

Festival International Geographie de Saint-Die des Vosges 7 octobre 2007

Conference 11h30-12h30

«La si difficile evaluation des ressources et reserves entre technologie, marche et geopolitique»

### **Reserves = production future**

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

jean.laherrere@wanadoo.fr

*Paul Valery : Tout ce qui est simple est faux et 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, décline 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.

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).

Dans la société de consommation la croissance est le Père Noël qui résoudra les problèmes futurs et le critère pour juger les dirigeants (bourse) et les politiques (PIB).

Tout ce qui est publié est politique et manipulé, et tout ce qui est technique est confidentiel.

Publier des données dépend de l'image que l'on veut donner à l'extérieur pauvre (devant le percepteur) ou riche (devant banquiers ou actionnaires).

Les termes ne sont pas définis à dessein, ne donnant pas de valeur de références.

La fourchette d'incertitude et l'ambiguïté permet de choisir la valeur adéquate.

Il y a souvent confusion entre réserves (production cumulée future espérée) et ressources (ce qui est dans le sous-sol).

La France a encore des ressources de charbon, mais plus de réserves (production future), puisque tous les projets d'exploitation sont rejetés par les populations locales.

### **-Problèmes de vocabulaire et de définition**

huile = liqueur grasse inflammable d'origine végétale, animale ou minérale = tout ce qui brûle

pétrole = huile minérale naturelle

oil = huile souvent confondu avec pétrole

Peak oil = huile avec un pic; oil peak = pic de l'huile;

Avec Google peak oil 4 fois plus que oil peak pourquoi? réponse: 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)?

### **-publication**

**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'espionnages pour avoir les chiffres techniques. Cela coûte très cher!

### **-production**

Pour 2006 la production d'huile va de 67 Mb/d pour le régulier oil de Campbell, 71 Mb/d pour le brut moins extra-lourd, 73 Mb/d brut, à 85 Mb/d pour tous liquides (= oil demand) incluant liquides de gaz naturel, pétroles extra-lourds, huiles synthétiques, 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!

#### -reserves

Les estimations de reserves sont incertaines et devraient etre donnees avec une fourchette de 3 valeurs.

Le public et les patrons n'aiment pas l'incertitude, preferant une valeur discutable a 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 reserves dites prouvees puisqu'elles sont supposees etre des minimum!

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

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

Plusieurs definitions pour les reserves:

-**US**: regles SEC: seulement reserves prouvees auditees et supposees etre le minimum = 1P

-**OPEP**: reserves prouvees non auditees, base des quotas = essentiellement politique, change peu

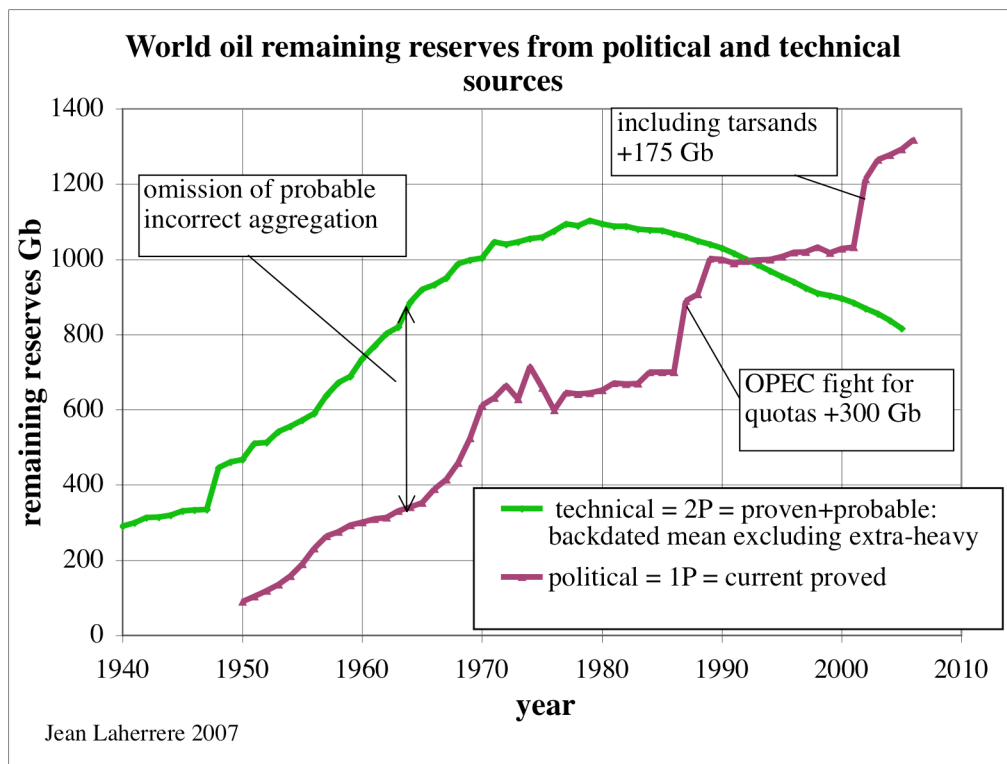
-**ex-URSS**: classification ABC1 = recuperation maximum = prouve+probable+possible =3P

-**reste du monde**: prouve+probable = 2P =valeur esperee

Les valeurs publiees sont fournies par les pays et ne sont pas discutables (**courbe marron**)

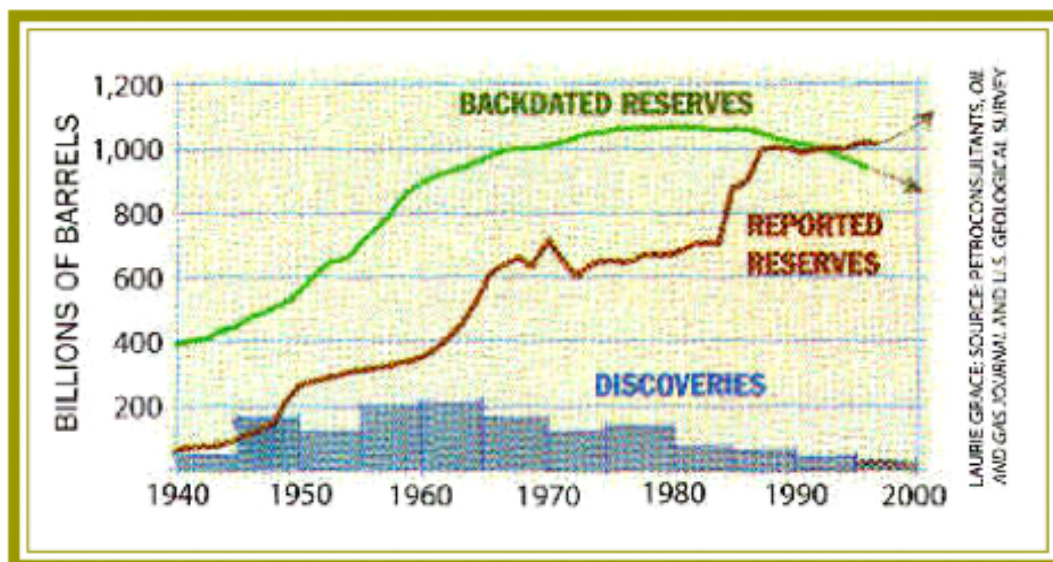
Les valeurs techniques (**courbe verte**) sont confidentielles sauf UK, Norvege & offshore federal US.

Figure 1: **reserves mondiales restantes** de petrole fin 2006 a partir des **donnees politiques et techniques**



Il faut comparer ce graphique en 2007 avec celui que j'ai tracé en mars 1998 dans Scientific American "**the end of cheap oil**" (article qui a conduit a la creation par Colin Campbell d'ASPO "Association for the Study of Peak Oil and gas)

Figure 2: meme graphique en 1998 Scientific American Campbell and Laherrere "The end of cheap oil"



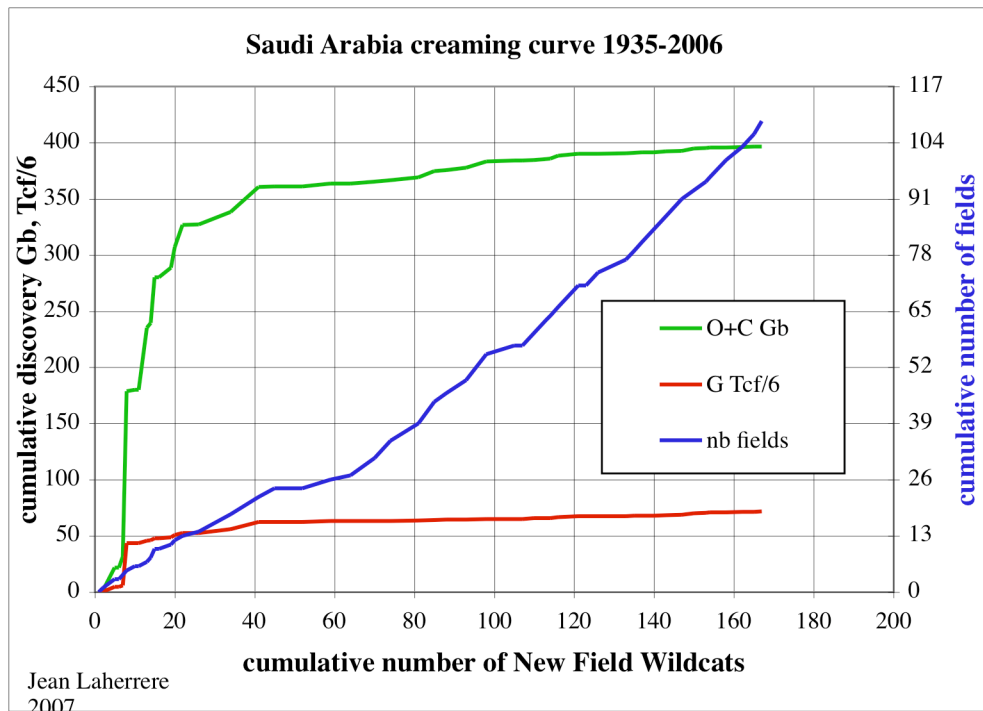
Les economistes, qui n'ont que les donnees politiques, raisonnent sur des donnees fausses!

### -Faux mythes

Un certain nombre de **mythes** sont entretenus pour nier le declin qui s'annonce: ils sont faux

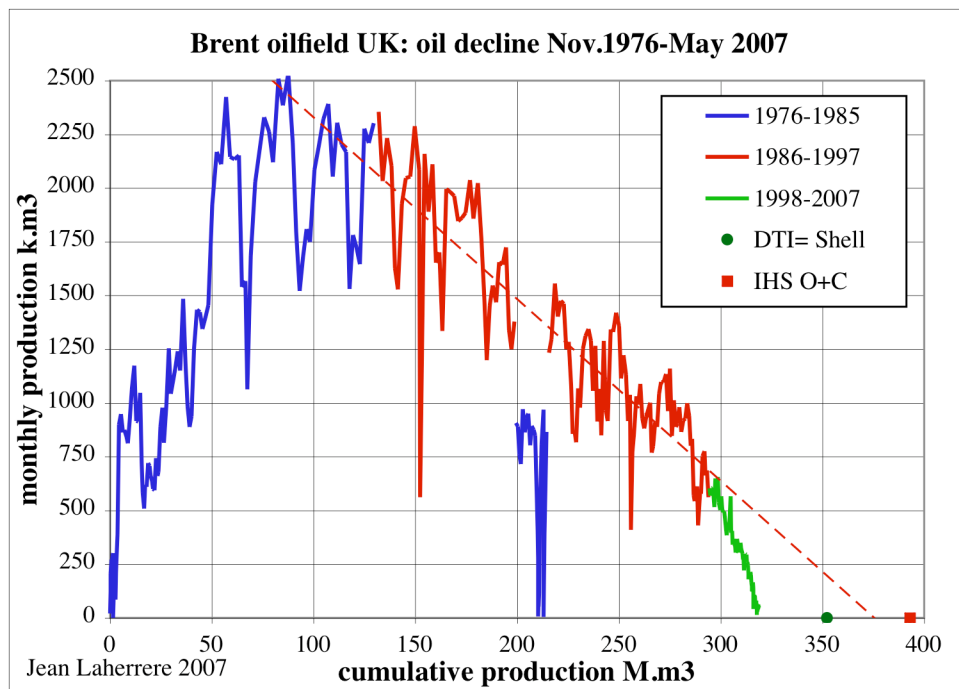
**Mythe 1-le Moyen Orient est sous-explore:** pour les dernieres decennies les decouvertes sont plus nombreuses que pour les premieres decennies, mais minuscules en taille

Figure 3: courbe d'ecremage des decouvertes de petrole en Arabie Saoudite en Gtep d'apres IHS



**Mythe 2-le taux de recuperation du petrole est de 35% en moyenne, le porter a 50% comme en Mer du Nord augmente les reserves de 50%:** les taux des champs conventionnels varient suivant la nature geologique du reservoir de 1 a 95 %, **la technologie ne peut changer la geologie du reservoir**  
**Mythe 3-la nouvelle technologie augmente les reserves:** on devrait le voir sur la courbe de declin des champs, sinon c'est du a une mauvaise definition et evaluation des reserves. On voit une aggravation du declin en fin des champs comme East Texas ou Brent.

Le declin du champ de Brent (qui est pratiquement epuise, encore un peu de gaz) a double depuis 1997 par rapport a la periode 1986-1997 qui faisait entrevoir des reserves plus grandes que la realite  
 Figure 4: Brent Mer du Nord dclin de la production de petrole qui s'ecroule sur la derniere decennie

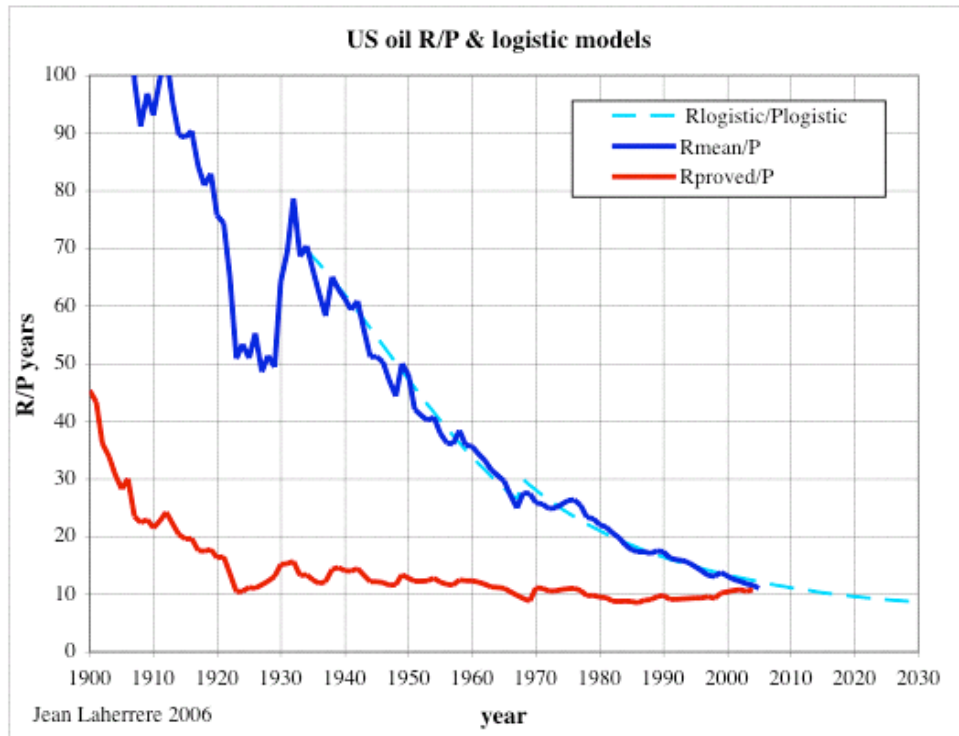


Les techniques dites nouvelles ont plus de 30 ans et sont utilisees sur tous les grands champs, permettant de produire moins cher, et plus vite donnant un profit maximum, mais au detriment de la recuperation finale. Le long terme est sacrifie pour le court terme!

Les seuls exemples d'amélioration du déclin que j'ai trouvés (Ekofisk, Eugene Island 330) montrent une géologie exceptionnelle (craie qui se compacte, réservoir connecté à la roche mère par une faille exceptionnelle). Ils ne sont pas extrapolables

**Mythe 4-les réserves de pétrole représentent 40 ans de production d'aujourd'hui, celles de gaz 60 ans et celles de charbon 250 ans:** aux US le R/P est de 10 ans depuis 80 ans montrant bien que ce ratio ne veut rien dire pour le futur, il rassure les banquiers

Figure 5: R/P pour le pétrole aux US pour les réserves prouvées et pour les réserves moyennes avec modèles logistiques 1900-2030



**Mythe 5-la technologie diminue les coûts d'exploration et de production:** elle permet d'aller dans des coins plus difficiles, globalement les coûts augmentent et de plus ils dépendent fortement du prix du brut

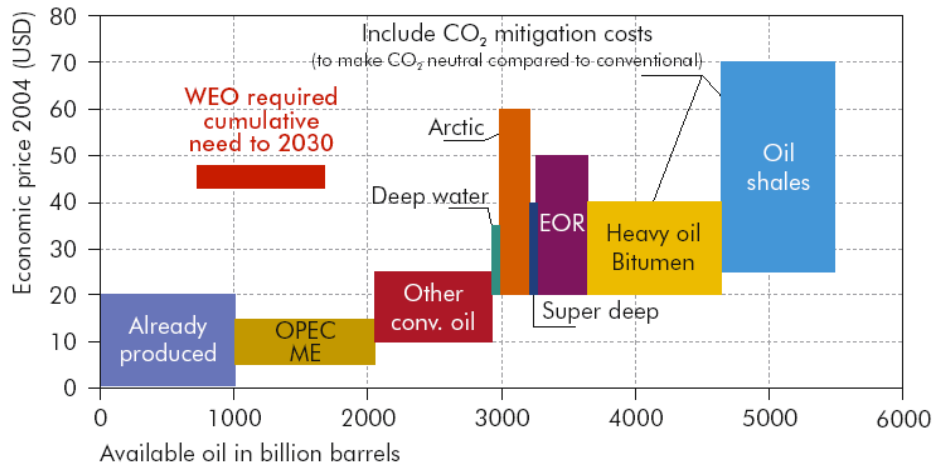
**Mythe 6-les découvertes augmentent avec le prix du brut:** non, on va chercher les mauvais prospects et on trouve plus petits, le pic des découvertes (huile 1960) est avant les chocs pétroliers

**Mythe 7-les hydrates de méthane océaniques représentent plus que tous les combustibles fossiles:** les estimations ont été divisées par 100, les hydrates sont dispersés et d'expansion limités, ils ne seront jamais produits (comme le méthane des feux follets, des ruminants ou des termites).

**Mythe 8-les schistes bitumineux représentent plus de 2 Tb pour un coût des 30-70 \$/b:** ceux sont des lignites qu'on exploite par mine, nécessitant une pyrolyse pour être transformés en huile, les schistes d'Autun ont produit de 1837 à 1957, la production d'Estonie va être arrêtée trop polluante, les pilotes par mine sont un échec (US-Australie), des essais par Shell de pyrolyse in situ avec chauffage électrique plusieurs années et congélation autour en cours: décision de pilote commercial dans quelques années, prévision quasi nulle de production avant 2030, incertaine ensuite

Figure 6: ressources de pétrole en fonction du coût d'après IEA 2005 = souhait

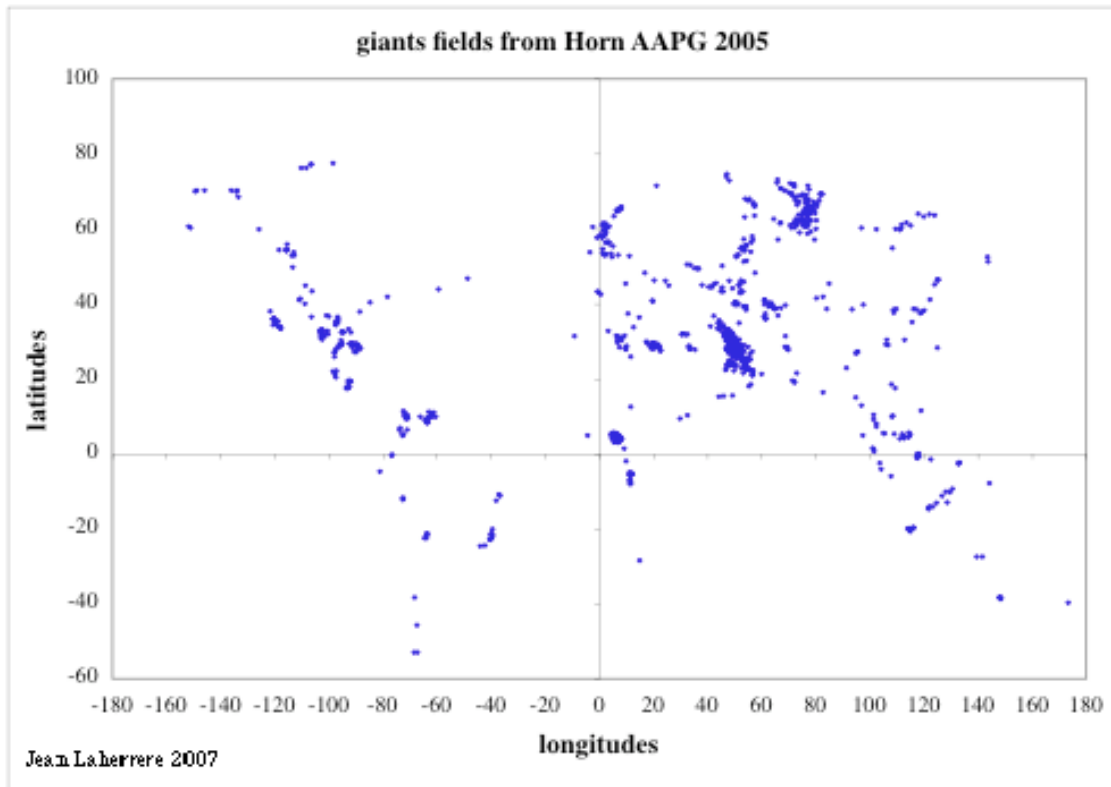
**Figure ES.1 • Oil cost curve, including technological progress: availability of oil resources as a function of economic price**



**Inegalite de la distribution des champs geants (>500 Mbep)**

Les champs geants sont tres inegalement repartis.

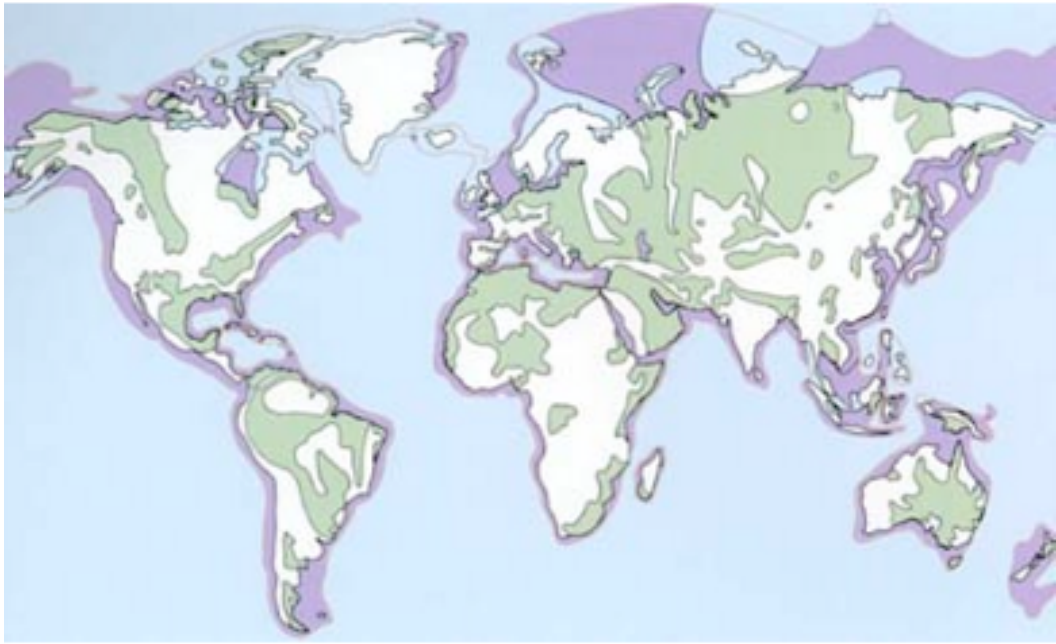
Figure 7: carte des champs geants d'apres Horn AAPG 2005



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 (plus d'oceans)

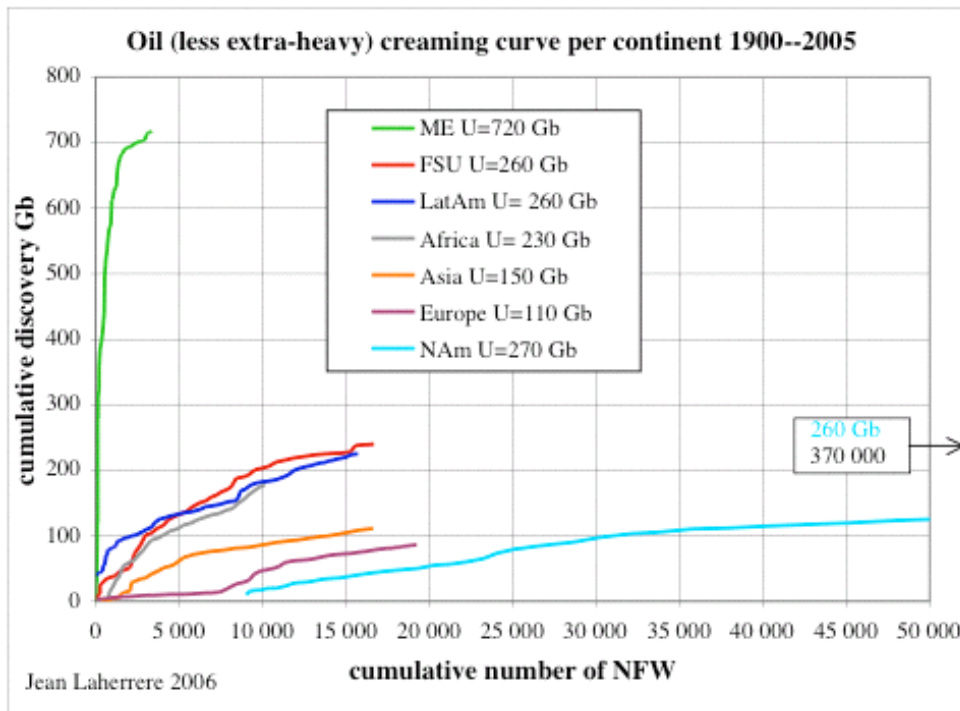
Figure 8: carte des bassins sedimentaires du site Schlumberger



**-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 9: 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 de spermatozoides)

## -Prevision de production

### -Petrole conventionnel

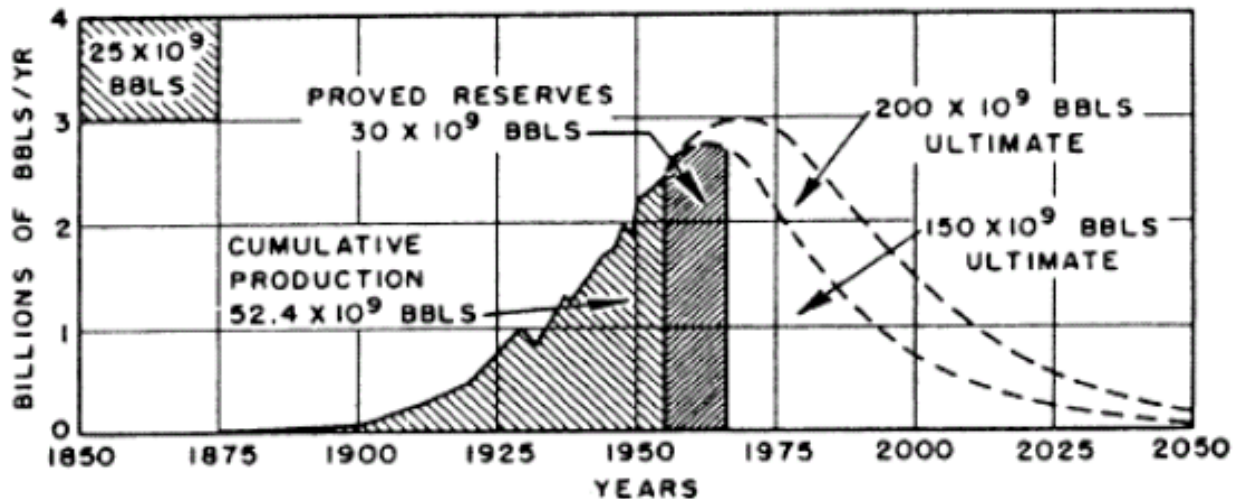
Hubbert a predit que la courbe de production imite la courbe de decouverte avec un certain retard et que la surface sous la courbe de production annuelle doit représenter les reserves ultimes: soit pour les US 150 Gb avec un pic en 1965 soit 200 Gb avec un pic en 1970.

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

Hubbert a vu sa theorie de pic confirmee par les faits. Plus de 60 pays ont passe le pic.

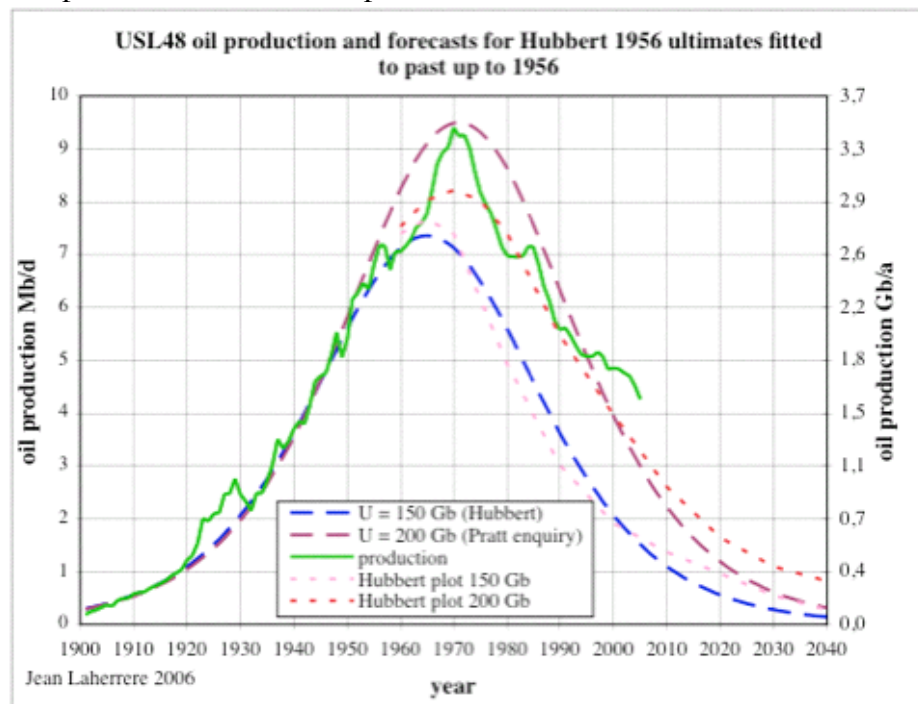
Le pic d'Hubbert est maintenant connu du monde entier, mais il est combattu par les adeptes de la croissance eternelle ou qui veulent que les autres le croient.

Figure 10: prevision de King Hubbert en 1956 de la production petroliere des US (hors Alaska)



La realite est que la courbe de production US 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

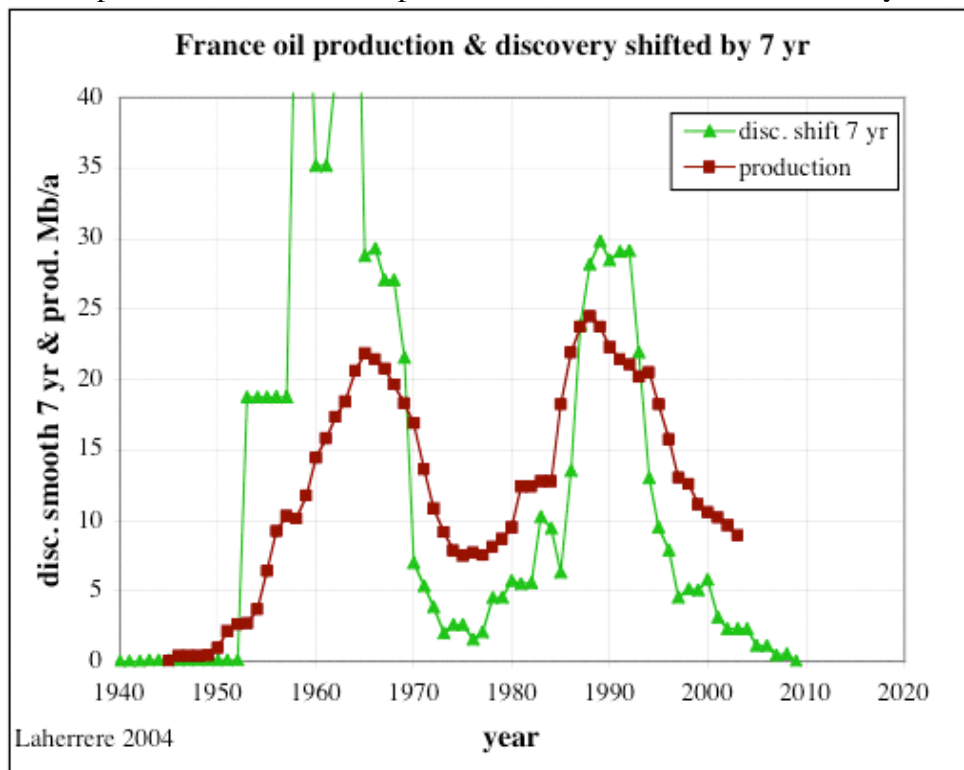
Figure 11: US hors Alaska: production annuelle de petrole 1900-2040



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.

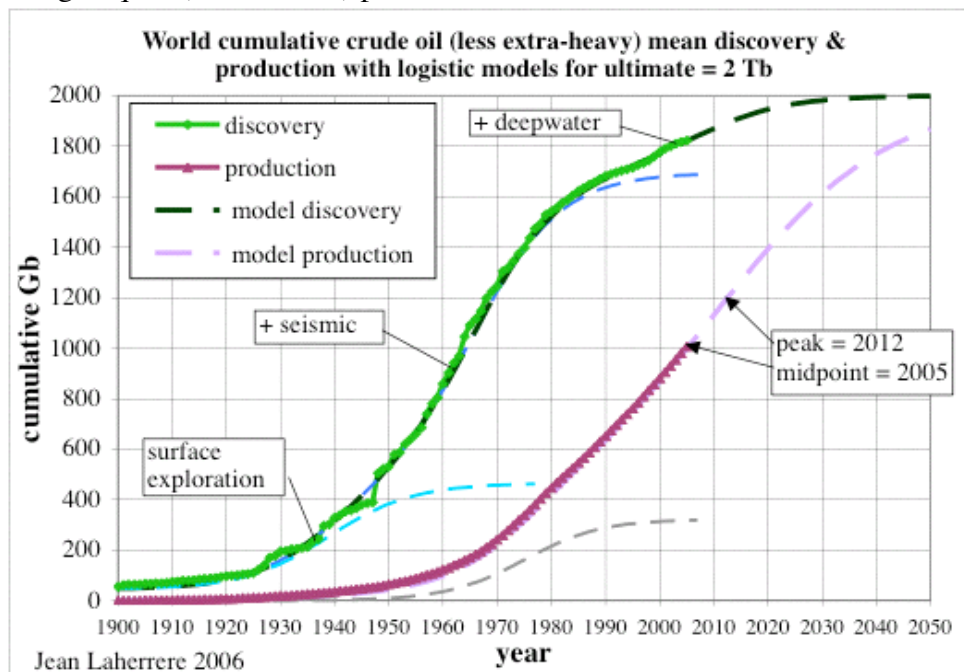


Figure 12: France: production annuelle de petrole et decouverte decalée avec 2 cycles



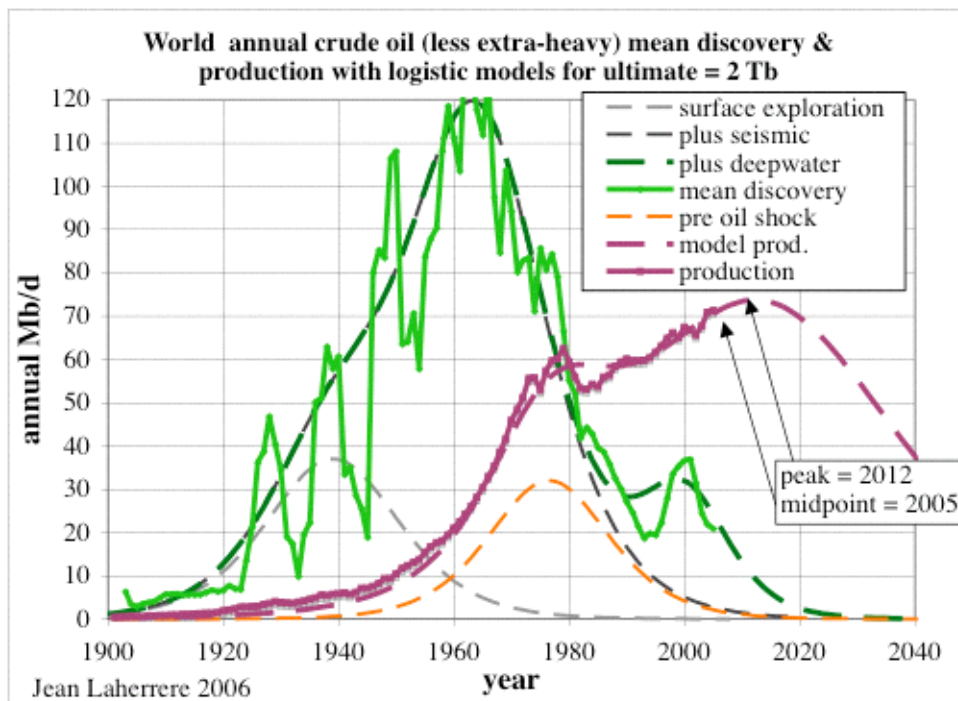
Pour le cumul decouverte et production du monde, il y a plusieurs cycles et le pic ne coincide pas au point milieu

Figure 13: Monde: brut moins extra-lourd: decouvertes moyennes cumulees et production cumulee avec modeles logistiques (courbe en S) pour U = 2000 Gb = 2 Tb



Meme elements, mais annuel.

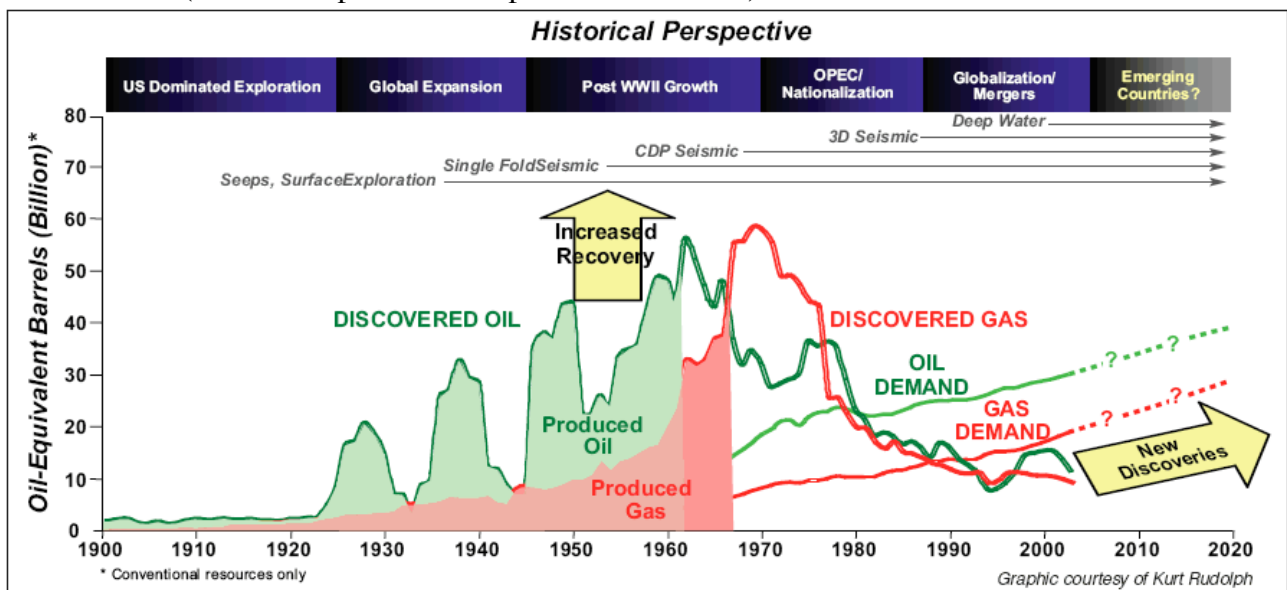
Figure 14: Monde: brut moins extra-lourd: decouvertes et production annuelles avec modeles logistiques pour U = 2000 Gb = 2 T (sans contrainte de la demande ou des investissements)



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

La courbe des decouvertes d'Exxon-Mobil est semblable a la mienne (meme sources) mais pas la production future;

Figure 15: decouverte et production annuelle mondiale de petrole et de gaz conventionnel d'apres Exxon-Mobil (Kurt Rudolph AAPG Explorer March 2007)

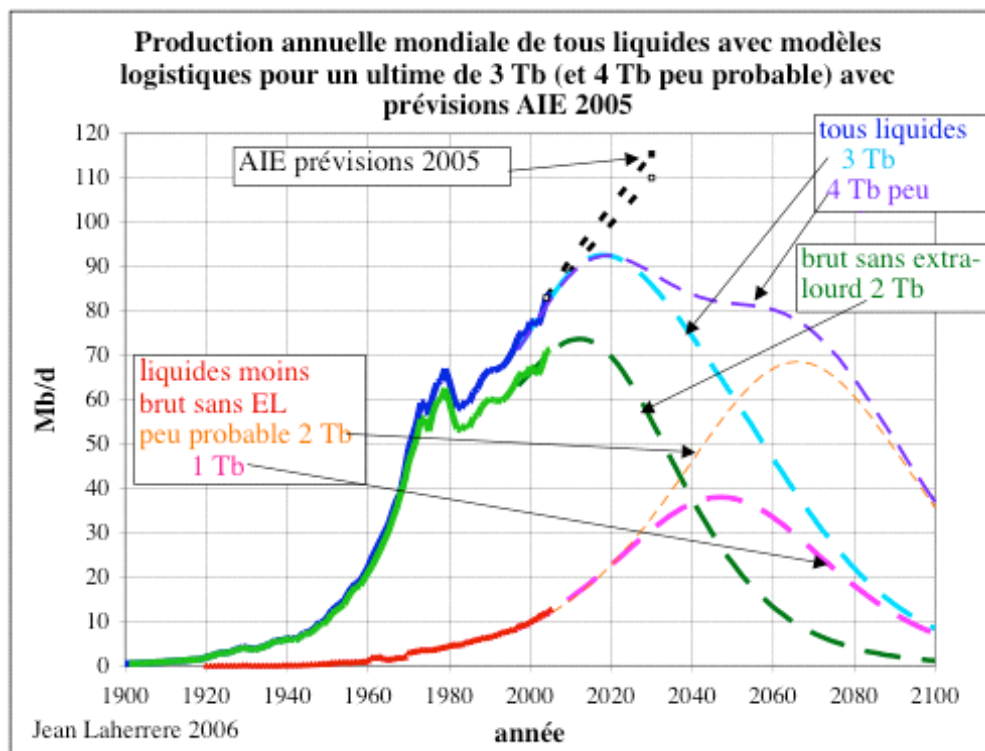


Exxon n'envisage aucun pic avant 2020, mais depuis 1980 la production depasse de loin les decouvertes et les decouvertes futures souhaitees en hausse (?) ne peuvent compenser! L'huile non-conventionnelle demande des delais importants (probleme main d'oeuvre et logistique Athabasca). Le temps est sous-estime = loi de Mc Namara = multiplier par e (2,7) exemple Kashagan en Caspienne.

### -Petrole tous liquides

La production mondiale de petrole (tous liquides) est decomposee en  
 -brut moins extra-lourd (Athabasca et Orenoque)

-complément pour arriver à tous liquides à savoir: extra-lourd, liquides des gaz naturels, gains de raffinerie et pétroles synthétiques à partir de la biomasse (BTL), du charbon (CTL) et du gaz (GTL)  
 Figure 16: Production mondiale des **liquides** (sans contrainte de la demande) avec ultime de 3 & 4 Tb



Le pétrole difficile (courbe rouge) demande du temps: il est impossible de faire un bébé en 1 mois avec 9 femmes

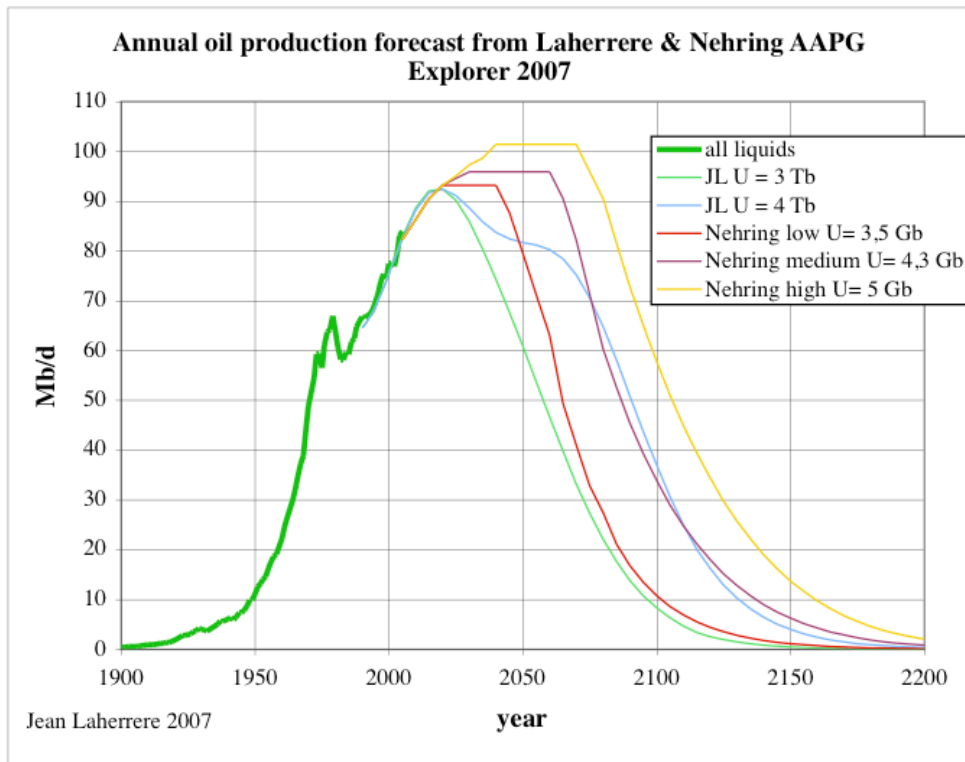
Augmenter l'ultime de 1 Tb ne change pas le pic mais le déclin après le pic

Cette prévision est ce que peut offrir la Nature et suppose qu'il n'y aura pas de contrainte autre que la Nature, ce qui est peu probable. La production peut être contrainte par la politique (guerre civile au Nigeria, nationalisation (Venezuela, Russie, Bolivie), quotas), par les investissements et par la demande (prix élevé ou récession). Depuis plusieurs années j'ai évoqué une récession mondiale déclenchée par la consommation trop élevée américaine avec épargne négative (prévision 2004 de Paul Volcker) et la crise actuelle (subprimes et Northern Rock en UK) fait craindre cette récession mondiale. Devant ces contraintes je parlais de plateau en toile ondulée (bumpy plateau) avec des prix chaotiques.

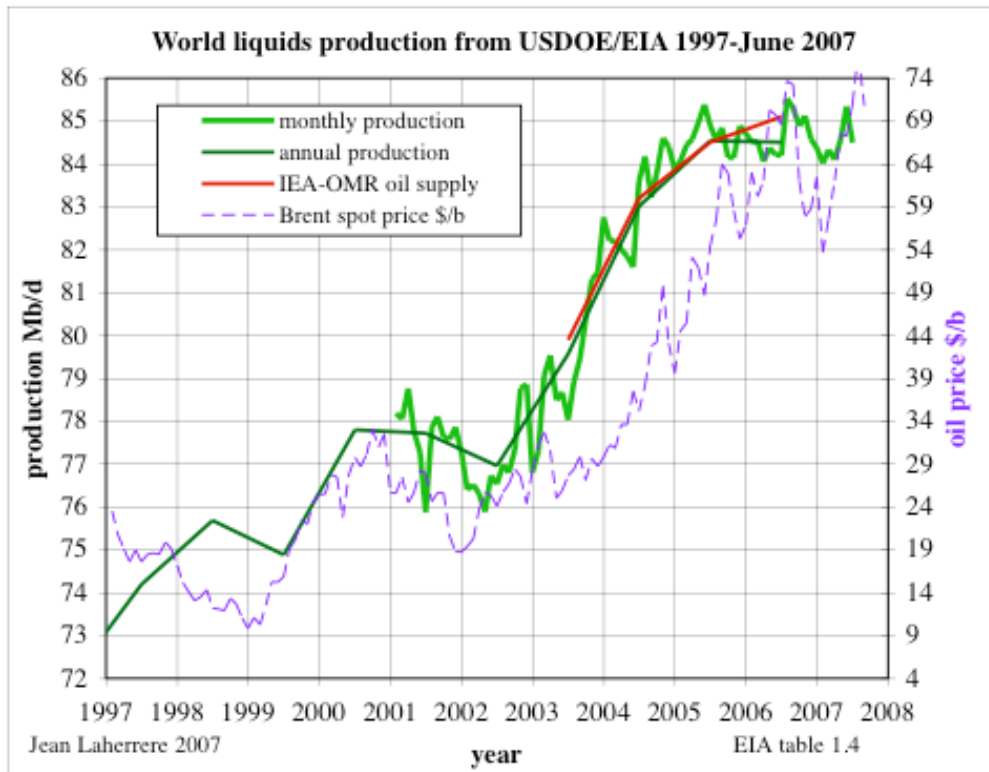
Les prévisions de l'AIE 2006 sont reportées avec le scénario AIE référence (Business As Usual) et ce scénario a été décrit par son directeur Cl. Mandil en Novembre 2006 comme *unrealistic, unsecured, unattainable and unsustainable*. Par contre le scénario AIE alternatif est le scénario souhaitable

Les prévisions de la conférence Nov 2006 Hedberg AAPG (American Association of Petroleum Geologists) par Nehring ont une fourchette d'ultimes de 3,5 à 5 Gb. Mais le niveau de production ne dépasse guère 100 Mb/d contre 116 Mb/d en 2030 pour l'AIE référence ainsi que l'USDOE. Total a aussi évoqué un maximum de production autour de 100 Mb/d

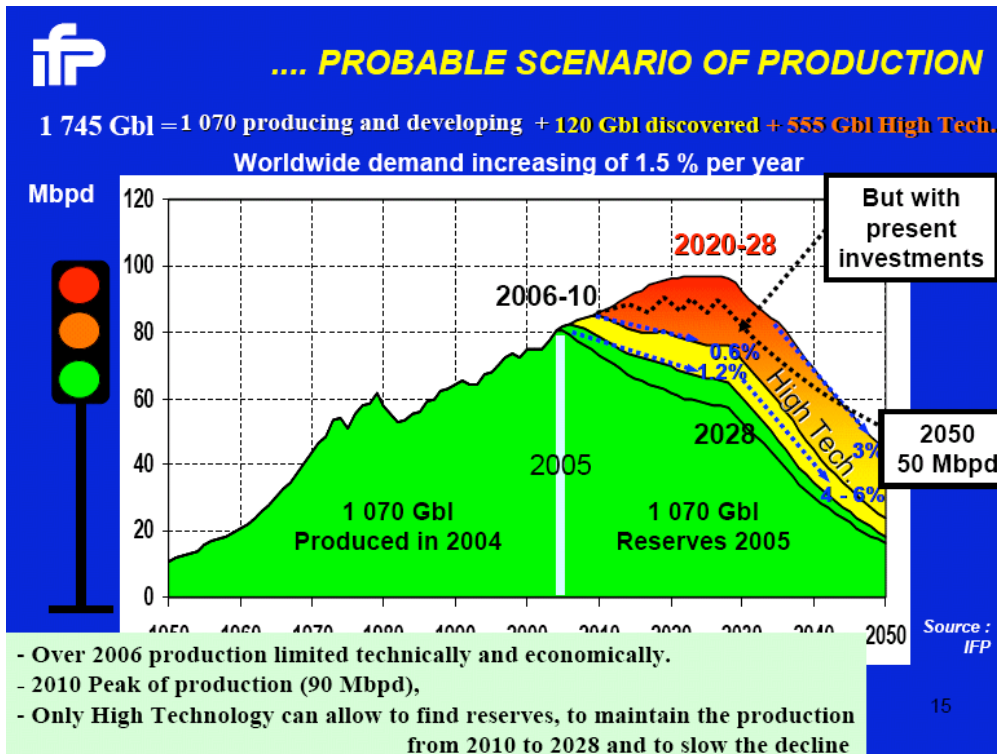
Figure 17: Production mondiale des **liquides**: mes prévisions comparées à celles d'AAPG 2007



Le ralentissement de la production depuis 20 mois laisse penser que le plateau ondule peut être en train de se réaliser puisque depuis 2 ans la production ondule entre 84 et 85 Mb/d!  
 Ou va-t-on? Vers le haut, vers le bas ou encore des ondulations? Nul ne sait!  
 Figure 18: production mondiale de tous liquides d'après USDOE/EIA 1997-juin.2007



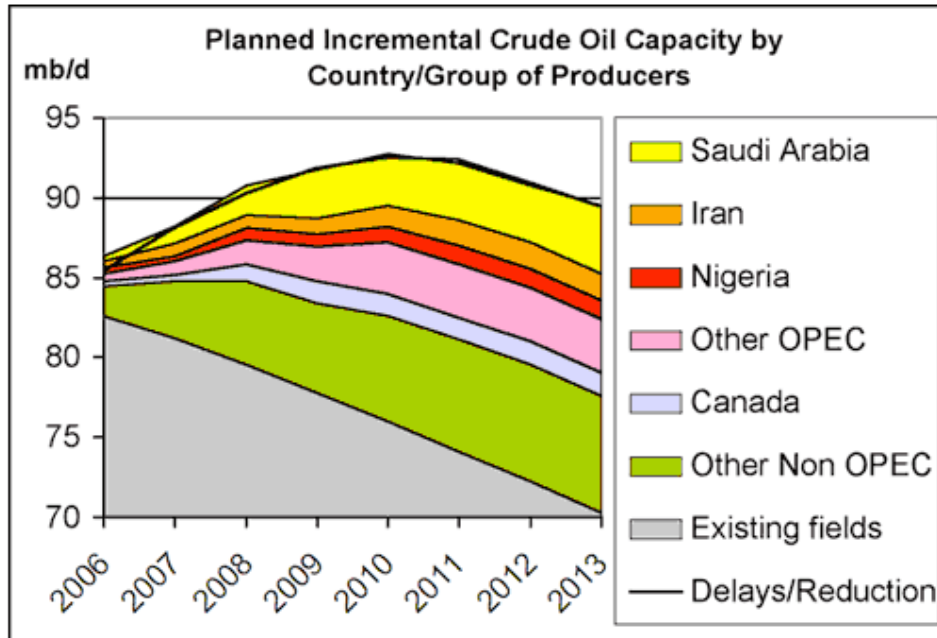
L'IFP qui a longtemps résisté au peak oil, présente maintenant (le premier ministre avait parlé d'être dans l'ère de l'après pétrole) un plateau à moins de 100 Mb/d pouvant durer plus ou moins longtemps.  
 Figure 19: production mondiale de pétrole d'après l'IFP pic 2010 sauf si High Tech



-Previsions d'après 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 91- 92 Mb/d.

Figure 20: prevision Skrebowski d'après les megaprojets avril 2006



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

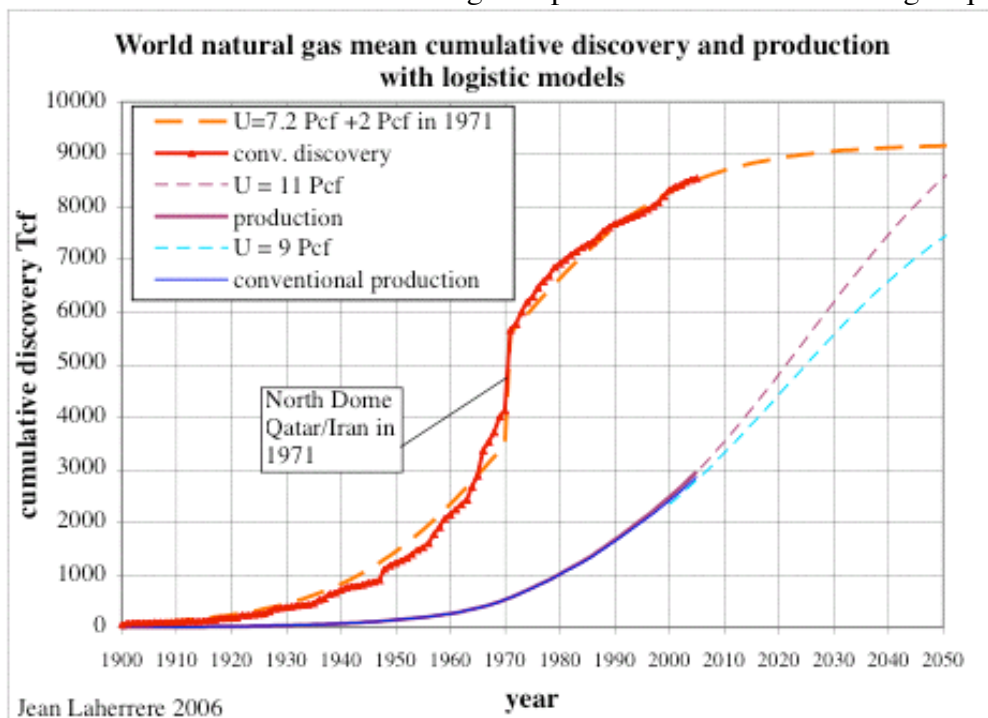
Cette prevision du pic est independante des estimations des reserves ultimes et est donc plus fiable.

### -Gaz

Comme pour le petrole les reserves restantes de gaz naturel décroissent depuis 1990 pour les donnees techniques, mais augmentent depuis 1960 pour les donnees politiques dites prouvees.

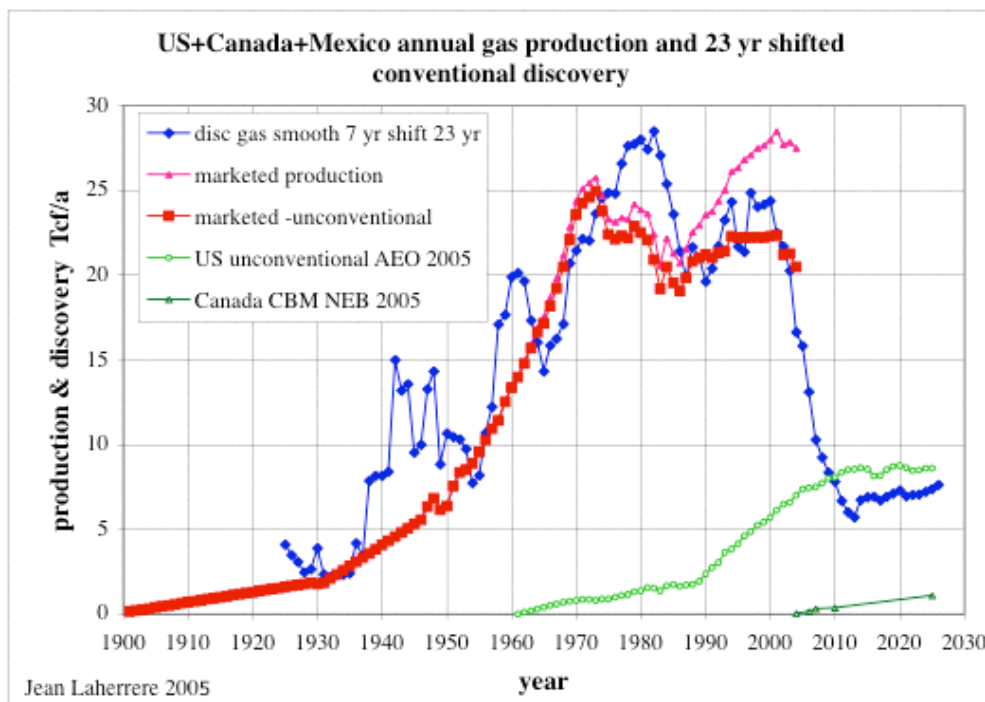
Les decouvertes conventionnelles cumulees sont facilement modelisees avec une courbe logistique avec un saut apporte par le supergeant de North Dome (Qatar et Iran) qui represente 10-15% de l'Ultime mondial, alors que Ghawar ne fait que 7%.

Figure 21: Decouvertes mondiales cumulees de gaz et production avec modeles logistiques



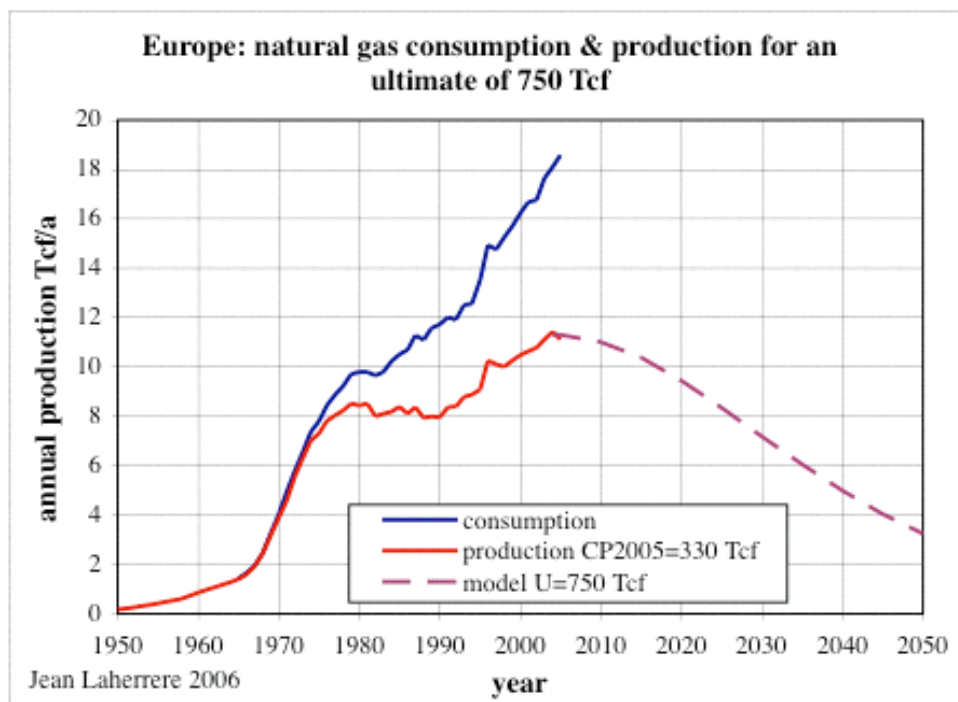
Comme le gaz coute 10 fois plus cher a transporter que le petrole il y a 4 marches de gaz: Amerique du Nord, Europe et Asie Pacifique, et Amerique du Sud. La penurie du gaz va se produire en Amerique du Nord plus tot que celle du petrole

Figure 22: US + Canada + Mexico: production de gaz conventionnel et decouverte decalée de 23 ans: 1900-2030



La production de gaz en Europe plafonne et sa consommation s'envole car on pense qu'il n'a aucun probleme d'approvisionnement..

Figure 23: Europe: consommation de gaz & production (U= 750 Tcf) 1930-2050



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.

### -Combustibles fossiles

L'inventaire des ressources en energie n'est fait regulierement que par un seul organisme d'une facon homogene. Les autres sont des compilations heterogenes. Cet inventaire se compose d'une estimation en reserves et en ressources. Si une partie des ressources peuvent se transformer en reserves, ce ne sera qu'une faible partie.

Les pays les plus dotes sont en premier les US suivi de la Russie, puis la Chine, l'Inde et l'Australie, ceci a cause du charbon.

Figure 24: BGR (Bureau de Geosciences d'Allemagne): **Reserves restantes de combustibles fossiles en 2005 pour les pays les plus dotes en Gtec** (tonne equivalent charbon)

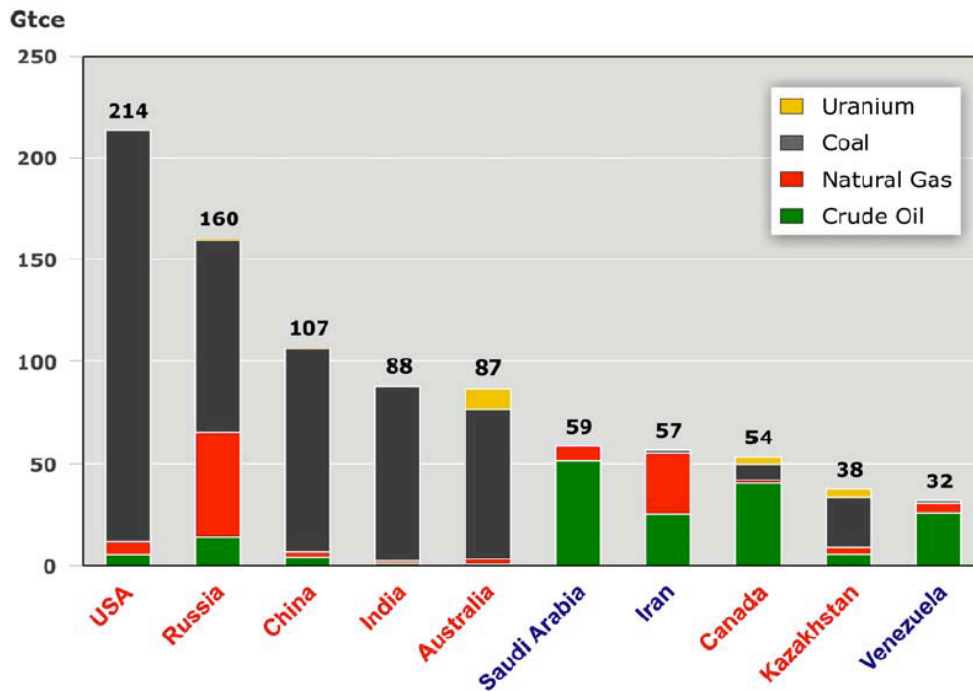


Fig. 7: Top ten countries with regard to reserves of non-renewable fuels in 2005 (OPEC countries are given in blue)

Les US sont supposés le Moyen-Orient du charbon! Mais l'Académie des Sciences US vient de réduire les réserves US de charbon de 250 à 100 ans !

Les réserves de l'Allemagne ont été réduites fortement en 2004.

BP Statistical Review met pour la France 15 Mt de réserves avec 30 ans de R/P, mais comme la France ne produit plus de charbon depuis 2004 et les Français refusent les projets présents, il n'y a plus de réserves mais seulement des ressources.

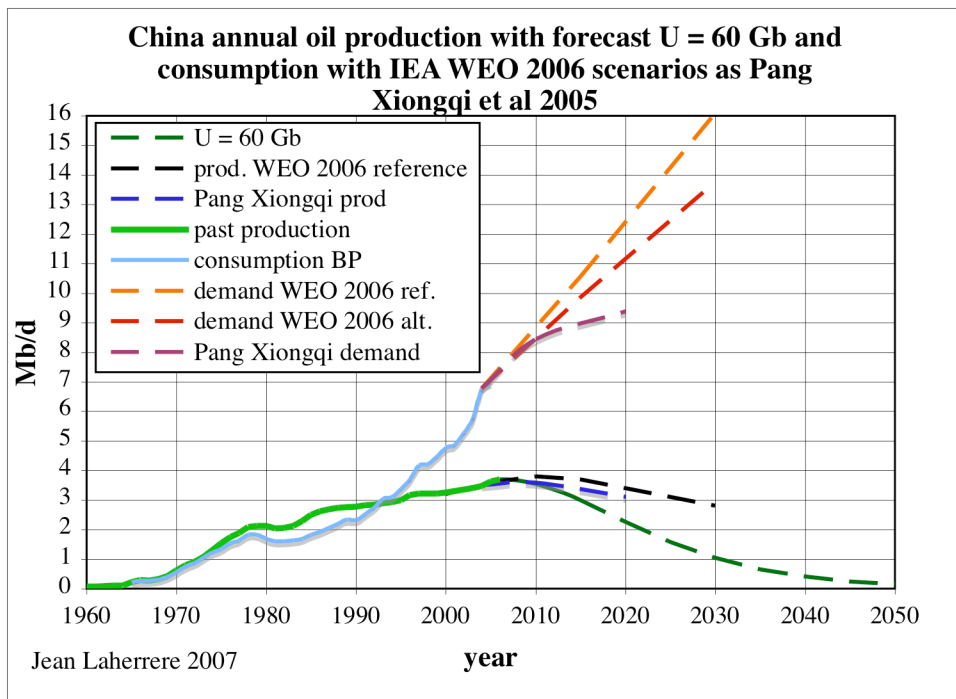
La Chine (Pang Xiongqi VP China University of Petroleum) vient de reconnaître (ASPO Cork 17 sept 2007) que la production de charbon est proche du pic, commençant à importer du charbon et renonçant au projet de liquéfaction du charbon (CTL)

Pang Xiongqi à ASPO 2005 avait annoncé alors le pic de la production de pétrole de Chine, en accord d'ailleurs avec mes prévisions et celles de l'AIE pour la date mais pas le volume futur.

Le problème est que la consommation de pétrole qui est actuellement le double de la production sera environ 5 fois la production en 2020.

Figure 25: production et consommation annuelle de pétrole en Chine d'après Pang Xiongqi



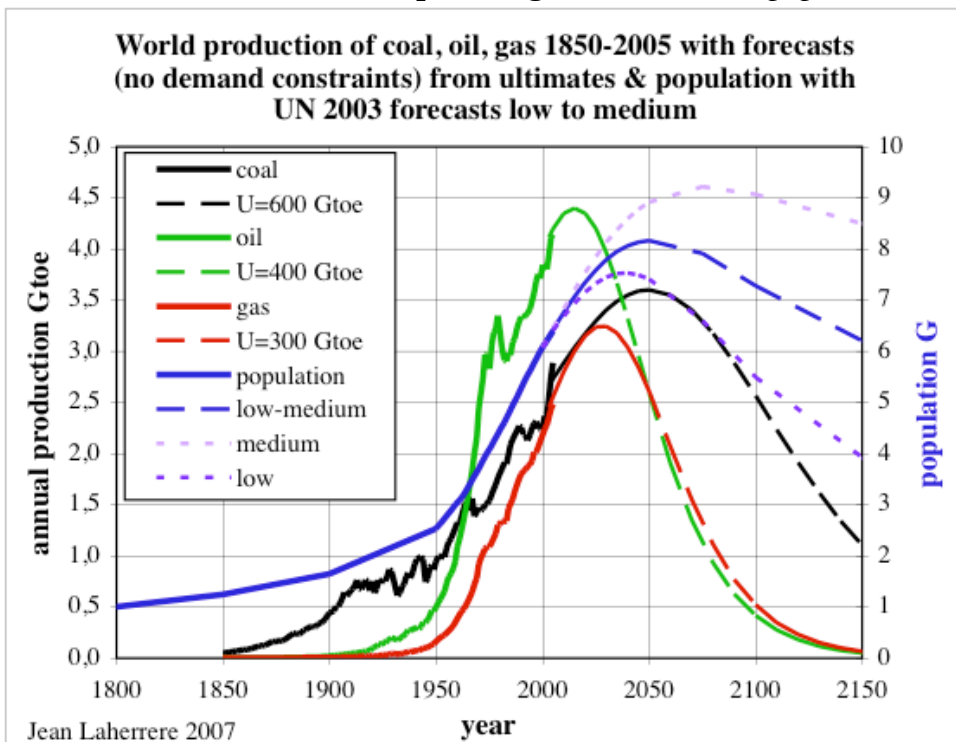


La Chine a donc un gros probleme immediat d'importation immediat de petrole et de charbon, pour le gaz ce sera vers 2020.

### -previsions de production des combustibles fossiles

A partir des ultimes charbon 600 Gtep, petrole 400 Gtep et gaz 300 Gtep on peut (avec l'hypothese de non contrainte de la demande) prevoir un pic pour chacun avec aussi le pic de la population mondiale (NU 2003 low to medium)

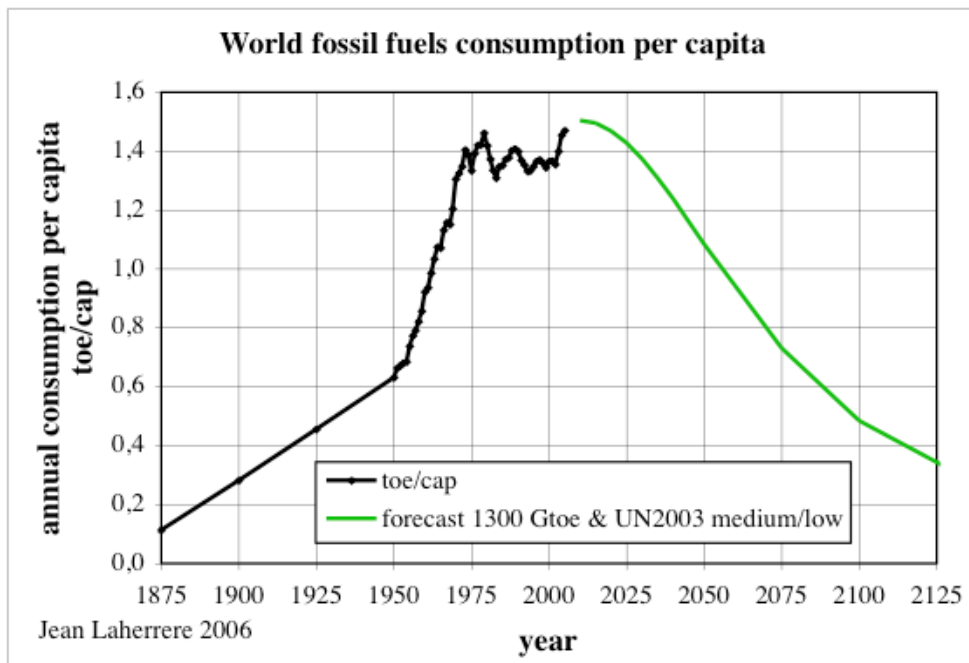
Figure 26: production mondiale annuelle de **petrole, gaz et charbon** et population 1800-2150



Pic du petrole vers 2015, du gaz vers 2025, du charbon vers 2050 comme la population.

Il est facile alors de prevoir la consommation mondiale par habitant.

Figure 27: consommation mondiale annuelle de combustibles fossiles par habitant 1875-2125



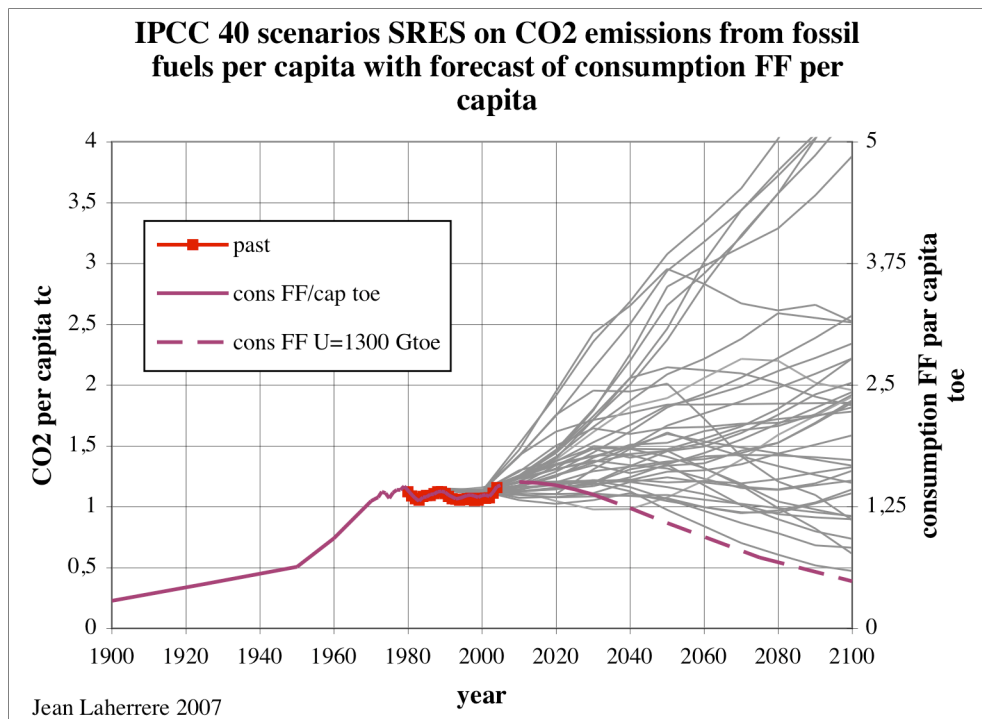
Il y aura un plateau de 1975 a 2025 a 1,4 tep par habitant, mais ensuite declin de 1,4 %/a.

Les scenarios GIEC d’émission 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**

Figure 28: scenarios du GIEC emissions CO2 par habitant des combustibles fossiles avec prevision consommation U=1300 Gtep



**-Production mondiale de biocarburants**

Mais la production mondiale de petrole tous liquides comprends les biocarburants qui viennent de decoller mais ne representent en 2005 0,7 Mb/d, soit moins de 1%. Le biodiesel fait moins d'un dixieme du bioethanol!

Figure 29: Production mondiale de biocarburants 1980-2005

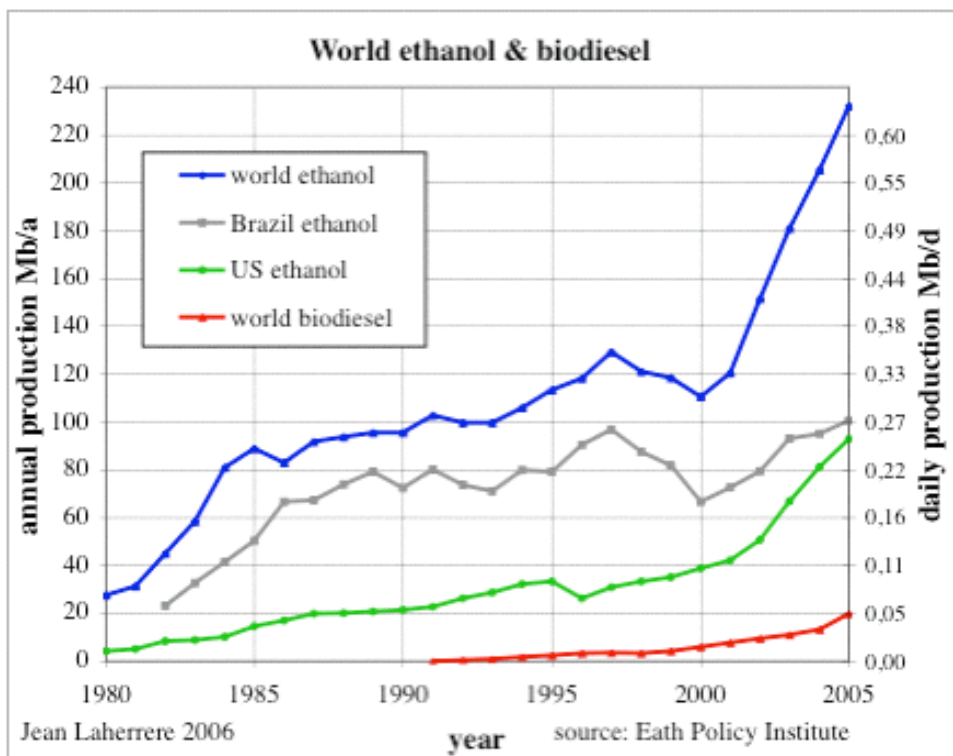
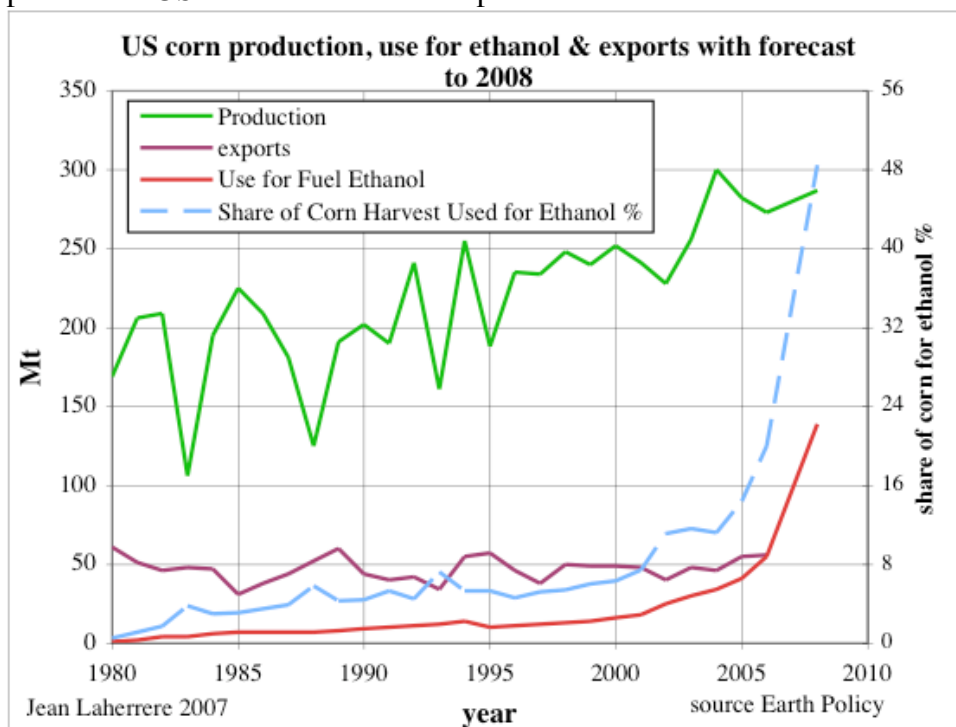


Figure 29b: production US de maïs et utilisation pour le bioethanol 1980-2008



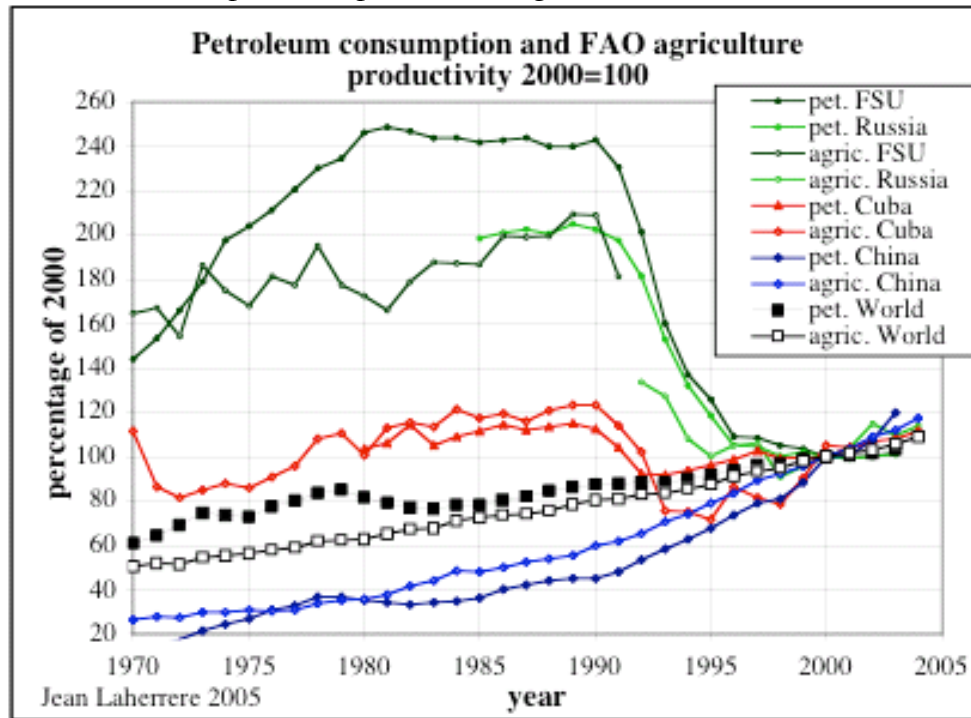
L'EROI de l'ethanol a partir du maïs US est debattu depuis plus de 10 ans entre les universitaires Pimentel and Patzek qui pretendent 0,7 pour 1 et l'USDA qui pretend 1,3 pour 1 (presence ou non de residus). Meme debat pour l'ethanol francais (La Recherche Mai 2007 les biocarburants ne sont pas si verts) entre ADEME et Commission Europeenne (JCR). Il est consternant que ce debat ne puisse etre tranche 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 bioethanol!

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

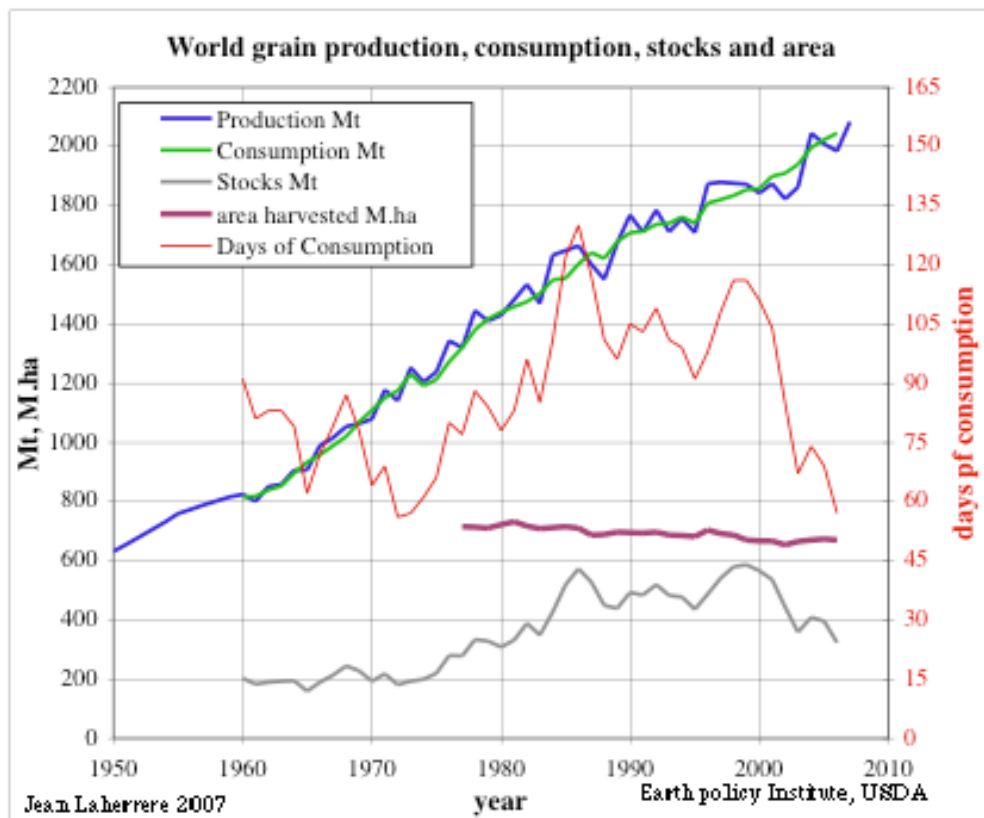
En 1960 BP a Lavera transformait le pétrole en protéines. Aujourd'hui la nourriture est transformée en éthanol et biodiesel ou brûlée. Mais la révolution verte de l'agriculture a consisté à convertir le pétrole et le gaz (engrais, pesticide, irrigation) en nourriture = corrélation productivité agricole et consommation pétrole

Figure 30: consommation de pétrole et productivité agricole 1970-2004



Le stock de céréales s'écroule, passant de 120 jours en 1999 à 60 jours en 2006!

Figure 31: production mondiale de céréales, consommation, surface, stocks et jours de consommation



Seul la transformation de la cellulose (par des enzymes a decouvrir) en biocarburants peut changer la donne.

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

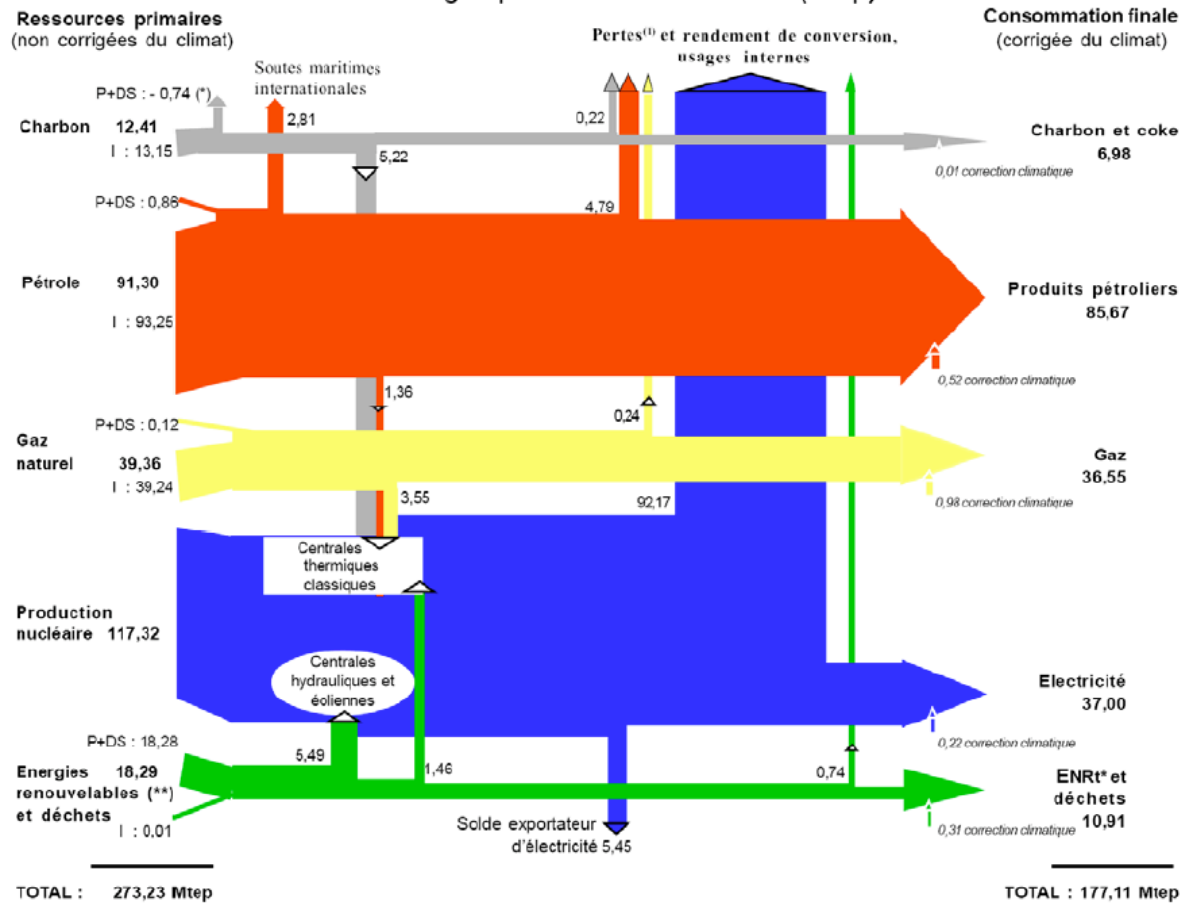
**-Energie primaire**

**-Flux**

Pour la France 2006, le bilan energetique (dependant des hypotheses d'equivalence qui sont discutables et peu discutees) on a 273 Mtep en primaire (284 en 2005) et 177 Mtep en finale (176 Mtep en 2005). On voit la part importante (vers le haut) qui est perdu

Figure 32: flux d'energie en France en 2006

## Bilan énergétique de la France en 2006 (Mtep)

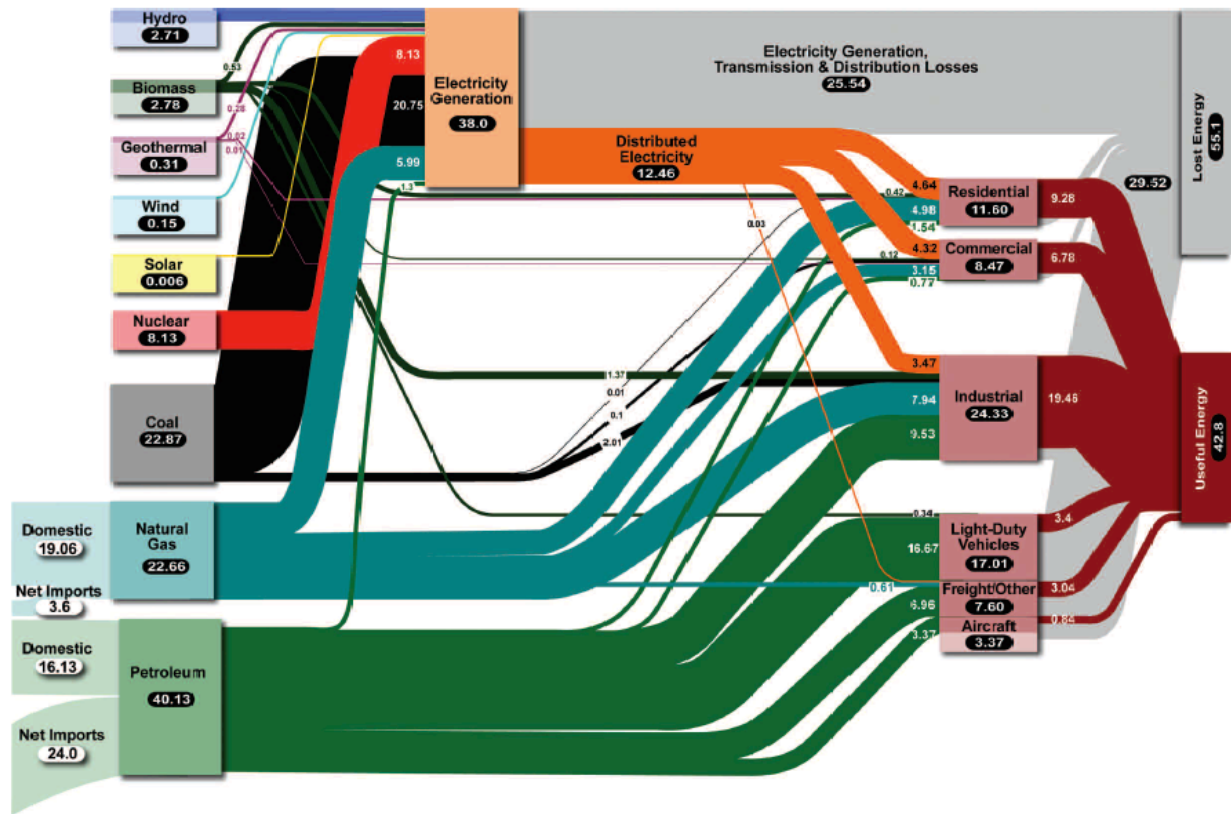


Les pertes et les rendements (35%) peuvent être améliorés et de plus on peut consommer moins! L'énergie se conserve en se dégradant en chaleur. Avec la cogénération on peut mieux utiliser la chaleur (chauffage et production d'électricité).

Pour les US : 54% de l'énergie est perdue! (mais 61% en 2002)

Figure 33: Flux d'énergie aux US en 2002

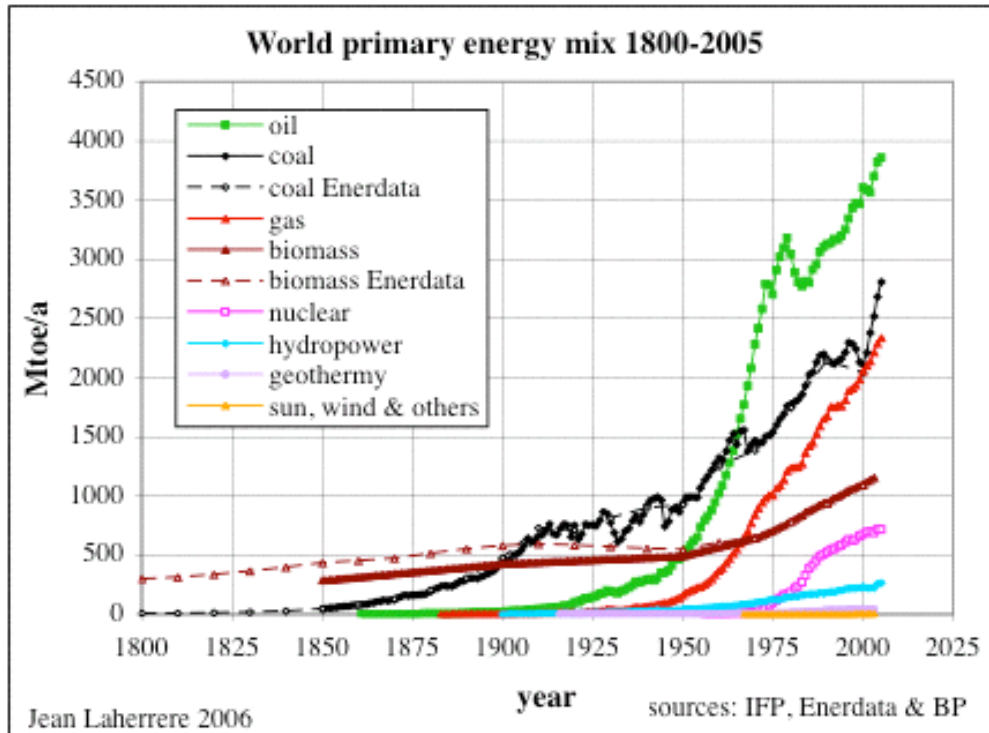
Figure I-1. U.S. Energy Flow Trends in 2005 (units in quadrillion Btus)



Pour le transport il y a en petrole 18 quads a l'entre et seulement 7 quads a la sortie (39%)

L'energie primaire mondiale est domine par le petrole, puis le charbon, le gaz, la biomasse , le nucleaire, l'hydraulique et tres bas geothermie, vent et soleil.

Figure 34: Energie primaire mondiale 1850-2005

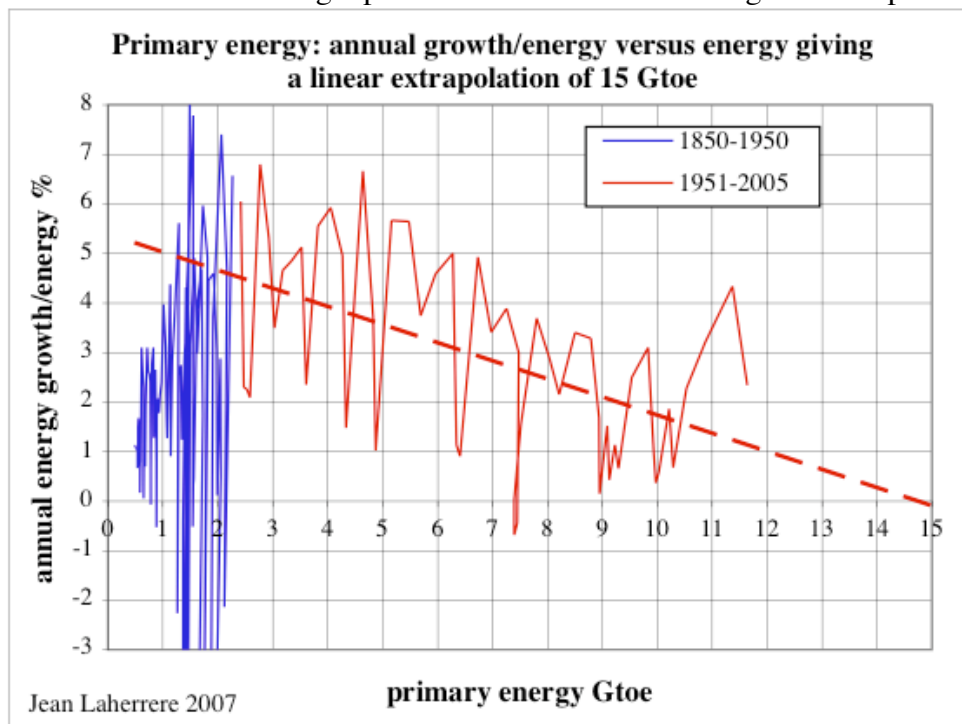


L'energie non-commerciale n'est pas comptee, ni l'energie musculaire (humains et animaux).

Le solaire et l'éolien sont négligeables et il faudra beaucoup de temps et d'argent pour être significatifs! Étant intermittents, ils ne peuvent dépasser  $\approx 20\%$ , car nécessitant des centrales thermiques de substitution, quand que le stockage performant et bon marché ne sera pas découvert

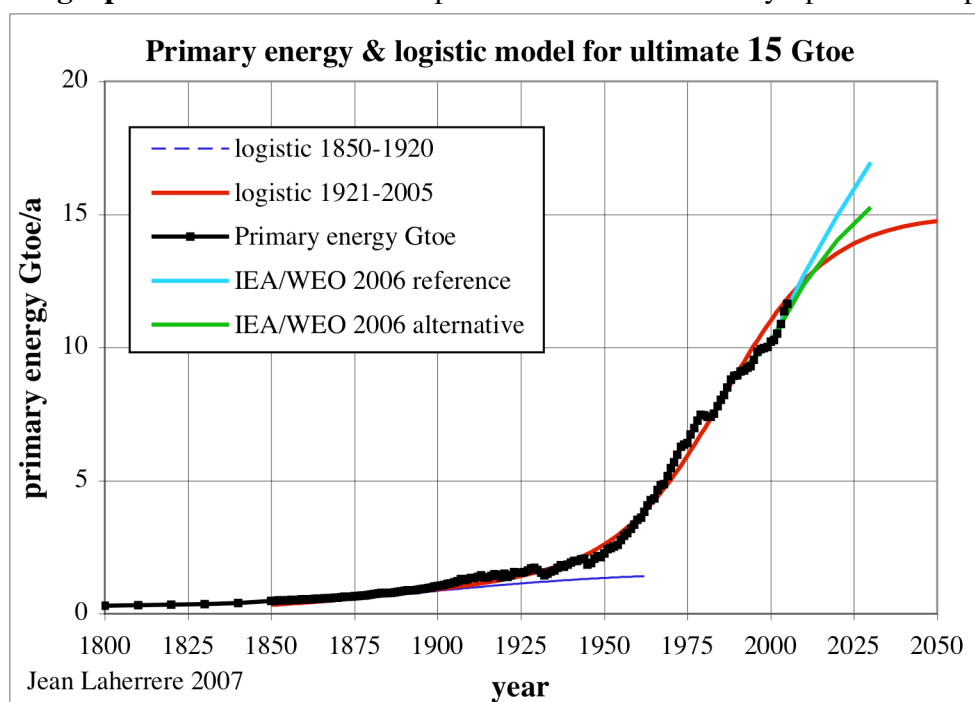
L'extrapolation linéaire de la croissance de l'énergie primaire depuis 50 ans tend vers **une asymptote de 15 Gtep.**

Figure 35: croissance mondiale énergie primaire en fonction de l'énergie et extrapolation



On peut modéliser l'énergie qui montre une concavité vers le haut jusqu'aux chocs pétroliers et vers le bas ensuite, avec une courbe logistique allant vers 15 Gtep (limites des ressources et de la population), alors que les prévisions officielles (business as usual) ne connaît pas de pic, mais une croissance constante

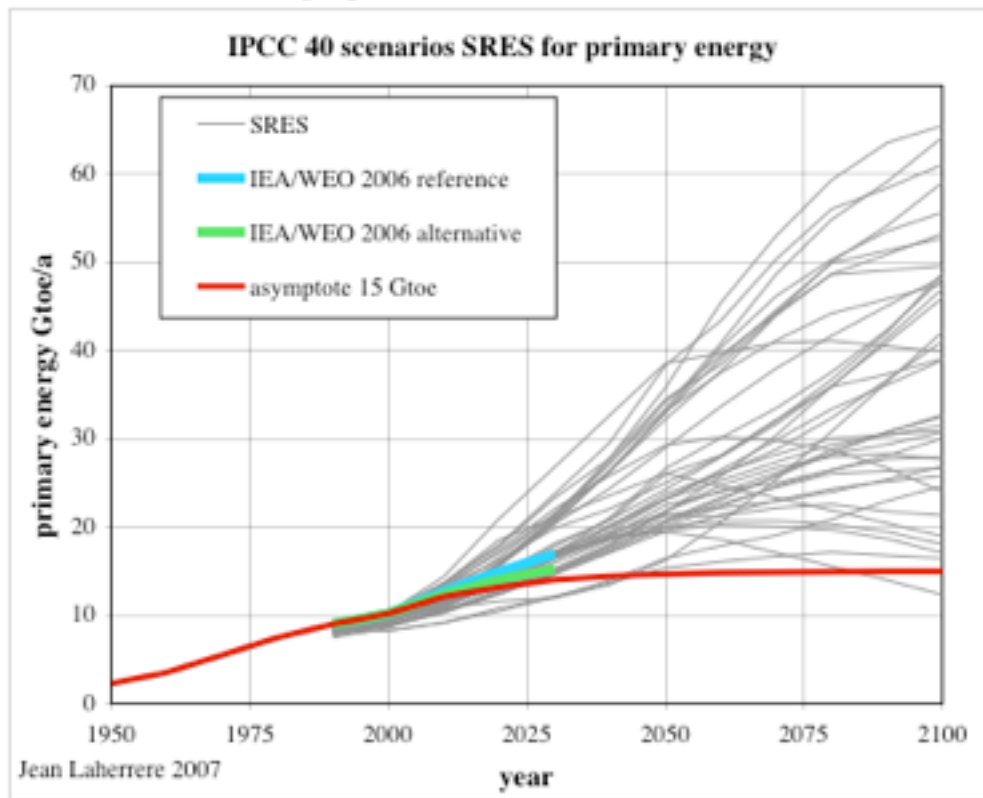
Figure 36: **Énergie primaire mondiale** avec prévisions AIE 2006 et asymptote 15 Gtep **1800-2100**





Les 40 scénarios énergie primaire du GIEC (SRES) sont irrealistes.

Figure 37: scénarios GIEC d'énergie primaire 1990-2100



Les scénarios 1998 SRES pris par le GIEC (qui sont du brain storming et non des prévisions) conduisent à des résultats très médiatisés (rapport 2001 et 2007 et peut-être 2013?), bien qu'irrealistes (ma présentation IIASA 2001).

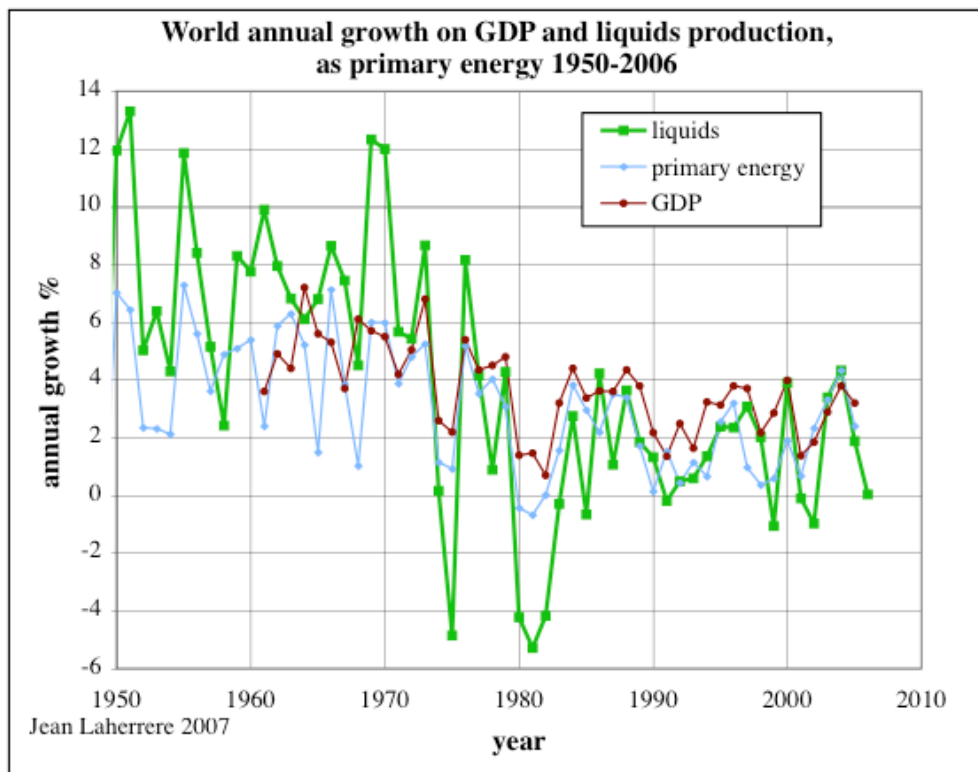
Le scénario AIE 2006 référence (BAU = bleu clair) est décrit en 2007 par Mandil (Patron AIE) comme **irrealiste, insoutenable, inaccessible!** Le scénario alternatif (vert) n'est pas loin du mien (rouge) et du facteur 4

A. Zichichi (prof en retraite), président World Federation of Scientists, conférence climat Vatican 27 avril 2007, juge que les modèles GIEC étaient incohérents et invalides, concluant que l'activité humaine n'était sans doute pas à blâmer!

### - PIB et énergie primaire

La croissance du PIB (en marron) évolue en parallèle avec celle du pétrole tous liquides (en vert) et l'énergie primaire (en bleu). Que va devenir le PIB après le "peak oil"?

Figure 38: croissance annuelle PIB, production liquides & énergie primaire 1950-2006

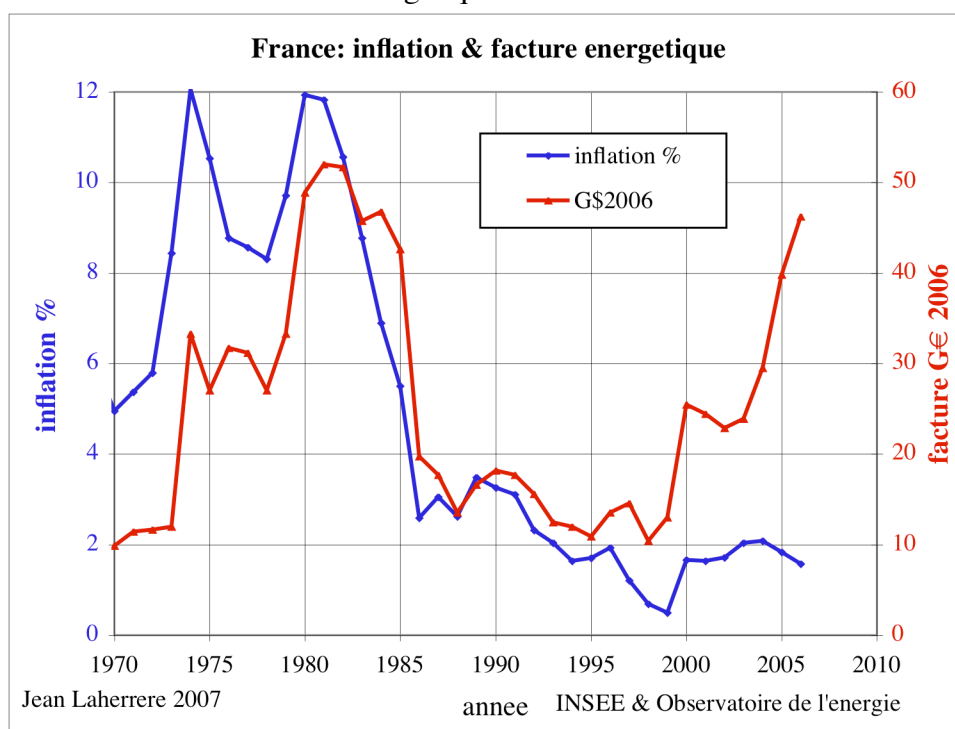


Le cout de l'énergie sur les 40 dernieres annees a ete de l'ordre de 5% du PIB mondial (<6% pour un menage en France en 2005) alors que les experts (Kummel, Ayres) estiment que la contribution de l'énergie dans le PIB est de 50% (capital 35%, travail 15%).

[Le prix de l'énergie est tres sous-evalue!](#) C'est pour cela que l'énergie (et la nourriture) est gaspillee.

### -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 39: **France:** inflation et facture energetique

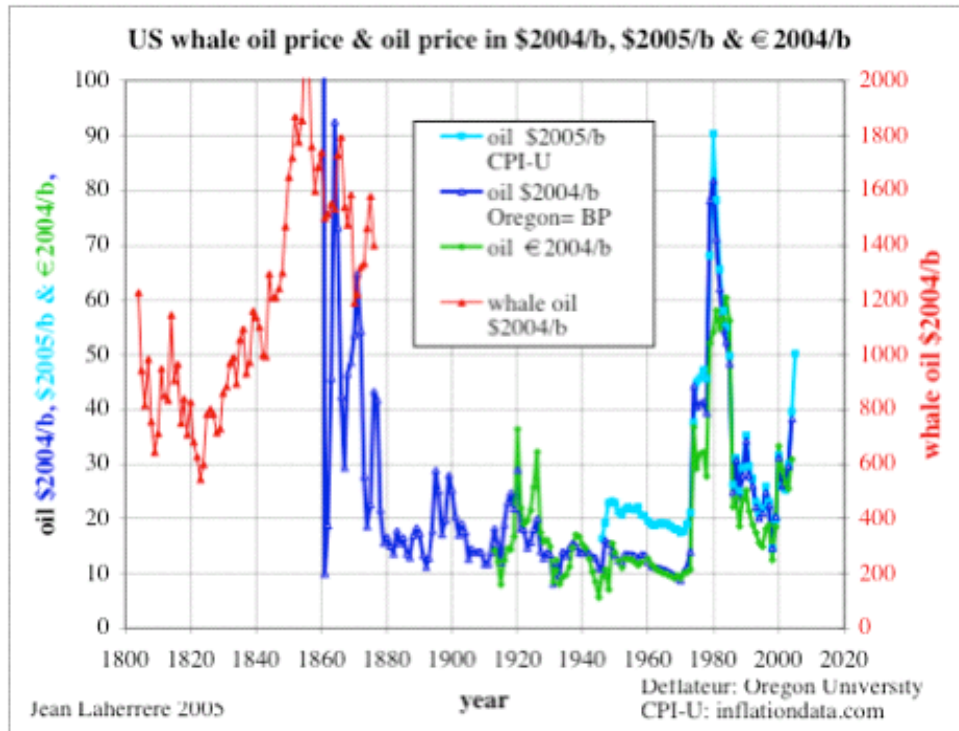


L'inflation officielle ne suit pas la corrélation du passé depuis 2000, car elle est sous-estimée par un panier peu représentatif (trop d'électronique et de gadgets chinois). L'opinion accuse l'euro, alors que c'est dû à l'augmentation de l'énergie et des matières premières.

L'inflation américaine de base exclut l'énergie et la nourriture !! Les indicateurs officiels sont biaisés !

L'énergie était plus chère dans le passé

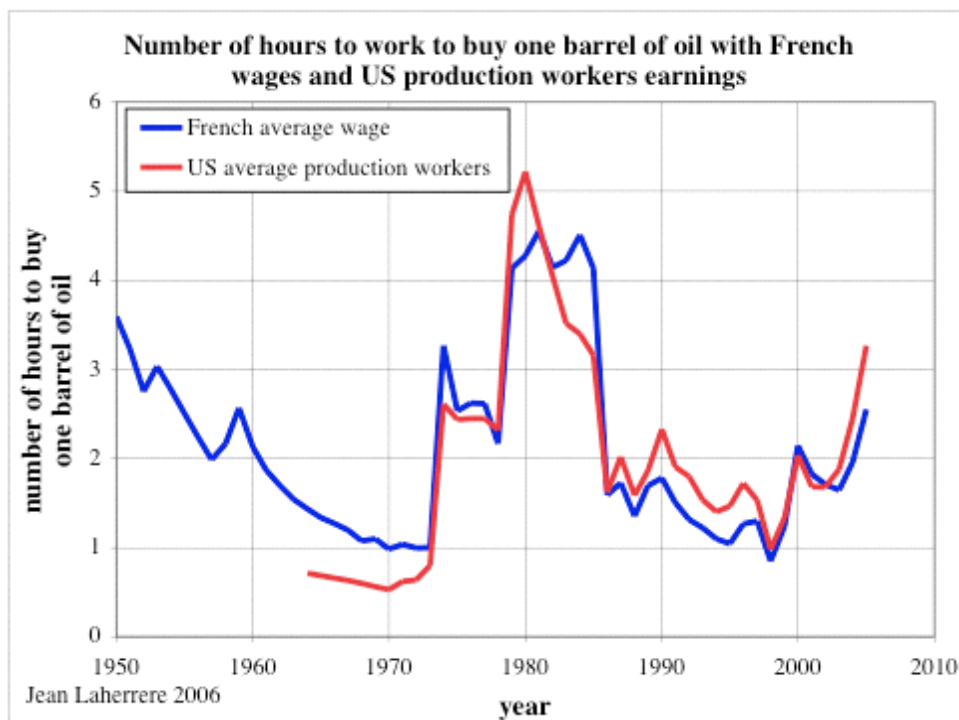
Figure 40: **Prix de l'huile de baleine aux US et prix du pétrole en \$2005**



L'huile de baleine (éclairage) coûtait 2000 \$2005/b en 1850 et le pétrole 90 \$2005/b en 1860 et 1980!

Il est préférable de mesurer en heure de travail pour acheter un baril de pétrole.

Figure 41: **nombre d'heures de travail pour acheter un baril de pétrole avec le salaire moyen français et américain 1950-2005.**



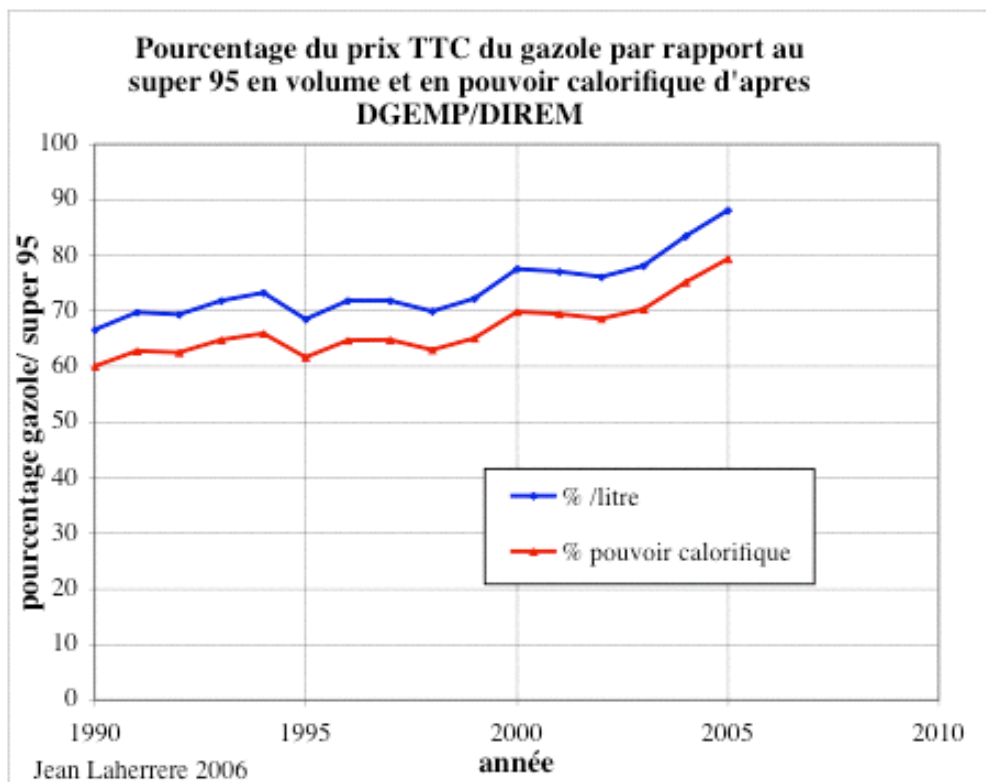
Le nombre d'heures de travail pour acheter un baril de pétrole aujourd'hui est inférieur à celui de 1950 et 1980. Un Américain doit travailler aussi longtemps qu'un Français, mais il peut s'en payer davantage car il travaille 2000 heures contre 1600 heures.

**-Cas de la France**

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

Un litre de gazole est plus de 10% plus calorifique qu'un litre de super, contribuant à ce qu'une voiture diesel consomme moins (20%).

Figure 42: **Pourcentage du prix du gazole par rapport au super 95 en volume et pouvoir calorifique**

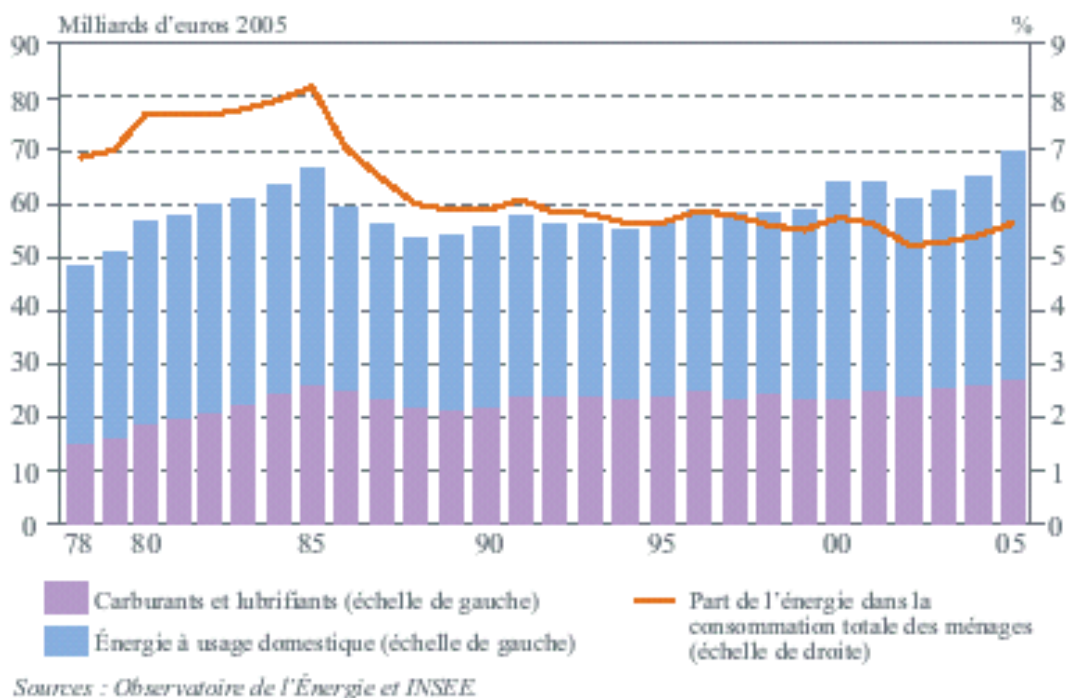


En 1990 le gazole était 40% moins cher, en 2005 il est 20% moins cher en pouvoir calorifique! En Suisse le litre de gazole est vendu plus cher que celui d'essence !

**-prix de l'énergie**

Figure 43: France: Consommation d'énergie en euros et part des ménages en % DGEMP

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



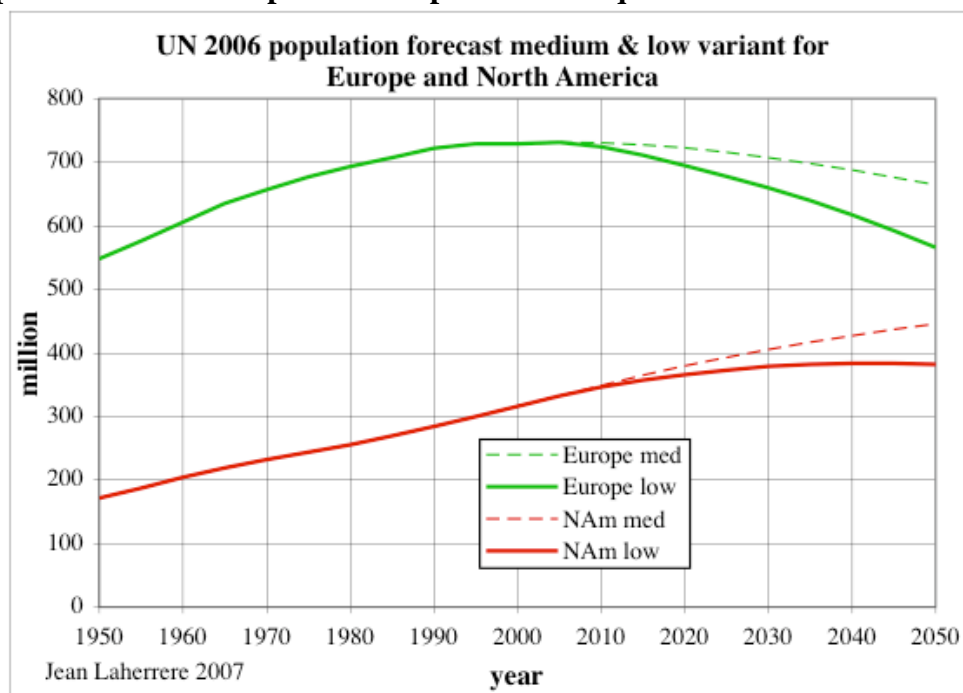
**Le pourcentage de l'énergie dans la consommation des ménages ne représente que moins de 6% en 2005 alors qu'il était de 8% en 1985**

### -Population

On ne peut parler de ressources sans mentionner la population qui les consomme

Les prévisions de population sont basées sur le taux de fécondité qui sont actuellement inégales, alors que les prévisions des NU se basent sur une égalité en 2300 !

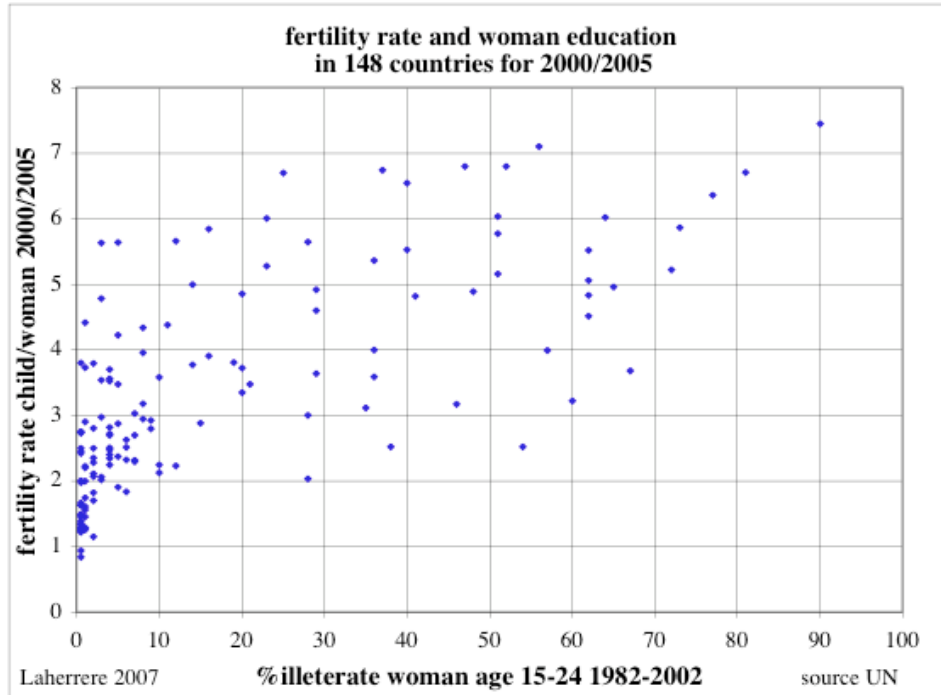
Figure 44: prévisions NU 2600 pour l'Europe et l'Amérique du Nord 1950-2050



Europe va perdre 100 millions en 2050, mais l'Amérique du Nord va en gagner 100 millions. Ces deux continents ont un futur très différent, de plus leurs ressources sont aussi très différentes!

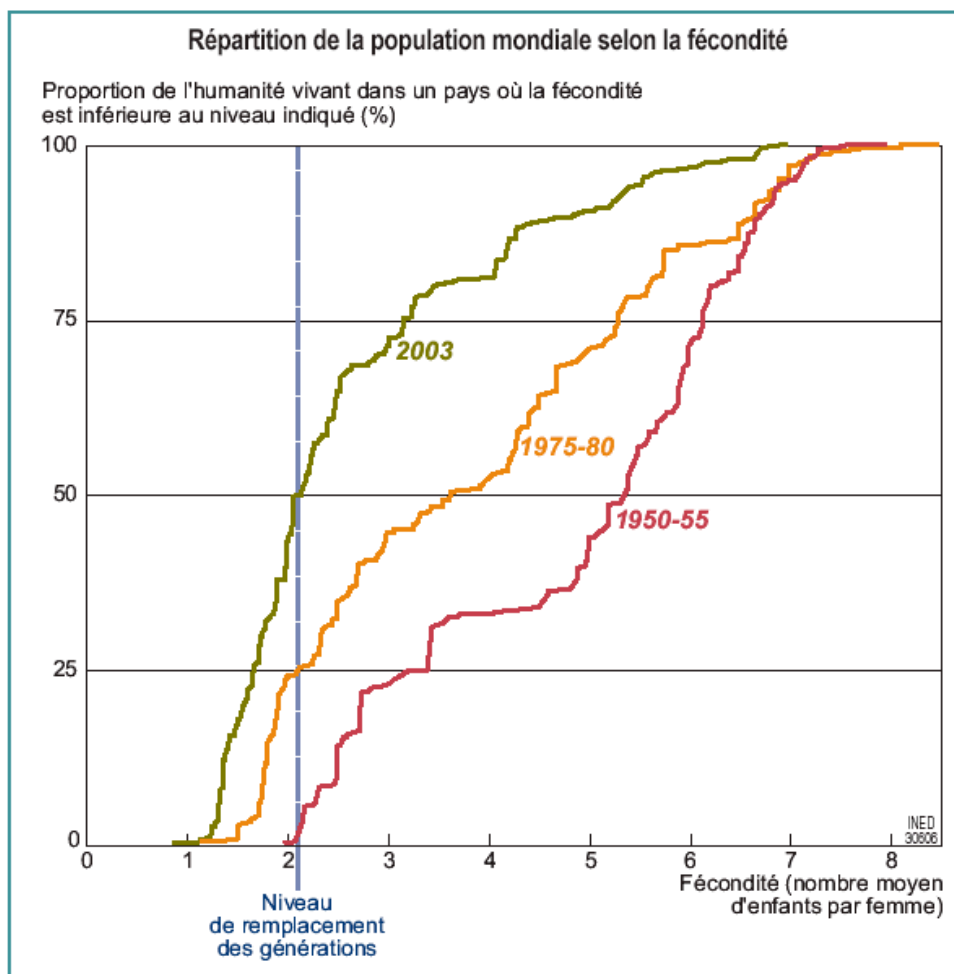
Le taux de fécondité dépend surtout de l'éducation des jeunes femmes.

Figure 45: relation entre taux de fécondité et éducation des femmes dans 148 pays 2000/2005



Il y a deux mondes: les pays < 2 enfant/femme allant vers l'extinction et les pays > 5 enfant/femme et dont le taux ne diminue guère. Il y a 50 ans tous étaient >2, maintenant seulement 50%.

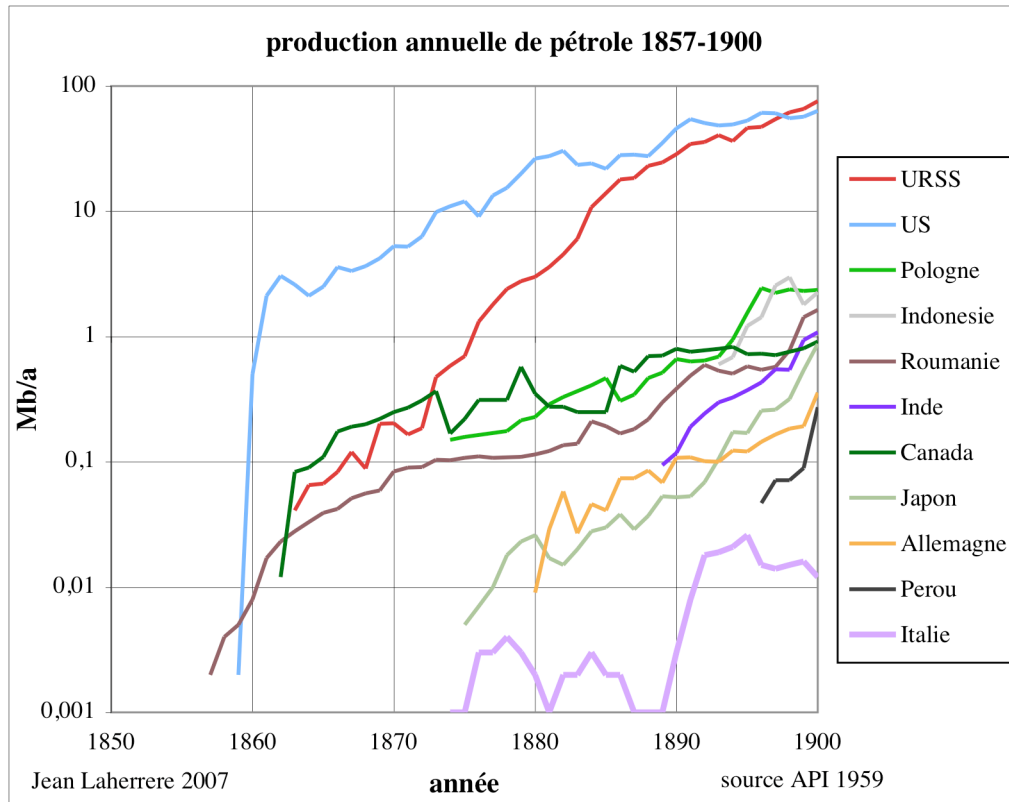
Figure 46: Evolution du % de la population mondiale en fonction du taux de fécondité INED dec 2006



### -Exemple de la Roumanie pour les ressources petrolieres et gazières

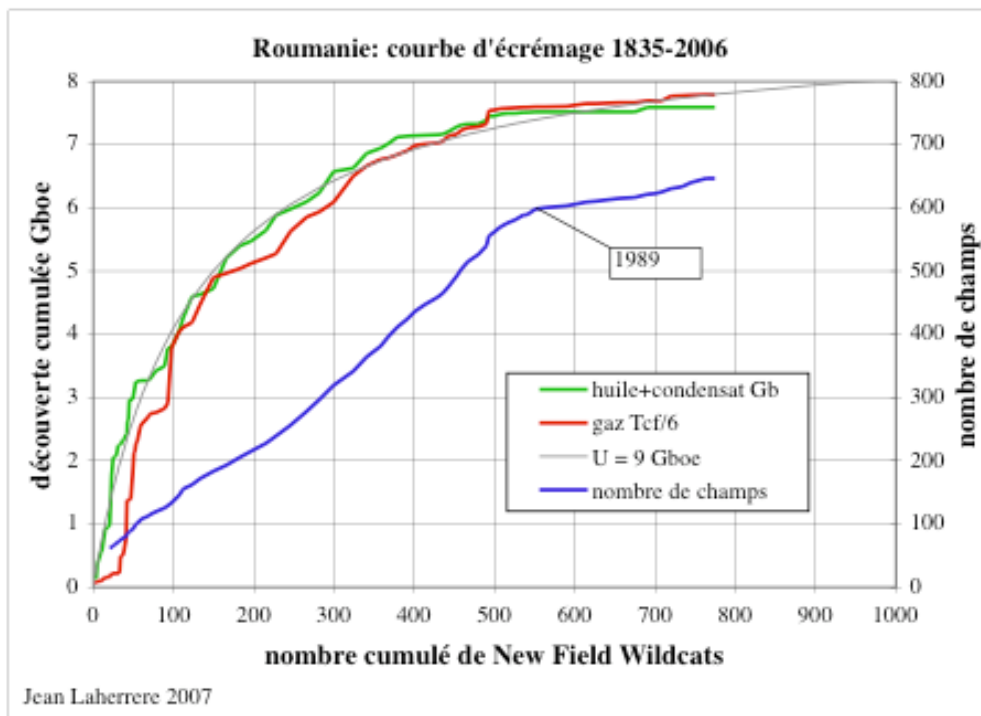
La Roumanie est le premier pays qui a officiellement (API = American Petroleum Institute) produit du petrole en 1857, soit avant les US avec Drake en 1859. En 1900 le premier producteur est l'URSS, suivi de pres des US, puis Pologne et Indonesie et Roumanie.

Figure 47: Production annuelle (echelle log) de petrole au 19<sup>e</sup> siecle



Les données de production et de réserves de la Roumanie sont très incomplètes et peu fiables, bien que près de 650 champs ont été découverts depuis 1835. La courbe d'écrémage montre une courbe très proche d'une hyperbole allant vers 8 Gboe aussi bien pour l'huile (vert) que pour le gaz (rouge). Le nombre de champs (bleu) est linéaire jusqu'en 1989 (révolution). Depuis plus de 20 ans les découvertes augmentent peu. On peut donc dire que le potentiel de découvertes futures est très faible. On peut douter des données quand on trouve près de 650 champs pour seulement moins de 800 NFW (puits exploration pur), ce taux de succès exceptionnel de 83% est à comparer de celui de la France où 164 champs ont été découverts avec 1940 NFW soit un taux de succès de 8%.

Figure 48: Roumanie: courbe d'écrémage 1835-2006



En 1995 j'écrivais dans un article de Petroleum Geoscience (B.Popescu, Laherrère J.H. "Undiscovered potential of five main Romanian Petroleum Systems" - vol 1 n°4, Nov- Appendix, p347-349)

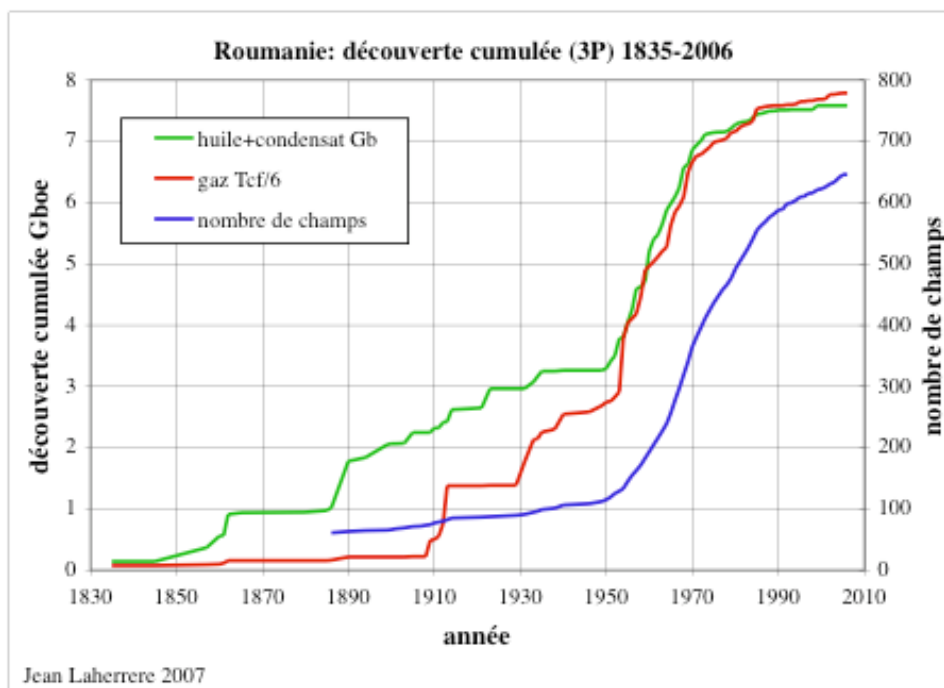
#### Conclusion

*Romania is a maturely explored country, whose oil prospects have been investigated over centuries. However the quality of the data is poor, in particular for exploratory drilling. So the reliability of reserves assessment is of the same quality.*

*For the 5 PS analyzed, containing 860 Mt already discovered, the undiscovered reserves are about 15 Mt, which means that 98% have already been discovered.*

Les courbes de 2006 confirment donc ces conclusions de 1995.

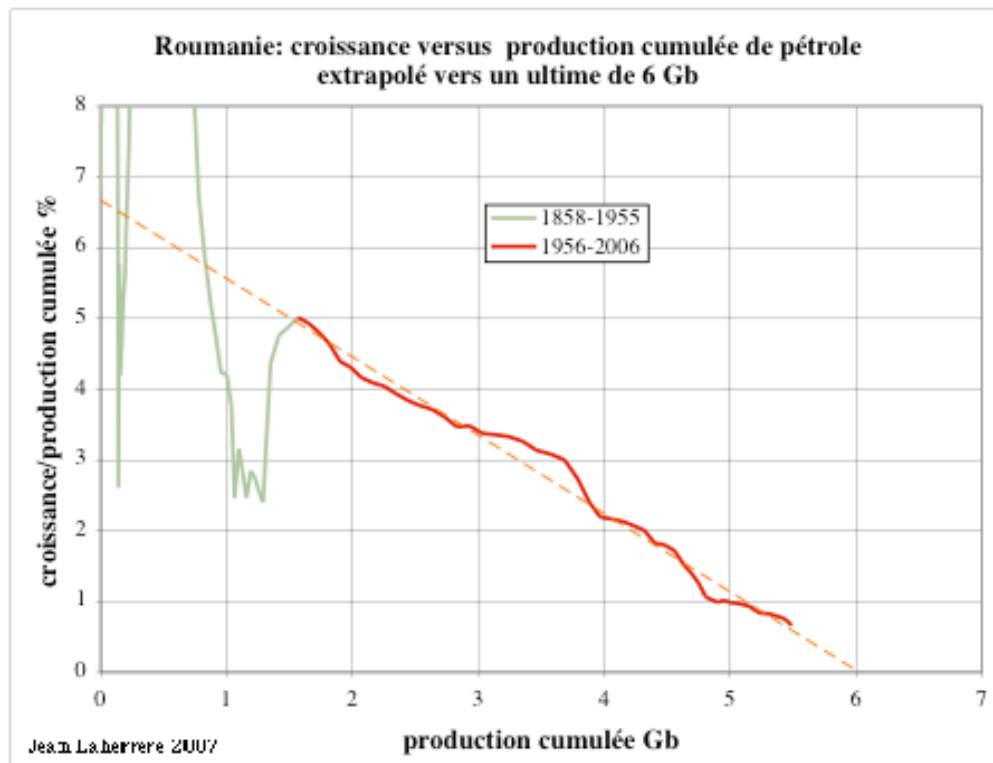
Figure 49: Roumanie: decouverte cumulee 1835-2006



Les decouvertes cumulees sont estimees avec la classification russe (Khalimov 1979) ou le taux de recuperation est la valeur theorique maximum, mais en 1993 le meme Khalimov les considerait comme grossierement exagerees. La classification russe conduit a des valeurs dites 3P=



prouve+probable +possible et pour obtenir la valeur esperee il faut les diminuer en gros de 30%. La courbe d'ecremage conduit a 8 Gb mais l'extrapolation de la croissance de la production versus production cumulee montre une tendance lineaire depuis 1956 qui conduit a un ultime de 6 Gb. Figure 50: Roumanie: croissance versus production cumulee de petrole extrapolee vers un ultime de 6 Gb



Nous avons donc corrige les decouvertes 3P (8 Gb) de 25% pour obtenir les reserves 2P (6 Gb). D'habitude cette correction se fait apres avoir verifie sur les courbes de declin des champs matures que les estimations etaient trop optimistes (valeurs theoriques). Mais malheureusement la Roumanie, malgre son passe petrolier tres ancien et qu'il est ete un champ d'apprentissage pour l'industrie francaise, a des donnees des bases privees (IHS) tres incompletes s'arretant en 1992, seulement 2 champs de gaz ont des productions recentes (Corunca sud 1988-2002 et Zatrene 1961-2000) permettant de calculer une valeur ultime qui est inferieure a celle donnee par les Roumains. Figure 51: Corunca Sud: declin de la production de gaz 1988-2002

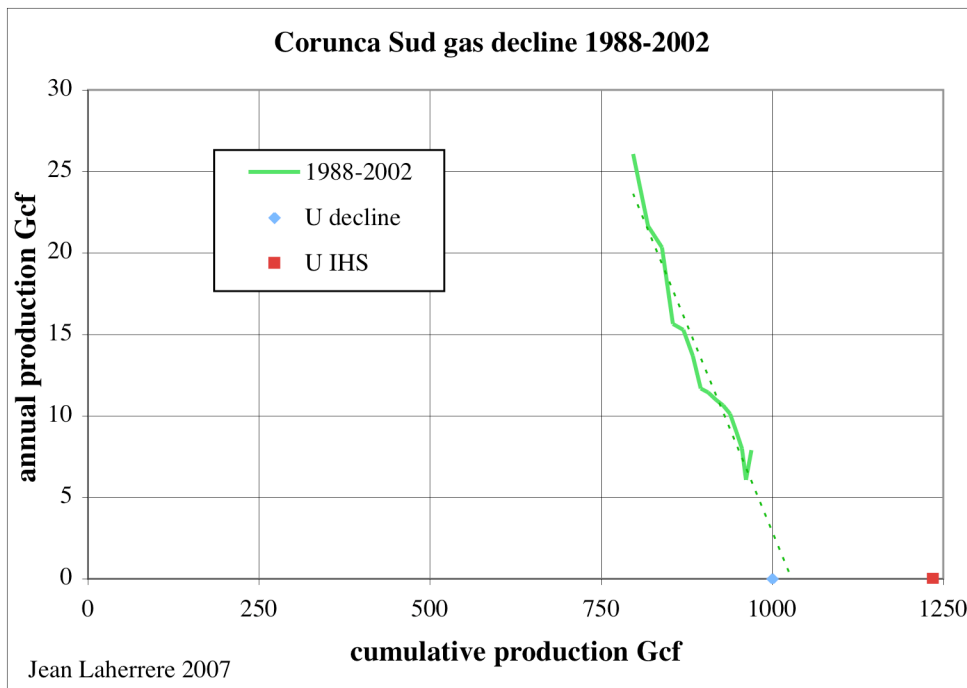
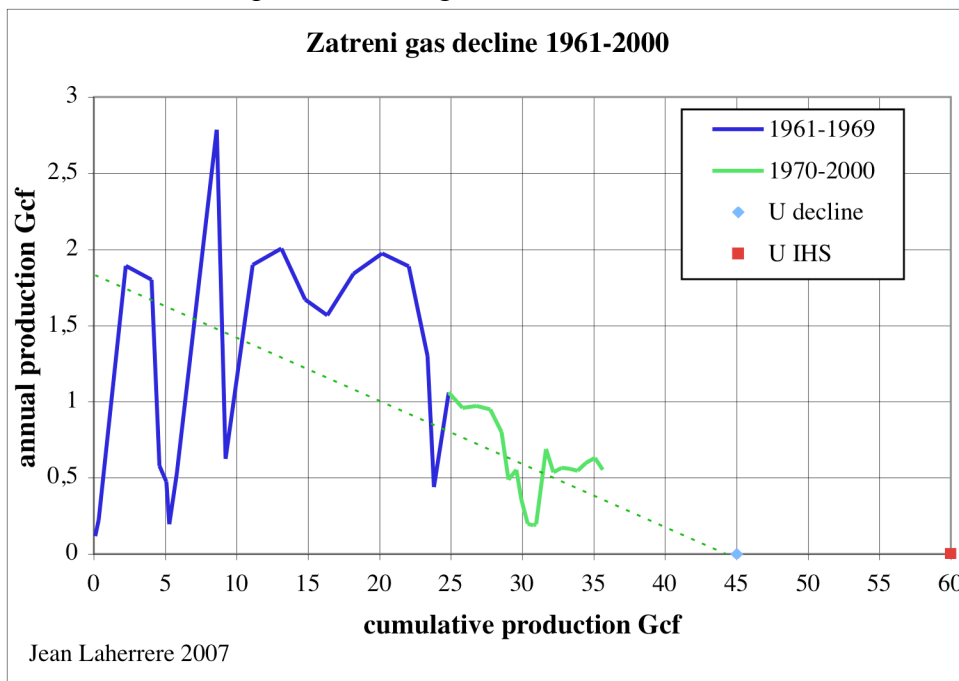
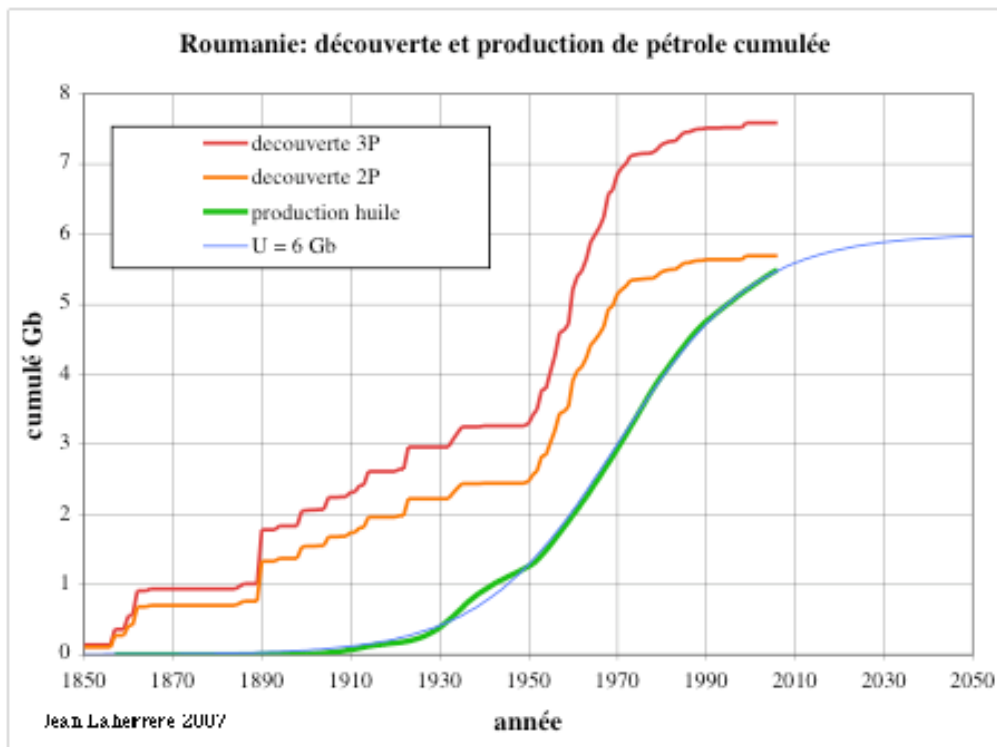


Figure 52: Zatreni: declin de la production de gaz 1961-2000



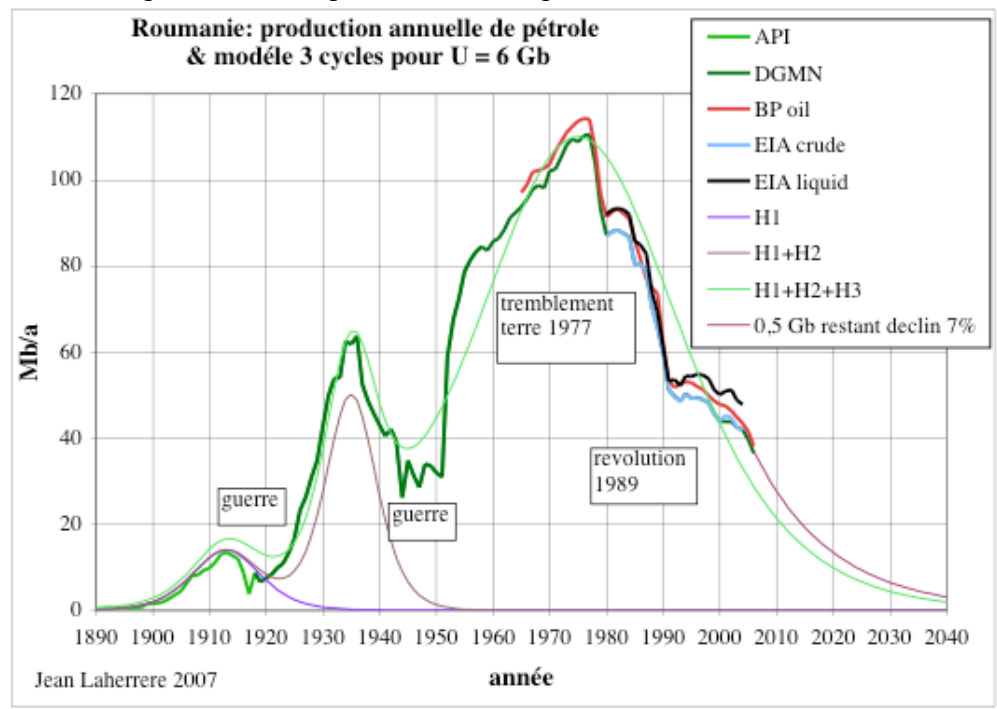
Les decouvertes cumulees 2P conduisent a une asymptote de 6Gb qui donne ooir la production cumulee une courbe logistique tres bonne

Figure 53: Roumanie : decouverte et production de petrole cumulee pour un ultime de 6 Gb



Les productions annuelles different suivant les sources (API, DGMN, BP, USDOE/EIA), mais les evenements comme les guerres de 1914 et 1940, la revolution de 1989 ainsi que le grand tremblement de terre de 1977 ont un impact important sur la production conduisant a 3 cycles. La production future de petrole (500 Mb et declin de 7%) correspond a un ultime de 6 Gb. La production future va donc chute de moitie tous les 10 ans !

Figure 54: Roumanie : production de petrole annuelle pour un ultime de 6 Gb



## Conclusions

La Nature est cyclique: tout ce qui naît meurt, tout ce qui monte redescend un jour

Une croissance constante est impossible dans un monde limité: nous atteignons les limites de la planète.

Dans notre société de consommation la croissance est le Père Noël pour résoudre les problèmes du futur et le critère de jugement des dirigeants.

Toute publication de chiffres est politique et dépend de l'image que son auteur veut donner

L'ambiguïté des définitions est recherchée pour donner l'image désirée.

Il ne faut pas confondre réserves (ce qui sera produit) et ressources (ce qui est dans le sol).

Tous les scénarios officiels sont des vœux de croissance constante ou d'égalité (fécondité pour population).

Toutes les estimations initiales de projets frontalières sont présentées au minimum et doivent être multipliées par 3 en temps et délais (loi de Mc Namara) pour avoir la réalité. Le facteur temps est toujours sous-estimé.

Le pétrole est irremplaçable pour les transports et son seul substitut est le pétrole synthétique.

Le coût de l'énergie est très sous-évalué par rapport à sa contribution. Il faut l'augmenter pour pouvoir faire des économies (l'Américain dépense 2 fois plus d'énergie que l'Européen car il paie peu de taxes).

Le pic du pétrole sera vers 2015 (pic ondule avant si contraintes), du gaz 2025 et du charbon 2050.

On aura besoin de toutes les énergies, mais les renouvelables ne pourront remplacer en volume les énergies fossiles, et le problème de l'intermittence et du stockage n'est toujours pas résolu.

Le nucléaire actuel est limité à quelques décennies par les ressources en U235 (0,7 % des réserves) et il faut aller vers les réacteurs de IV<sup>e</sup> génération pour augmenter considérablement les ressources.

**La meilleure solution est d'économiser les énergies (dont la nourriture) en changeant de mode de vie.**

Sinon nous ne laisserons à nos petits enfants que dettes et une planète polluée sans ressources.

Plus je sais, plus je sais que je ne sais pas, et les autres non plus.

*Le temps du monde fini commence* 1931 Paul Valéry

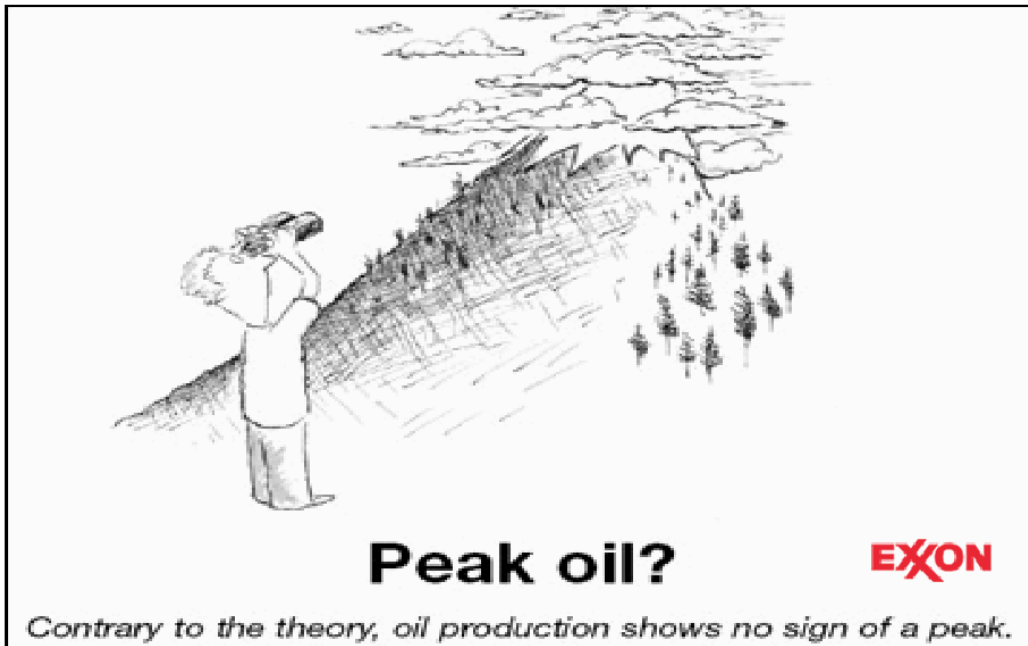
Si vous voulez en savoir plus allez voir [www.oilcrisis.com/laherrere](http://www.oilcrisis.com/laherrere) ou [www.aspofrance.org](http://www.aspofrance.org)

NB ce texte est sans accent car certains logiciels transforment les accents en signes

incompréhensibles. Malheureusement je n'ai pu alors utiliser la correction automatique et des fautes ont dû rester. Je m'en excuse

Pour finir en images

## View from the Oil Majors: ExxonMobil



28

*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
Kyrgyzstan	Colombia	Surinam	Mexico		

Source: Dr. Michael R. Smith, EnergyFiles