figure 46: production & consommation du charbon en Chine



Il est plus difficile d'obtenir des données fiables de charbon que de pétrole: pas d'audit, pas de compagnie d'espionnage, définitions diverses et confusion entre réserves (qui sera produit) et ressources (ce qui est dans le sol).

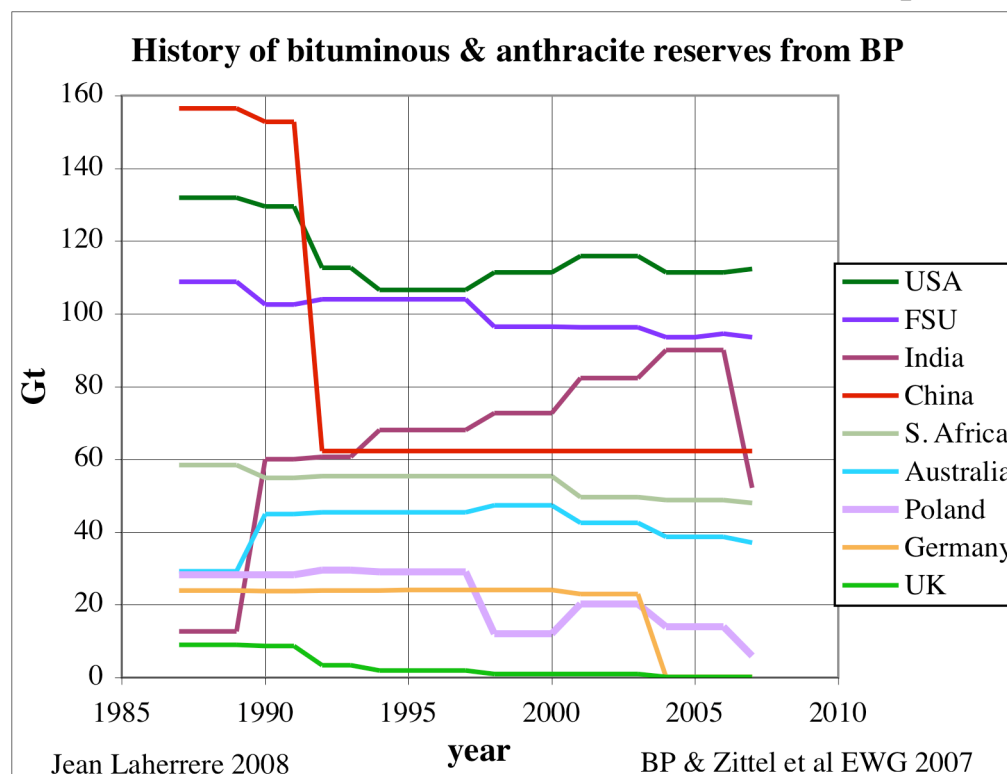
Figure 47: Histoire des estimations des ressources mondiales de charbon d'après Zittel et al 2007

History of Assessment of world coal resources



Source: BGR, 1995/1998/2002/2006
Analysis: LBST 2006

Figure 48: Histoire des réserves anthracite & bitumineux d'après BP



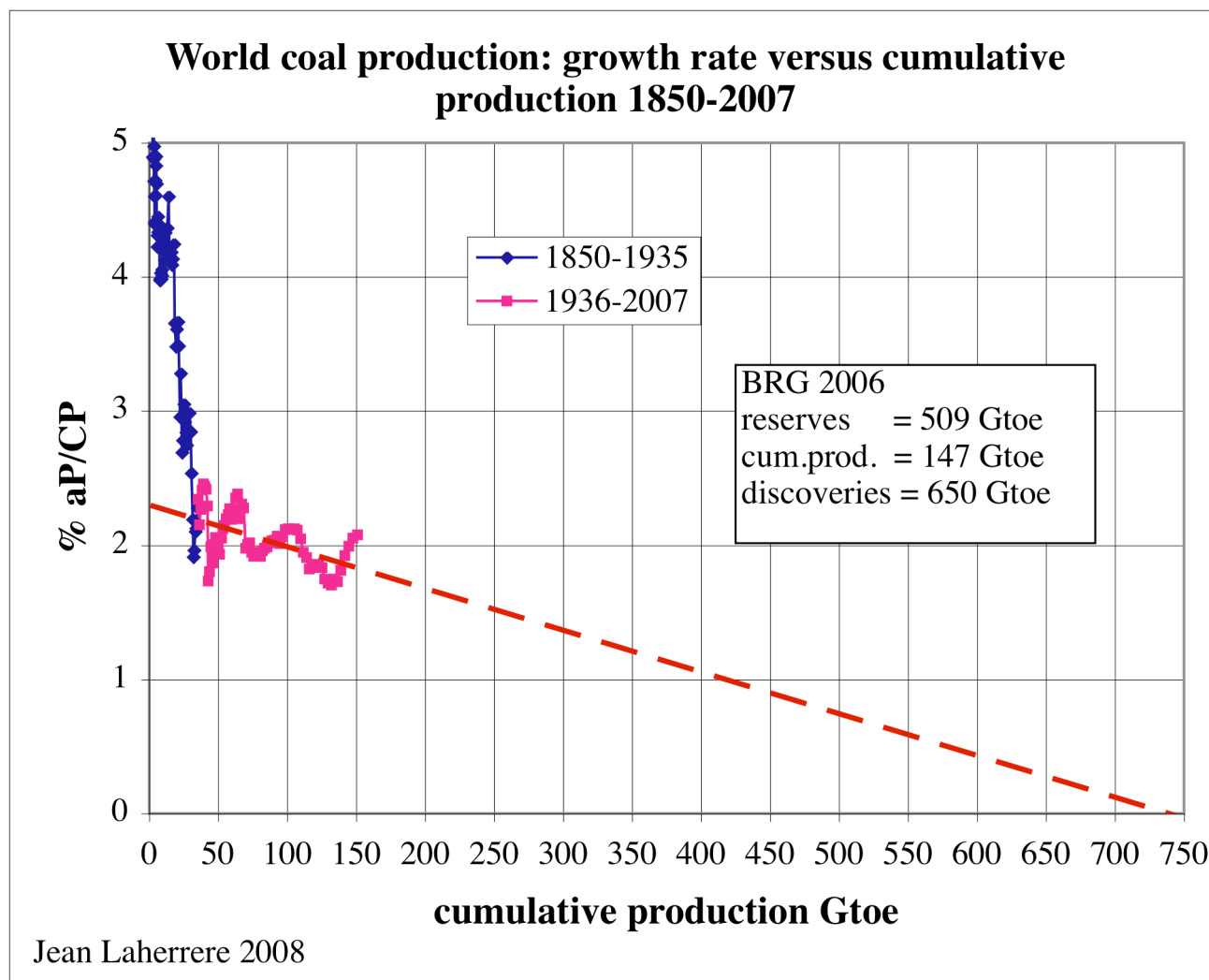
Il y a confusion entre les réserves et les ressources. Le charbon en offshore et plus profond que 1800 m est classé dans les ressources car non économique (en coût et en bilan énergétique)

Il y a des ressources de charbon en France mais plus de réserves depuis 2004 quand la production s'est arrêtée

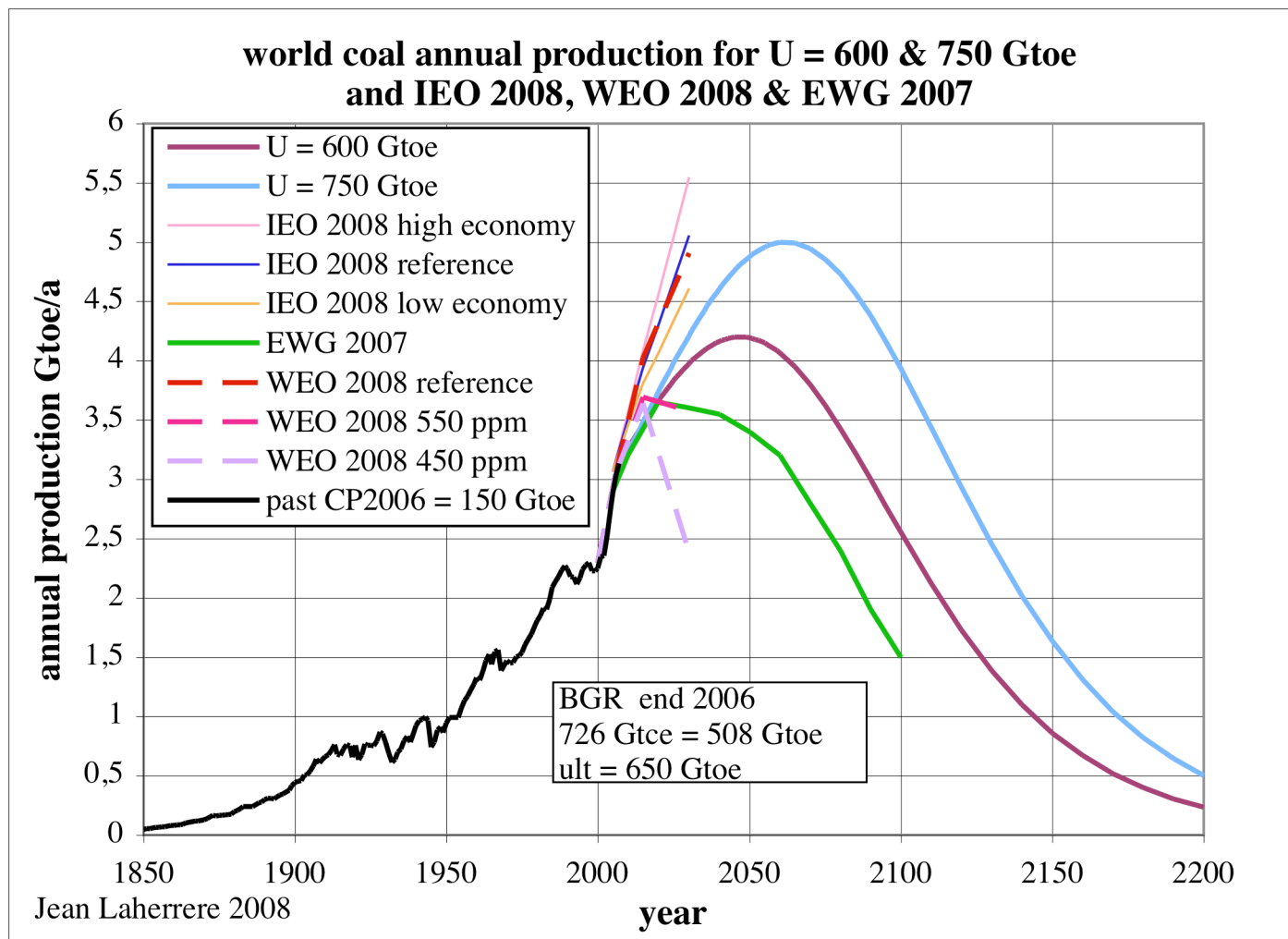
-previsions de production de charbon

La linearisation d'Hubbert de la production mondiale de charbon peuvent etre extrapolees vers 750 Gtep, alors que le BGR 2006 estime les decouvertes cumulees a 650 Gtoe.

Figure 49: linearisation d'Hubbert de la production mondiale de charbon



La production mondiale de charbon est prévue avec les ultimes de 600 & 750 Gtep avec un pic vers 2050, quand les scenarios EIA/IEO 2008 sont plus hauts et ceux de EWG (Energy Watch Group en Allemagne) plus bas. Figure 50: production mondiale de charbon pour U=600 & 750 Gtep avec IEO 2008, WEO2008, EWG 2007

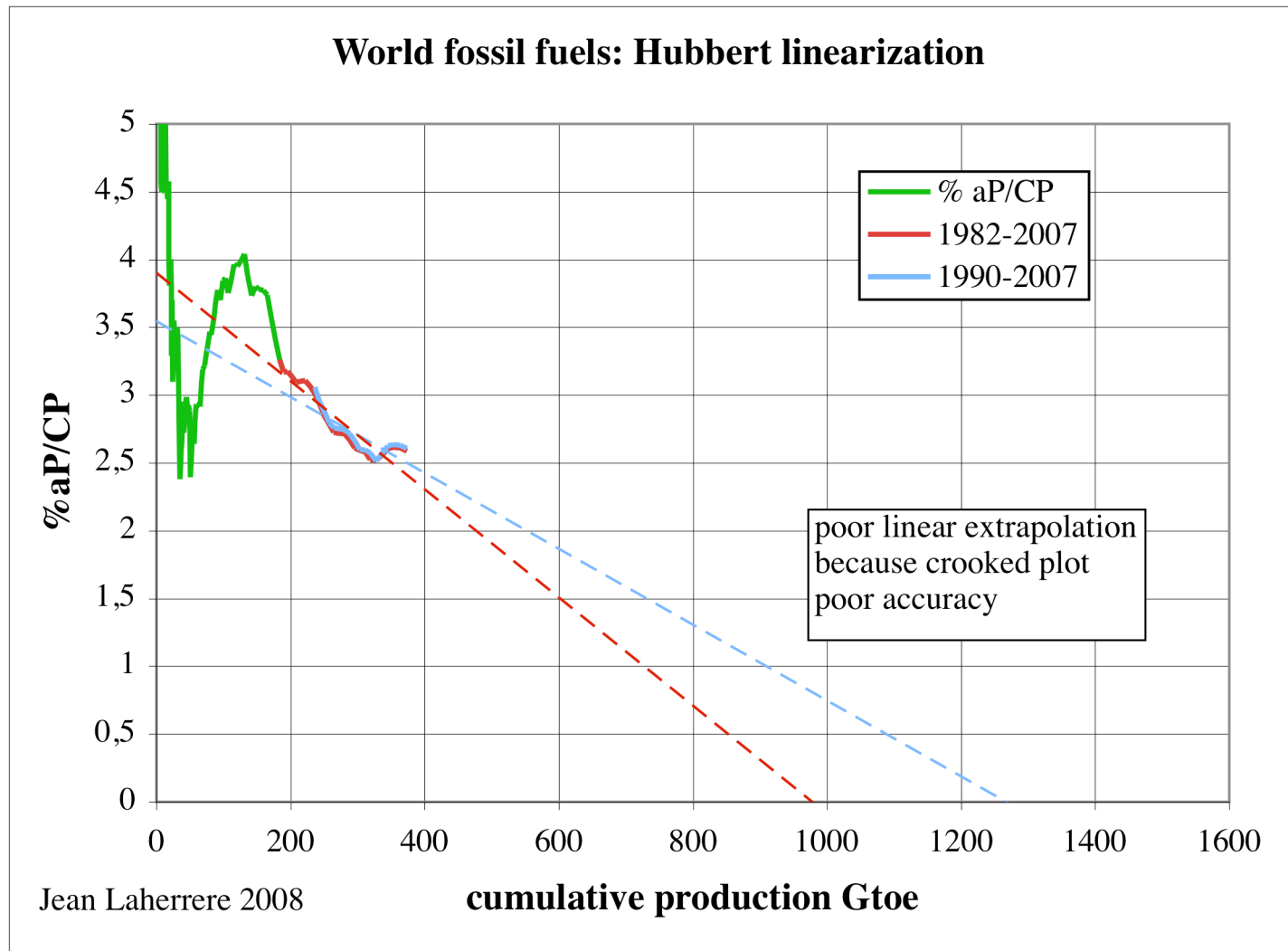


AIE/WEO 550 ppm coincide avec EWG

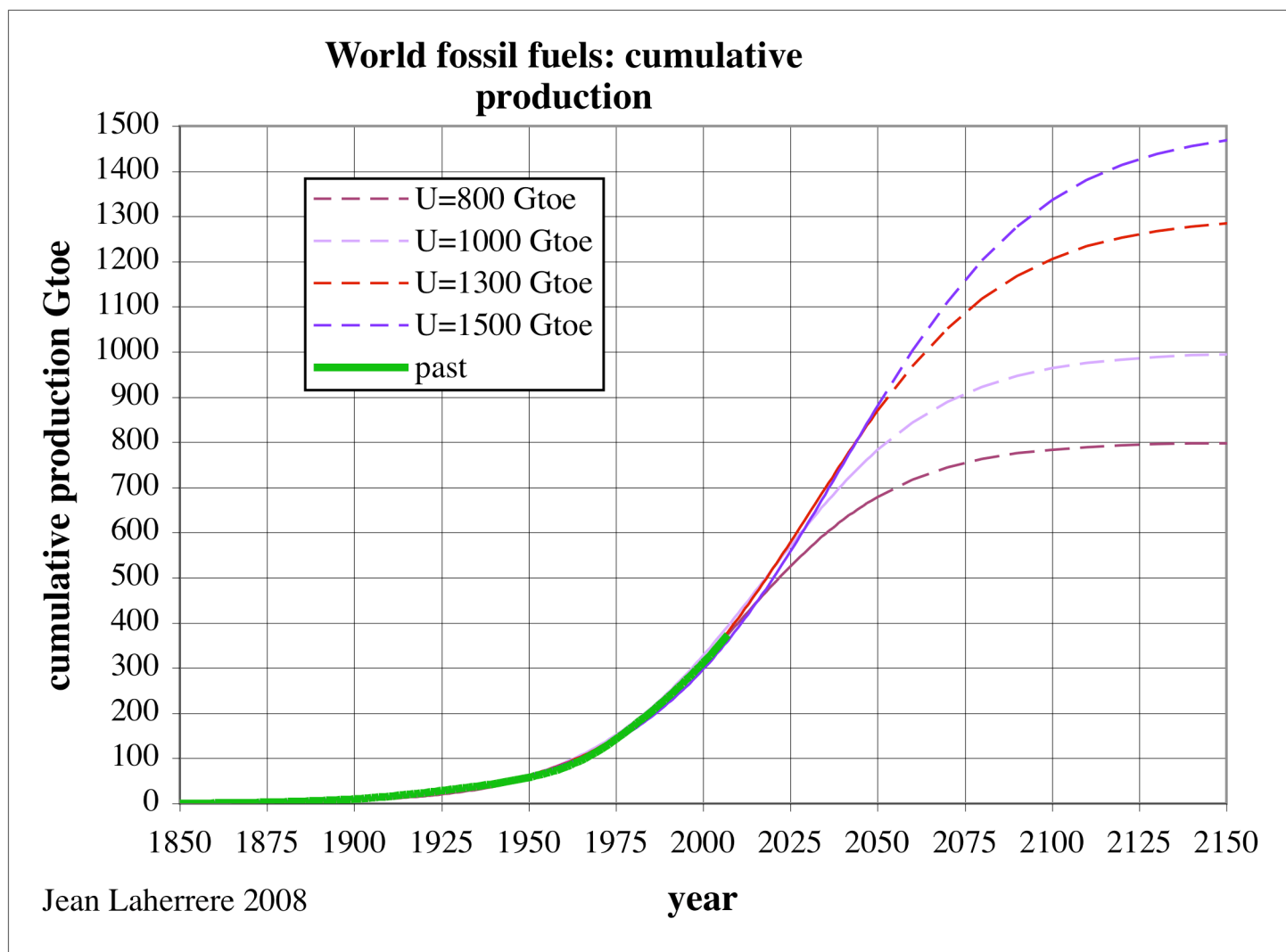
-4-Prevision des **Combustibles fossiles = CF**

La linearisation d'Hubbert est erratique et toute extrapolation lineaire non fiable entre 800 et 1500 Gtep.

Figure 51: linearisation d'Hubbert de la production des CF



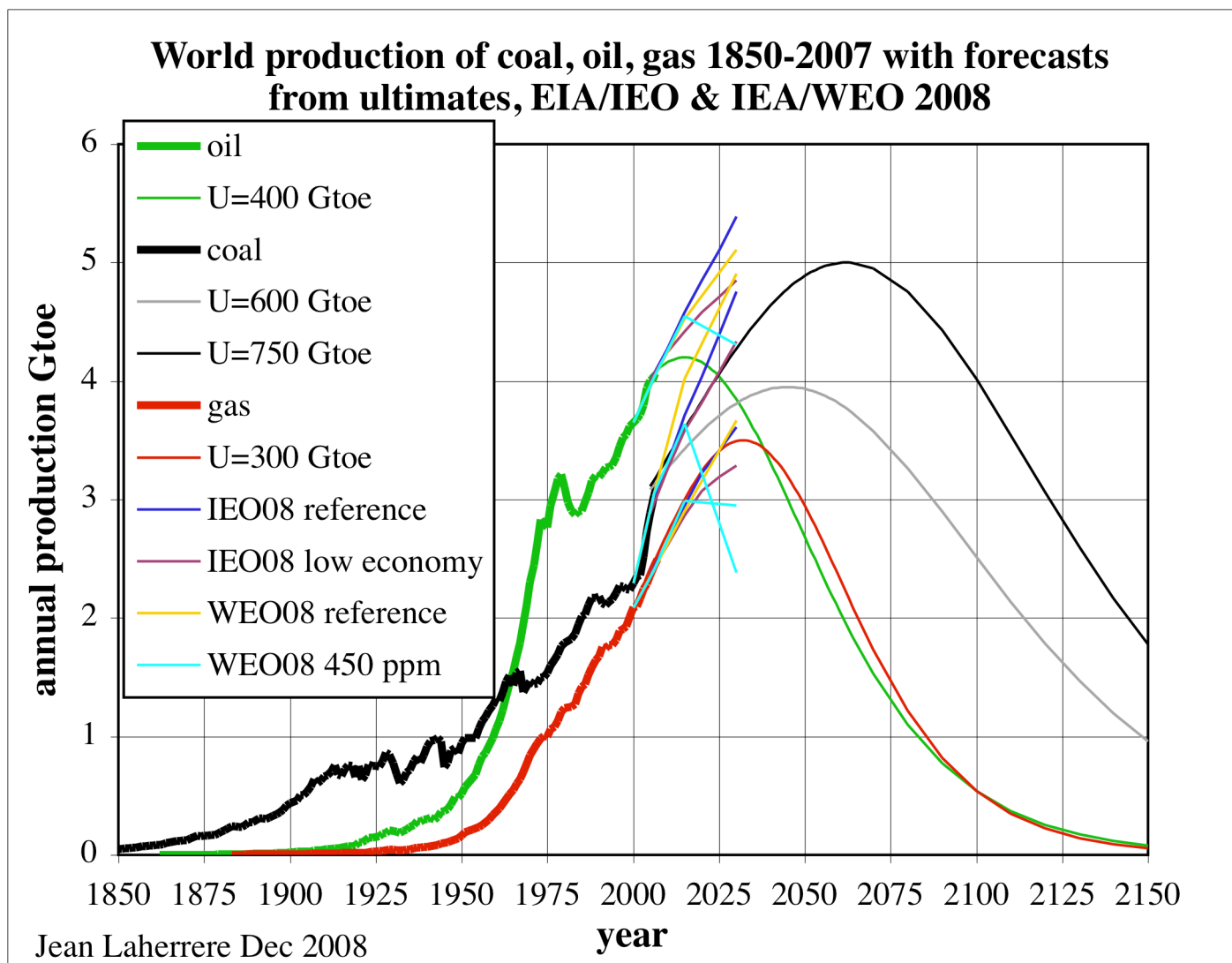
La production cumulee peut etre modelisee avec tout ultime entre 800 et 1500 Gtep et meme au dela
Figure 52: production cumulee pour differents ultimes



Pour obtenir un ultime fiable, les donnees de decouvertes par champ sont necessaires.

Avec les ultimes 600 et 750 Gtep pour le charbon, 400 Gtep pour le petrole et 300 Gtep pour le gaz, l'ultime des CF peut se situer de 1300 a 1500 Gtep, en considerant qu'une large partie des ressources restera ressources

Figure 53: production annuelle du petrole, gaz et charbon



Avec l'hypothèse de contraintes seulement géologiques (sous le sol) le pic des CF se situera entre 2030 et 2050. Mais avec les contraintes au-dessus du sol le pic sera un plateau ondule avec des prix de l'énergie chaotiques

Figure 54: production mondiale CF & émissions de CO2 d'après USDOE & AIE 2008

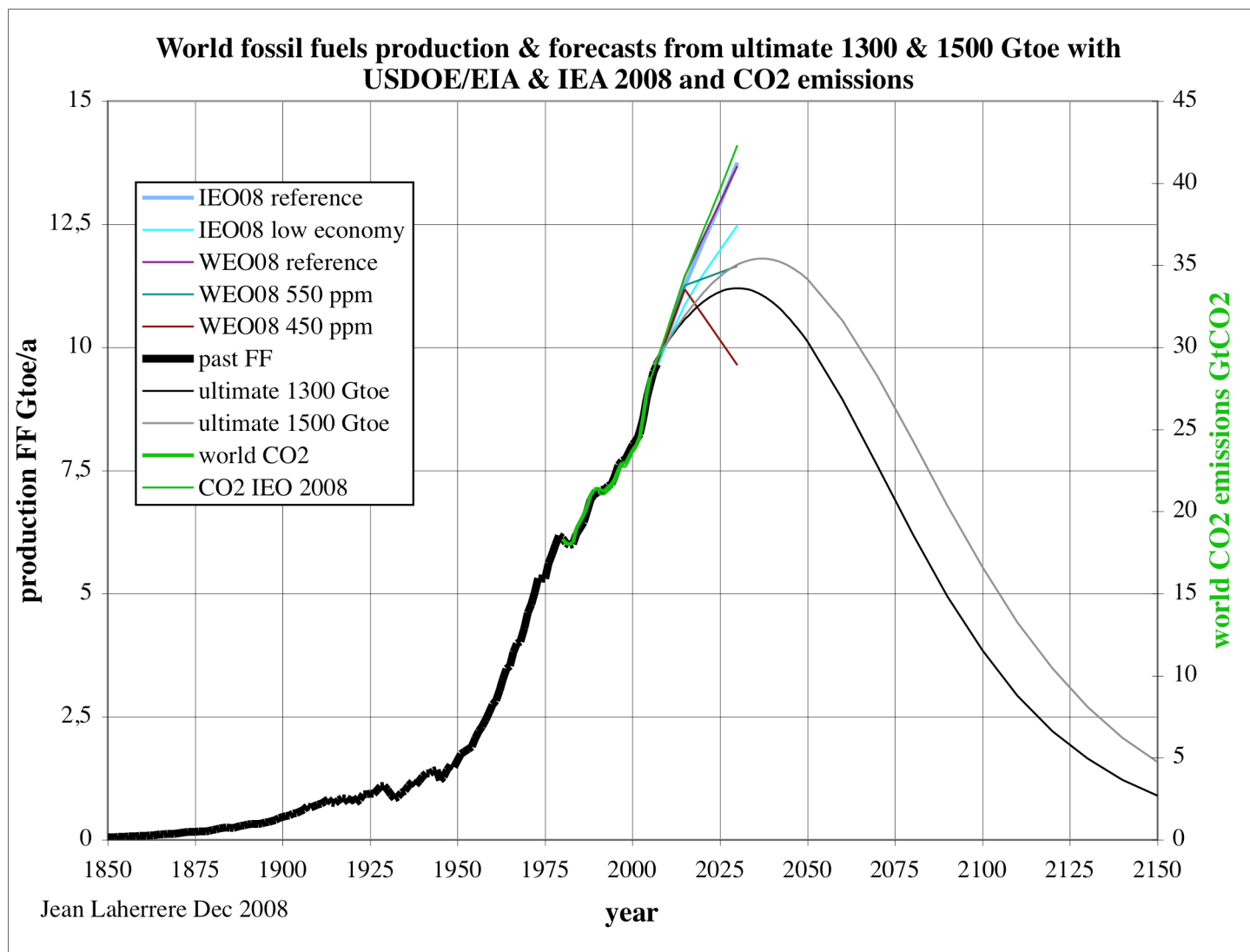
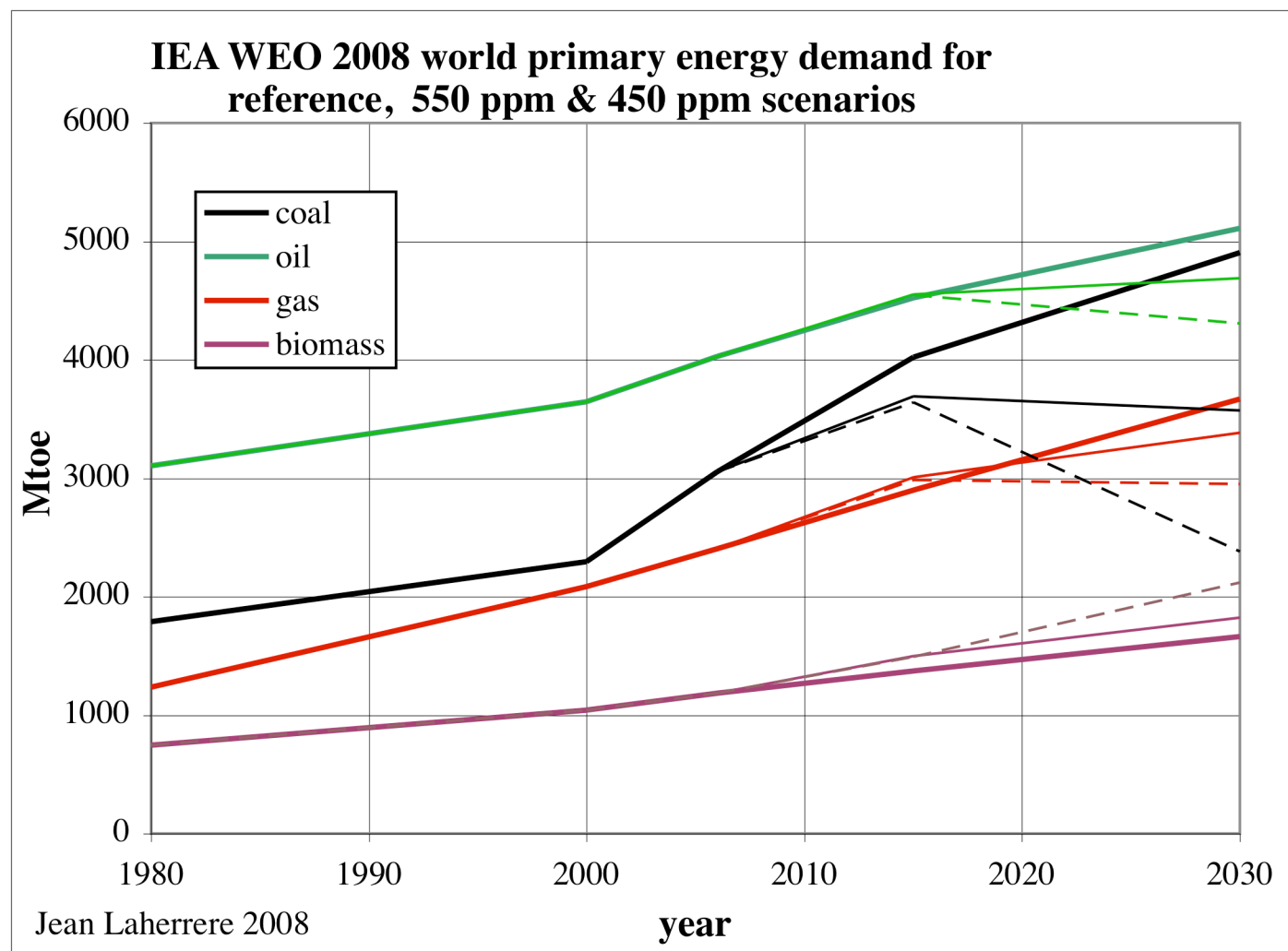
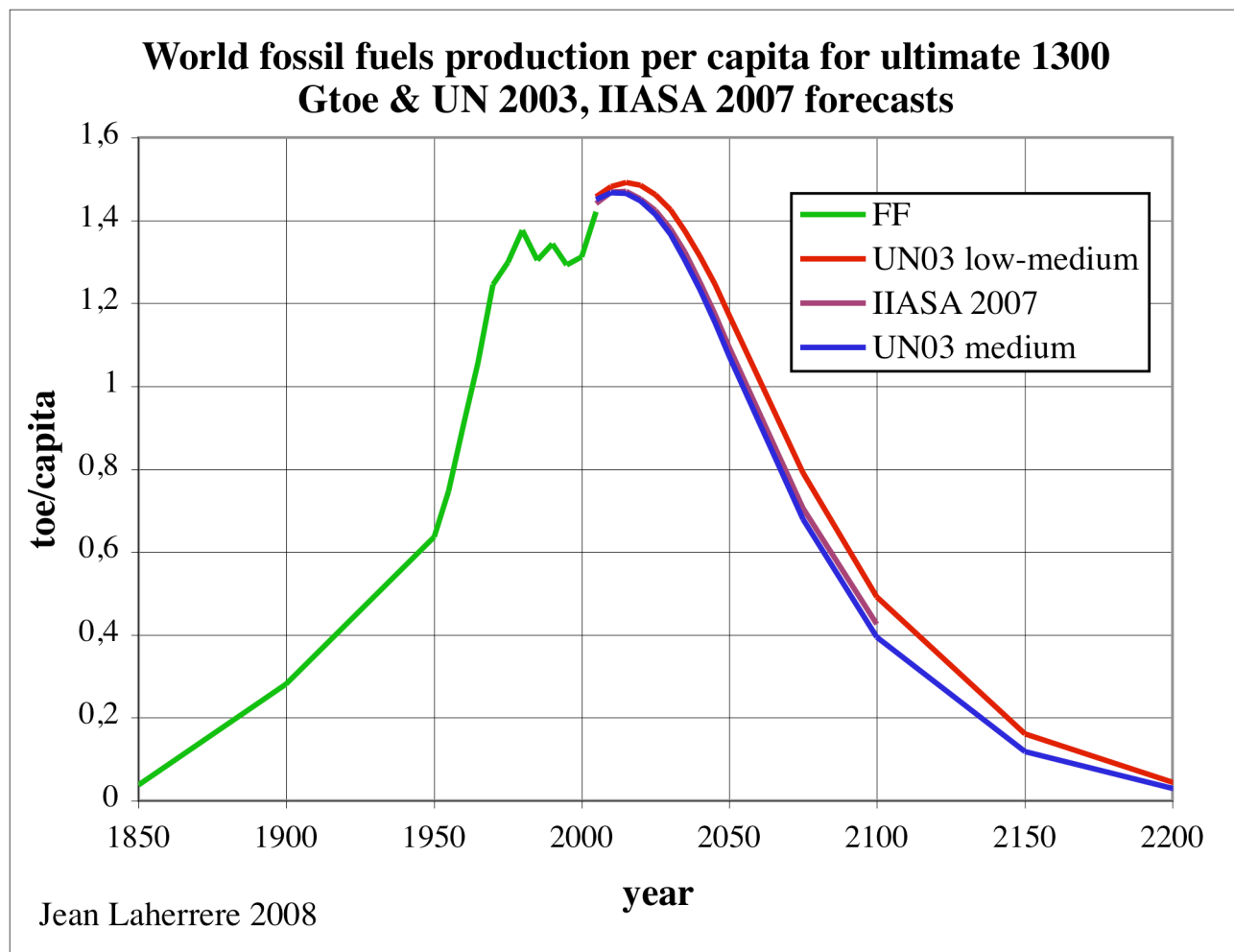


Figure 55: previsions AIE WEO 2008 pour le charbon, petrole, gaz et biomasse avec scenarios de reference, 550 ppm et 450 ppm

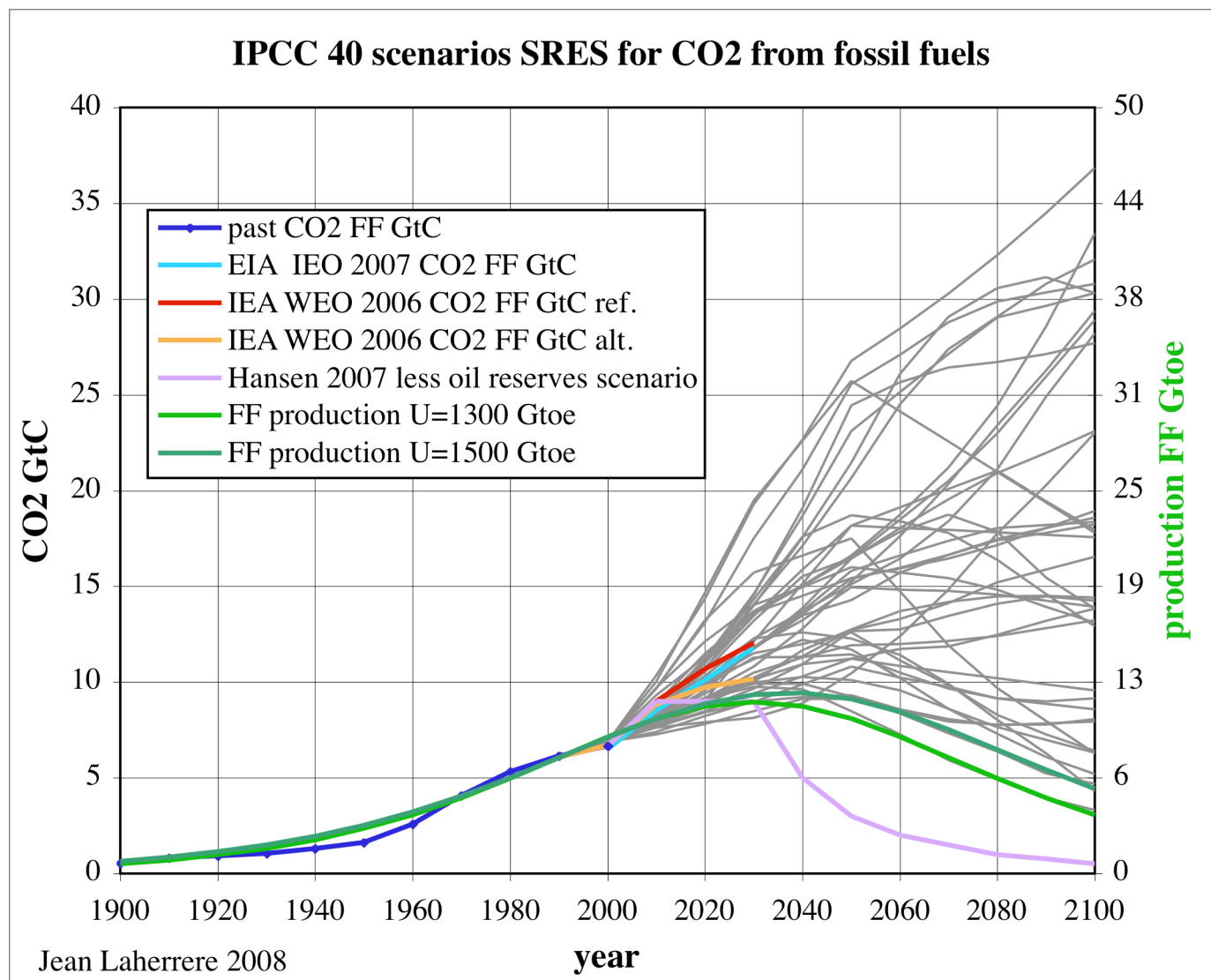


La production mondiale (ou consommation) par habitant a grimpé fortement durant les 30 Glorieuses et est restée plate depuis 30 ans autour de 1,3 tep/hab. Il restera autour de 1,5 tep/hab pour les 25 années à venir pour dégringoler ensuite, il faudra alors avoir les alternatives suffisantes. Pendant 25 ans il suffit d'économiser l'énergie et d'assurer une meilleure distribution entre pays riches et pays pauvres.

Figure 55: production mondiale CF par habitant 1850-2200



Les rapports du GIEC 2001 & 2007 sont basés sur 40 scénarios SRES énergétiques perimés (1998)
 Figure 57: scénarios du GIEC sur émissions de CO₂ & production = consommation mondiale de CF

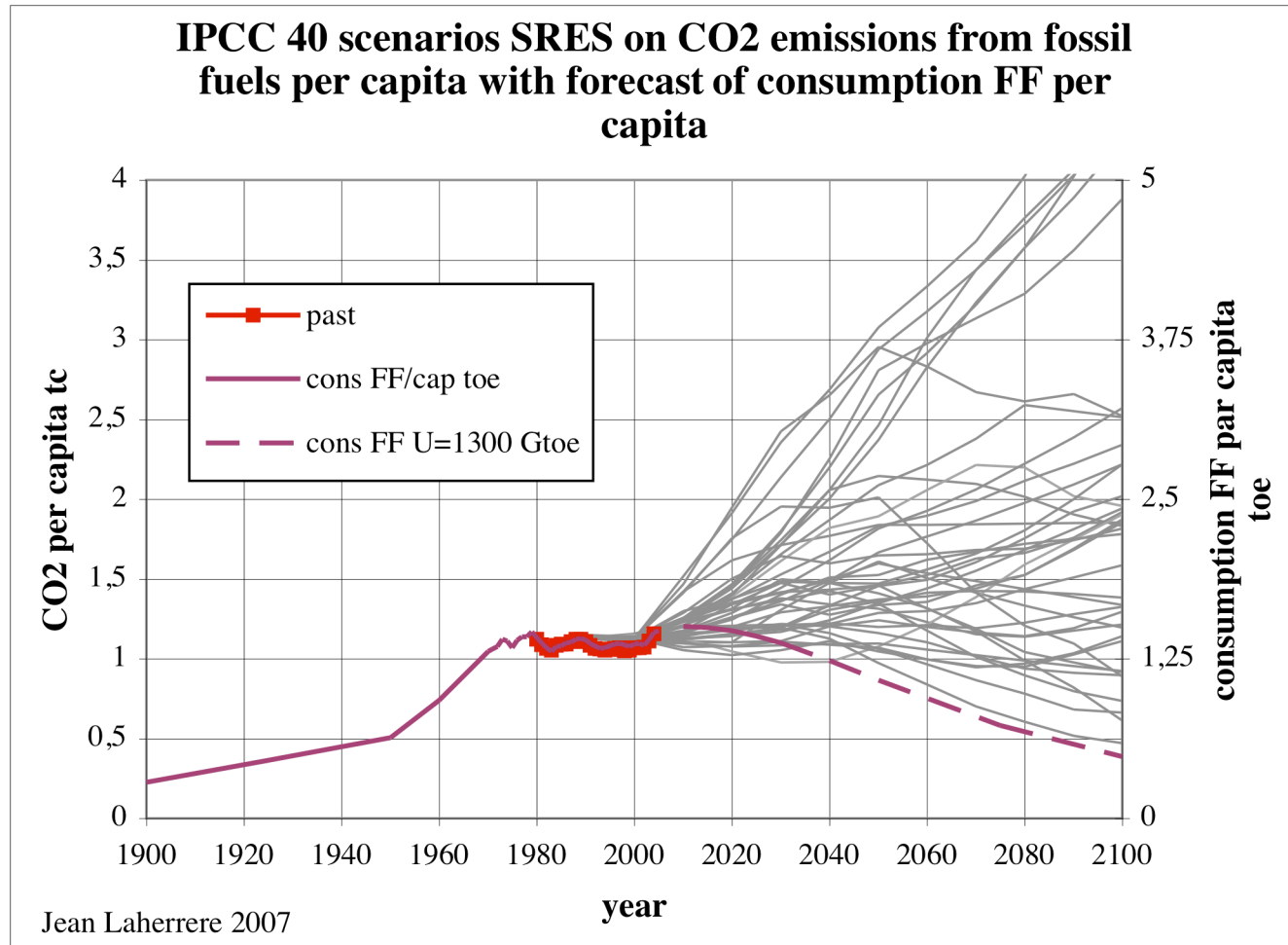


-emissions CO2 & consommation CF par habitant

Les 40 scenarios SRES du GIEC emissions CO2 par habitant ne sont pas calibres sur le passe et les donnees industrielles; ceux sont du *brain storming* en dehors des realites

GIGO = Garbage in, garbage out

Figure 58: scenarios GIEC emissions CO2 par habitant et previsions production CF par habitant U=1300 Gtep.



-5-Energie primaire

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

Figure 59: energie primaire mondiale 1850-2007

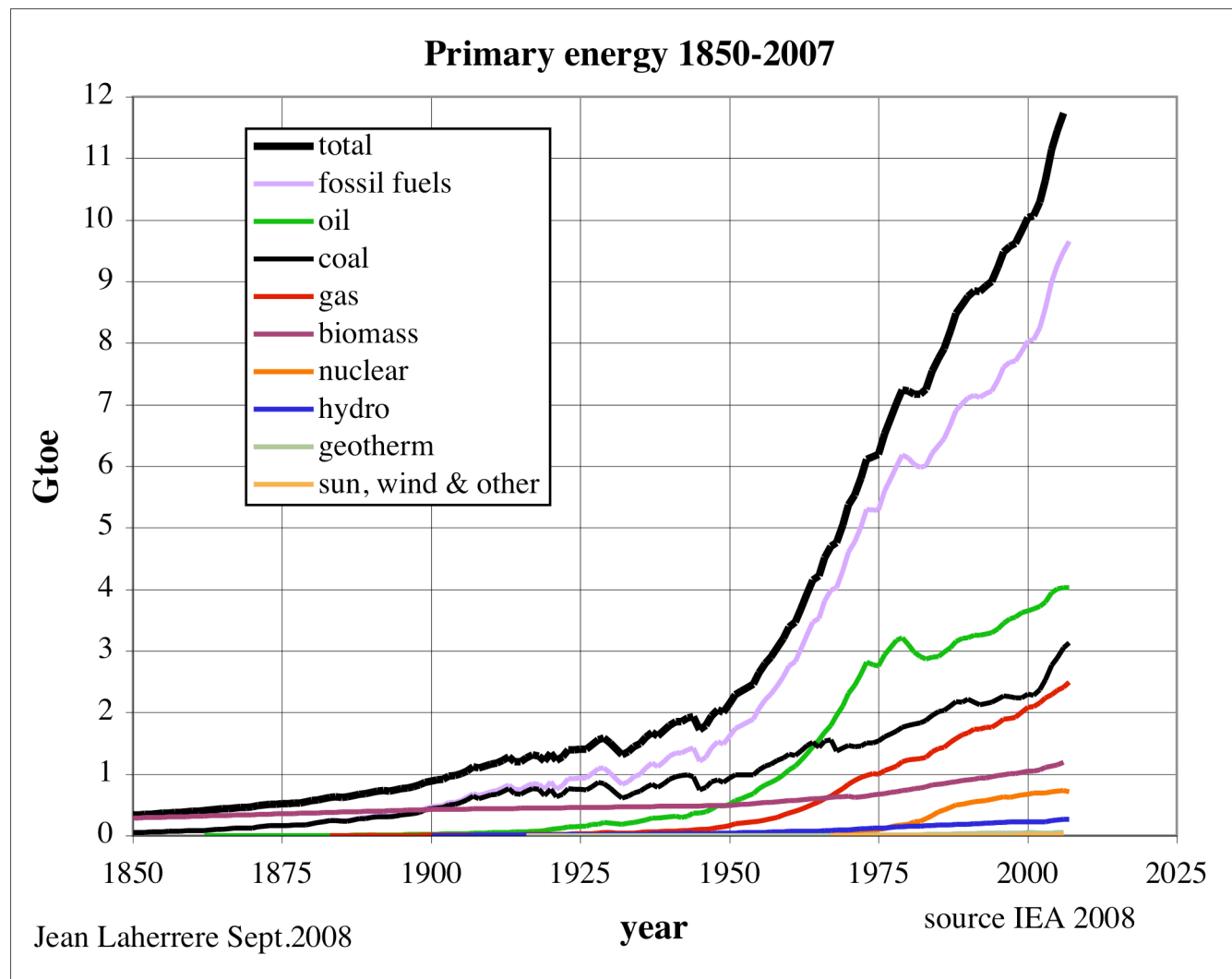
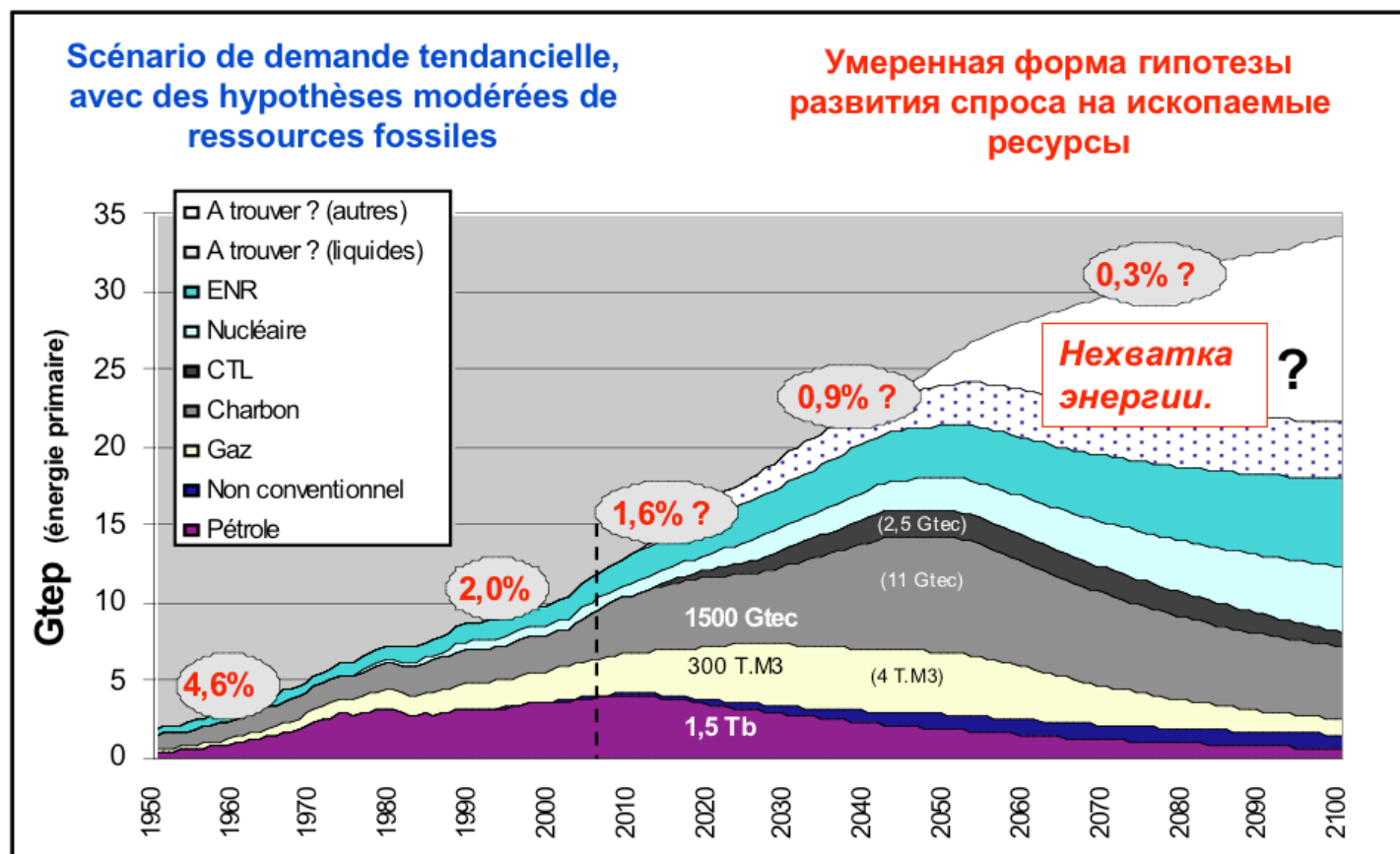


Figure 60: prevision B.Rogeaux & I.Bocquillon EDF Club de Nice Nov 2008

Quelles énergies accessibles à
terme dans le monde ?

Какие энергоресурсы будут
доступны в мире?



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

Figure 61: **Bilan énergétique de la France en 2007**: les pertes (vers le haut) sont 36% = rendement 64%

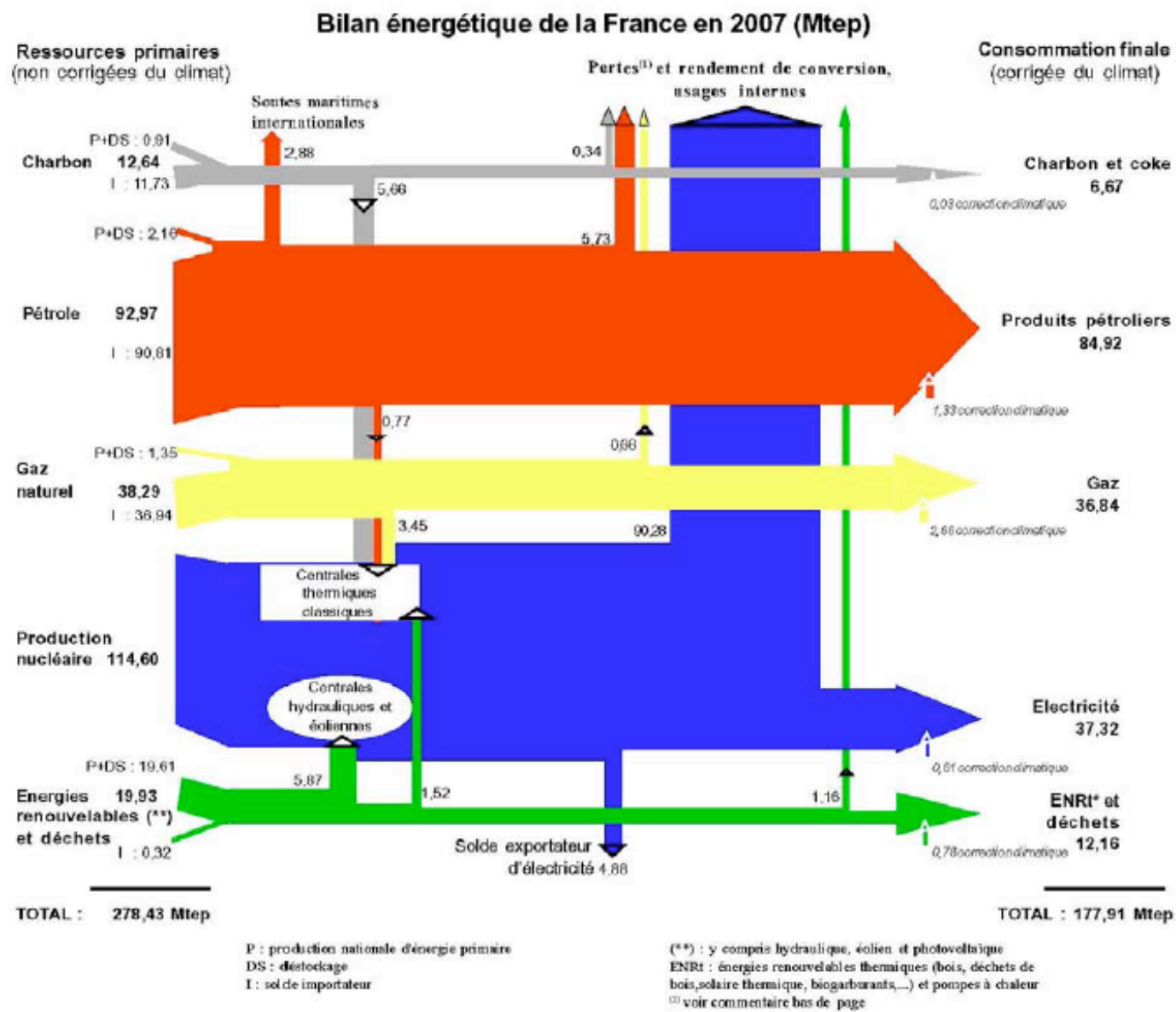
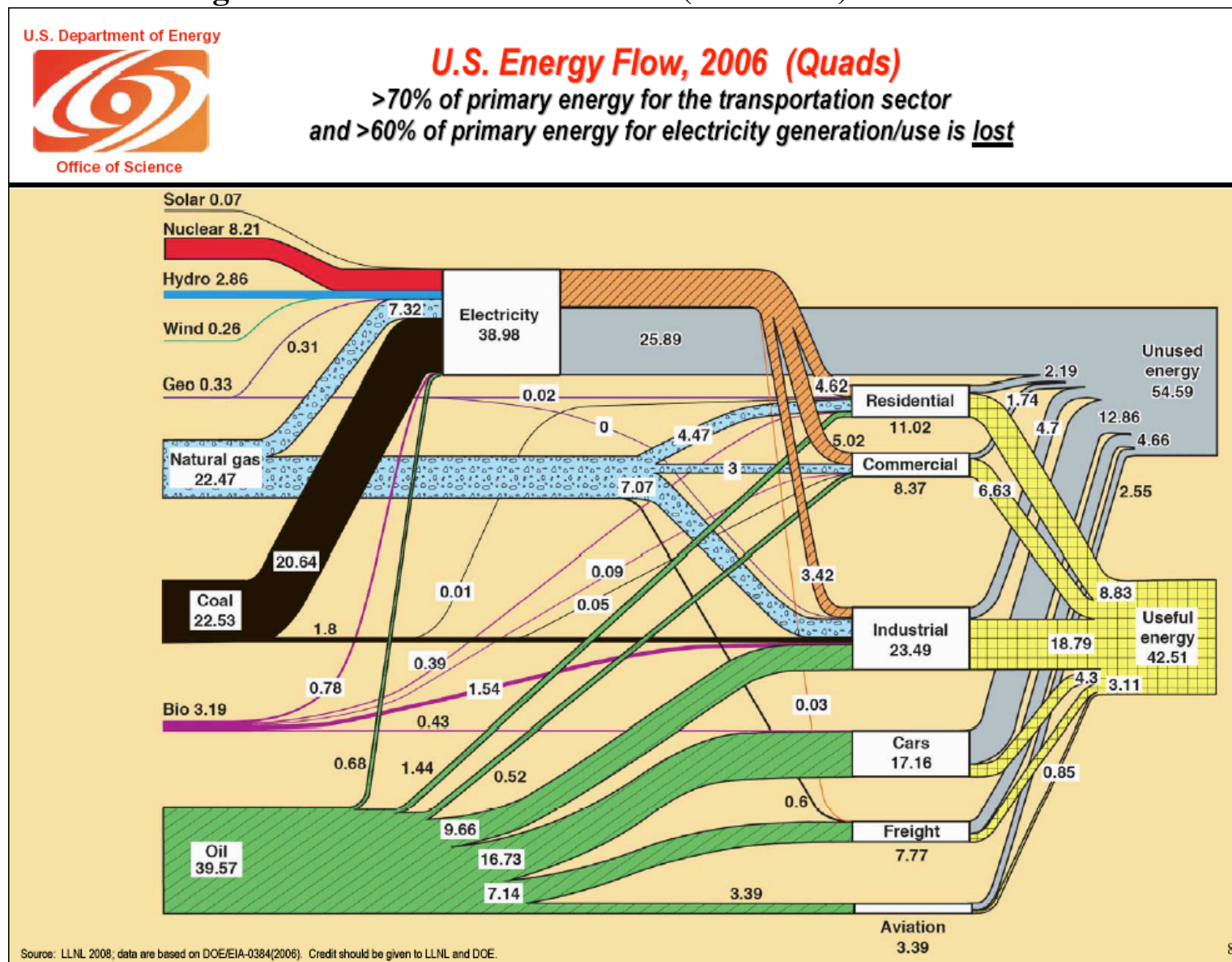
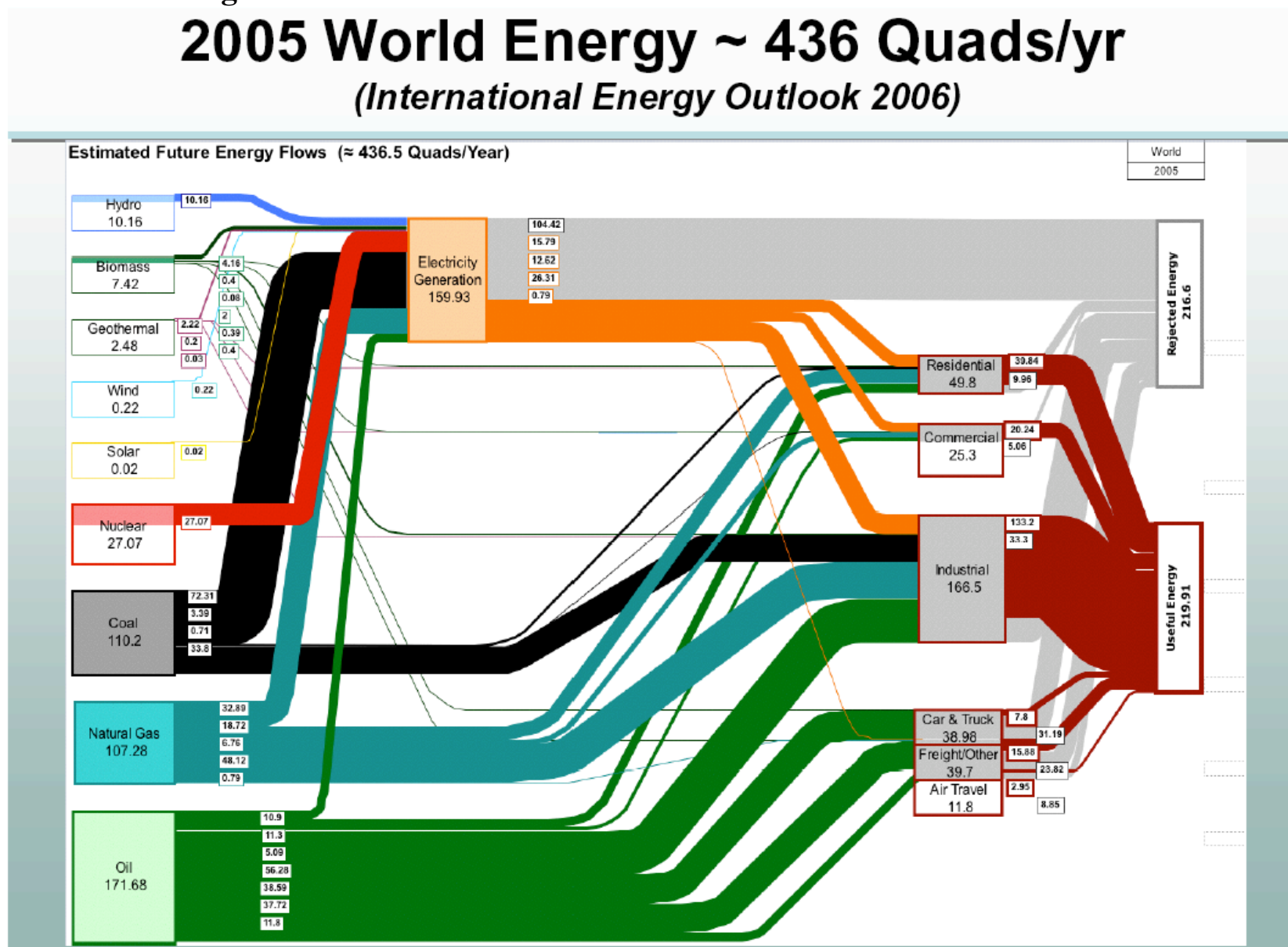


Figure 62: **Flux de l'énergie aux US en 2006** efficacité (rendement) <44%



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

Figure 63: Flux de l'énergie mondiale en 2005 efficacité 50%



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

Figure 64: **Prix de l'huile de baleine aux US et prix du pétrole en \$2008 (inflation officielle)**

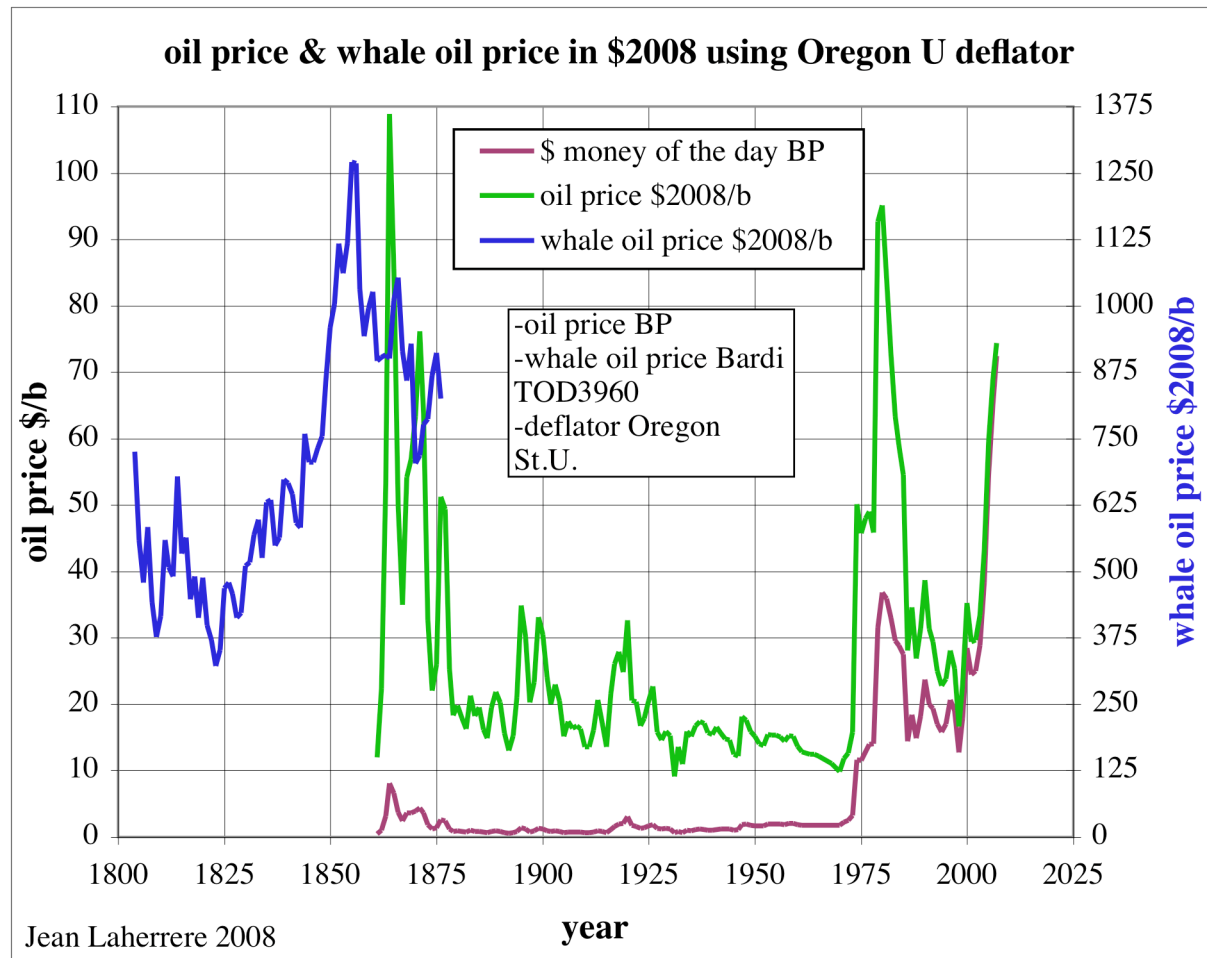
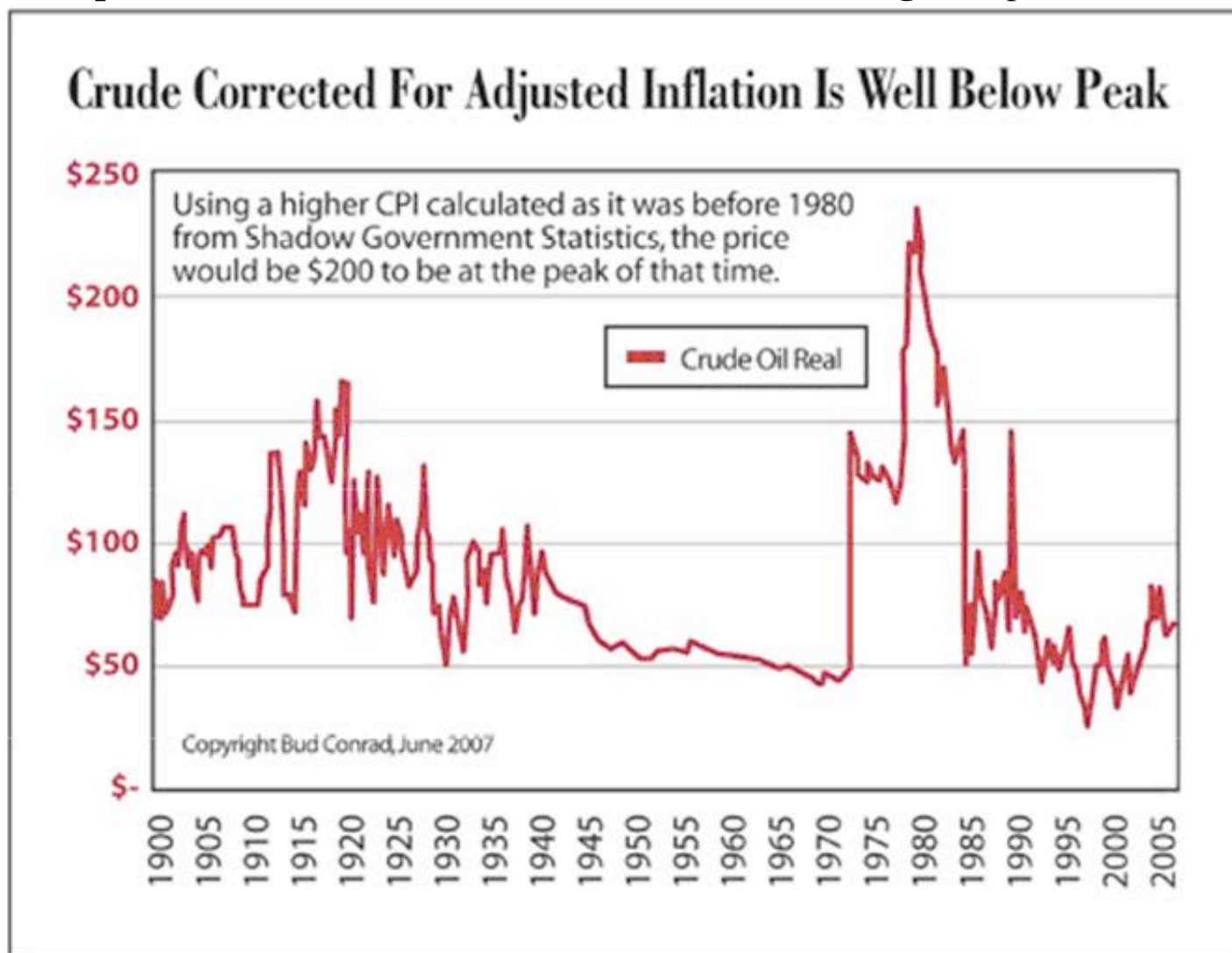
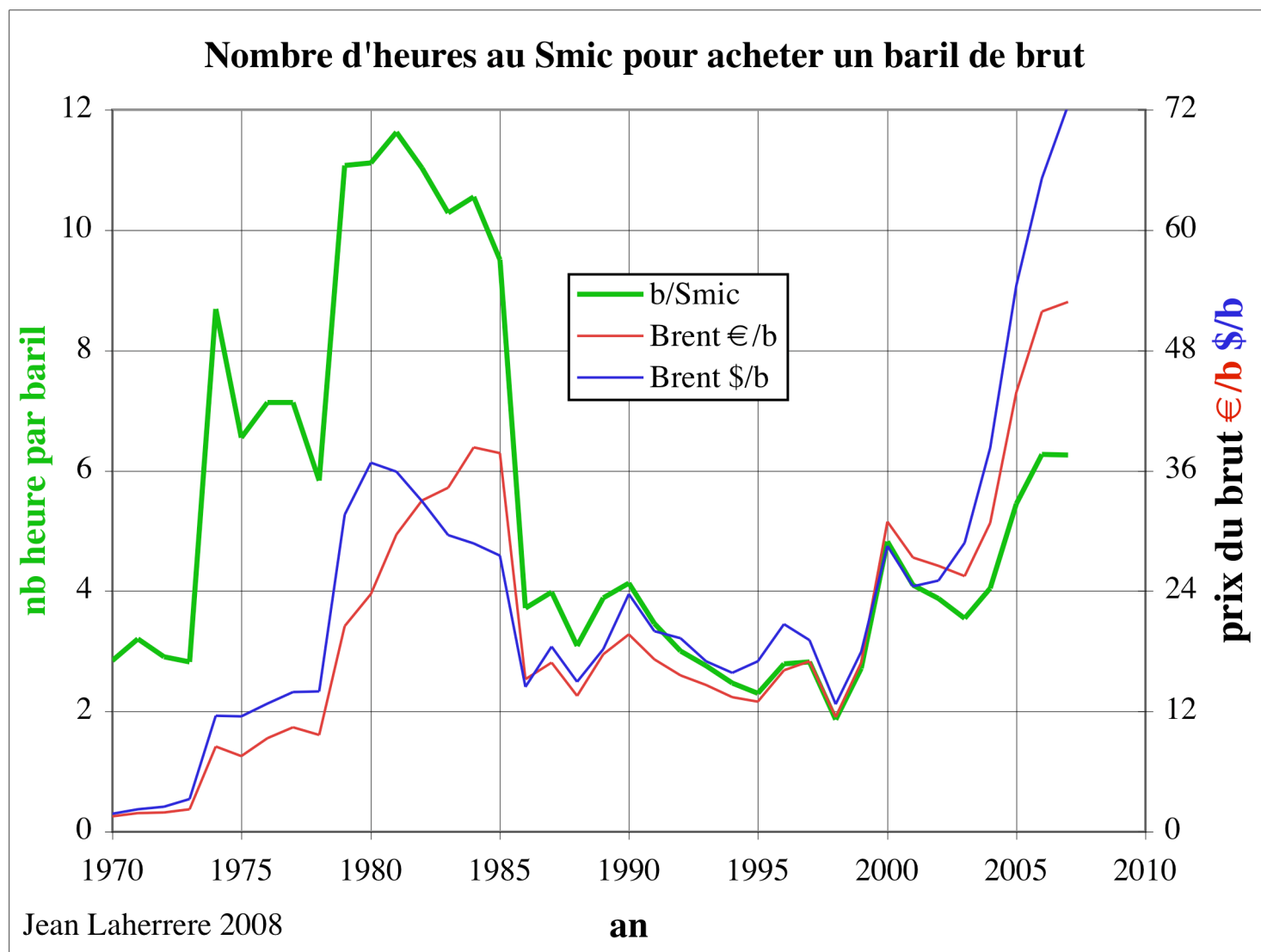


Figure 65: **Prix du petrole 1900-2005 en \$2005 avec une inflation corrigee d'apres Conrad**



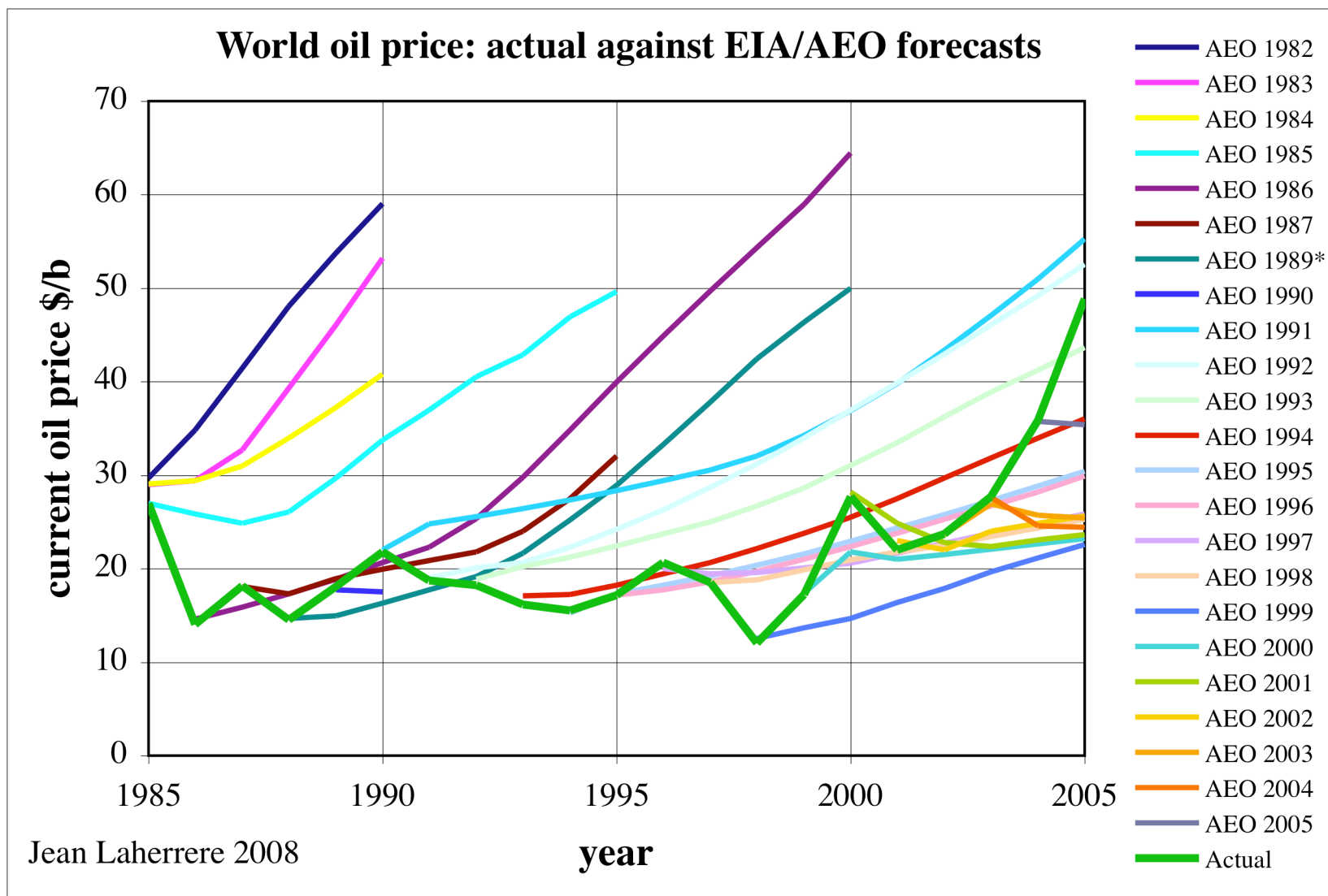
Les prix du passe sont discutables et les previsions toujours fausses. Pour eliminer le probleme du choix de l'inflation, il est preferable de [mesurer en heure de travail pour acheter un baril de petrole](#).

Figure 66: 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 67: **previsions, toujours fausses, du prix du brut par USDOE/EIA de 1982 a 2005**

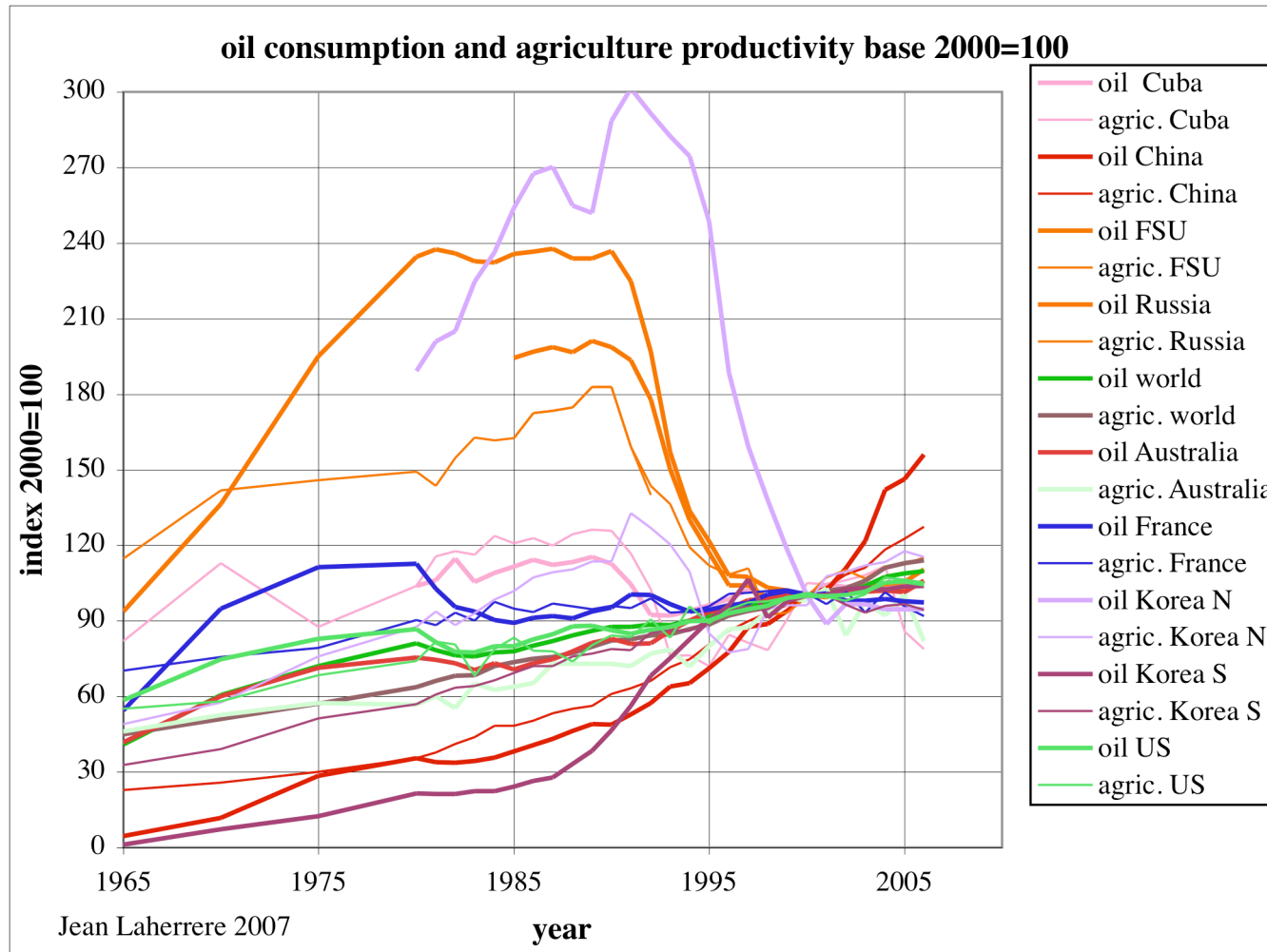


-8-Production mondiale de biocarburants

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!

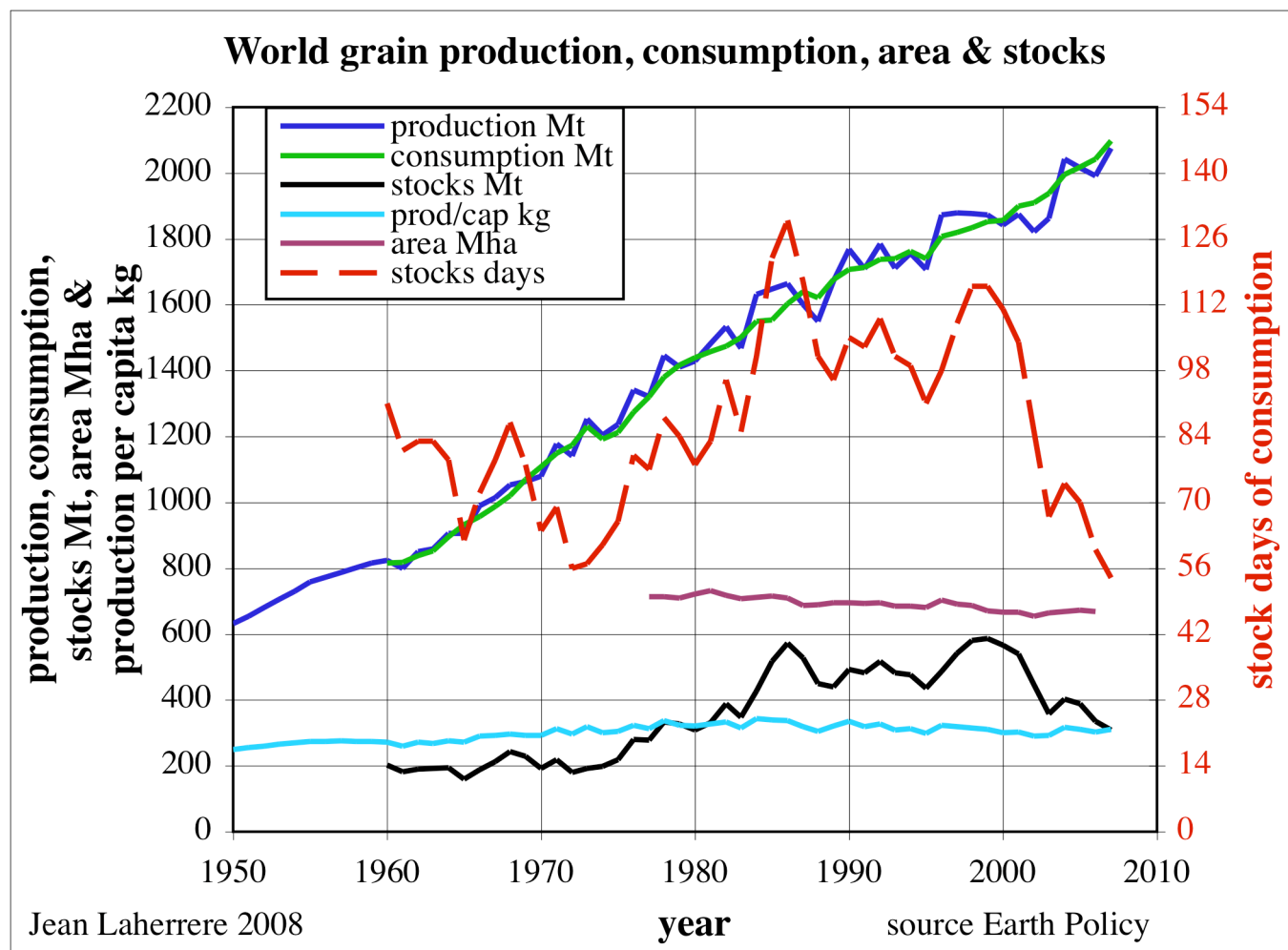
La chute de consommation de petrole a Cuba et en Coree du Nord a conduit a la chute de la productivite agricole.

Figure 68: 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 69: 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.

-5-Importance du temps et du vieillissement des structures, personnel et donnees

- Loi de McNamara (cout initiaux et delai doivent etre multiplies par 3 (pi et e)
- Les projets sont trop optimistes en temps a cause de l'actualisation avec ROR de 15%
- On ne peut pas faire un bebe en un mois avec neuf femmes!
- 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 deteriorient dans les memoires magnetiques si elles ne sont reactivees, meme dans les disques optiques, plus obsolescence des lecteurs et logiciels. Internet est proche de l'explosion sans aucune securite.
- Le facteur temps est toujours mal pris en compte.

-6-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 (30% des ponts?)
- 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 astrees, mais je ne pouvais pas calculer la folie des hommes*

-7-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

-8-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 augmenter d'autant
- scenarios energetiques utilises dans les rapports GIEC 2001 & 2007 perimes et irrealistes, donc de meme les resultats
- tout est cyclique et les extrapolations lineaires a court terme ne peuvent représenter le futur a long terme

***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 salutare 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!