

Futuribles International 7 juin 2006
LES PERSPECTIVES ÉNERGÉTIQUES À MOYEN ET À LONG TERME
Le défi de l'approvisionnement et de la lutte contre l'effet de serre

LES PERSPECTIVES D'APPROVISIONNEMENT EN HYDROCARBURES

Jean Laherrere ASPO (Association for the Study of Peak Oil & gas)
jean.laherrere@wanadoo.fr

[Un texte plus long est disponible sur le site www.aspofrance.org](http://www.aspofrance.org)

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. On confond croissance et progrès, revenu et bonheur.

-Production de petrole ou d'huile

-Problemes de vocabulaire et de definition

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

petrole (huile de pierre) = huile minerale naturelle

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

oil = **huile** et non petrole

production 2005 d'huile va, suivant les auteurs, de 67 Mb/d pour le *regular oil* de Campbell, 71

Mb/d pour le brut (petrole) a 84 Mb/d pour tous liquides (*oil demand*) incluant les biocarburants et les liquides de charbon

Depletion = epuisement, reduction du volume d'un champ du fait de sa production qui commence des le debut, a ne pas confondre avec **declin** de la production apres le pic

Pic = point haut ou point le plus haut?

Peak oil = **huile qui a un pic (ASPO)** different de **oil peak** = pic de l'huile

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 les auteurs, 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 les chiffres plus vrais (?), mais ils varient beaucoup.

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.

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 ne faut pas confondre reserves et ressources comme le font beaucoup.

L'estimation des reserves s'exprime par une fourchette de 3 valeurs: **minimum; valeur esperee; maximum**

Il y a **plusieurs systemes de definition de reserves** qui ne veut 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**

-**OPEP** où les quotas dependent des reserves dites **prouvees**, elles sont donc politiques

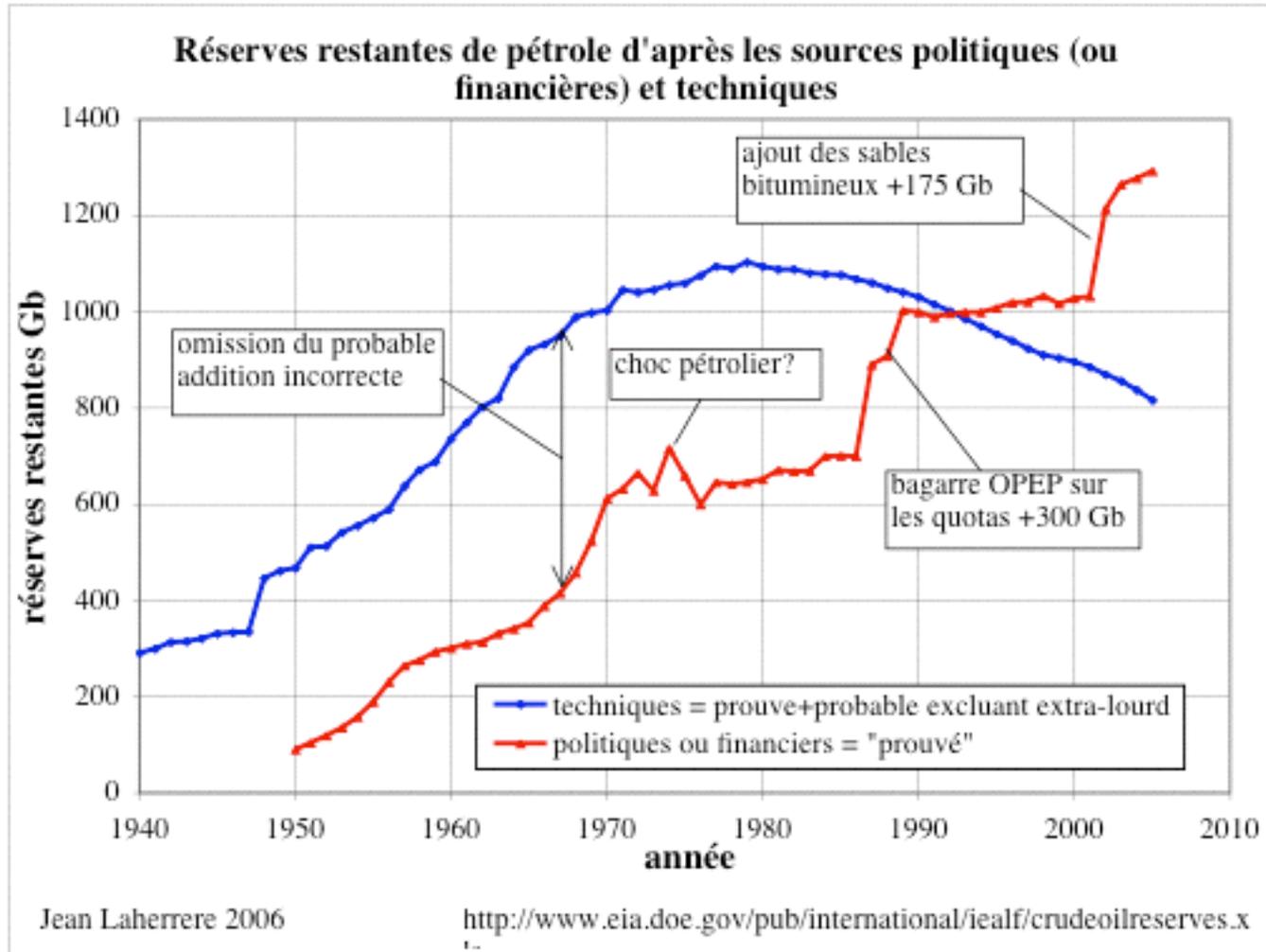
-**ex URSS** = classification avec le taux theorique maximum de recuperation = **prouve + probable + possible = 3P ≈ maximum**

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

Les compagnies internationales ont plusieurs fichiers de reserves suivant la destination

Reserves restantes de pétrole = découvertes cumulées moins production cumulée

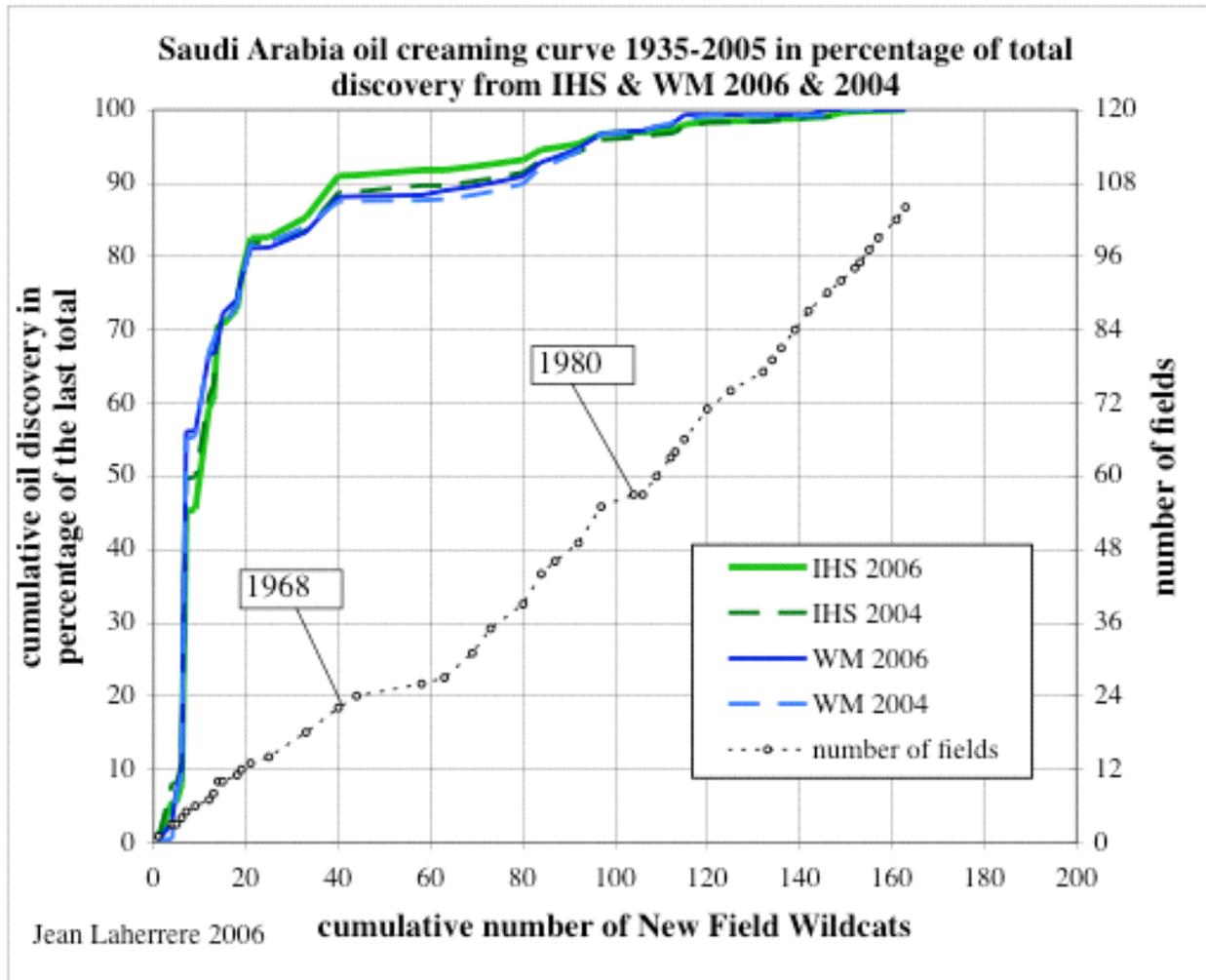
Figure 1: Reserves mondiales conventionnelles de pétrole d'après les **sources politiques et techniques**



Pour empêcher de parler de déclin, les mythes abondent, mais ils sont faux

Mythe 1: Le Moyen-Orient peu explore

Figure 3: courbe d'écremage des découvertes de pétrole en Arabie Saoudite



Mythe 2: l'augmentation du taux de succes amene plus de decouvertes

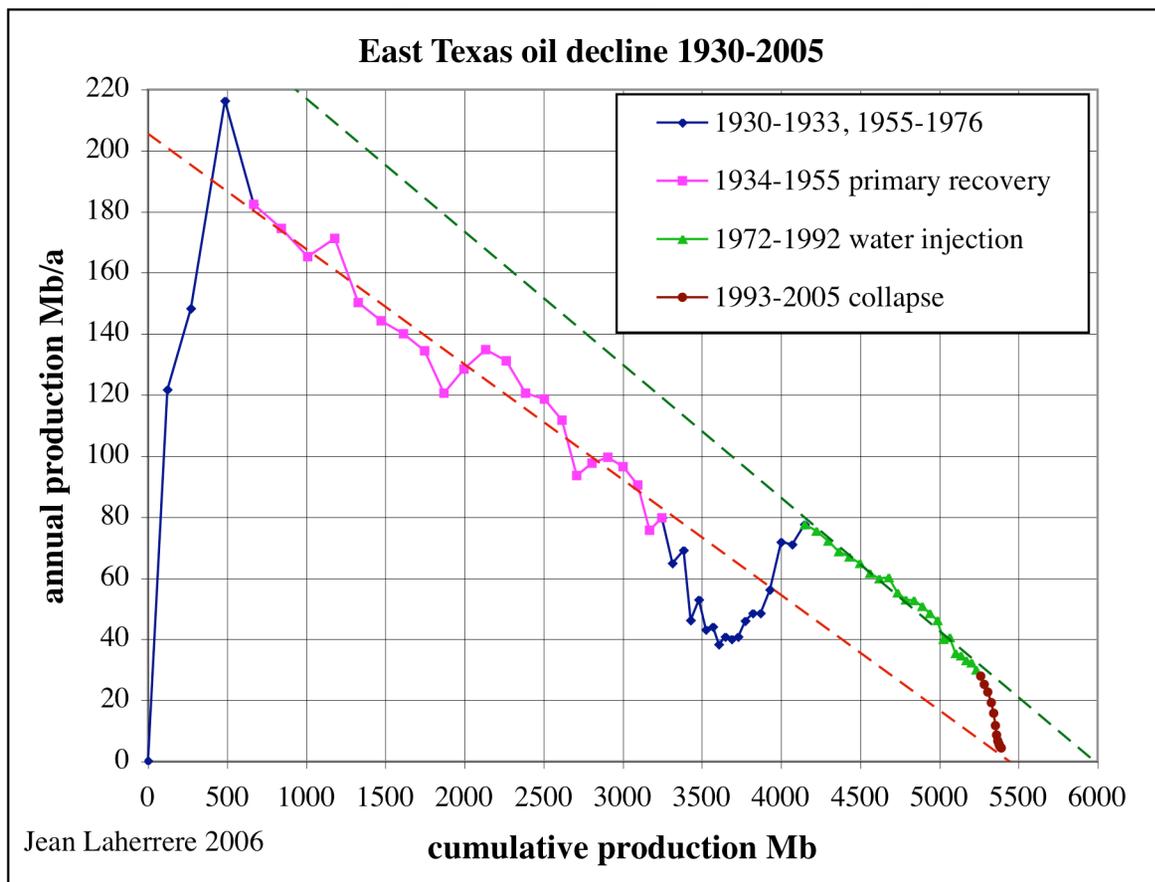
Mythe 3: le taux de recuperation des champs de petrole est en moyenne de 35%, en Mer du Nord on recupere 50%, on peut donc augmenter les reserves de moitie

Le taux de recuperation varie de 3% (reservoir compact fracture) a 85% (reservoir tres poreux et permeable) suivant la geologie du reservoir. **La technologie ne peut changer la geologie du reservoir.**

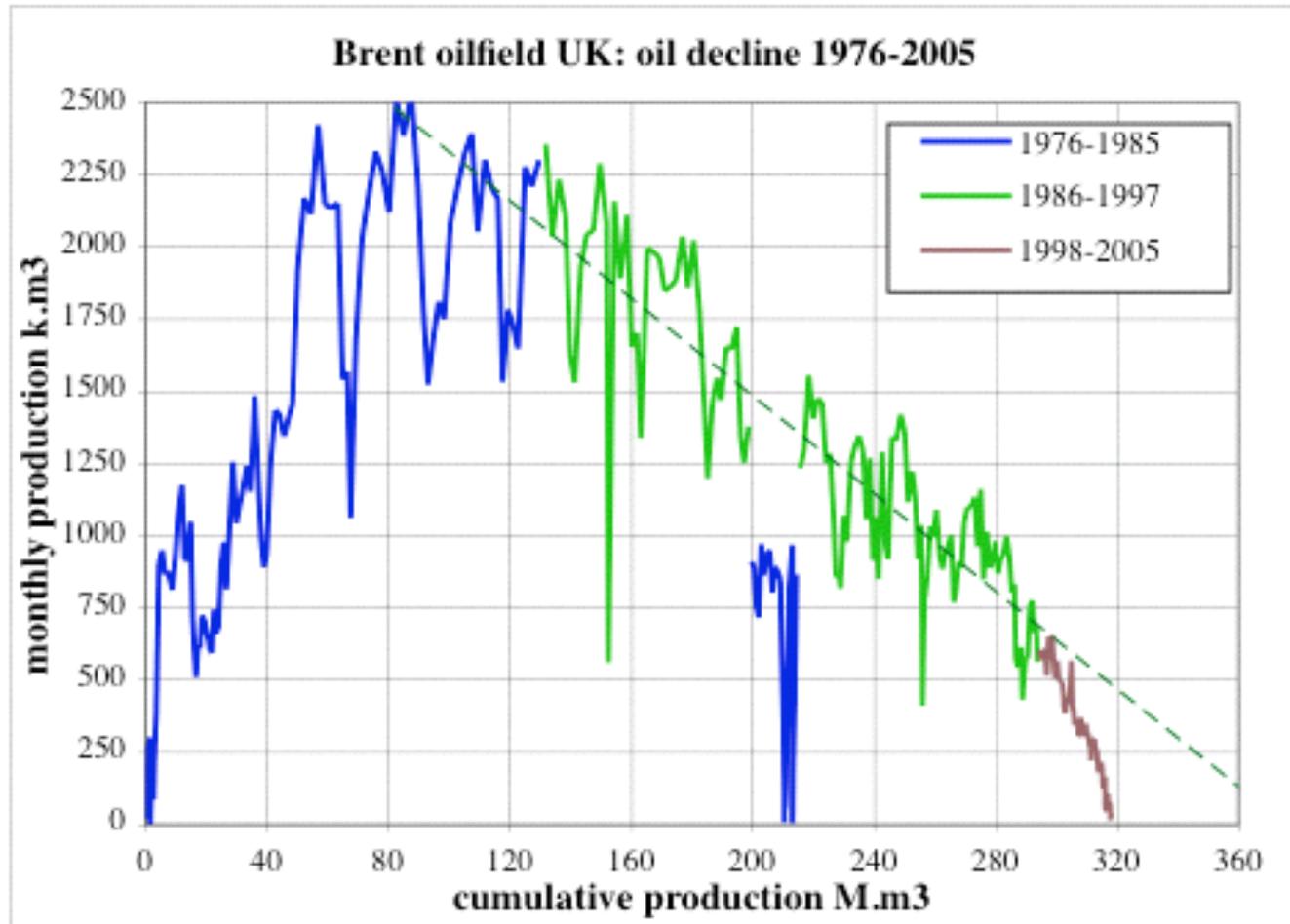
Mythe 4: il y a croissance des reserves grace a la technologie

Une **croissance veritable des reserves par la technologie doit se voir sur la courbe de declin**

Figure 4: courbe de declin de la production de petrole du champ East Texas 1930-2005: + et -



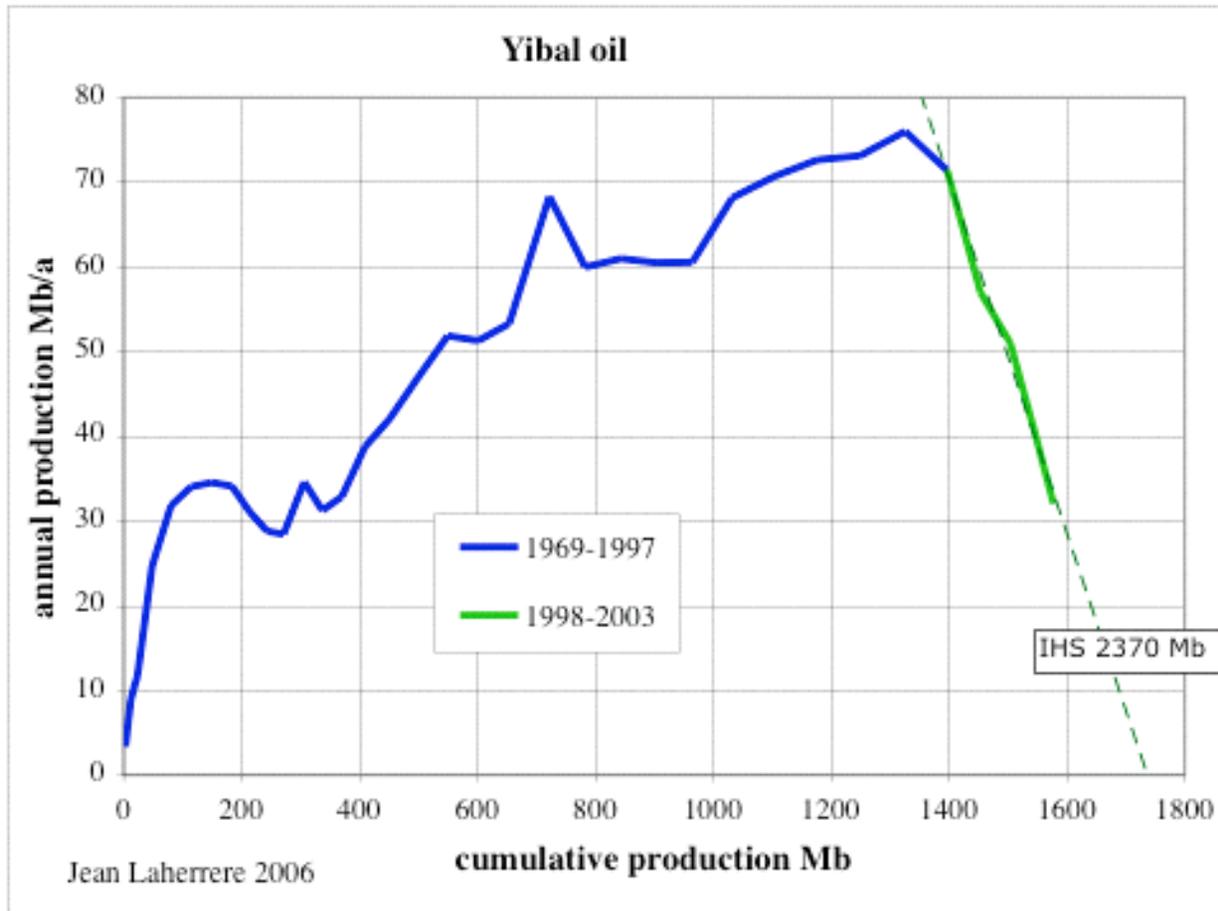
Le declin de la production s'accelere en fin de champ! L'extrapolation lineaire est trop optimiste!
Figure 5: courbe de declin de la production de petrole du champ de Brent RU 1976-2005



Le brut de la Mer du Nord se vend sous le nom de Brent , mais ce champ est pratiquement epuise = production de gaz!

Yibal (le plus gros champ Oman) opere par Shell a ete pousse a fond grace aux puits horizontaux pour produite plus vite mais le declin est tres rapide et l'ultime moindre (1750 Mb) qu'espere (2370 Mb)

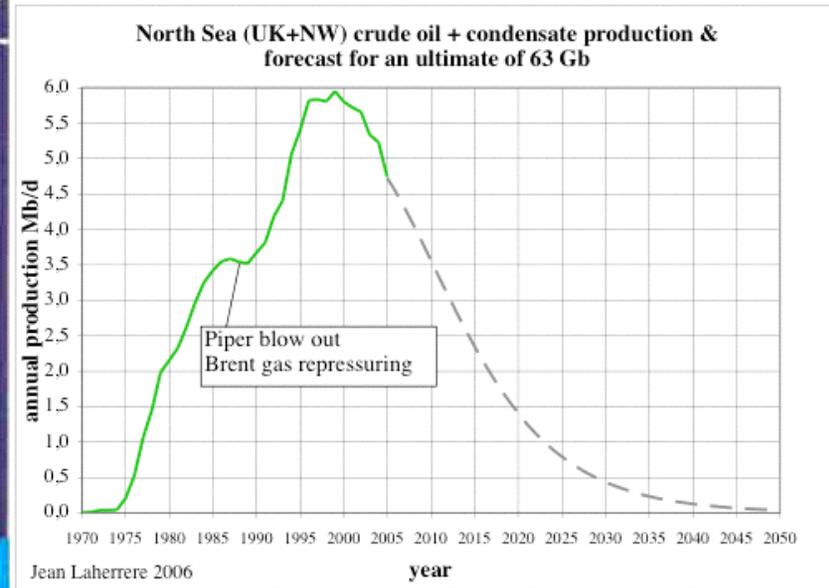
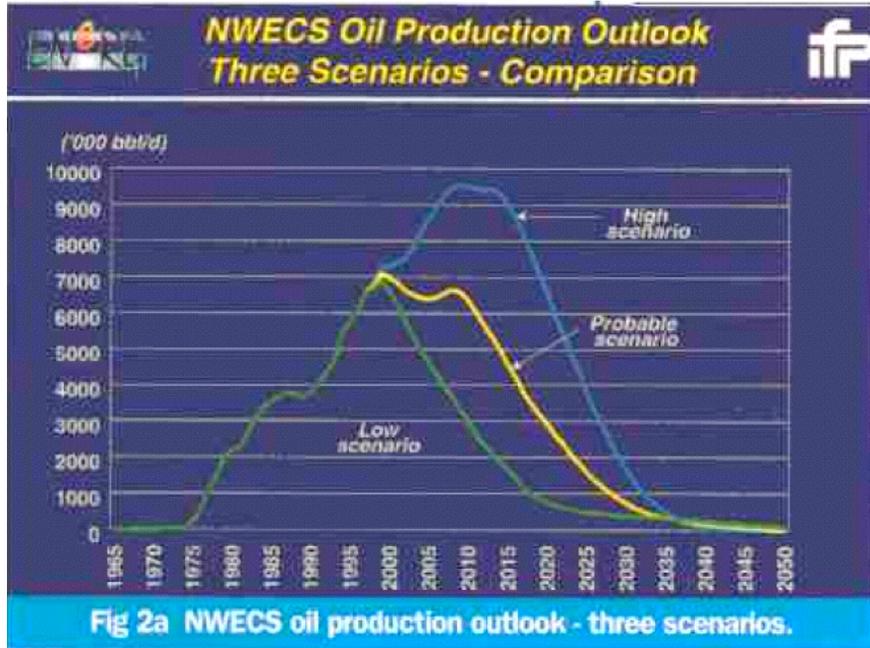
Figure 6: courbe de declin de la production de petrole du champ d'Yibal Oman 1969-2003



Mauvaise pratique de production trop pousse = declin fort et diminution des reserves calculees

Presentations “optimistes” ou “modifiées”

Figure 7 & 8: Scenarios en 1998 de production en Mer du Nord IFP et la realite

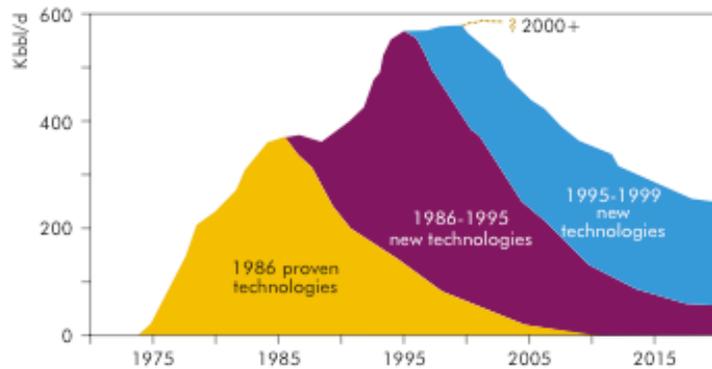


Le scenario dit probable en 1998 s'est revele etre du reve et la production en 2006 suit le scenario dit bas

Figure 9 & 10: **AIE 2005: Impact de la technologie** sur la production en Mer du Nord document Shell 1999

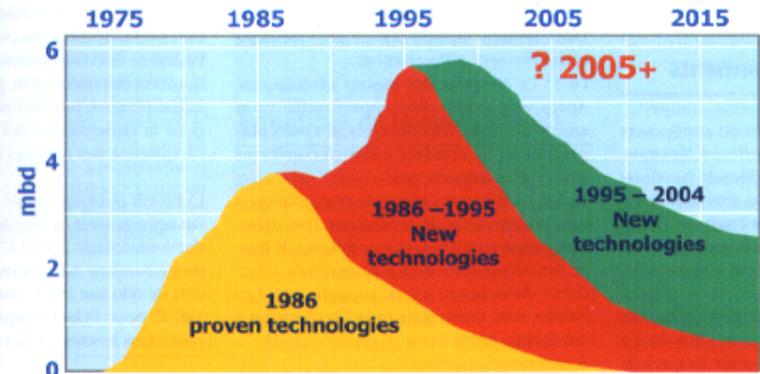
En **mai** avec echelle **fausse** et en **octobre** avec **chiffres modifiés 2004** au lieu de 1999

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 faite avec un graphique de 1999 trafiqué! Les vrais arguments manquent !

Mythe 5: les reserves sont de 40 ans pour le petrole, 60 ans pour le gaz, 250 ans pour le charbon:

Tout va tres bien Madame la Marquise

En France les **reserves de charbon** et le R/P sont d'apres BP Review

	Reserves Mt	R/P ans
2000	116	32
2001	36	15
2002	36	17
2003	36	16
2004	15	17
2005	0	0

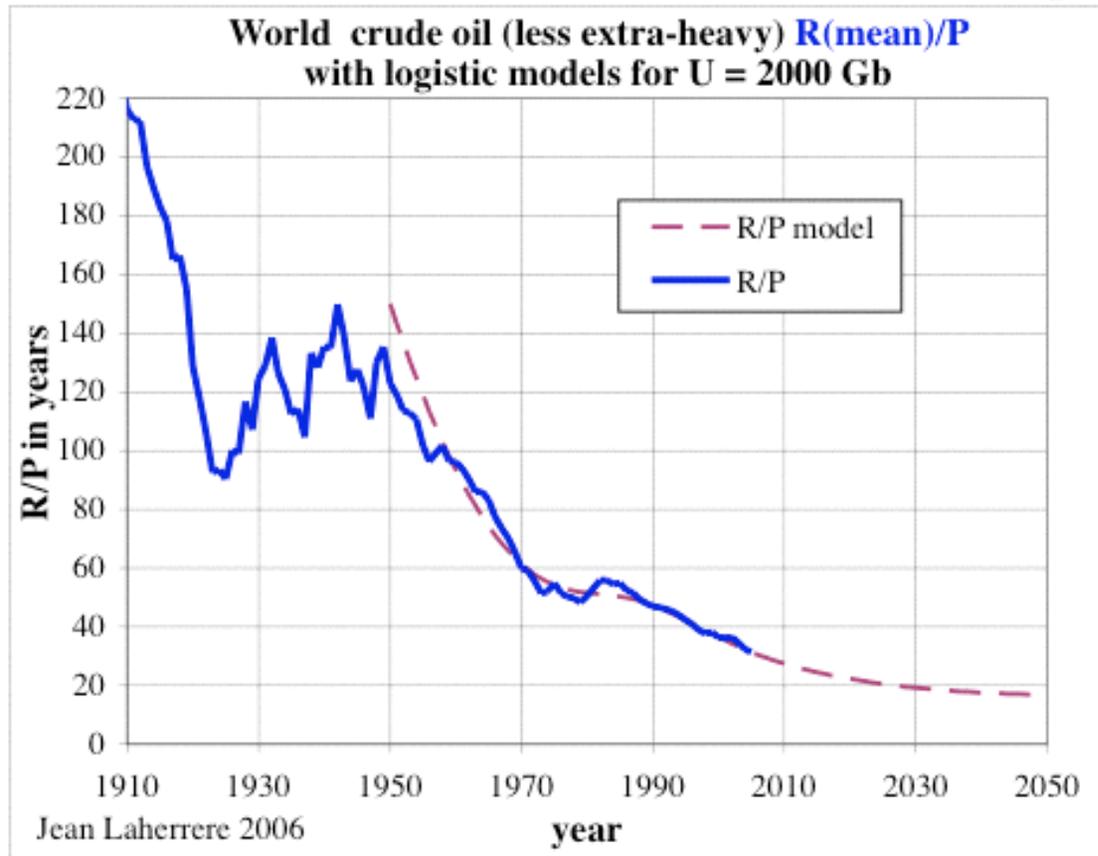
On passe de 17 ans en 2004 a zero en 2005!

Les reserves sont retournees dans le domaine des ressources

Aux US le R/P des reserves dites prouvees de petrole est d'environ 10 ans depuis 80 ans, le R/P ne veut rien dire pour predire le futur, il est surtout utilise pour calculer les reserves!

Pour le monde le R/P (brut moins extra-lourd) décroît de 140 ans en 1950 à 35 ans (perdant 100 ans en 50 ans), tendant vers une asymptote à 20 ans

Figure 12: **R/P mondial brut moins extra-lourd** avec modèles logistiques 1910-2030



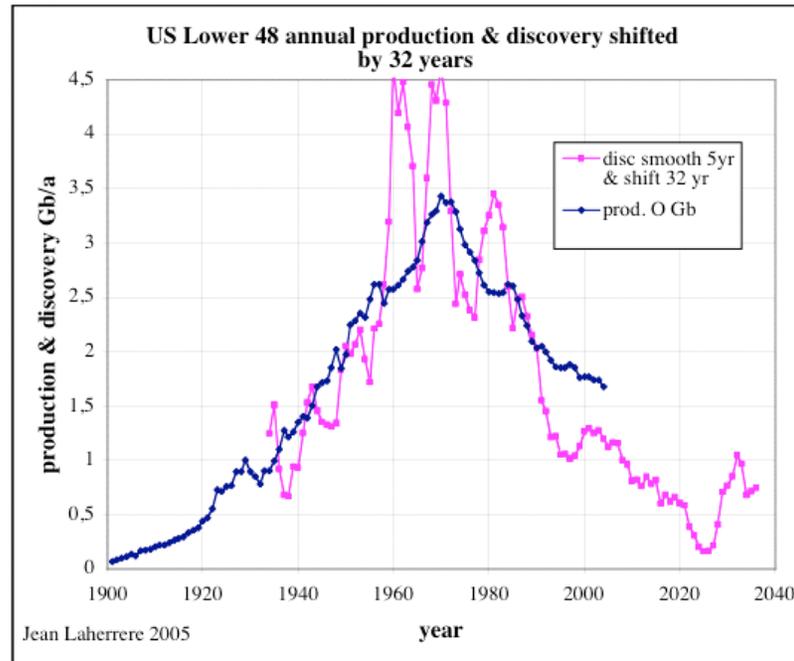
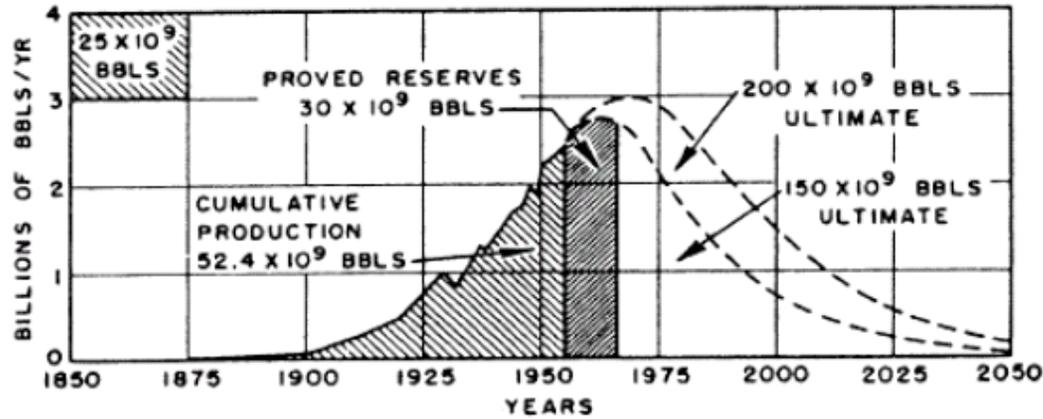
R/P est un très mauvais indicateur, mais il est utilisé par tous.

Mythe 6: les coûts diminuent avec la technologie

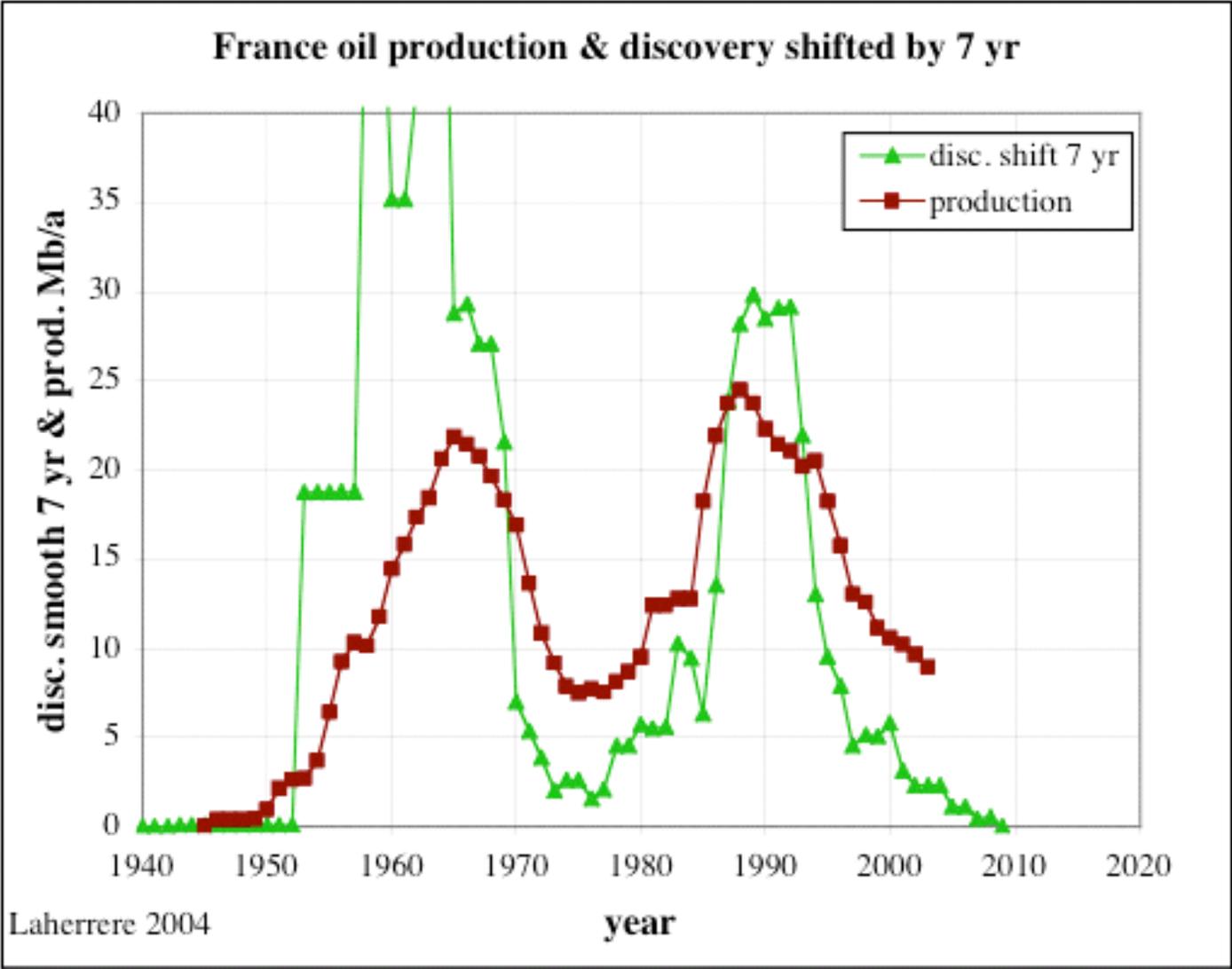
Mythe 7: les découvertes augmentent quand le prix augmente

Prevision de production future

Figure 15: prevision de King Hubbert en 1956 de la production petroliere des US (hors Alaska)



La plupart des pays montrent plusieurs cycles de decouverte et de production
Figure 17: **France: production annuelle de petrole et decouverte decalee avec 2 cycles**



-Estimation de l'ultime

Figure 19: **Afrique: courbe d'ecremage** du petrole 1907-2003 facilement modelisee avec 2 hyperboles

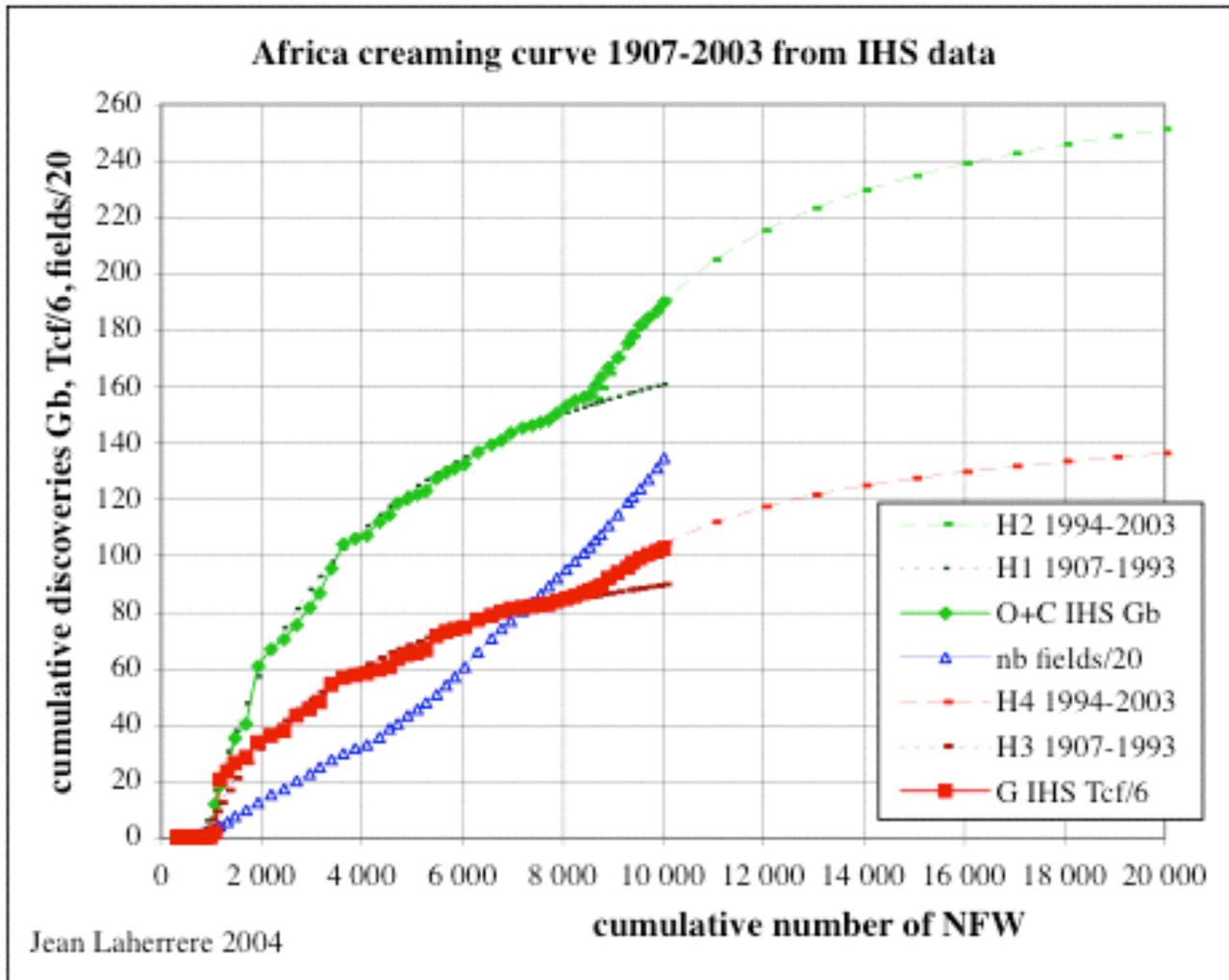
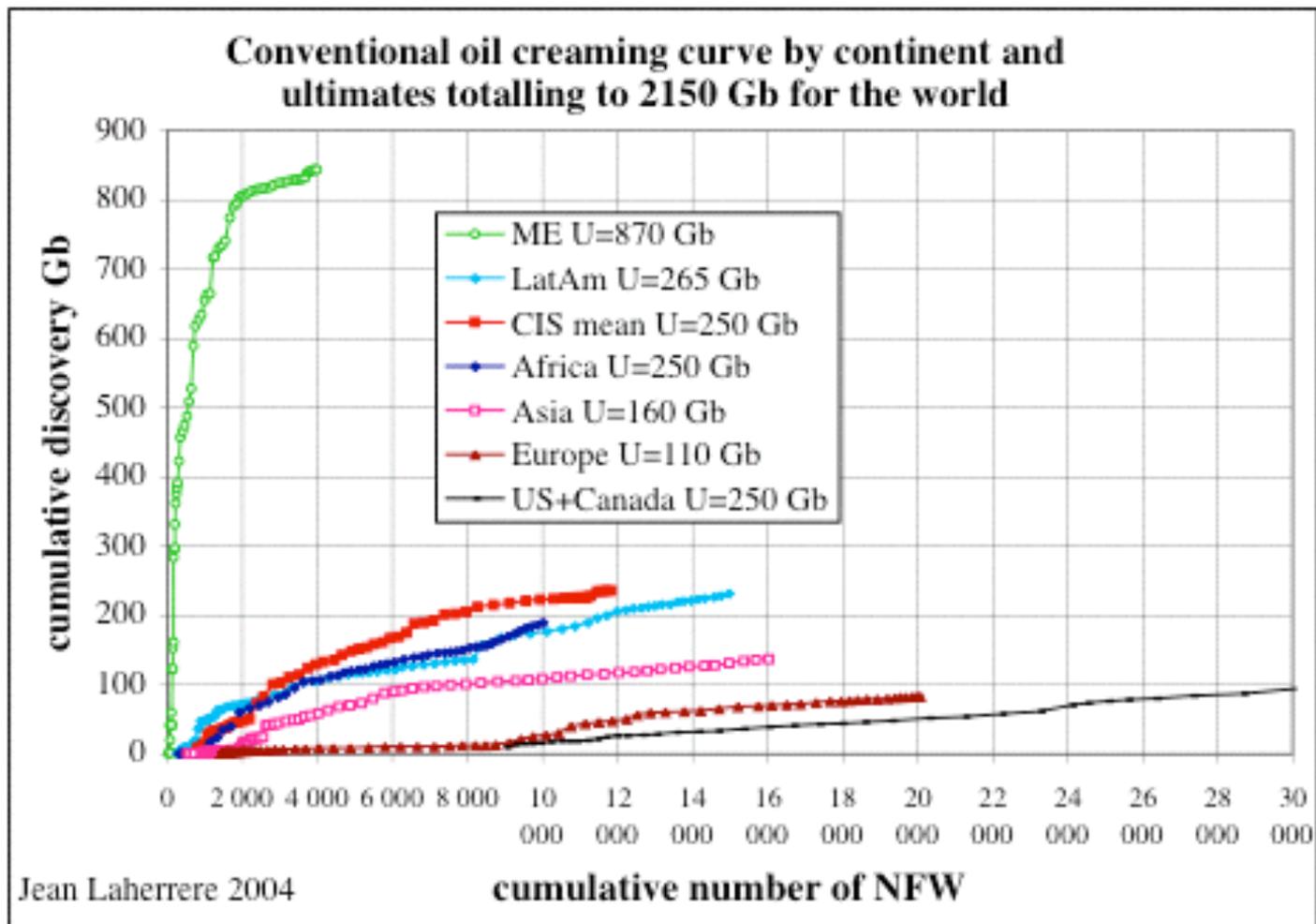


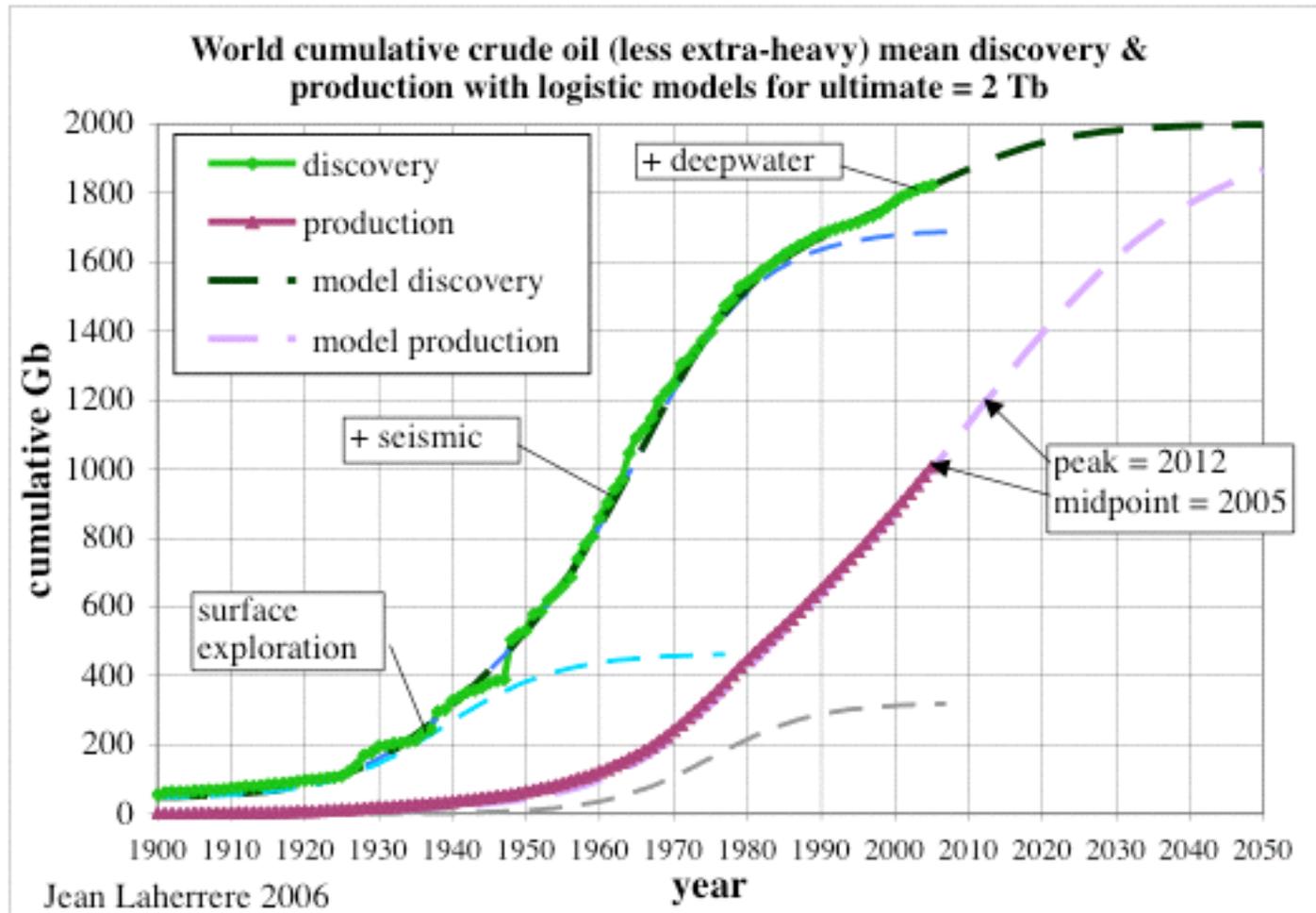
Figure 21: Courbe d'ecremage du petrole conventionnel par continent



Le monde est de par nature inegalitaire!

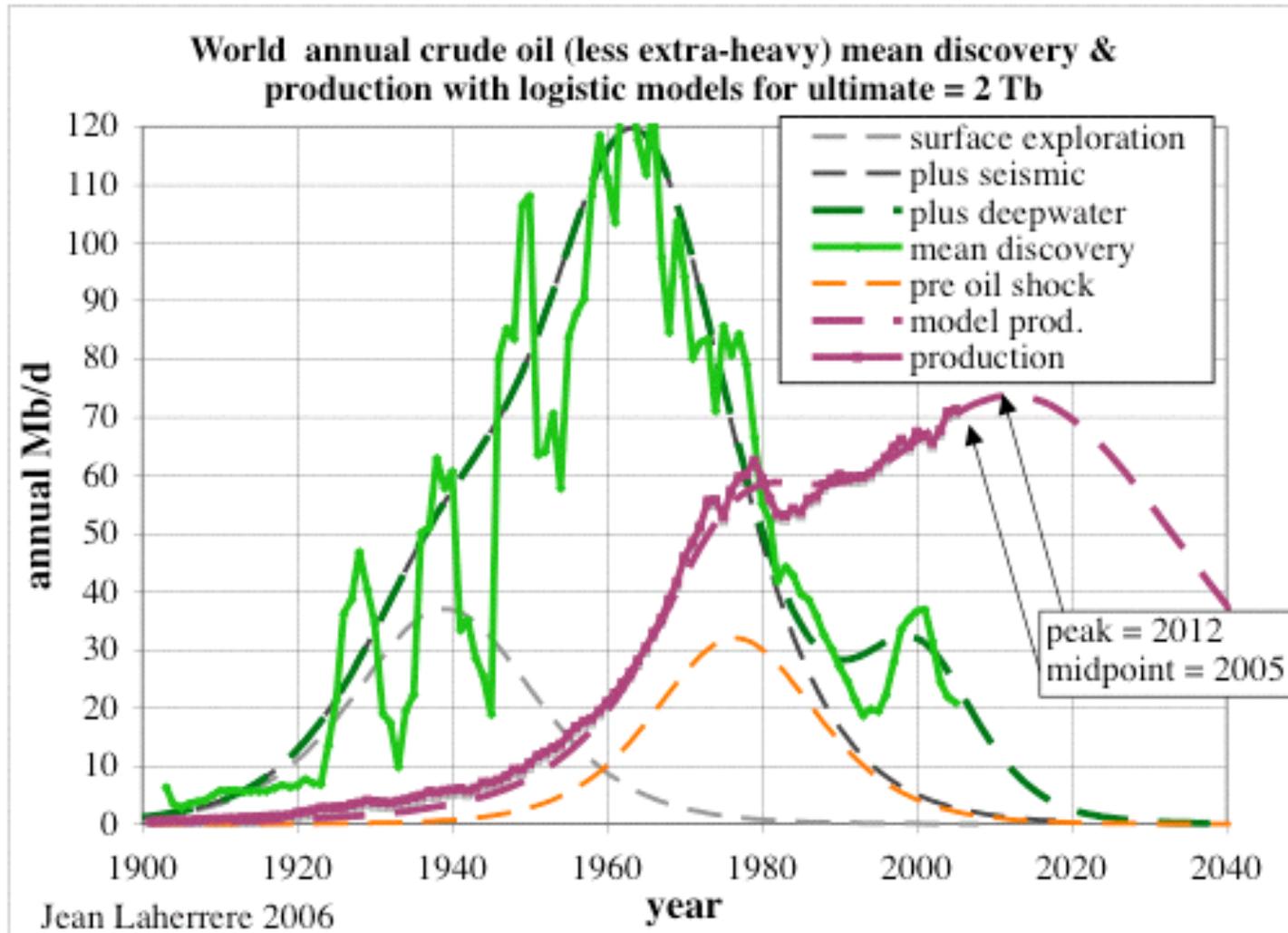
Modelisation de la production future

Figure 22: **Monde: brut moins extra-lourd**: decouvertes moyennes cumulees et production cumulee avec modeles logistiques (courbe en S) pour $U = 2000 \text{ Gb} = 2 \text{ Tb}$



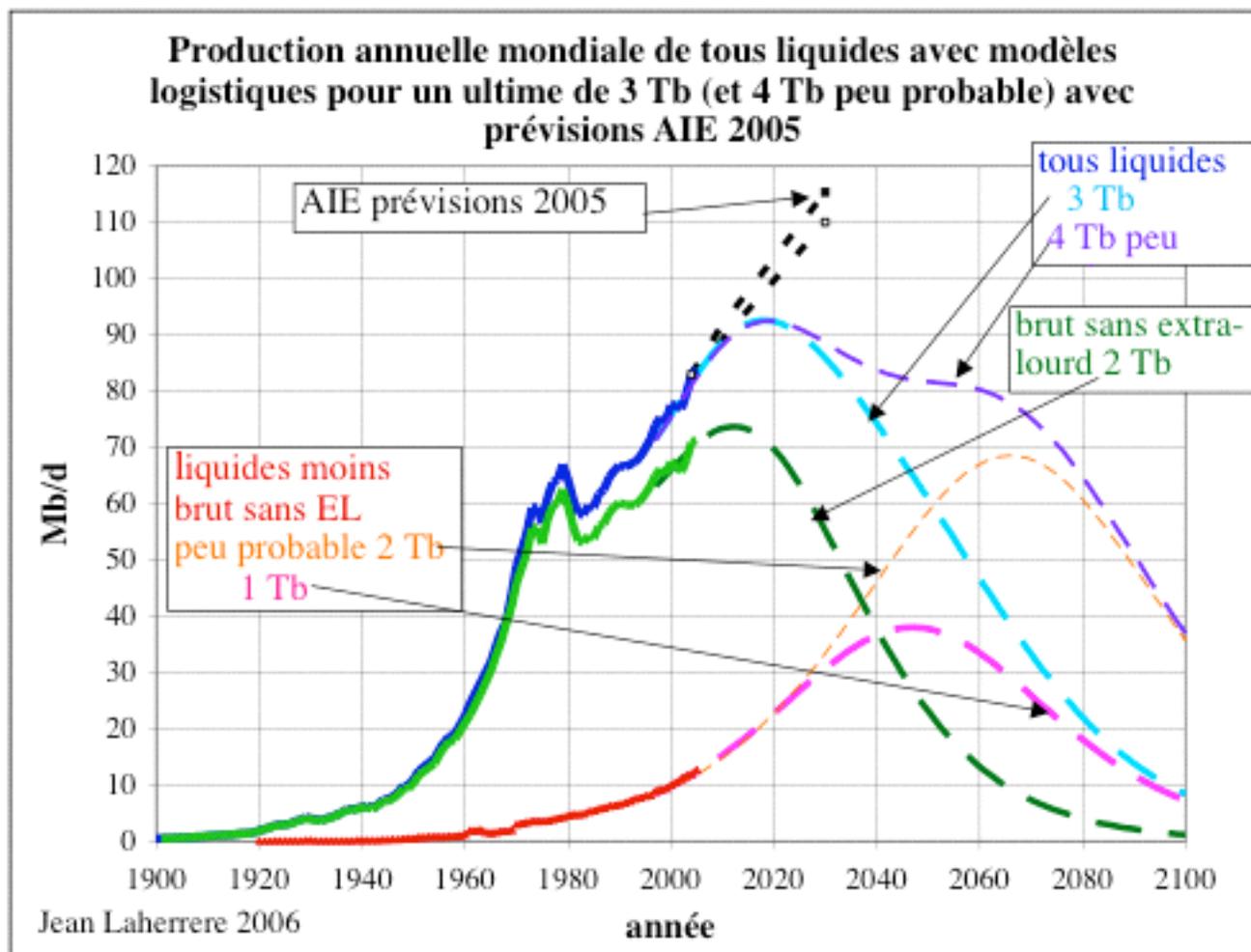
Il reste moins de 10% a decouvrir, inferieur a la precision de ce qui a ete decouvert!

Figure 23: **Monde: brut moins extra-lourd**: decouvertes et production annuelles avec modeles logistiques pour $U = 2000 \text{ Gb} = 2 \text{ T}$



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

Figure 24: **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 declin

Ce pic est ce que peut offrir l'offre sans contrainte de la demande et des investissements, probablement il y aura non un pic mais un **plateau en tole ondule** avec des prix chaotiques.

-Messages differents de l'AIE 1998; 2002; 2004: pour les previsions a 2030

Le changement a l'AIE du directeur des analyses a long-terme aboutit a des messages tres differents:

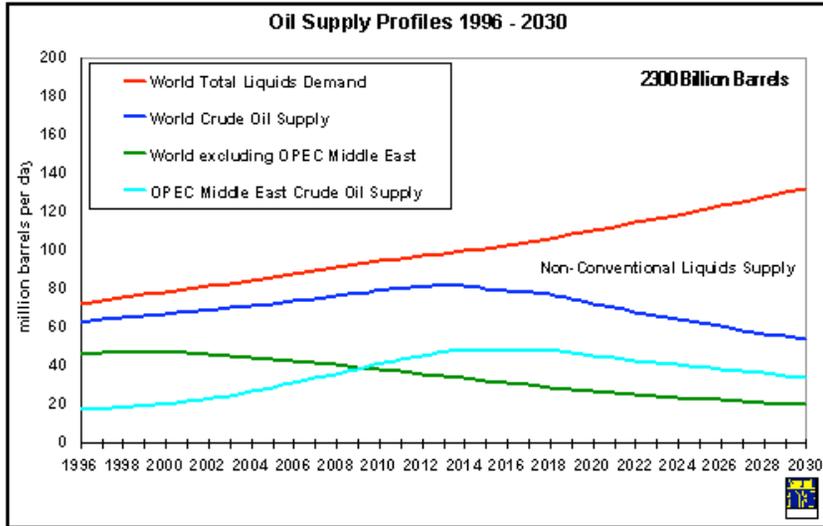


Figure 3.3: World Oil Production

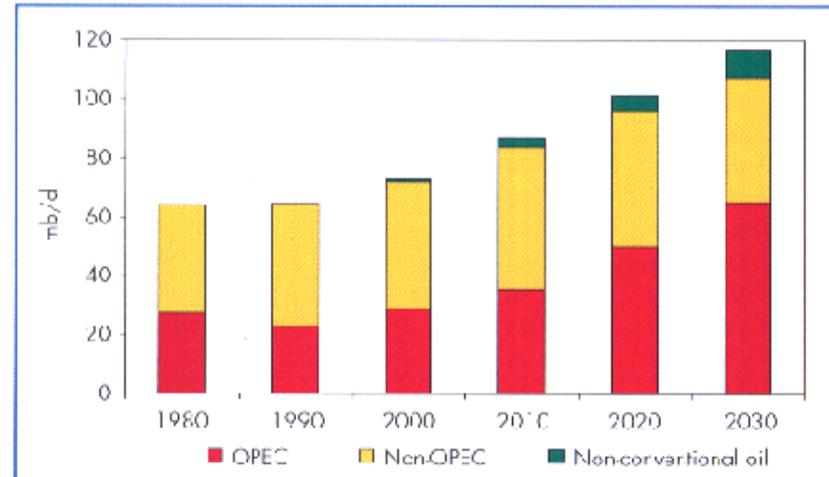
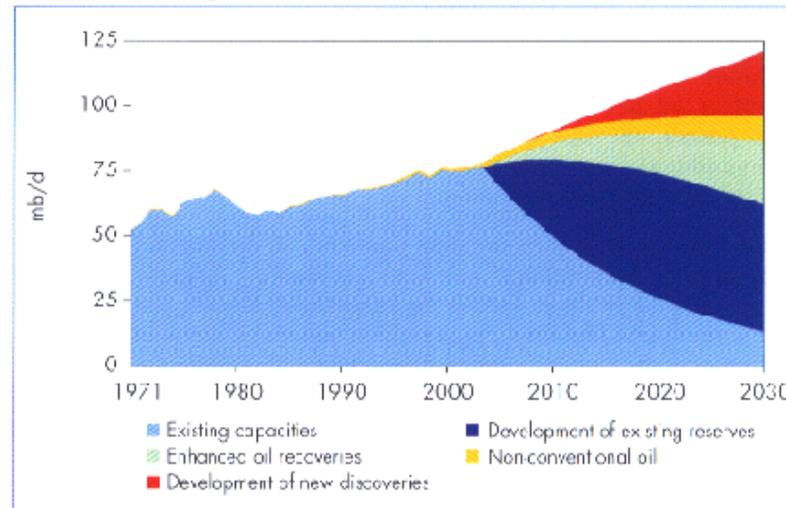
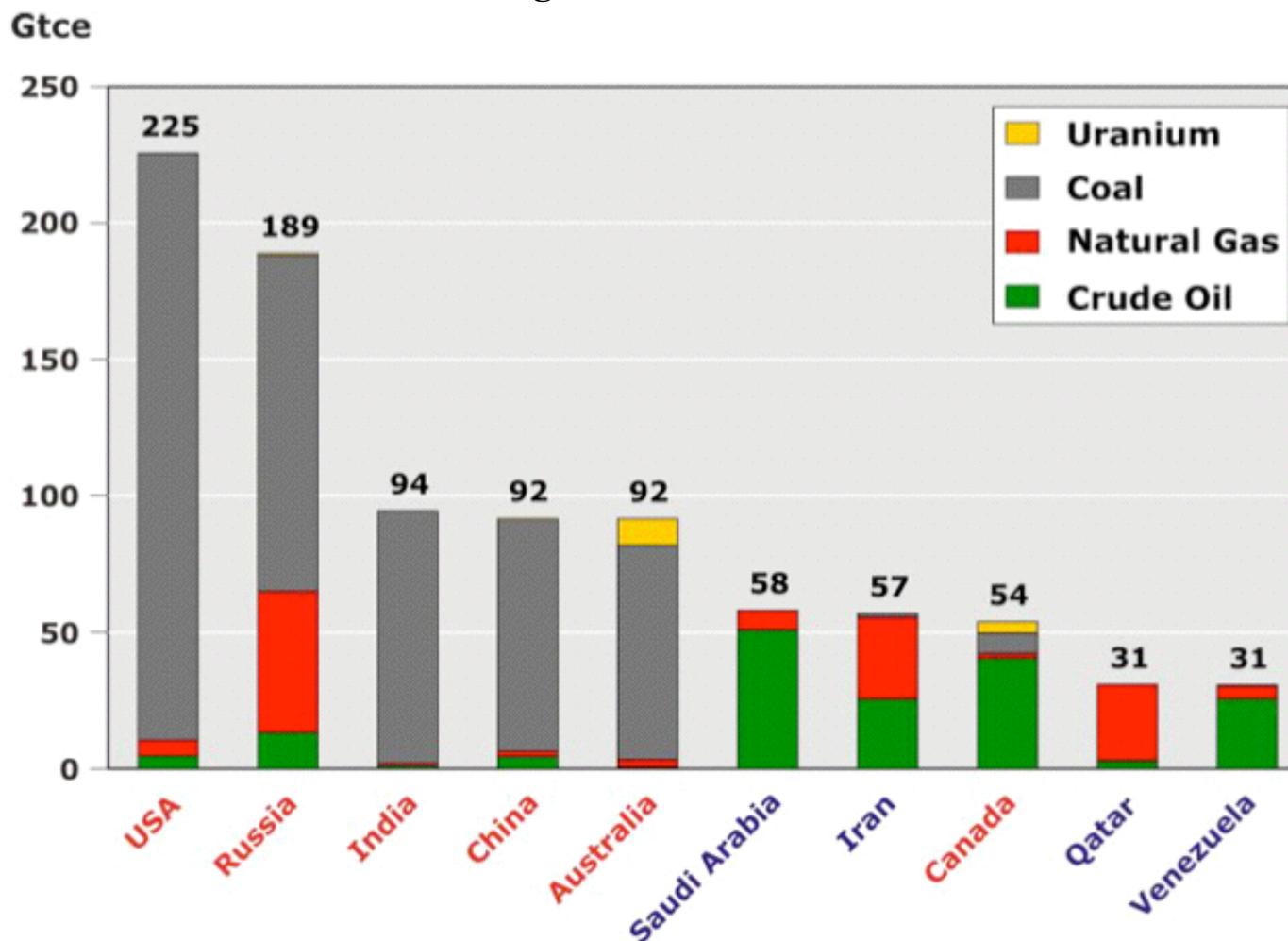


Figure 3.20: World Oil Production by Source



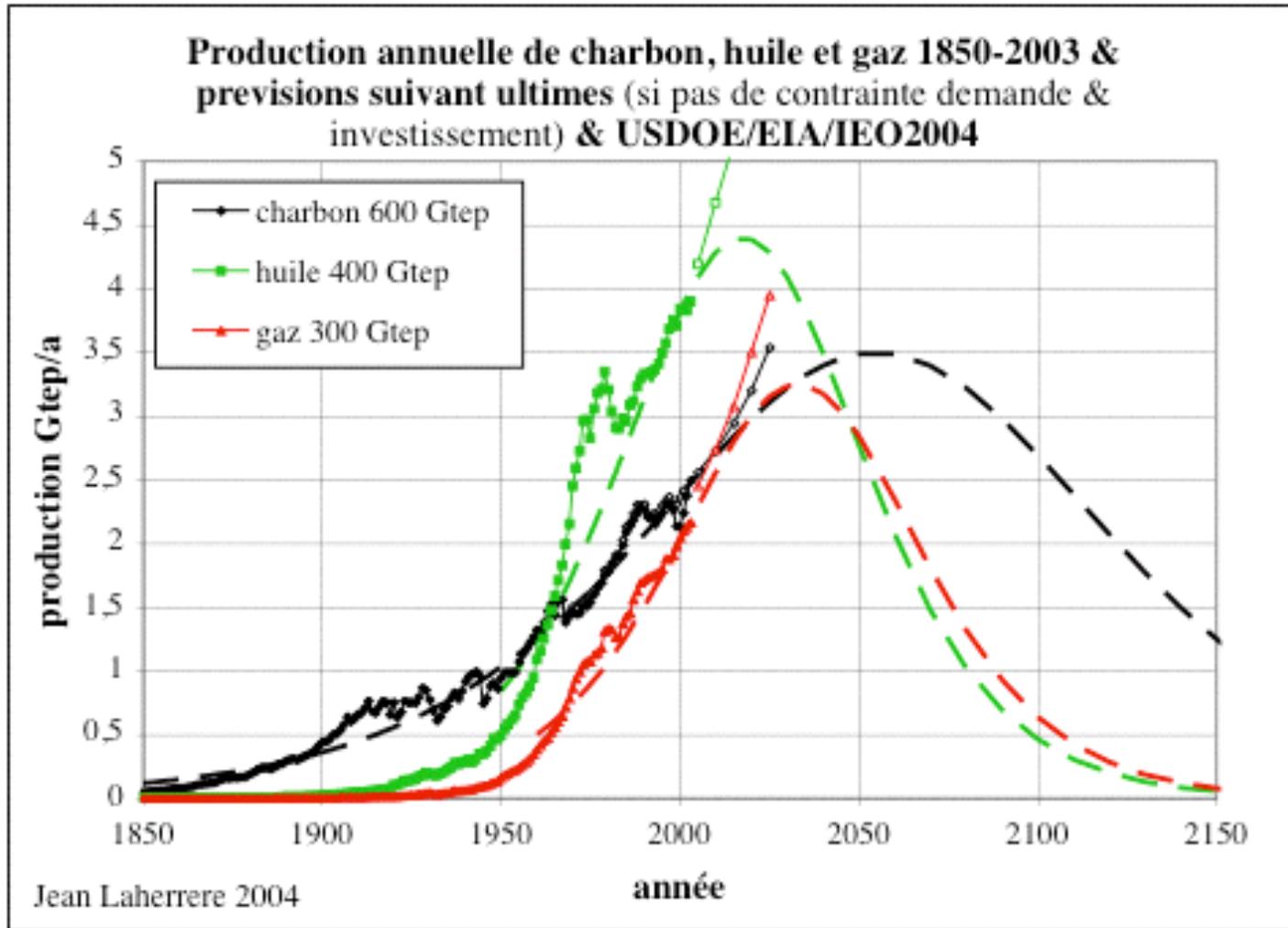
-Inventaire 2004 des Ressources en energie du BGR = Bureau de Geosciences en Allemagne



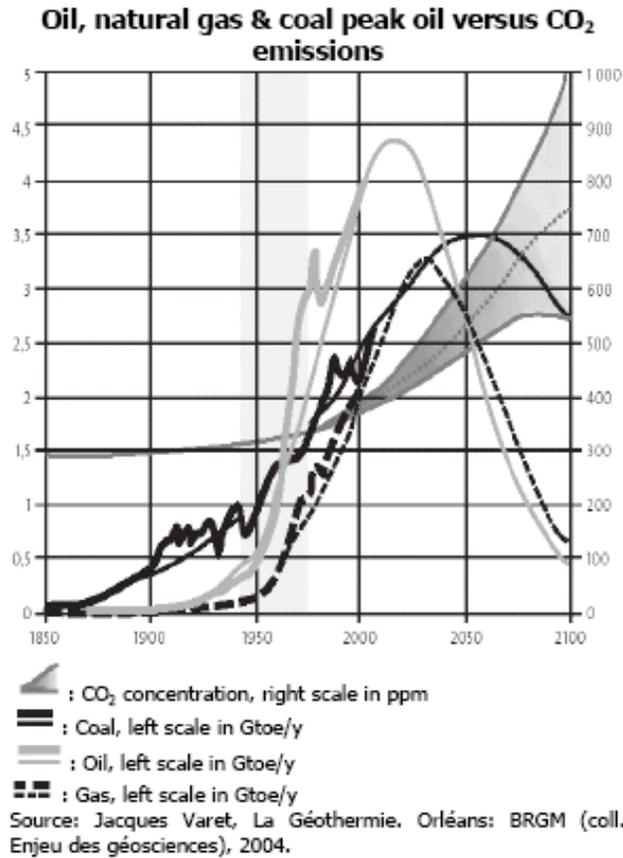
Importance du charbon pour les 5 pays les plus dotes; l'Arabie Saoudite est un petit sixieme apres l'Australie! Les US sont le Moyen-Orient du charbon

-Previsions des combustibles fossiles

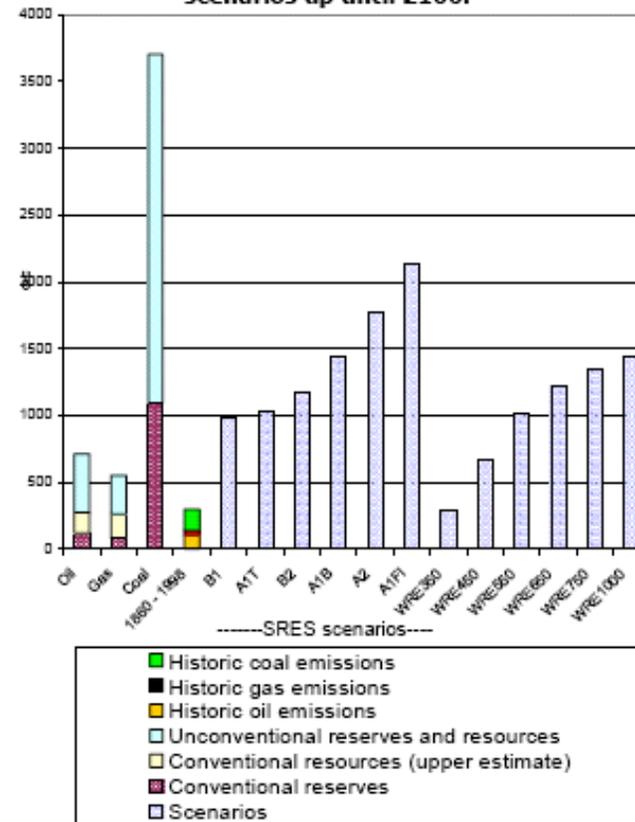
Figure 30: Production mondiale annuelle de charbon, petrole et gaz 1850-2150



A-T Mocilnikar 2006 presente ensemble un graphique Varet (BRGM) et un graphique GIEC



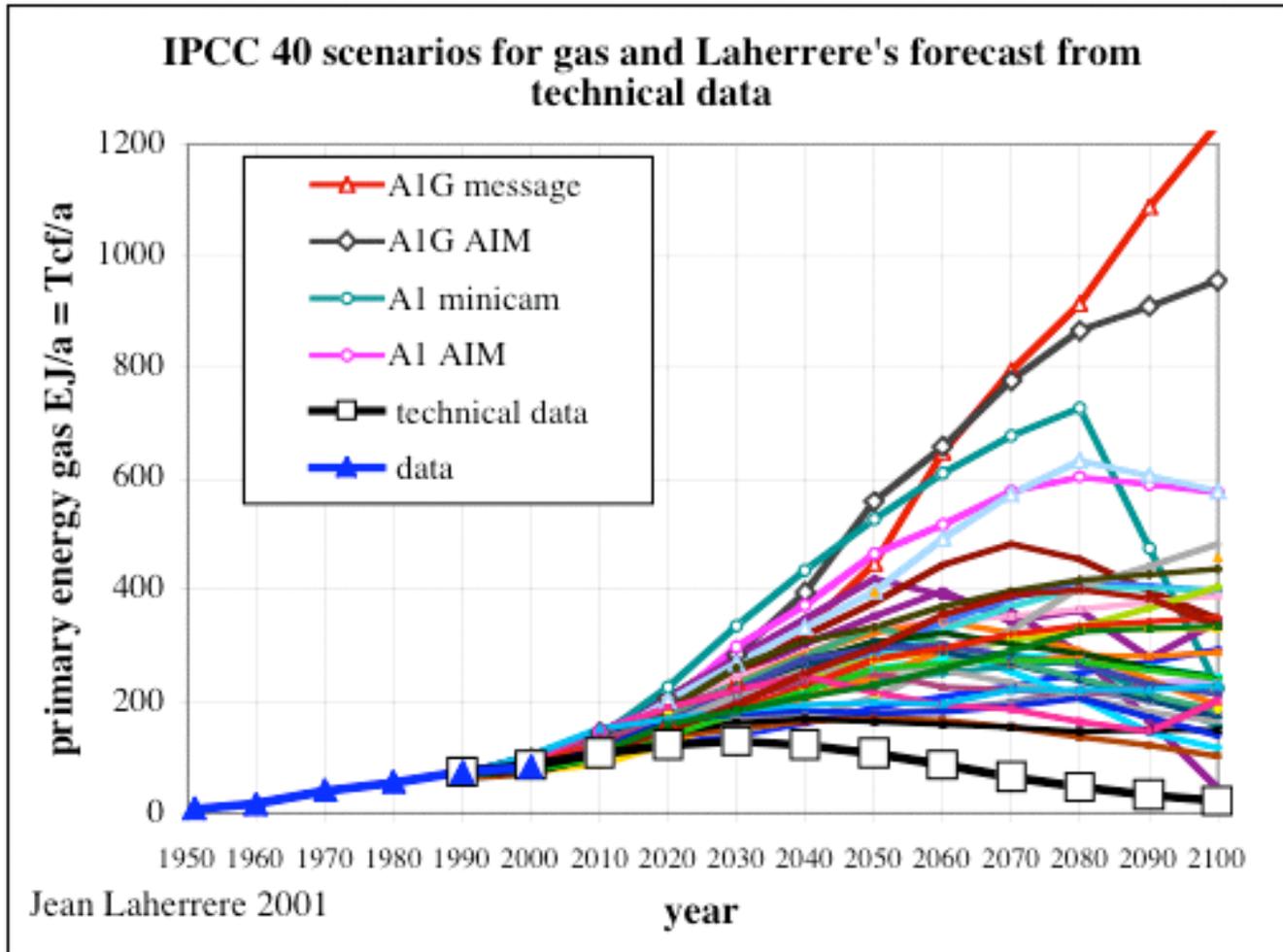
Carbon in oil, gas and coal reserves and resources compared with historic fossil fuel carbon emissions 1860-1998, and with cumulative carbon emissions from a range of SRES scenarios and TAR stabilization scenarios up until 2100.



Source: IPCC

gauche = Varet ultime restant 1500 Gtc ; droite = GIEC 5000 Gtc = incompatible !

Figure 32: IIASA scenarios (rapport GIEC2001) de la consommation de gaz compares aux donnees techniques



Le prochain rapport GIEC 2007 utilise les memes scenariosn energetiques irrealistes de 2001 et va donc donner les memes resultats: **GIGO = garbage in, garbage out**

Rendement energetique = rapport entre l'énergie recuperee sur l'énergie investie

Il ne faut pas investir plus d'énergie que celle que l'on recupere.

Aux US, le rapport etait de 100 au pic des decouvertes en 1930 et de 15 pour les annees 1990.

Pour l'éthanol a partir du maïs aux US les universitaires Pimentel et Patzek estiment un rapport de 0,7 alors que l'USDA un rapport 1,3.

*Bilans energetiques et gaz a effet de serre des filieres de production de biocarburants en France
ADEME/DIREM sept 2002 Ecobilan/PricewaterhouseCoopers*

- *Le rendement énergétique défini comme le rapport entre l'énergie restituée sur l'énergie non renouvelable mobilisée) pour les filières de production d' **éthanol de blé et betterave est de 2** à comparer avec le rendement pour la filière **essence de 0,87**.*

- *Le rendement énergétique des filières **ETBE de blé et betterave est voisin de 1** contre un rendement de la filière **MTBE de 0,76**.*

- *Enfin, la filière **EMHV** présente un fort rendement énergétique **proche de 3**, à comparer avec le rendement du **gazole de 0,9**.*

Cette etude arrive a des resultats aberrants, disant que l'essence et gazole ont un bilan negatif alors que le biocarburant a un bilan positif, cela vient a dire que les petroliers devraient etre en faillite et que les biocarburants n'ont pas besoin de detaxations et de subventions!

Le bilan doit etre fait du puits a la roue (well to wheel)

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 dixieme du bioethanol!

Figure 33: Production mondiale de biocarburants 1980-2005

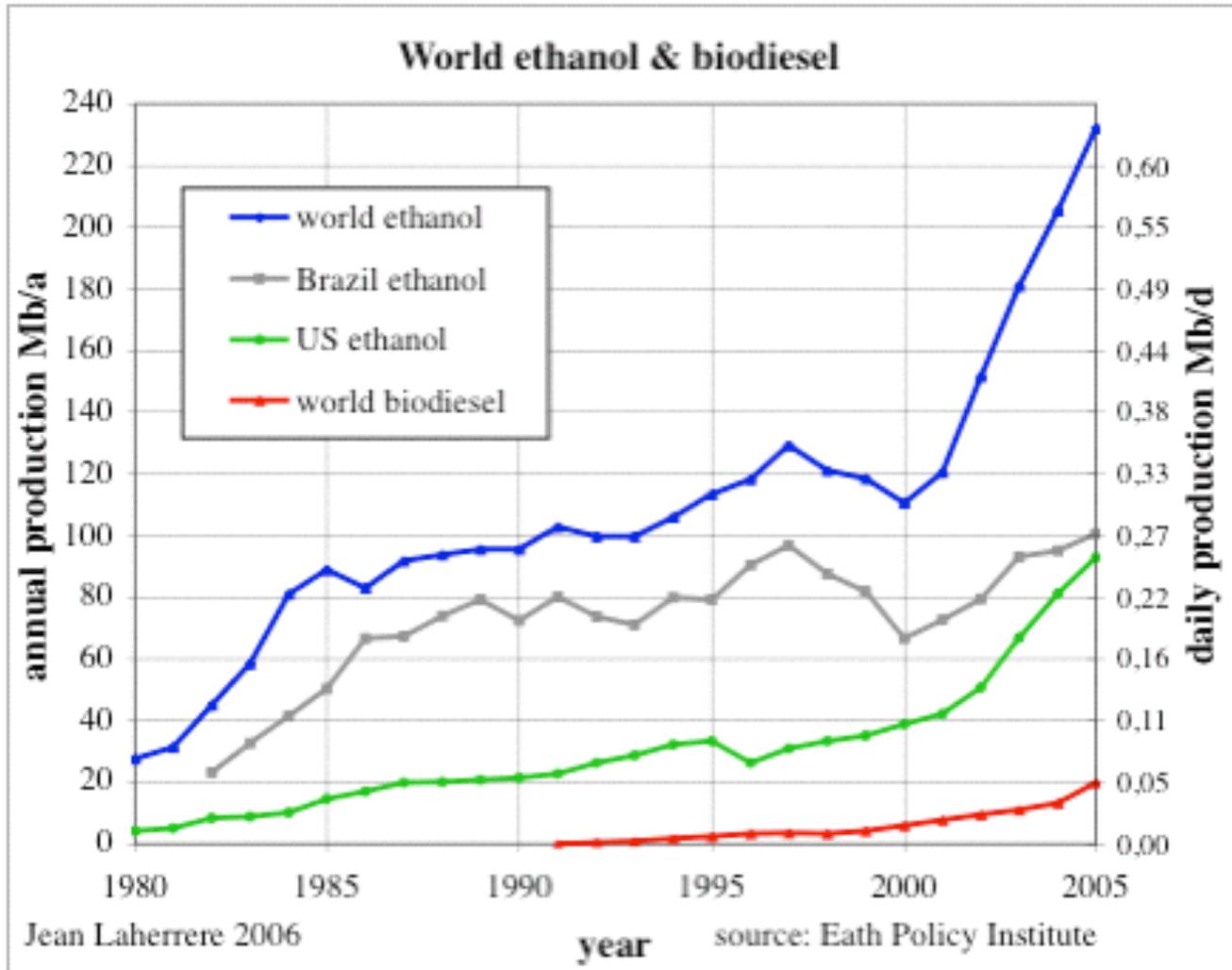
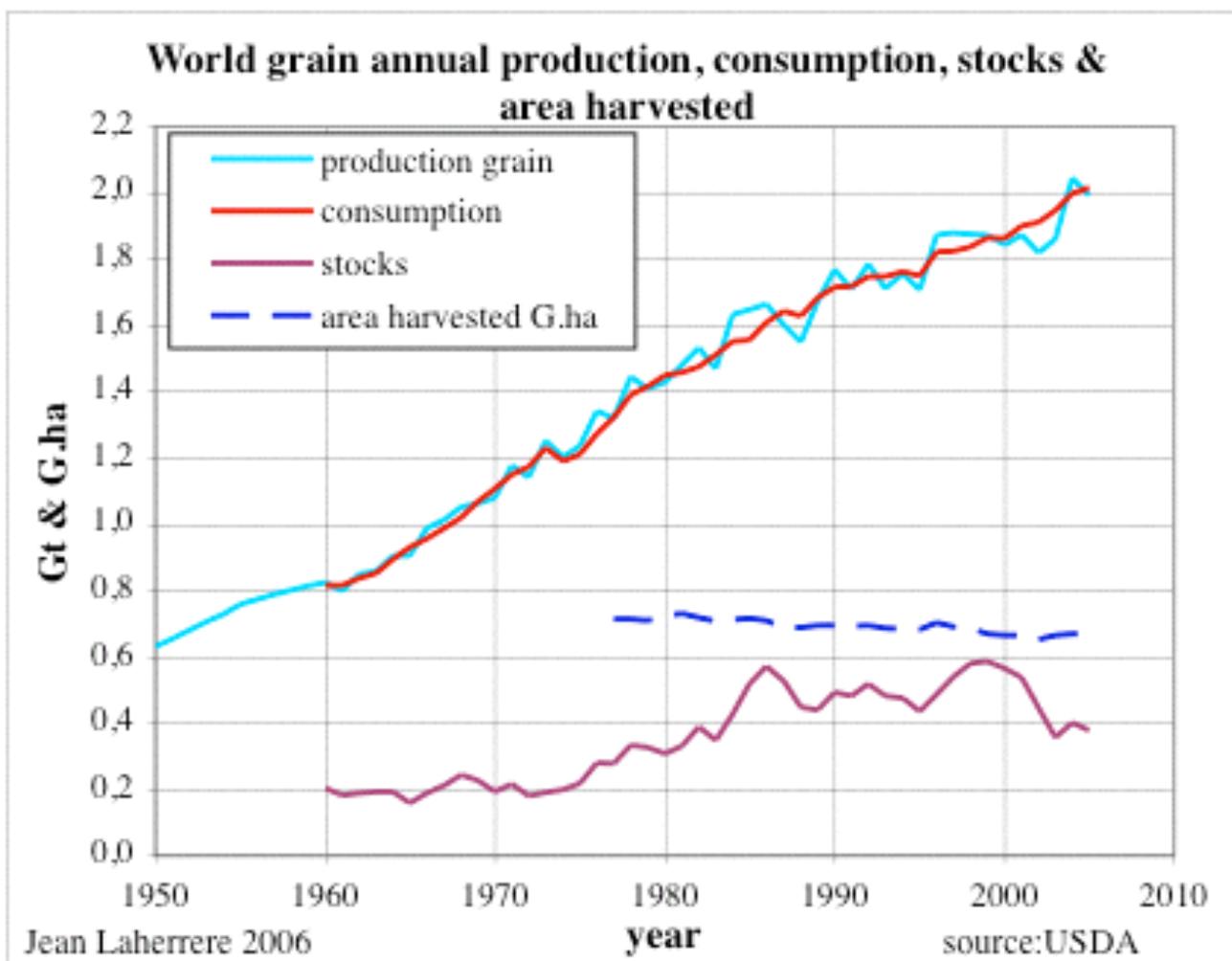


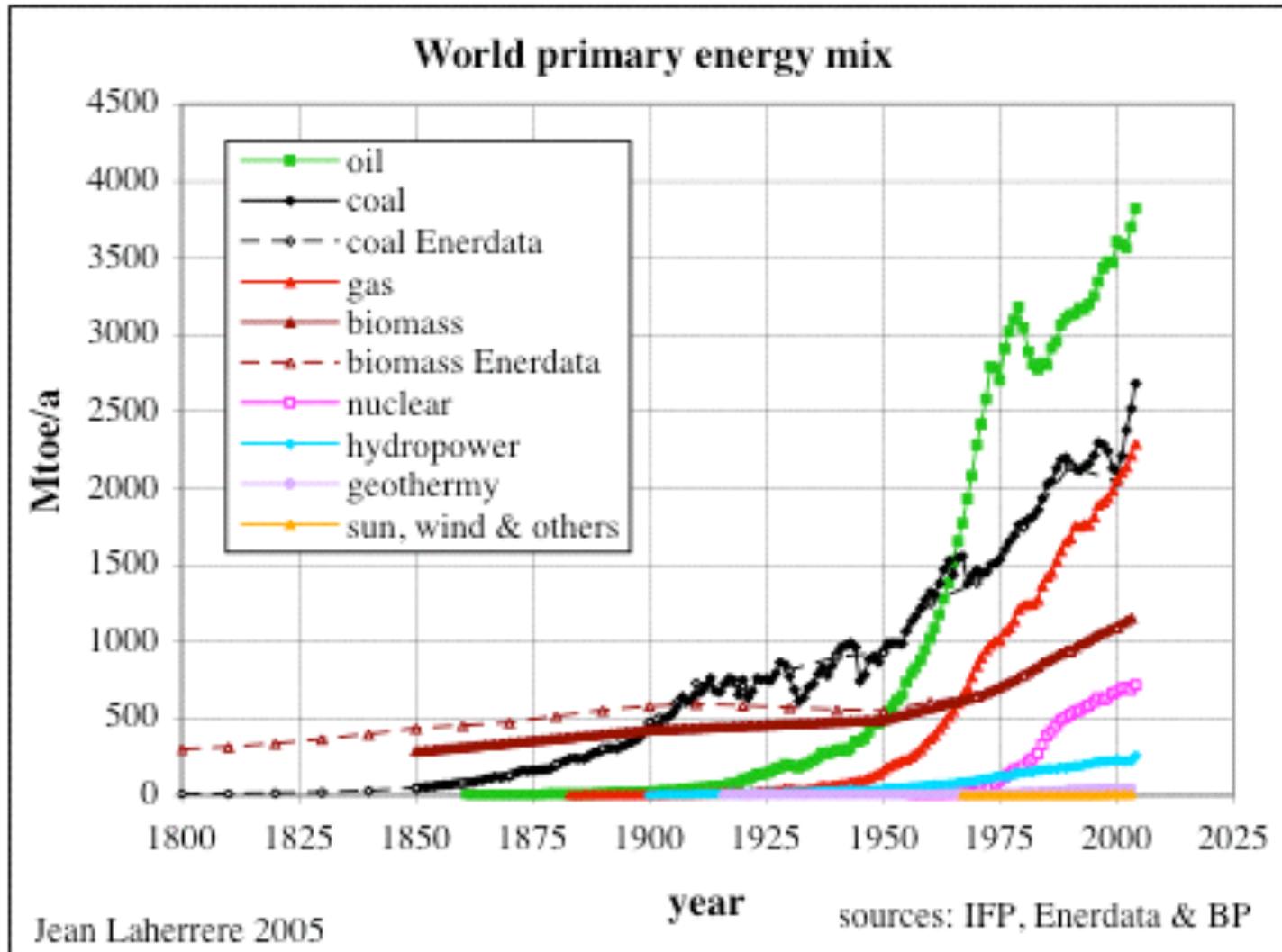
Figure 34: production mondiale de grain, consommation et stocks 1950-2005



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

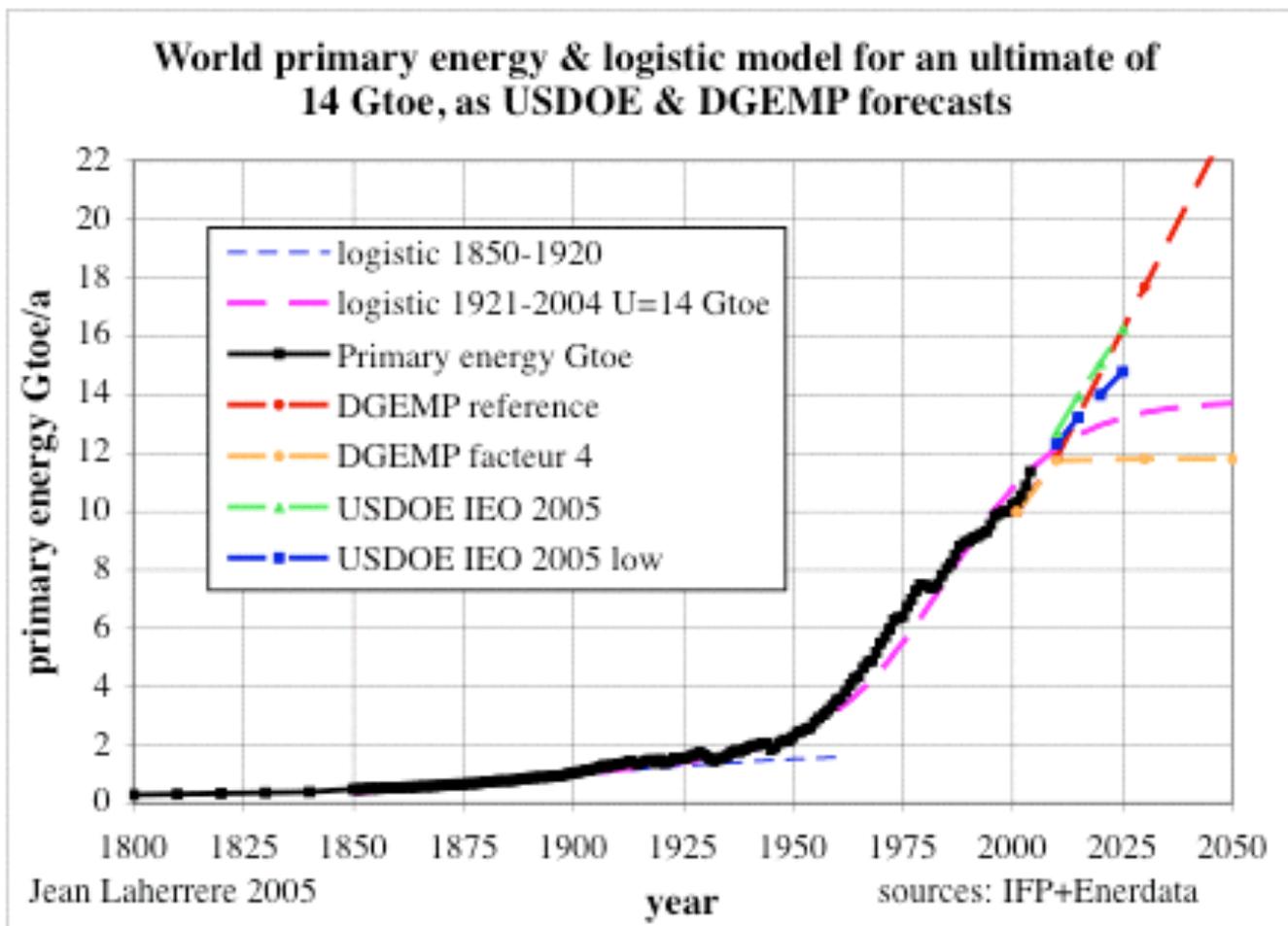
Energie primaire

Figure 36: [Energie primaire mondiale 1850-2004](#)



Le charbon dans les dernières années croit plus vite que l'huile ou le gaz

Figure 38: **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

Figure 40: prix de l'huile de baleine et du brut en dollar et euro 2004 **1860-2004**

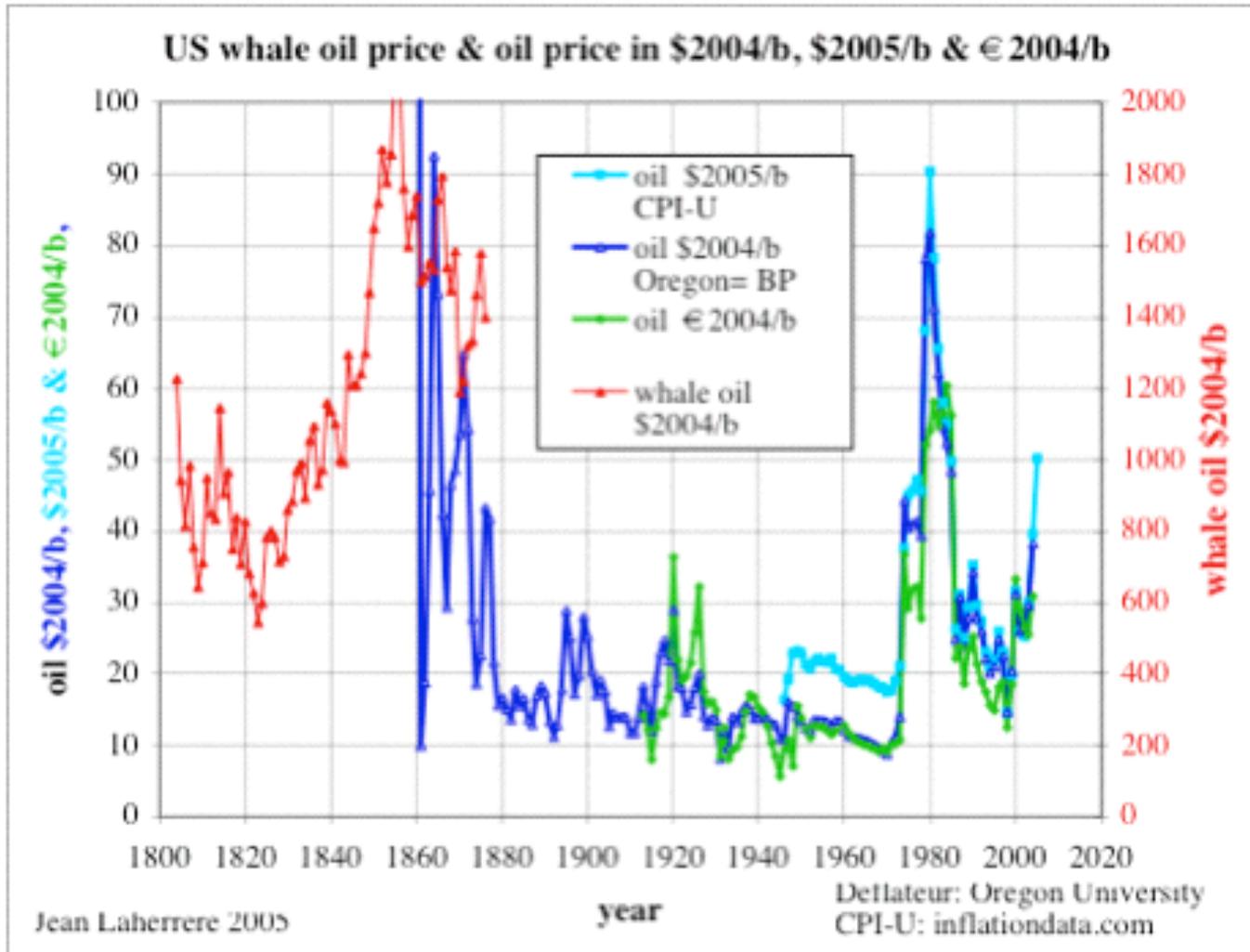
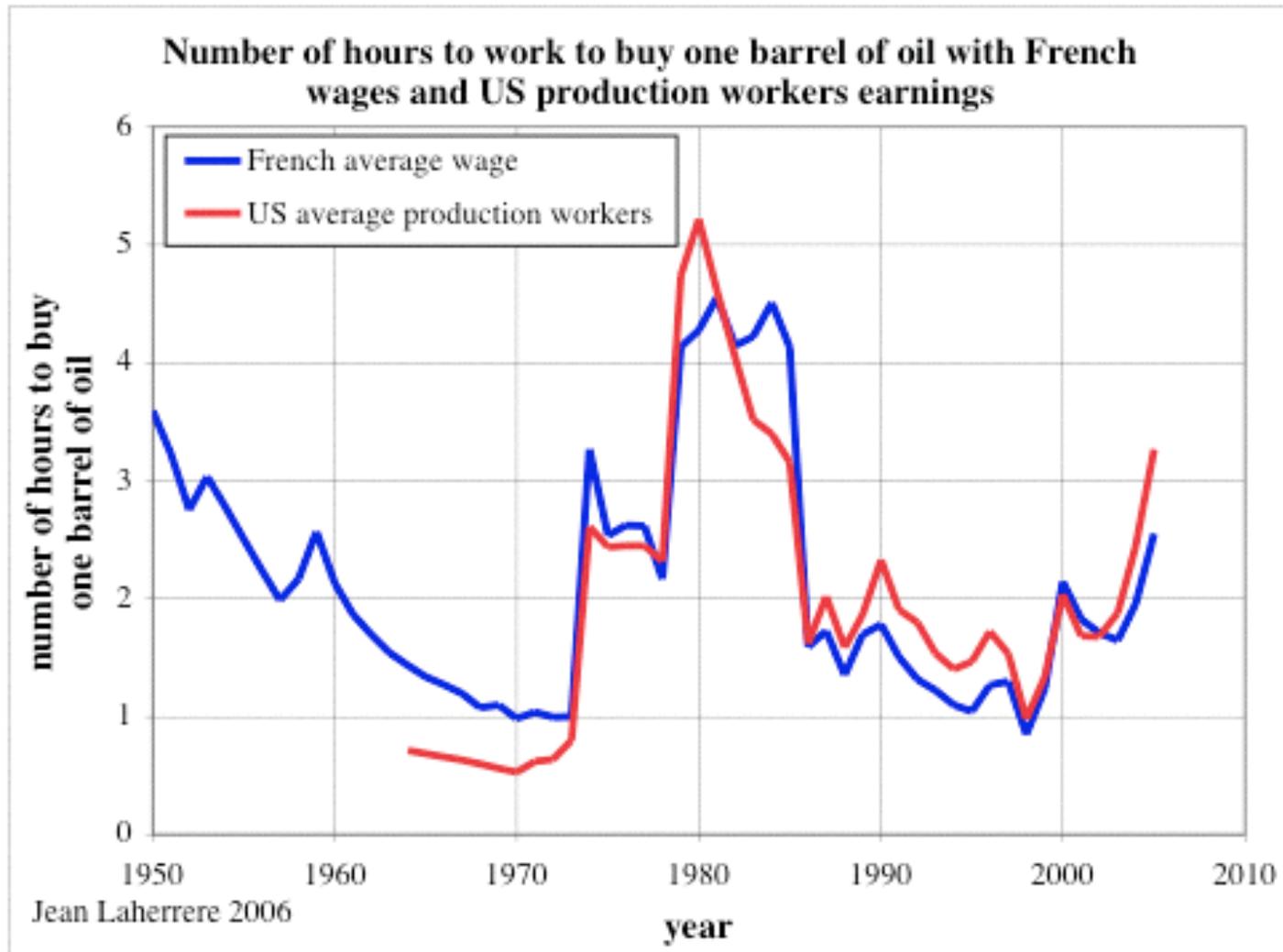


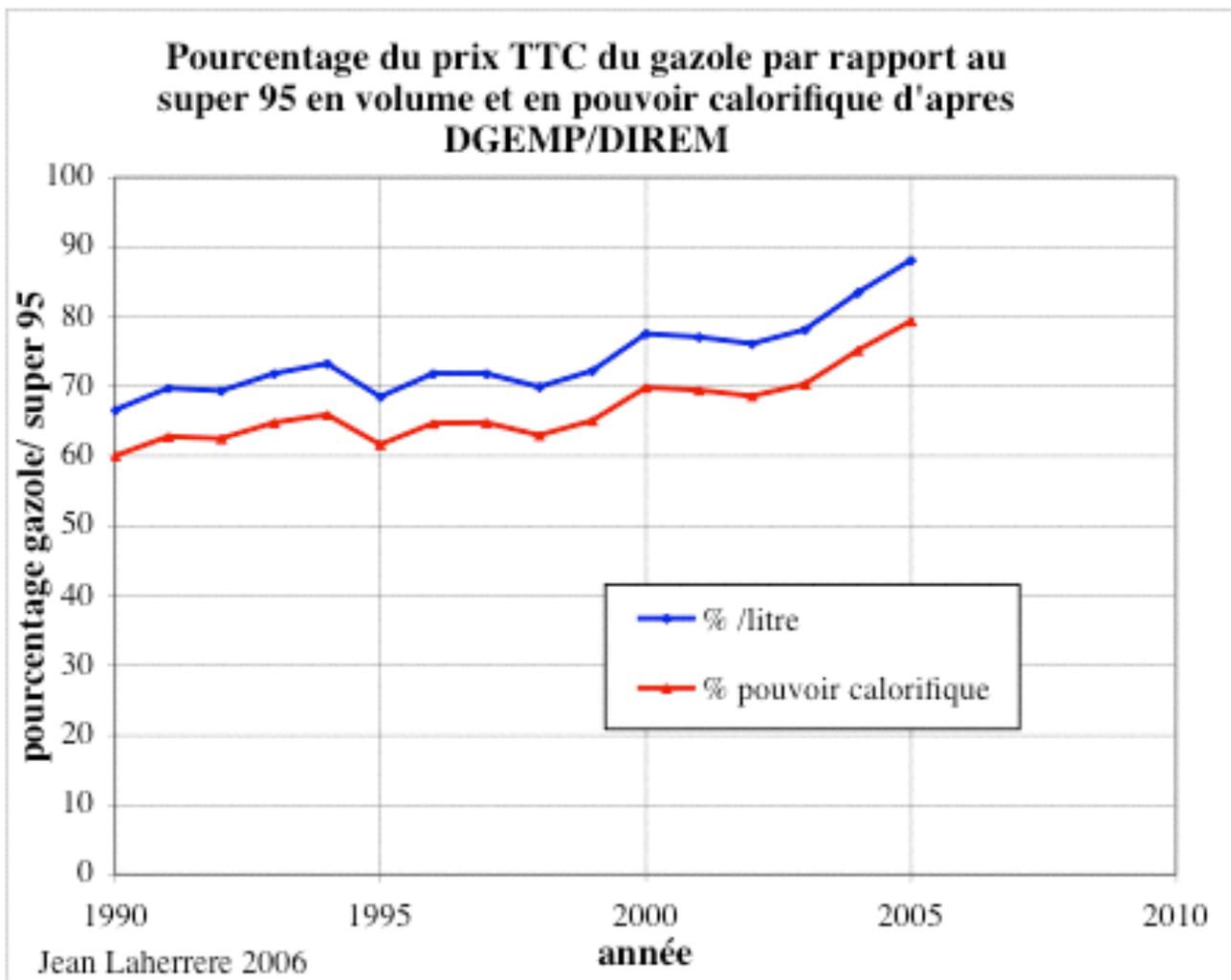
Figure 41: Nombre d'heures de travail pour acheter un baril de petrole 1950-2005



Le Francais ne doit pas travailler plus pour acheter un baril, mais l'Americain peut acheter plus de barils, car il travaille 2000 heures/a contre moins de 1600 heures/a pour le Francais!

Le gazole est plus de 10% plus calorifique que l'Euro-super, en France il devrait donc être plus taxé que l'essence (comme en Suisse) et vendu 20% plus cher qu'aujourd'hui.

Figure 43: **Pourcentage du prix du gazole par rapport au super 95 en volume et pouvoir calorifique**



-Solutions?

-Protocole de Rimini (proposition Colin Campbell)

Le protocole dit que les pays producteurs **produiraient le pétrole au taux de *depletion* actuel** défini comme le *pourcentage des réserves estimées restantes à produire*.

Les objections à ce protocole sont les suivantes:

-les chiffres de Campbell concernent ce qu'il appelle le *regular oil* qui exclut entre autres l'huile lourde dont les productions ne sont pas publiées

-les réserves publiées sont politiques et très différentes des données techniques, qui, elles-mêmes, varient avec les sources. Il n'y a pas de consensus sur les définitions de réserves.

-les grands pays producteurs (OPEP) trichent sur les productions et sur les réserves à cause des quotas, ce serait alors tous les pays concernés par le protocole qui en feraient de même

- le taux de *depletion* est en fait l'inverse du R/P, qui est un très mauvais paramètre, car il tend vers une asymptote (figures 11 & 12) de 20 ans pour le monde.

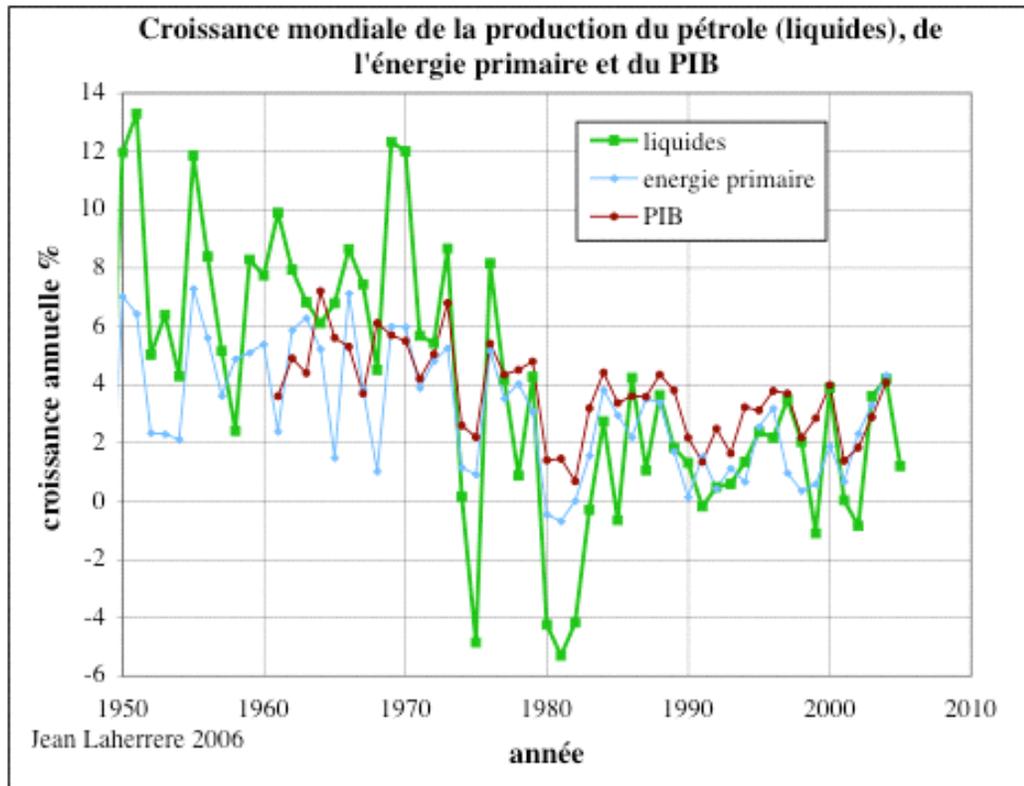
Ce protocole a de très bonnes intentions mais il me semble utopique et rendrait impossible la transparence souhaitée des données.

Les données de réserves (et de production par champ) de l'OPEP seront confidentielles tant qu'il y aura des quotas.

-Economie d'énergie

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

Figure 45: **monde: croissance de la production de petrole, de l'énergie primaire et du PIB**



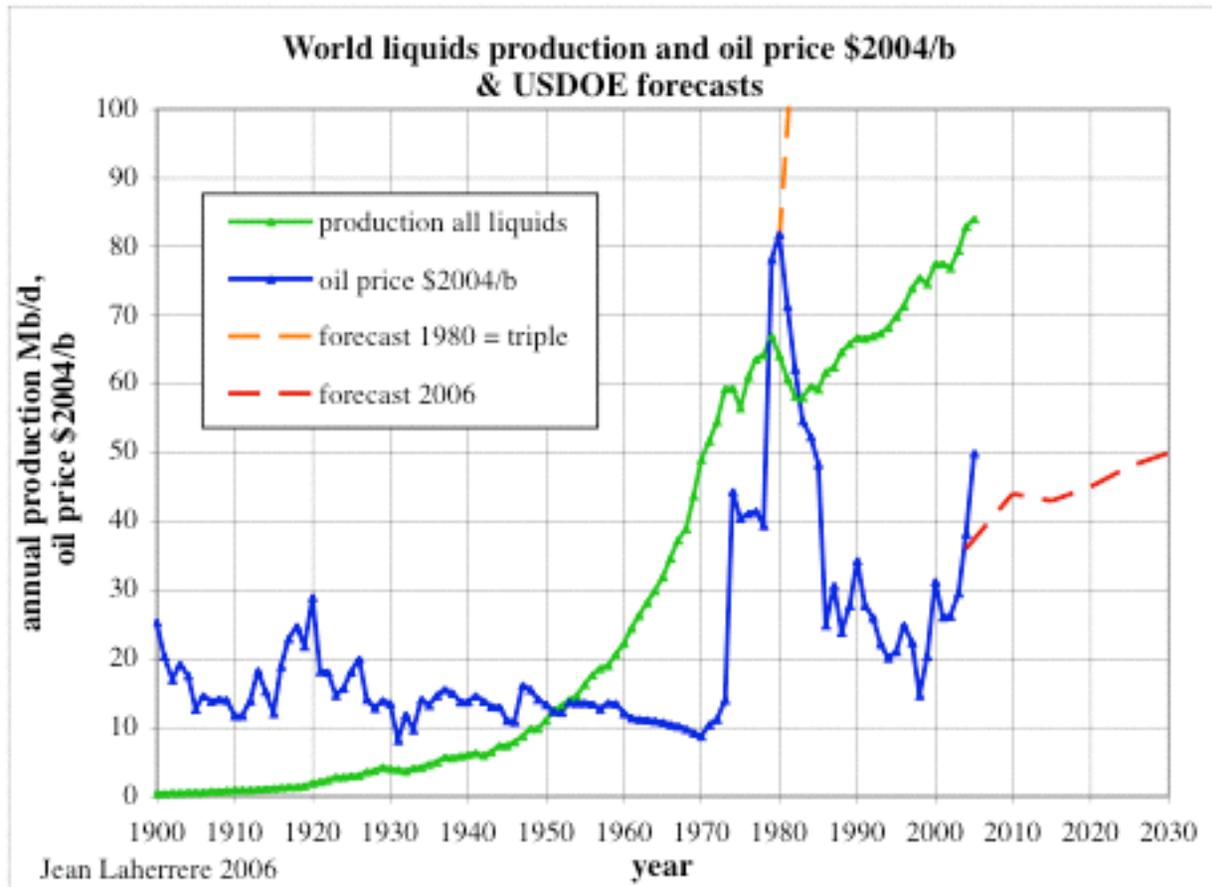
Le **cout de l'énergie** sur les 40 dernieres annees a ete de l'ordre de **5% du PIB** mondial alors que les experts estiment que la **contribution de l'énergie** dans le PIB est de **50%**

L'énergie est largement sousvalue.

Le petrole hors taxe est moins cher que l'eau minerale! La facture energetique de la France est de 38 G€ pour 2005 soit 2,3% du PIB (5% en 1981), ou les depenses de telephone et d'internet!

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

Figure 48: Production mondiale de liquides et prix du brut en \$2004/b



Il faut donc un choc ou une information quasi-unanime qu'il va y avoir pénurie de l'offre du pétrole et du gaz, ce qui n'est pas le cas, puisque que les dirigeants nient le déclin.

-Conclusions

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

Les données techniques sont confidentielles, même Secret d'Etat en Russie. Seuls le Royaume-Uni et la Norvège publient les données techniques qui sont la base des décisions de développement.

Les définitions de réserves aux US sont obsolètes (1978), basées sur des pratiques du Texas de 1950.

Les définitions en Russie surestiment les réserves.

Les réserves de l'OPEP, qui déterminent les quotas, non auditées, sont essentiellement politiques.

Le reste du monde essaie de bien faire, mais ses réserves sont bien faibles.

Les prévisions officielles ne sont pas des prévisions, mais des scénarios de souhaits pour satisfaire la croissance, qui est le carburant de la société de consommation.

Les principaux indicateurs: réserves prouvées, R/P, PIB, sont de mauvais paramètres pour étudier le futur.

Il y a de nombreux mythes entretenus pour éloigner le déclin inéluctable, qui sont tous erronés:

-le Moyen-orient est peu exploré

-la technologie augmente le taux de succès donc le volume de découvertes

-l'augmentation du taux de succès augmente le volume des découvertes

-la technologie augmente le taux de récupération des champs conventionnels et diminue le coût

-le prix du brut augmente les découvertes et les réserves

-il reste 40 ans de pétrole, 60 ans de gaz et 250 ans de charbon

-schistes bitumineux

-hydrates de méthane océaniques

Il ne faut pas confondre réserves et ressources, ce que font la plupart des économistes.

Donner plus de 2 chiffres significatifs montre que l'auteur est incompetent.

La technologie permet de produire moins cher et plus vite le pétrole bon marché au détriment du futur.

1 Tt d'huile facile a été produit, il en reste encore 1 Tt de facile, plus 1 Tt de difficile.

Le pic de l'huile (tous liquides) sera vers 2010-2020, étant plutôt un **plateau ondulé** avec des prix chaotiques si crise économique, qui est probable.

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

Le pic du charbon arrivera vers 2050.

Le pic de production des combustibles fossiles arrivera vers 2030. Il est temps de prévoir les alternatives. Mais il faudra de toute façon plus de nucléaire.

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

L'extrapolation de l'énergie primaire depuis le choc pétrolier conduit à un ralentissement de la croissance allant vers une asymptote à 14 Gtep.

Ce ralentissement n'est absolument pas envisagé dans les scénarios énergétiques qui sont la base des conclusions du GIEC 2001 sur le changement climatique. Ces mêmes scénarios irréalistes sont encore utilisés pour le rapport 2007 qui arrivera donc aux mêmes conclusions erronées.

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.

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

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