

Orthez le 26 septembre 2006

Une partie des graphiques qui suivent est extraite d'un texte long qui se trouve sur Internet :  
**[www.oilcrisis.com/laherrere](http://www.oilcrisis.com/laherrere) ou [www.aspofrance.org](http://www.aspofrance.org)**

## **Pétrole et Gaz : quel avenir pour quel monde?**

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*

### **-Principes de la nature et de notre société**

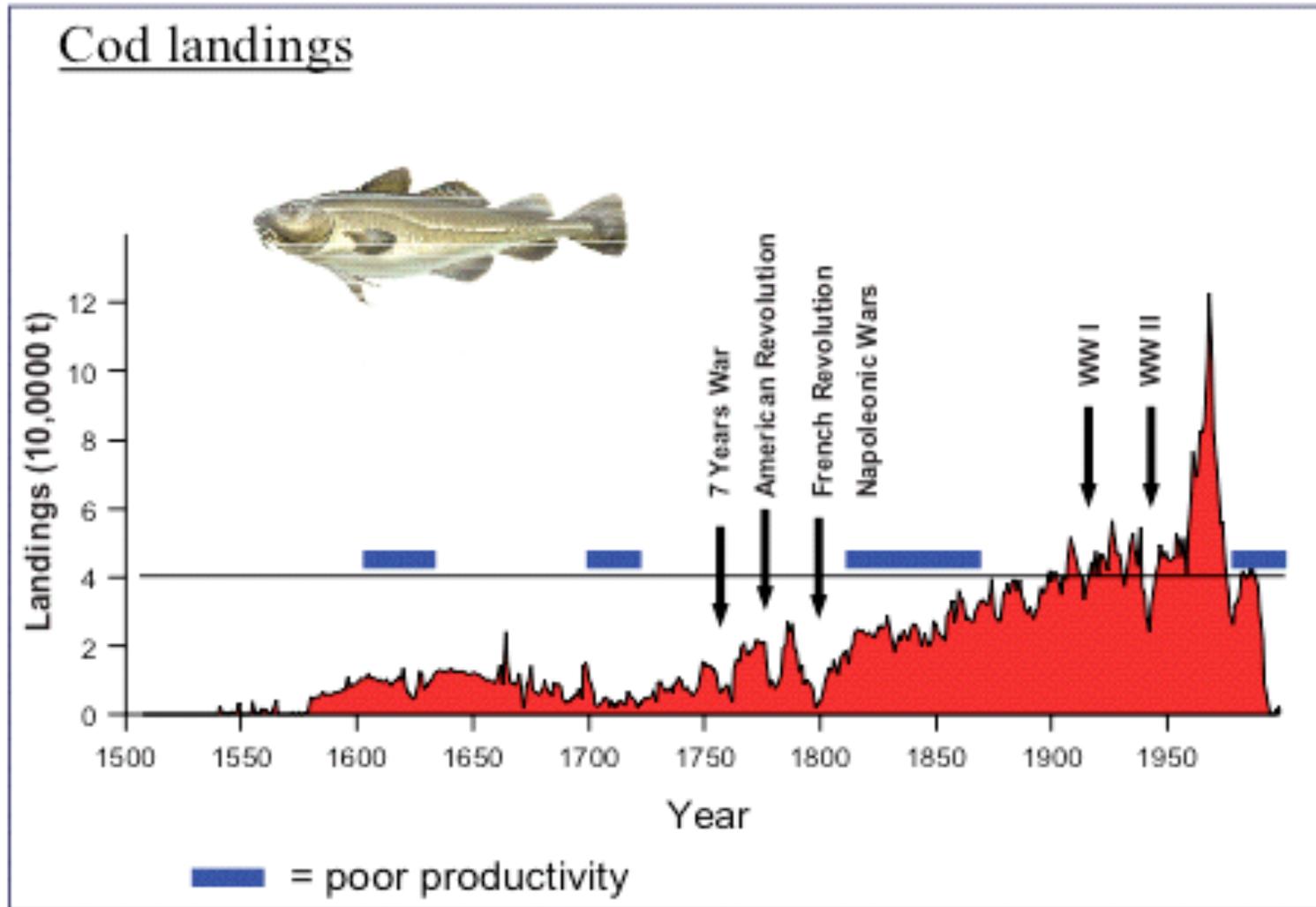
Tout ce qui naît, croît, atteint un pic, décline et meurt. Tout est cycle, un cycle disparaît pour être remplacé par un nouveau cycle.

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 jugée indispensable et le mot déclin un terme politiquement incorrect

### **-Tout est cycle**

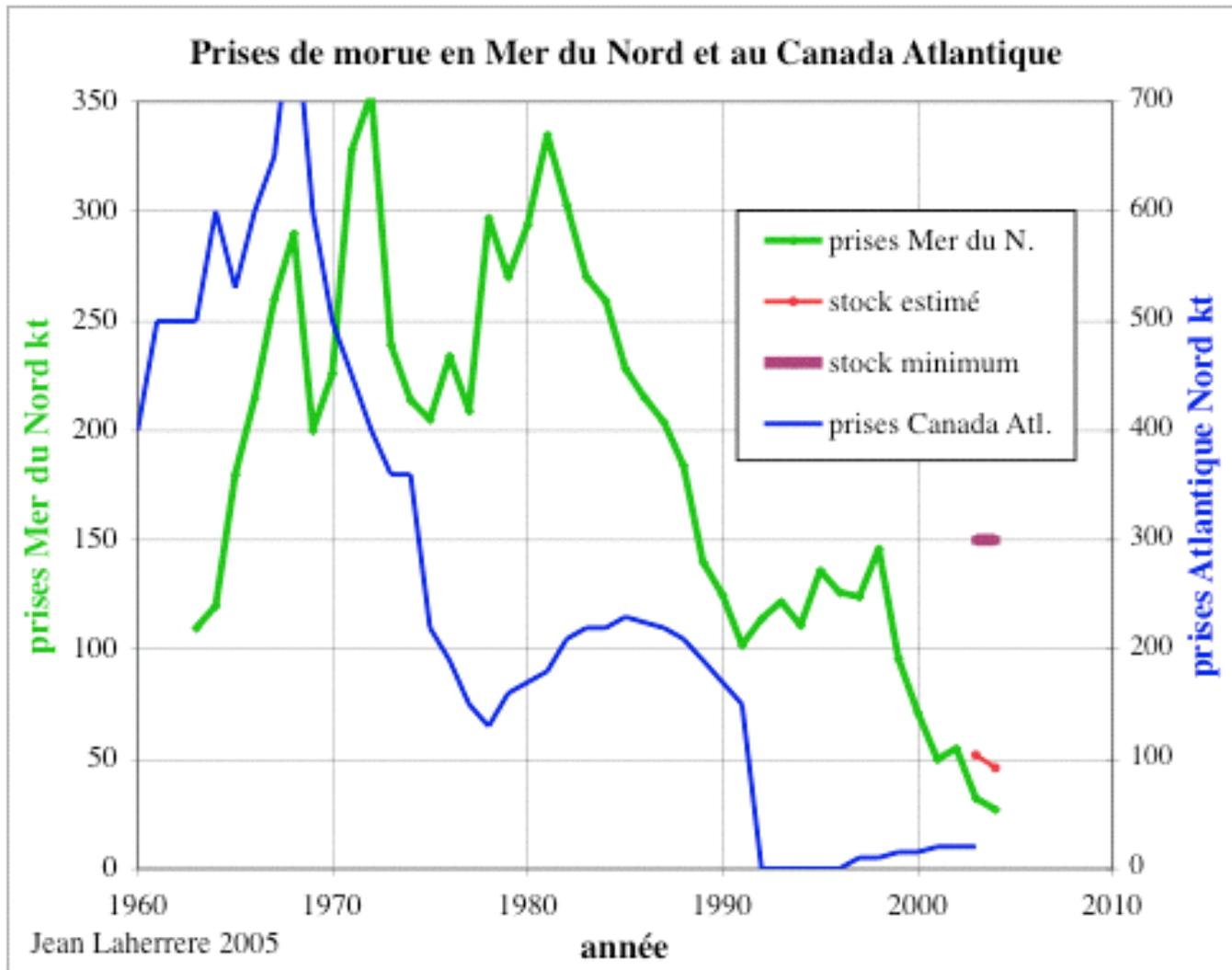
Je n'ai pas trouvé de phénomène naturel que je n'ai pas réussi à modéliser avec des cycles symétriques. La morue a permis à l'Europe de vivre pendant des siècles et de découvrir l'Amérique

Figure 1: Prises des morues en Nord Atlantique (les Grands Bancs) au Canada 1500-2000 (George Rose 2003)



la technologie est arrive en 1965 avec les chalutiers et les usines flottantes, les prises se sont emballes jusqu'en 1968, pour s'ecrouler ensuite, institution de quotas et arret provisoire en 1992 et definitif en 2002

Figure 2: Prises des morues en mer du Nord et au Canada 1960-2004



Les prises de morue en Mer du Nord suivent un profil identique au Canada avec 15 ans de retard  
L'expérience malheureuse du Canada n'a servi à rien.

Les pêcheurs, qui ne respectent pas les quotas ou qui les font augmenter, sont en train de tuer la pêche

## -Production petroliere

### -Problemes de vocabulaire et de definition

**huile** = liqueur grasse **inflammable** d'origine vegetale, animale ou minerale

**petrole** = huile **minerale** naturelle

**hydrocarbures** = seulement C + H; malgre origine *eau + charbon*

**oil = huile** souvent confondu avec petrole

pour 2005 la production d'huile suivant les auteurs va de 67 Mb/d pour le regular oil de Campbell, **71 Mb/d pour le brut** (petrole hors extra-lourd), a **84 Mb/d pour tous liquides (oil demand = huile)** incluant liquides de gaz naturel, petroles extra-lourds, huiles synthetiques, biocarburants, liquides de charbon et gains de raffinerie (en volume)

**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)?

### -Chiffres publies

Energie, petrole, conventionnel, nonconventionnel, lourd, raisonable, durable, dangereux ne sont quasiment pas definis par ceux qui les utilisent, car l'ambiguite est recherchee.

**Publier une donnee est un acte politique et depend de l'image que l'auteur veut donner**

Tous les membres de l'OPEP trichent et sur les reserves et sur les productions. Il faut faire appel a des compagnies d'espionnages = Petrologistics, IHS, Wood Mackenzie et autres, pour avoir des chiffres plus vrais (?), .

**Publier une donnee avec plus de 2 chiffres significatifs** dans le domaine de l'energie montre que **l'auteur est incompetent**, car les donnees varient de plus ou moins 20%

Il ne faut pas confondre nombre de chiffres significatifs et precision.

Le public et les patrons n'aiment pas l'incertitude, preferant un chiffre discutable a une fourchette, reportant l'incertitude du resultat sur l'incertitude de la definition du produit!

USDOE/EIA reserves dites prouvees publication 31 mai 2006

	<b>Oil &amp; Gas journal</b>	<b>World Oil</b>	<b>OGJ/WO</b>
<b>Fin 2004</b>			
Crude oil Gb			
world	1 277,181 992	1 081,813	1,2
France	0,146 49	0,160 1	0,9
Russie	60	67,137 9	0,9
Natural gas Tcf			
world	6 043,677	6 997,767 4	0,8
France	0,451	0,377 5	1,2
Russie	1 680	2 361,053 2	0,7
<b>Fin 2005</b>			
Oil Gb			
World	1 292,549 534	1200,708 502 619	1,1
Russia	60,000	74,436 476 05	0,8
Canada	<b>178,7924</b>	<b>16,5</b>	<b>11</b>
Gas Tcf			
World	6 112,144	6 348,068 437 8	0,96
China	53,325	82,955	0,6

### -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.

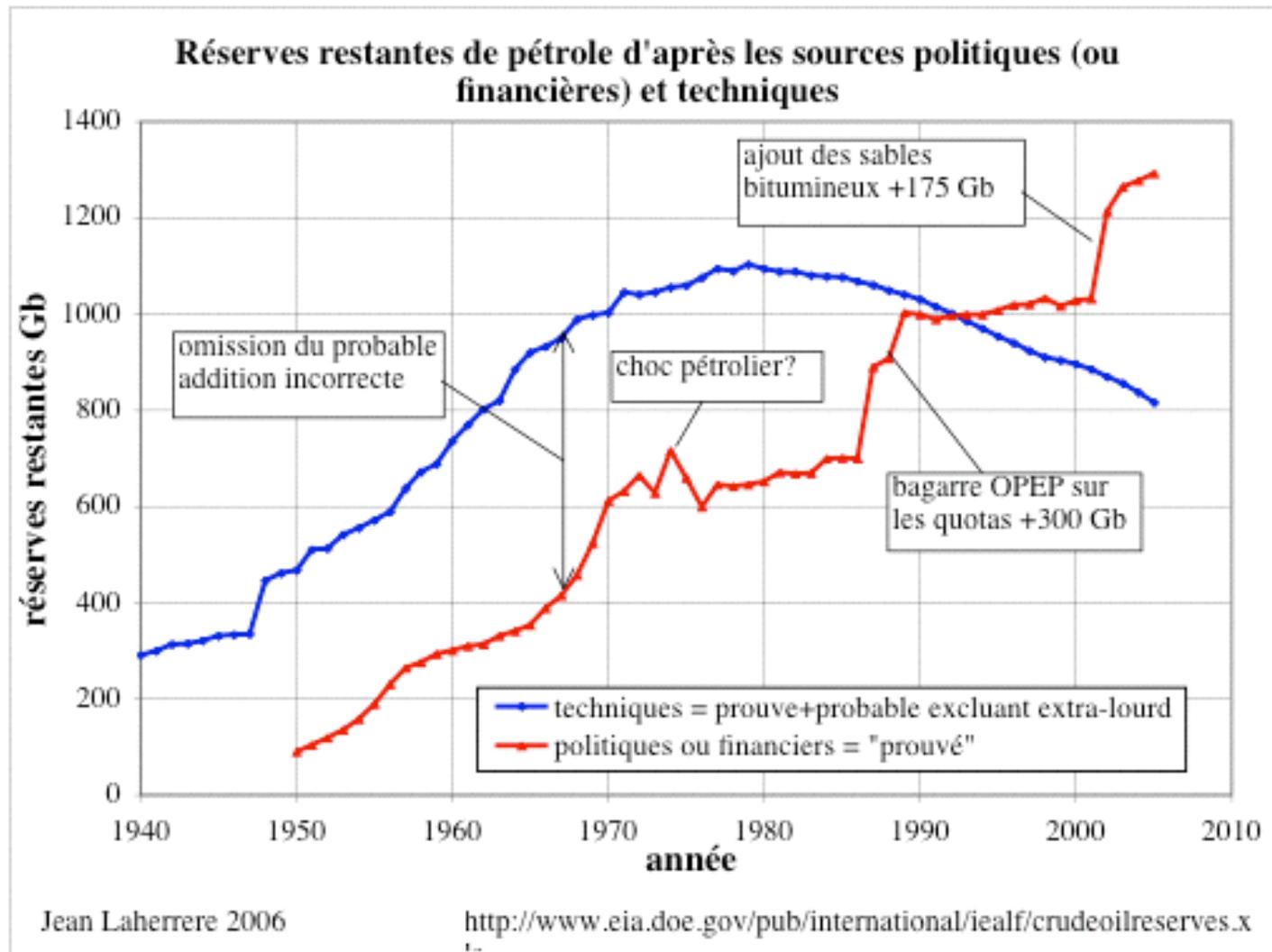
Il y a **plusieurs systemes de definition de reserves** qui ne veulent qu'une valeur:

- 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
- OPEP** où les quotas dependent des reserves dites **prouvees**, 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 !

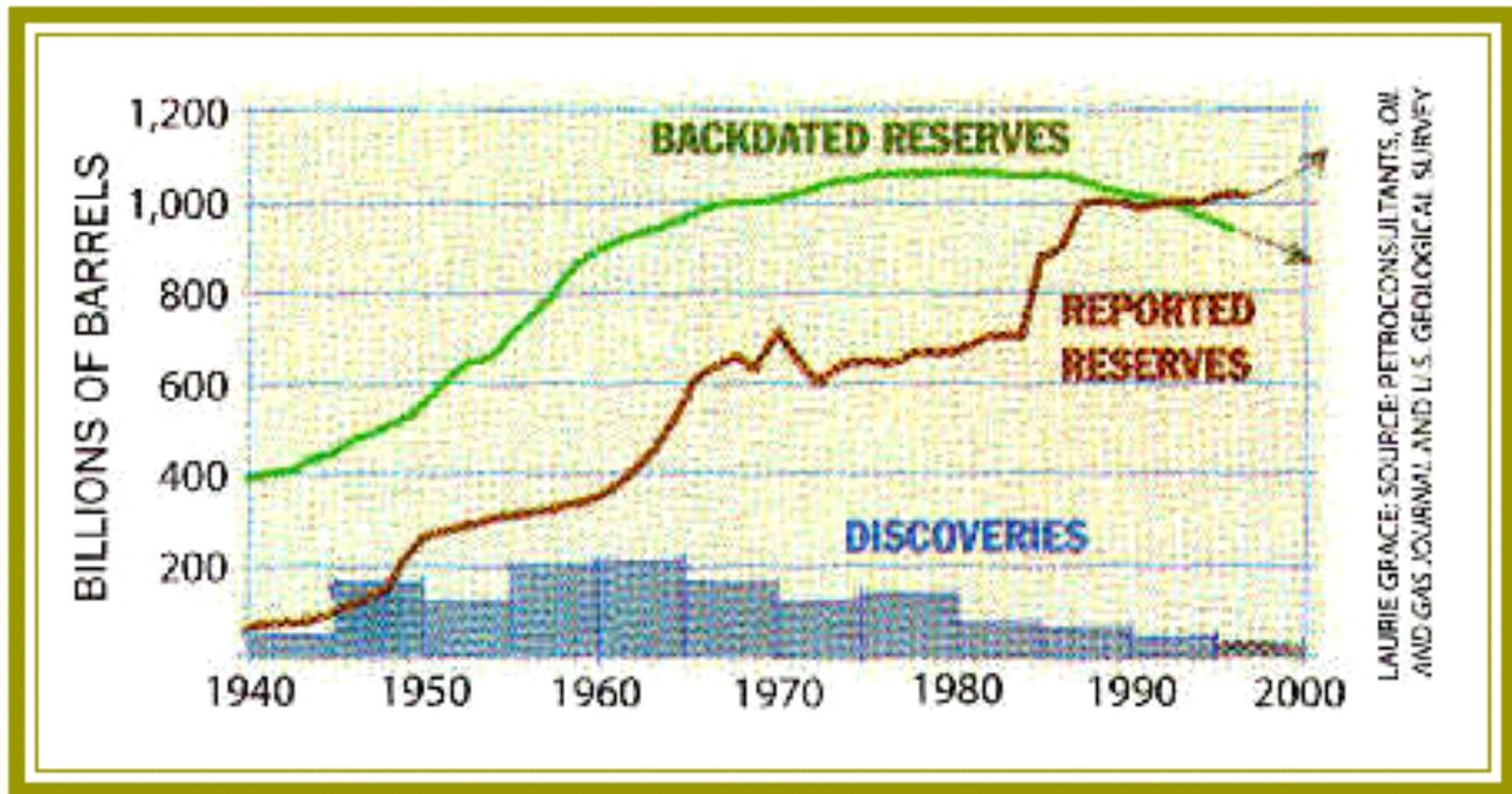
**-Reserves restantes de petrole** = decouvertes cumulees moins production cumulee

Figure 3: Reserves mondiales conventionnelles de petrole d'après les **sources politiques et techniques**



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

En 1998 Campbell et moi avons sorti le graphique suivant qui prevoyait exactement la situation actuelle:  
 Figure 4: 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**"



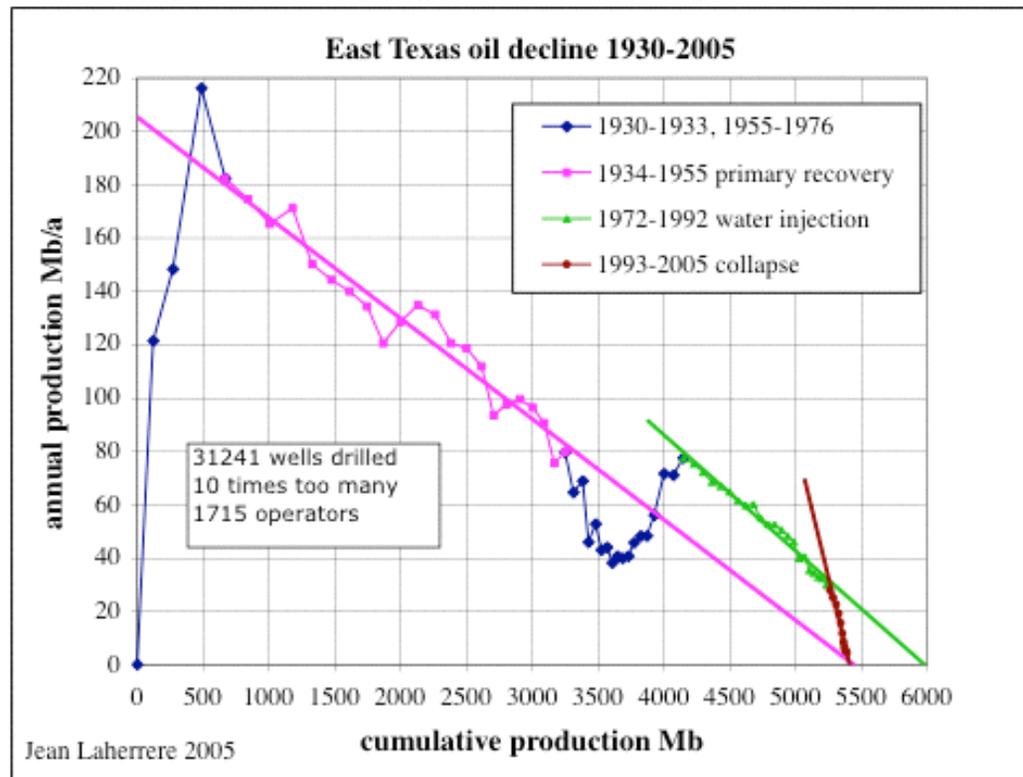
**-Mythes a denoncer, car faux**

-Mythe 1: *Le Moyen-Orient peu explore* : Arabie : premiers 20 puits = 80% decouvertes, derniers 20 puits = 1%

-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 3 a 85 % suivant geologie

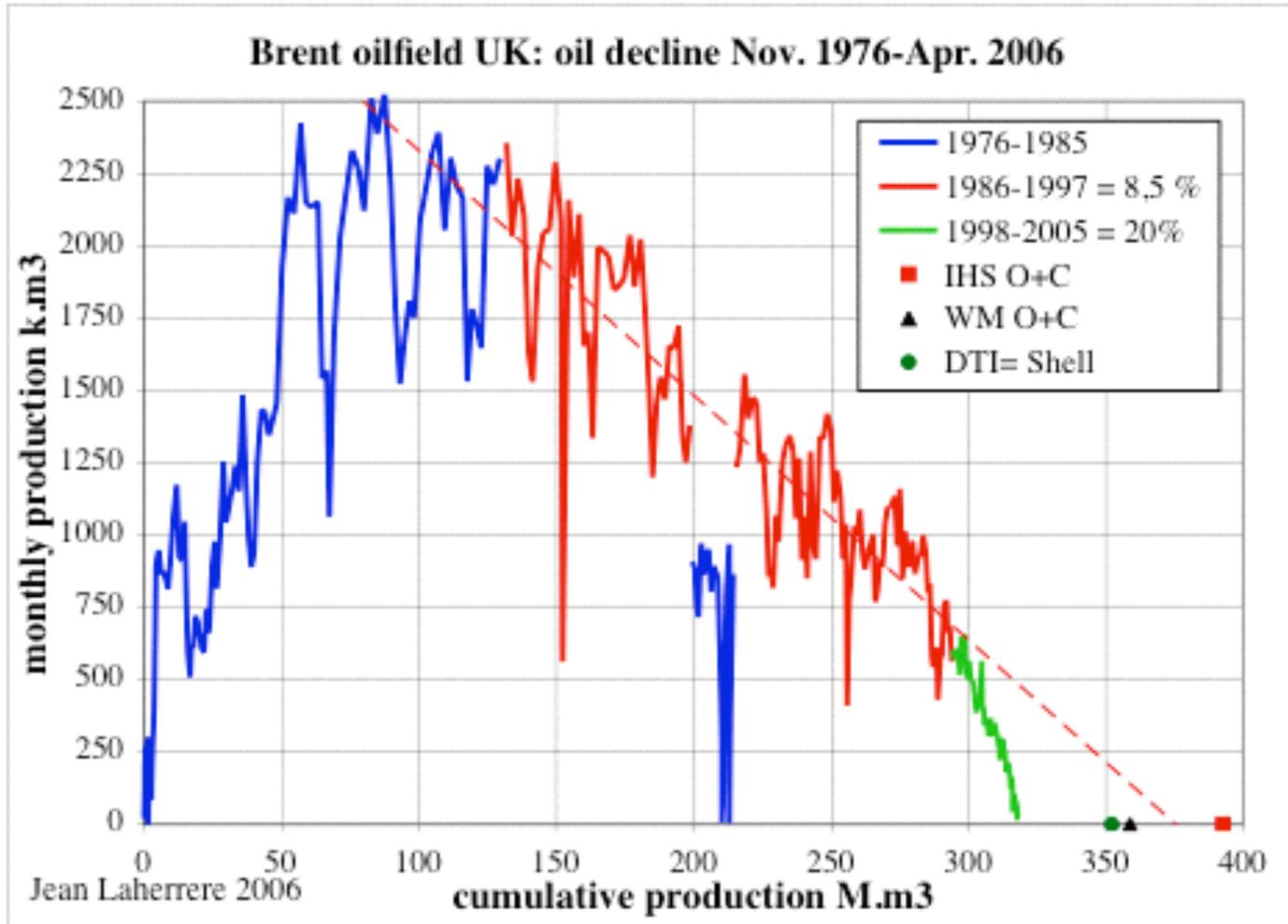
-Mythe 3: *il y a croissance des reserves grace a la technologie*: l'apport de la technologie doit se voir par une diminution du declin

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) et la production s'est ensuite ecroule avec un declin de 10%

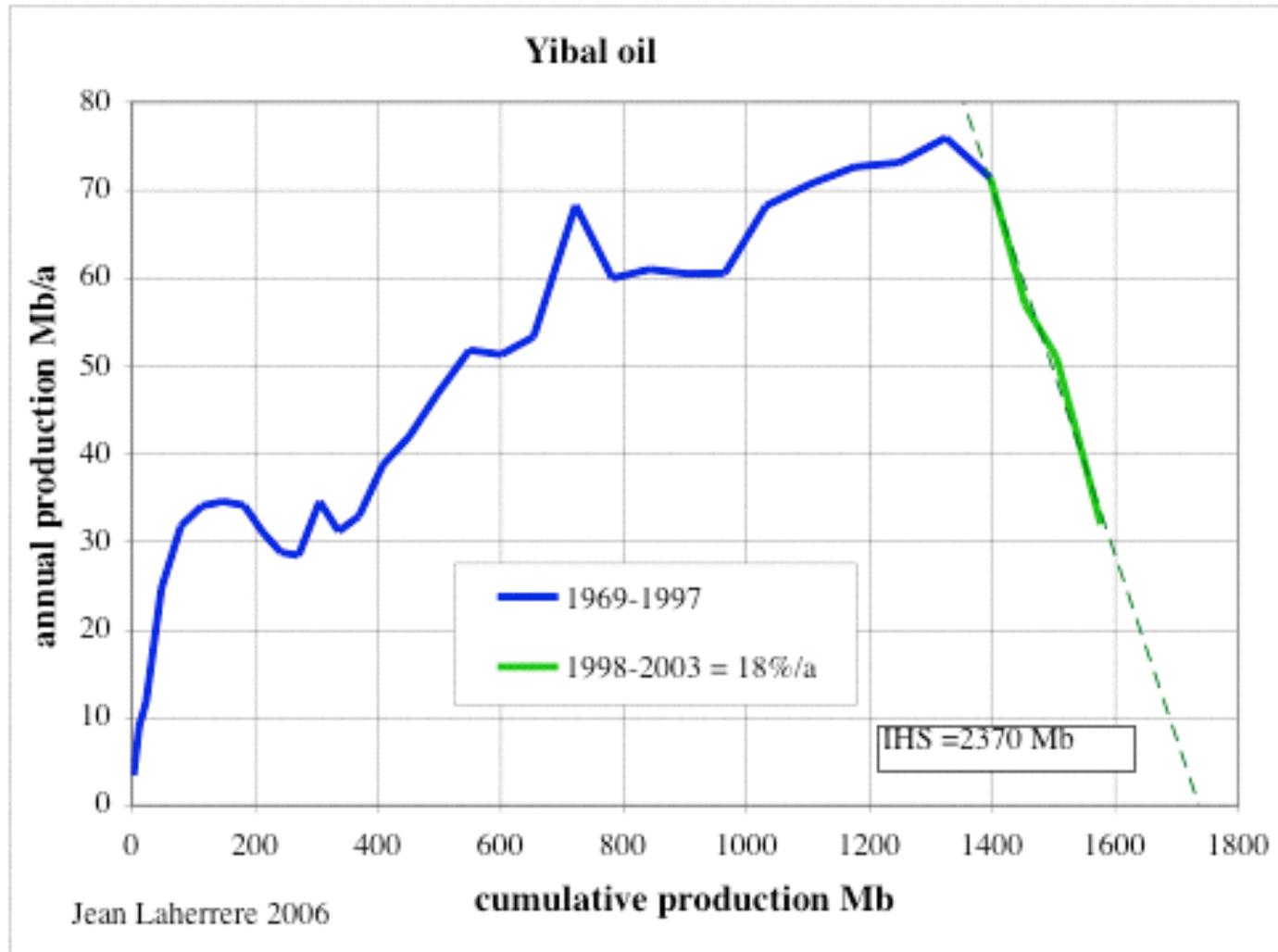
Figure 8: courbe de declin de la production de petrole du champ de Brent RU 1976-2005



Le declin de 1986 a 1997 de 8,5%/a a double de 1998 a 2005 a 20%/a.  
 La technologie ne fait pas decroitre le declin au contraire!

Les puits horizontaux (avec plusieurs branches) permettent de **produire plus vite**, d'où profit immédiat, mais souvent au détriment de la récupération finale. On prévoit maintenant 1750 Mb contre 2370 Mb auparavant.

Figure 9: **courbe de declin de la production de petrole du champ d'Yibal Oman 1969-2003**



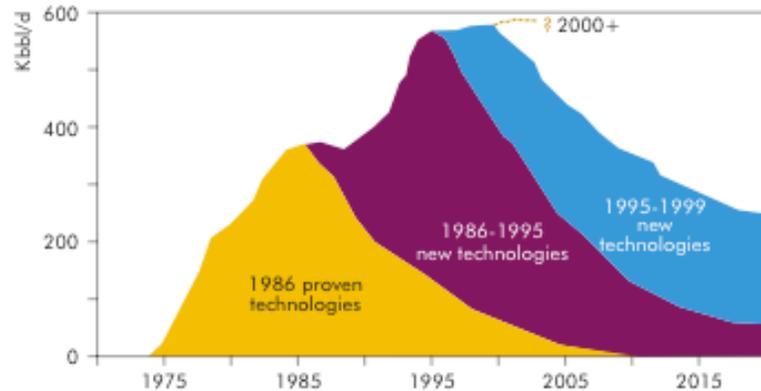
Mauvaise pratique de production trop poussee = declin fort (18%) et diminution des reserves estimees!

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

Figure 12: 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)

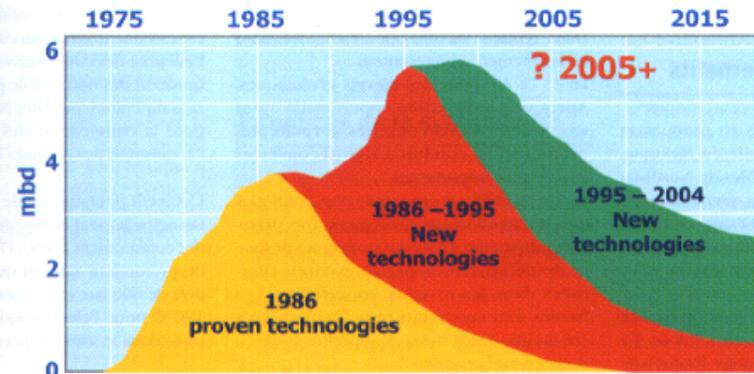
Figure 13: AIE **oct 2005**: Impact de la technologie sur la production en Mer du Nord avec echelle correcte et chiffres *modifies* 2004 au lieu de 1999, 2005+ au lieu de 2000+

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**

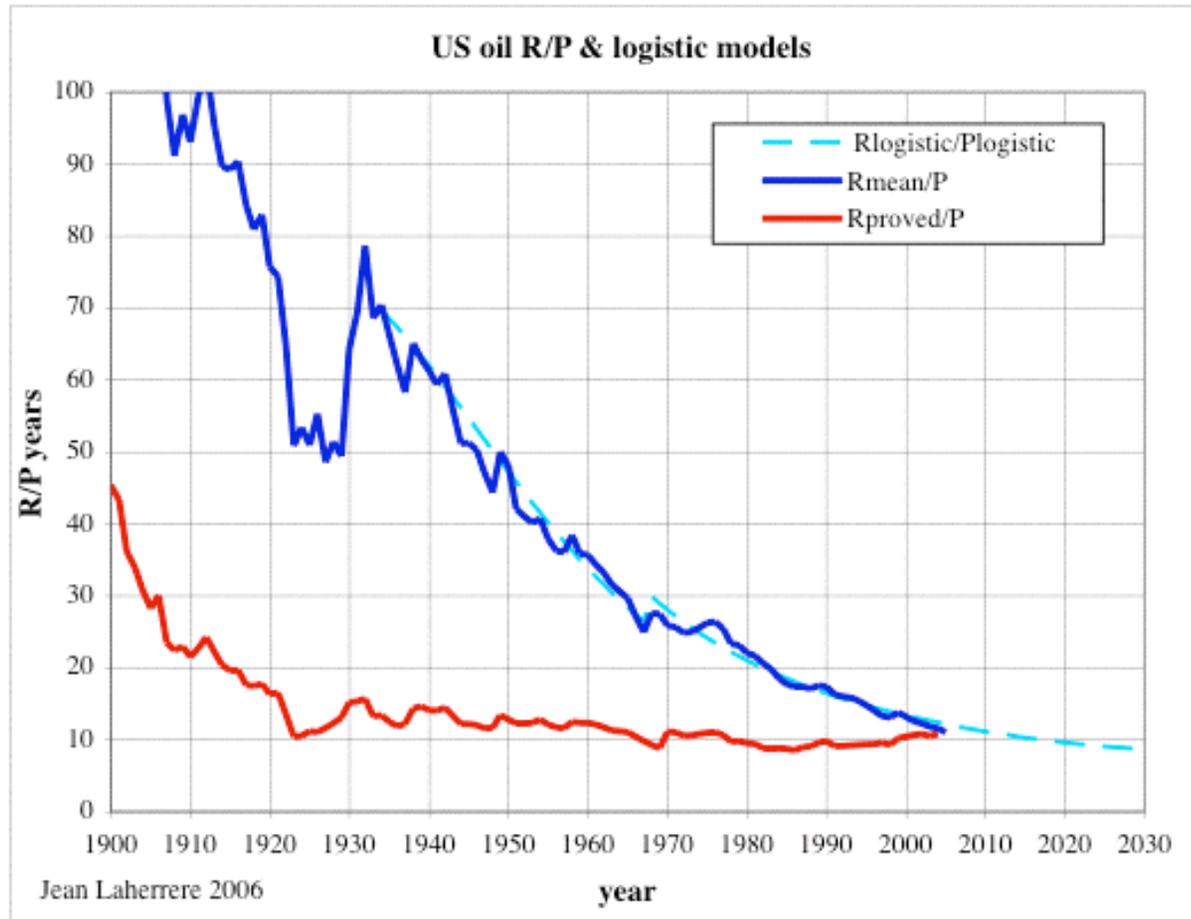
Le creux de production de 1988 n’est pas du a une ancienne technologie qui est remplacée par une technologie plus performante, mais par l’explosion de la plateforme Piper (160 morts) et l’arrêt de Brent pour transformation en champ de gaz

La justification par l’AIE en 2005 de l’impact de la technologie est basée sur un graphique de 1999 trafiqué

**-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!**

Figure 15: R/P pour le petrole aux US d'apres les reserves prouvees et les reserves moyennes avec modeles logistiques 1900-2030

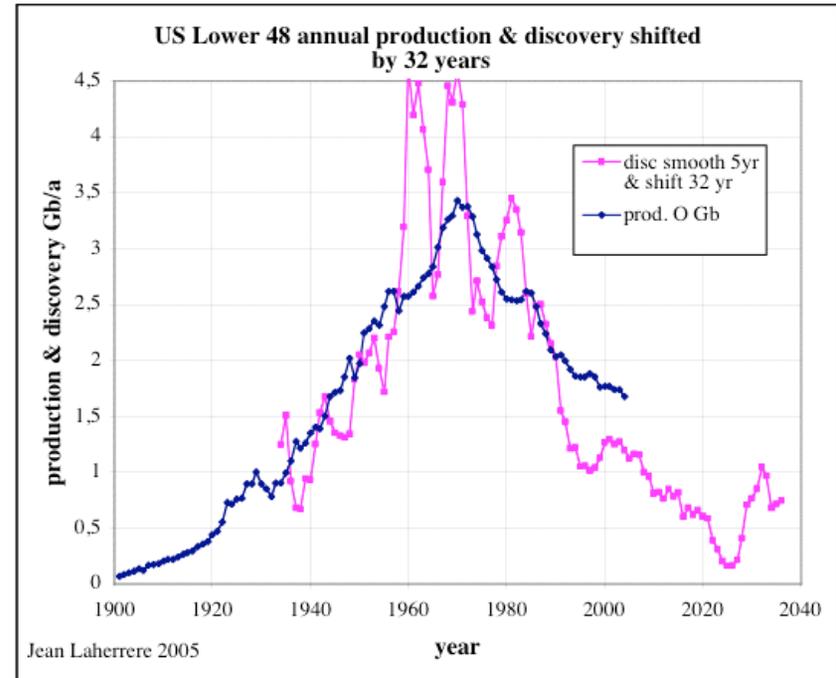
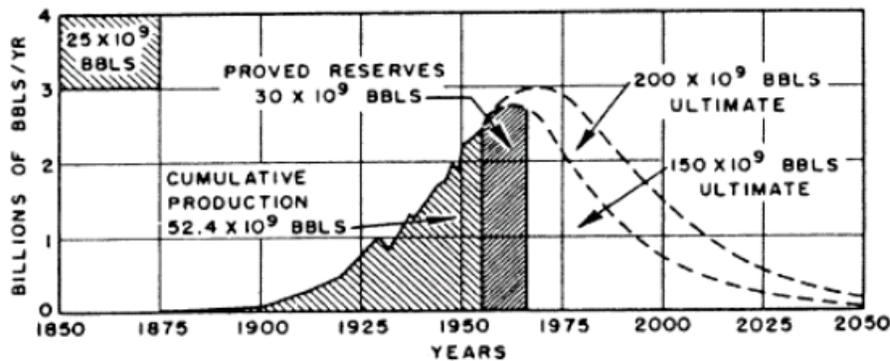


**R/P est un tres mauvais indicateur, mais il est utilise par tous.**

## -Prevision de production future

Figure 20: prevision de King Hubbert en 1956 de la production petroliere des US (hors Alaska)

Figure 21: US hors Alaska: production annuelle de petrole et decouverte “moyenne” decalee de 32 ans 1900-2040



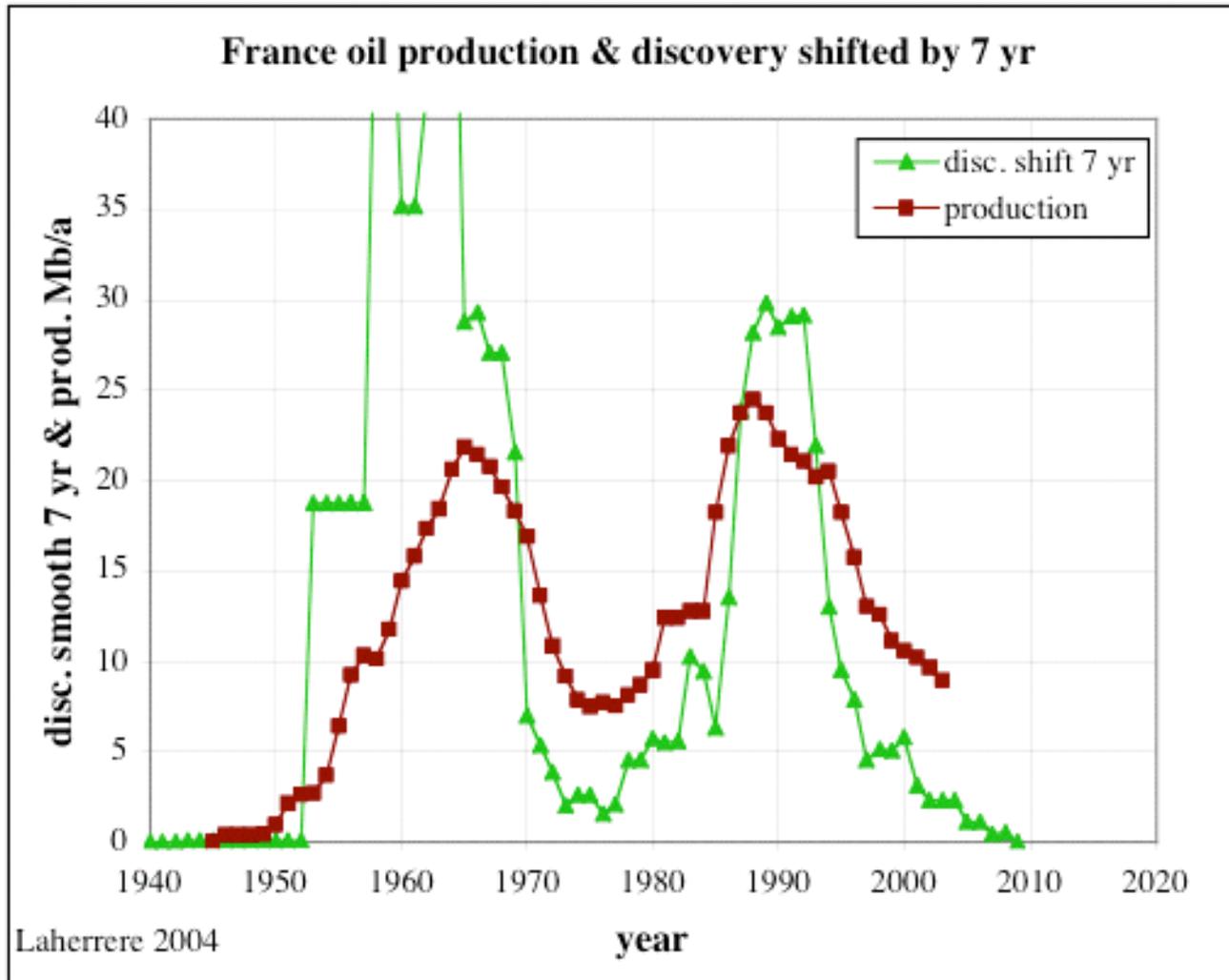
Hubbert a predit que la courbe de production imite la courbe de decouverte avec un certain retard et que la surface sous la courbe de production annuelle doit représenter les reserves ultimes: soit pour les US (hors Alaska qui n'a rejoint qu'en 1959) 150 Gb avec un pic en 1965 soit 200 Gb avec un pic en 1970.

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

La realite est que la courbe de decouverte (en rouge) coincide bien avec la courbe de production (en bleu) avec un decalage de 32 ans

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

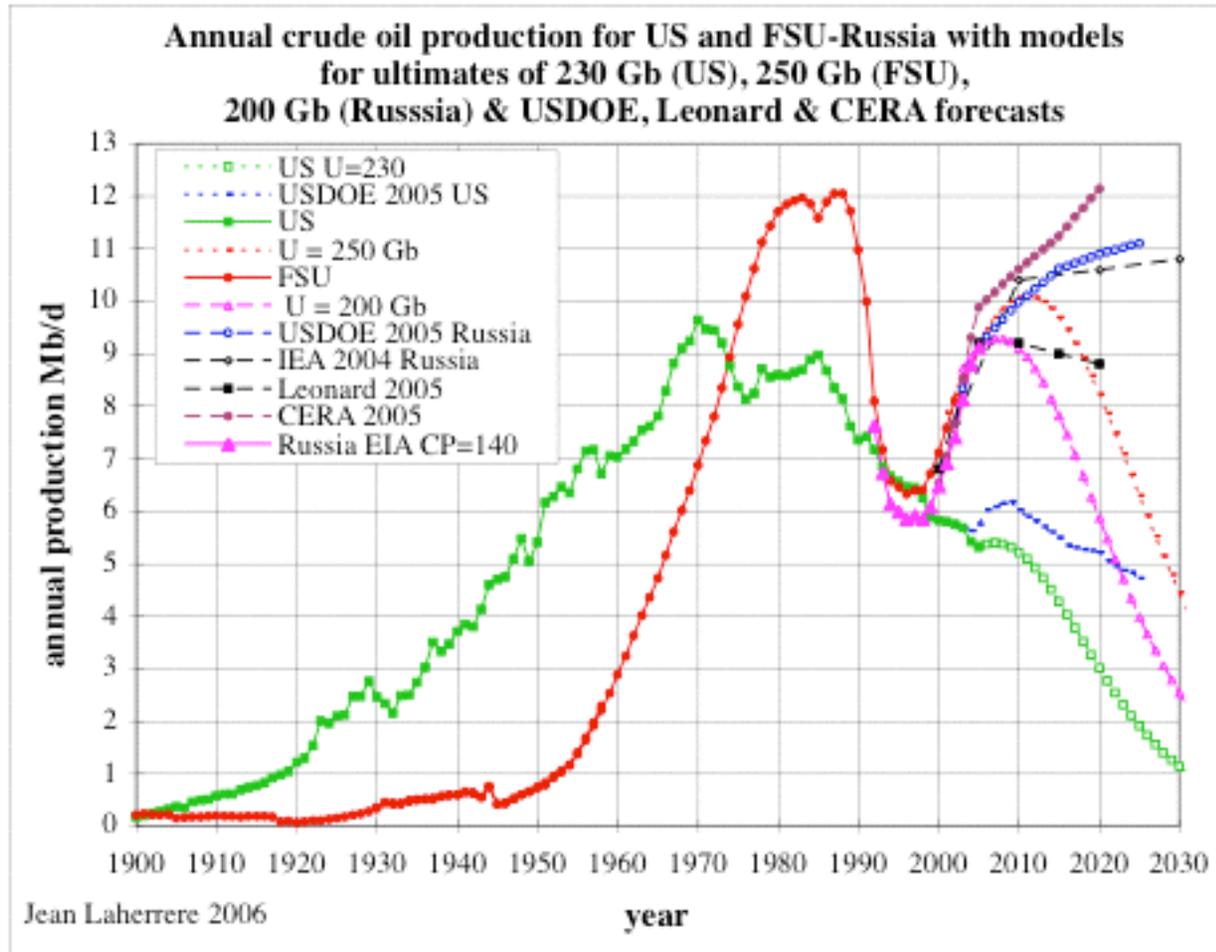
Figure 22: **France: production annuelle de petrole et decouverte decalee avec 2 cycles**



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

Figure 23: **Production des US, ex-URSS et Russie et diverses prévisions 1900-2030**

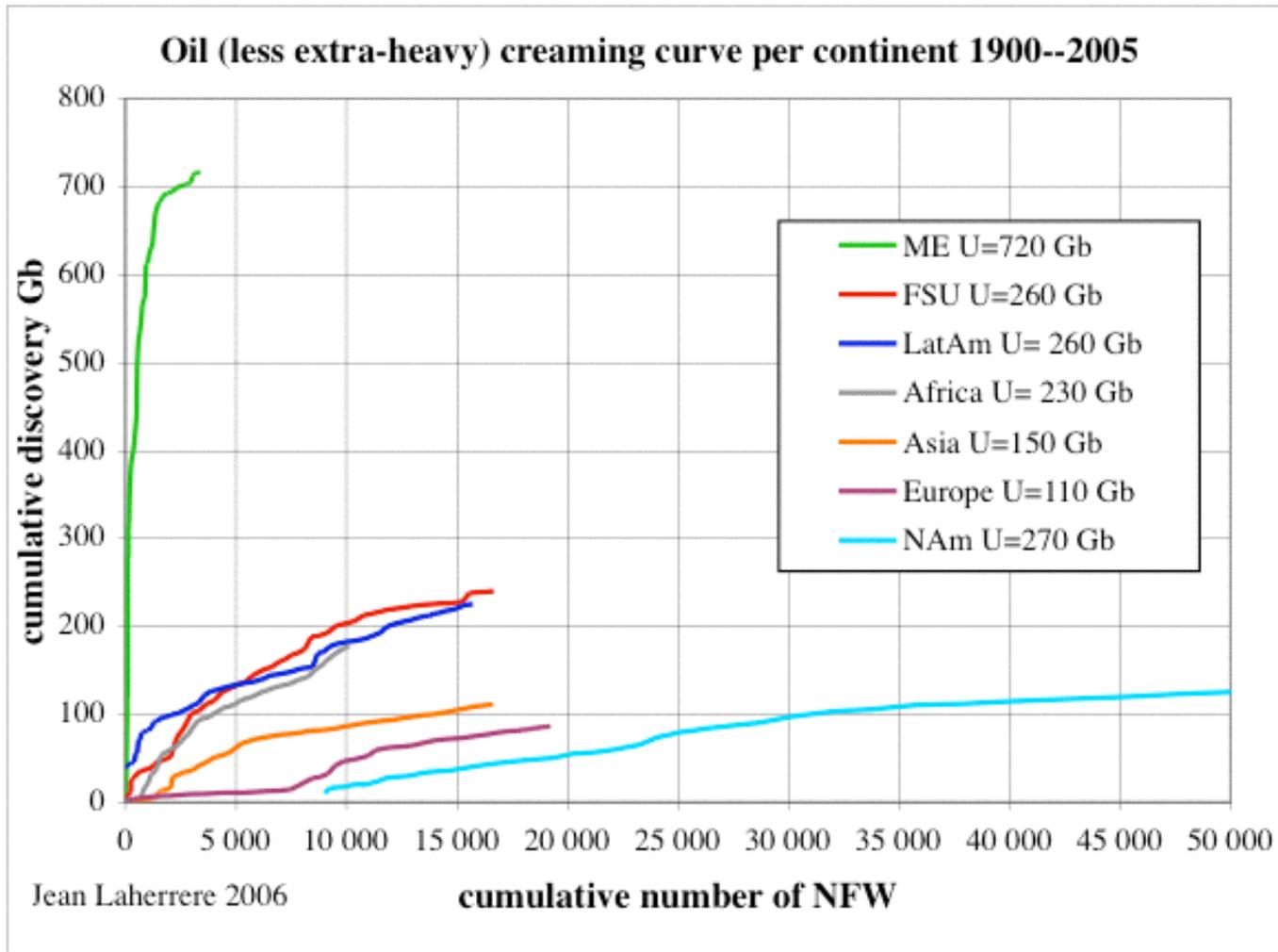


La production russe doit décliner des 2010, mais les prévisions officielles ne montrent aucun pic jusqu'en 2030

### -Estimation de l'ultime

Il est préférable d'estimer les ultimes à partir des courbes d'écremage, à savoir la courbe des découvertes cumulées en fonction du nombre cumulé de puits d'exploration pure (New Field Wildcat NFW).

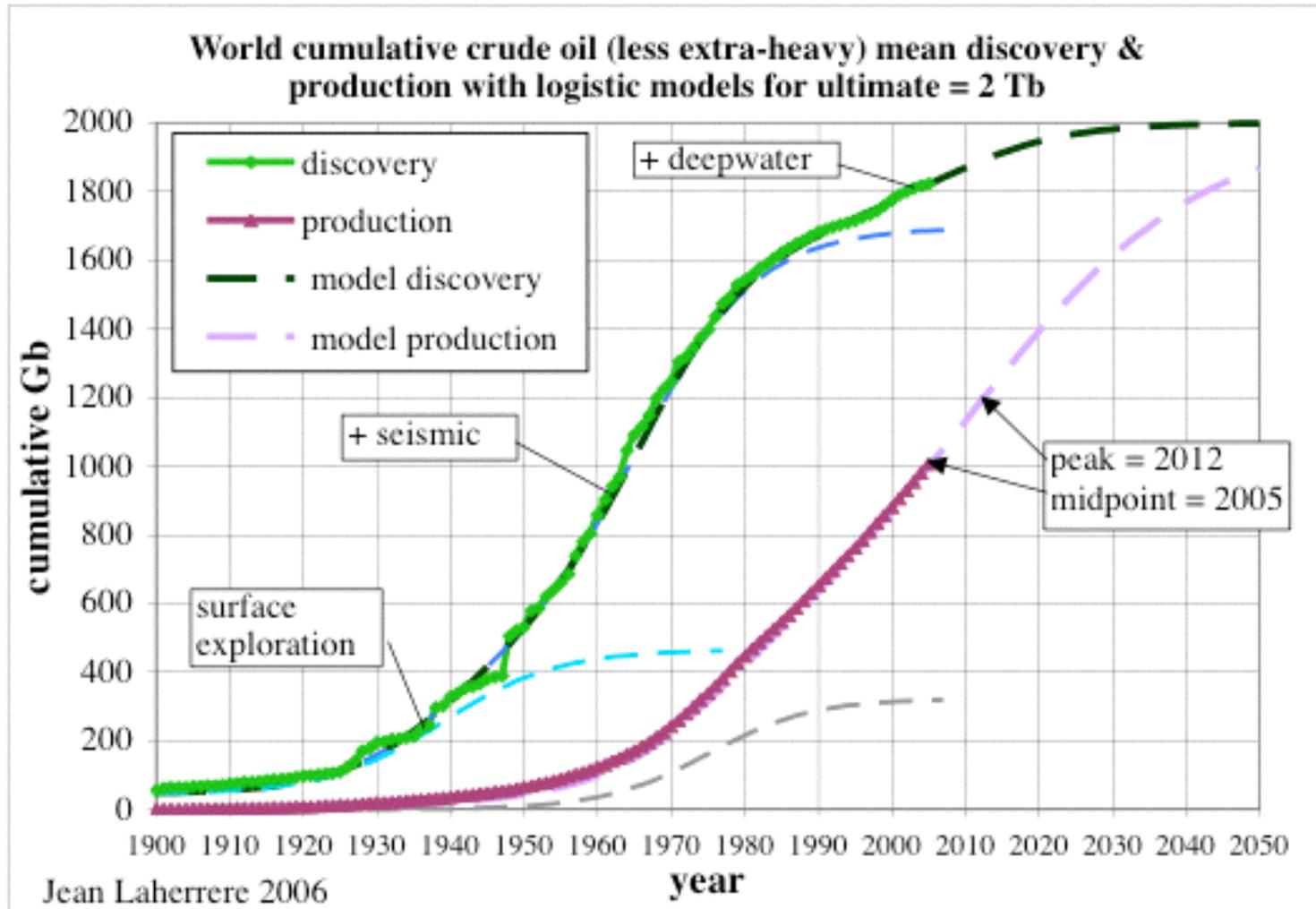
Figure 26: Courbe d'écremage du pétrole conventionnel par continent



Le Moyen Orient est exceptionnel par ses réserves et les US par le nombre de puits (trop de propriétaires)

### -Modélisation de la production future

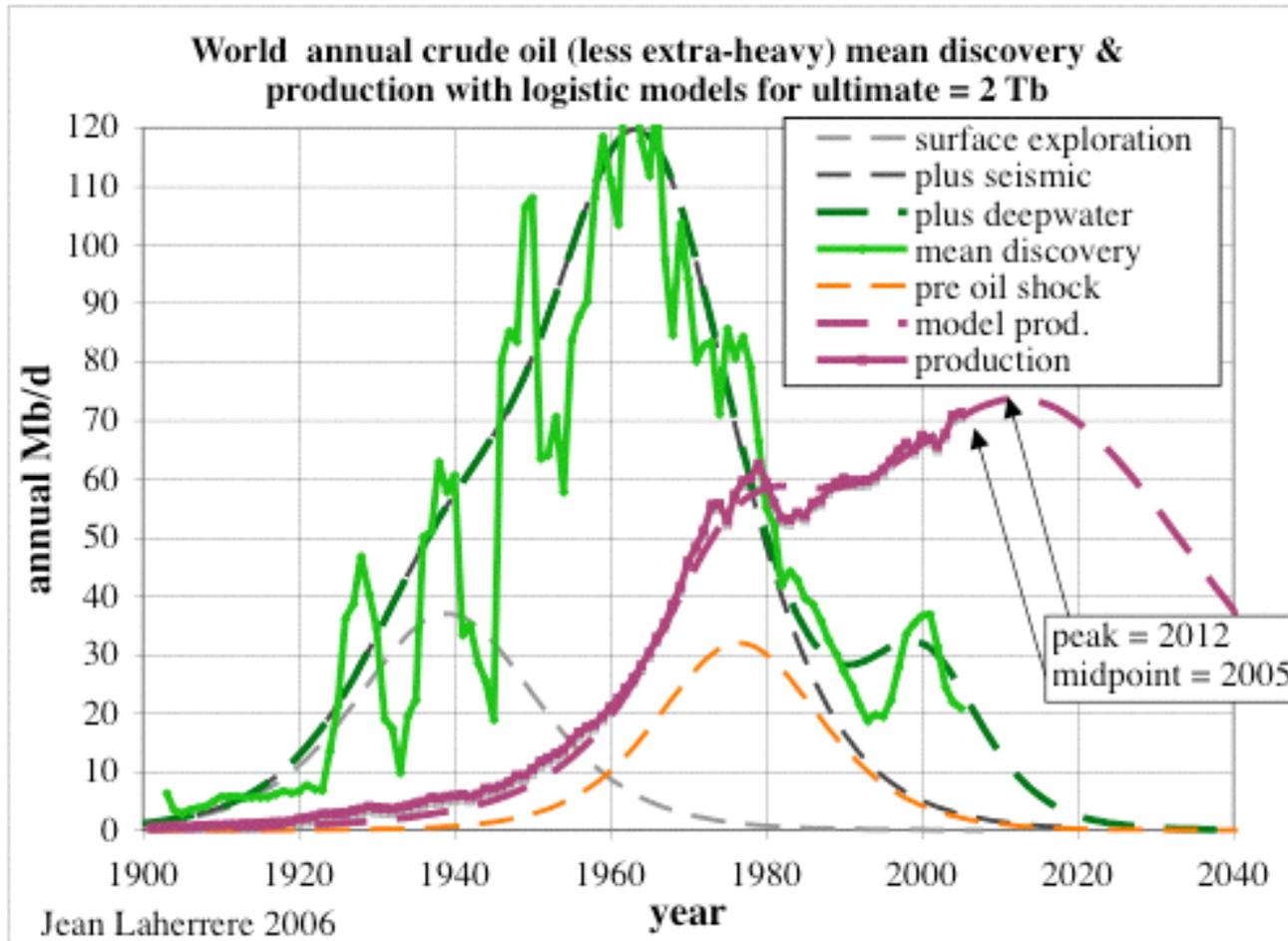
Figure 27: **Monde: brut moins extra-lourd**: découvertes moyennes **cumulees** et production cumulee avec modeles logistiques (courbe en S) pour  $U = 2000 \text{ Gb} = 2 \text{ Tb}$



Le modele logistique (courbe en S) avec plusieurs cycles donne un excellent calage.

Meme elements, mais annuel.

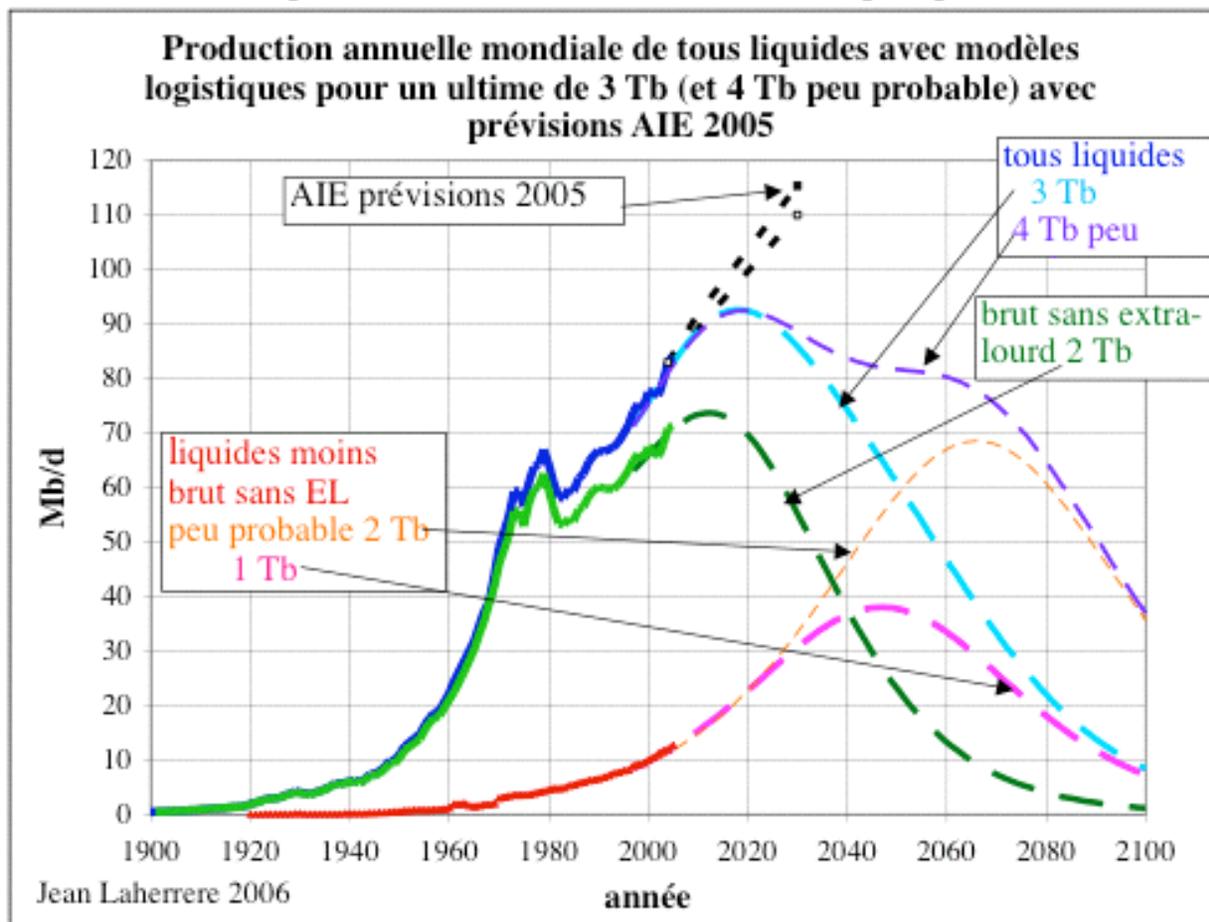
Figure 28: **Monde: brut moins extra-lourd**: decouvertes et production **annuelles** avec modeles logistiques pour  $U = 2000 \text{ Gb} = 2 \text{ T}$  (sans contrainte de la demande ou des investissements)



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

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 29: **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)



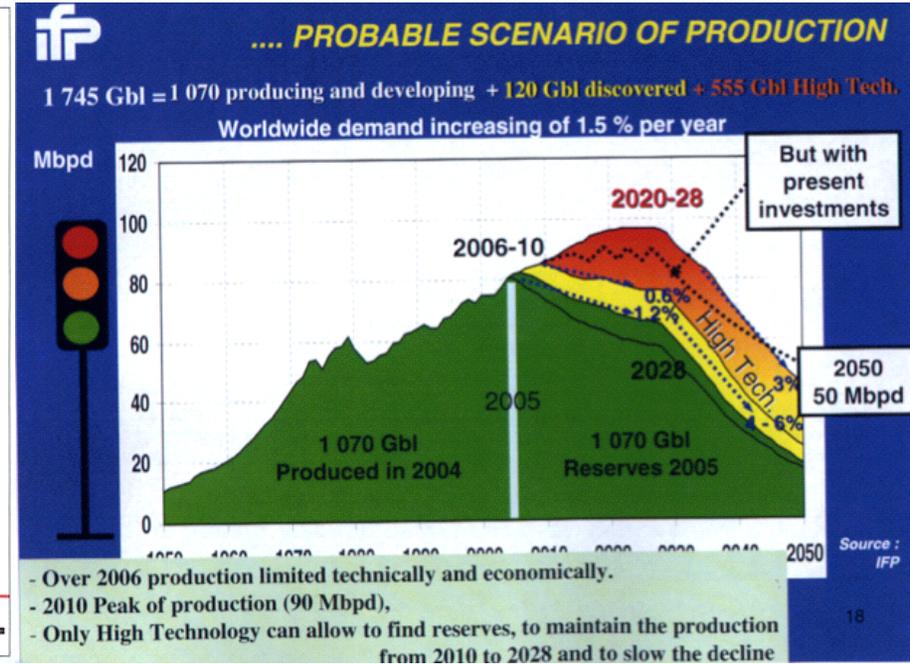
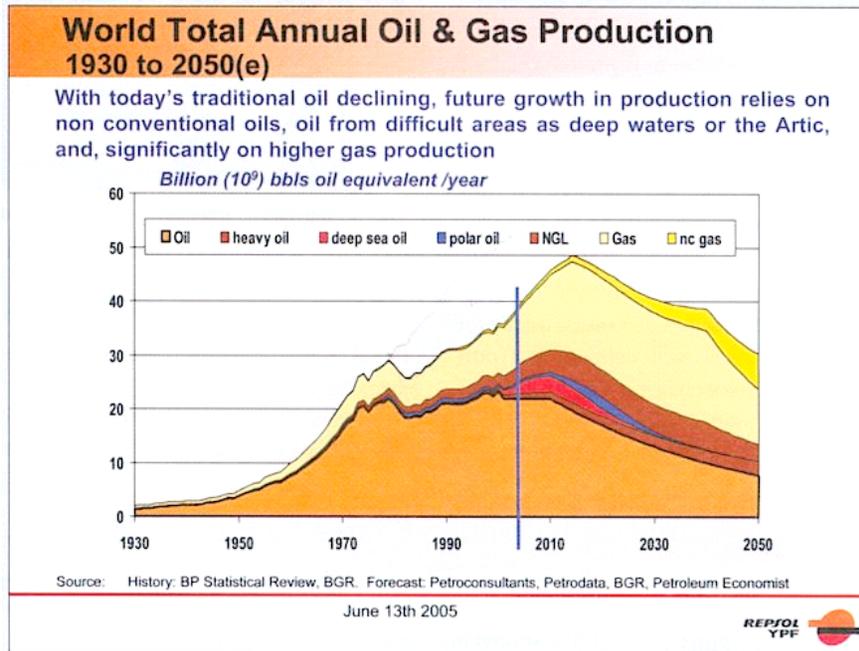
**L'huile chere (rouge) ne change pas le pic mais la pente du déclin**

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 ondule** avec des prix chaotiques.

## -Autres previsions de production mondiale de petrole

Figure 30: **production** mondiale de **petrole** et de gaz par Repsol = pic du petrole entre 2010 et 2015

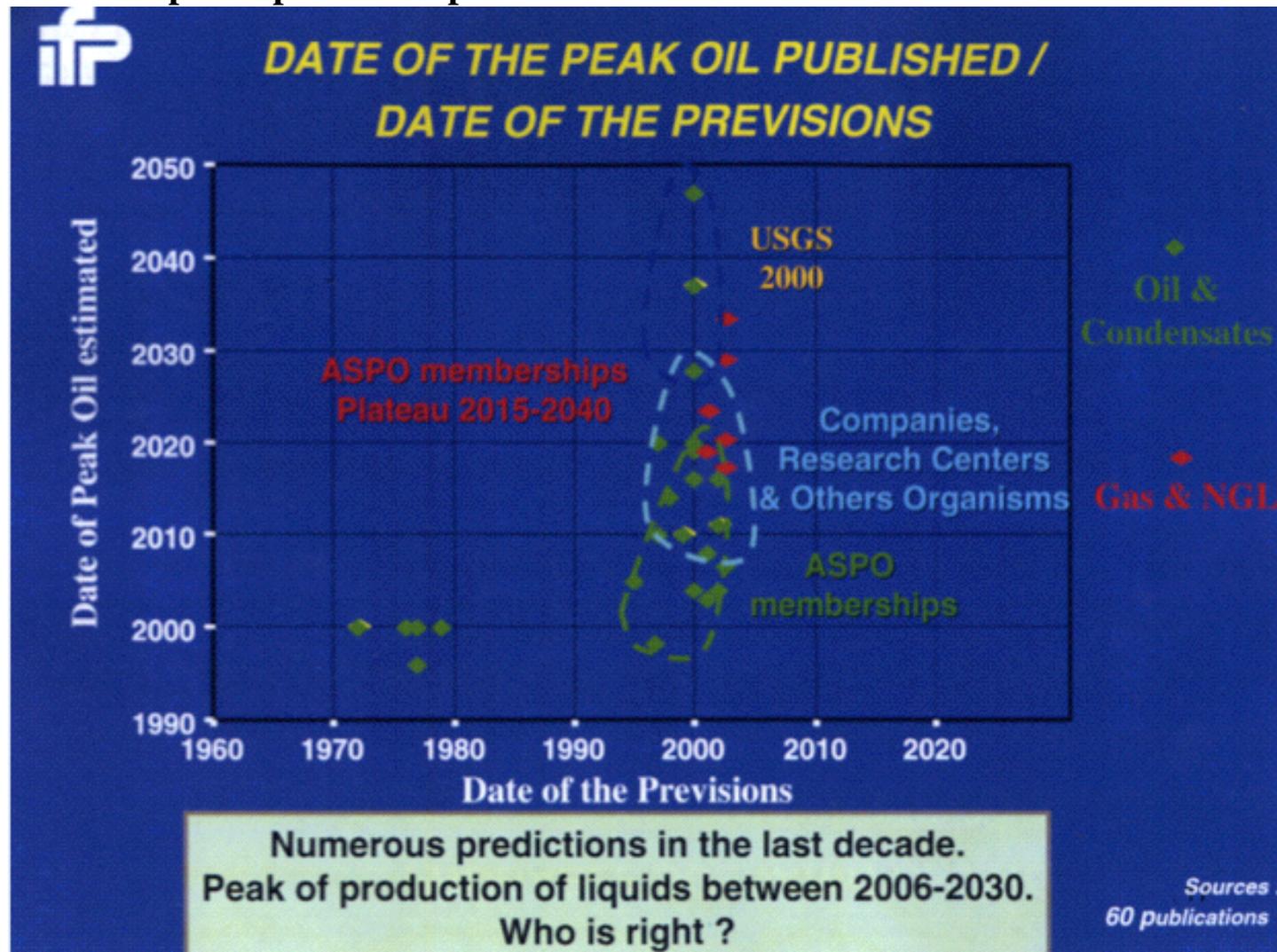
Figure 31: **production** mondiale de **petrole** d'après l'IFP pic 2010 sauf si High Tech



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

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).

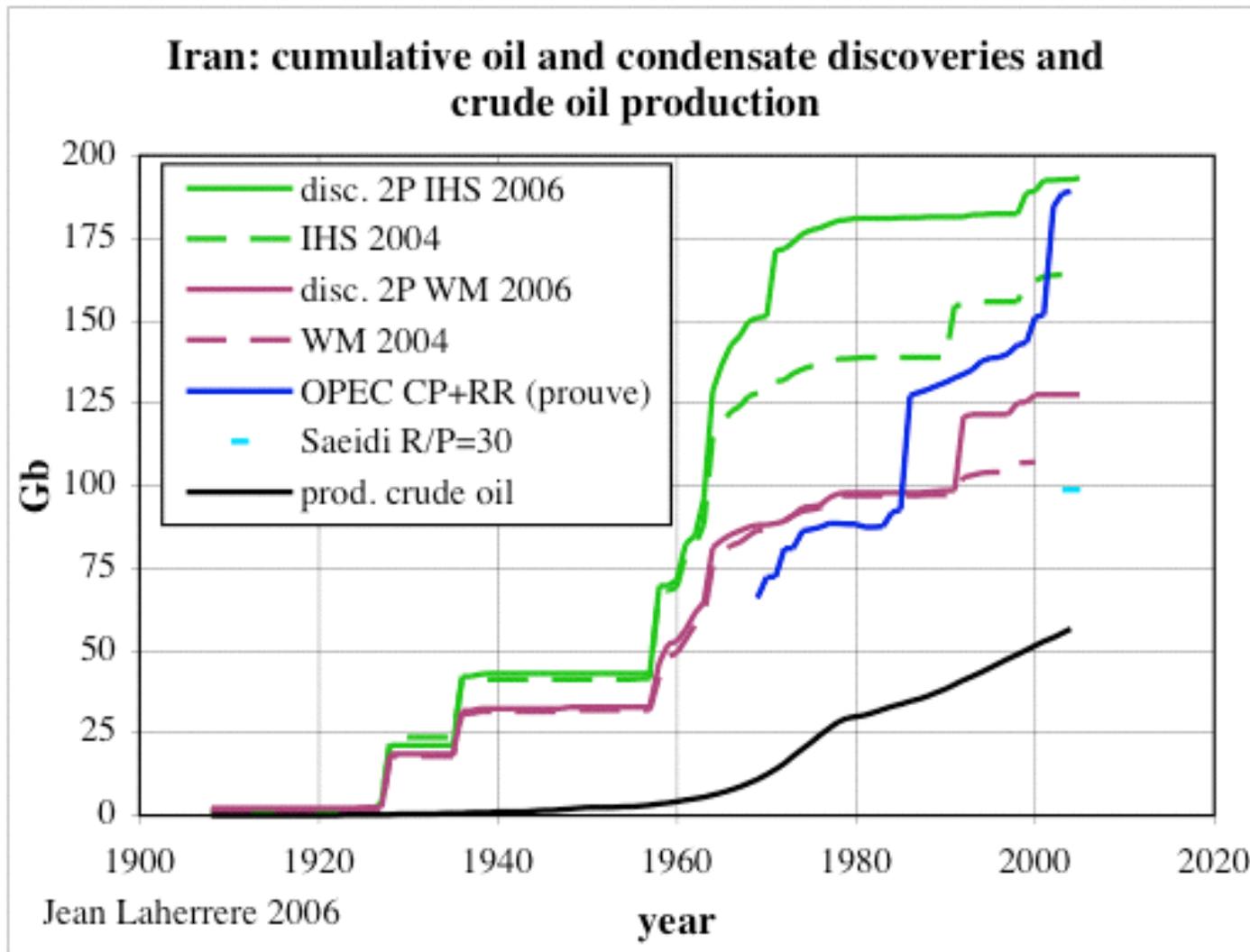
Figure 32: **date du pic de petrole d'apres l'IFP**



Les previsions de l'USGS (Geological Survey 2000) sont considerees hors normes!

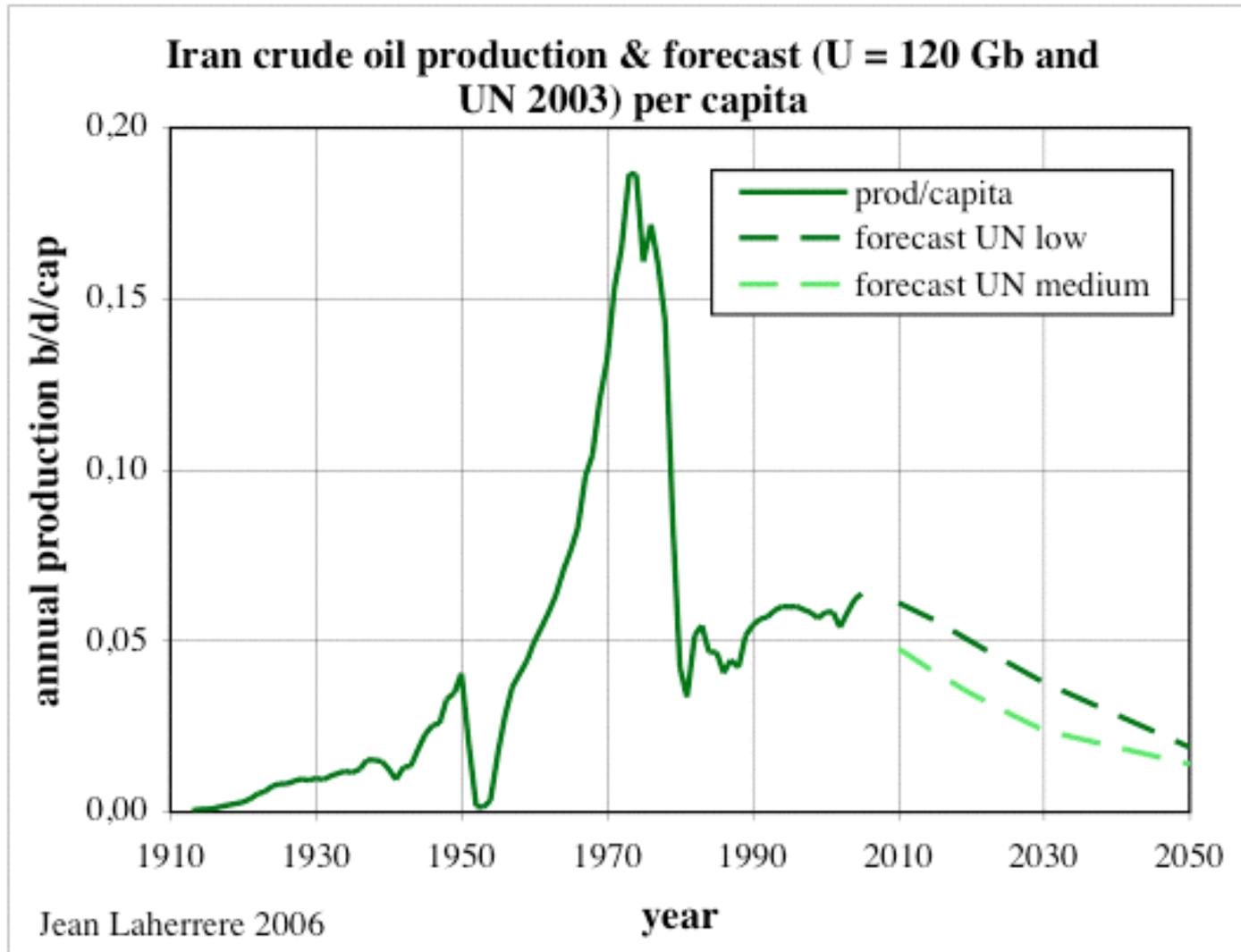
**-Iran**

Figure 33: Iran: decouverte et production cumulees de petrole d'apres plusieurs sources 1908-2005



Les donnees dites techniques sont influences par les donnees officielles (nouveaux clients) qui sont divises par deux (point bleu clair) par certains experts iraniens (Saeidi et Saidi).

Figure 35: Iran production de petrole par habitant 1910-2050



L'Iran a besoin de centrales nucleaires vite !

## -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 36: **reserves restantes mondiales de gaz suivant differentes sources**

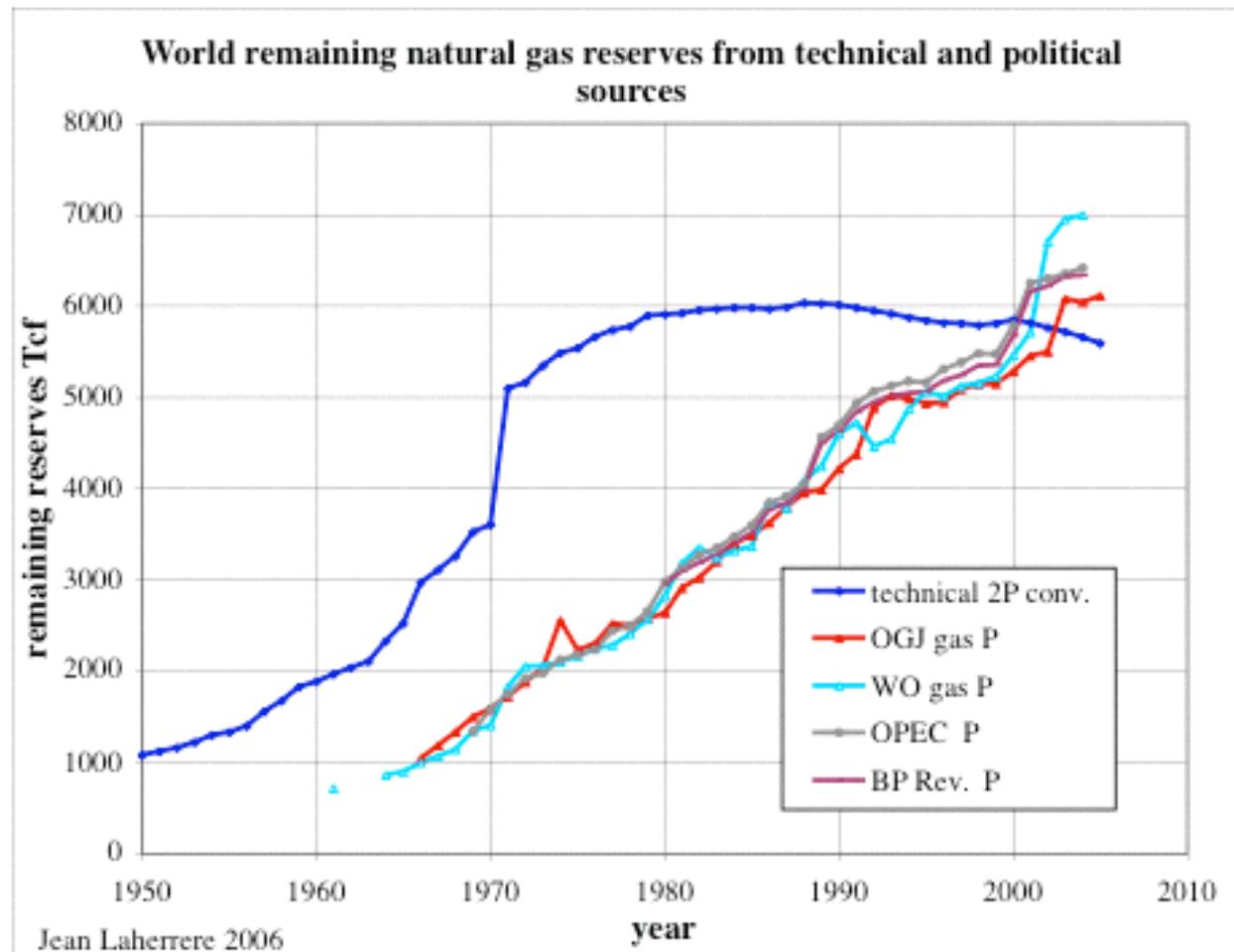
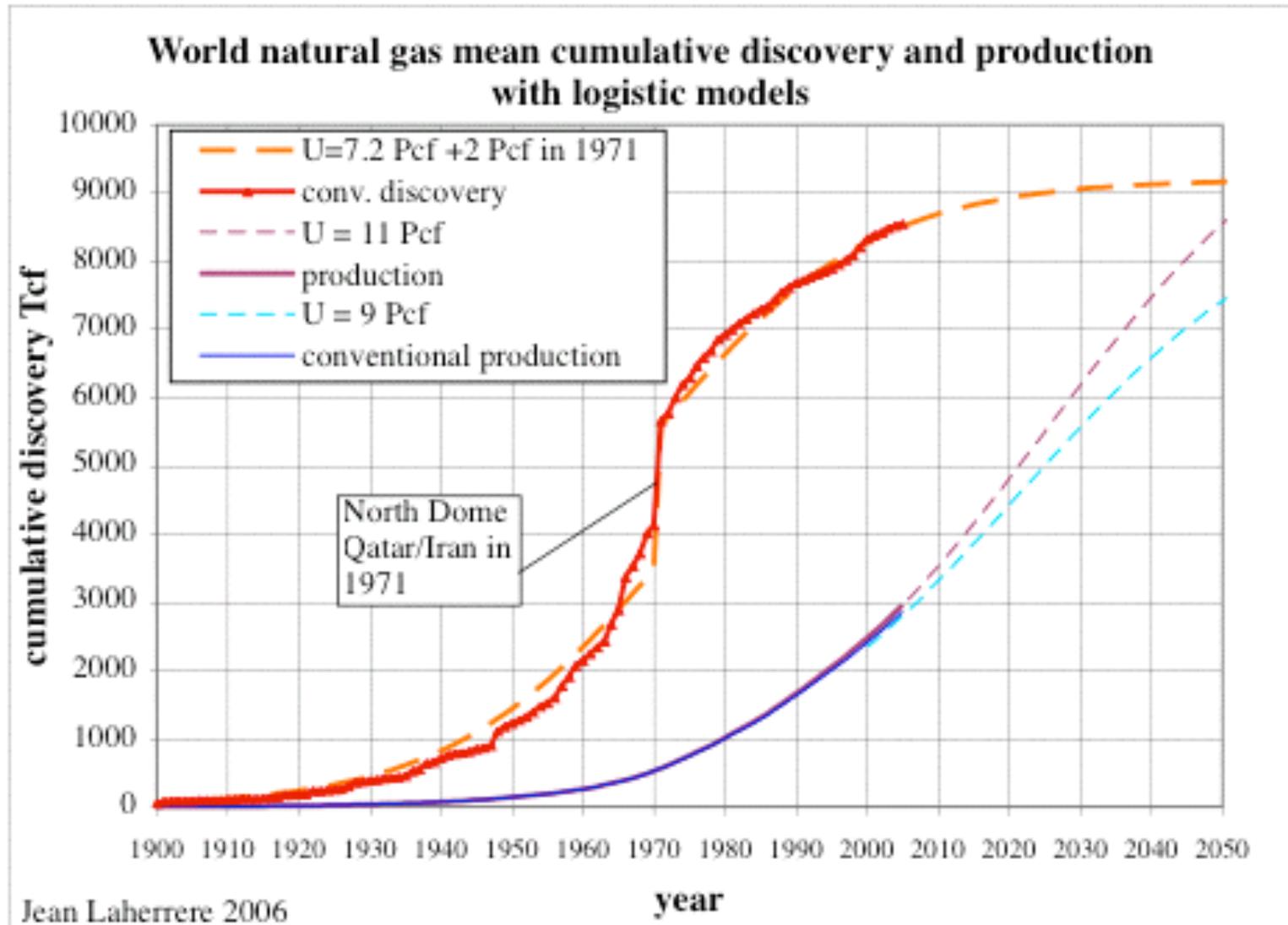


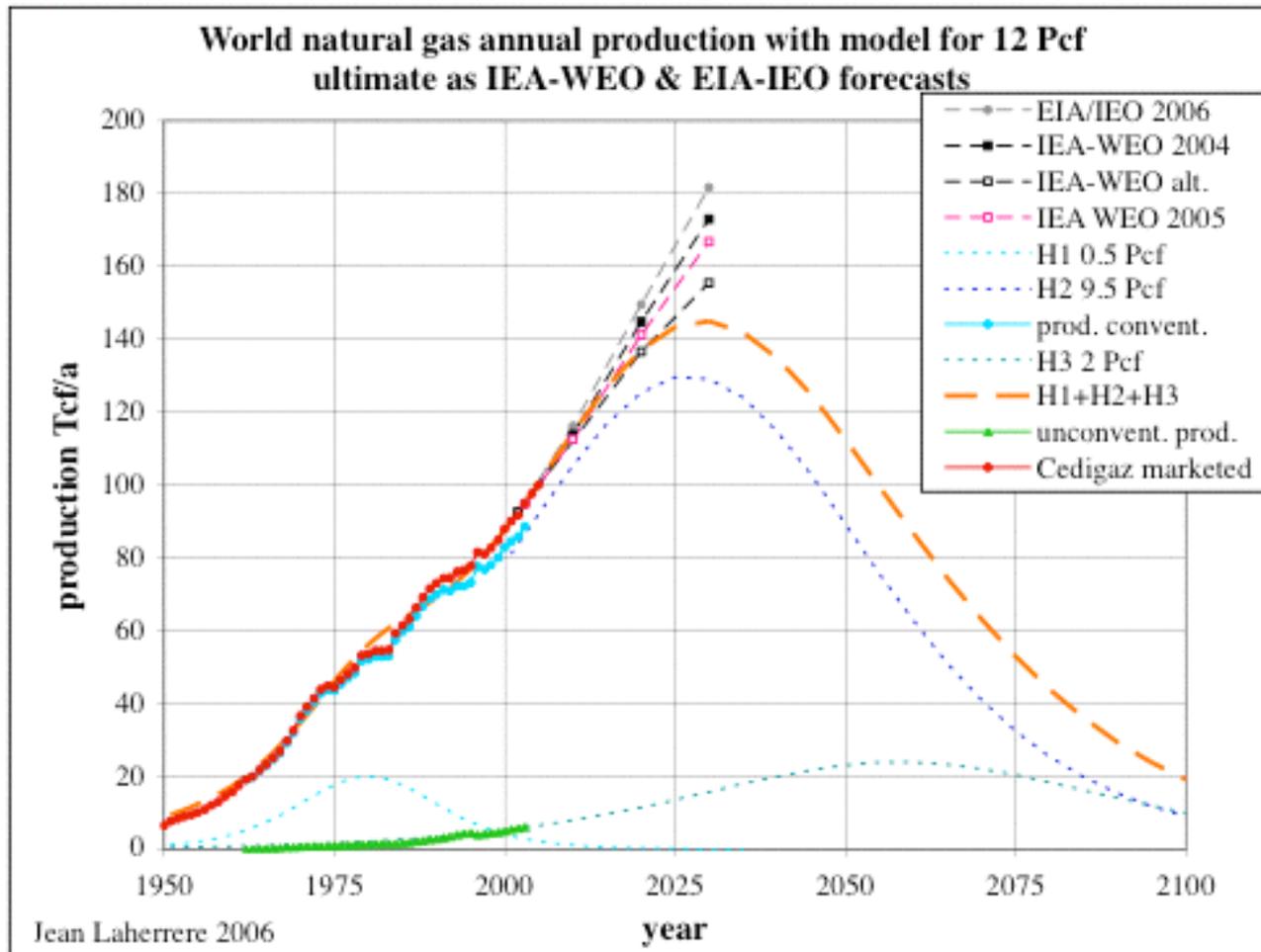
Figure 37: **Decouvertes mondiales cumulees de gaz et production avec modeles logistiques**



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

Les prévisions de production sans contrainte de la demande ou des investissements (ou politiques) sont pour un pic global vers 2030

Figure 38: **Decouverte annuelle de gaz mondial et production 1950-2100**

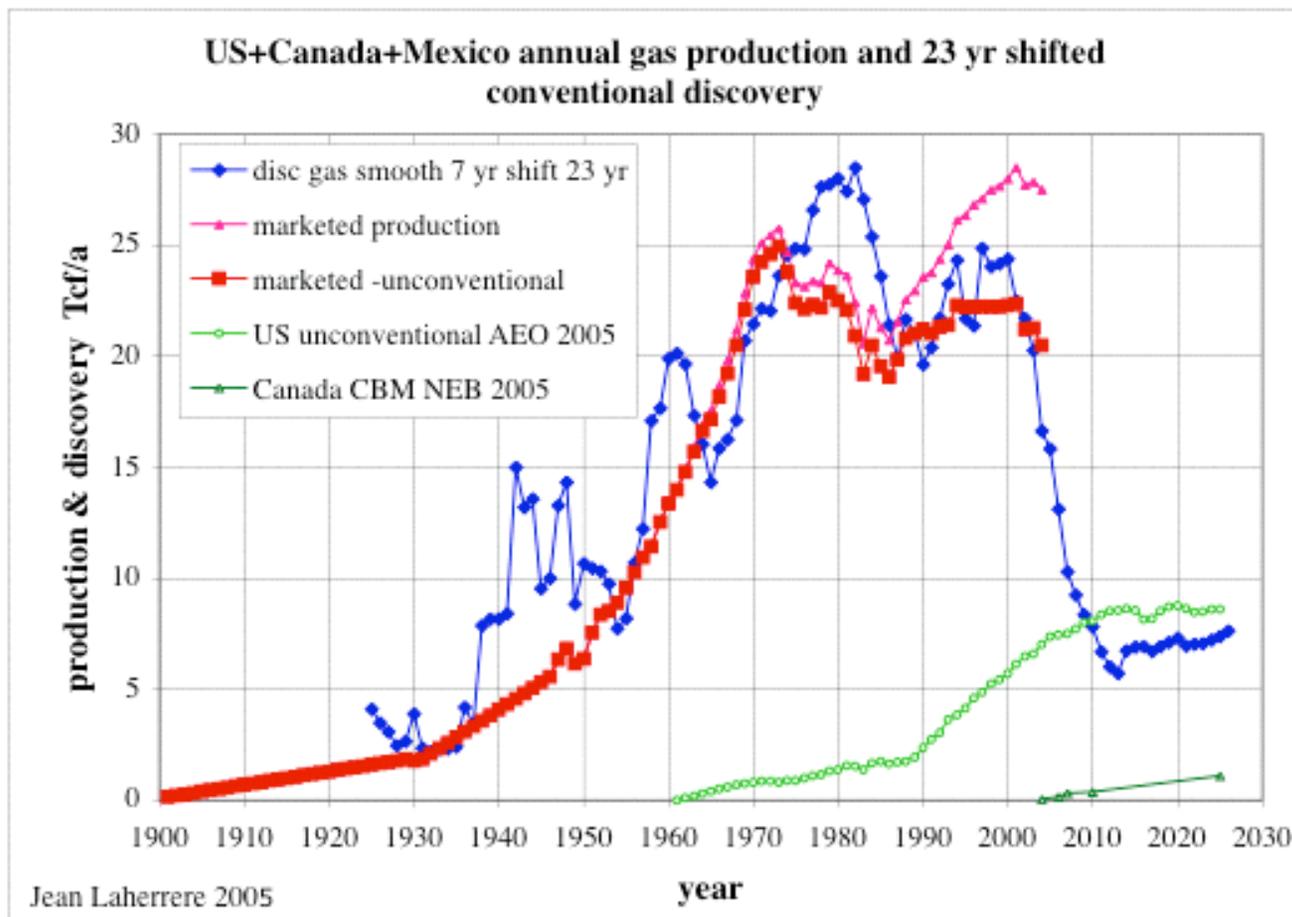


Pour le gaz, le pic mondial se situe en 2030. Mais il est probable qu'il y aura pénurie locale très vite

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

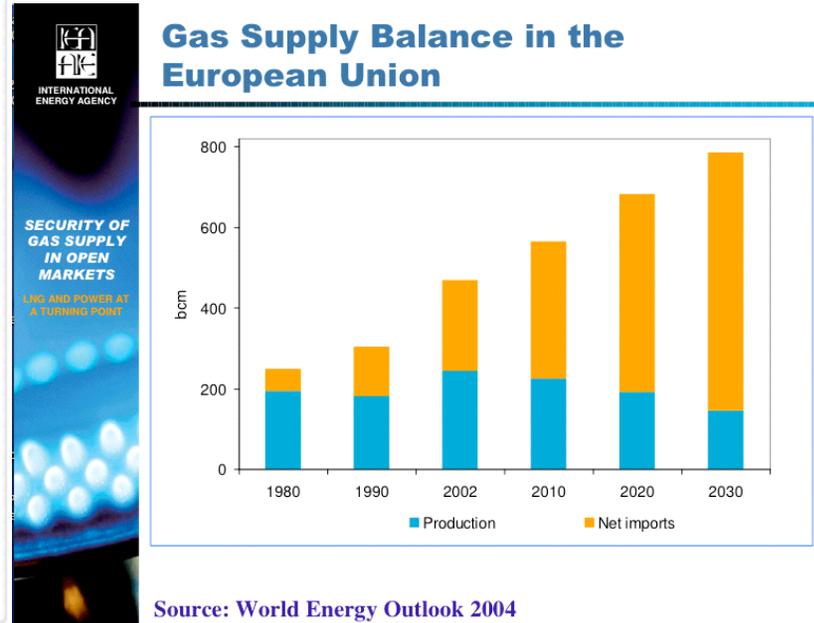
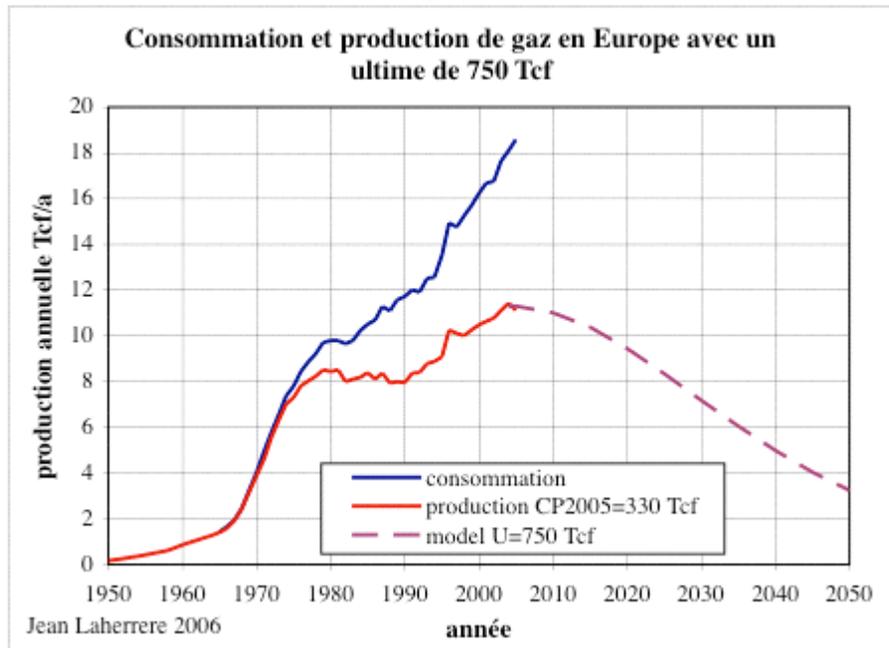
**Figure 40: US + Canada + Mexico: production de gaz conventionnel et decouverte decalee de 23 ans: 1900-2030**



La production de gaz conventionnel est sur le declin et les previsions de non-conventionnel plafonnent aux US en 2010.

La production de gaz en Europe est au pic et l'Europe compte trop sur le gaz russe qui est surevalue Figure 41: **Europe: consommation et production annuelle de gaz pour un ultime de 750Tcf: 1930-2050**

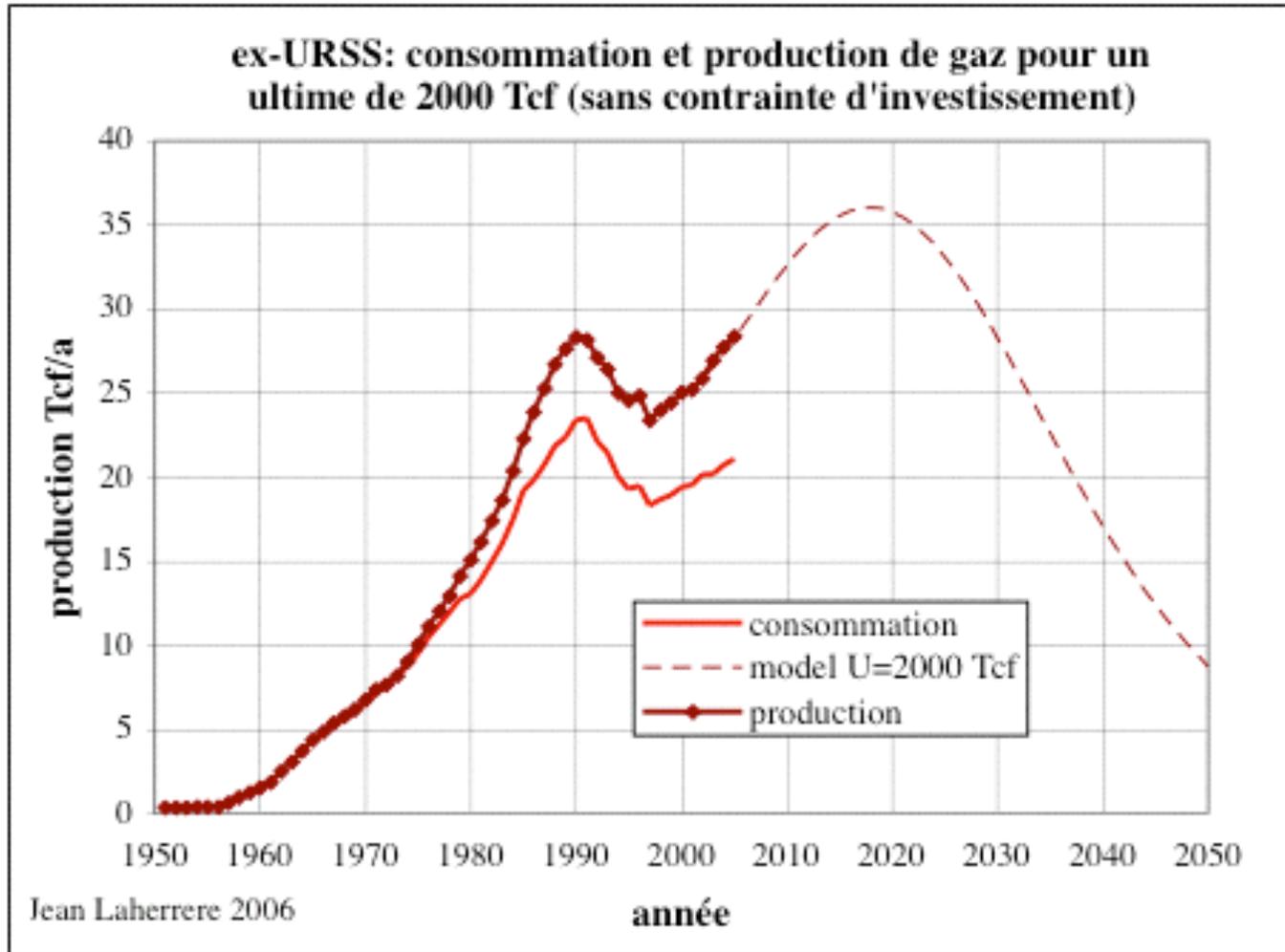
Figure 42: **Offre et demande de gaz de l'Union Européenne d'après AIE**



Le deficit en Europe devrait dépasser 400 G.m3 (11 Tcf) en 2020

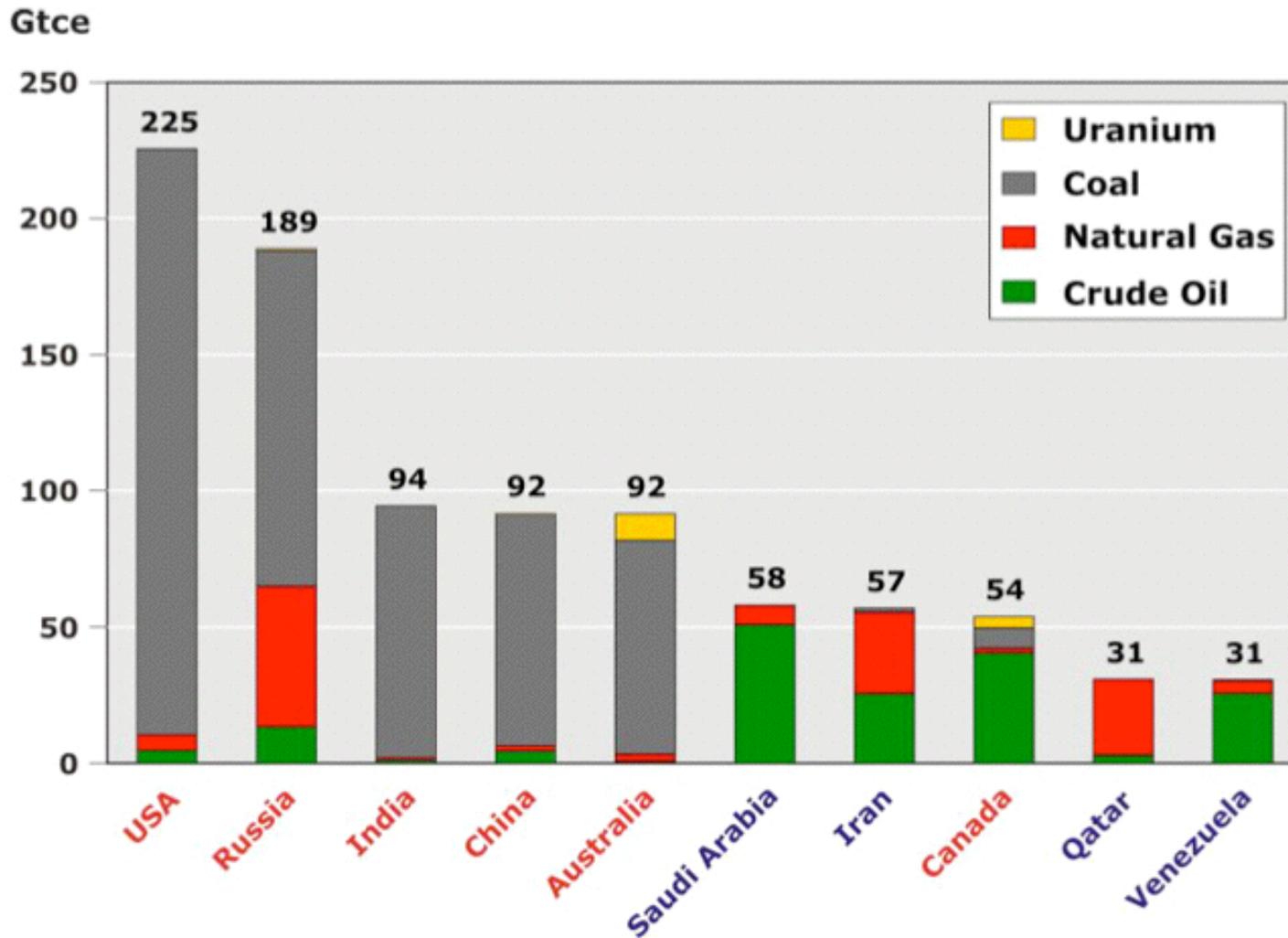
Mais l'Europe compte trop sur le gaz russe, qui est surestime (la classification russe prend la recuperation theorique maximum).

Figure 43: ex-URSS: consommation et production annuelle de gaz avec un ultime de 200 Tcf **et sans contrainte d'investissement** 1950-2030



En 2020 l'ex-URSS ne pourra exporter que <10 Tcf et la Russie veut vendre du gaz vers l'Amerique

**-Inventaire des Ressources en energie d'après les BGR= Bureau de Geosciences en Allemagne**  
**Figure 47: BGR: Reserves restantes de combustibles fossiles en 2004 pour les pays les plus dotes en Gtec (tonne equivalent charbon)**



Les US sont le Moyen-Orient du charbon!

### -Previsions des combustibles fossiles

La production de combustibles fossiles peut être modelisée (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 48: **Production mondiale annuelle de charbon, pétrole et gaz & population 1800-2200**

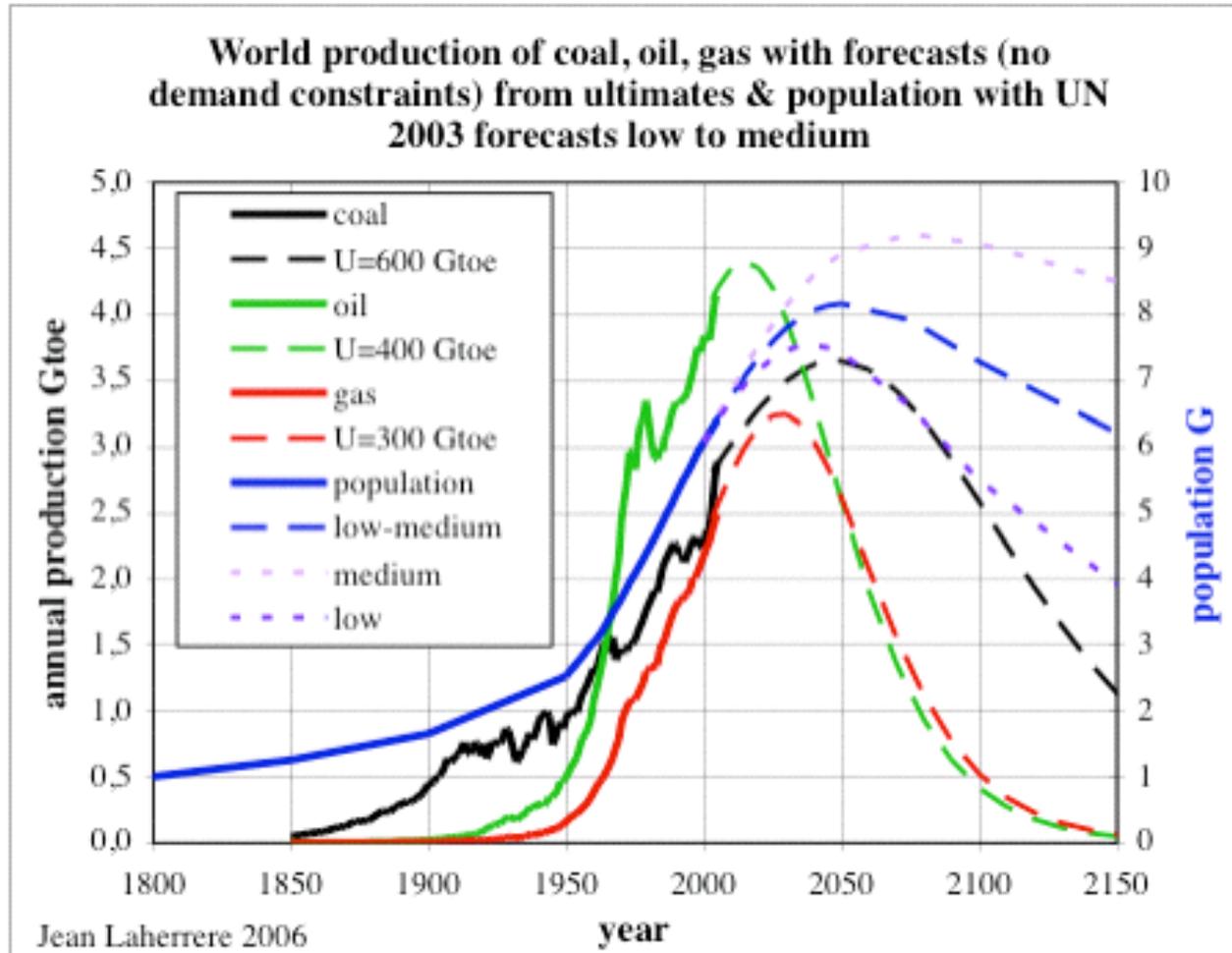
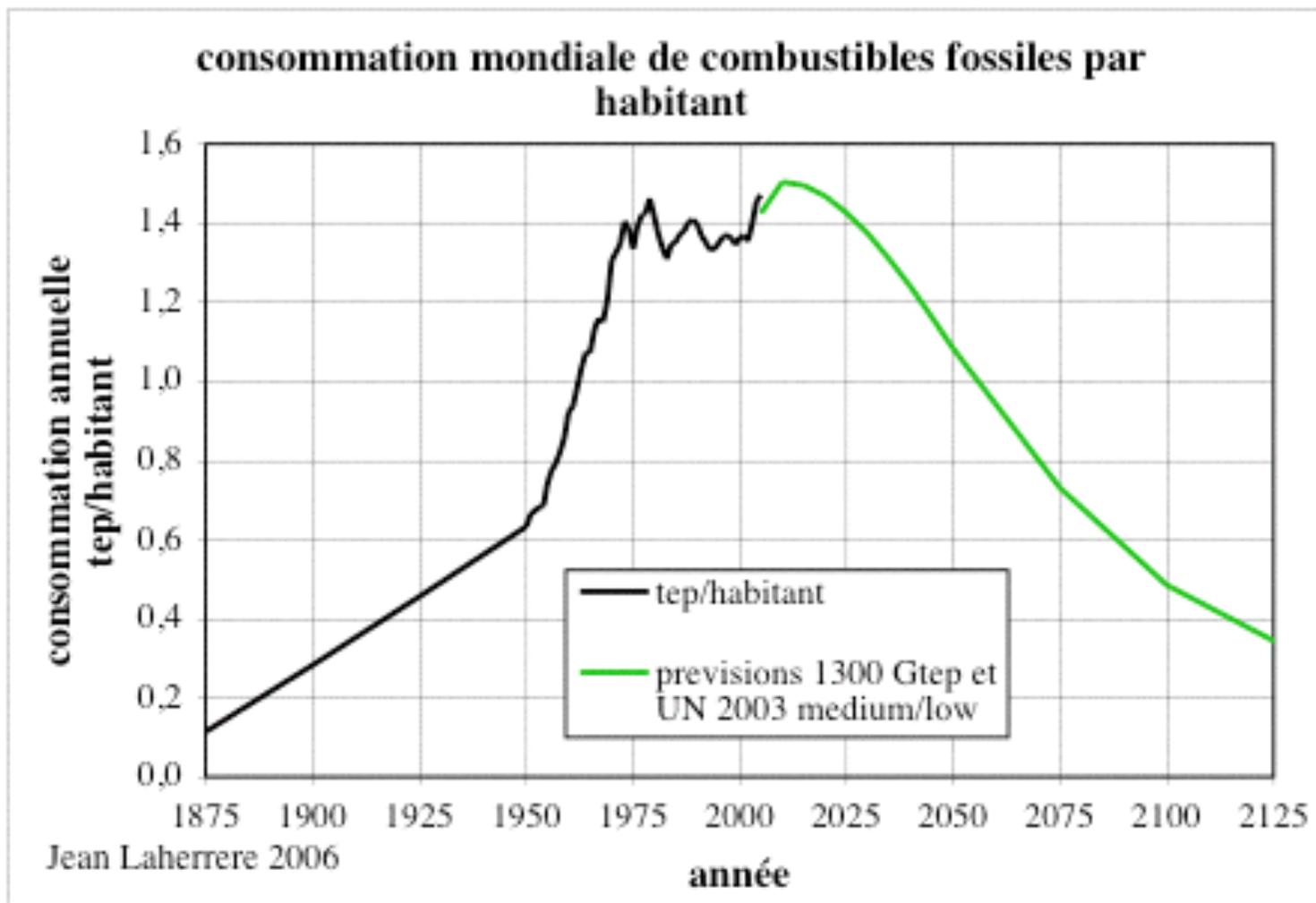
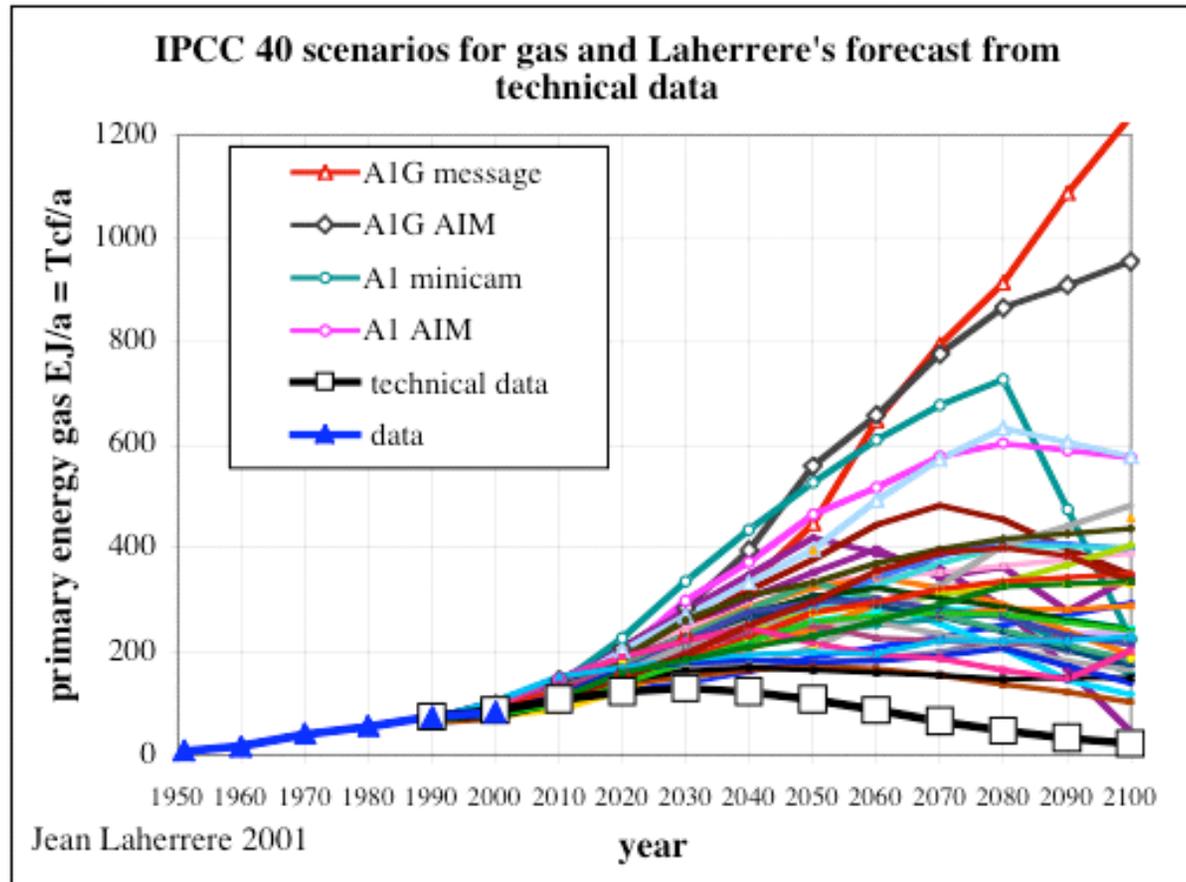


Figure 49: consommation mondiale annuelle de combustibles fossiles par habitant



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

Les 40 scenarios (SRES concus par IIASA) ) du GIEC (Groupement intergouvernemental de l'étude du climat) sont irrealistes compares aux donnees techniques, ce que j'ai montre au workshop de IIASA en 2001  
 Figure 51: IIASA scenarios (rapport GIEC2001) de la consommation de gaz compares aux donnees techniques

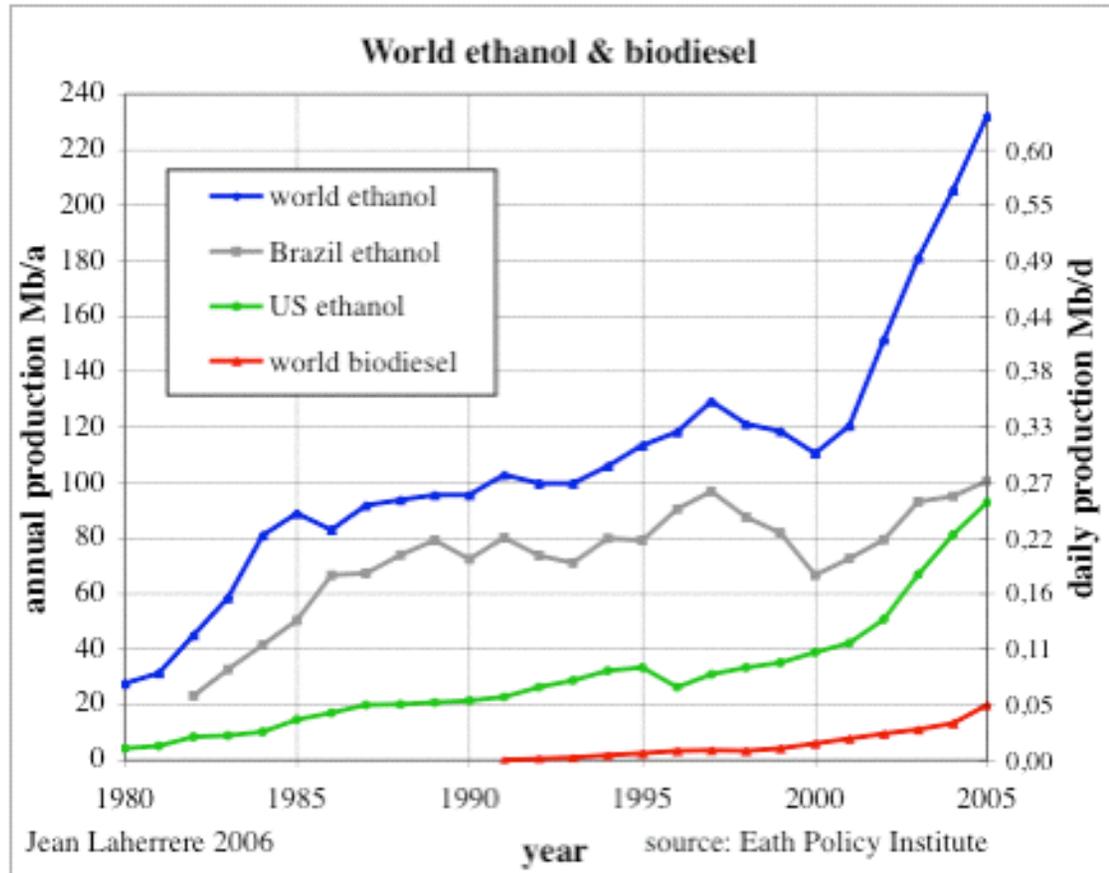


Le prochain rapport GIEC 2007 utilise les memes scenarios energetiques irrealistes de 2001 et va donc donner les memes resultats, puisqu'un modele ne peut transformer de mauvaises hypotheses en resultats valables! **GIGO = garbage in, garbage out**

### -Production mondiale de biocarburants

Les biocarburants qui sont comptés dans la production tous liquides (oil demand) ne font que 0,7 Mb/d en 2005, soit moins de 1%. Le biodiesel fait moins d'un dixième du bioethanol!

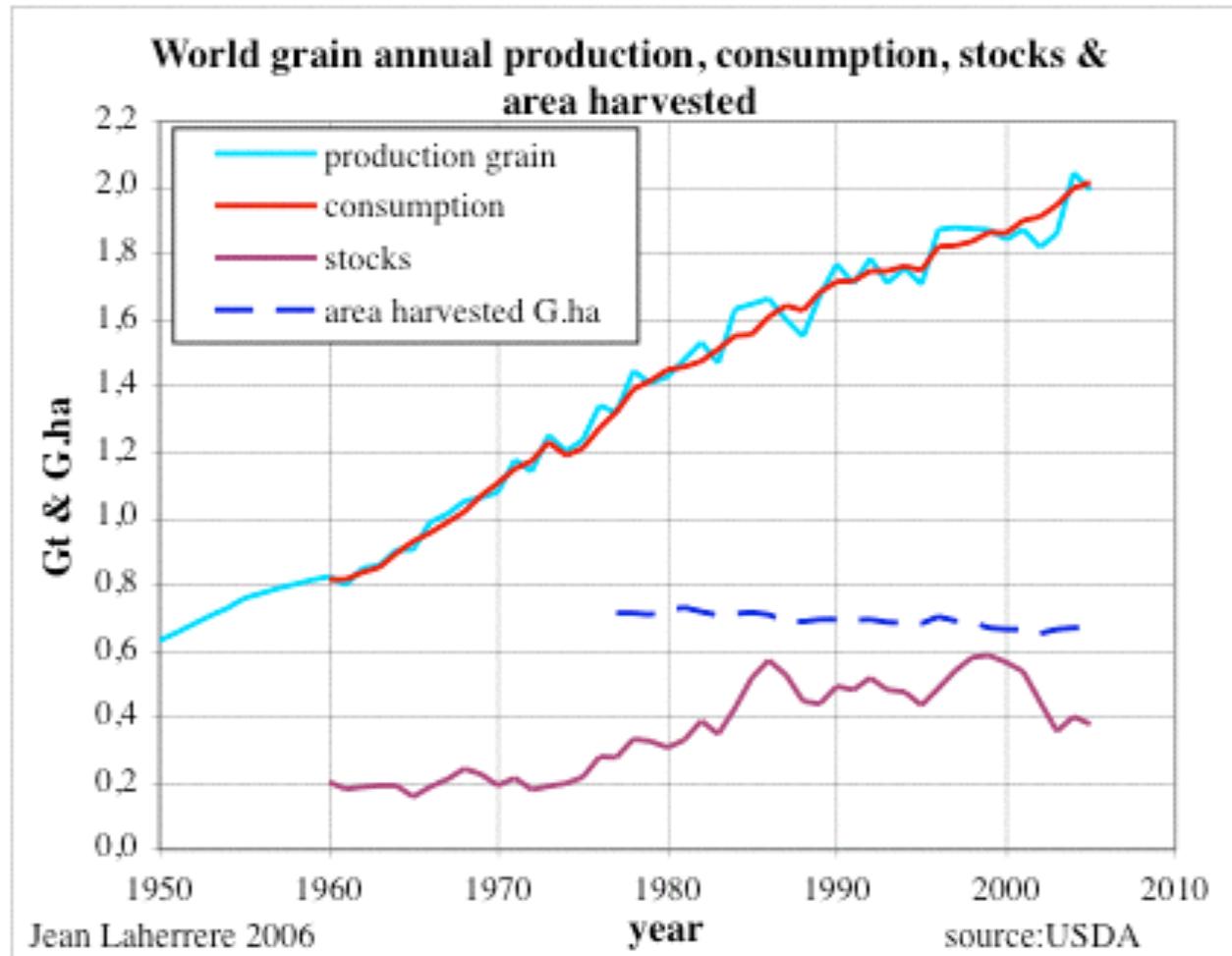
Figure 53: Production mondiale de biocarburants 1980-2005



Th. Breton 22 mai 2006: *Mon objectif est simple: je veux que d'ici la fin de la décennie, le marché offre des voitures qui puissent rouler indifféremment avec du pétrole ou avec un biocarburant presque pur.* Les raffineries françaises sortent trop d'essence et doivent exporter, il faut du biodiesel et non du bioethanol!

L'agriculture transforme le petrole en nourriture!

Figure 54: **production mondiale de grain, consommation et stocks 1950-2005**

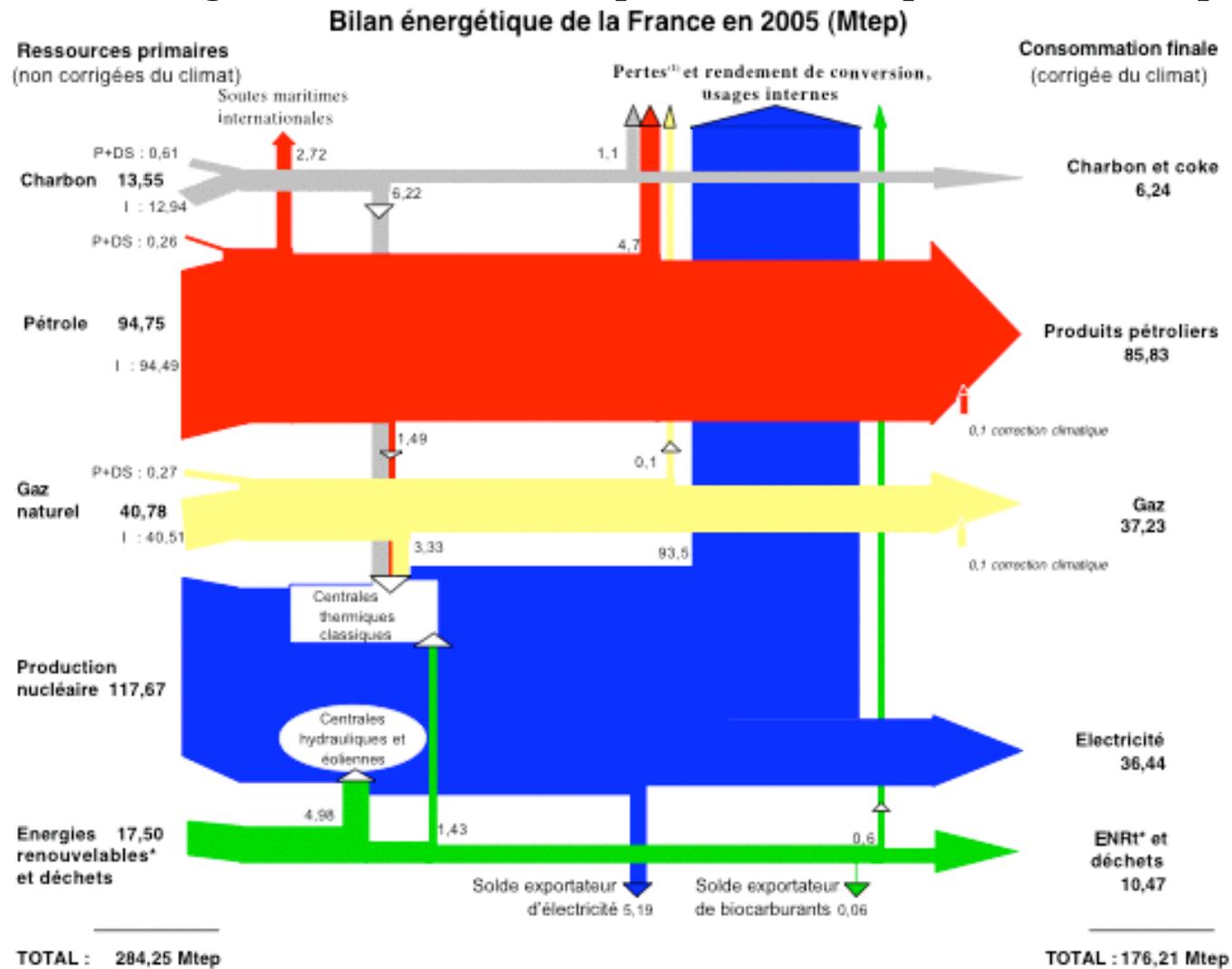


Les stock de cereales sont passes de 120 jours en 1997 a 60 jours en 2005.

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

## -Energie primaire

Figure 55: flux d'énergie en France en 2005 de primaire 284 Mtep a finale 176 Mtep



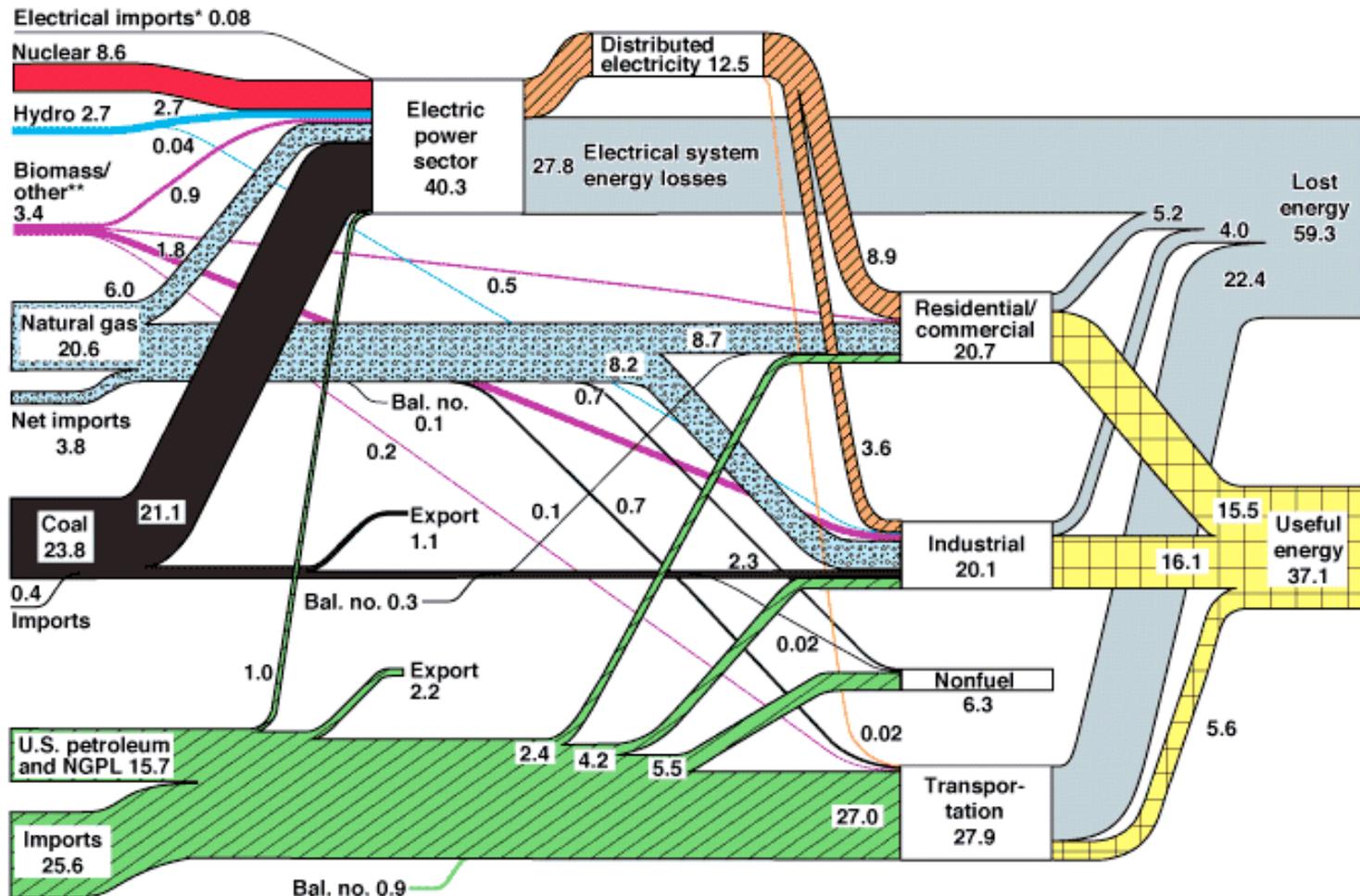
P : production nationale d'énergie primaire  
DS : déstockage  
I : solde importateur

\* : y compris hydraulique, éolien et photovoltaïque  
ENRt : énergies renouvelables thermiques (bois, déchets de bois, solaire thermique, biocarburants,...) et pompes à chaleur  
\*\* voir commentaire bas de page

Figure 56: Flux d'énergie aux US en 2002: **61% de l'énergie est perdu!**

## U.S. Energy Flow Trends – 2002

### Net Primary Resource Consumption ~103 Exajoules

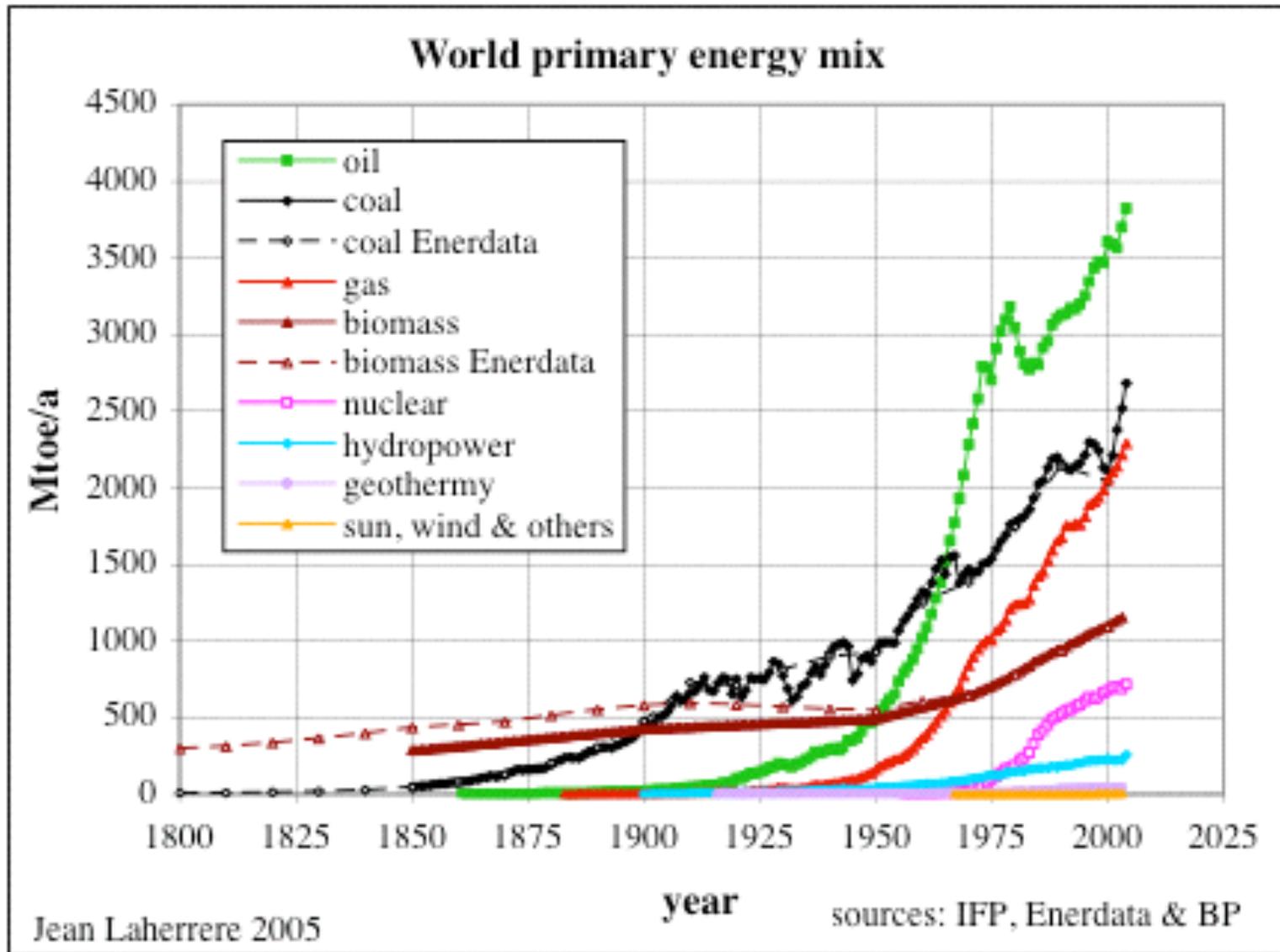


Source: Production and end-use data from Energy Information Administration, *Annual Energy Review 2002*.

\*Net fossil-fuel electrical imports.

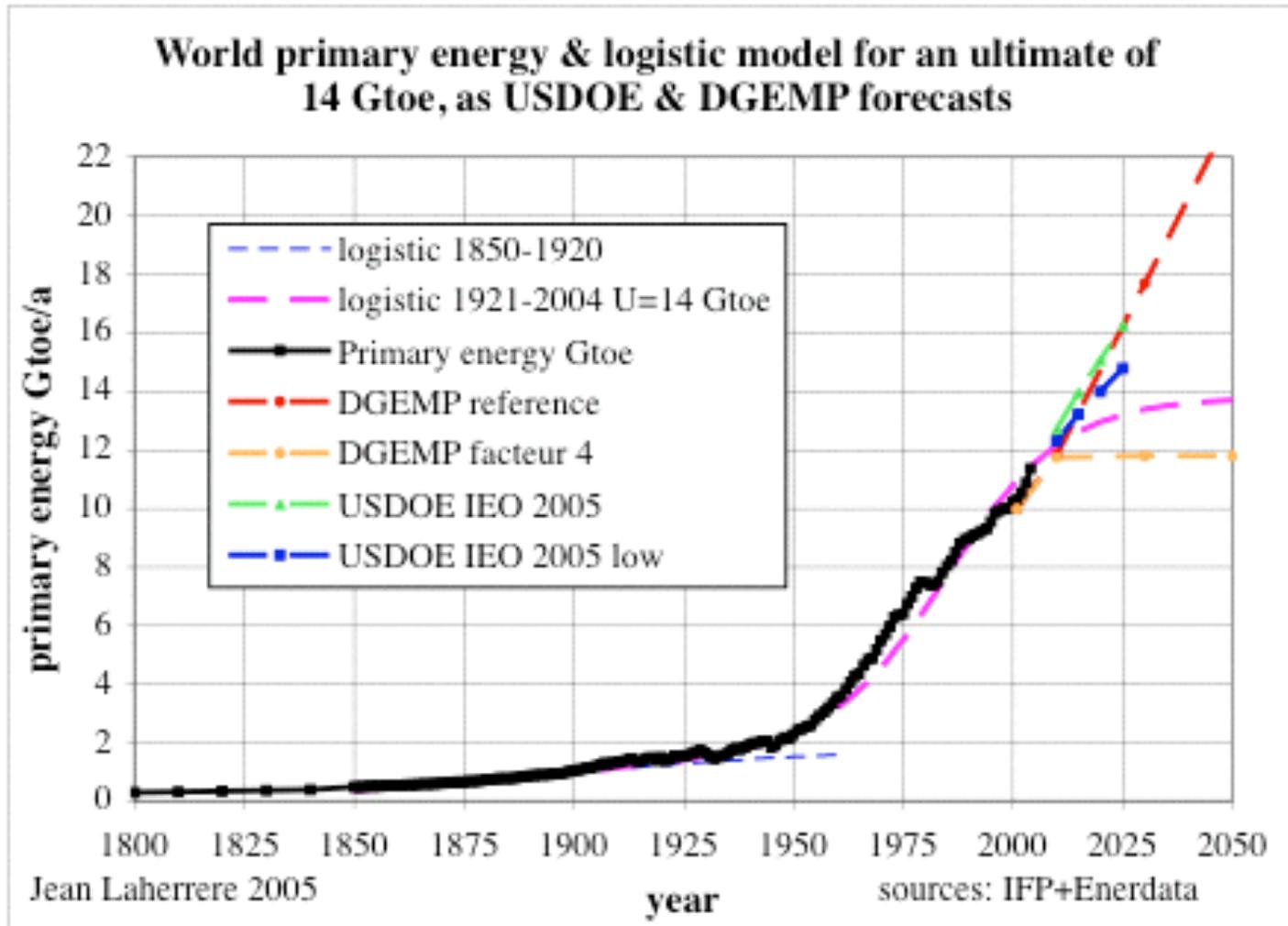
\*\*Biomass/other includes wood, waste, alcohol, geothermal, solar, and wind.

June 2004  
Lawrence Livermore  
National Laboratory  
<http://eed.llnl.gov/flow>

Figure 57: **Energie primaire mondiale 1850-2004**

Le solaire et l'éolien est négligeable et il faudra beaucoup de temps et d'argent pour être significatifs!

Figure 59: **Energie primaire mondiale: previsions d'un modele logistique, USDoE & DGEMP**



Le scenario DGEMP facteur 4, qui semble utopique, pourrait bien etre impose par la Nature

### -Prix

Le prix de l'huile de baleine en dollar d'aujourd'hui etait de 2000 \$/b en 1845,  
 Figure 61: prix de l'huile de baleine et du brut en dollar et euro 2004 **1860-2004**

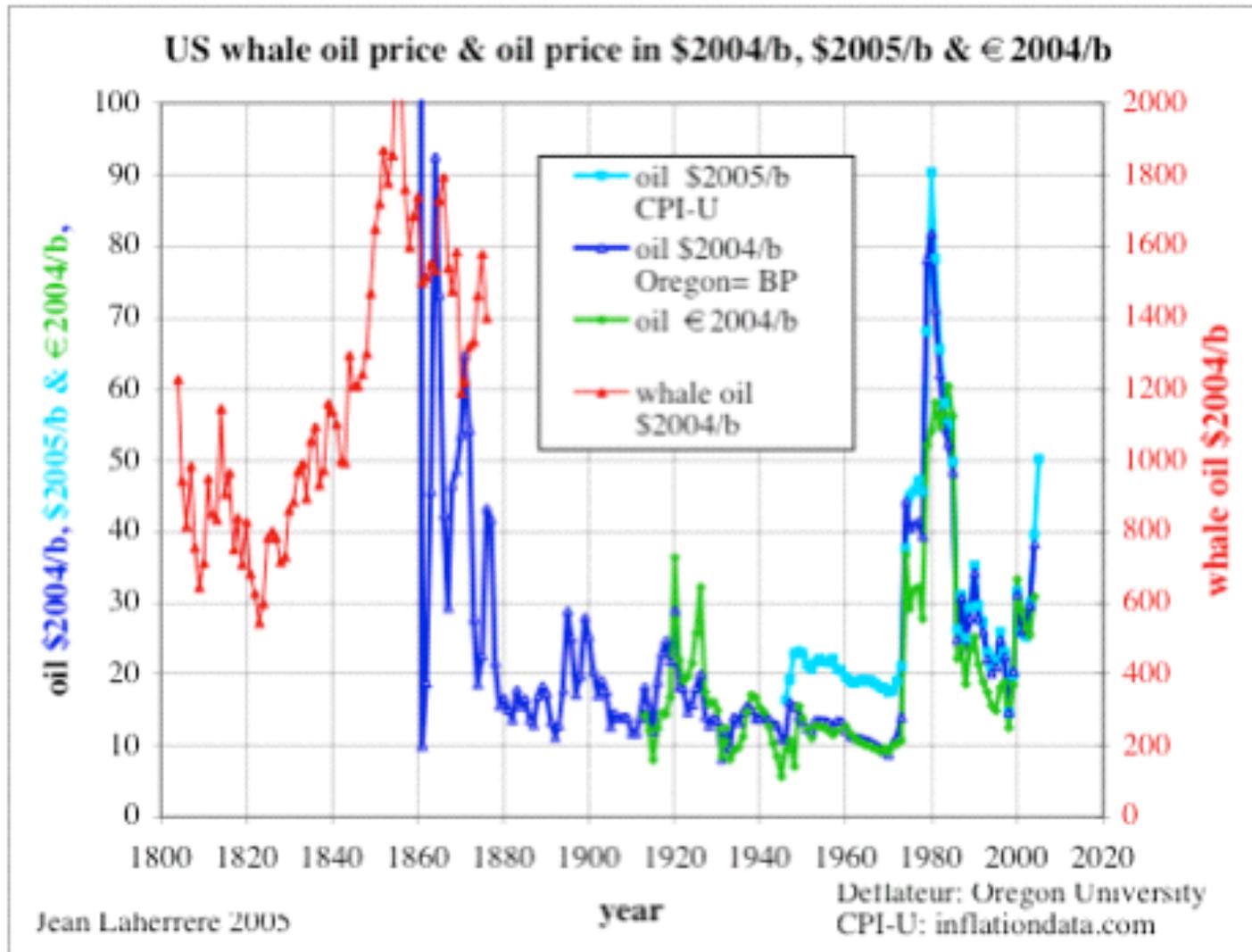
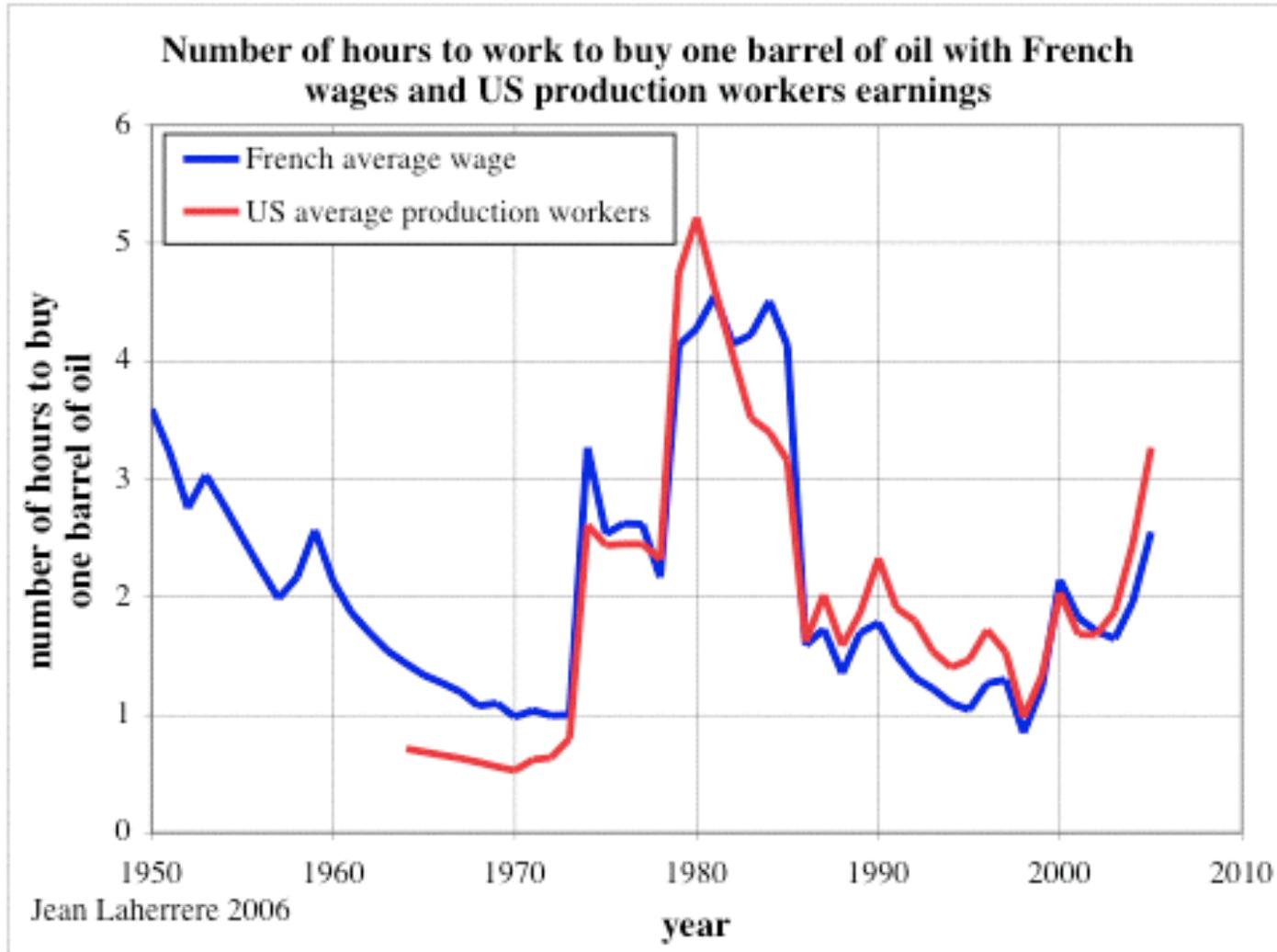


Figure 62: Nombre d'heures de travail pour acheter un baril de petrole 1950-2005

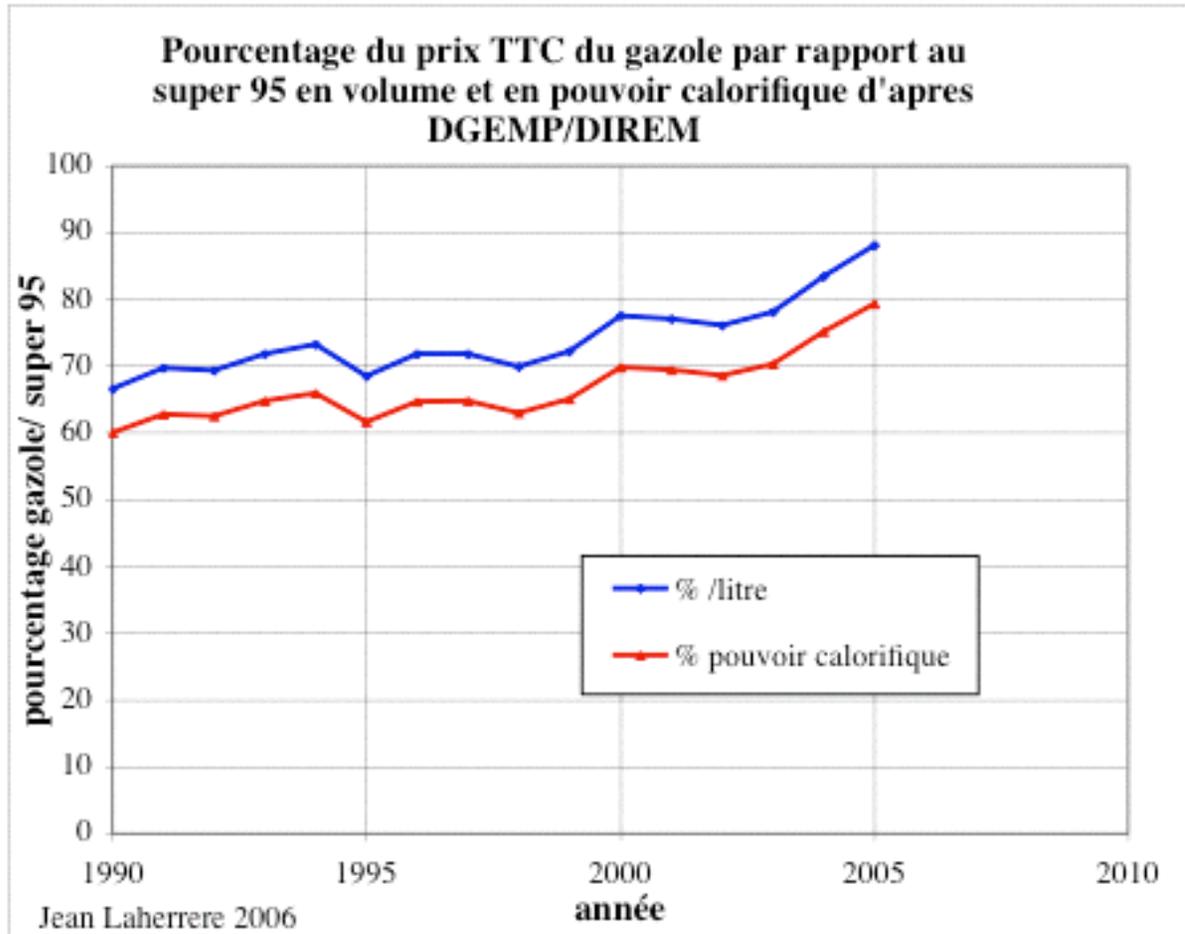


le salaire horaire est tres comparable entre Francais et Americains, mais l'Americain peut s'acheter plus de barils car il travaille 2000 heures alors que le Français ne travaille que moins de 1600 heures

### -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.

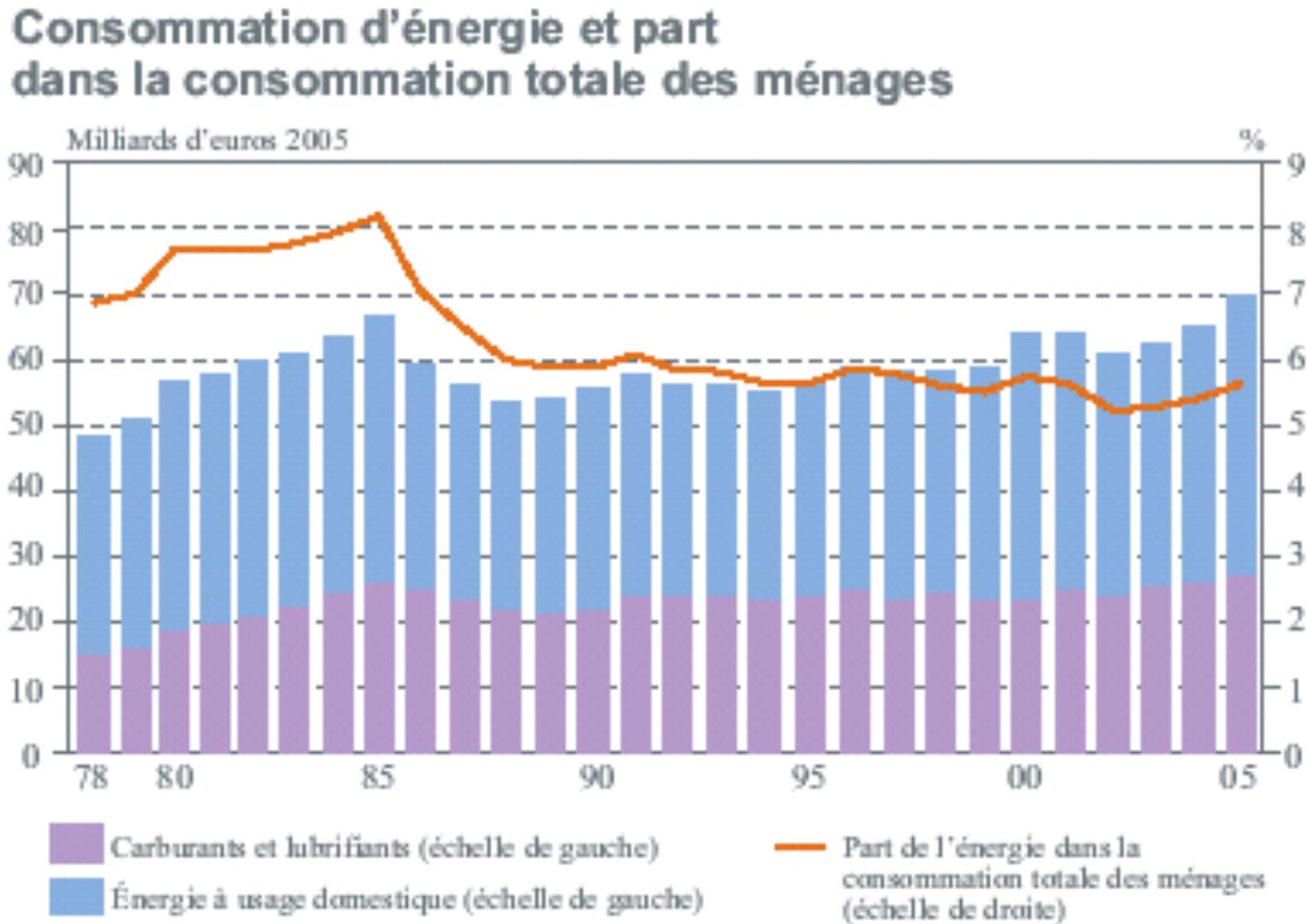
Figure 64: **Pourcentage du prix du gazole par rapport au super 95 en volume et pouvoir calorifique**



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 en France

Figure 67: France: Consommation d'énergie en euros et part des menages en % *DGEMP*



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

## -production d'énergie en France

Figure 68: France: production d'énergie primaire par *énergie DGEMP*

Production d'énergie primaire par énergie

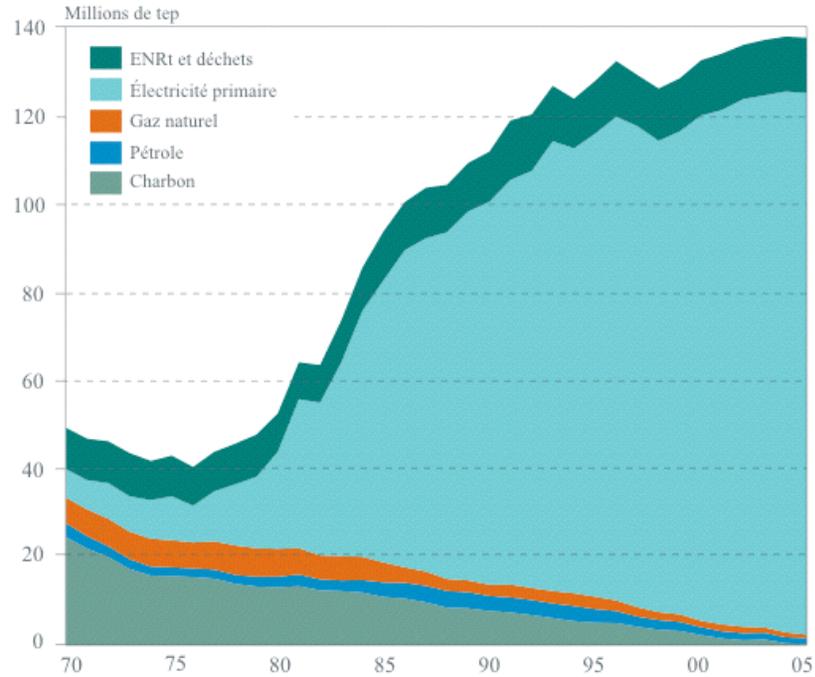
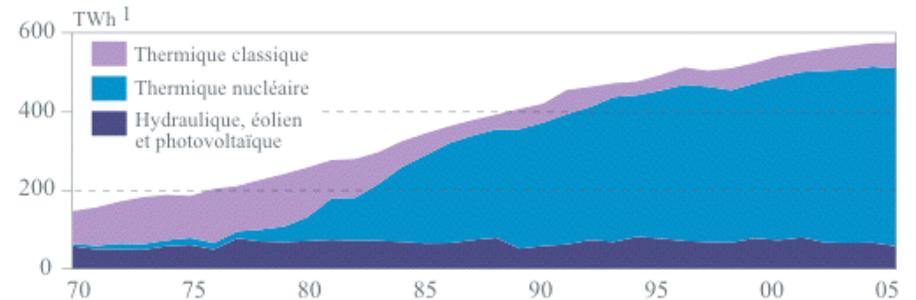


Figure 69: France: production d'électricité *DGEMP*

Production brute d'électricité

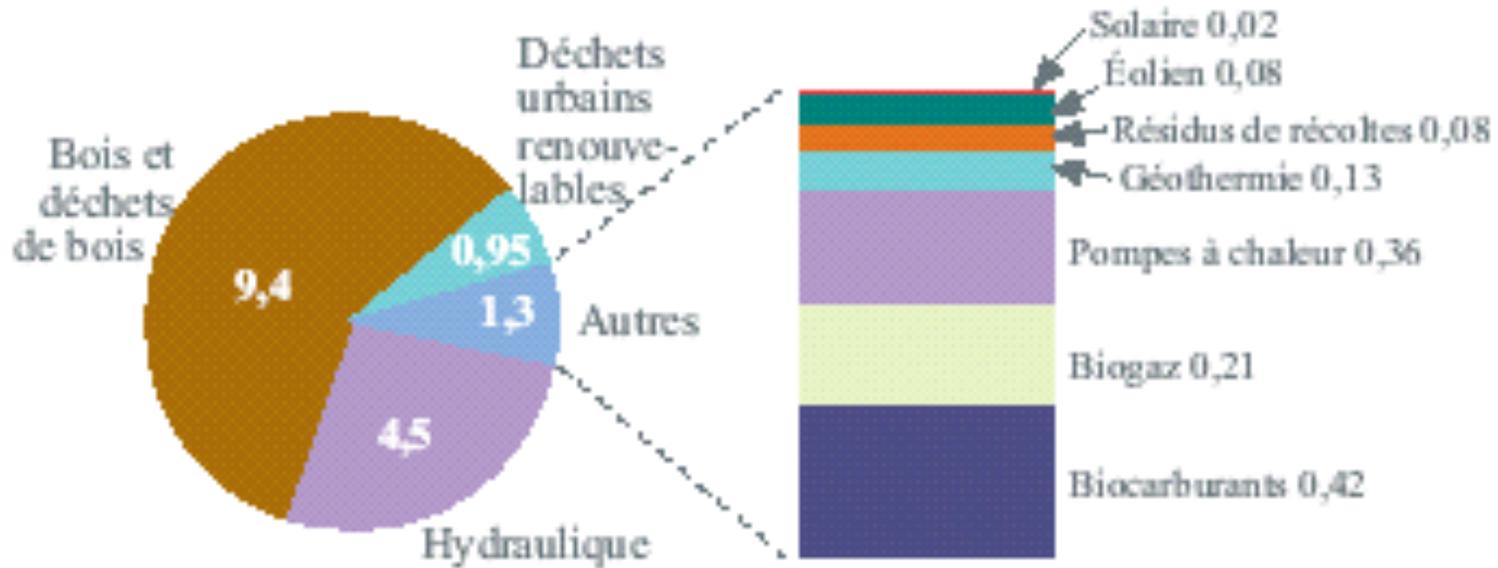


Cette électricité est principalement d'origine nucléaire

Les énergies **renouvelables** en 2005 ne représentent que 12.5 Mtep sur une consommation d'énergie primaire de 276,5 Mtep soit **4,5 %**. **et la production** de ces énergies est surtout constituée du bois qui représente deux fois plus que l'hydraulique, le solaire et l'éolien étant insignifiants !

Figure 70: France: production d'énergies renouvelables *DGEMP*

## Production d'énergies renouvelables (ENR) par filière en 2005 (Mtep)

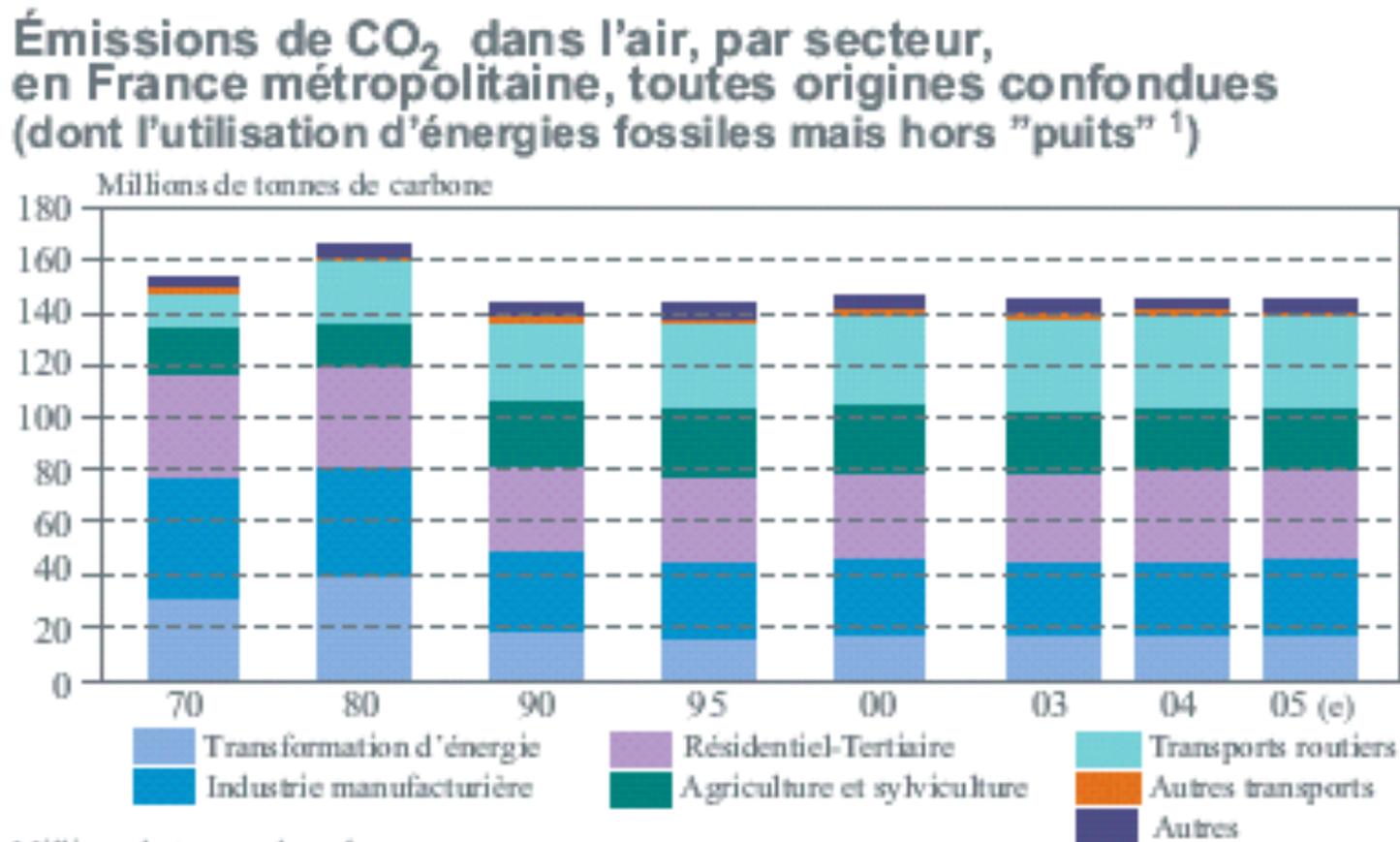


le solaire et l'éolien est insignifiant

## -Emissions de CO2 en France : les pollueurs sont subventionnés

Les transports routiers et le résidentiel-tertiaire sont les plus gros émetteurs de CO2.

Figure 71: France: émissions de CO2 DGEMP



Agriculteurs et transporteurs routiers en 1970 représentaient 20 % des émissions de CO<sub>2</sub>, en 2005 ils représentent 40%. L'agriculture intensive n'est pas l'avenir, il faut supprimer le labourage, comme le fait mon voisin agriculteur! Il faut réduire les camions au profit du rail  
L'industrie est passée de 30% à 19%. Le résidentiel-tertiaire de 24% à 23%.

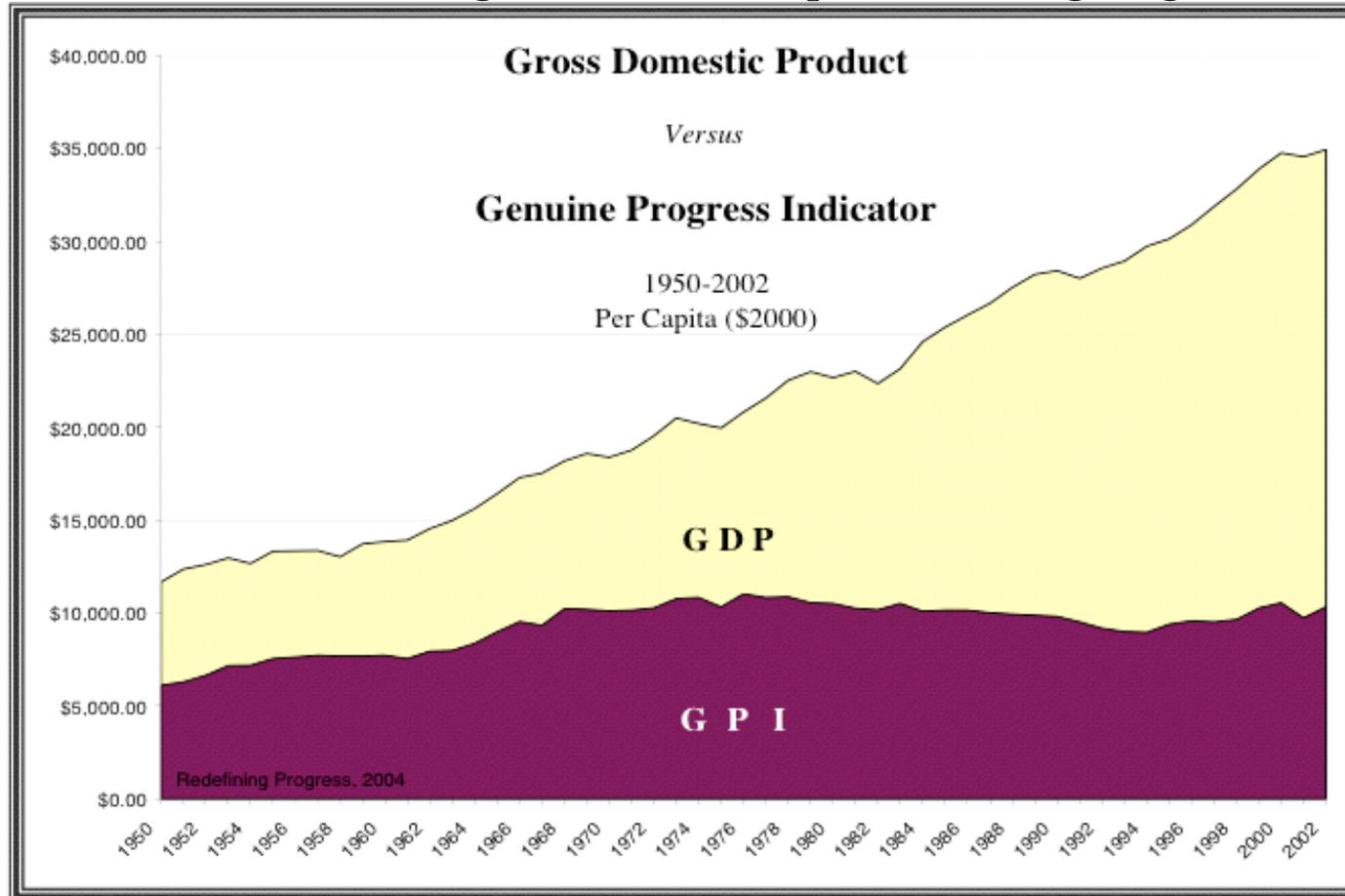
## -Solutions?

### -PIB (consommation) et bonheur

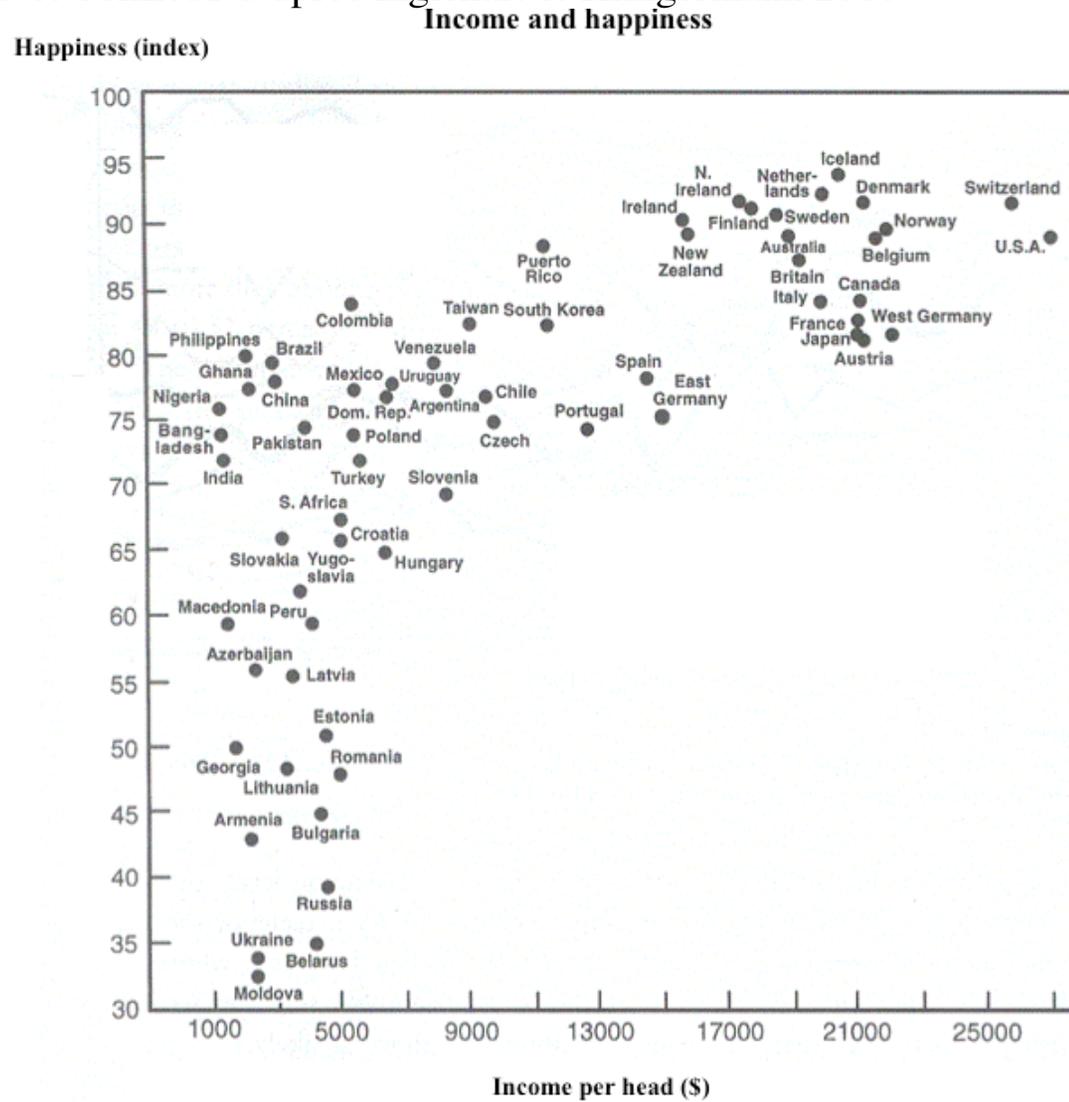
Le PIB représente les dépenses manipulées (facteur hedonique) et non la richesse d'un pays. Plus il y a de catastrophes, de sida, d'accidents, de guerres, plus le PIB augmente.

Il y a de nombreux indicateurs de bonheur ou de progrès.

Figure 73: US: PIB et Genuine Progress Indicator d'après Redefining Progress 1960-2002



La corrélation entre PIB et bonheur ne se voit pas sur le graphique suivant  
 Figure 74: **revenu et bonheur** d'après Inglehart & Klingermann 2000

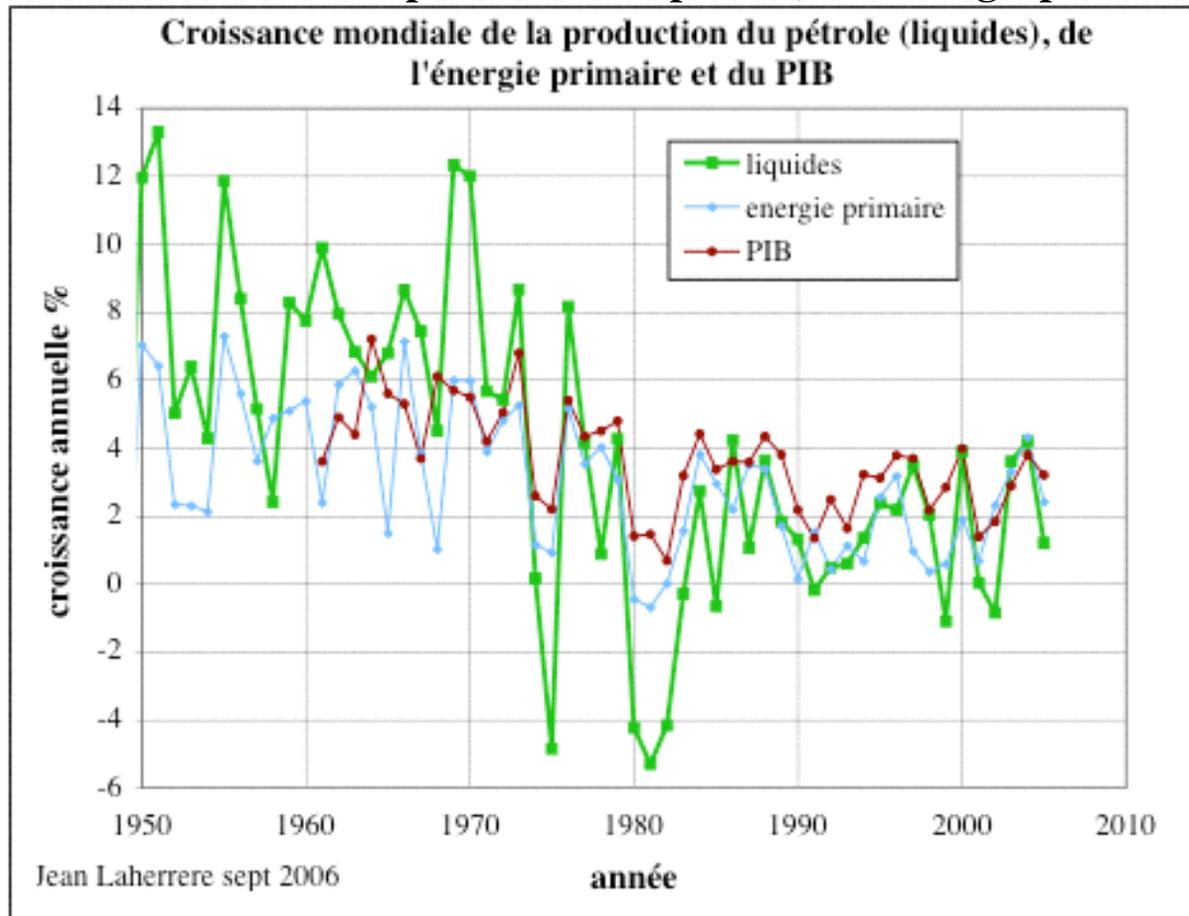


Source: Inglehart and Klingemann (2000), Figure 7.2 and Table 7.1. Latest year (all in 1990s).

## -Economie d'énergie

La croissance du PIB (depenses et non richesses d'un pays) corréle assez bien avec la croissance de la production de pétrole et d'énergie primaire. Que va faire le PIB après le pic du pétrole?

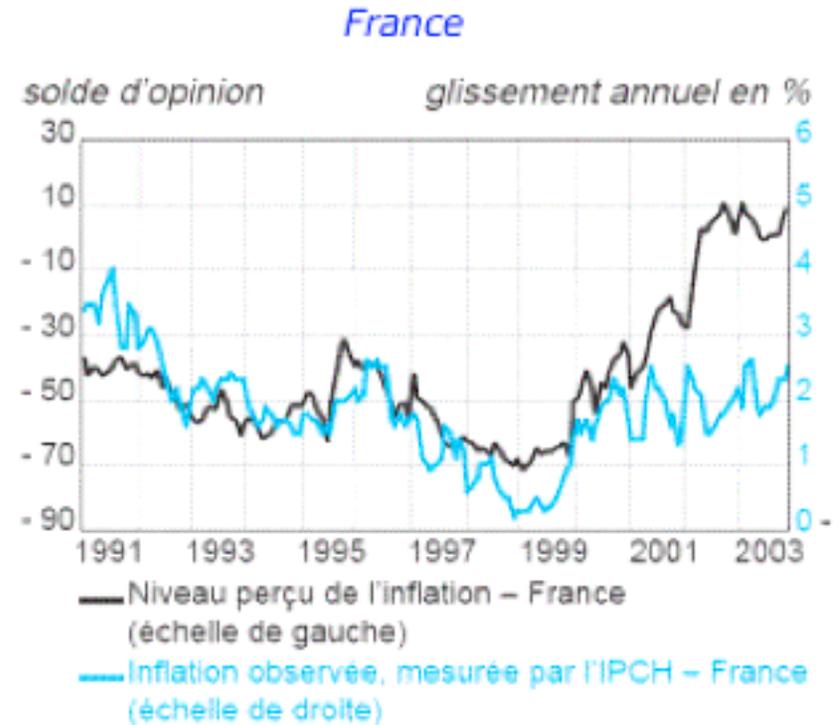
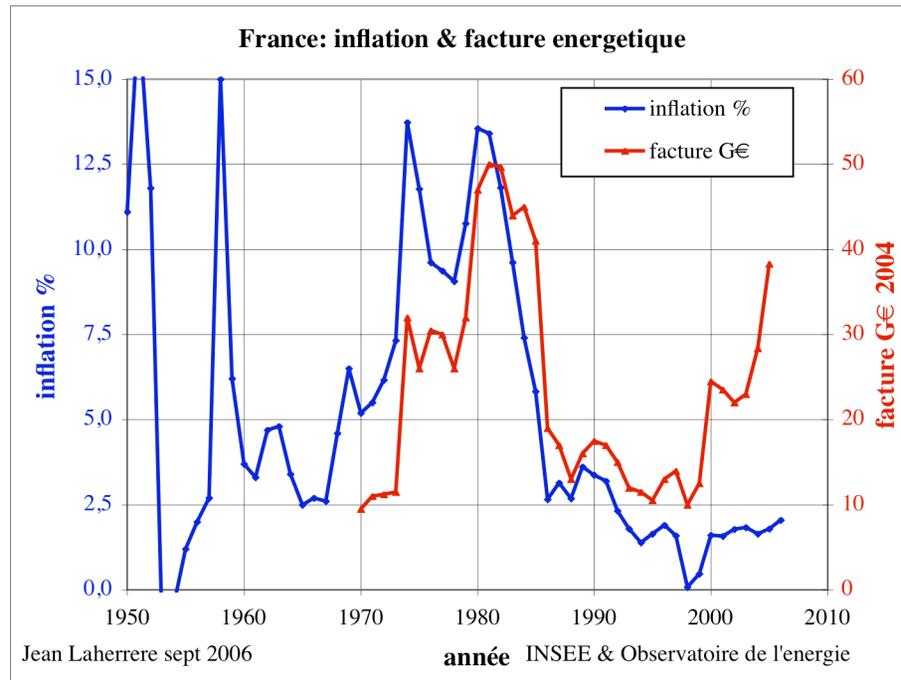
Figure 75: monde: croissance de la production de pétrole, de l'énergie primaire et du PIB



Le **coût de l'énergie** sur les 40 dernières années a été de l'ordre de **5% du PIB** mondial alors que les experts (Kummel, Ayres) estiment que la **contribution de l'énergie** dans le PIB est de **50%**. **L'énergie est largement sous-évaluée.** Le pétrole hors taxe est moins cher que l'eau minérale!

Figure 76: **France:** inflation et facture energetique

Figure 77: inflation declaree et inflation percue (Eurostat)



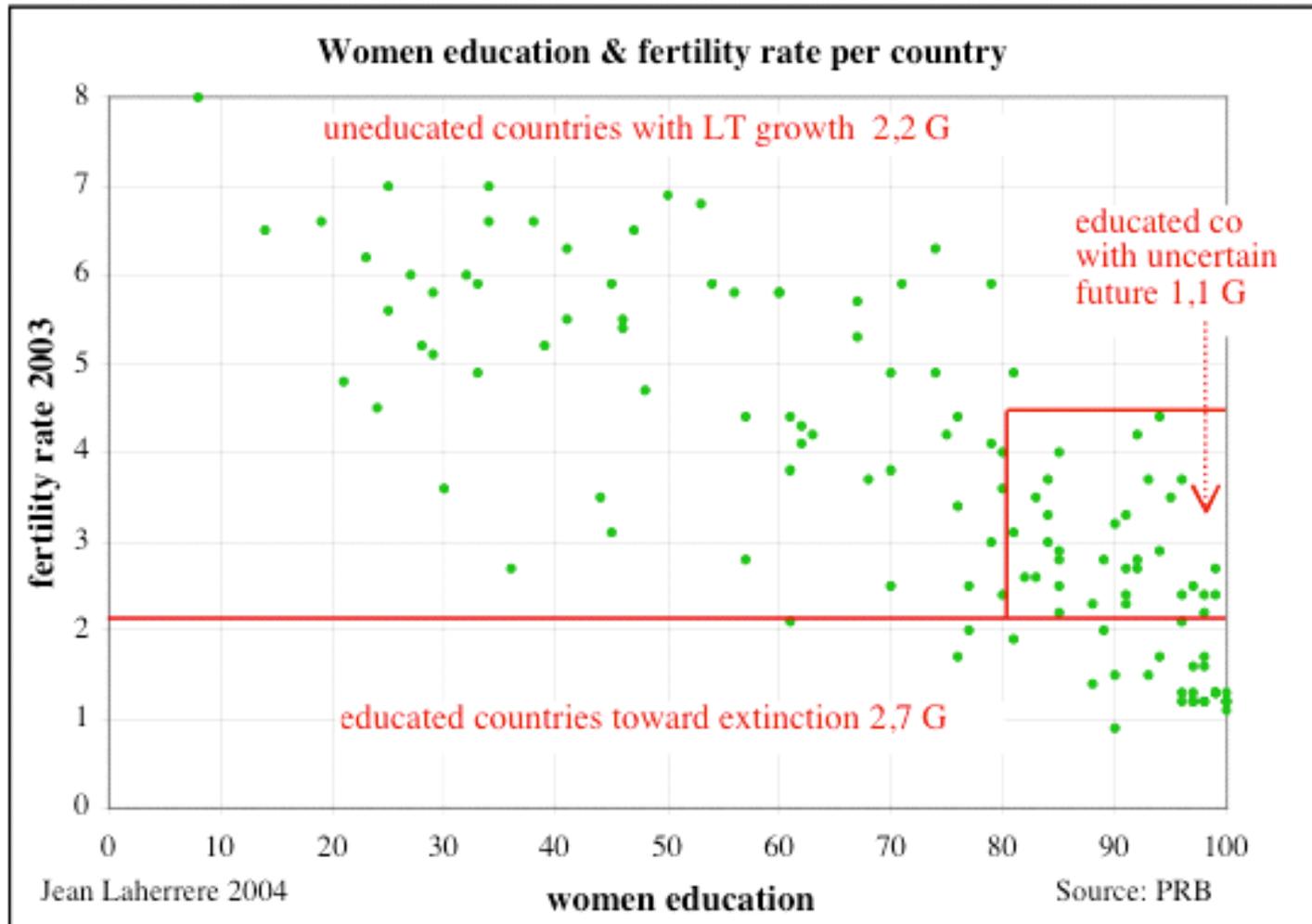
L'inflation réelle (percue) est différente de l'inflation officielle (panier non représentatif)

Le coupable de l'inflation percue n'est pas l'euro mais le pétrole (facture passant de 10 à 40 G€)

## -Prevision sur la population

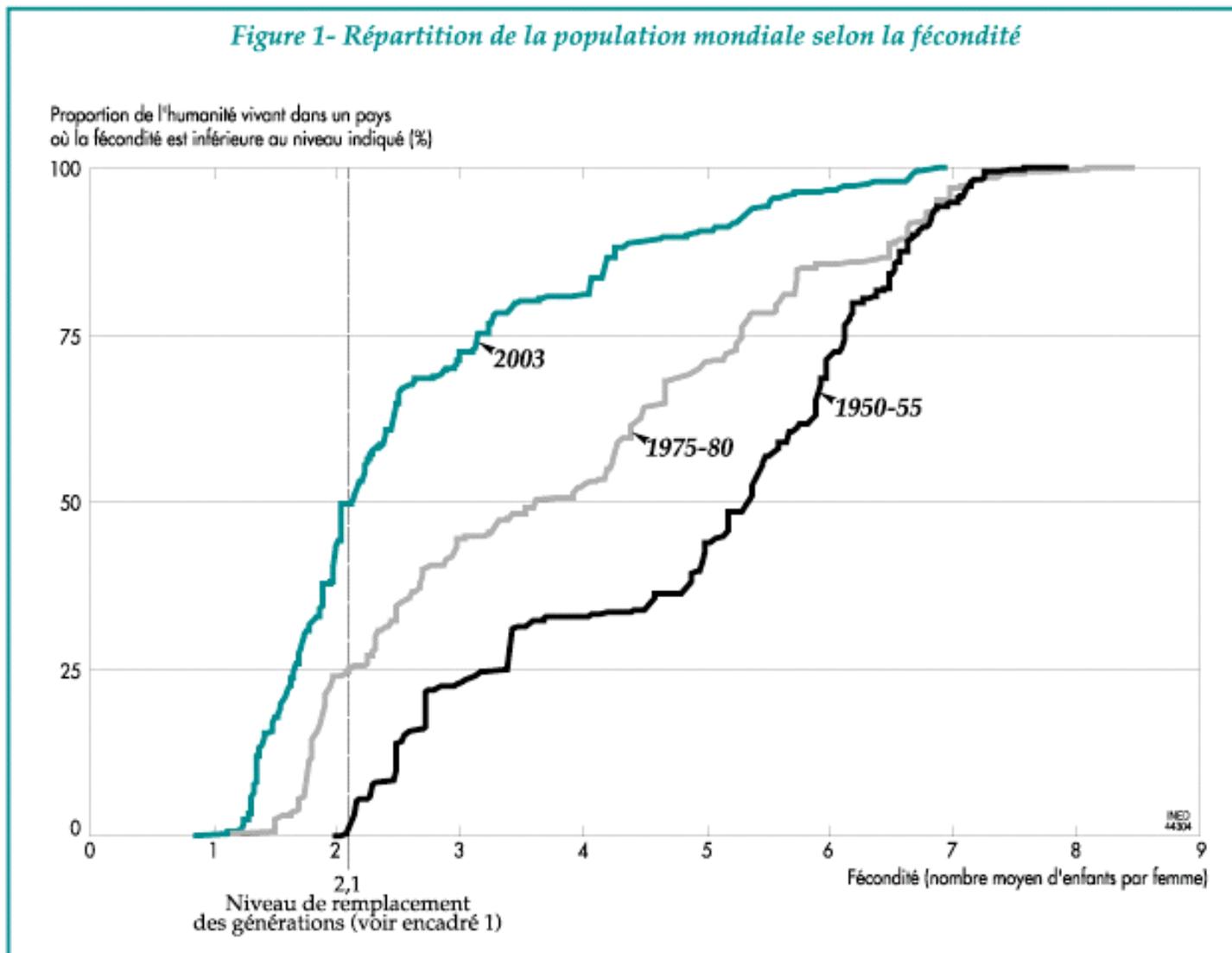
Toute prevision sur la population est basee sur le taux de fecondite.

Figure 80: **relation entre taux de fecondite et education des femmes** en 2003



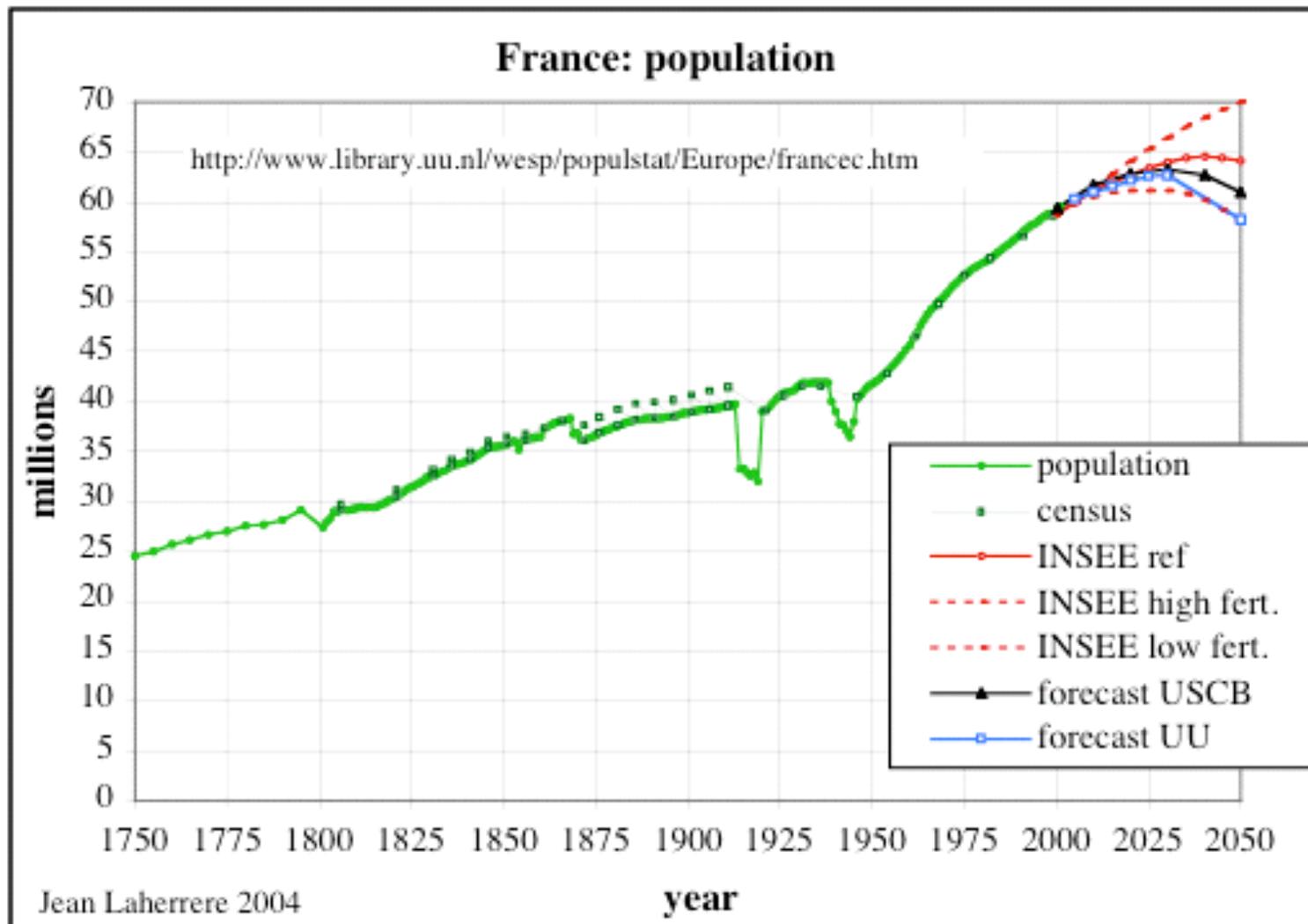
**Il y a deux mondes:** -pays < 2 enfant/femme allant vers l'extinction  
 -pays > 5 enfant/femme avec une croissance a long-terme

Figure 81: Evolution 1950-1975-2003 du pourcentage de la population mondiale (axe Y) en fonction du taux de fécondité (axe X) d'après l'INED



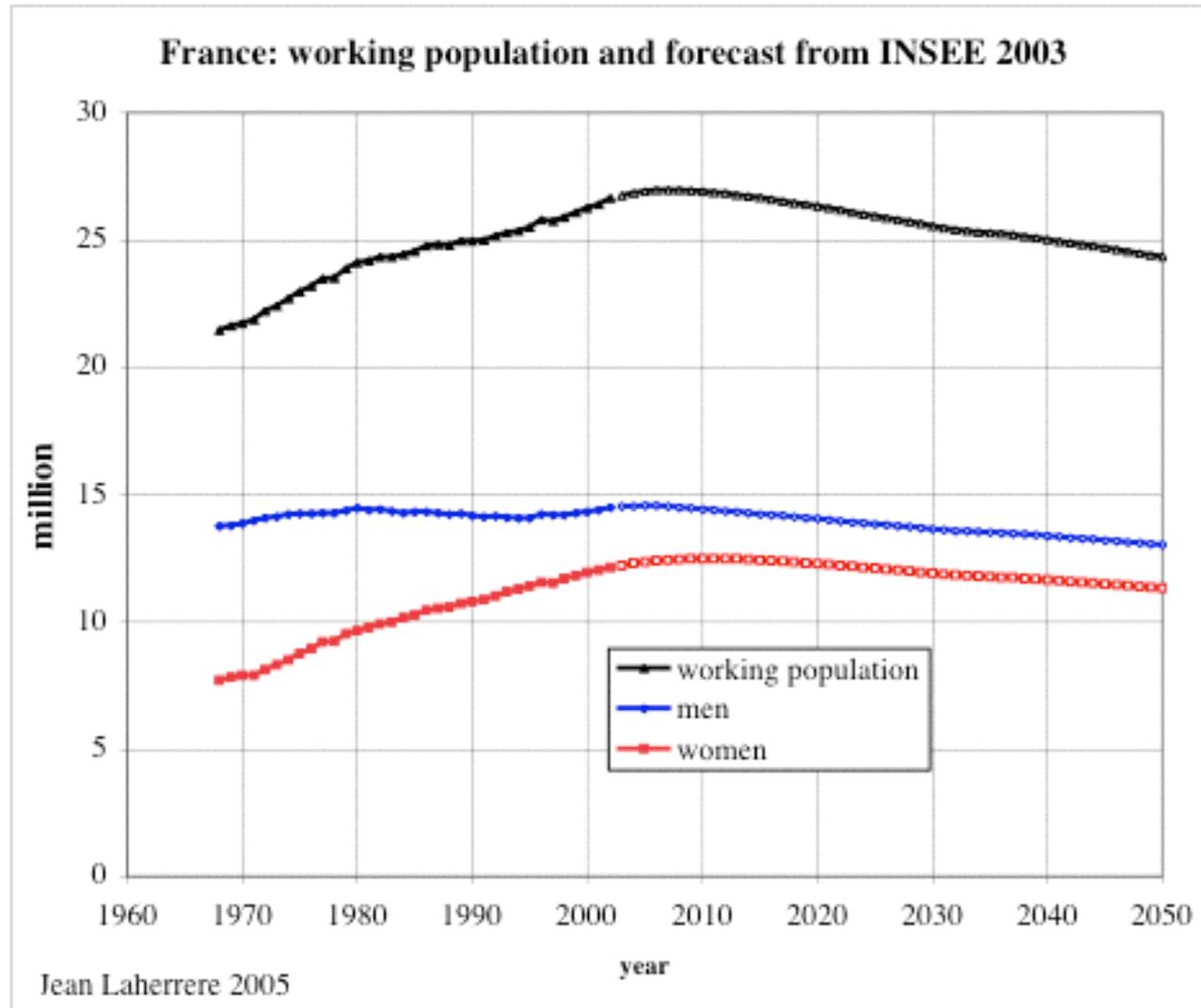
La population en France doit culminer en 2025 (sauf immigration sauvage)

Figure 82: **population de la France**



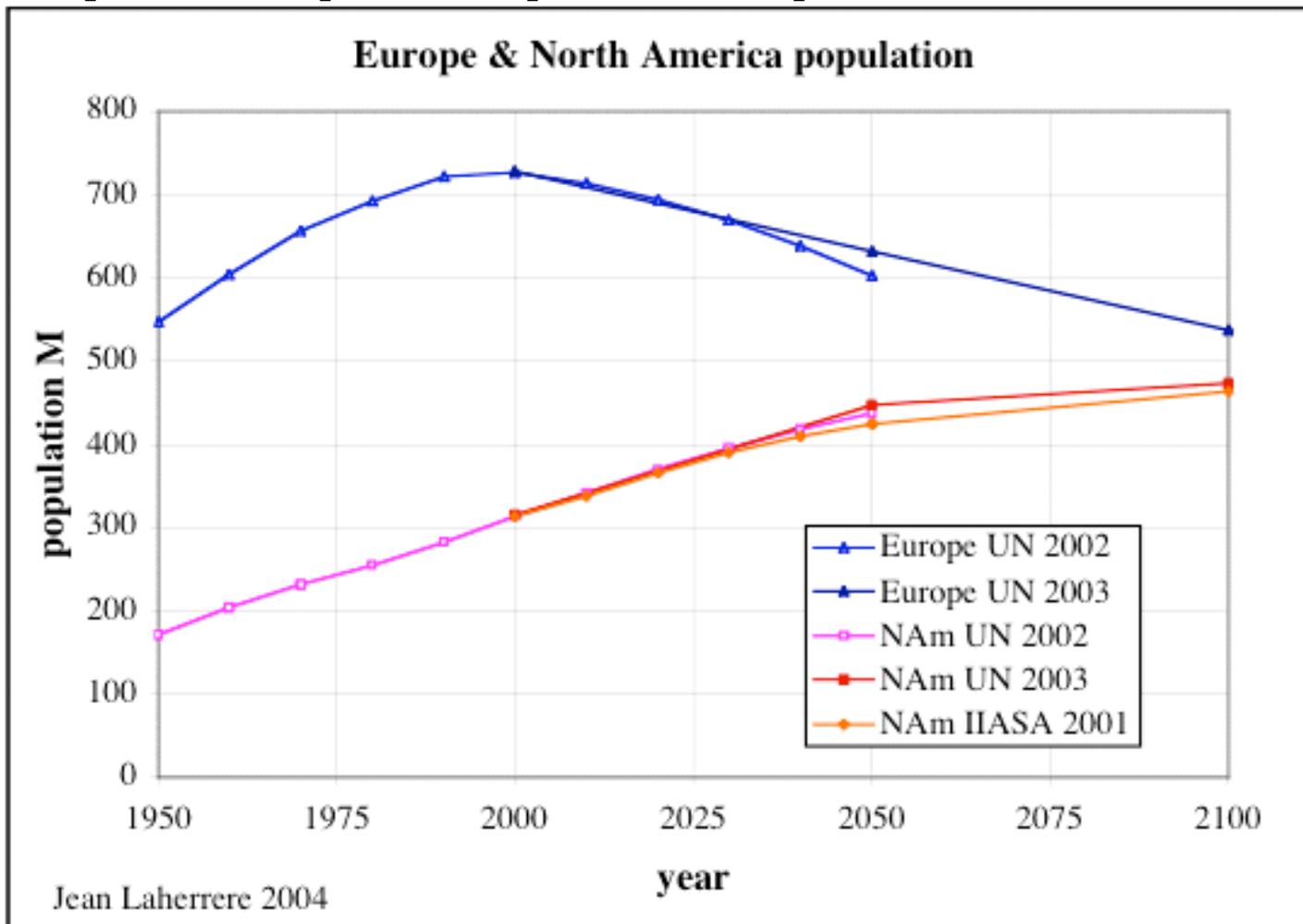
La population active en France doit culminer en 2006 d'après l'INSEE 2003.

Figure 83: **population active** de la **France** d'après INSEE 2003



Comment peut-on prévoir une croissance de plus de 2%/a avec une population active qui décroît?

Figure 84: Population Europe &amp; Amerique du Nord d'apres les NU 2003



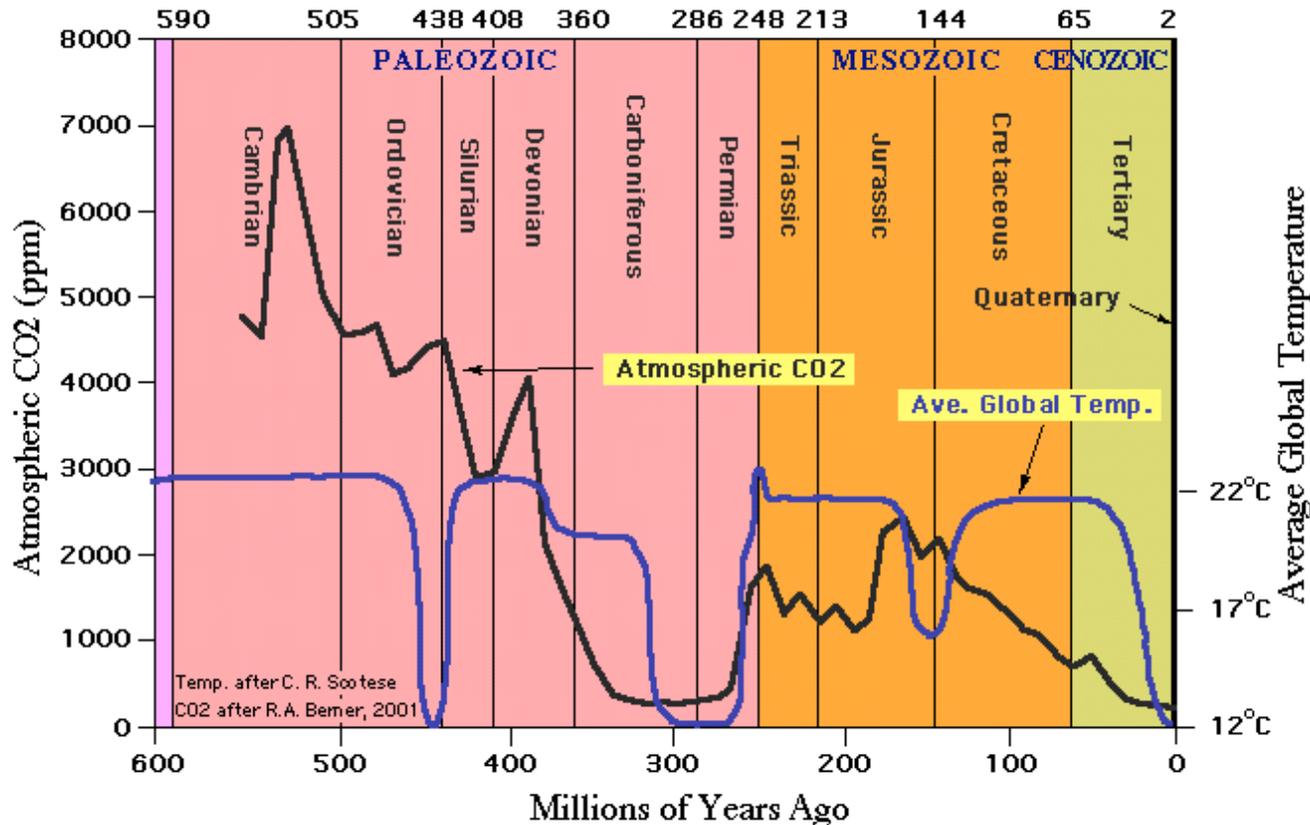
Dans les 50 prochaines années l'Europe va perdre 100 millions d'habitants et l'Amerique du Nord va gagner 100 millions ; ceux sont deux mondes a futur oppose

## -Rechauffement climatique

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.** Sur les 600 millions d'annees un climat chaud a regne 80% du temps, mais sur le dernier million seulement 30%.

Figure 85: **temperature de la Terre pour les derniers 600 Ma** d'apres Gerhard 2004

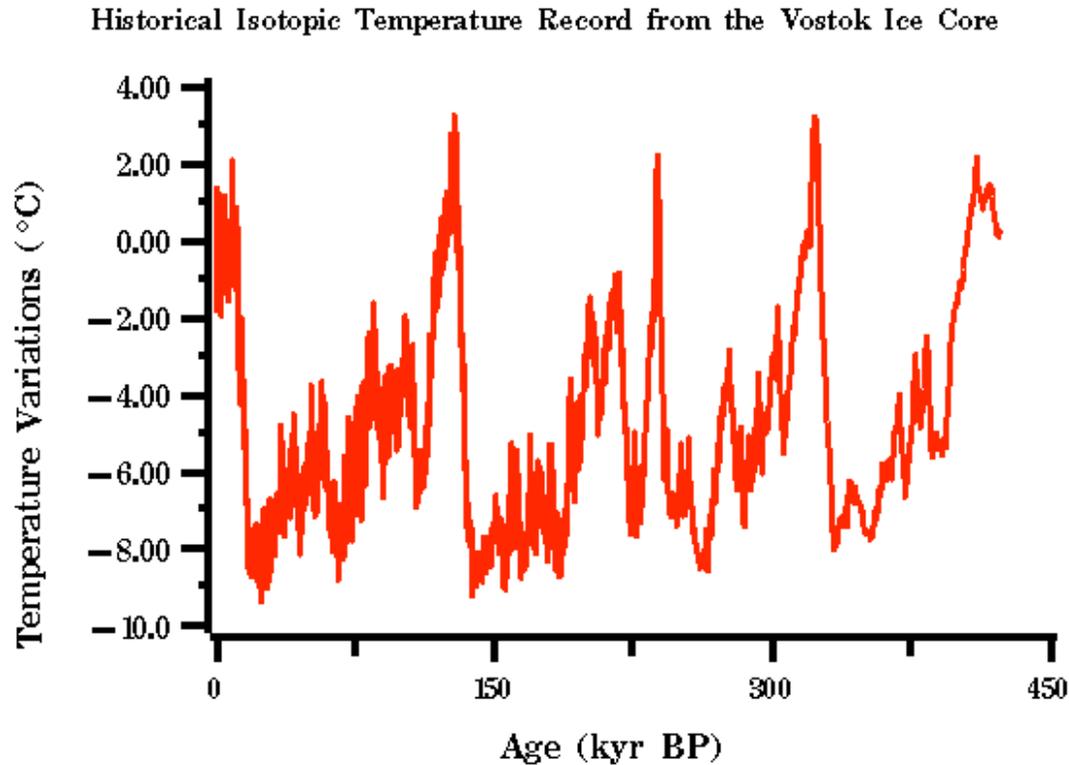
Global Temperature and Atmospheric CO2 over Geologic Time



**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).**

Milankovitch avait vu en 1924 que le climat change suivant les cycles astronomiques de la Terre autour du Soleil, qui sont environ 20 000, 40 000 and 100 000 ans. La mesure dans les carottes de Vostok dans l'Antarctique a montré que la température et le CO<sub>2</sub> varient ensemble et que c'est la température qui mène la danse, le CO<sub>2</sub> suit avec un retard de 800 ans ( $\approx$  cycle des océans). Quand la température augmente; les océans absorbent moins le CO<sub>2</sub>, qui augmente donc avec retard.

Figure 87: températures d'après les glaces de Vostok depuis 420 000 ans

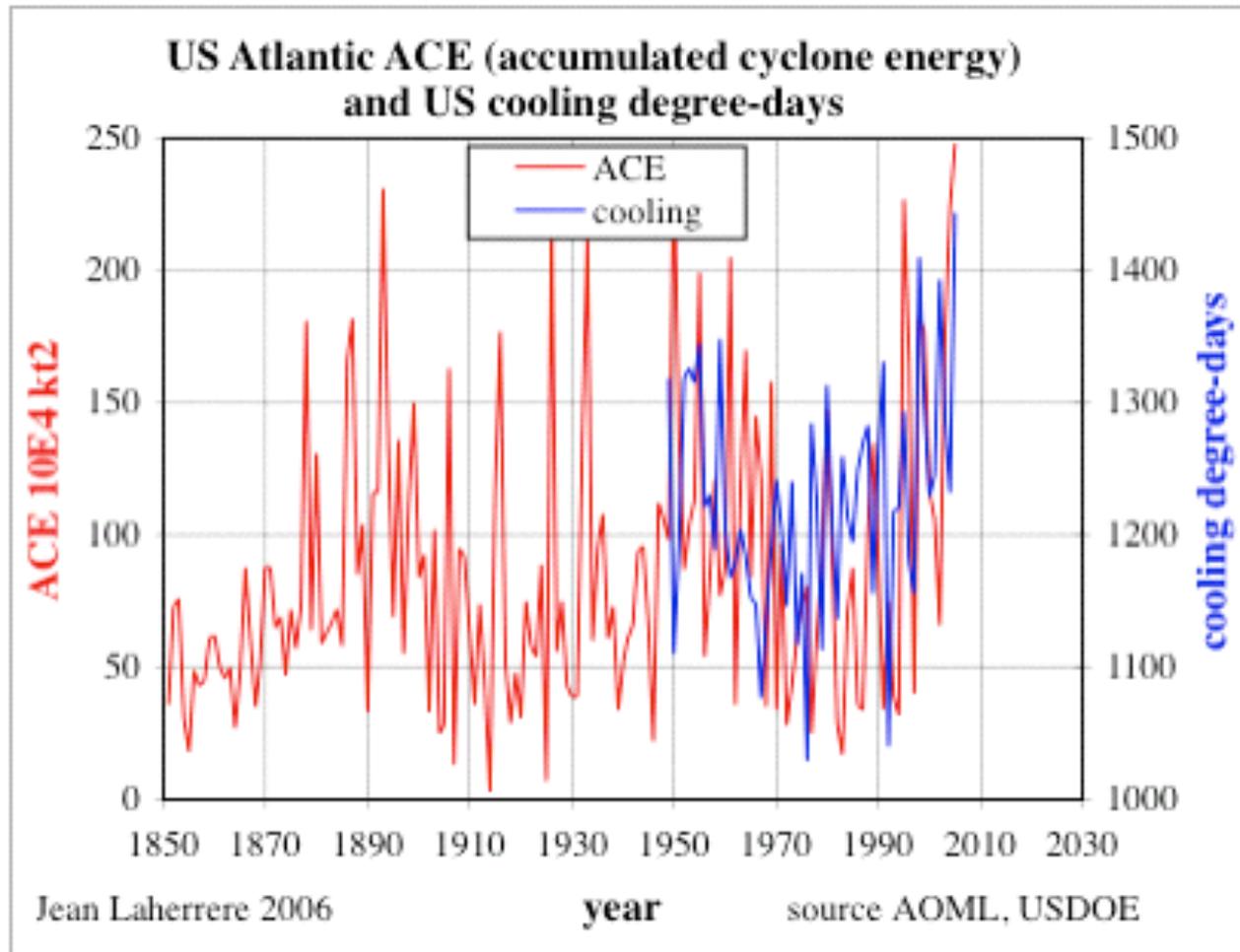


*Variation with time of the Vostok isotope temperature record  
as a difference from the modern surface temperature value of  $-55.5$  °C.*

Source: Petit et al.

L'activité des tempêtes dans l'Atlantique mesurée (vitesse du vent et durée) par un index ACE = énergie accumulée des cyclones (1850-2005).

Figure 91: US: énergie accumulée des cyclones atlantiques et nombre de jours de climatisation



Nombre de morts par cyclones atlantiques : 1780 22 000, 1900 Galveston 10 000, 2005 Katrina 1600  
 On ne peut pas plus stabiliser le climat que d'empêcher les plaques tectoniques de bouger et de provoquer des tremblements de terre. Nous allons vers une nouvelle glaciation!

## **-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 termes ne sont pas definis de facon a faciliter l'ambiguite.

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

La croissance continue est impossible dans un monde fini.

Il y a de nombreux mythes entretenus pour eloigner le declin ineluctable, qui sont tous erronees:

Il ne faut pas confondre reserves et ressources, ce que font la plupart des economistes.

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) sera vers 2010-2020, etant plutot un **plateau ondulé** avec des prix chaotiques, si crise economique, qui est probable.

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) et a faire serieusement. Le pic arrivera vers 2050.

Le pic de production des combustibles fossiles arrivera vers 2030. Il est temps de prévoir les alternatives.

Le nucléaire ne pourra remédier au déclin des combustibles fossiles qu'avec les surgénérateurs qui arriveraient qu'en 2040! La génération IV ne doit pas tarder.

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

Le solaire et le vent sont intermittents et ne peuvent prétendre remplacer les combustibles fossiles.

L'énergie est sous-évaluée, ne faisant que 5% du PIB, tout en contribuant à 50% dans ce PIB. Des prix plus élevés (réalistes!) de l'énergie est la seule solution pour faire des économies et pousser les énergies renouvelables.

La meilleure solution est d'économiser l'énergie, pour ne pas laisser à nos petits enfants que des dettes et une terre épuisée et polluée.

Saint-Exupéry: **“Nous n'héritons pas de la Terre de nos ancêtres, nous l'empruntons à nos enfants”**

Davantage de graphiques et de papiers sont sur le site [www.oilcrisis.com/laherrere](http://www.oilcrisis.com/laherrere), ainsi que [www.aspofrance.org](http://www.aspofrance.org)