

Peak oil et autres pics

Jean Laherrere jean.laherrere@wanadoo.fr

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

Paul Valery: *Tout ce qui est simple est faux, mais tout ce qui ne l'est pas est inutilisable.
Le temps du monde fini commence 1931.*

-Principes de la nature et de notre societe

Tout ce qui naît, croît, atteint un **pic**, decline et meurt.

Tout est cycle, un cycle disparaît pour être remplacé par un nouveau cycle, tant qu'il y a des ressources

Une croissance continue est impossible dans un monde fini. Nous avons atteint les limites de la planète.

Mais dans notre société de consommation la croissance est le père Noël de demain et les dirigeants sont jugés sur la croissance (PIB ou actions).

Le mot déclin un terme politiquement incorrect, car contraire au vœu politique de la croissance constante pour les 30 prochaines années (dit *business as usual*).

Un dessin vaut mille mots et toute déclaration sans données est à vérifier.

-Production petroliere

-Problemes de **vocabulaire** et de **definition**

huile = liqueur grasse **inflammable** d'origine vegetale, animale ou minerale = tout ce qui brule

petrole = huile **minerale** naturelle

oil = huile souvent confondu avec petrole

Peak oil = huile avec un pic; **oil peak** = pic de l'huile; Google *peak oil* 4 fois plus que *oil peak* ? = ASPO

Pic = point haut ou point le plus haut?

Pic par manque de demande (1979 pour le monde) **ou par manque d'offre** (1970 pour les US)?

Pour 2005 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 **84 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 2005	definition	Mb/d
OGJ Oil & Gas Journal	oil	72,361 6
WO World Oil magazine	crude/condensate	72,112 9
BP Statistical Review	liquids (excl CTL)	81,087 544 356 164 4
USDoE (Depart of Energy)/EIA	crude oil	73,653 375 786 794 6
	all liquids	84,563 799 689 834 3
IEA International Energy Agency	oil	84,45

Le nombre de decimales est ridicule, mais les lecteurs confondent precision et verite!

-Chiffres publiques

Publier une donnée est un acte politique et dépend de l'image que l'auteur veut donner.

Energie, pétrole, conventionnel, nonconventionnel, lourd, raisonnable, durable, dangereux ne sont quasiment pas définis par ceux qui les utilisent, car l'ambiguïté est recherchée.

Tous les membres de l'OPEP trichent.

Il faut faire appel à des compagnies d'espionnage pour avoir les chiffres techniques. Cela coûte très cher!

Publier une donnée avec plus de 2 chiffres significatifs pour l'énergie montre que l'auteur est incompetent

Les estimations de réserves sont incertaines et devraient être données avec une fourchette de 3 chiffres.

Le public et les patrons n'aiment pas l'incertitude, préférant un chiffre discutable à une fourchette.

USDOE/EIA **proved reserves** as end of 2005 posted 5 Oct. 2006

Oil Gb	OGJ	BP	WO	
World	1 292,935 5	1 201,331 538 509 4	1 119,615 3	
Russia	60,000	74,436 476 05	74,4	
Norway	7,705	9,691 349	8,033	NPD publie tout!
Canada	178,7924	16,500	12,025	
China	18,25	16,038 12	16,188 5	
Gas Tcf	OGJ	BP	WO	Cedigaz
World	6 124,016	6 359,172	6 226,554 6	6 380,625
Russia	1 680,000	1 688,046	1 688,748 9	1 688,763 3
Norway	84,26	84,896 5	83,272 1	109,759 02
China	53,325	82,955	55,606 1	82,99025

Ces estimations avec plus de 10 chiffres significatifs sont ridicules, surtout qu'il est incorrect d'ajouter les réserves dites prouvées puisqu'elles sont supposées être des minimums!

Mais comme la source est USDOE, BP ou AIE, ces chiffres sont considérées comme la vérité indiscutable, bien que contradictoires!

-Il y a 3 mondes:

- economistes**, ayant acces qu'aux donnees financieres ou politiques, croyant que l'argent et la technique peuvent tout faire, n'ecoutant pas les techniciens
- patrons et politiciens**, qui sont juges sur la croissance dans la societe de consommation
- techniciens** ayant acces aux donnees reelles, connaissant les limites de la technique, mais peu libres de parler a l'exterieur, sauf quand a la retraite

-Reserves

Les **reserves par champ sont confidentielles dans tous les pays sauf au Royaume-Uni, Norvege** et le domaine federal des US. En Russie, la divulgation des reserves de petrole est punie de 7 ans de prison!

Les reserves representent la production que l'on espere recuperer dans le futur.

Les ressources representent les quantites qui existent dans le sous-sol.

Il y a souvent confusion entre reserves et ressources.

Il y a **plusieurs systemes de definition de reserves** qui ne veulent qu'une valeur:

-**US** toute compagnie presente a la Bourse Americaine (donc Total) est obligee (regles perimees de la SEC 1978) de publier seulement les reserves **prouvees = 1P**, supposees etre le **minimum** pour proteger le banquier d'une banqueroute!

-**OPEP** où les quotas dependent des reserves dites **prouvees** (pour faire vrai!), elles sont donc politiques

-**ex URSS** = classification avec le taux theorique maximum de recuperation = **prouve + probable + possible = 3P ≈ maximum**

-**Reste du monde** = regles SPE/WPC 1997 = **prouve + probable = 2P ≈ valeur esperee ou moyenne** sur laquelle est decide le developpement du champ.

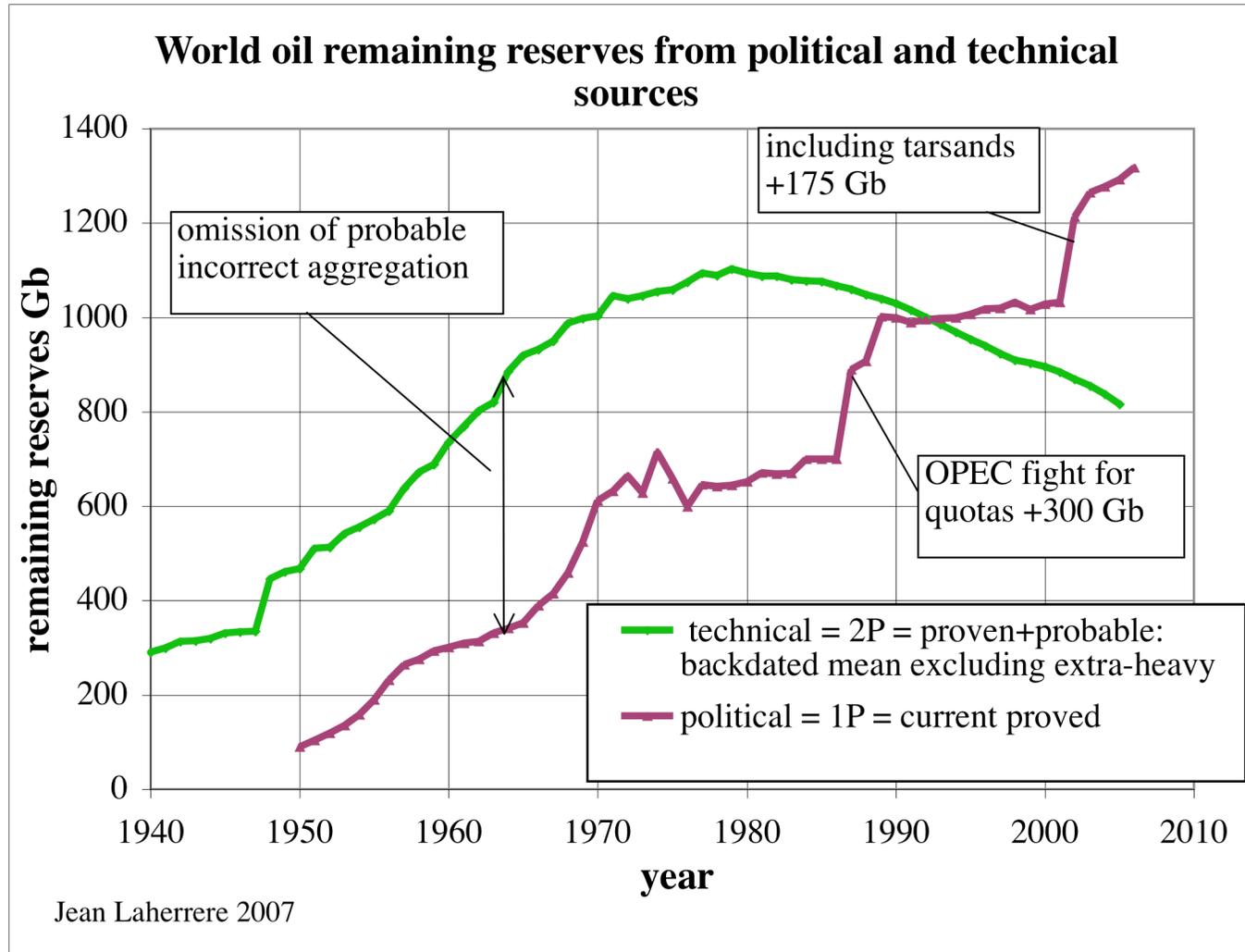
Les compagnies internationales ont plusieurs fichiers de reserves suivant la destination!

-Reserves restantes de petrole = decouvertes cumulees moins production cumulee

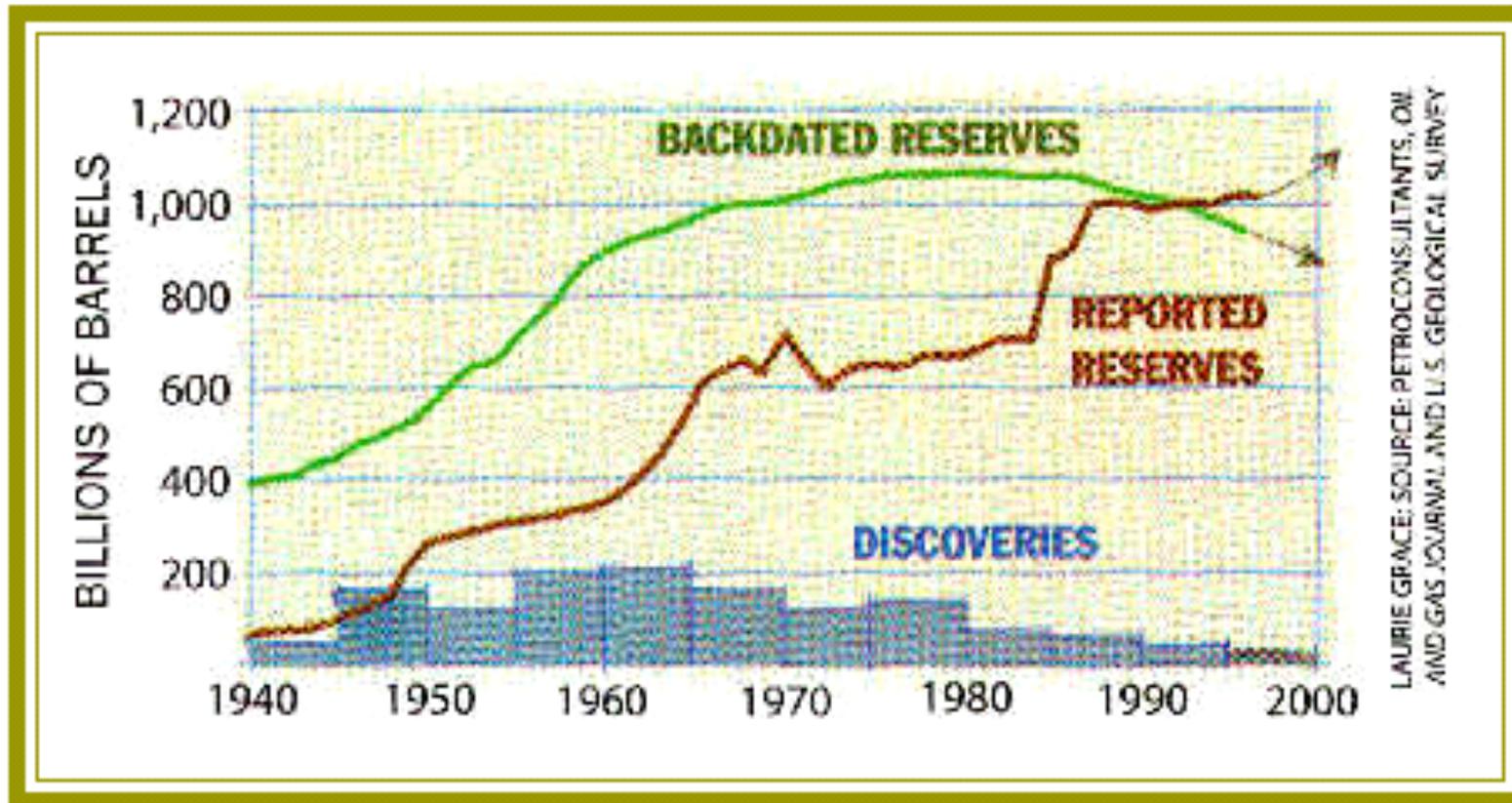
Reserves techniques = ma compilation de plusieurs sources confidentielles et heterogenes **en vert**

Reserves politiques (et financieres) = publication USDoE (\approx OGJ) **en marron**

Figure 1: Reserves mondiales conventionnelles de petrole d'apres les **sources politiques et techniques**



En 1998 Campbell et moi avons sorti le meme graphique qui prevoit bien la situation actuelle:
 Figure 2: Reserves mondiales conventionnelles de petrole d'apres les **sources politiques et techniques:**
graphique mars 1998 **Scientific American** "*The end of cheap oil*" Colin Cambell & Jean Laherrere
 traduit dans **Pour la science** de mai 1998 "*La fin du petrole bon marche*"



ASPO est souvent accuse de changer (nous changeons avec les donnees qui evoluent), mais ce graphique a peu change!

Les economistes qui ont acces uniquement aux donnees politico-financieres ne raisonnent pas faux, ils raisonnent surtout sur des donnees fausses

Les nouvelles regles de reserves de la SPE (draft 2006) montre enfin l'ecart considerable (x2 pour prouve) entre une **addition arithmetique** et une **aggregation correcte**: seule les moyennes (mean) peuvent etre ajoutes.

Figure 3: **difference entre une aggregation probabiliste et une addition arithmetique d'apres SPE reserves guidelines 2007**

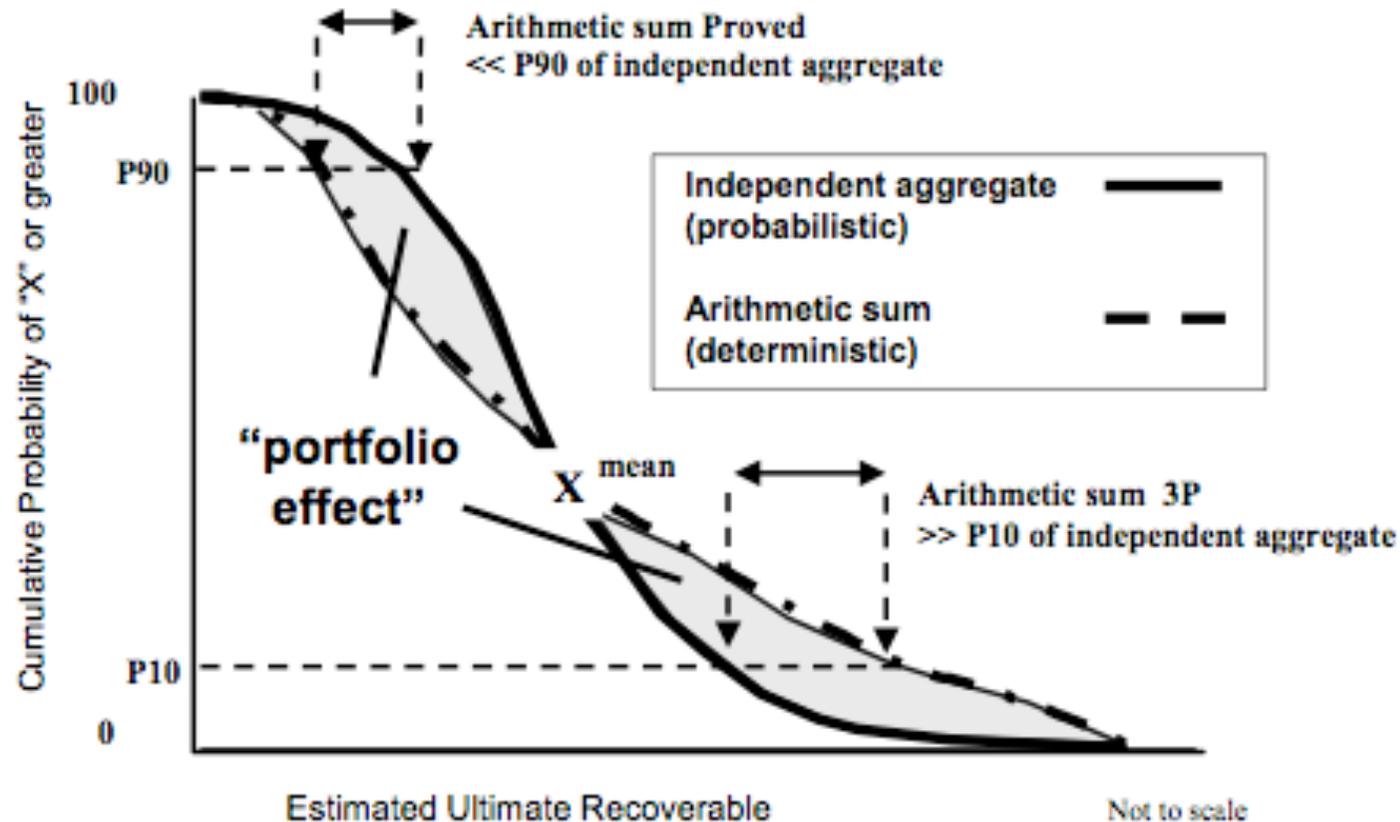


Figure 3-2: Deterministic versus Probabilistic Aggregation

Les reserves politiques ou financieres dites *prouvees* sont incorrectes et ne sont d'aucune utilite pour predire l'avenir, mais les economistes n'ont que ca!

Les agences officielles n'aident pas à éclaircir les incohérences sur les réserves! Au contraire

Decouverte n°344-345 Janvier-Février 2007 «Energies –anticiper les ruptures» François Roure Professeur à l'IFP «*Perspectives des combustibles fossiles Le point de vue d'un géologue explorateur*»

tableau 1: Quelques estimations de réserves mondiales

<i>Sources de l'évaluation</i>	<i>Type d'évaluation</i>	<i>Nombre de pays pris en compte</i>	<i>Reserves Gbbl</i>
ASPO	Reserves prouvées minimales	62	878
IHS (independent)	Reserves prouvées probables	114	1152
OPEC (multi-national/public)	Reserves annoncées par les pays	20	1067
BP Statistics (compagnie)	Reserves prouvées probables	51	1044
World Oil (independent)	Reserves prouvées probables	69	1034
Oil & Gas Journal (independent)	Reserves prouvées probables	94	1266
		<i>moyenne</i>	1050

Site IFP dossier presse Mai 2005, toujours consultable à ce jour

« *Reserves de pétrole : des données évolutives en fonction de la technique et de l'économie Le point par l'IFP* »

Cette estimation est dite P50 ou 2P. **Ce sont les «réserves probables»**

Ce sont les «réserves possibles», dites P10 ou encore 3P.

Tout ce qui est en rouge est faux

2P = réserves prouvées + probables

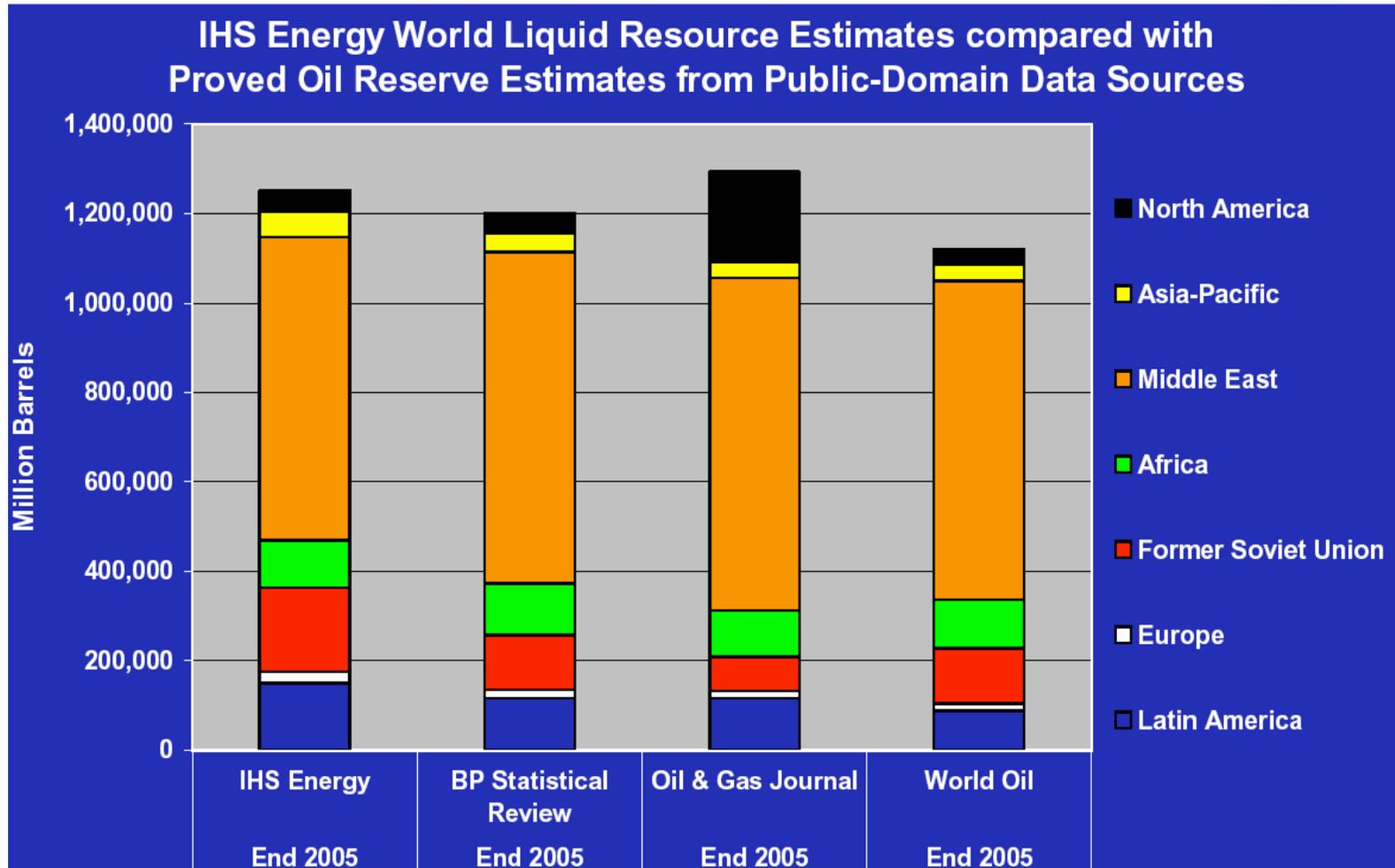
3P = réserves prouvées + probables + possibles

ASPO travaille sur les réserves 2P

Un chiffre de réserve sans date est le chiffre ultime, alors que les chiffres ci-dessus sont les réserves restantes à une certaine date: en fait fin 2003 OGI = 1266, WO = 1042, BP = 1148

Figure 4: IHS compare ses **estimations de ressources** avec les **reserves prouvees** du domaine public fin 2005

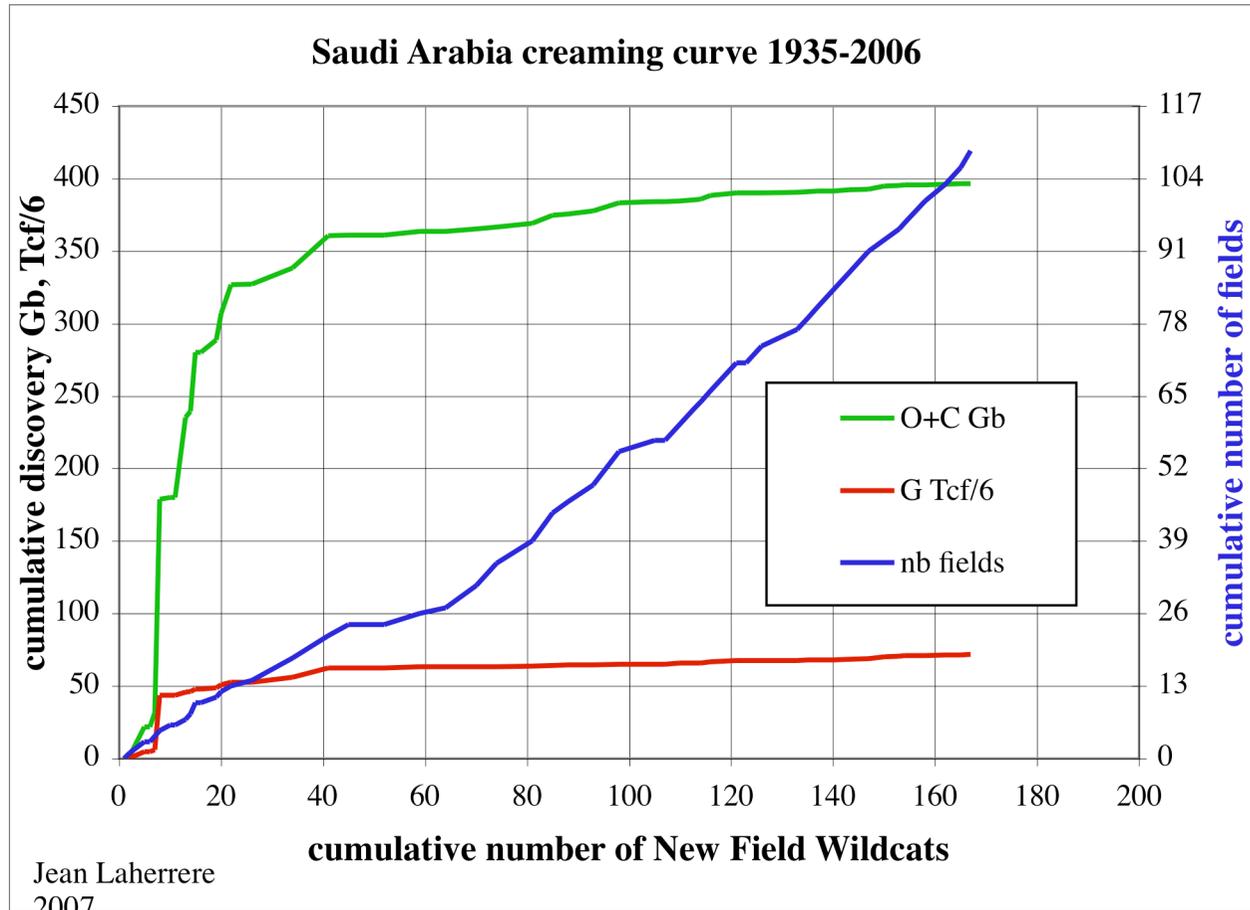
Comparing World Oil Resource Estimates



-Mythes qui ont la vie dure et qui sont contraires aux faits

-**Mythe 1: *Le Moyen-Orient peu explore***: = non = decouvertes Arabie Saoudite: premiers 20 puits exploration 1935-1964 = 80% volume, 11% nombre; derniers 20 puits 1998-2006 = 1% volume, 17% nombre: on trouve plus en nombre, mais de plus en plus petit.

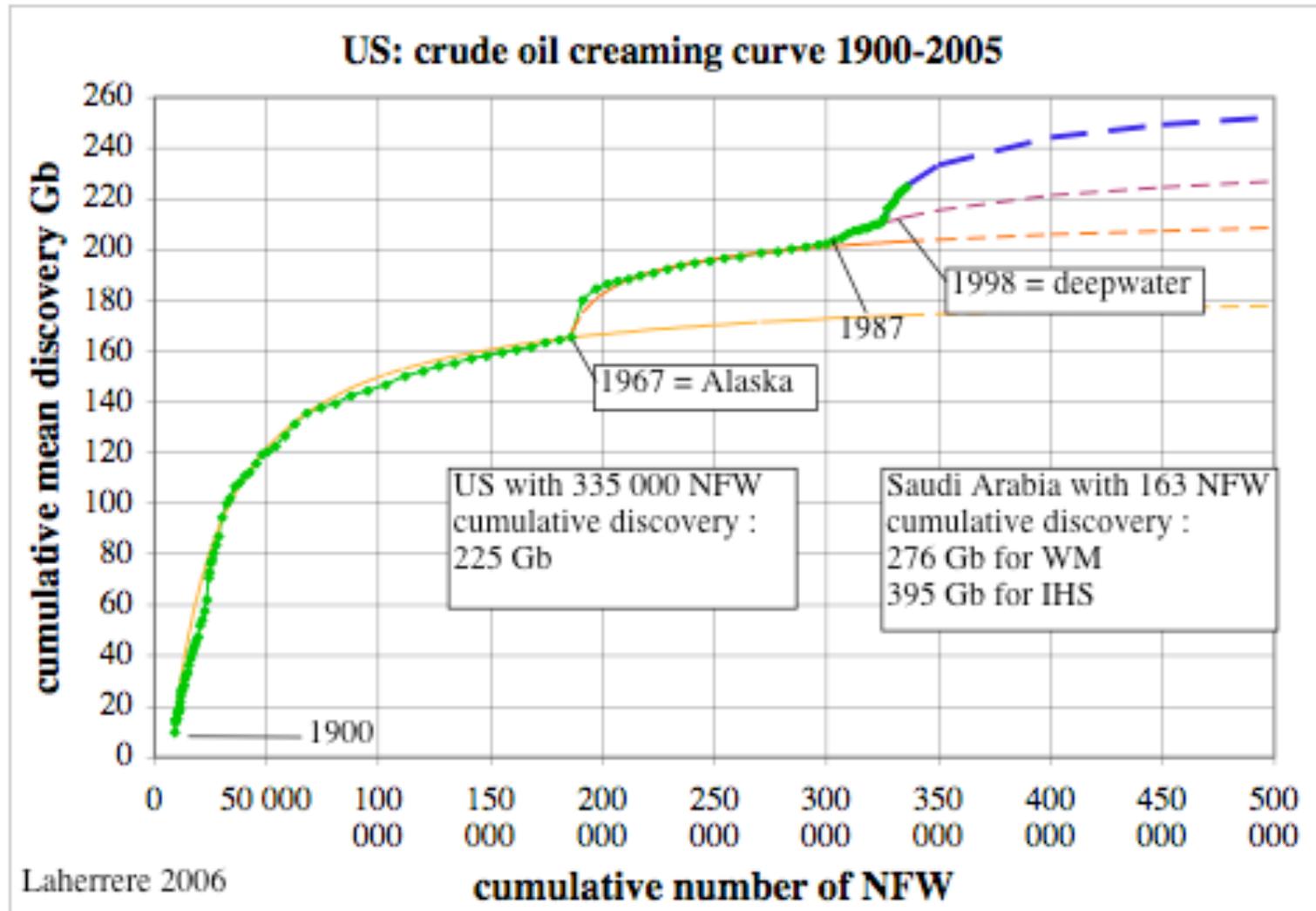
Figure 5: **courbe d'ecremage des decouvertes de petrole en Arabie Saoudite** en Gtep d'apres IHS



L'Arabie Saoudite n'est pas sous exploree, ainsi que tout le Moyen-Orient, certaines regions a faible potentiel ou a gaz sont moins forees. Il n'y a rien a esperer en deepwater!

Les US ont une courbe d'ecremage du meme type que l'AS, mais avec 340 000 NFW au lieu de 160

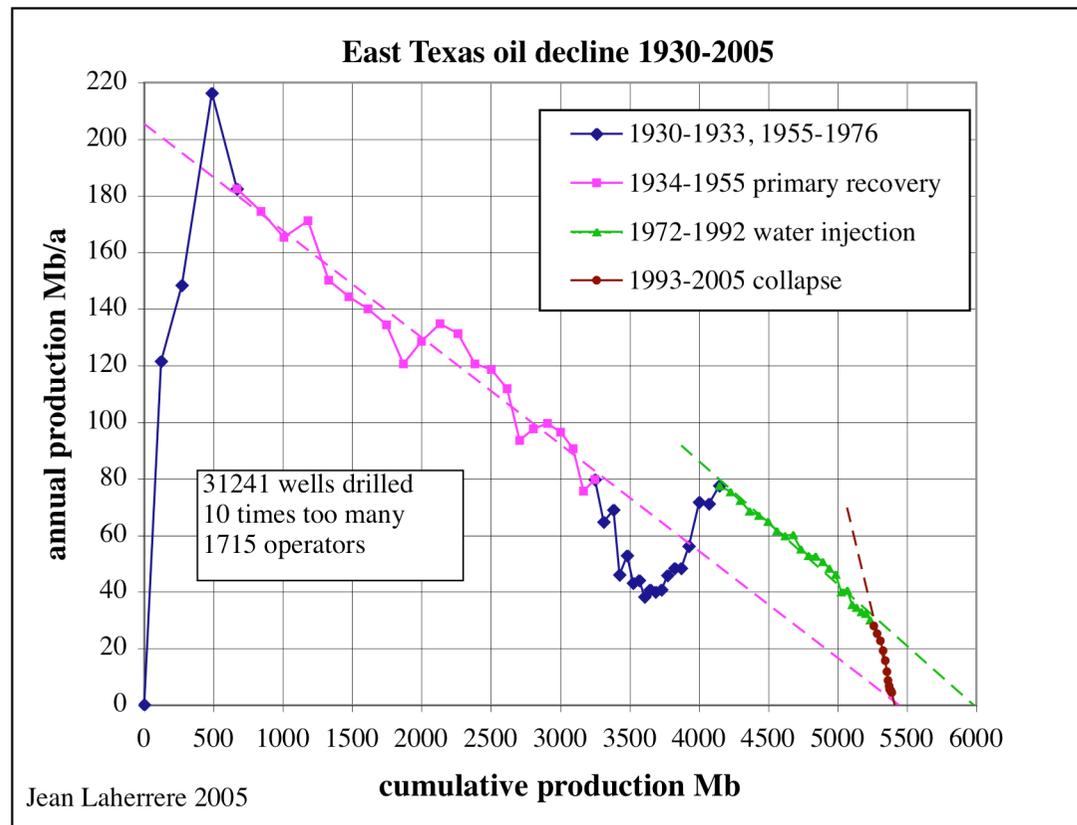
Figure 6: **courbe d'ecremage des decouvertes (backdated mean) de petrole aux US**



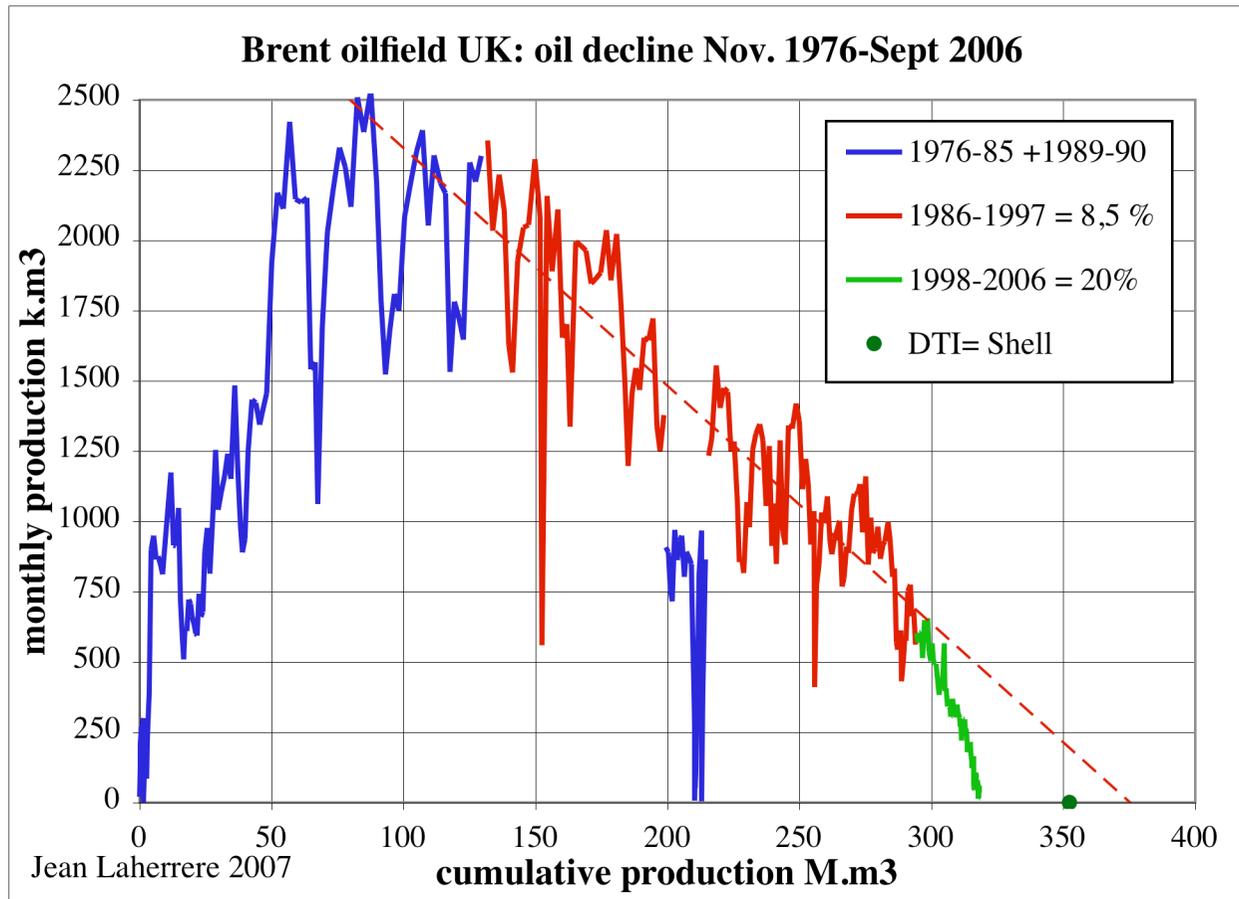
-Mythe 2: le taux de recuperation des champs de petrole est en moyenne de 35%, en Mer du Nord on recupere 50%, on peut donc augmenter les reserves de moitie
 realite = 1 a 85 % pour les champs conventionnels suivant la geologie, mais **la technologie ne peut echanger la geologie des reservoirs**

-Mythe 3: il y a croissance des reserves grace a la technologie: l'apport de la technologie doit se voir par une diminution du declin. Il faut aller voir les courbes de declin des grands champs geants matures.

Figure 7: courbe de declin de la production de petrole du champ **East Texas** 1930-2005



Le declin annuel a ete de 5% de 1972 a 1992 grace a de nombreux puits (10 fois trop nombreux = 4 acre/well) et la production s'est ensuite ecroule avec un declin de 10% et les reserves ont diminue de 600 Mb !

Figure 8: courbe de declin de la production de petrole du champ de **Brent** RU 1976-2006

Le declin de 8,5%/a de 1986 a 1997 est passe a 20%/a de 1998 a 2005.

Il y a ecroulement en fin de production. Brent ne produit pratiquement plus que du gaz.

La technologie ne fait pas decroitre le declin au contraire! Elle laisse esperer des reserves qui n'y sont pas!

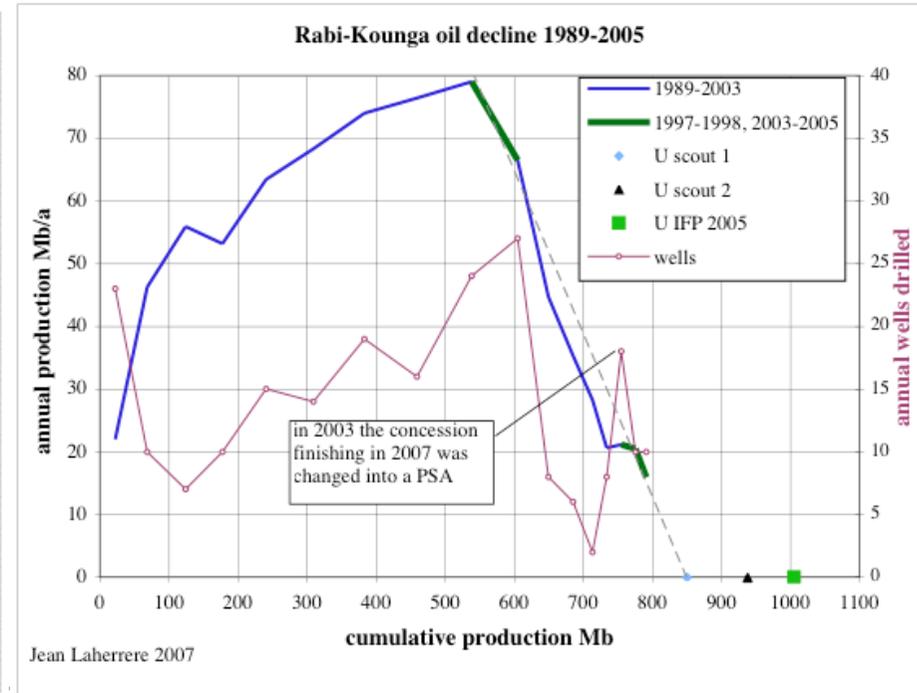
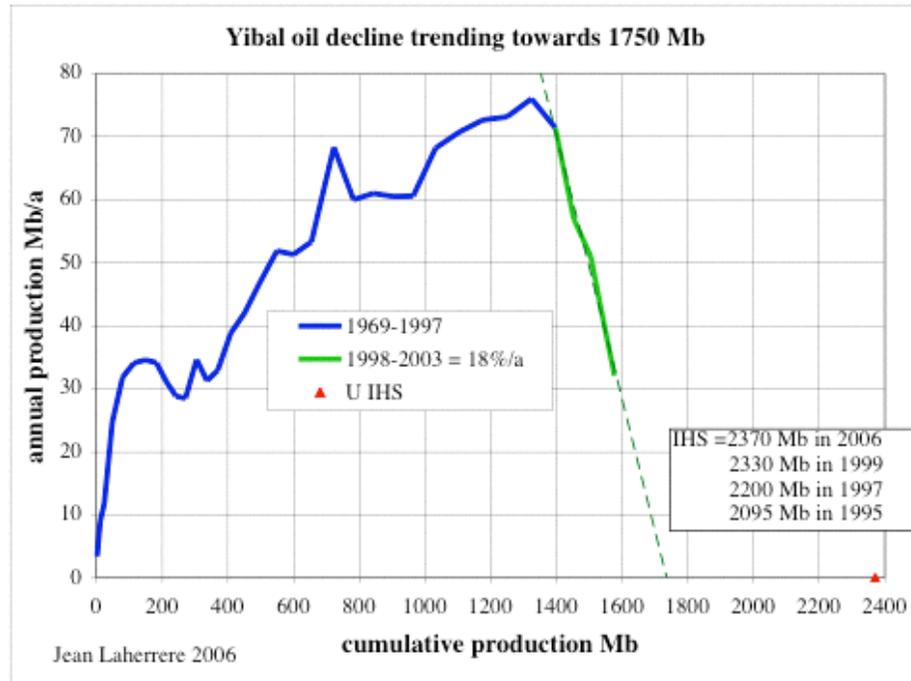
Les seuls exemples d'amelioration du declin que j'ai trouve (Ekofisk, Eugene Island 330) montrent une geologie exceptionnelle (craie qui se compacte, reservoir connecte a la roche mere). Ils ne sont pas extrapolables

Si vous en connaissez d'autres, envoyez les moi.

Les puits horizontaux (avec plusieurs branches) permettent de **produire plus vite**, d'où profit immédiat, mais souvent au détriment de la récupération finale.

Figure 9: **Declin d'Yibal, plus grand champ Oman 1969-2003**, opere par Shell

Figure 10: **Declin de Rabi-Kounga, plus grand champ Gabon**, opere par Shell



Cantarell, plus grand champ du Mexique et second producteur mondial actuel apres de nouveaux puits (26 plateformes) et injection d'azote en 1995, a un declin aussi rapide.

Mauvaise pratique de production trop poussee = declin fort et diminution des reserves estimees!

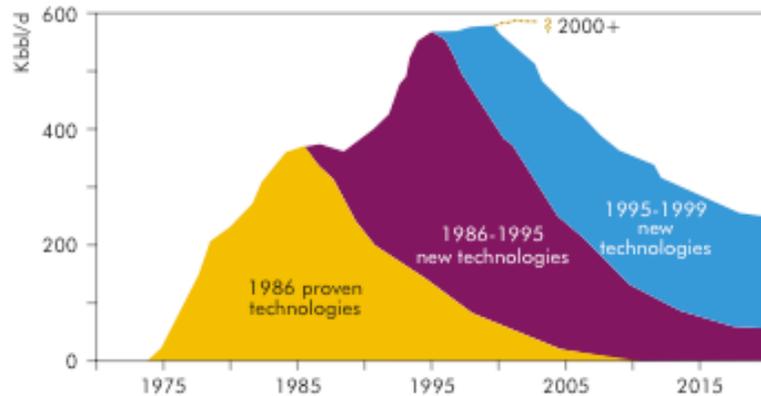
Mais les nouveaux actionnaires (fonds de pension) demandent maintenant des productions elevees tout de suite: le court terme l'emporte sur le long terme !

-Presentations “optimistes” ou “modifiées” sur l’apport de la technologie

Figure 11: AIE (Agence Internationale de l’Energie) **mai 2005**: Impact de la technologie sur la production en Mer du Nord document 1999 avec echelle fausse (pic 0,6 Mb/d)

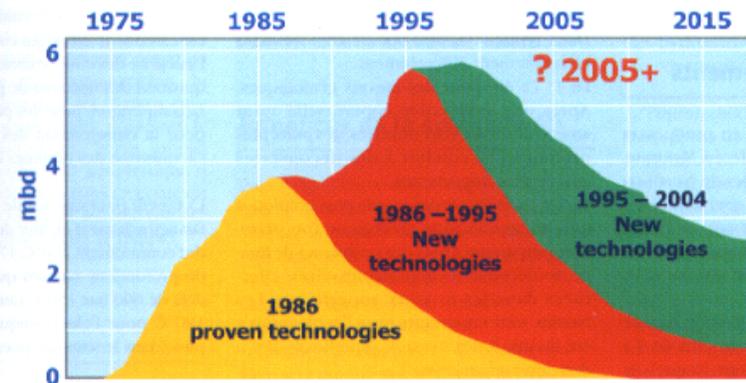
Figure 12: AIE **oct 2005**: Impact de la technologie sur la production en Mer du Nord avec echelle correcte et chiffres *modifies* 2004 au lieu de 1999, 2005+ au lieu de 2000+

Figure 1.20 • Impact of technology on production from the North Sea, in thousand barrels per day



Source: European Network for Research in Geo-Energy - ENeRG - courtesy of Shell.

Impact of Technology on North Sea Oil Production



New technology plays a key role in boosting proven reserves

Le creux de production de 1988 n’est pas du a une ancienne technologie qui est remplacée par une technologie plus performante, mais notamment par l’explosion de la plateforme Piper (160 morts) et l’arrêt de Brent pour transformation en champ de gaz

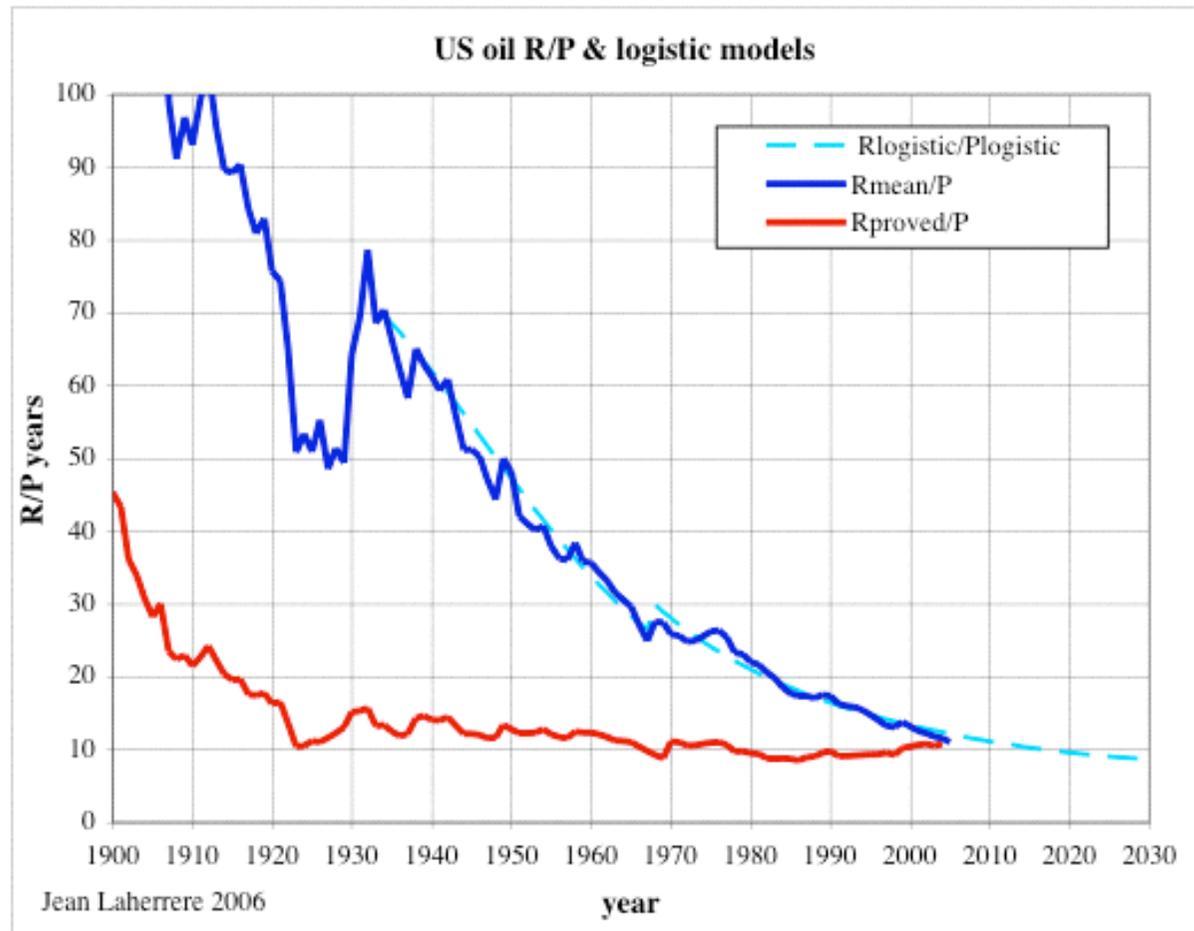
La justification par l’AIE en 2005 de l’impact de la technologie est basée sur un graphique de 1999 **trafiqué!** = **publicité mensongère!**

-Mythe 4: les reserves sont de 40 ans (R/P) pour le petrole, 60 ans pour le gaz, 250 ans pour le charbon:

Aux US le R/P des reserves dites prouvees de petrole est d'environ **10 ans depuis 80 ans**

= inutilisable pour la prevision, car la plupart des reserves sont calculees en multipliant par 10 la production!

Figure 13: R/P pour le petrole aux US pour les reserves prouvees et pour les reserves moyennes avec modeles logistiques 1900-2030



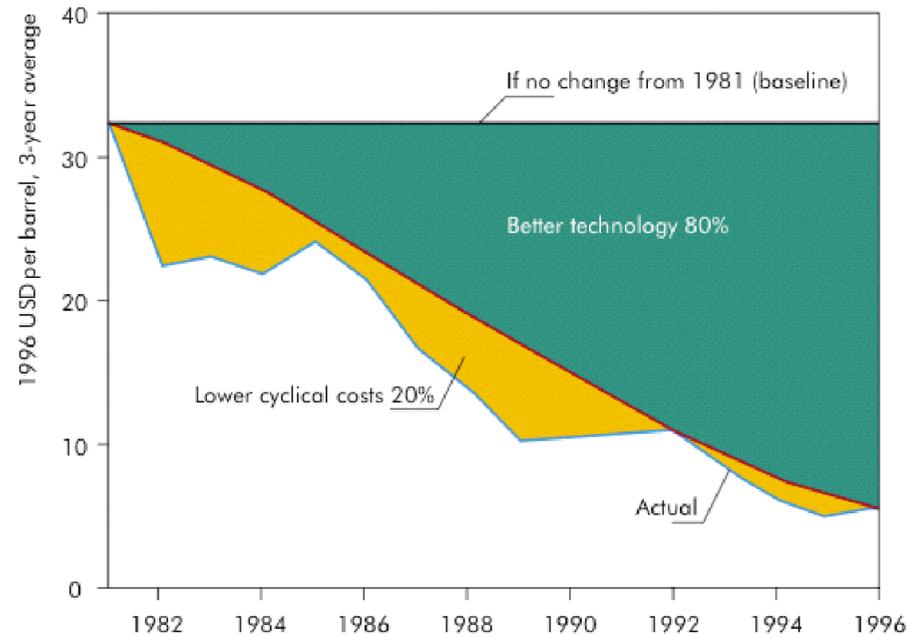
R/P est un tres mauvais indicateur, mais il est utilise par tous.

-Mythe 5: les couts diminuent avec la technologie

Figure 14: pretention injustifiee de l'impact de la technique sur les couts US \$1996/b periode 1981-1996

Figure 16: cout de forage US \$2000 par pied 1960-2004

Figure 2.5 • Technology impact on costs for offshore USA

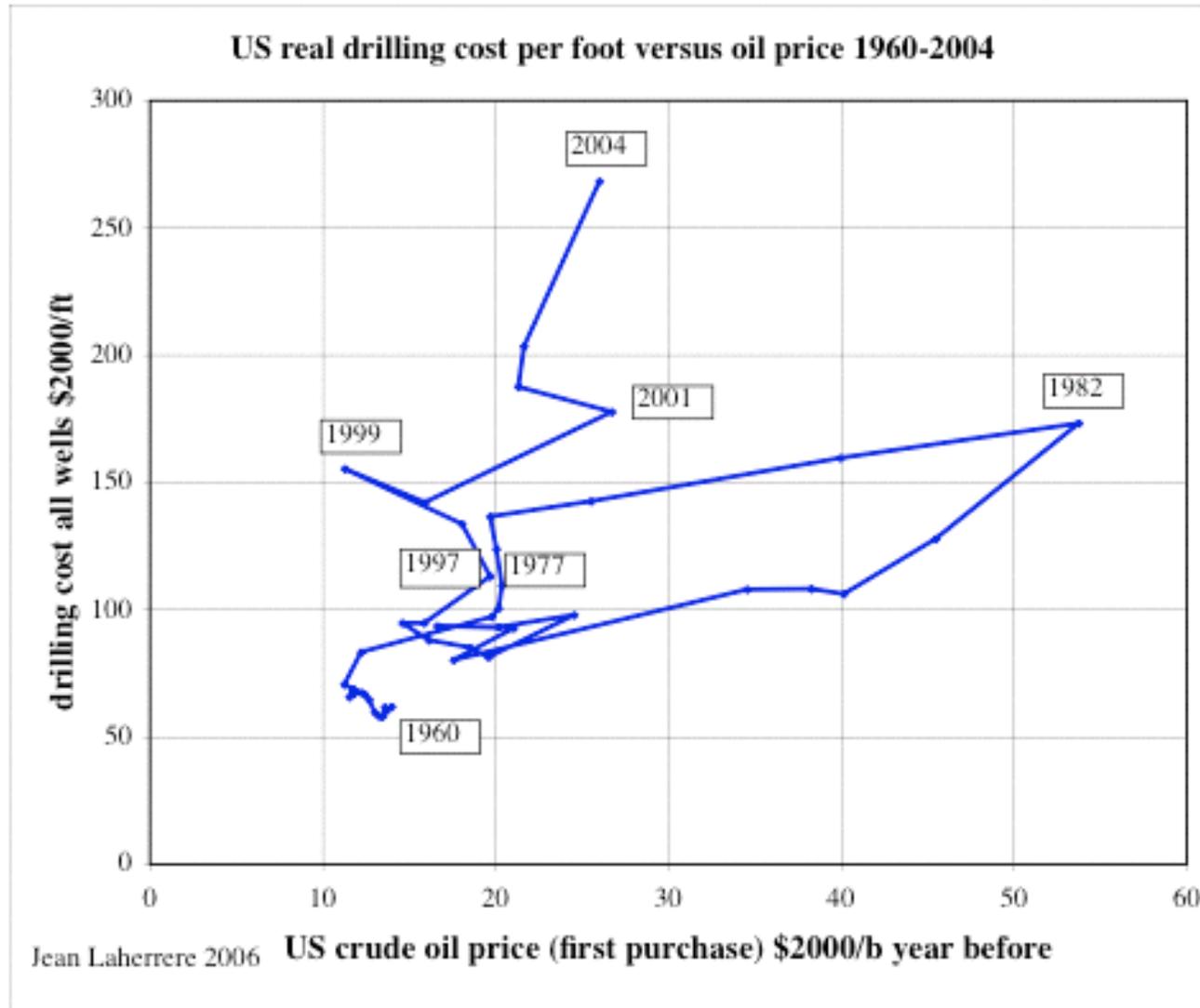


C'est de la **publicite mensongere** en choisissant une periode limitee de baisse, encadree de periodes d'augmentation.

Les couts ont diminue de 1981 a 1996 non a cause de la technologie mais de la diminution du prix du brut

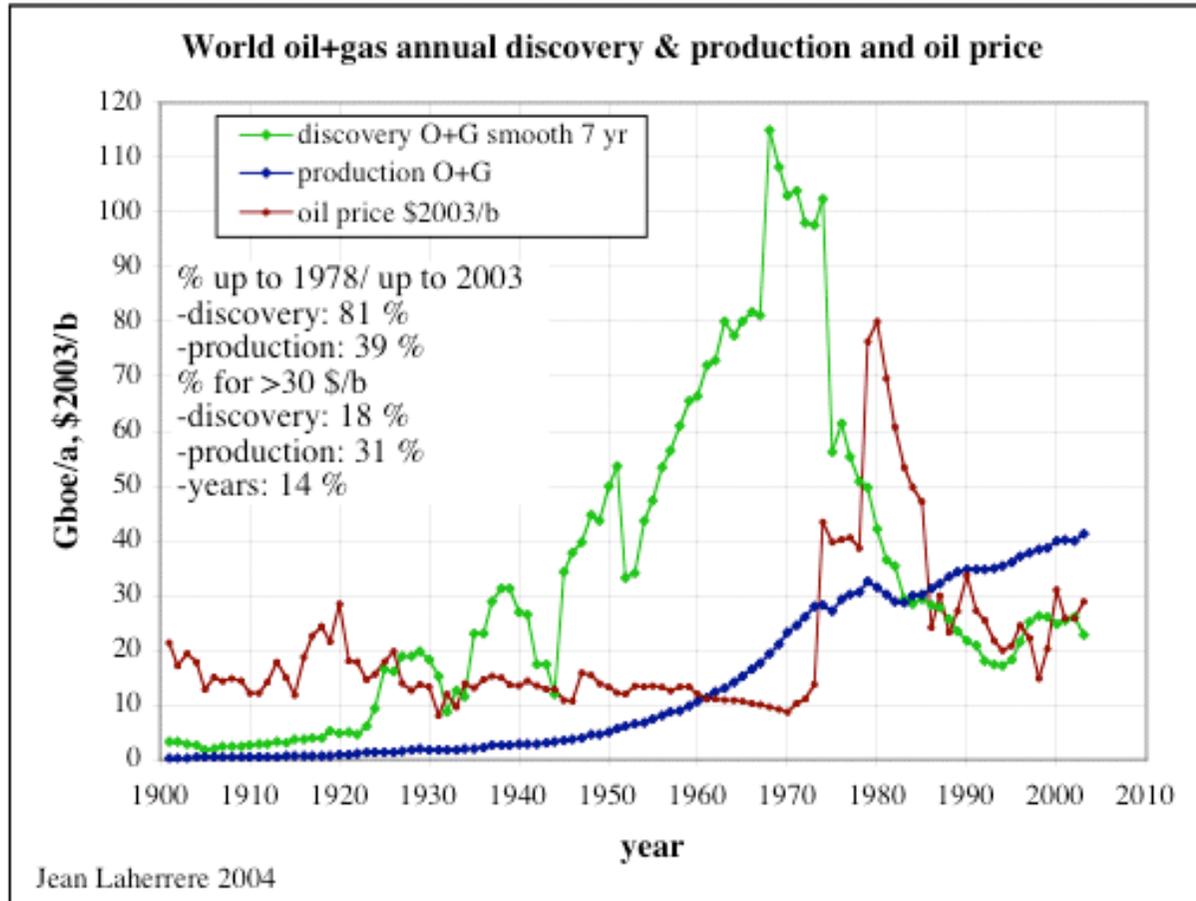
En realite les couts de forage varient avec le prix du brut, l'apport de la technologie n'est pas visible, puisque [couts et prix sont identiques en 1977 et 1997!](#)

Figure 14: **cout du forage aux US 1960-2004 en fonction du prix du brut en \$2000**



-Mythe 6: les decouvertes augmentent avec le prix du brut

Figure 17: decouvertes mondiales de petrole et de gaz & prix du brut



Les chocs petroliers de 1973 et 1979 ont conduit a moins de decouvertes (forage des prospects mediocres qui avaient ete rejetes auparavant) et a moins de production (baisse de la demande)

Le prix du brut n'est pas le "driver" des decouvertes! Au contraire.

-Mythe 7: les hydrates de methane oceaniques representent le double des combustibles fossiles

Les hydrates oceaniques sont heterogenes et d'extension limite (millimetrique verticalement et metrique horizontalement). Aucun procede connu pour les produire et EROI. Les premieres estimations divisees par 100.

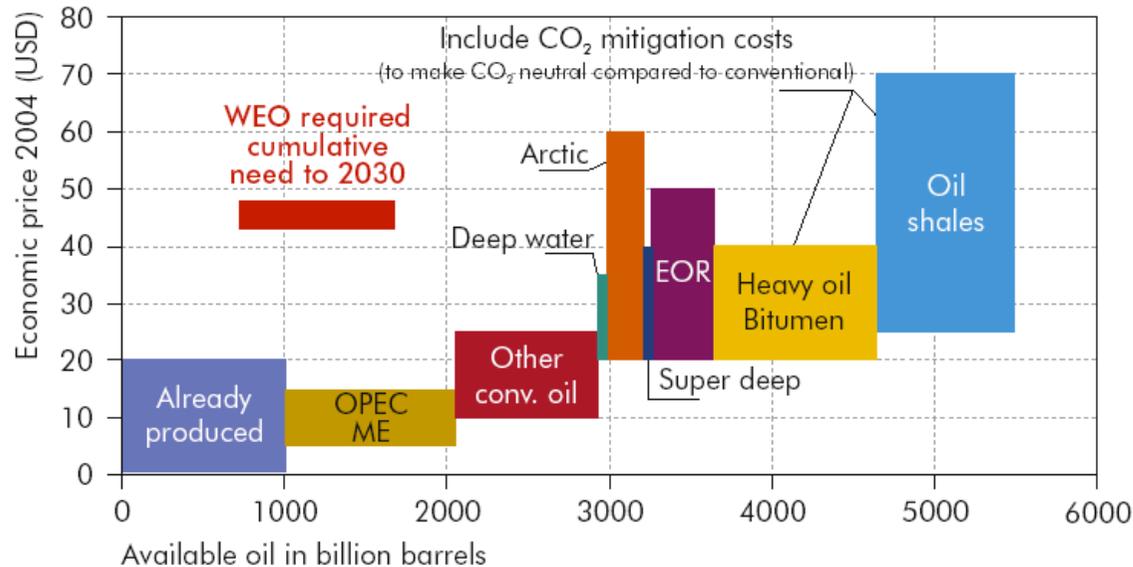
-Mythe 8: les schistes bitumineux ont des reserves >2 Tb a un cout de 30-70 \$/b

Ceux ne sont ni des schistes ni du bitume, mais du kerogene immature, classes avec les lignites. Ils sont souvent confondus avec les sables bitumineux qui sont a l'autre bout de la chaine petroliere, etant du petrole degrade. Les schistes d'Autun ont produit de l'huile de 1837 a 1957. Apres les chocs petroliers des milliards de dollar ont ete depenses aux US pour miner et pyroliser (600°C) les schistes, mais stoppes par les nombreux problemes: eau, large volume de fines instables. Echec de nouveau en Australie il y a 5 ans. EROI?

Seul pilote Shell in situ: chauffage 3-4 ans resistances electriques et congelation des terrains =10 b/d. EROI?

Figure 18: ressources de petrole en fonction du cout d'apres IEA 2005 = **souhait**

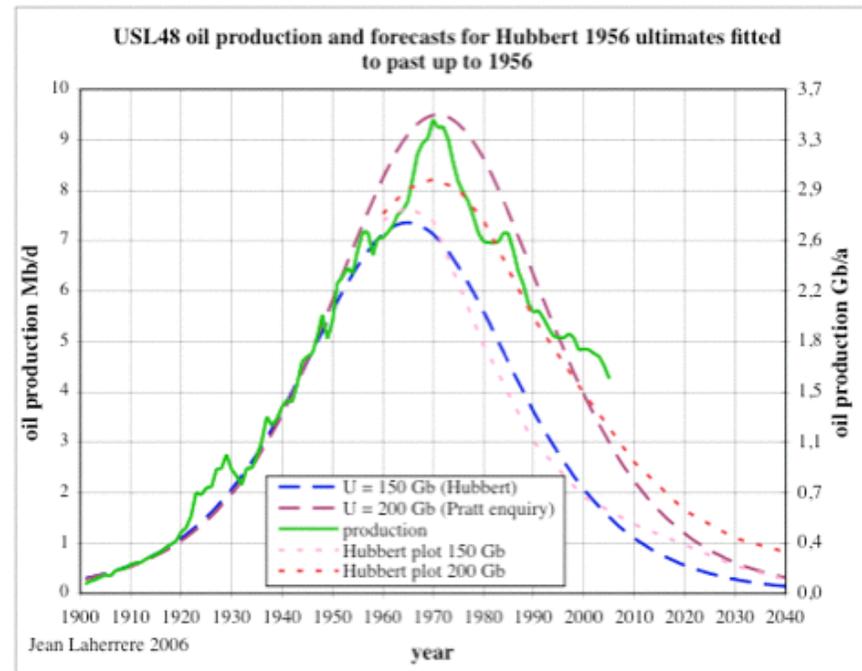
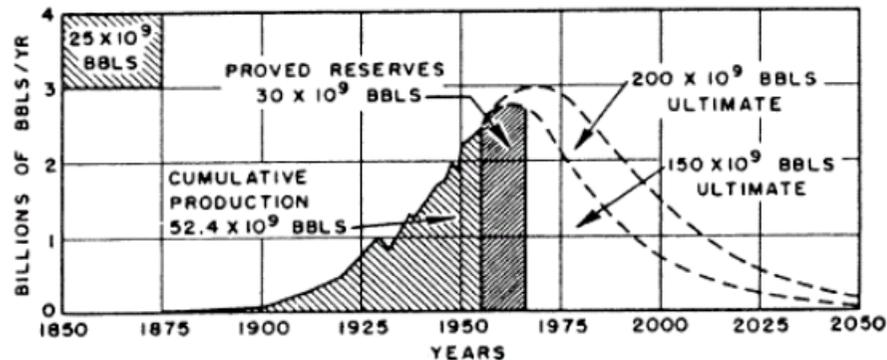
**Figure ES.1 • Oil cost curve, including technological progress:
availability of oil resources as a function of economic price**



-Prevision de production future

Figure 19: prevision de King Hubbert en 1956 de la production petroliere des US (hors Alaska)

Figure 20: US hors Alaska: production annuelle de petrole 1900-2040



Hubbert a predit que la courbe de production imite la courbe de decouverte avec un certain retard et que la surface sous la courbe de production annuelle doit représenter les reserves ultimes: soit pour les US 150 Gb avec un pic en 1965 soit 200 Gb avec un pic en 1970.

Augmenter les ultimes de 33% ne recule le pic que de 5 ans!

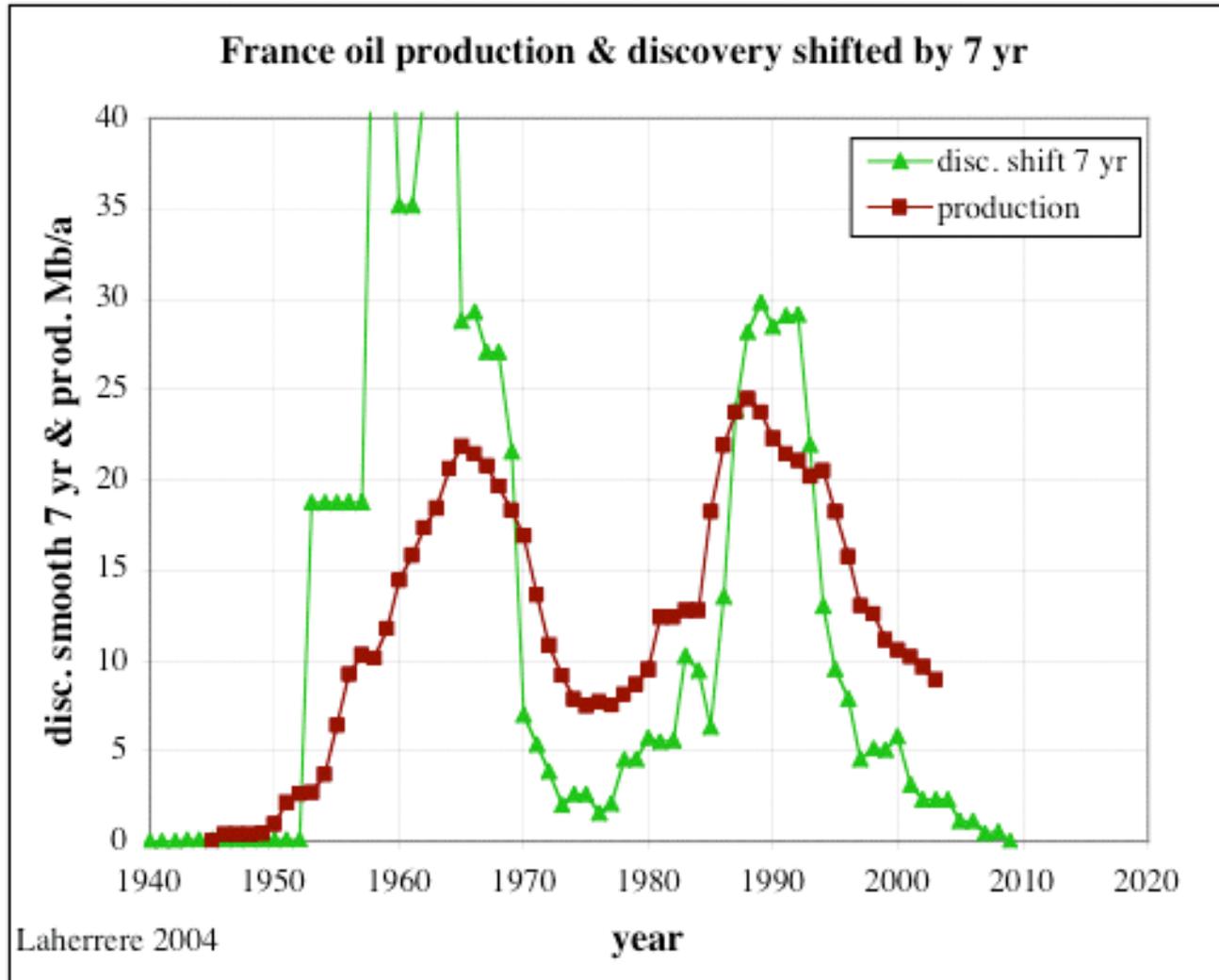
La realite est que la courbe de production a bien culmine en 1970 (car l'ultime des US hors Alaska est bien de 200 Gb), mais avec un niveau plus eleve et plus pointu.

Hubbert a vu sa theorie de pic confirmee par les faits. De nombreux pays ont passe le pic.

Le pic d'Hubbert est maintenant connu du monde entier, mais il est combattu par les adeptes de la croissance eternelle ou qui veulent que les autres le croient.

Mais dans les autres pays avec un nombre restreint de bassins et de compagnies, les courbes de decouverte et de production montrent plusieurs cycles, notamment la France, mais les cycles sont, en gros, symetriques.

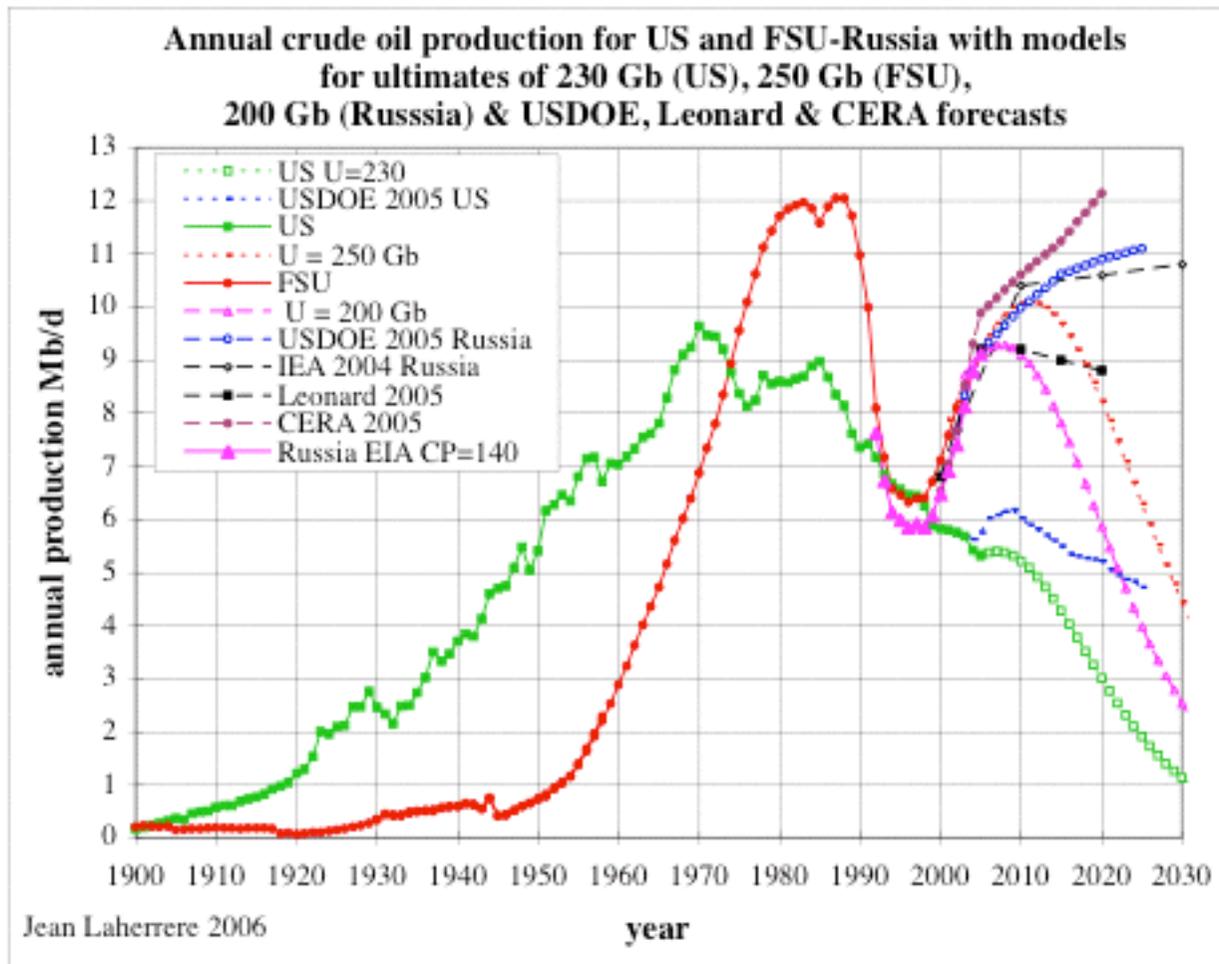
Figure 21: **France: production annuelle de petrole et decouverte decalee avec 2 cycles**



Le decalage entre decouverte et production est de 10 ans pour le premier cycle et de 5 ans pour le second.

La Russie a eu un pic en 1988 et va avoir un pic mineur très prochainement, bien que les prévisions officielles sont évidemment très optimistes, dont celle de CERA, mais pas celle de Leonard 2005 (ex Yukos)

Figure 22: **Production des US, ex-URSS et Russie et diverses prévisions 1900-2030**



La production russe doit décliner des 2010, mais les prévisions officielles ne montrent aucun pic jusqu'en 2030

-Estimation de l'ultime

Il est preferable d'estimer les ultimes a partir des courbes d'ecremage, a savoir la courbe des decouvertes cumulees en fonction du nombre cumule de puits d'exploration pure (New Field Wildcat NFW).

Figure 23: Africa oil & gas creaming curve

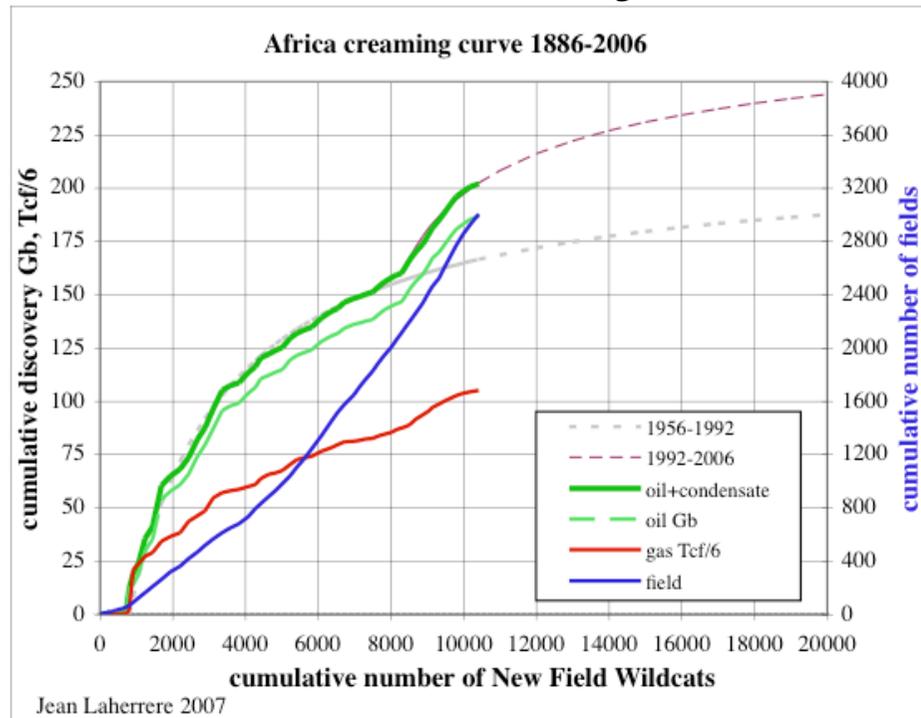
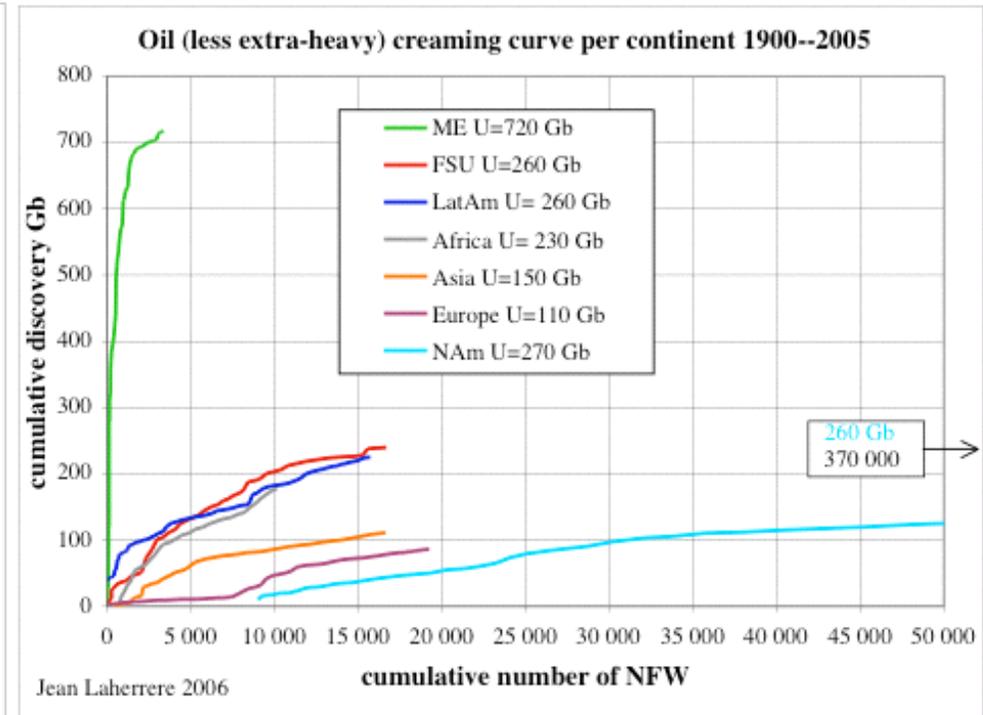


Figure 24: Courbe d'ecremage du petrole conventionnel par continent

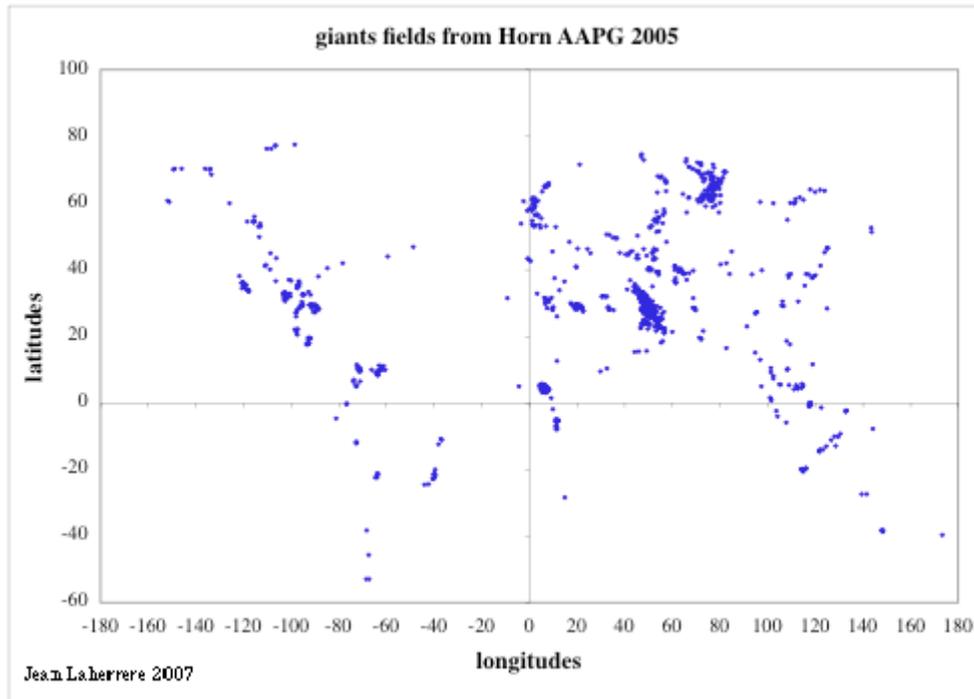


Le Moyen Orient est exceptionnel par ses reserves et les US par le nombre de puits (trop de proprietaires).
La Nature est toujours inegalitaire a l'arrivee (1 pour 200 millions spermatozoides)

Inegalite de la distribution des champs geants (>500 Mbdep)

Figure 25: **carte des champs geants d'apres Horn AAPG 2005**

Figure 26: **carte des bassins sedimentaires du site Schlumberger**

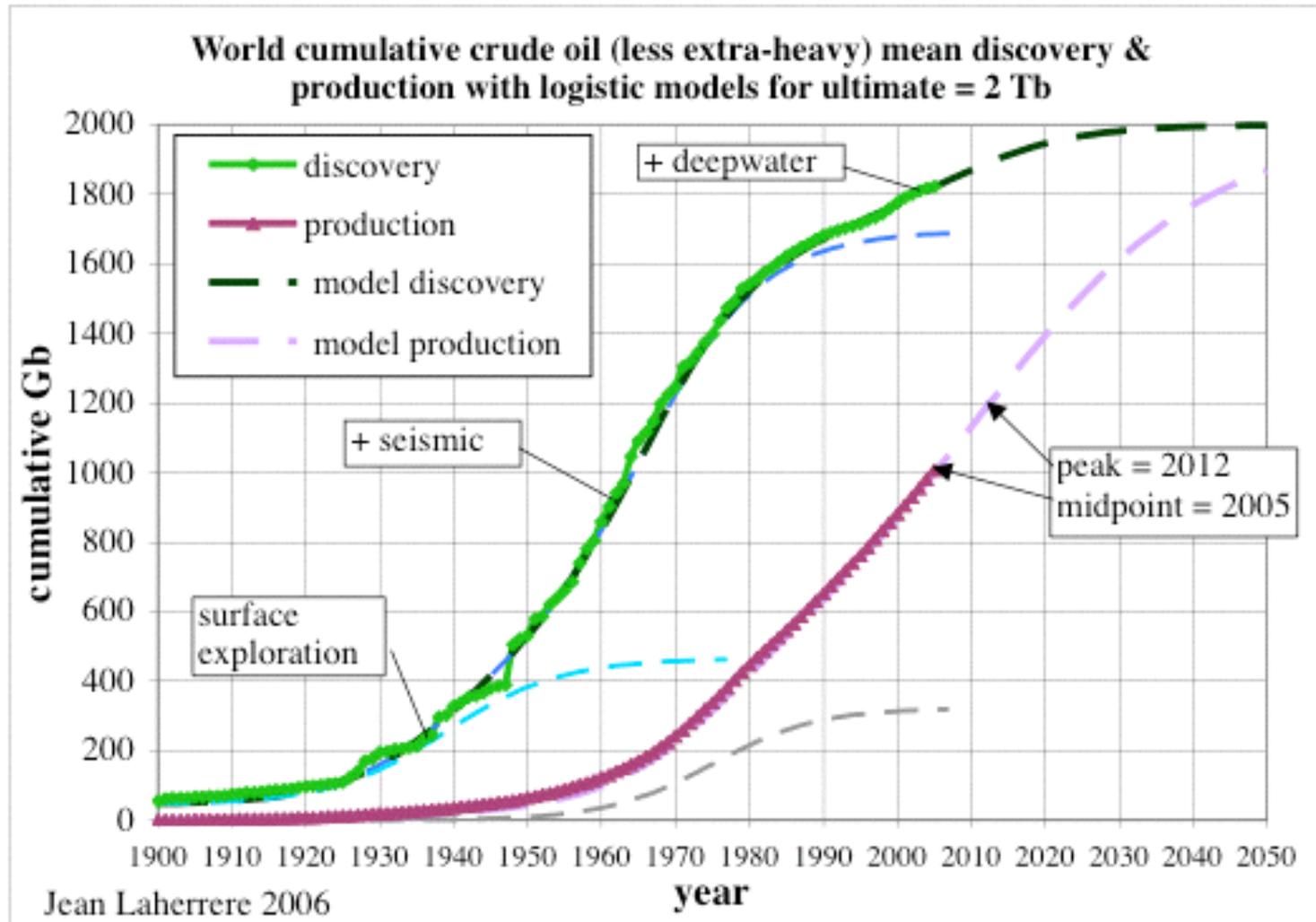


Chaque point represente un champ geant, mais le plus grand = Ghawar est plus de 300 fois plus grand que le plus petit.

L'hemisphere Sud contient moins de geants car moins de bassins sedimentaires

-Modélisation de la production future

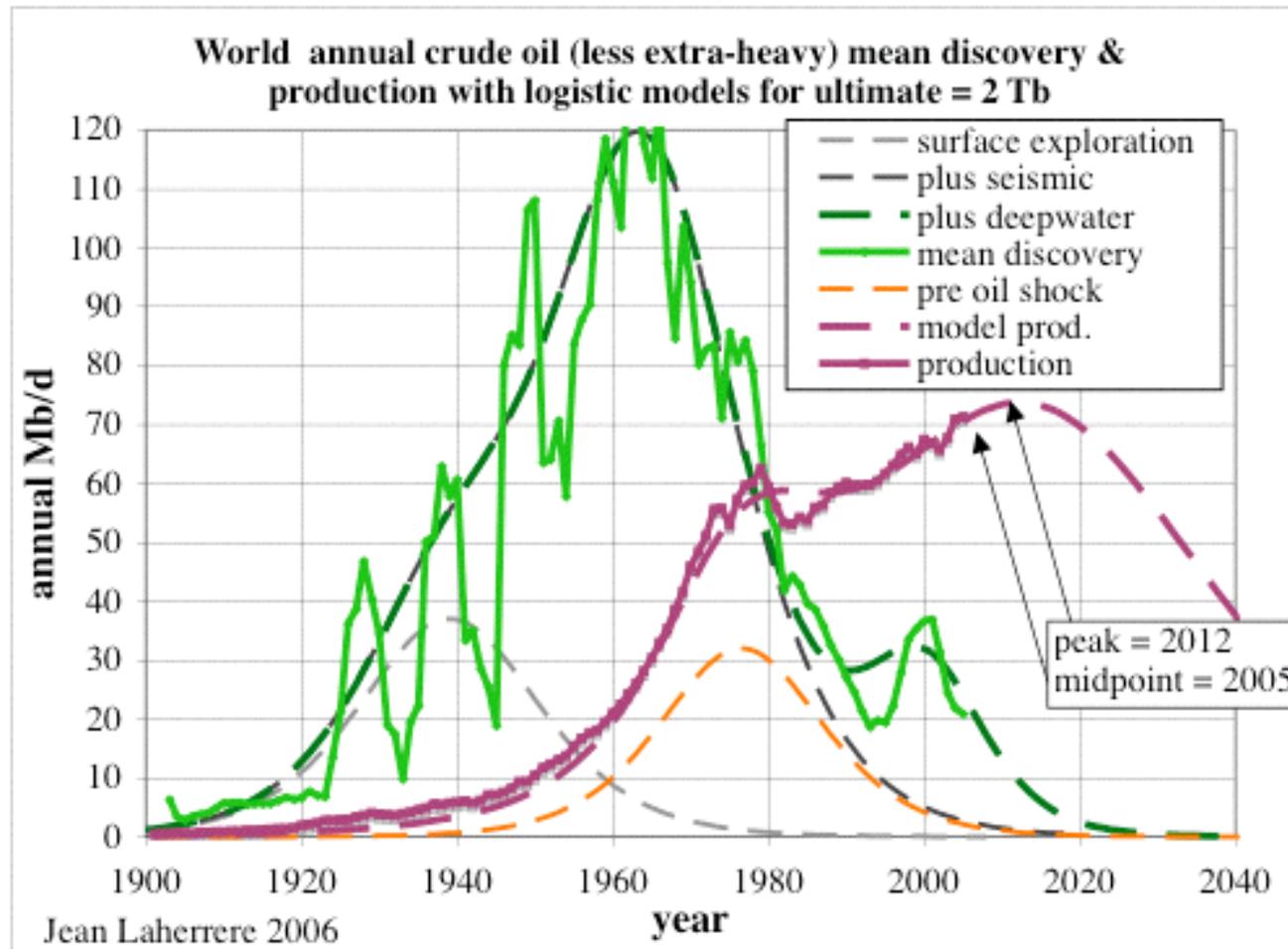
Figure 27: **Monde: brut moins extra-lourd**: découvertes moyennes **cumulees** et production cumulee avec modeles logistiques (courbe en S) pour **U = 2000 Gb = 2 Tb**



Il y a plusieurs cycles et le pic ne coïncide pas au point milieu.

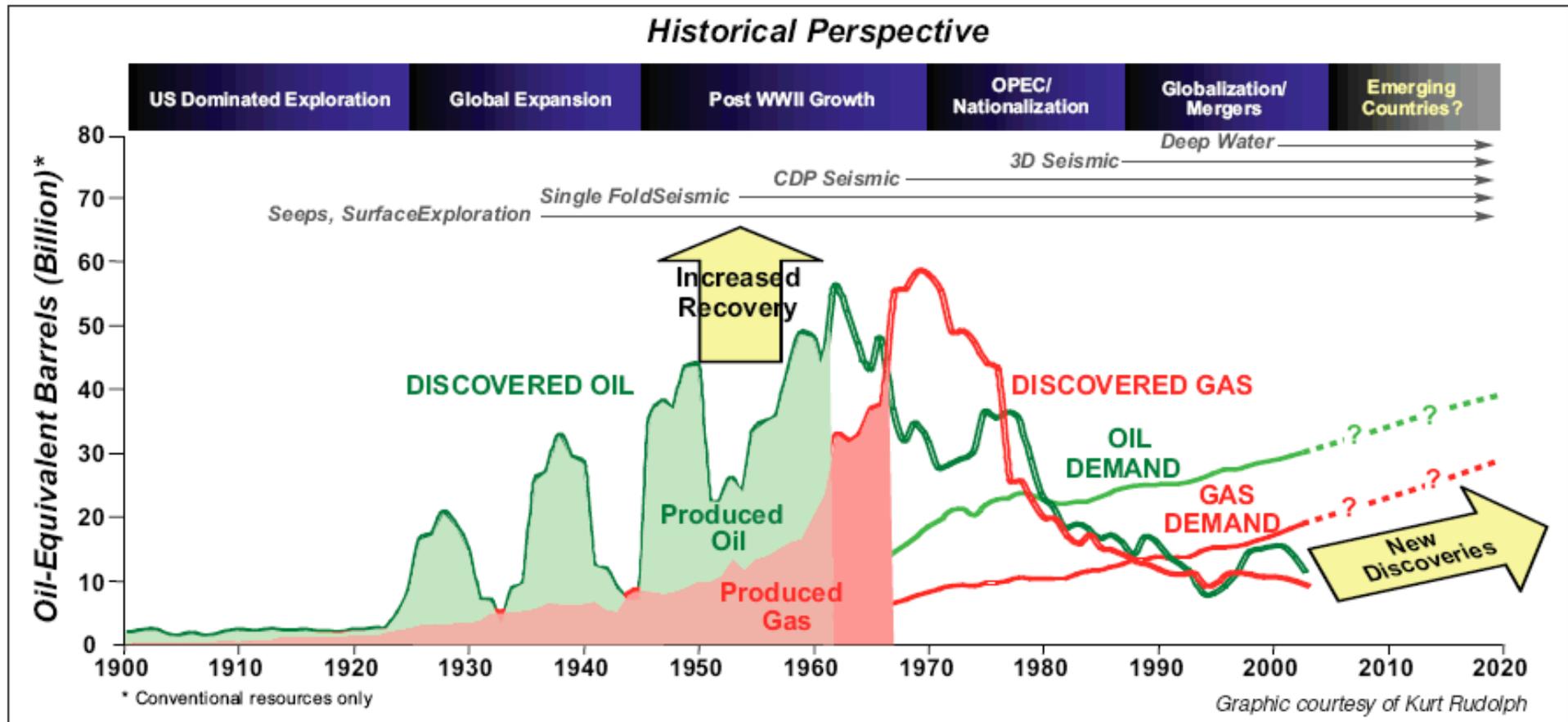
Meme elements, mais annuel.

Figure 28: **Monde: brut moins extra-lourd**: decouvertes et production **annuelles** avec modeles logistiques pour $U = 2000 \text{ Gb} = 2 \text{ T}$ (sans contrainte de la demande ou des investissements)



Avec plusieurs cycles, le pic du brut serait en 2012 alors que le point milieu est 2005!

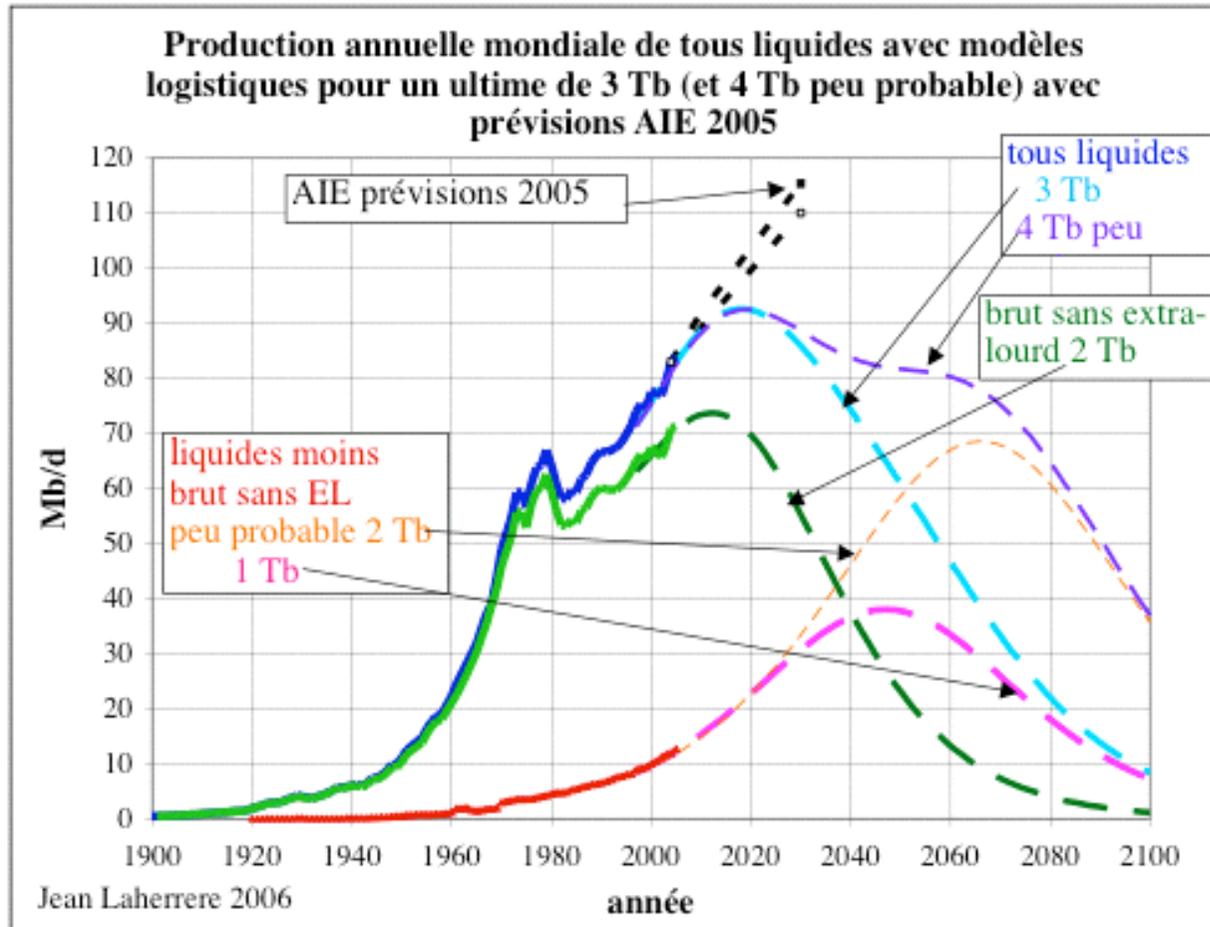
Figure 29: **decouverte et production annuelle mondiale de petrole et de gaz conventionnel d'après Exxon-Mobil** (Kurt Rudolph AAPG Explorer March 2007)



Exxon n'envisage aucun pic avant 2030, mais depuis 1980 la production dépasse de loin les découvertes et les découvertes futures souhaitées en hausse (?) ne peuvent compenser! L'huile non-conventionnelle demande des délais importants (probleme main d'oeuvre et logistique Athabasca). Le temps est sous-estimé = loi de Mc Namara = multiplier par e (≈ 3). On ne peut faire un bébé en un mois avec neuf femmes!

Mais la demande d'huile est publiée pour tous les liquides et les prévisions d'offre doivent être estimées pour la satisfaire et comprendre tous les **liquides, même les biocarburants BTL et les liquides de charbon**

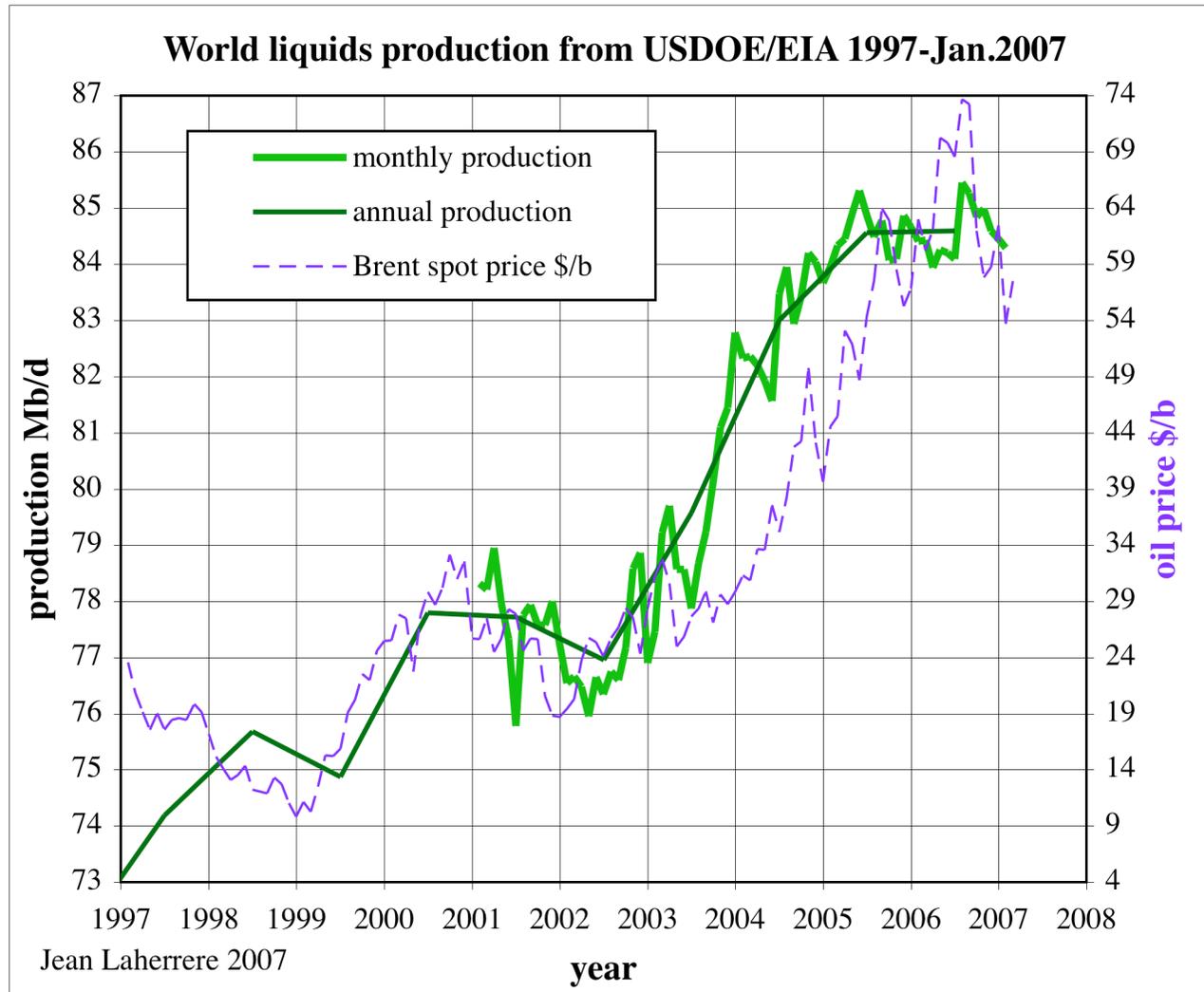
Figure 30: **production** mondiale de **tous liquides** 1900-2100 (sans contrainte de la demande et des investissements) pour les ultimes de **3 Tb & 4 Tb** (peu probable)



L'huile chère (rouge) doublée ne change pas le pic mais la pente du déclin, car délai important. Ce pic est ce que peut offrir l'offre sans contrainte de la demande et des investissements, mais il y aura probablement, non un pic, mais un **plateau en toile ondulée** avec des prix chaotiques.

Le ralentissement de la production depuis 20 mois laisse penser que **le plateau ondule peut être en train de commencer!** La corrélation production et prix peut être interprétée de façons différentes!

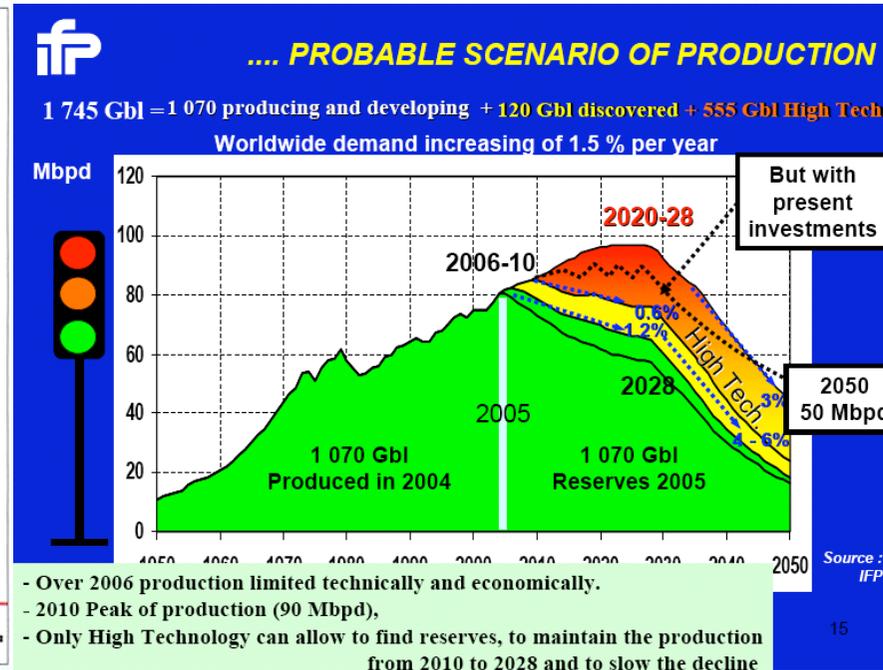
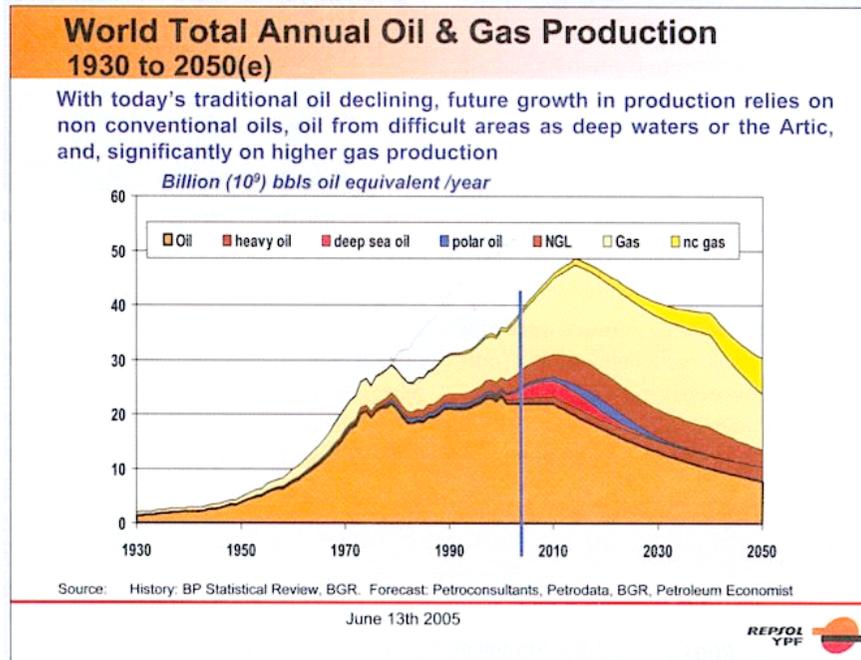
Figure 31: **production mondiale de tous liquides d'après USDOE/EIA 1997-janv.2007**



-Autres previsions de production mondiale de petrole

Figure 32: **production** mondiale de **petrole** et de gaz par **Repsol** = pic du petrole entre 2010 et 2015

Figure 33: **production** mondiale de **petrole** d'apres l'**IFP** pic 2010 sauf si High Tech

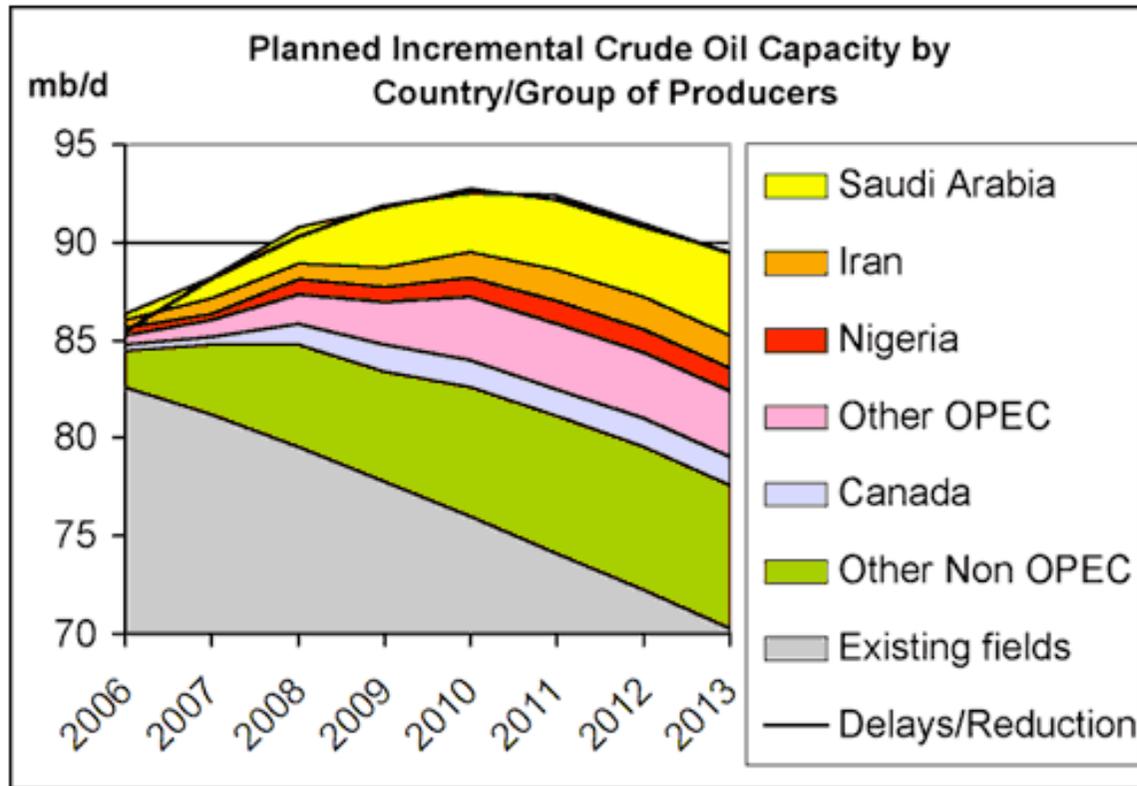


Le declin de l'IFP est plus fort que la montee contrairement aux previsions precedentes.

-Previsions d'apres les projets petroliers en cours

C.Skrebowski, editeur du Petroleum Review, magazine de l'Energy Institute a Londres, a recense tous les projets petroliers importants qui seront ajoutes a la production actuelle pour la decennie et apres plusieurs revisions, il estime que **le pic se produira en 2010-2011 a 92- 94 Mb/d.**

Figure 34: prevision Skrebowski d'apres les megaprojets avril 2006

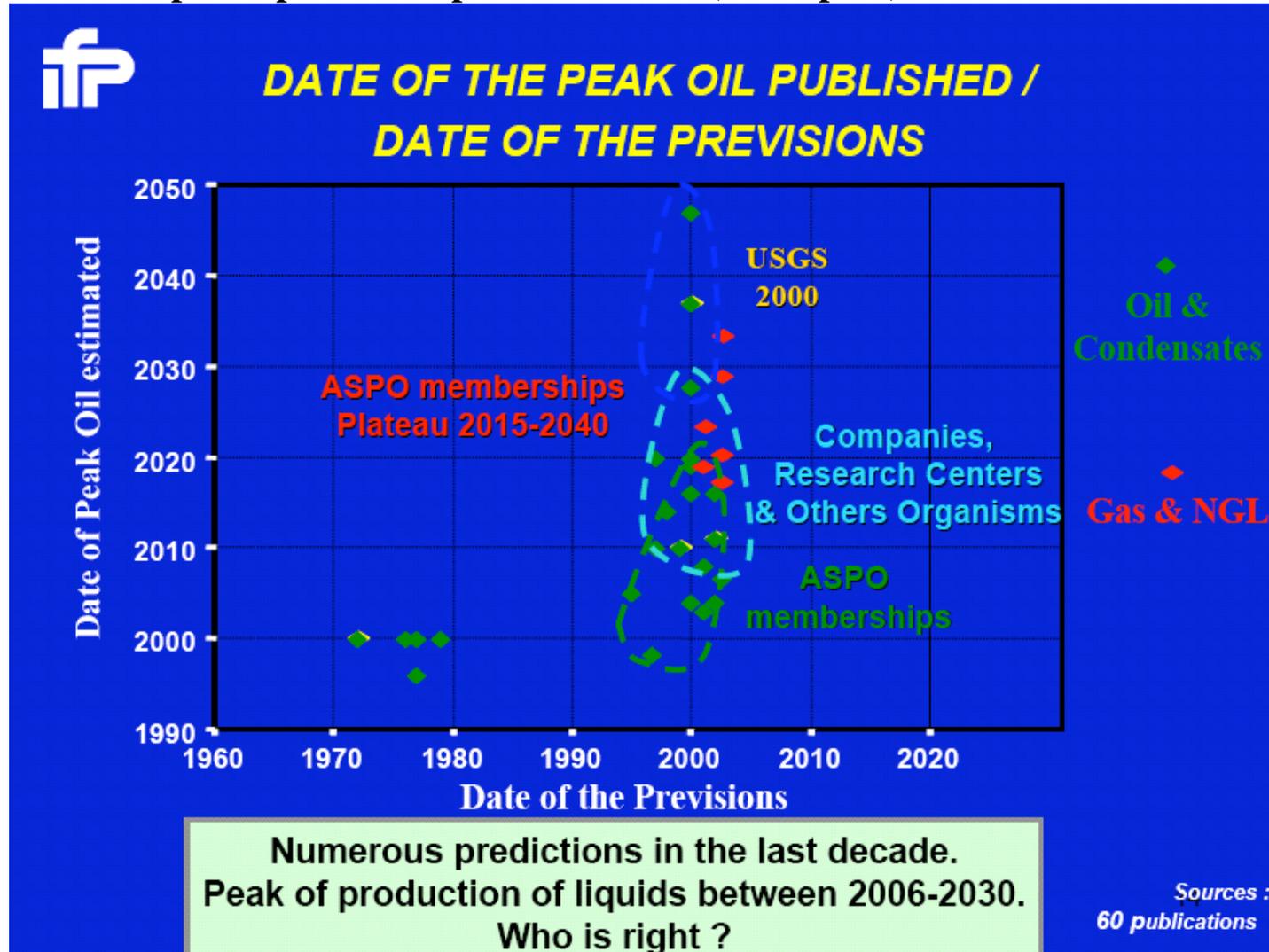


<http://www.durangobill.com/Rollover.html>

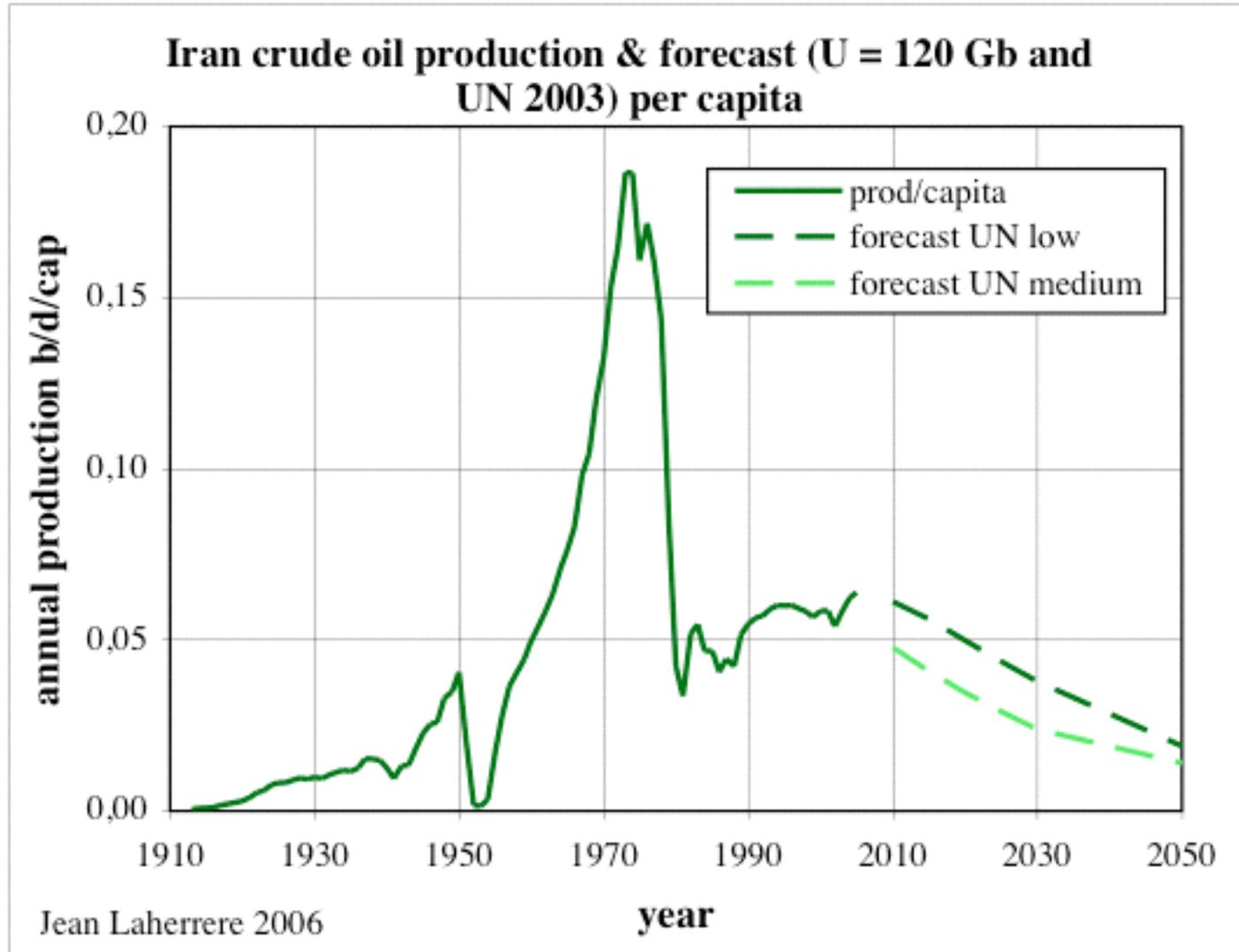
Cette prevision du pic est independante des estimations des reserves restantes et est donc plus fiable.

L'IFP a rassemble les dates de pic et montre que les previsions par les membres d'ASPO (ellipse en vert) recouvrent un bonne part des previsions des compagnies et centres de recherche (ellipse en bleu clair).

Figure 35: **date du pic de petrole d'apres l'IFP 2006 (Champlon)**



Les previsions de l'USGS (Geological Survey 2000) sont considerees hors normes! Et CERA est au dela!

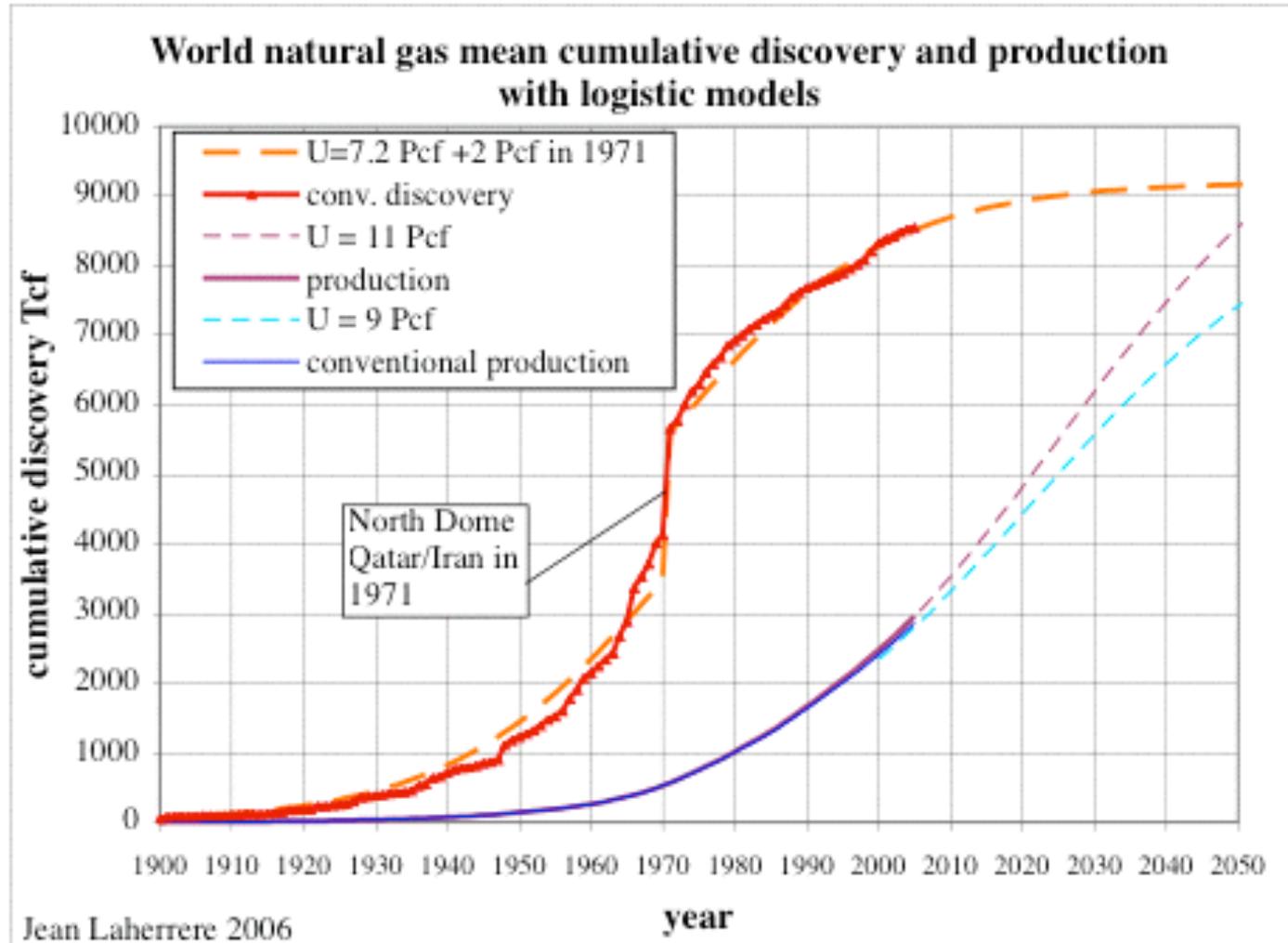
-IranFigure 36: Iran production de petrole [par habitant](#) 1910-2050

Les consommateurs Iraniens ont besoin de centrales nucleaires vite pour compenser la degradingolade du petrole

-Gaz

Comme pour le petrole les reserves restantes decroissent depuis 1990 pour les donnees techniques, mais augmentent depuis 1960 pour les donnees politiques dites prouvees.

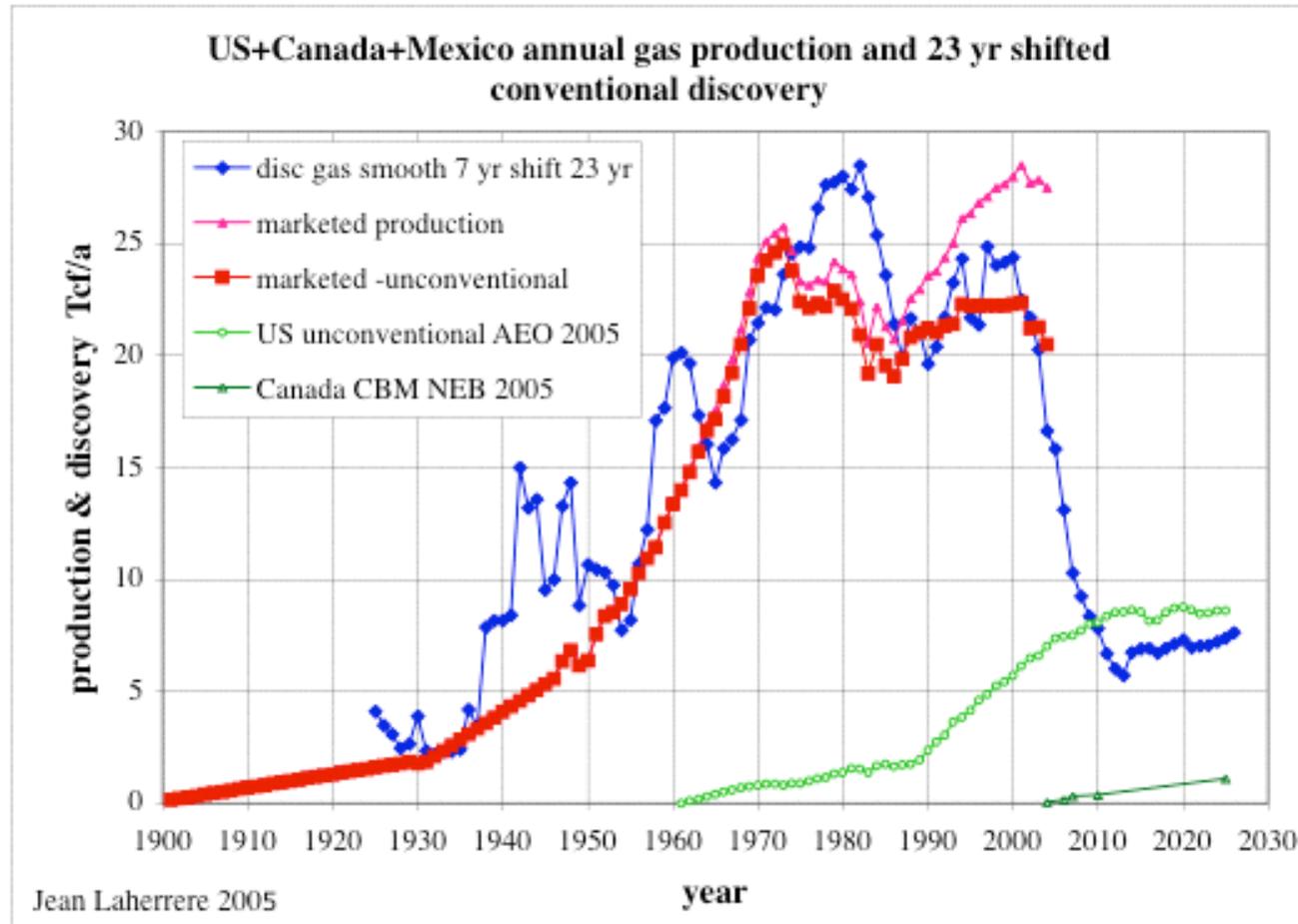
Figure 37: **Decouvertes mondiales cumulees de gaz et production avec modeles logistiques**



Le supergeant North Dome (Qatar et Iran) represente 15% de l'Ultime, alors que Ghawar ne fait que 7%.

Comme le gaz coute 10 fois plus cher a transporter que le petrole
 il y a **4 marches de gaz**: Amerique du Nord, Europe et Asie Pacifique, et Amerique du Sud.
 La penurie du gaz va se produire en Amerique du Nord plus tot que celle du petrole

Figure 38: **US + Canada + Mexico: production de gaz conventionnel et decouverte decalée de 23 ans: 1900-2030**

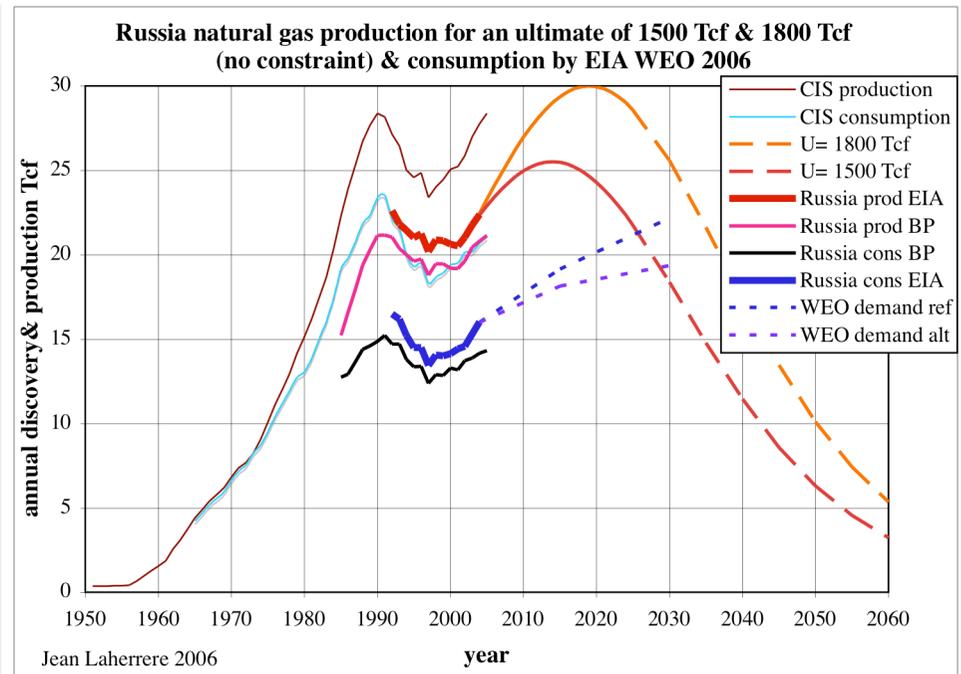
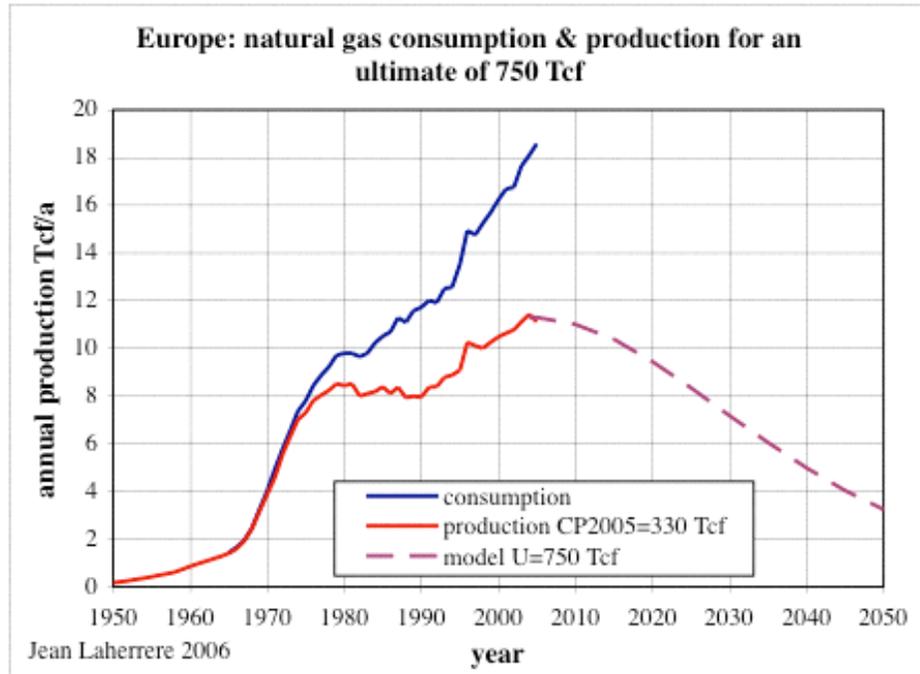


La production de gaz conventionnel decline et les previsions de non-conventionnel plafonnent aux US en 2010.

La production de gaz en Europe est au pic.

Figure 39: Europe: natural gas consumption & production for an ultimate of 750 Tcf: 1930-2050

Figure 40: Russia gas production for ultimates 1500 & 1800 Tcf (no constraint) & consumption by EIA



Mais l'Europe compte trop sur le gaz russe, qui est surestime (la classification russe prend la recuperation theorique maximum = 3P et cela se voit sur la distribution des taux de recuperation comparee au reste du monde).

En 2020 l'ex-URSS ne pourra exporter que <10 Tcf et la Russie veut vendre aussi du gaz vers l'Amerique et l'Asie, elle ne pourra pas satisfaire tout le monde. Kiriyenko a declare que la Russie aurait epuise ses reserves de charbon et de gaz dans 50 ans et va augmenter le nombre de centrales nucleaires.

-Pic du charbon

L'estimation des reserves de charbon est beaucoup plus difficile que pour le petrole ou le gaz ou la baisse de pression annonce les problemes, car le charbon est solide! La seule agence qui donne un inventaire mondial et periodique des ressources est le BGR **Bureau de Geosciences** en Allemagne

BGR	reserves			resources		
Gtoe at end	1997	2001	2005	1997	2001	2005
hard coal	340	421	437	3503	2474	2489
soft brown coal	50	47	49	760	291	242
Total coal	389	467	487	4262	2765	2731

Figure 41: **production annuelle de charbon pour un ultime de 600 Gtoe 1850-2200**

Figure 42: **production annuelle de charbon 1950-2100 d'apres Zittel et al EWG 2007**

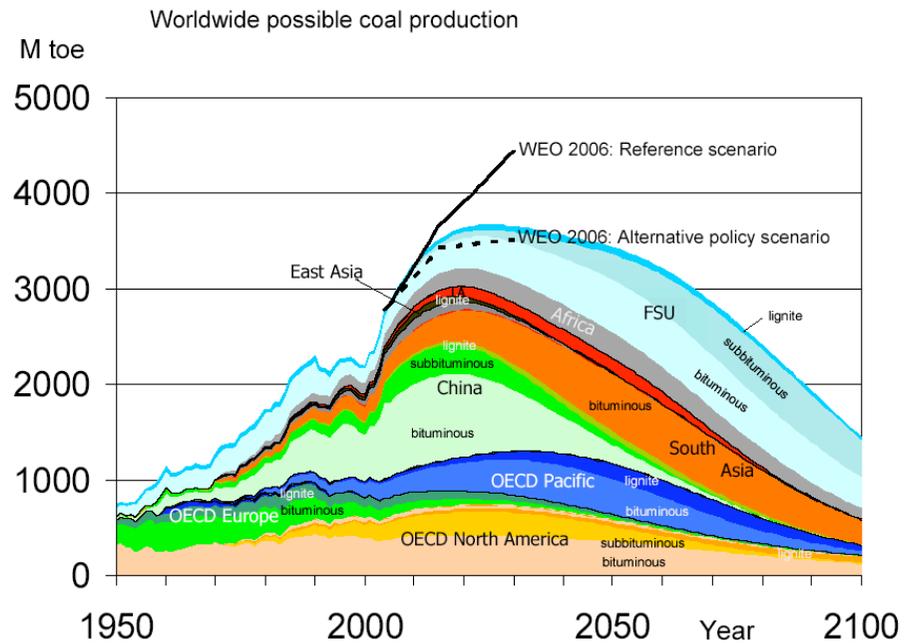
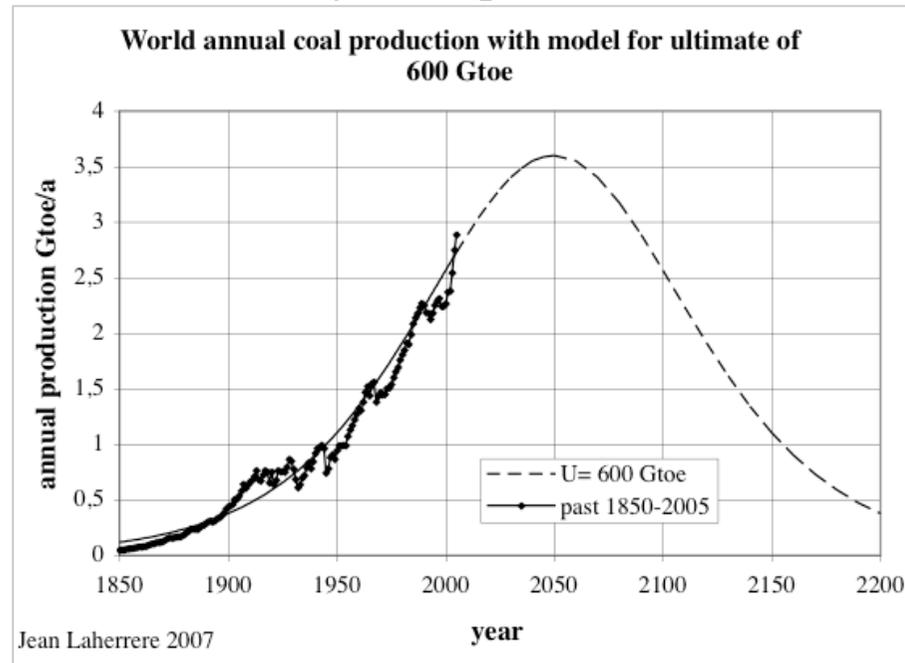


Figure 43: BGR: **Reserves restantes de combustibles fossiles en 2005 pour les pays les plus dotes en Gtce**
(tonne equivalent charbon)

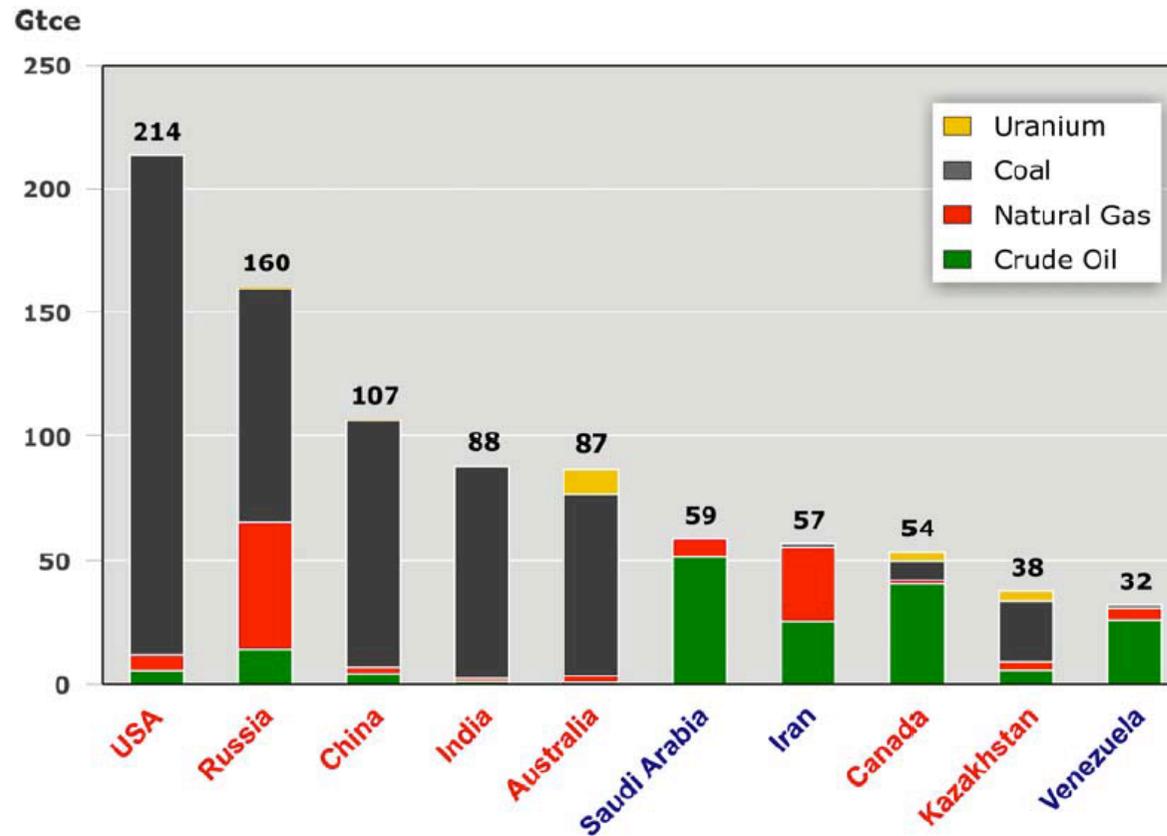
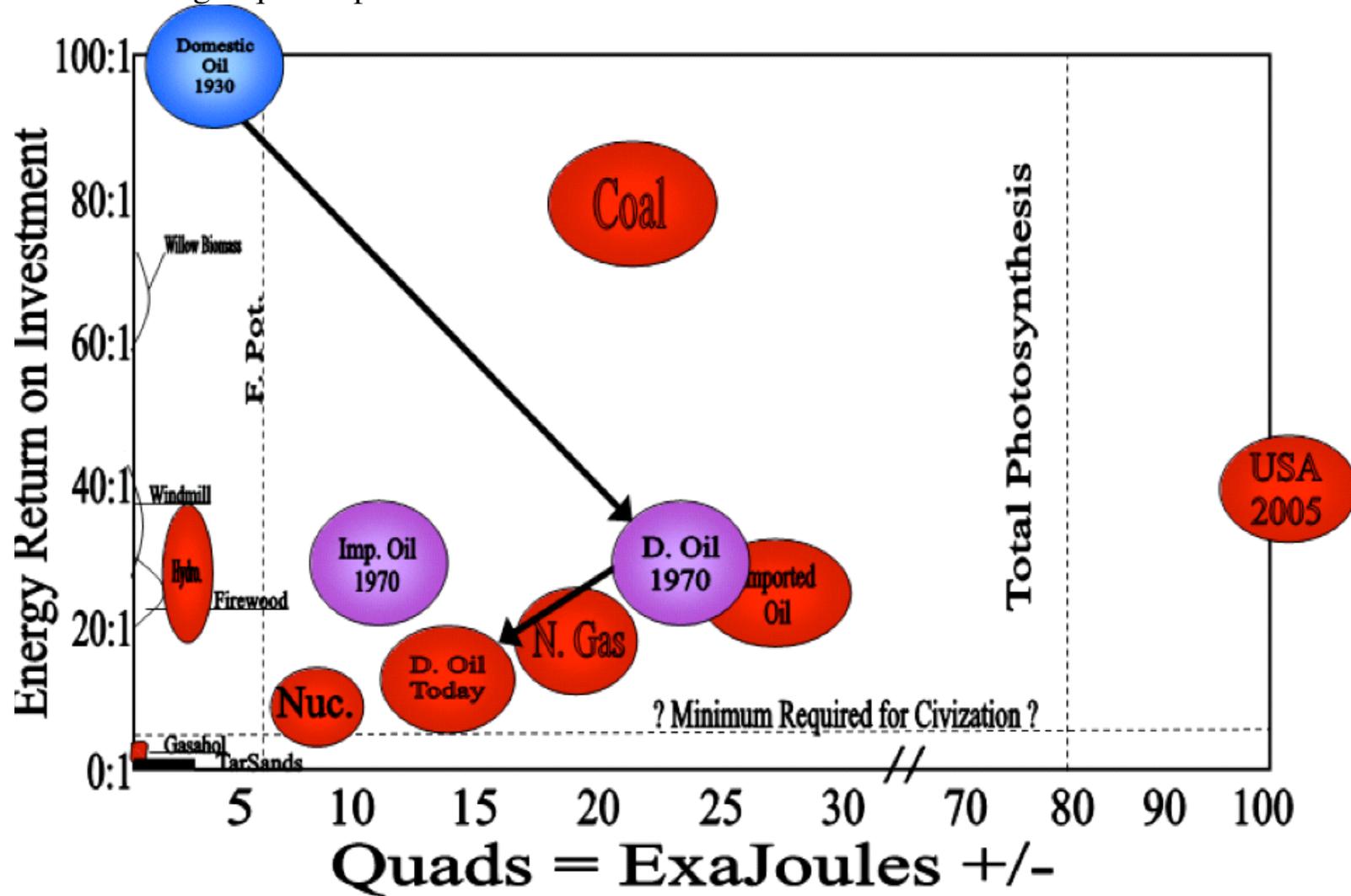


Fig. 7: Top ten countries with regard to reserves of non-renewable fuels in 2005
(OPEC countries are given in blue)

Les US sont le Moyen-Orient du charbon!

-Rendement energetique = rapport de l'energie recuperee sur l'energie investie (EROI)

Figure 44: Bilan energetique d'apres C.Hall ASPO 2006



EROI Huile US: 100 en 1930, 30 en 1970, 10 aujourd'hui. Le pic est loin!

-Previsions des combustibles fossiles

La production de combustibles fossiles peut être modélisée (sauf contrainte de la demande) avec les ultimes suivants, donnant les pics de production

-huile 400 Gtep 2015 -gaz 300 Gtep 2030 -charbon 600 Gtep 2050

Figure 45: **Production mondiale annuelle de charbon, pétrole et gaz & population 1800-2200**

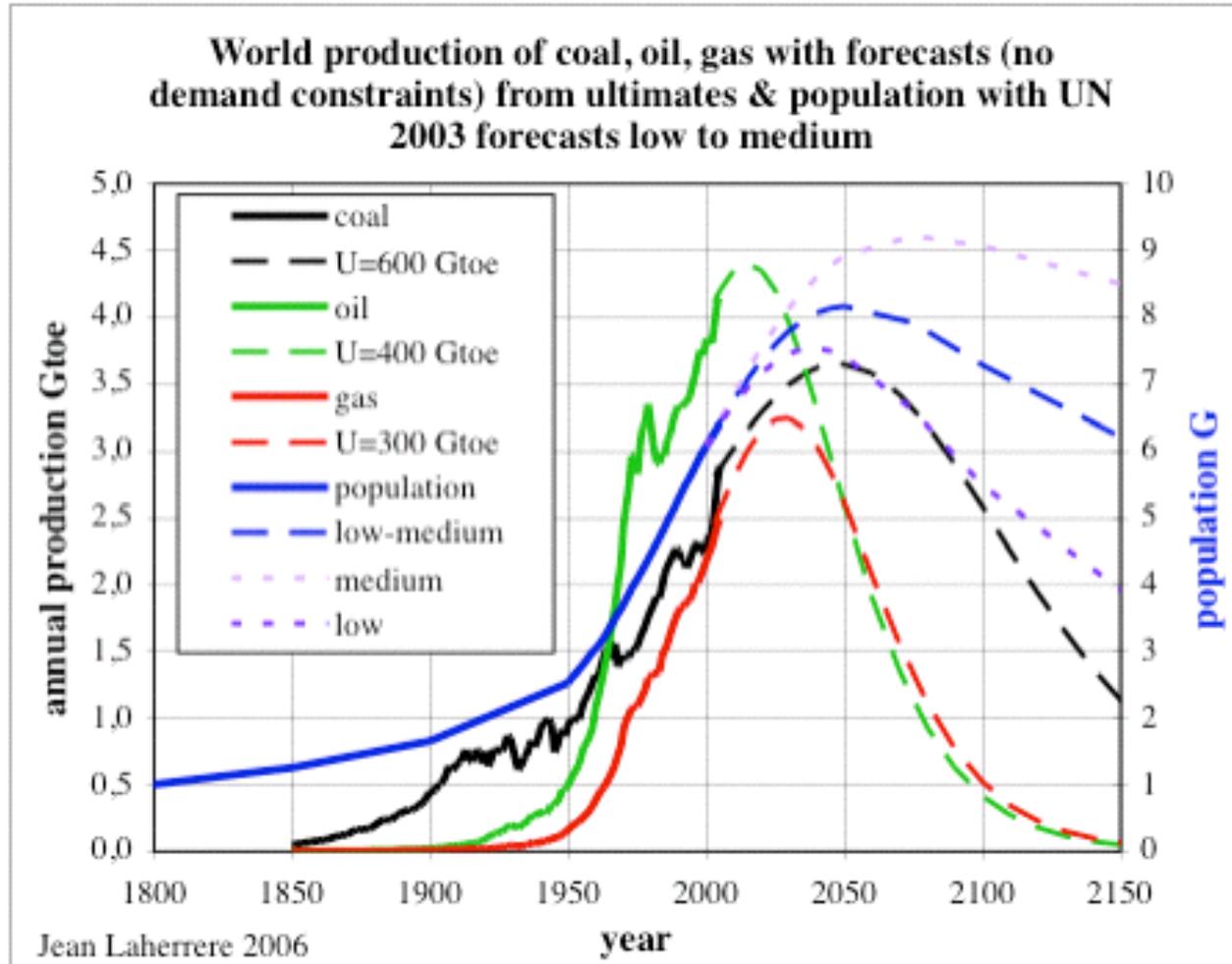
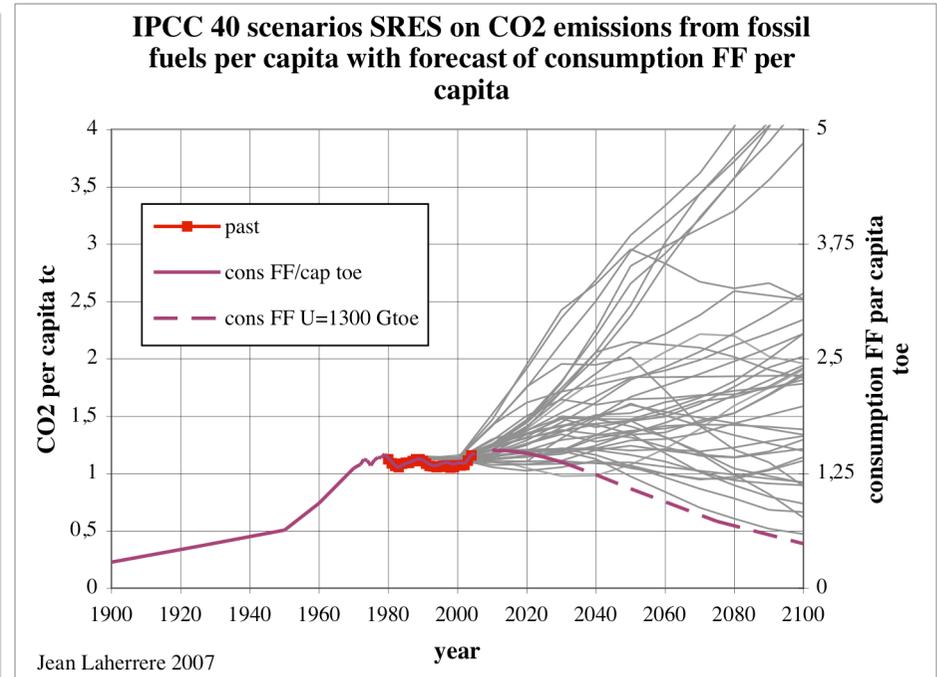
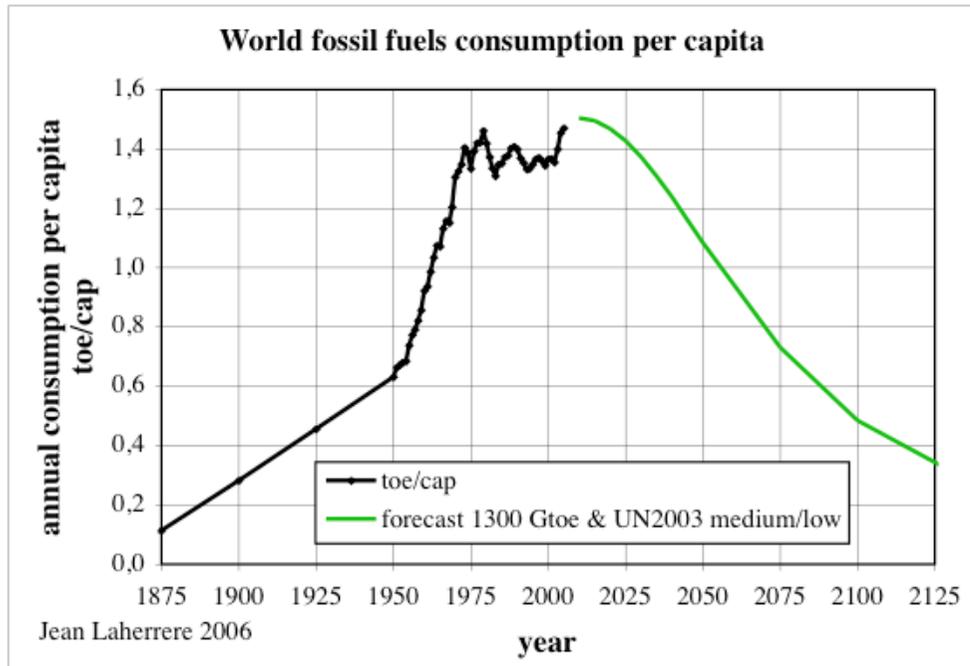


Figure 46: **consommation mondiale annuelle de combustibles fossiles par habitant 1875-2125**

Figure 47: scenarios du GIEC emissions CO2 par habitant des combustibles fossiles avec prevision consommation U=1300 Gtep



Il y aura un plateau de 1975 a 2025 a 1,4 tep par habitant, mais ensuite declin de 1,4 %/a.

Les scenarios GIEC d'emission par habitant de CO2 des combustibles fossiles sont tres superieurs aux previsions a partir des donnees techniques.

J'avais predit en 2006 que le rapport GIEC 2007 qui utilise les memes scenarios energetiques irrealistes de 2001 allait donc donner les memes resultats, puisqu'un modele ne peut transformer de mauvaises hypotheses en resultats valables!

GIGO = garbage in, garbage out

-Production mondiale de biocarburants

Les biocarburants ne font que 0,7 Mb/d en 2005, soit moins de 1% de la production mondiale de liquides. Le biodiesel fait moins d'un dixieme du bioethanol!

Figure 48: Production mondiale de biocarburants 1980-2005

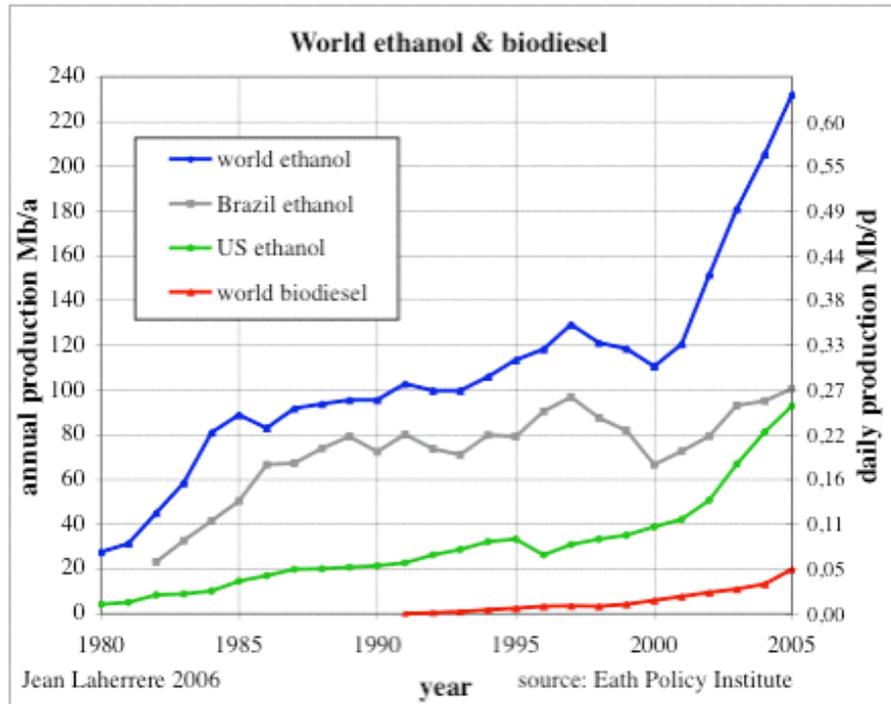
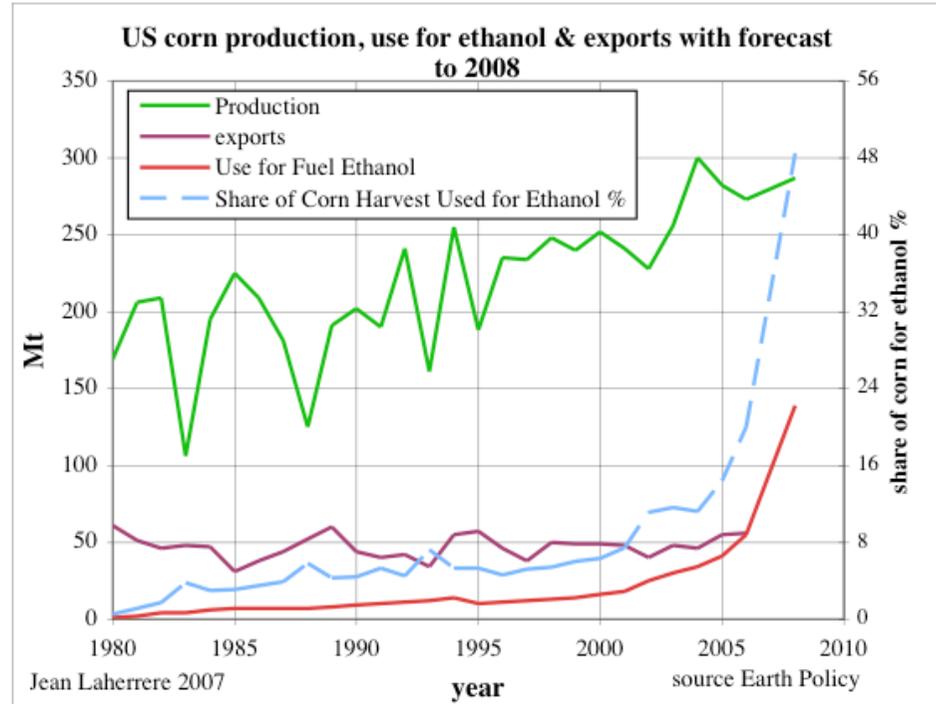


Figure 49: US production of corn and use for ethanol 1980-2008



L'EROI de l'éthanol à partir du maïs US est débattu depuis plus de 10 ans entre universitaires Pimentel and Patzek qui prétendent 0,7 et l'USDA qui prétend 1,3 (présence ou non de résidus). Même débat pour l'éthanol français (La Recherche Mai 2007 les biocarburants ne sont pas si verts) entre ADEME et Commission Européenne (JCR). Il est consternant que ce débat ne puisse être tranché une fois pour toute!

Les raffineries françaises sortent trop d'essence et doivent l'exporter (et importer du diesel de Russie!), il faut du biodiesel et non du bioéthanol!

L'agriculture transforme le petrole en nourriture! On veut faire le contraire!

En 1960 BP a Lavera transformait le petrole en proteines. Aujourd'hui la nourriture est transformee en ethanol et biodiesel ou brulee. Mais la revolution verte de l'agriculture consiste a convertir le petrole et le gaz (engrais, pesticide, irrigation) en nourriture = **correlation productivite agricole et consommation petrole**

Figure 50: consommation de petrole et productivite agricole 1970-2004

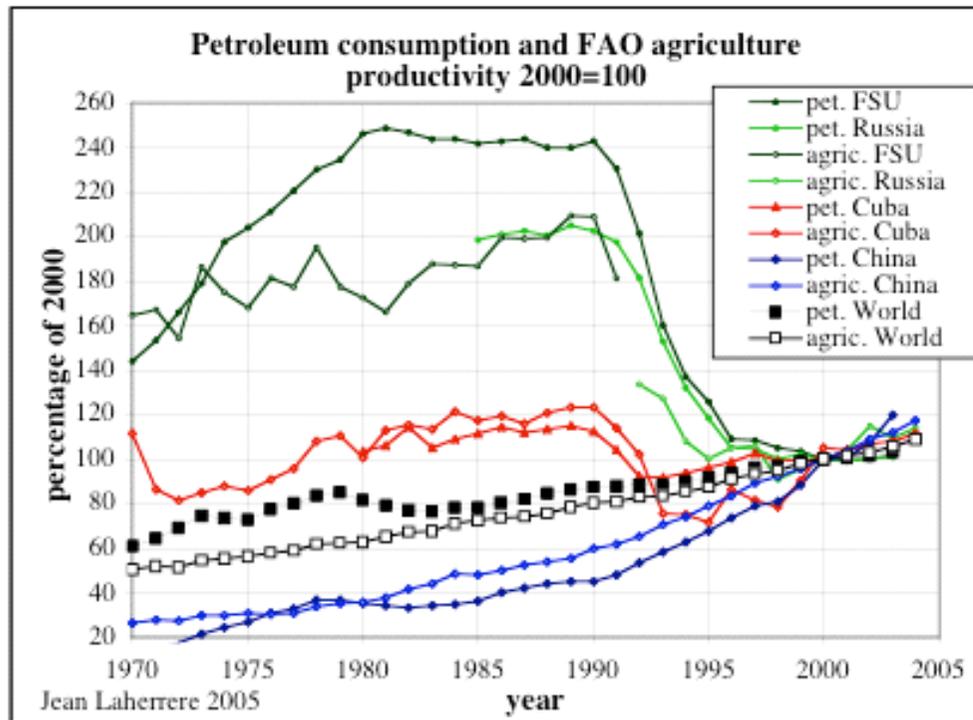
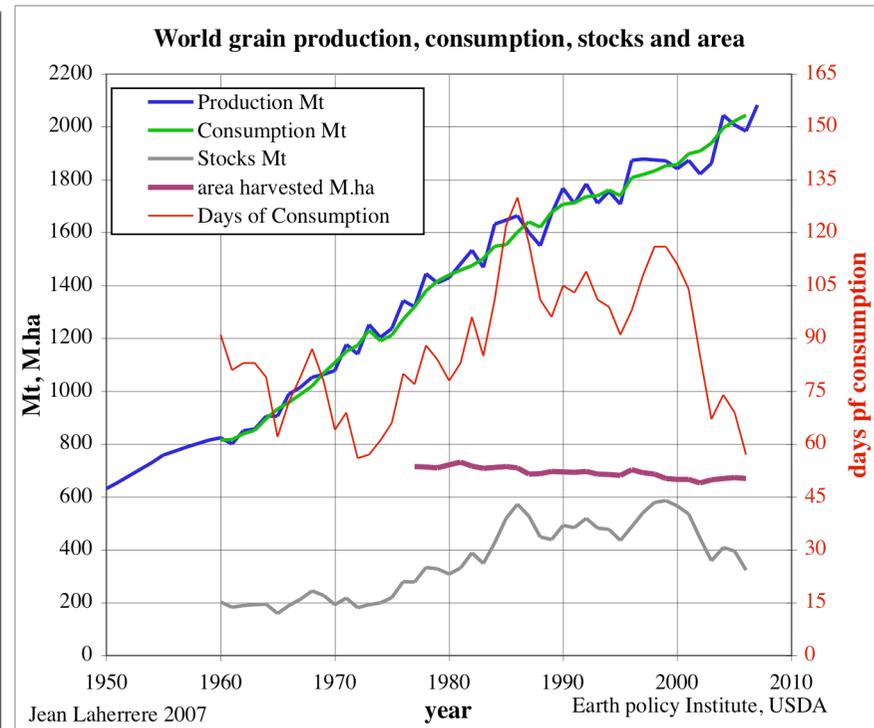


Figure 51: production mondiale de grain, consommation et stocks 1950-2006



Les stock de cereales sont passes de 120 jours en 1997 a 60 jours en 2006.

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

-Energie primaire

Figure 52: flux d'énergie en France en 2006 de primaire 273 Mtep (284 en 2005) a finale 177 Mtep (176)

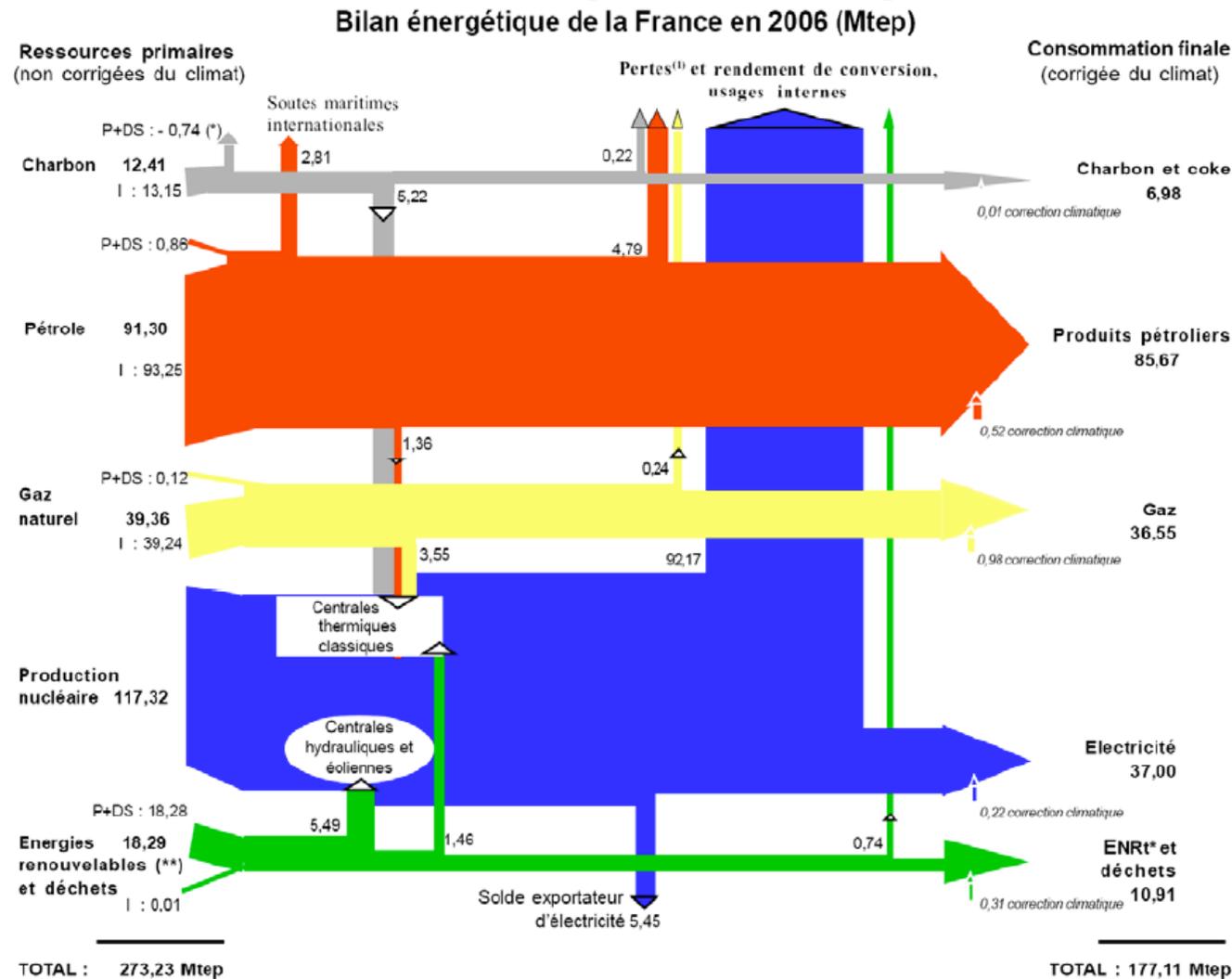


Figure 53: Flux d'énergie aux US en 2002: **54% de l'énergie est perdu!** (mais 61% en 2002)

Figure I-1. U.S. Energy Flow Trends in 2005 (units in quadrillion Btus)

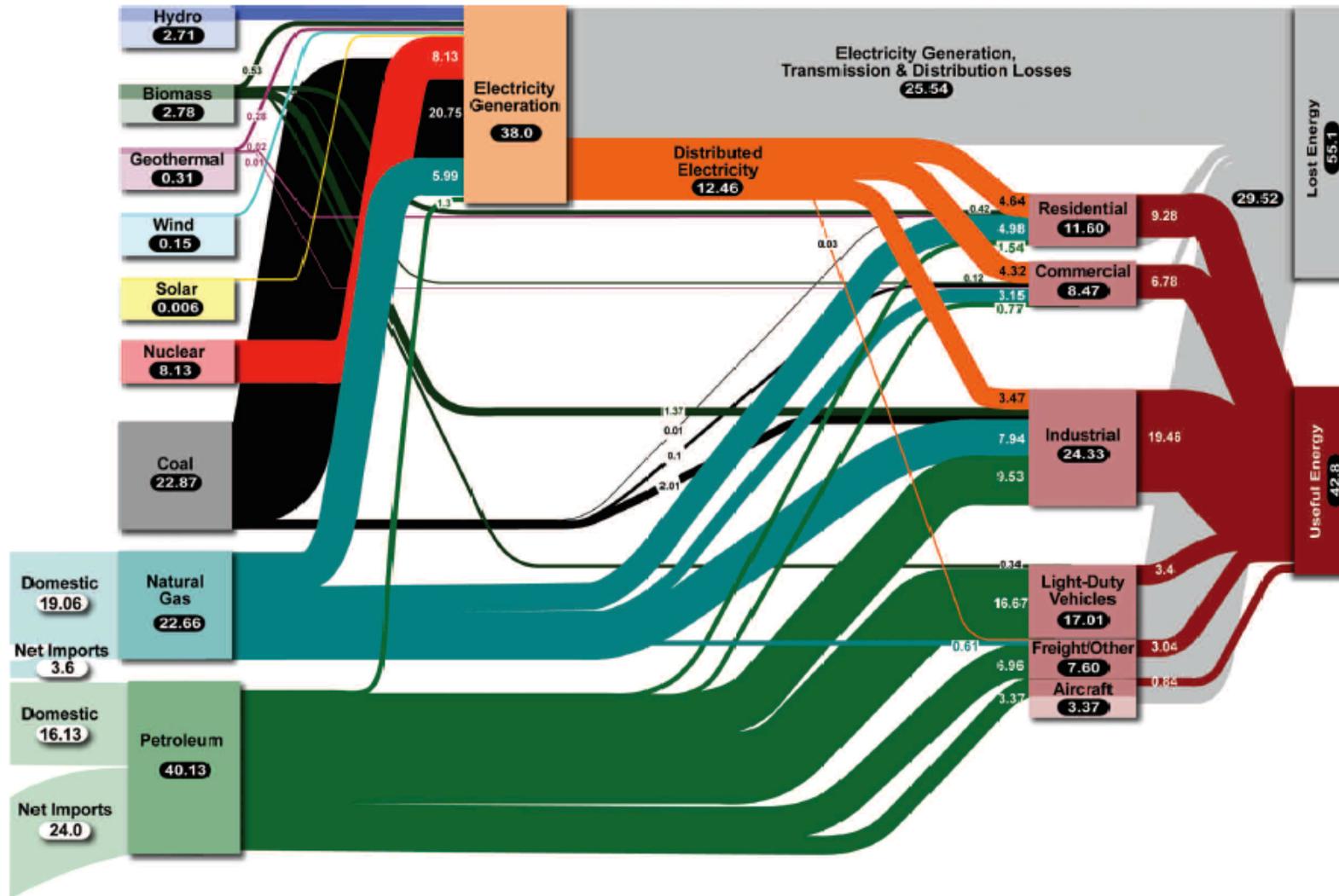
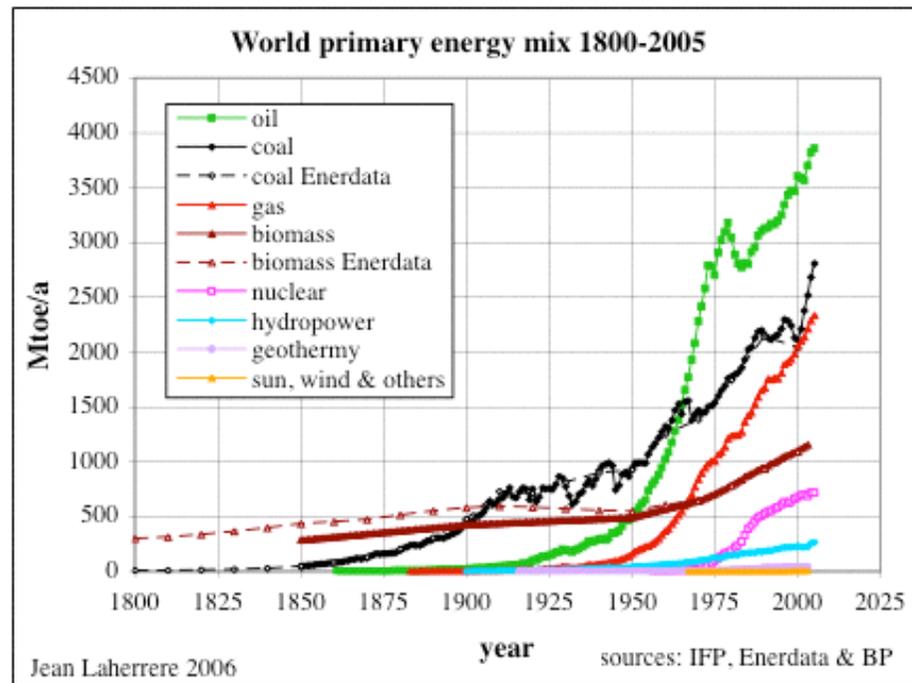
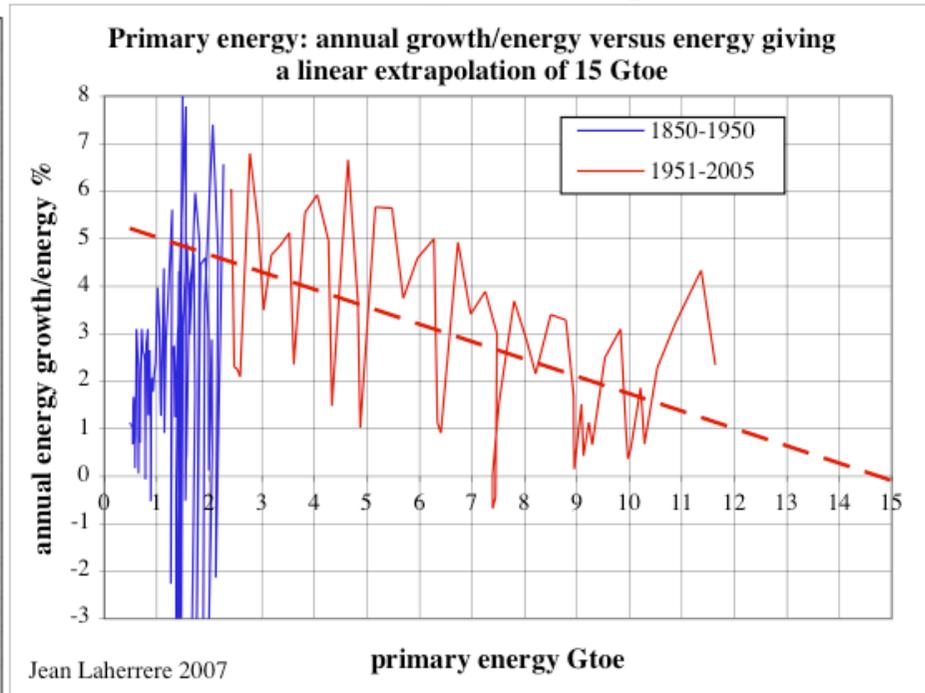
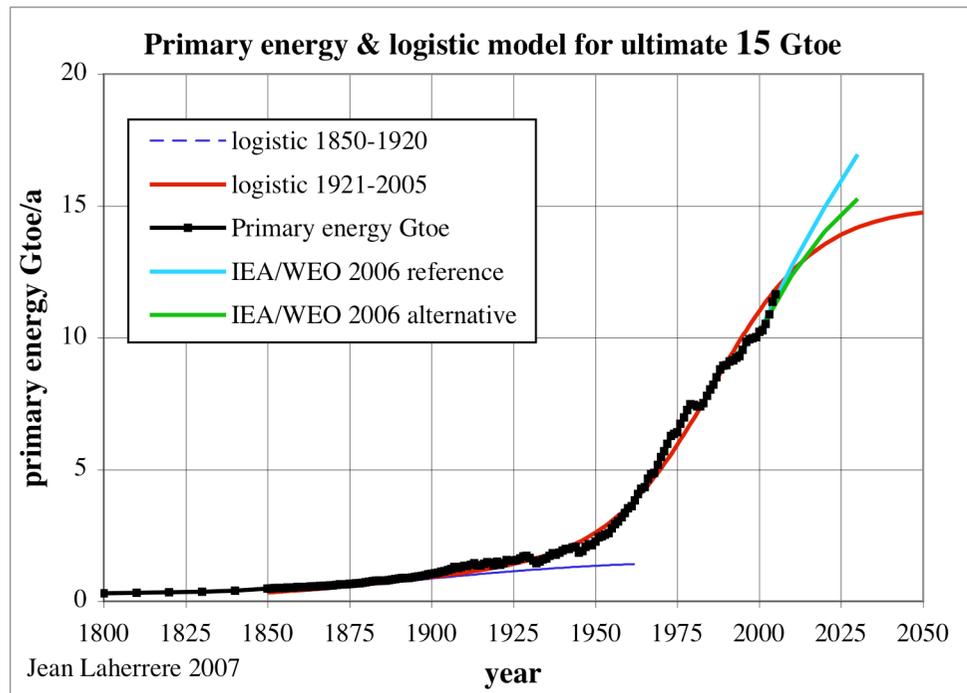
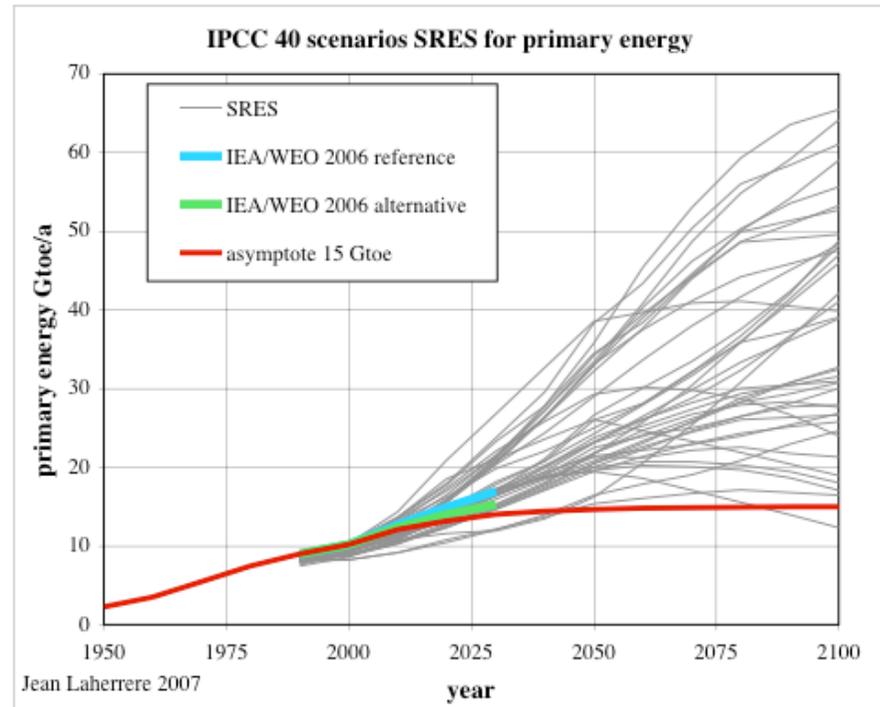


Figure 54: **Energie primaire mondiale 1850-2005**Figure 55: **croissance mondiale energie primaire en fonction de l'energie et extrapolation**

L'extrapolation lineaire de la croissance de l'energie primaire tend vers une asymptote de 15 Gtep..

L'energie non-commerciale n'est pas comptee ni l'energie musculaire (humains et animaux).

Le solaire et l'eolien sont negligiables et il faudra beaucoup de temps et d'argent pour etre significatifs!

Figure 56: **Energie primaire mondiale avec previsions officielles et asymptote 15 Gtep 1800-2100**Figure 57: **scenarios GIEC d'energie primaire 1990-2100**

Convexite vers le haut jusqu'au choc petrolier, vers le bas ensuite, on va vers une asymptote (limites des ressources et de la population) de 15 Gtep.

Le scenario **AIE 2006 reference** (BAU = bleu clair) est decrit en 2007 par Cl. **Mandil** (Patron AIE) comme **irrealiste, insoutenable, inaccessible!** Le scenario **alternative** (vert) n'est pas loin du mien (rouge)

Les scenarios GIEC (qui devaient etre du brain storming elabore par IIASA) sont pris a la lettre (rapport 2007), bien qu'irrealistes (ma presentation IIASA 2001). A.Zichichi (prof en retraite), president World Federation of Scientists, conference climat Vatican 27 avril 2007, juge que les modeles etaient *incoherents et invalides*, concluant que l'activite humaine n'etait sans doute pas a blamer! Le pic du GIEC serait-il 2007?

-Prix

Le prix de l'huile de baleine en dollar d'aujourd'hui etait de 2000 \$/b en 1845,
 Figure 58: prix de l'huile de baleine et du brut en dollar et euro 2004 **1860-2004**

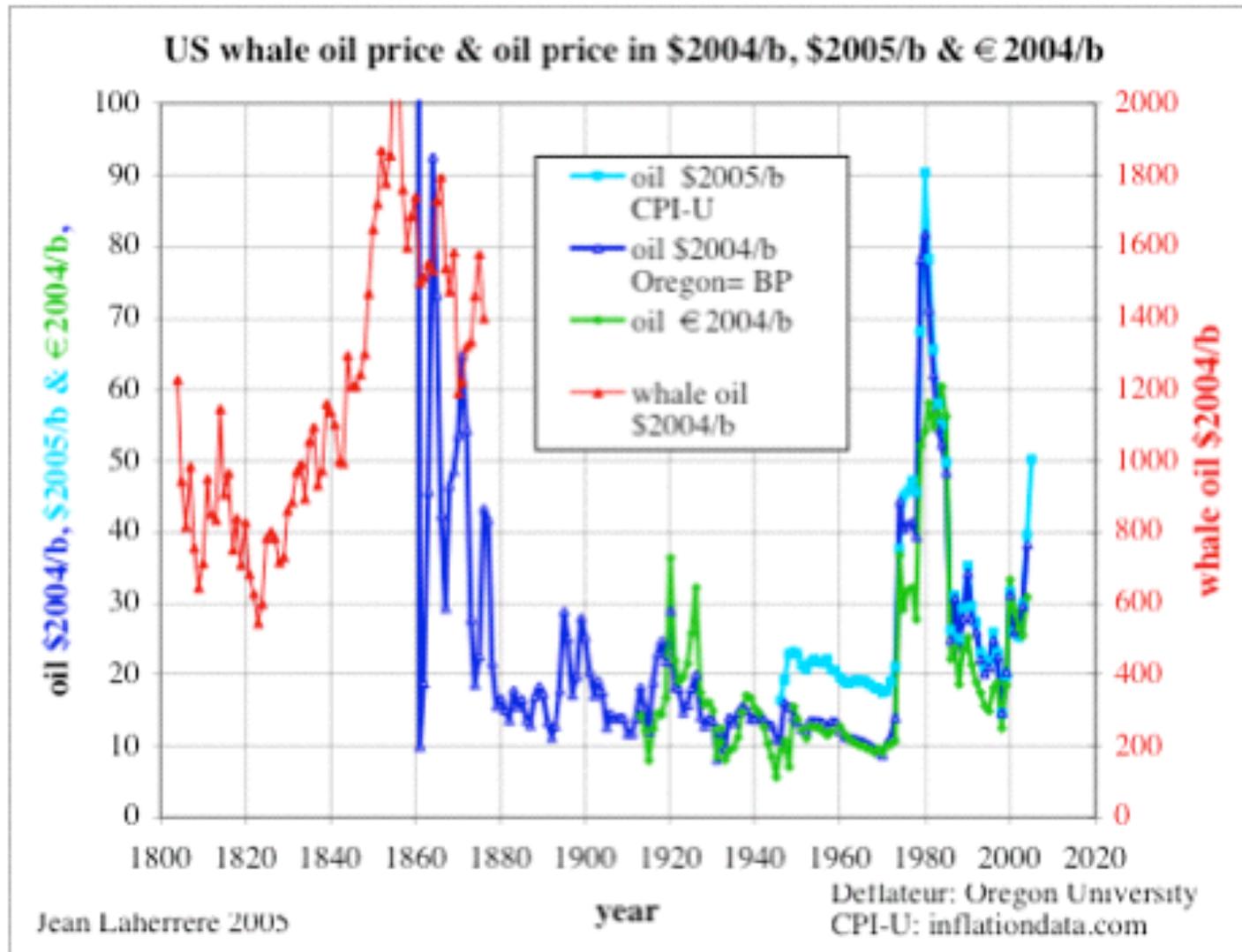
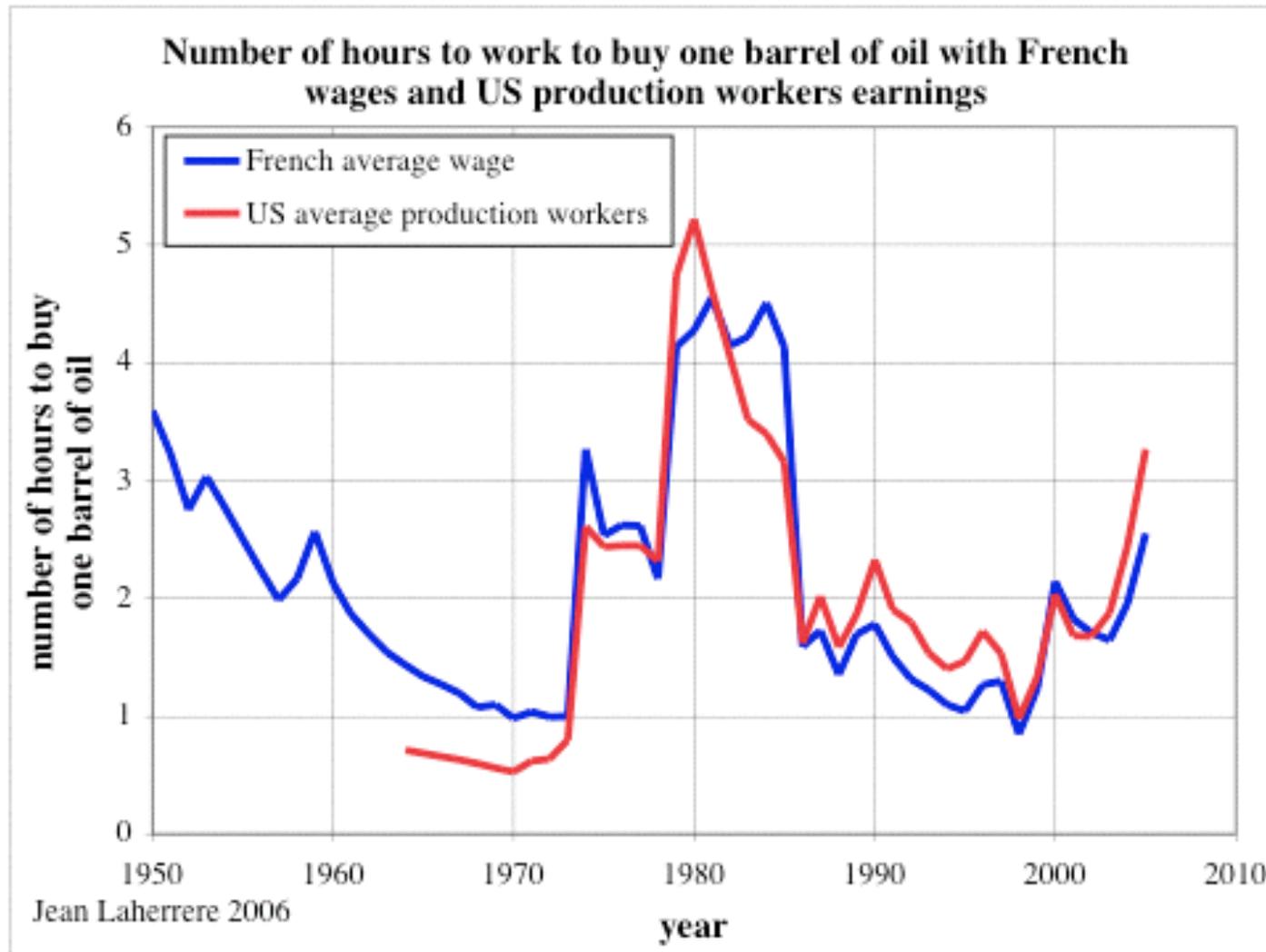


Figure 59: **Nombre d'heures de travail pour acheter un baril de petrole 1950-2005**



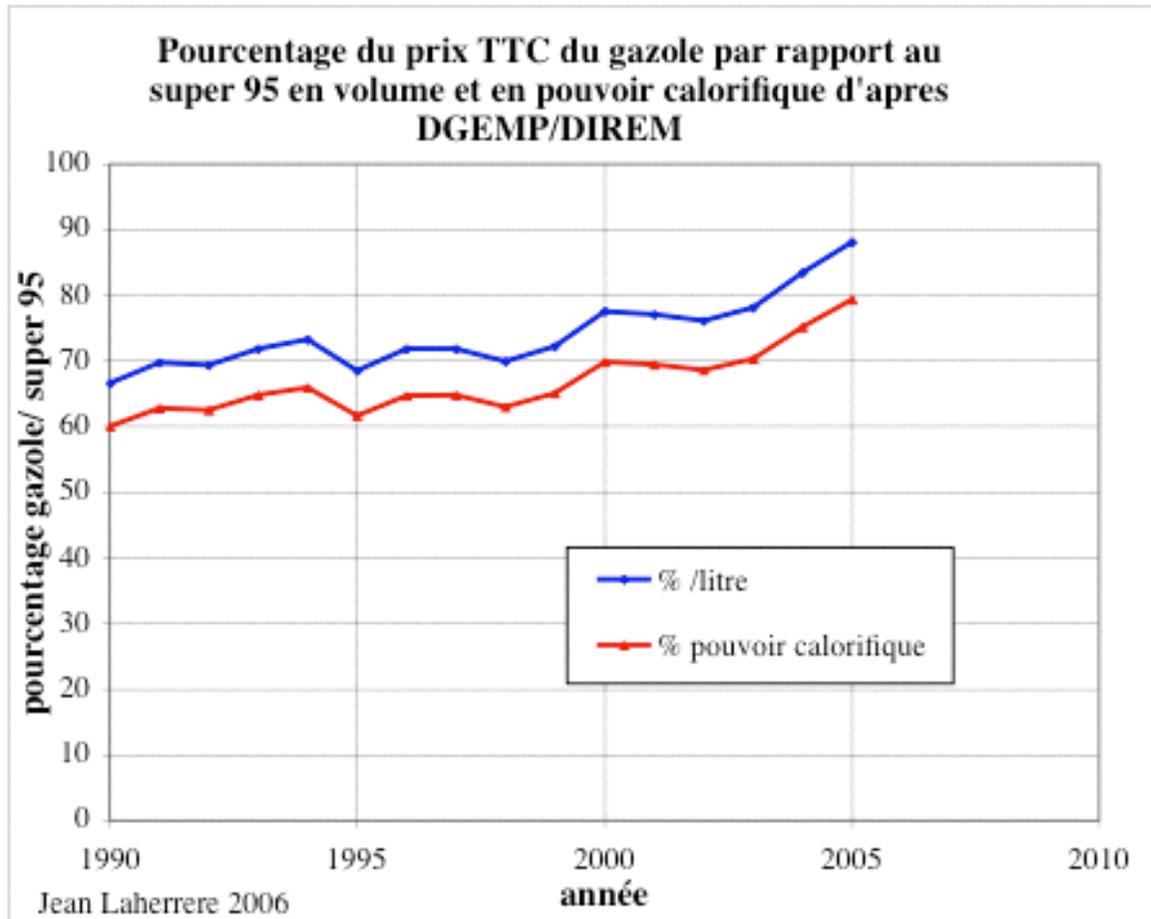
Le salaire horaire est tres comparable entre Francais et Americains, mais l'Americain peut s'acheter plus de barils car il travaille 2000 heures alors que le Français travaille moins de 1600 heures

-Cas de la France

-Prix du gazole (diesel) et de l'essence en France

Le gazole est plus de 10% plus calorifique que l'Euro-super, c'est pour cela qu'une voiture diesel consomme moins.

Figure 60: Pourcentage du prix du gazole par rapport au super 95 en volume et pouvoir calorifique



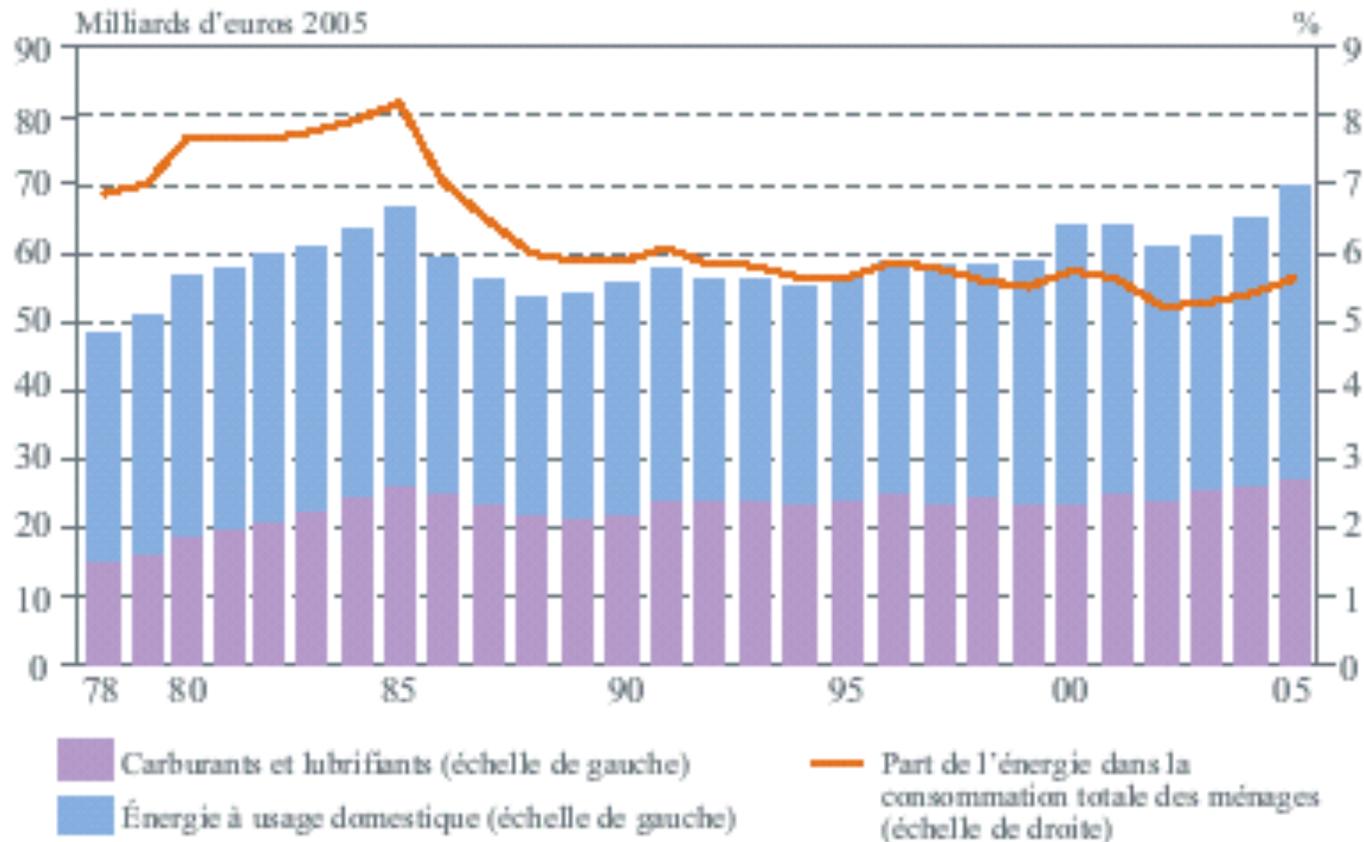
En 1990 le gazole était 40% moins cher, en 2005 il est 20% moins cher en pouvoir calorifique!

En Suisse le litre de gazole est vendu plus cher que celui d'essence !

-prix de l'énergie

Figure 61: France: Consommation d'énergie en euros et part des menages en % *DGEMP*

Consommation d'énergie et part dans la consommation totale des ménages

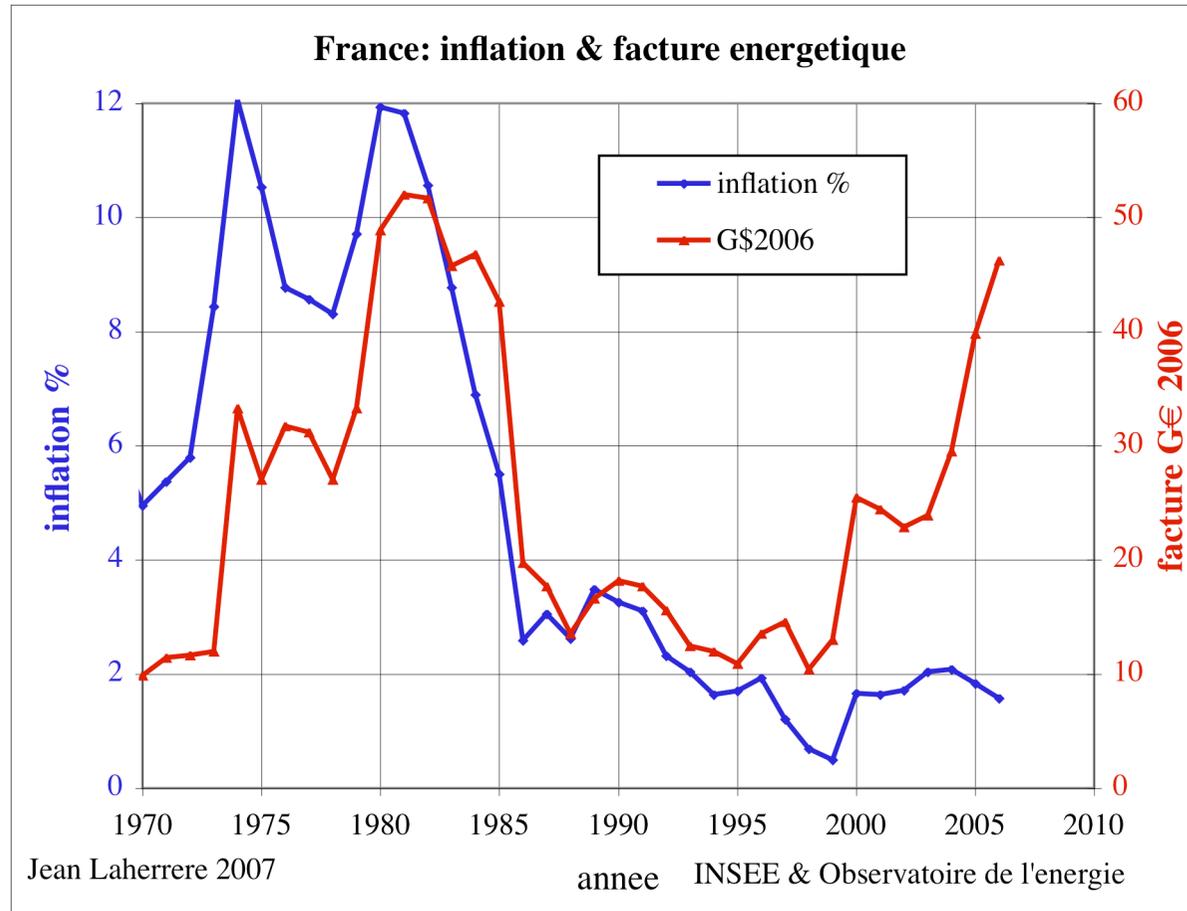


Sources : Observatoire de l'Énergie et INSEE.

Le pourcentage de l'énergie dans la consommation des menages ne represente que moins de 6% en 2005 alors qu'il etait de 8% en 1985

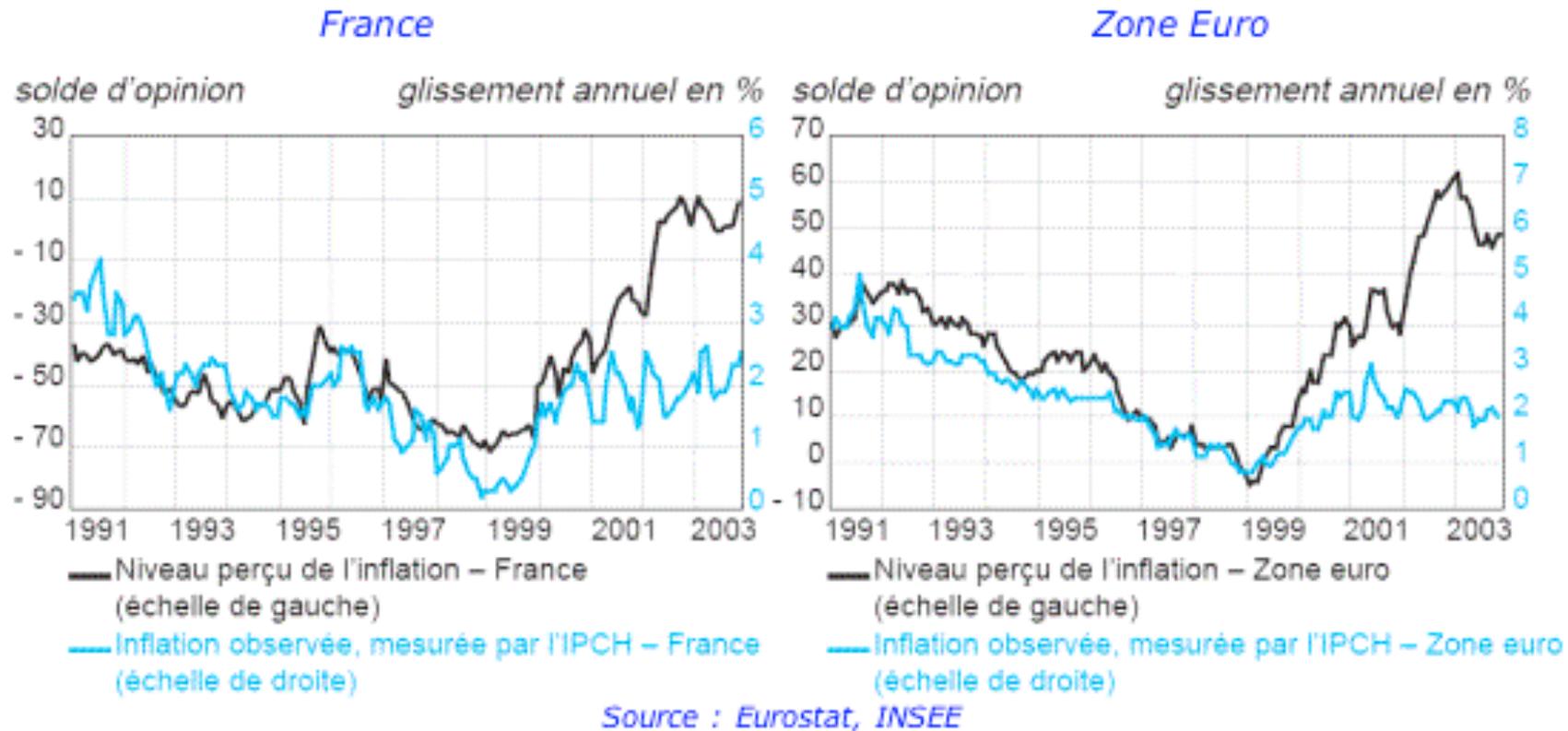
-Facture energetique et inflation

La facture energetique de la France est de 46 G€ pour 2006 soit 2,6% du PIB (5% en 1981),
Figure 62: **France:** inflation et facture energetique



L'inflation officielle ne suit pas la corrélation du passé depuis 2000, car elle est sousestimée par un panier peu représentatif (trop d'électronique). L'opinion accuse l'euro.

Figure 63: France et Zone Euro: inflation declaree et inflation percue (site inflation.free.fr)

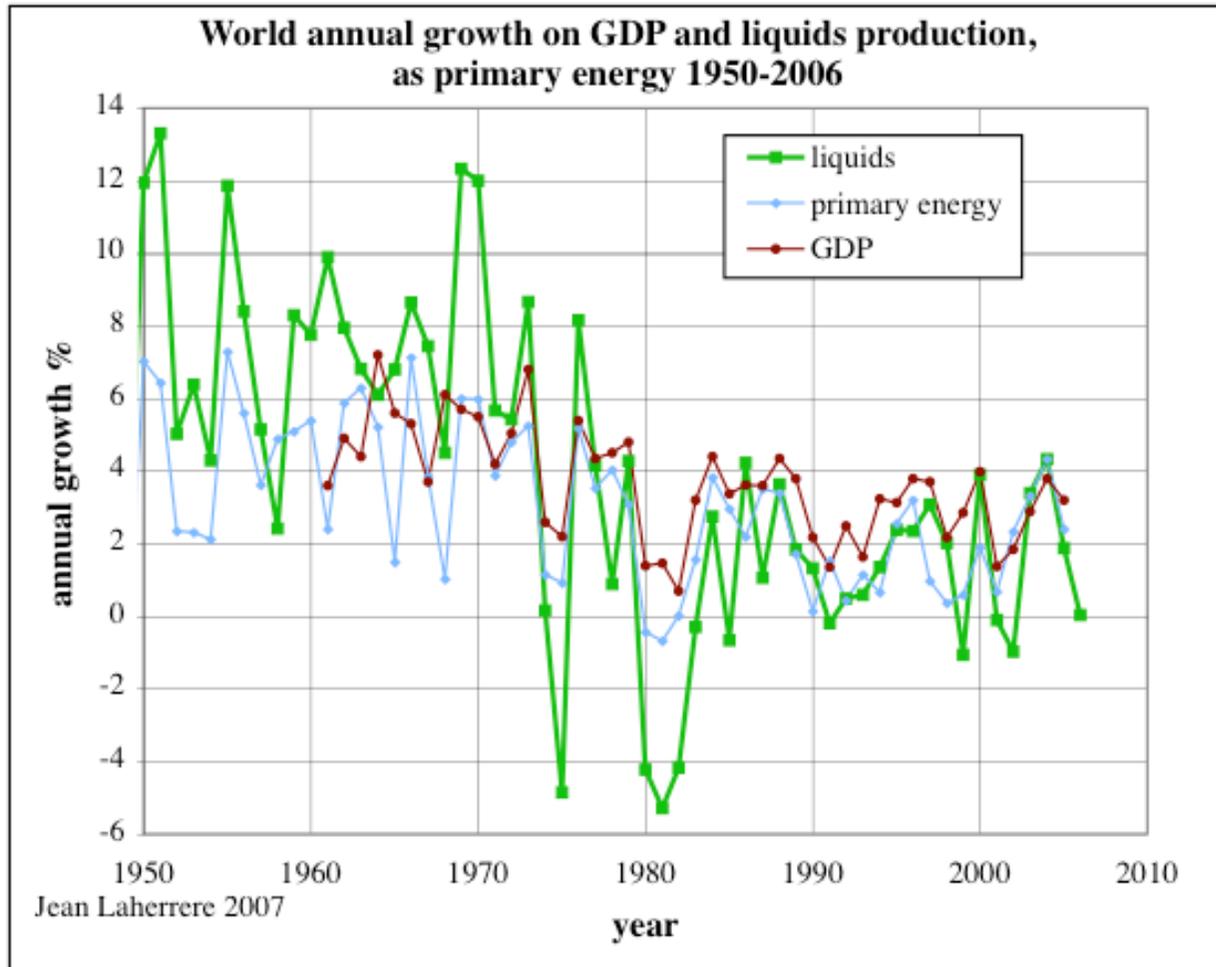


L'augmentation de l'inflation est attribuee au passage de l'euro alors qu'elle est due a l'augmentation du petrole depuis le creux de 1999. mais aussi des autres matieres premieres qui ont augmente depuis 2001.

Aux US l'**inflation dit de base est hors energie et alimentation** comme si le consommateur americain pouvait vivre sans energie ni nourriture!

-Croissance de l'énergie et du PIB

Figure 64: monde: croissance de la production de pétrole, de l'énergie primaire et du PIB



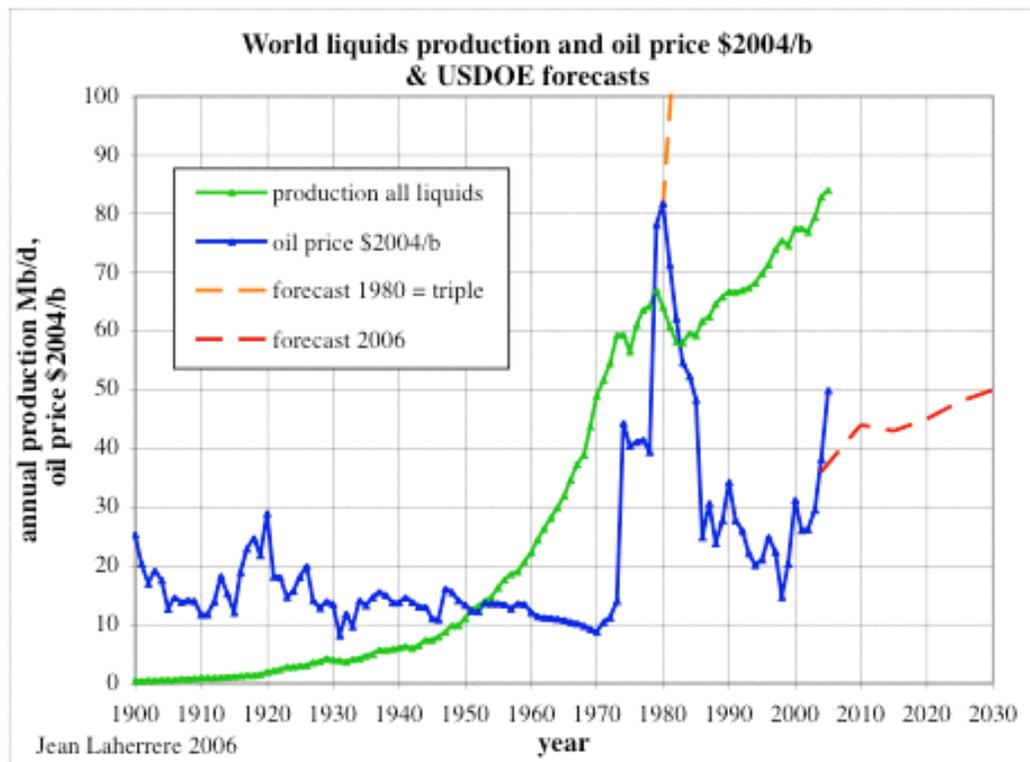
Le **coût de l'énergie** sur les 40 dernières années a été de l'ordre de **5% du PIB** mondial (<6% pour un ménage en France en 2005) alors que les experts (Kummel, Ayres) estiment que la **contribution de l'énergie** dans le PIB est de **50%** (capital 35%, travail 15%). **L'énergie est largement sous-évaluée.**

-Baisse de la demande devant les prix actuels ou la perception de prix futurs

L'analyse du passé montre que la demande mondiale de pétrole a flechi en 1980, non pas parce que les prix étaient hauts, mais parce que tout le monde, sans exception, était convaincu que les prix allaient tripler dans la décennie.

Les prévisions de l'USDOE 2006 sont de 50 \$2004/b en 2030, pourquoi alors faire des économies aujourd'hui à 60 \$/b, si le prix va baisser à long terme?

Figure 65: Production= consommation mondiale de liquides et prix du brut en \$2004/b

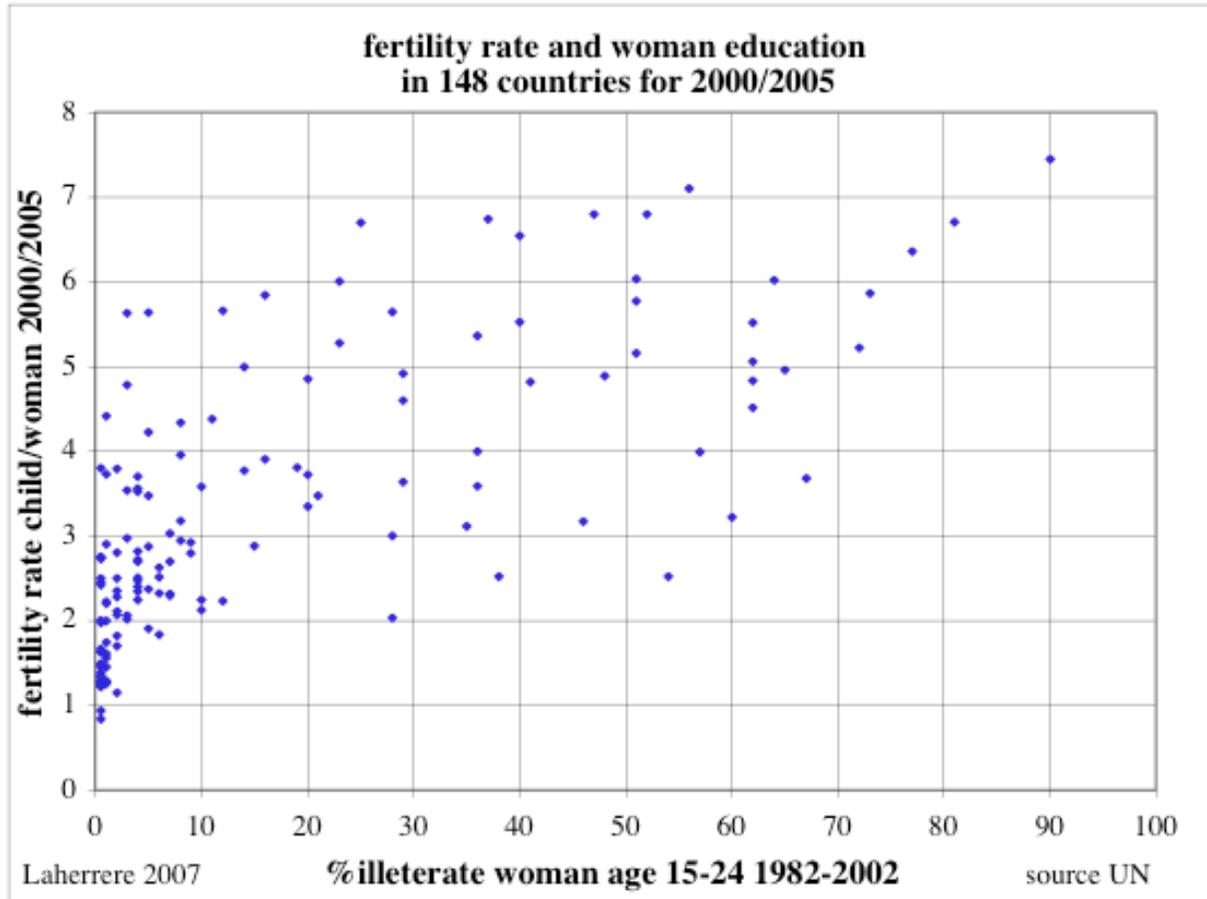


Il est important que le consommateur soit convaincu que le prix de l'énergie va augmenter pour le décider à faire des économies, ce ne sont pas les protocoles ou les décrets qui vont le décider. Des prix chaotiques comme actuellement est le pire scénario. Il faut changer notre mode de vie.

-Prevision sur la population

L'énergie doit être étudiée en terme de consommation par habitant et il faut donc inclure les études sur la population.

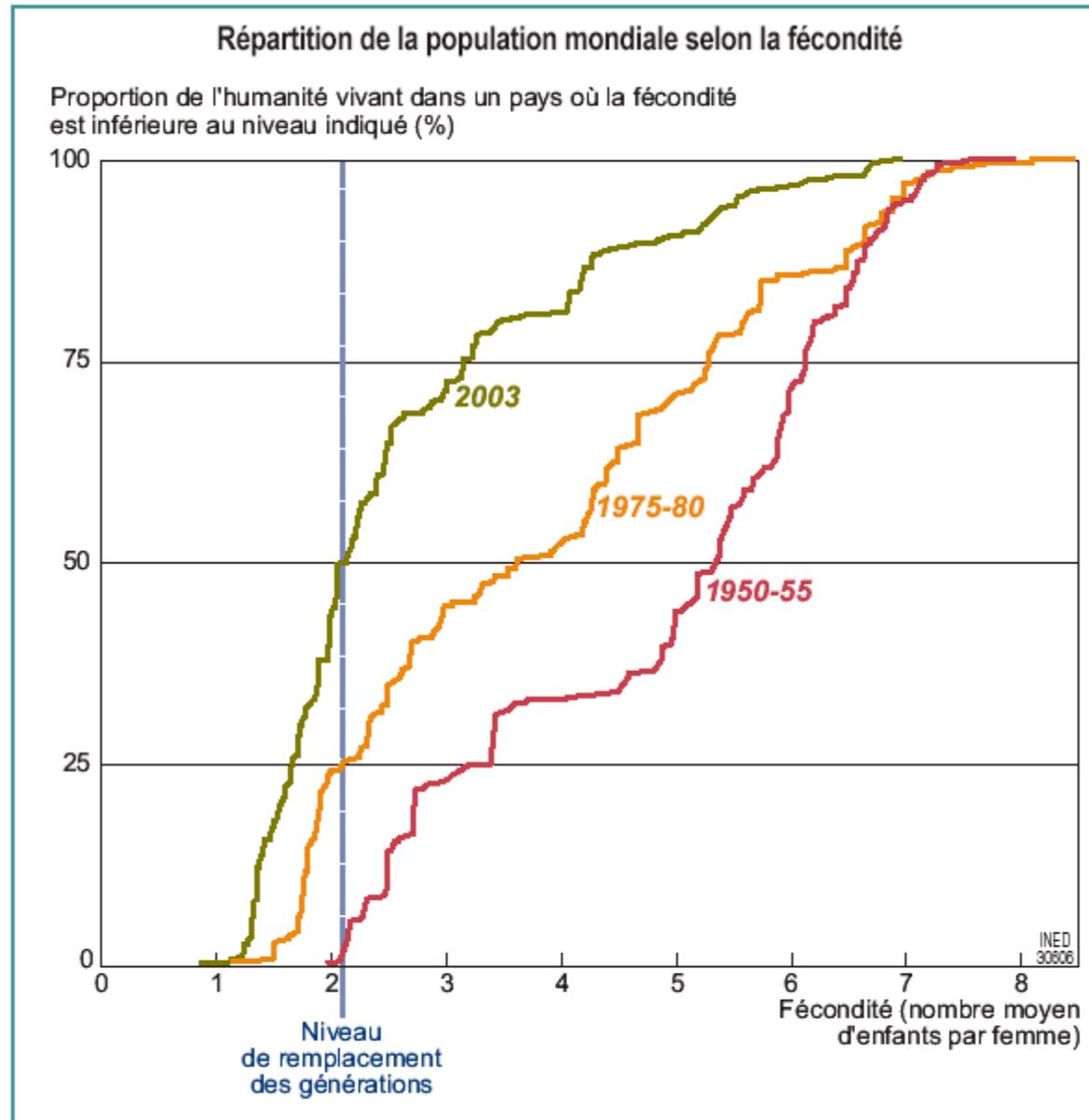
Figure 66: **relation entre taux de fécondité et éducation des femmes** dans 148 pays 2000/2005



Il y a deux mondes:

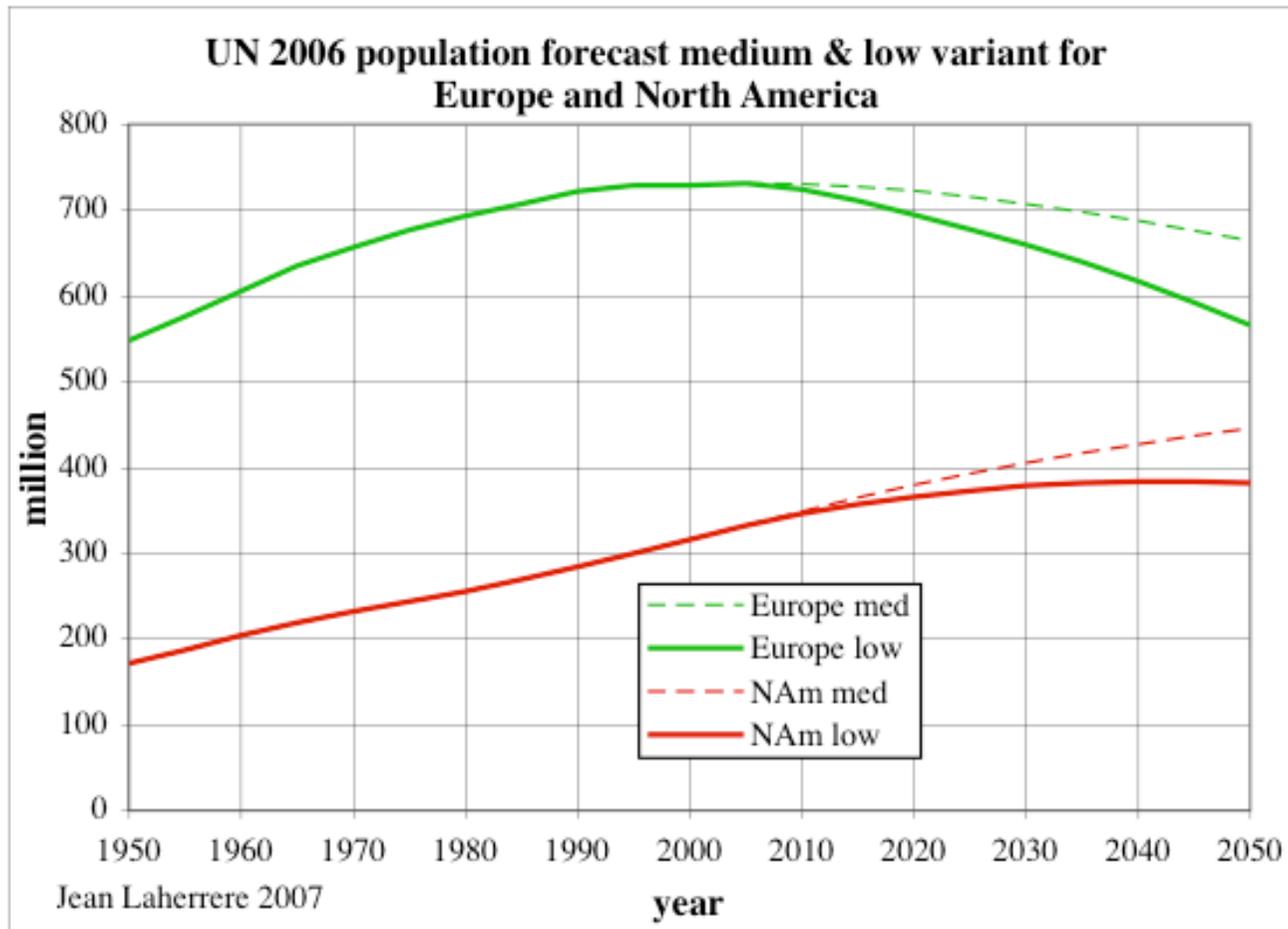
- pays < 2 enfant/femme allant vers l'extinction
- pays > 5 enfant/femme et dont le taux ne diminue guere

Figure 67: Evolution du % de la population mondiale en fonction du taux de fécondité INED dec 2006



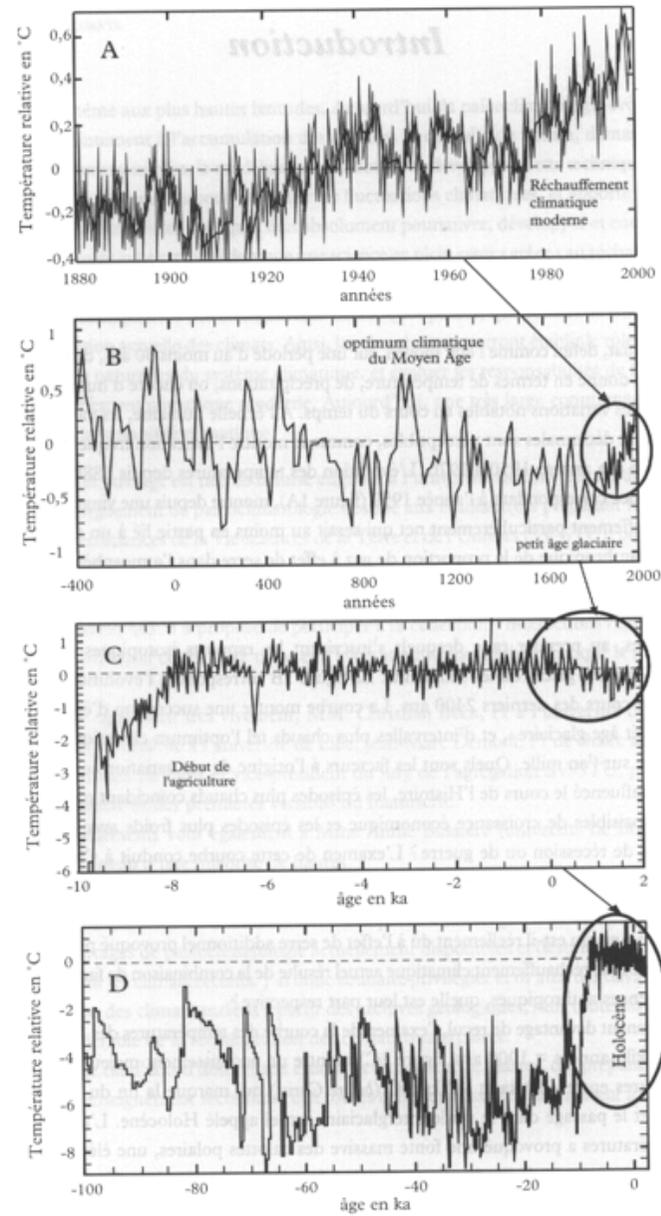
Dans les 50 prochaines années l'Europe va perdre 100 millions d'habitants après un pic actuel et l'Amérique du Nord va gagner 100 millions; [ceux sont deux mondes à futur opposé](#)

Figure 68: **Population Europe & Amérique du Nord d'après les NU 2006**



En 2003 INED prévoyait un pic de la population active en France en 2006. Dec. 2006 INED a repoussé le pic en augmentant la fécondité de 1,8 à 1,9 et l'émigration de 50 000 à 100 000 avec un total stabilisé à 70 M? Le pic a disparu? Les problèmes démographiques sont aussi préoccupants que les problèmes de ressources !

-Rechauffement climatique: Figure 69: p4 Paleoclimats Deconinck SGF 2006 =120, 2400, 12 000, 100 000 ans



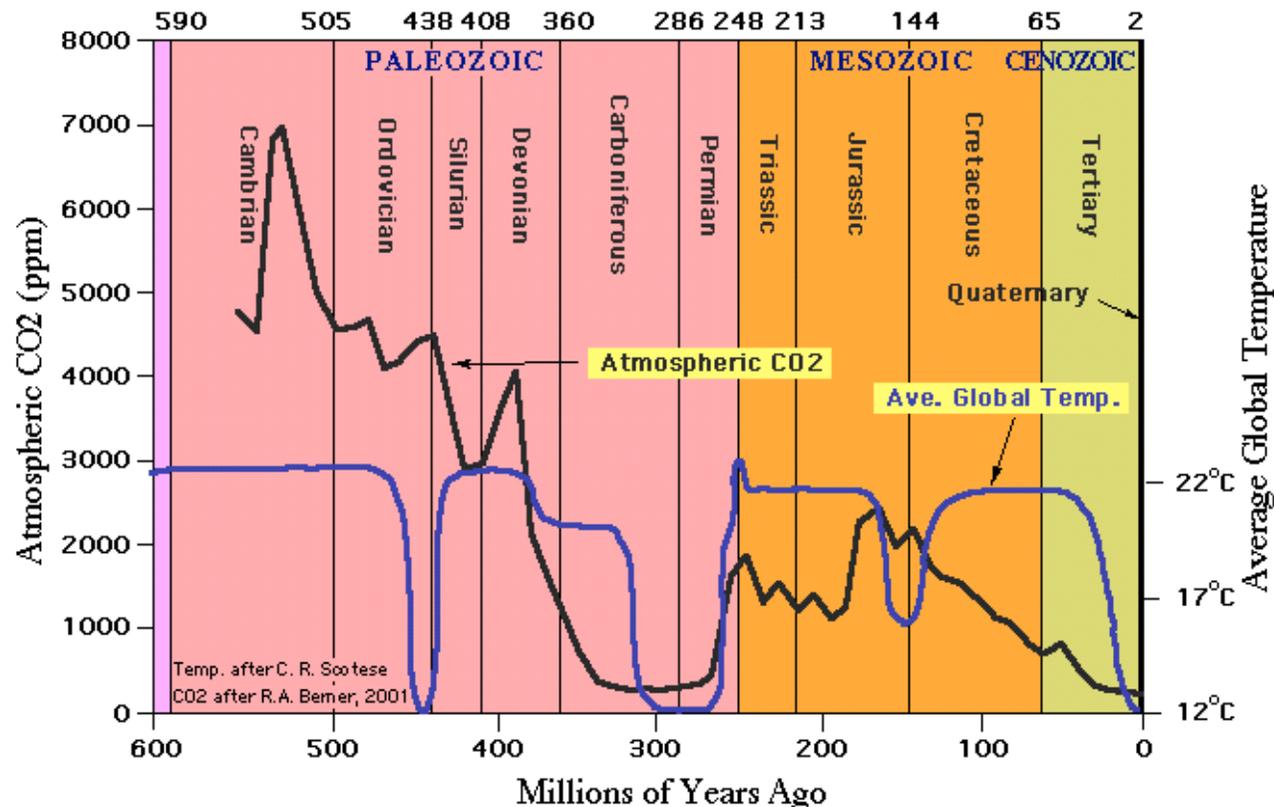
Oui, il y a actuellement rechauffement climatique depuis 1850, fin du petit age glaciaire qui a sevi depuis 1350, apres une periode medievale chaude. Mais il y a eu refroidissement de 1945 a 1975!

Le climat a toujours change depuis la creation de la terre et les couches geologiques (strates) en sont la preuve.

La temperature et le CO2 ont ete la majorite du temps superieurs aux valeurs actuelles.

Figure 70: **temperature de la Terre pour les derniers 600 Ma** d'apres Gerhard 2004

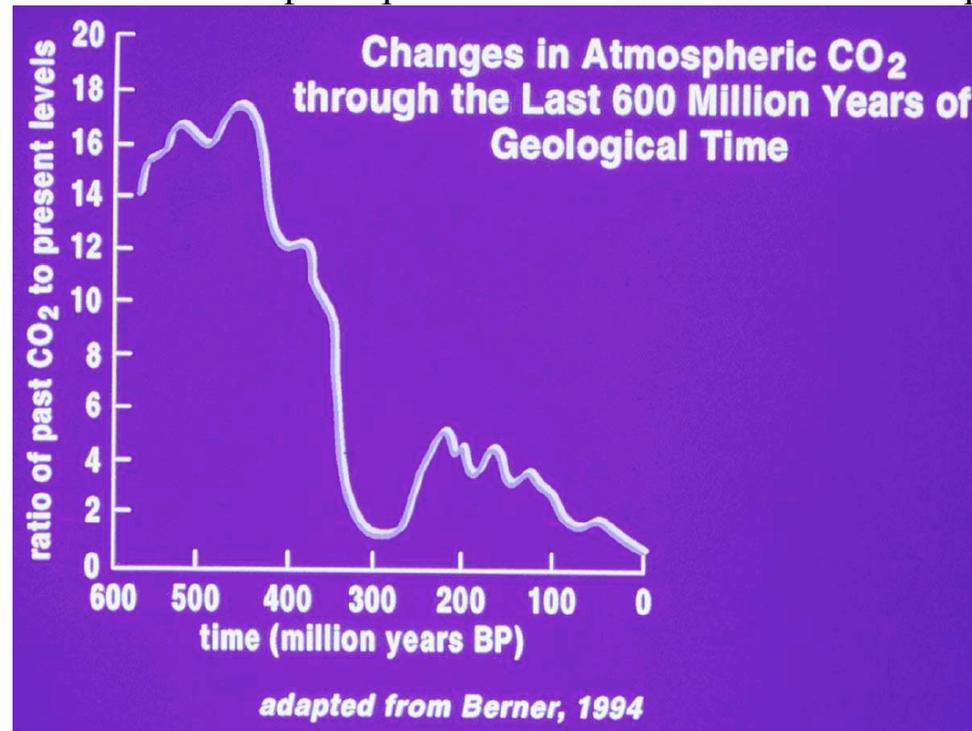
Global Temperature and Atmospheric CO2 over Geologic Time



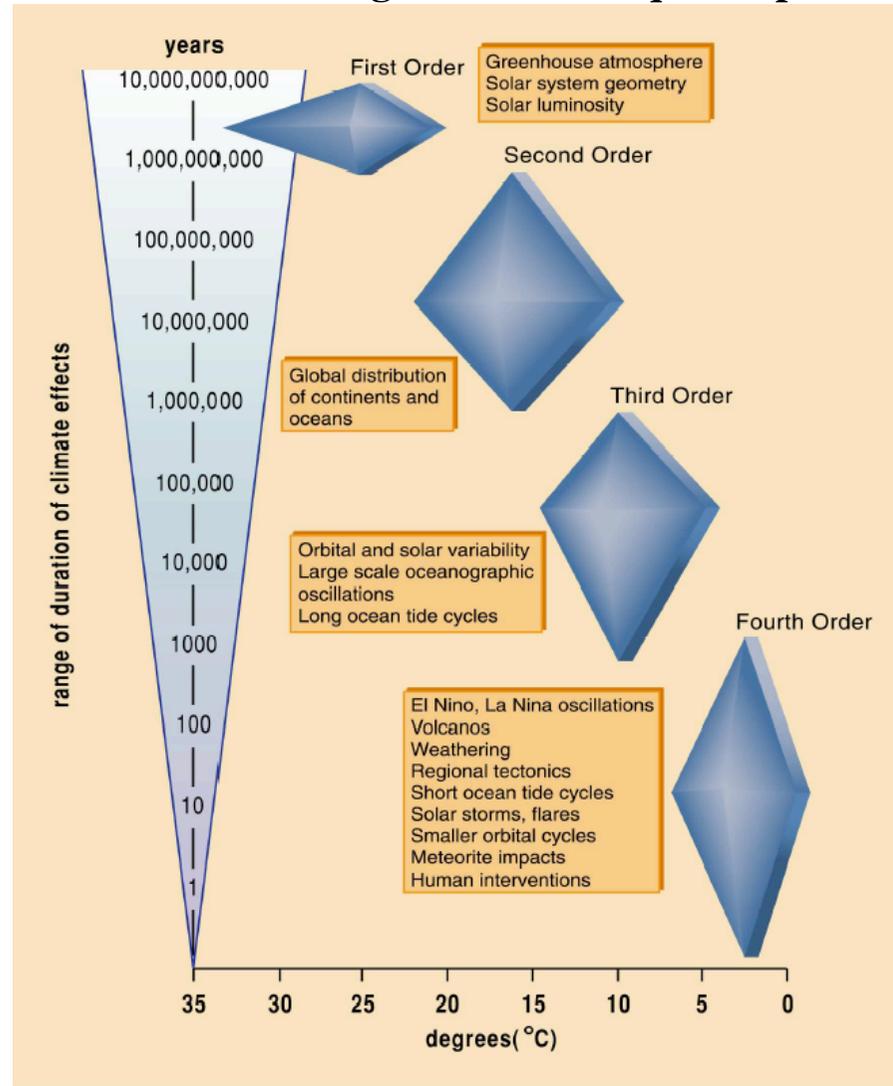
Late Carboniferous to Early Permian time (315 mya -- 270 mya) is the only time period in the last 600 million years when **both** atmospheric CO2 and temperatures were as low as they are today (Quaternary Period).

CO₂ est le faux ennemi n°1, étant la base (avec le soleil et l'eau) de la nourriture des plantes, base de la vie!

Figure 71: changement du CO₂ atmosphérique durant les derniers 600 Ma d'après Gerhard 2006

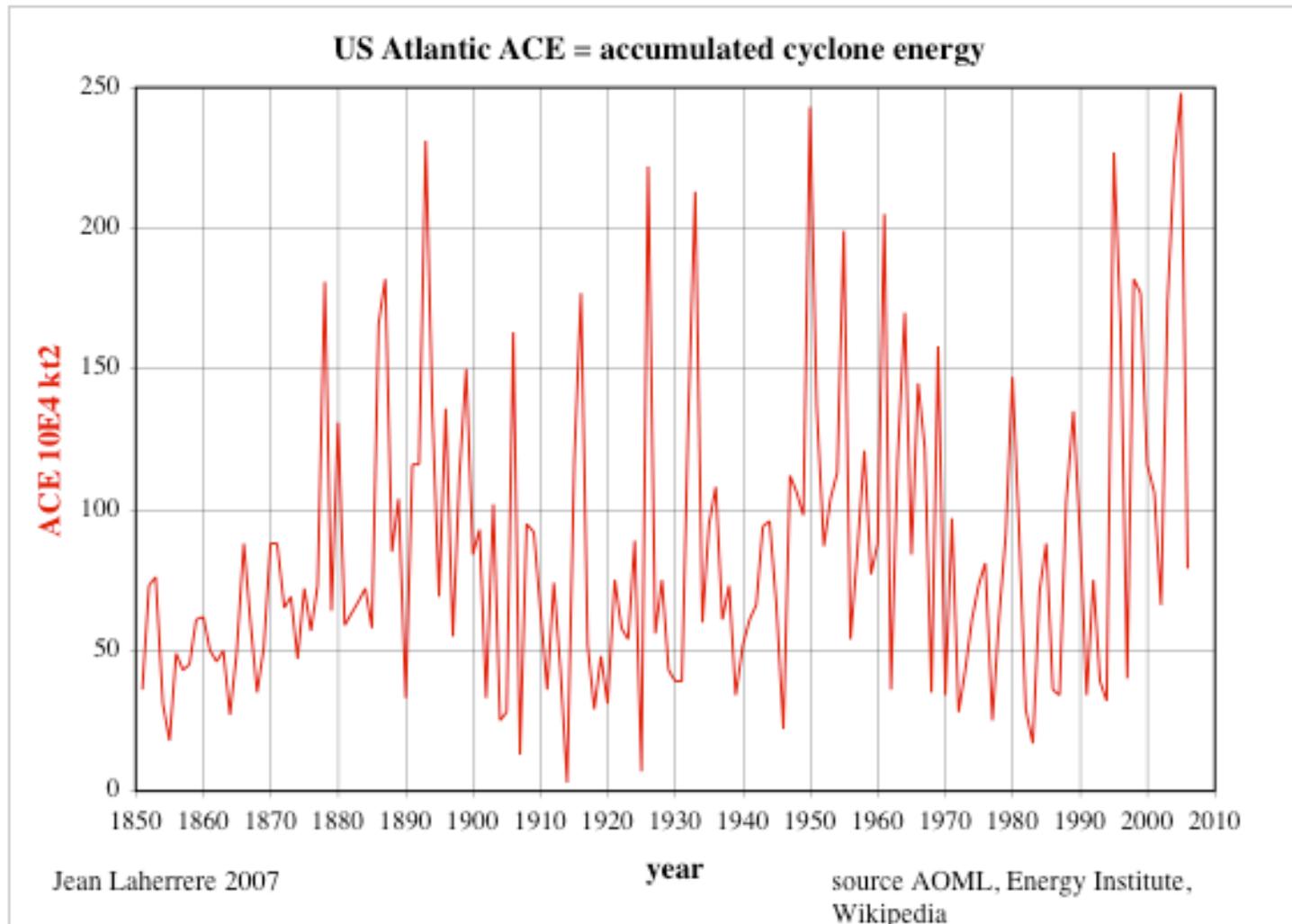


CO₂ et température varient de concert comme la poule et l'oeuf. Qui commence? La réponse des variations dans les glaces est catégorique (si on croit au calage age de la glace et age des bulles?): la température (isotopes O et D de la glace) commence d'abord et le CO₂ (bulles) suit après environ 800 ans (cycle des océans?). **Quand la température augmente la solubilité du CO₂ dans les océans diminue et le CO₂ est renvoyé dans l'atmosphère.** Le CO₂ n'intervient que pour 25% dans les gaz à effet de serre, mais la vapeur intervient pour 60%. Mais on sait mal prévoir les nuages, de plus les nuages bas rafraîchissent et les nuages hauts réchauffent. C'est pourquoi on ne parle que du CO₂, comme l'ivrogne qui, rentrant chez lui, perd ses clés et va les chercher sous le réverbère qui est le seul endroit éclairé! La séquestration du CO₂ demande beaucoup d'énergie, il est préférable d'économiser l'énergie en produisant moins de CO₂, que de le séquestrer tout en continuant à gaspiller (nourriture 50% US)!

Figure 72: **fourchette des causes du changement climatique d'après Gerhard 2006**

Les cyclones de Katrina et Rita en 2005 ont été reliés au réchauffement récent, mais les mesures existent depuis 1850 (vitesse du vent et durée) dans l'Atlantique US et on voit surtout des cycles et rien qui le relie au CO2!

Figure 73: **energie accumulee cyclones Atlantique US 1850-2006**



-pic de la science ? raison, croyance et politique

Au siècle dernier, la science était considérée comme la source de progrès. Plus maintenant, le pic de la science se voit dans le déclin du nombre d'étudiants scientifiques dans les pays développés.

Juin 2006 émission *Qui veut gagner des millions* à la question *qui tourne autour de la terre: soleil, lune, Mars?*

Réponse du public (suppose savoir et intéresse par les questions savantes) 56% le soleil, 42% la lune!

Coupable = école?

Avec l'ordinateur, le calcul d'erreur semble abandonné.

Le financement de la recherche pousse à étudier ce qui préoccupe les politiques.

Il est étrange que le premier rapport 4AR GIEC sorti en février 2007 est politique (Summary for policymakers) alors que le rapport scientifique ne sortira qu'en mai 2007 (après censure?)!

Beaucoup de débats scientifiques tendent à rappeler des débats politiques ou religieux!

Les croyances sont préférées à la raison ou à l'éducation.

Les graphiques sont manipulés (figure 12). Le mensonge par omission se répand.

On élimine des mesures sous prétexte d'artefact ou de bruit (ce que l'on ne comprend pas!)

Les modèles sont devenus des châteaux de cartes immenses que personne n'ose changer.

Le catastrophisme est privilégié sous le prétexte d'efficacité!

Le catastrophisme climatique est bien vu, pas celui sur l'énergie!

Esperons que ce déclin de la science est passager et que ce pic n'est pas le vrai pic

95 % de la matière de l'Univers est inconnu = 70% énergie sombre et 25 % matière sombre?

il y a donc beaucoup à découvrir en sciences; malheureusement guère en ressources pétrolières!

-Conclusions

Les reserves publiees petrolieres sont politiques ou financieres, tres loin de la realite.

Les donnees techniques sont confidentielles.

Beaucoup de pays trichent sur les donnees, car publier des donnees est un acte politique et depend de l'image que l'auteur veut donner.

Les previsions officielles ne sont pas des previsions, mais des scenarios de souhaits pour satisfaire la croissance, qui est le moteur de la societe de consommation.

Dans la societe de consommation ou la croissance est le gage du bonheur et de la reussite des politiciens et des patrons, le mot declin est un terme politiquement incorrect.

Une croissance continue est impossible dans un monde fini.

La technologie ne peut changer la geologie des reservoirs et faire un bebe en 1 mois avec 9 femmes.

Le facteur temps est toujours tres sous-estime (loi de Mc Namara).

Tous les indicateurs utilises sont soit manipules (PIB, inflation), soit incompetents (reserves prouvees, R/P).

Le court-terme est privilegie au detriment du long terme.

Aux US, les decouvertes de petrole ont eu leur pic en 1930 et la production en 1970. Dans le monde les decouvertes ont eu leur pic en 1960 et la production (brut moins extra-lourd) dans les annees a venir.

Le pic de l'huile (tous liquides) serait vers 2010-2020, mais plutot un **plateau ondulé** avec des prix chaotiques, il semble que nous y sommes deja! Mais on produira encore du petrole conventionnel en 2100, plus du synthetique.

Le pic global de production de gaz arrivera apres celui de l'huile, mais localement (Amerique du Nord et Europe) la penurie de gaz se fera sentir bien avant la penurie d'huile.

L'inventaire des reserves de charbon est peu fiable (probleme d'energie nette, confusion avec ressources) et a faire serieusement. Le pic arriverait vers 2050.

[Le pic de production des combustibles fossiles arrivera vers 2030. Il est temps de prevoir les alternatives.](#)

Le nucleaire ne pourra remedier au declin des combustibles fossiles qu'avec les surgenerateurs devant arriver en 2040! La generation IV ne doit pas tarder.

L'agriculture a atteint ses limites et ne pourra pas, dans le futur, nourrir les hommes et remplir les reservoirs des voitures.

Le solaire et le vent sont intermittents, demandant des centrales thermiques de soutien et ne peuvent pretendre remplacer en totalite les combustibles fossiles.

L'energie est sousvaluee, ne faisant que 5% du PIB, tout en contribuant a 50% dans ce PIB.
Des prix plus eleves (realistes!) de l'energie est la seule solution pour faire des economies et pousser les energies renouvelables.

L'energie n'interesse pas nos politiciens, qui sortent des enormites (debat presidentiel), ignorant que la France est le numero 1 de l'electricite nucleaire dans le monde avec 78% (emissions CO2/hab 6,7 t contre 10,5 Allemagne et Danemark, 20 US).

La meilleure solution est d'economiser l'energie, pour ne pas laisser a nos petits enfants que des dettes et une terre epuisee et polluee.

Saint-Exupery: **“Nous n’heritons pas de la Terre de nos ancetres, nous l’empruntons a nos enfants”**

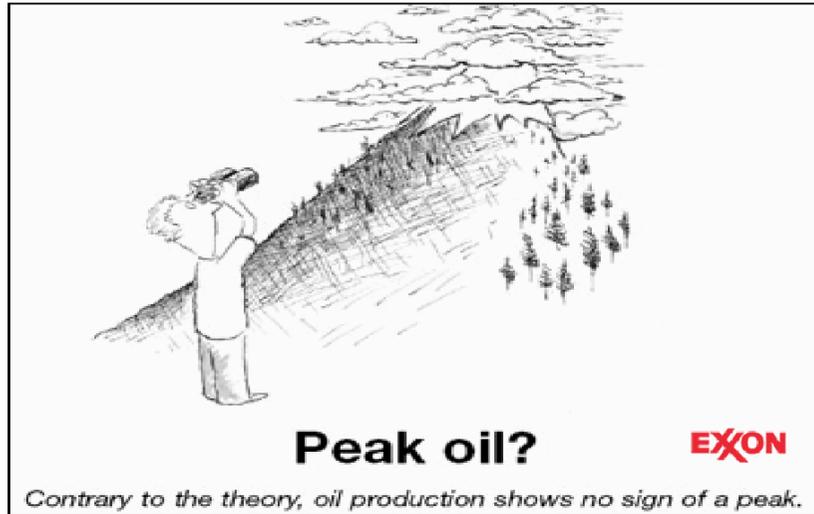
Il faut changer de mode de vie avant que la Nature ne nous l'impose.

Le pic (quand on doit porter des lunettes?) n'est pas la fin de la vie: on peut etre heureux tout en declinant.

Davantage de graphiques et de papiers sont sur le site www.oilcrisis.com/laherrere, ainsi que www.aspofrance.org

Pour finir sur le *peak oil*, graphiques de Platts et Matt Simmons

View from the Oil Majors: ExxonMobil



platts

How Many Countries Are Past Peak?

Poland	Myanmar	Spain	Georgia	Syria	UK
Austria	Ghana	Cameroon	Russia	Czech Republic	Oman
Germany	Tunisia	Greece	Tajikistan	Slovakia	South Africa
Bulgaria	Chile	Hungary	Ukraine	Gabon	Denmark
USA	Croatia	Benin	France	India	Norway
Bahrain	Bosnia	Netherlands	Senegal	Italy	Bangladesh
Israel/Palestine	Serbia	Taiwan	Turkey	New Zealand	China
Romania	Morocco	Congo Kinshasa	Japan	Argentina	Yemen
Iran	Peru	Jordan	Egypt	Barbados	Australia
Trinidad & Tobago	Albania	Belarus	Papua New Guinea	Uzbekistan	Guatemala
Kyrgystan	Colombia	Surinam	Mexico		

Source: Dr. Michael R. Smith, EnergyFiles