

Salon du Livre à Paris le 20 mars 2005 stand AEPN

"Quand va décliner la production de pétrole et de gaz?"

Jean Laherrère

jean.laherrere@wanadoo.fr

ASPO (Association for the Study of Peak Oil and gas) <http://www.peakoil.net>

-Faits de base

-tout ce qui monte redescend

-tout ce qui naît, grandit, culmine, décline et meurt

-une croissance constante n'a pas d'avenir dans un monde fini

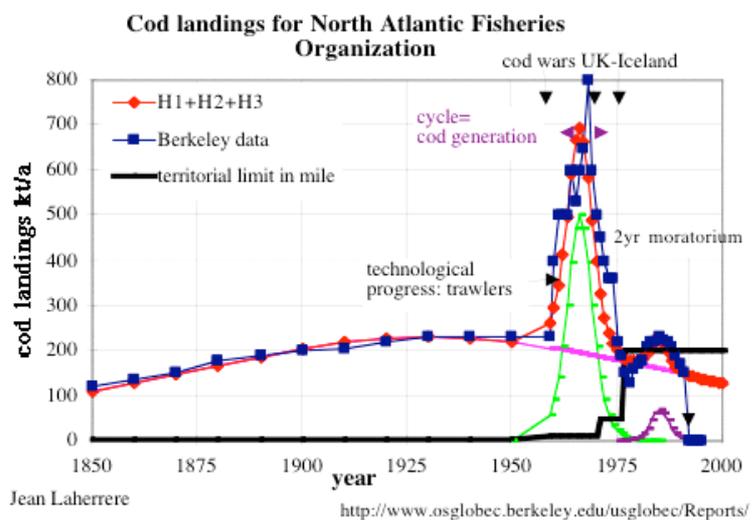
-un graphique vaut mille mots

-il est facile de modéliser un événement naturel avec une série de cycles

La prise des morues en Nord Atlantique (Terre-Neuve) a permis la conquête de l'Amérique du Nord et a nourri l'Europe pendant des siècles, elle peut être modélisée facilement avec trois cycles:

traditionnel, technologie (chalutiers et usine flottante) et quotas, puis arrêt définitif de la pêche. La technologie et une mauvaise estimation des ressources ont tué la morue au Canada.

Figure 1: Prises de morue en Nord Atlantique



-Définitions

-les mots tels que: énergie, pétrole, réserves, ressources, conventionnel, raisonnable, durable, soutenable, dangereux sont **mal définis afin de permettre toutes les ambiguïtés**

-la production de pétrole peut être en 2004 soit 66 Mb/d (« regular oil » de Campbell), soit 71 Mb/d (brut hors extra-lourd), soit 73 Mb/d (brut), soit 83 Mb/d (liquides), ou peut être en Mt/a

Il y a consensus pour ne pas avoir de consensus sur les définitions.

-Politique et confidentialité

Le pétrole (le sous-sol) appartient à l'Etat dans tous les pays du monde, sauf aux US à terre où il appartient aux propriétaires du sol.

Les données de réserves par champs sont confidentielles dans la plupart des pays, surtout le Moyen-Orient, ex-URSS, la France, mais pas la Grande-Bretagne, la Norvège et le fédéral américain qui donnent le détail actualisé par champs.

Les réserves de pétrole sont de nouveau un secret d'Etat depuis 4 ans en Russie.

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

Paraître pauvre devant le percepteur ou riche devant le banquier ou l'actionnaire.

Les réserves sont prouvées aux US suivant les règles périmées de la SEC (Securities and Exchange Commission).

Les réserves sont grossièrement exagérées en ex-URSS.

Les réserves sont prouvées plus probables dans le reste du monde.

Les réserves des pays de l'OPEP, qui déterminent les quotas, ont augmenté de 300 Gb de 1985 à 1990 alors que les découvertes n'ont été que de 10 Gb, par suite de la bagarre sur les quotas entre les membres de l'OPEP suite au contrechoc de 1985.

Les pays de l'OPEP trichent sur le montant de leur production, car ils ne respectent pas les quotas.

Des compagnies d'espionnage vendent très cher les données mondiales: pour la quantité de pétrole transporté sur mer: Petrologistics à Genève qui a des espions dans chaque port; pour les réserves mondiales: IHS (ex Petroconsultants) ou Wood Mackenzie WM.

-Mots politiquement incorrects

Dans notre société de consommation où tous les dirigeants sont jugés sur la croissance les mots tels que **pic, déclin, pas de croissance, incertitude**, catastrophe prévisible, non-emploi volontaire sont politiquement incorrects.

-Réserves: L'incertitude est présentée comme une certitude

Les réserves sont incertaines, mais la plupart des définitions, comme les règles de la SEC, parlent de "*certitude raisonnable*" pour l'existence des réserves (comme la FDA «Food & Drug Administration» pour l'approbation d'un nouveau produit) et refusent l'approche probabiliste à cause de l'aversion au risque des banquiers et des actionnaires.

La SEC a des règles datant de plus de 25 qui sont périmées et contraires à la pratique du reste du monde.

Une enquête mondiale pour obtenir les réserves restantes à la fin de l'année (en fait le premier janvier de l'année suivante) auprès des gouvernements est publiée par Oil & Gas Journal OGJ avant la fin de l'année, c'est-à-dire avant que toute étude technique soit faite. Elle montre l'incohérence des données officielles, avec l'absence soutenue de changement des réserves surtout pour les membres de l'OPEP car les quotas sont fonction des réserves.

Fin 2004, 83 pays sur 105 n'ont pas changé leurs chiffres de réserves de pétrole par rapport à fin 2003, comme si leur production annuelle était exactement égale aux réserves ajoutées dans l'année. C'est une farce!

Mais ces données politiques sont officielles, les seules publiées et sont utilisées par les économistes comme représentant la vérité. Toutefois les variations entre sources sont considérables pour le bilan mondial.

USDOE/EIA Nov. 2004 donne les **réserves prouvées mondiales à fin 2003:**

fin 2003	pétrole Gb	gaz Tcf
BP Statistical Review	1 146,387 085	6 253,636 984
Oil & Gas Journal OGJ	1 265,025 583	6 078,592
World Oil WO	1 050,691 3	6 805,829 8
Cedigaz		6 349,498 545

Donner plus de 2 chiffres significatifs pour des données pétrolières montre l'incompétence des auteurs!

L'addition des réserves prouvées des pays ne donne pas la valeur correcte des réserves prouvées du monde, elle la sous-estime. Mais c'est la pratique de tous!

Seule la somme des réserves «moyennes» des pays représente la valeur «moyenne» (ou valeur espérée) du monde.

Les données techniques par champ sont confidentielles et ne sont disponibles que par des compagnies d'espionnage industriel.

J'ai accès à toutes les données par champ (>25 000 champs), mais elles sont hétérogènes entre US, Canada, ex-URSS et le reste du monde. Je corrige ces données actuelles pour les ramener à la valeur

moyenne (espérée) à la date de découverte (backdating), et pour obtenir un ultime qui tient compte des sources différentes, soit 2000 Gb pour le pétrole, c'est ce que j'appelle les données techniques. Les réserves restantes de pétrole ont culminé en 1980!

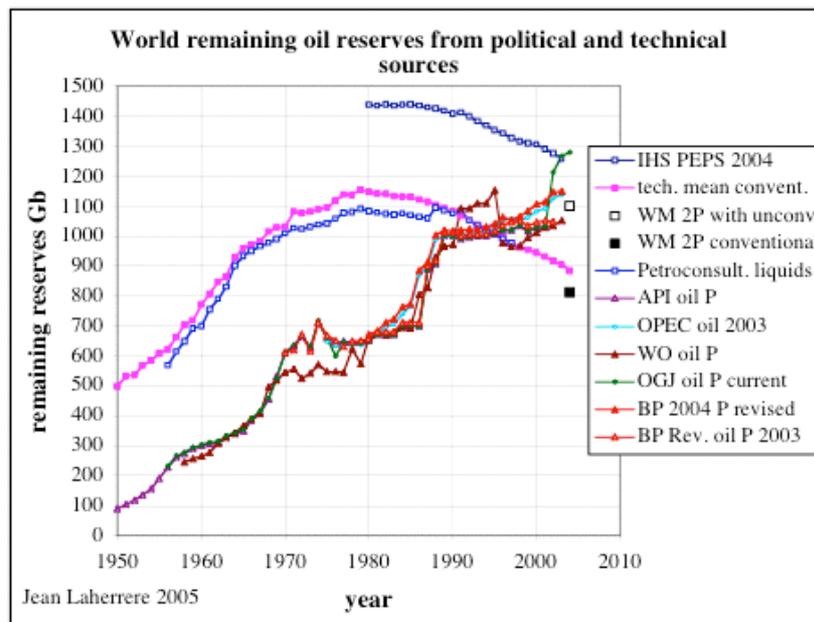
Les réserves politiques sont les réserves prouvées courantes où les révisions des découvertes passées sont reportées à l'année de révision, donnant une idée fautive du passé, car elles montrent une croissance continue depuis plus de 50 ans.

L'objectif des réserves prouvées est de fournir de la croissance, chère aux dirigeants

Nous sommes appelés pessimistes par les économistes en montrant ces données techniques.

Claire Booth Luce: *The difference between an optimist and a pessimist is that the pessimist is usually better informed.*

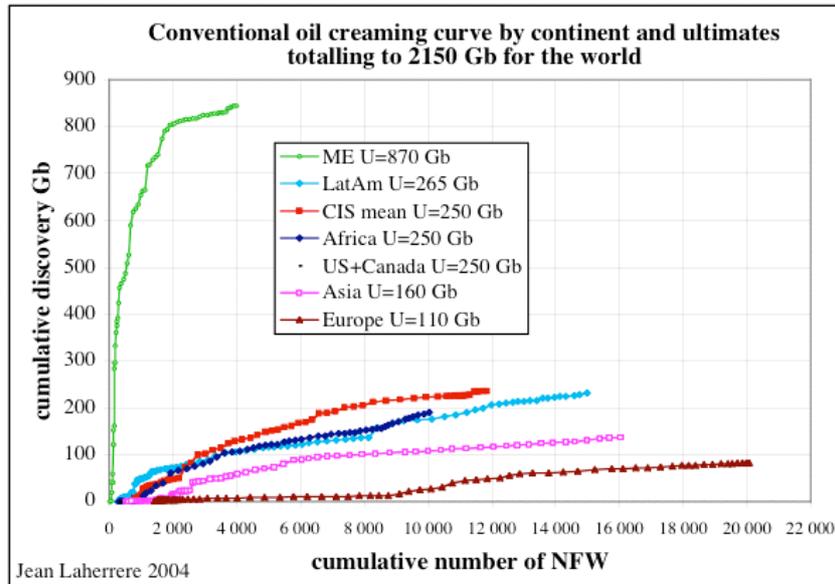
Figure 2: **Réserves restantes mondiales de pétrole conventionnel d'après des sources politiques et techniques**



-Estimation des réserves ultimes

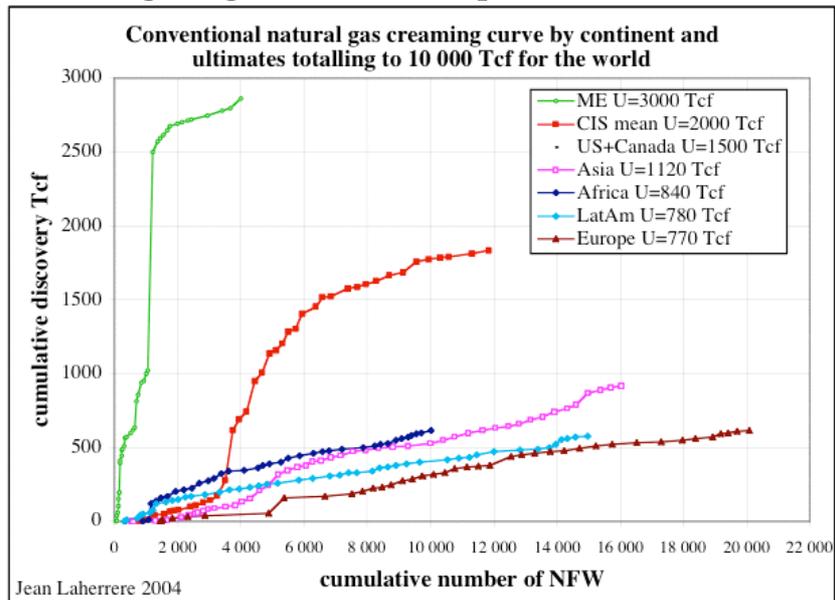
La courbe d'écrémage représente les découvertes techniques cumulées en fonction du nombre cumulé de puits d'exploration pure (New Field Wildcat= NFW). Cette courbe est toujours facilement modélisée avec plusieurs hyperboles et l'extrapolation de la dernière hyperbole permet d'avoir la valeur ultime s'il n'y a pas de nouveau cycle. Cette forme d'hyperbole correspond à la loi bien connue du rendement décroissant de l'exploration minière.

Figure 3: **Courbe d'écrémage du pétrole conventionnel par continent et ultimes**



L'asymptote du modèle hyperbolique donne les réserves ultimes, ou plutôt la valeur correspondant à un cumul de puits d'exploration double de l'actuel. Ces estimations sont faites à partir des données IHS, mais les données WM sont plus faibles comme l'indique la figure 2 et l'ultime mondial du pétrole brut (excluant seulement le pétrole extra-lourd) est estimé à 2000 Gb.

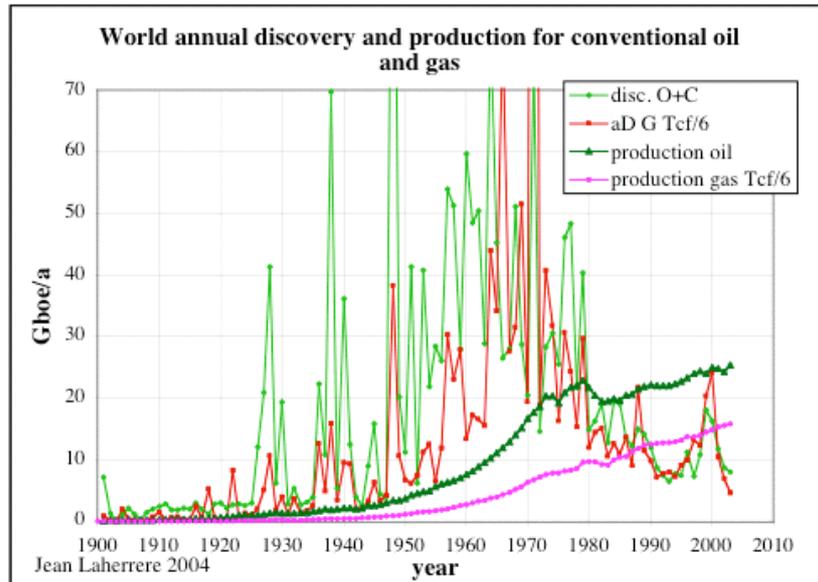
Figure 4: Courbe d'écrémage du gaz conventionnel par continent et ultimes



La somme des ultimes pour le gaz conventionnel est de 10 000 Tcf.

Les découvertes annuelles sont comparées aux productions.

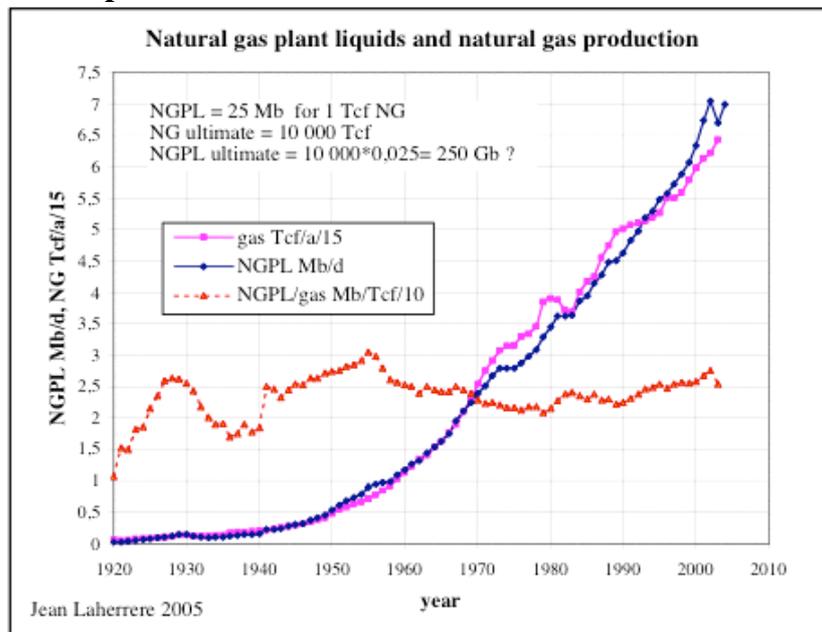
Figure 5: Découverte et production annuelle de pétrole et de gaz conventionnel mondial



Depuis 1980, la production annuelle de pétrole est environ double des découvertes et pour le gaz à peu près égale. Depuis 1980 les réserves restantes de pétrole conventionnel diminuent donc. Le pétrole extra-lourd est essentiellement les sables bitumineux du Canada (Athabasca dont le premier pilote date de 1930) et du Venezuela (Orénoque) découvertes depuis 1936.

Mais en plus du pétrole, on produit aussi les liquides de gaz dont la production suit la production de gaz naturel avec une moyenne de 25 Mb par Tcf de gaz.

Figure 6: **Production mondiale annuelle de liquides de gaz naturel parallèle à la production de gaz naturel avec 25 Mb par Tcf**



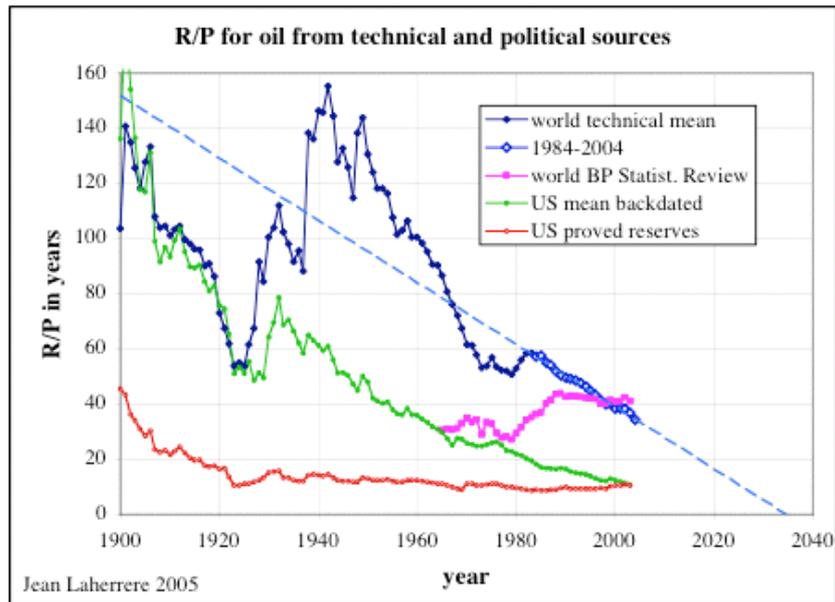
-Prévision de production pétrolière

Les économistes estiment que «Tout va très bien Madame la marquise» puisque qu'il y a encore pour 40 ans de production de pétrole. Ce chiffre est le rapport R/P c'est-à-dire les réserves restantes prouvées divisées par la production annuelle actuelle.

Le R/P des US oscille autour de 10 ans depuis 80 ans, montrant bien que ce ratio ne veut rien dire en matière de prévision, puisque les productions changent. Ainsi le R/P mondial d'après les données techniques depuis 1900 montre une évolution en dent-de-scie, montant à 150 ans vers 1940, et une

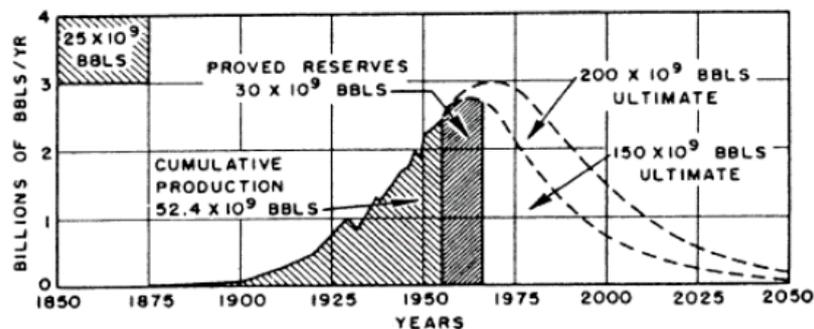
extrapolation linéaire du R/P mondial des 20 dernières années donne donc des réserves nulles en 2035.

Figure 7: **R/P** (monde et US) en années pour le pétrole d'après des sources techniques et politiques



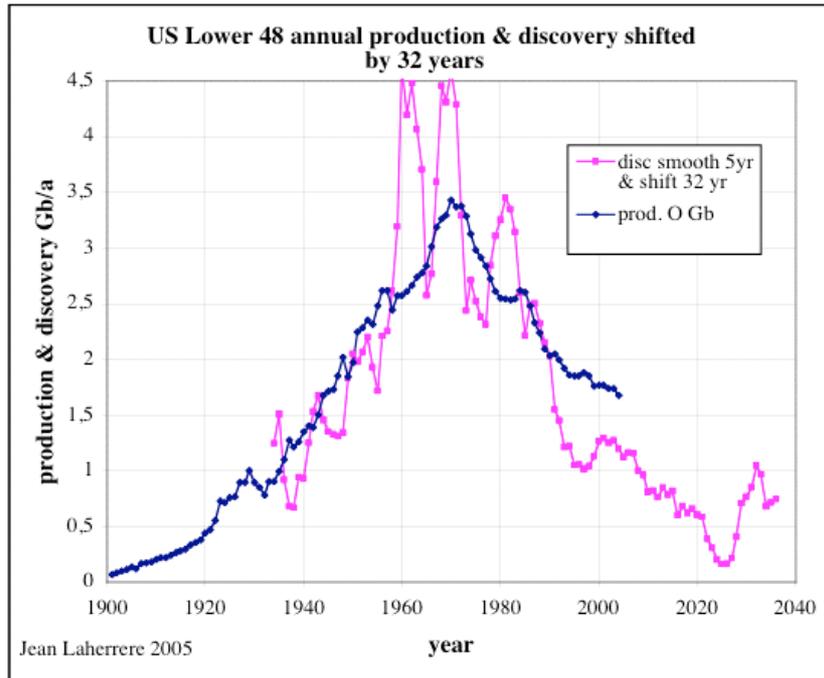
King Hubbert (géophysicien de Shell) a prévu en 1956 le pic de pétrole aux EU pour 1970 pour un ultime de 200 Gb, mais aussi pour 1965 pour un ultime de 150 Gb.

Figure 8: **Prévision d'Hubbert en 1956 pour la production = Courbe d'Hubbert**



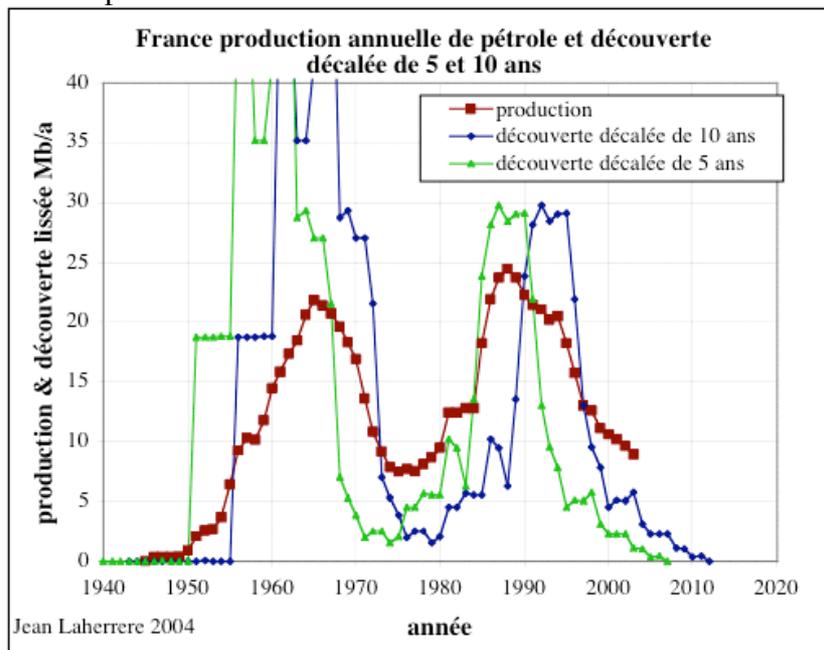
La production annuelle des US hors Alaska est comparée à la courbe des découvertes annuelles (valeur espérée moyennée sur 5 ans) décalée de 32 ans. La courbe de production imite la courbe de découverte. Le décalage permet la prévision de la production sans aucune modélisation.

Figure 9: **Production US 48 états et découverte moyenne décalée de 32 ans**



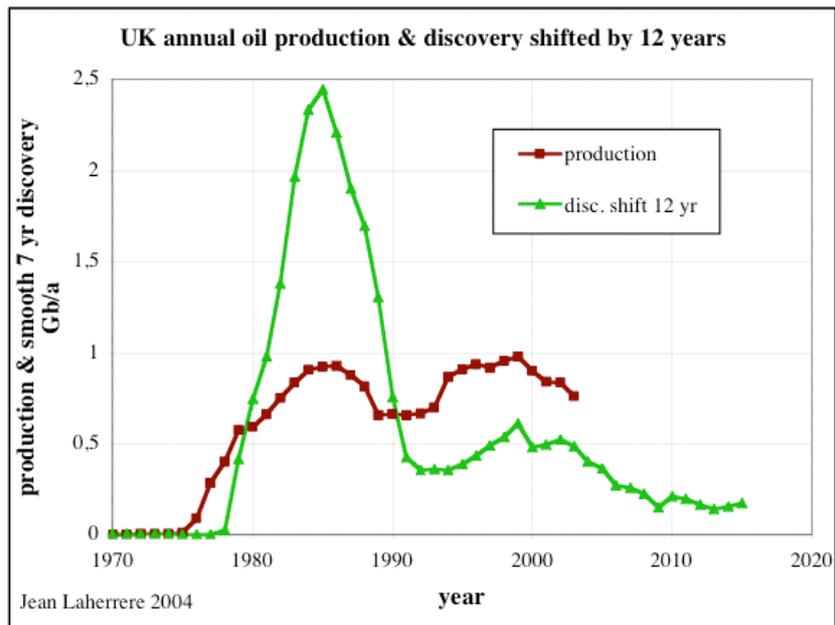
Pour les US hors Alaska il n'y a qu'un cycle, mais en France il y a deux cycles de découverte et deux cycles de production.

Figure 10: Production de pétrole en France et découverte décalée de 5 et 10 ans



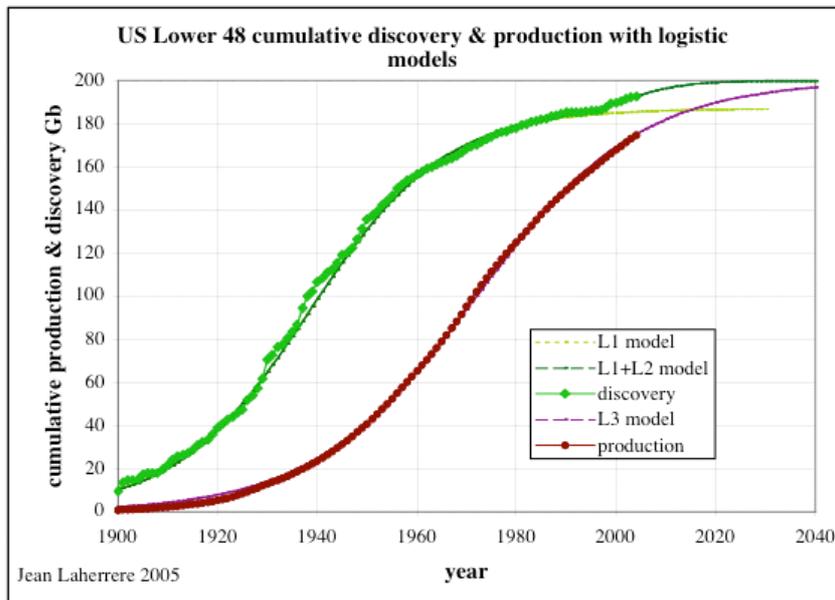
Il en est de même en Angleterre.

Figure 11: UK: décalage de 12 ans entre découverte annuelle et production



Les quantités cumulées sont plus faciles à modéliser, notamment avec des courbes dites en S ou logistiques (croissance exponentielle suivie d'une décroissance exponentielle se stabilisant à une valeur asymptotique)

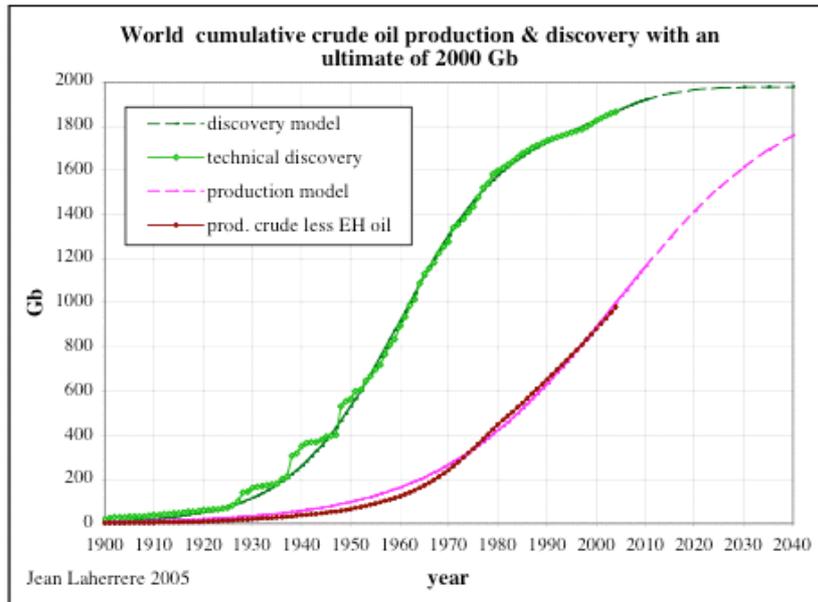
Figure 12: **US hors Alaska: production cumulée modélisée par une courbe logistique pour un ultime de 200 Gb et découverte avec deux cycles (2^e = offshore profond)**



Un seul cycle n'est constaté que pour les pays avec un grand nombre de champs et d'acteurs, mais pour la plupart des pays il y a plusieurs cycles de découverte et de production.

Le monde avec plus de 50 000 champs conventionnels découverts offre une courbe de découverte cumulée proche d'une courbe logistique avec un ultime de 2000 Gb pour le pétrole (et 1700 Gbep (10 000 Tcf) pour le gaz). La courbe de production cumulée suit aussi une courbe logistique ayant le même ultime.

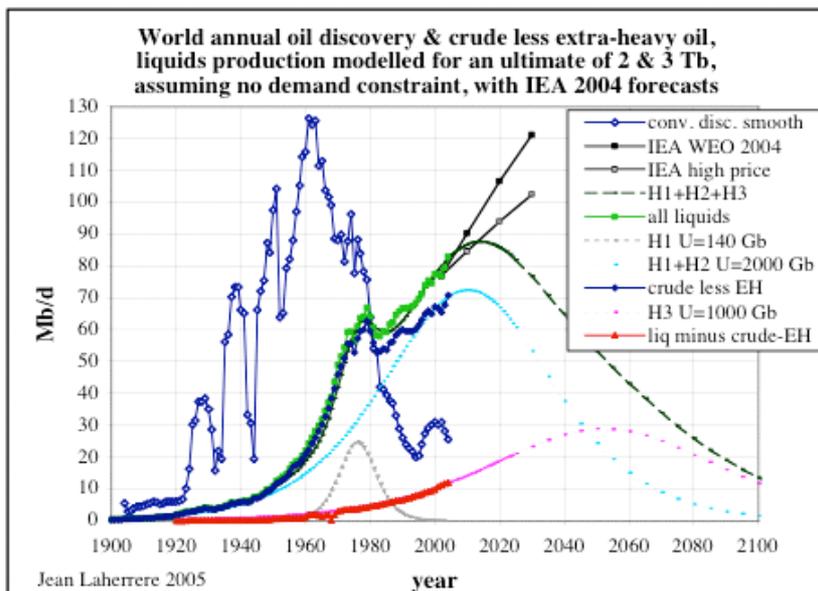
Figure 13: **Découvertes et productions cumulées mondiales de pétrole conventionnel avec modèles logistiques pour un ultime de 2000 Gb**



On s'aperçoit que ce qui reste à découvrir représente moins de 150 Gb, c'est-à-dire moins que l'imprécision de ce qui a été déjà découvert.

Mais le pétrole conventionnel ne représente qu'une grosse partie de la demande de liquides. Les liquides regroupent: pétrole brut + condensat + liquide de gaz naturel + pétrole synthétique (sables bitumineux, extra-lourds, biomasse, gaz, charbon) + gain de raffinerie.

Figure 14: **Découverte de pétrole et prévision de production mondiale de liquides** (sans contrainte de la demande) pour un ultime de 3 Tb (Campbell ASPO utilise un ultime de 2,4 Tb) avec prévisions AIE 2004 (25 \$/b et alternative 35 \$/b en 2030)



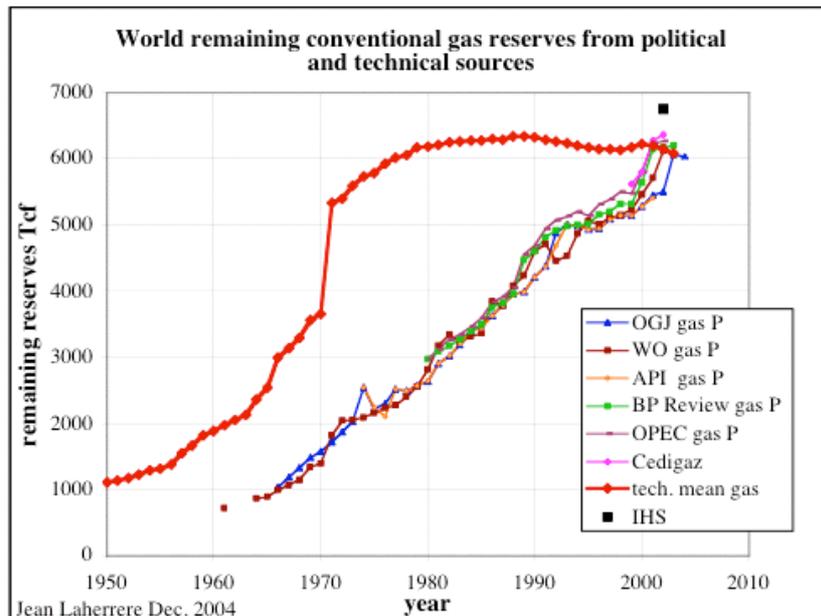
Le pic que peut offrir l'offre sera vers 2010 s'il n'y a pas de contrainte de la demande, s'il y a chute de la demande (prix élevés ou dépression économique) il y aura un plateau en tôle ondulée (oscillation chaotique des prix et de la demande).

Les prévisions de l'AIE (club des consommateurs) 2004 sont faites pour satisfaire les objectifs politiques des pays qui ont pour but la croissance.

-Gaz naturel

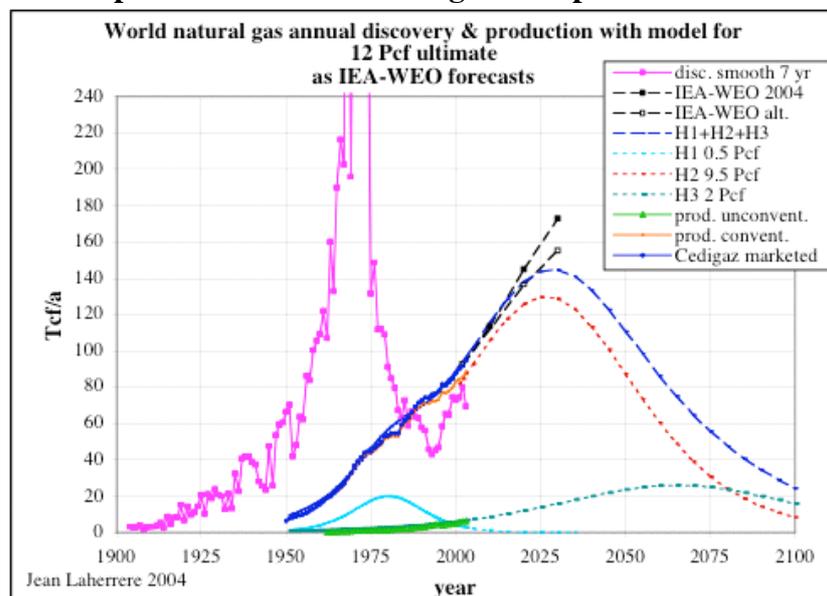
Le pétrole offre un seul marché global mondial, car le coût du transport est faible alors que le gaz est de 5 à 10 fois plus cher à transporter. Il y a 3 marchés du gaz: Amérique du Nord, Europe et Asie Pacifique.

Figure 15: **Réserves restantes mondiales de gaz conventionnel d'après des sources politiques et techniques**



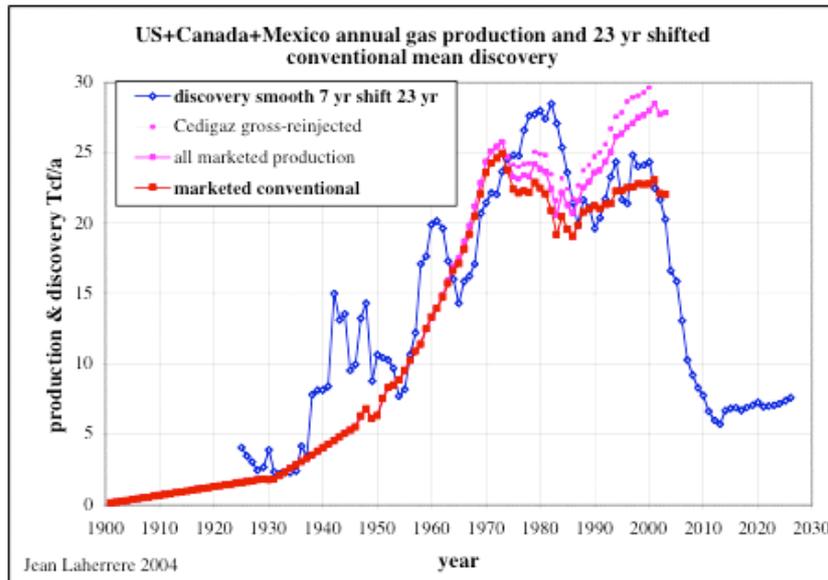
La découverte mondiale annuelle de gaz montre un pic vers 1970 et la production est modélisée avec un ultime de 12 Pcf, donnant un pic vers 2025 à moins de 150 Tcf/a alors que l'AIE prévoit 175 Tcf/a en 2030 toujours croissant!

Figure 16: **Découverte et production mondiale de gaz avec prévisions AIE 2004**



Mais pour le marché local d'Amérique du Nord, l'offre va s'écrouler brutalement d'ici peu, nécessitant une importation importante de gaz liquéfié et la construction de terminaux. La corrélation production et découverte décalée permet de prévoir le pire !

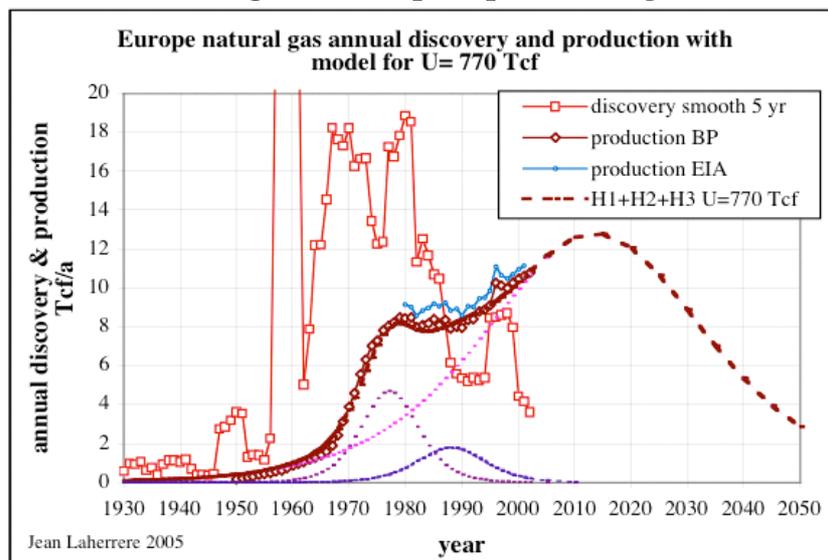
Figure 17: **Production annuelle de gaz conventionnel aux US + Canada + Mexico et découverte décalée de 23 ans**



La production de gaz en Amérique du Nord culmine et va décliner brutalement.

La prévision pour la production de l'Europe n'est pas non plus réjouissante.

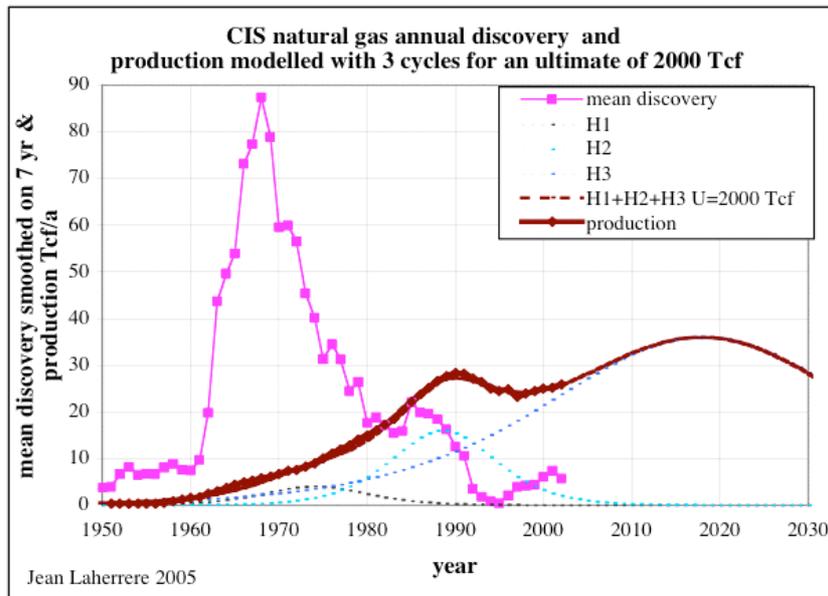
Figure 18: **Découverte annuelle de gaz en Europe et production** pour un ultime de 770 Tcf



L'Europe va culminer bientôt.

L'Europe compte sur le gaz russe qui va aussi décliner et qui ne comblera pas la demande. Il va y avoir compétition entre l'Amérique du Nord et l'Europe sur le gaz liquéfié !

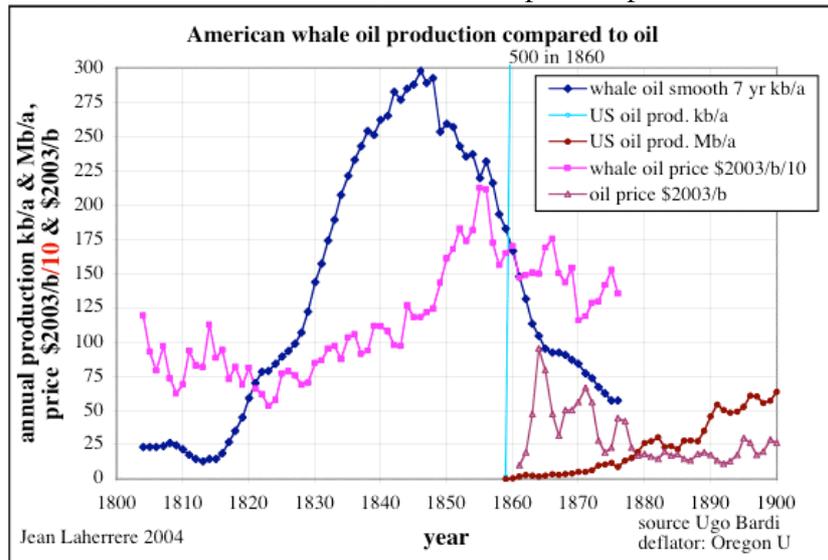
Figure 19: **Découverte annuelle de gaz en ex-URSS et production** pour un ultime de 2000 Tcf



-Prix du brut

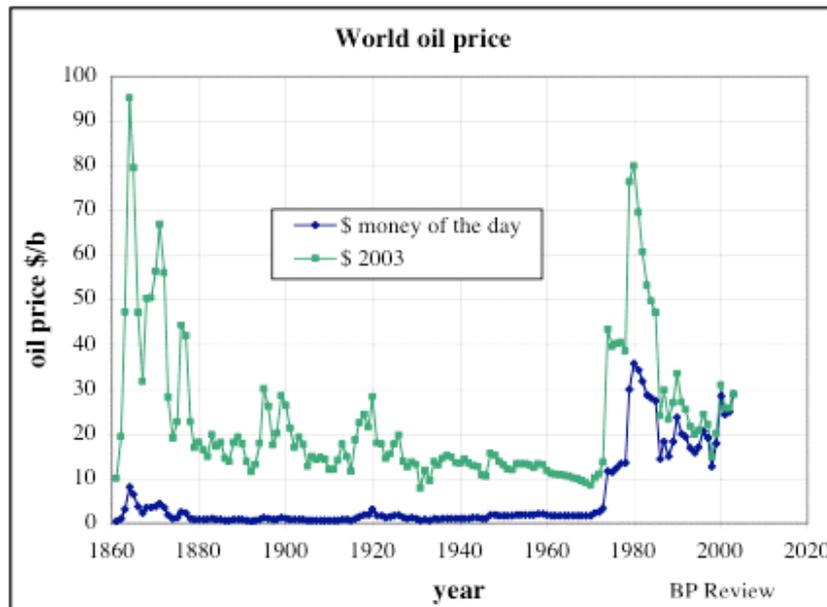
Il est intéressant de voir la production et le prix de l'huile de baleine aux US avant l'arrivée du pétrole. Son prix a culminé en 1855 à 2000 \$2003/b et en 1875 était 30 fois plus cher que le pétrole. Sa courbe de production est symétrique !

Figure 20: **Production de l'huile de baleine aux US comparé au pétrole 1800-1900**



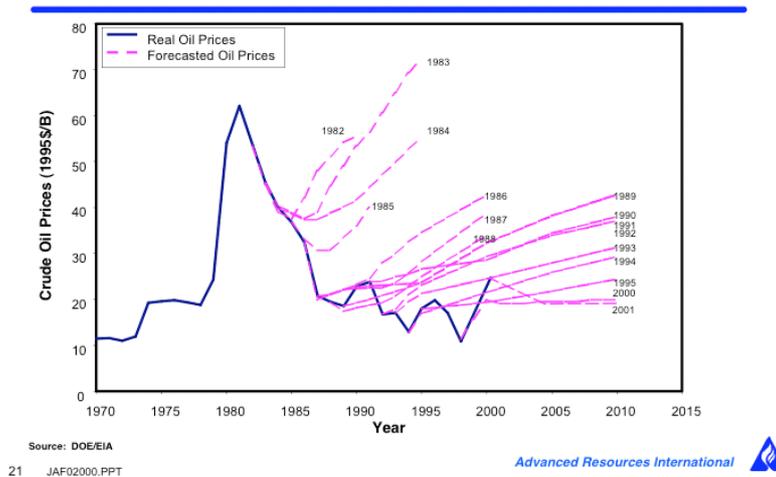
Le prix du pétrole a varié avec les grandes découvertes et les grands événements politiques. Il est actuellement deux fois moins cher qu'en 1880 ou 1865!

Figure 21: **Prix du pétrole 1860-2003**



Je me refuse à faire des prévisions sur les prix car ils sont trop irrationnels.
 Figure 22: Prévisions USDOE du prix du pétrole 1982-2001 comparées à la réalité

Comparison of Actual Oil Prices With EIA Oil Price Forecasts



Source: DOE/EIA
 21 JAF02000.PPT

Advanced Resources International

Les prévisions du prix du pétrole sont toujours fausses

USDOE et AIE prédisent 25 \$/b en 2030!

Bauquis (2004) souhaite un nouveau choc pétrolier avec 100 \$/b en 2020 pour permettre aux renouvelables et aux économies d'énergie de résoudre le déficit en énergie qui arrivera en 2050.

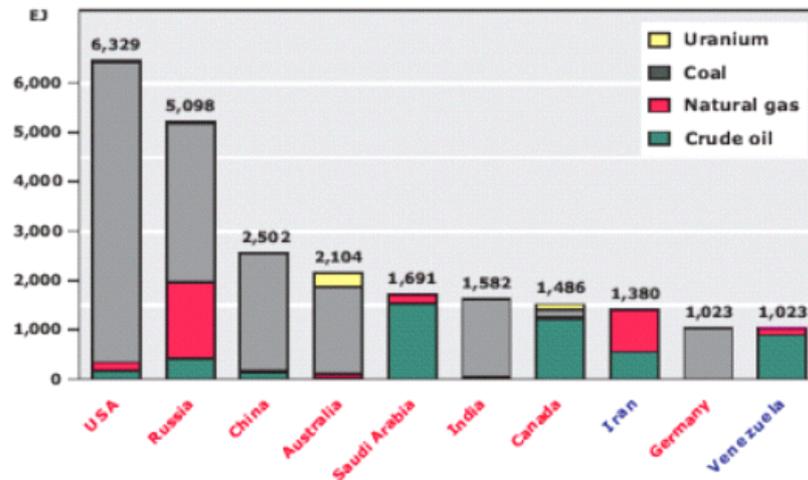
Le grand changement est que l'OPEP dominée par l'Arabie Saoudite, qui avait stabilisé les prix après le contrechoc de 1985 avec son mécanisme autour de 25\$/b, vient de s'apercevoir qu'un prix de 40-50\$/b ne fait pas baisser la demande, contrairement à ce qu'elle craignait, et 50 \$/b semble la nouvelle cible.

Toutefois les prévisions récentes des analystes financiers n'ont pas encore intégré complètement ce changement politique, puisque que la Deutsche Bank prévoit 32 \$/b en 2007 (25 \$/b il y a quelques mois)

-Combustibles fossiles

BGR publie le graphique très percutant par pays qui montre que les US et la Russie sont très privilégiés grâce au charbon.

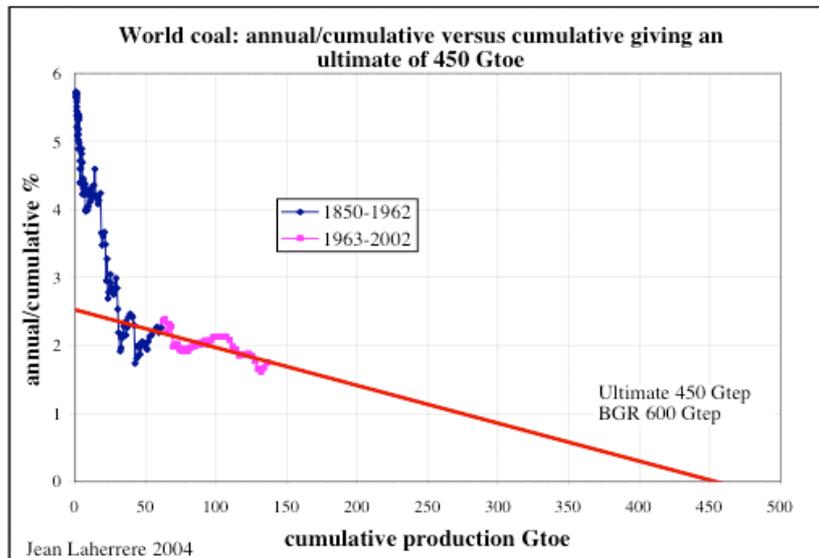
Figure 23: **Réserves restantes de combustibles fossiles en 2001 pour les 10 pays les plus riches**



-Production des combustibles fossiles

L'inventaire des ressources de charbon est mal connu. L'ultime extrapolé à partir des productions passées semble être de 450 Gtep, alors que le BGR estime 600 Gtep (140 Gtep déjà produit).

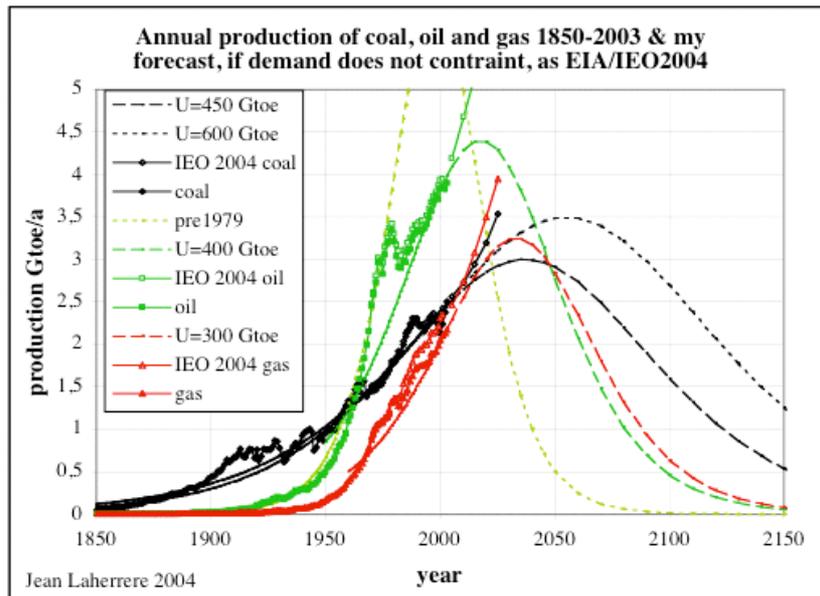
Figure 24: **Production mondiale de charbon: annuel/cumulé fonction du cumulé extrapolé vers un ultime de 450 Gtep,**



A partir des ultimes de pétrole (400 Gt), de gaz (300 Gtep) et de charbon (450 et 600 Gtep) les productions futures des combustibles fossiles peuvent être modélisées avec une courbe d'Hubbert qui correspond à cet ultime et qui passe par la valeur de 2003 avec la même pente.

On obtient ainsi (si la demande n'apporte pas des contraintes = dépression ou prix élevé) un pic en 2015 pour le pétrole, 2030 pour le gaz et 2040 ou 2050 pour le charbon.

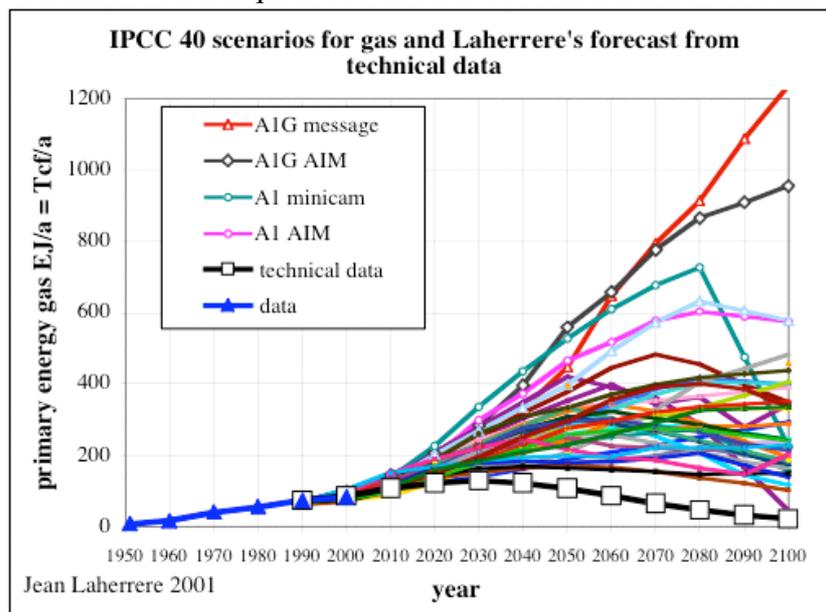
Figure 25: **Production mondiale de charbon, pétrole et gaz avec modèles d'Hubbert (sans contrainte de la demande) et prévisions USDOE 2004**



-Scénarios du GIEC

Le rapport GIEC 2001 (TAR), utilisé par les promoteurs du protocole de Kyoto, est basé sur 40 scénarios de consommations énergétiques (SRES) fournis par l'IIASA.

Figure 26: scénarios IIASA du rapport GIEC pour la consommation de gaz comparés à la prévision à partir des données techniques



IIASA croit à l'âge du gaz sans limite grâce aux hydrates: c'est du rêve!

-Conclusions

- tout ce qui monte doit descendre
- une croissance constante n'a pas d'avenir dans un monde fini
- il n'y a pas de consensus sur les définitions
- publier des données est un acte politique et dépend de l'image que l'on veut présenter
- les données sont très douteuses ou absentes, notamment pour l'OPEP qui détient 80% des réserves
- les données publiques sont politiques et divergentes avec les données techniques qui sont confidentielles

- les réserves techniques sont incertaines vue la complexité géologique et confidentielles vue la compétition
- il faut obliger de fournir une fourchette (mini, espéré et maxi) et non un chiffre unique
- l'augmentation des prix du pétrole n'apporte pas une augmentation des réserves conventionnelles ou des découvertes
- mythe des schistes bitumineux et des hydrates, c'est le bilan énergétique qui importe et non le prix
- la technologie ne peut changer la géologie des réservoirs
- la production imite la découverte avec un certain retard (5 à 50 ans), mais est contrainte par la demande
- les découvertes de pétrole des EU ont culminé dans les années 30 et la production a culminé en 1970.
- les découvertes mondiales de pétrole ont culminé dans les années 60 et la production culminera la prochaine décennie
- les prévisions sur la demande d'énergie sont uniquement basées sur le désir politique d'une croissance constante sans se préoccuper de l'offre
- toute prévision qui montre moins de passé que de futur est trompeuse
- le pic du pétrole peut être un plateau en tôle ondulée si l'économie mondiale entre en crise, ce qui est probable
- la croissance de la consommation de pétrole en Chine est insoutenable et cette bulle peut éclater
- la production mondiale de gaz culminera après le pétrole, mais une pénurie locale de gaz est probable en Amérique du Nord et aussi en Europe, bien avant la pénurie de pétrole
- les ressources de charbon semblent surestimées et un bon inventaire est nécessaire
- les combustibles fossiles culmineront vers 2030, mais la consommation par habitant, stable depuis 25 ans, le restera pour les 25 prochaines années
- il ne faut pas éliminer une source d'énergie par conviction, le monde aura besoin de toutes les diverses formes
- les scénarios du dernier (3e) rapport GIEC 2001 (changement climatique) des consommations de combustibles fossiles sont irréalistes, rendant les conclusions peu fiables et le prochain rapport (4e pour 2007) a décidé de garder les mêmes. C'est consternant!
- il n'y a pas d'alternative dans le transport au pétrole, sinon le pétrole synthétique
- l'agriculture a atteint ses limites et ne pourra pas nourrir plus d'habitants et aussi fournir du biocarburant
- le coût de l'énergie ne représente que 5% du PIB alors que sa contribution y est de 50%; il serait normal de payer l'énergie à son juste coût (prix des énergies renouvelables sans subvention), soit un prix plus élevé.
- toutes les subventions, quelque elles soient, devraient être supprimées au bout de 5-10 ans maximum
- il faut que le consommateur accepte de changer de comportement et d'économiser l'énergie pour que les besoins futurs en énergie soient satisfaits sans crise majeure. Il ne le fera que par nécessité.
- la croissance de la consommation ne peut continuer indéfiniment dans un monde fini où la population va culminer. Le « Toujours plus » des Français doit être abandonné
- le creux de consommation de pétrole de 1980 à 1990 est dû aux économies d'énergie déclanchées non par les prix élevés de 1979, mais par le sentiment que le prix du pétrole allait tripler en 1990. Les prévisions officielles sont pour 25\$/b en 2020, il faudrait qu'elles soient pour 100 \$/b pour que ça change !
- il faut que cela aille mal vite, pour que cela aille mieux plus tard.
- seul un prix élevé de l'énergie (aligné sur son vrai coût) peut amener les changements nécessaires pour inciter le consommateur à économiser et ne plus chercher à toujours consommer plus, se posant la question de ce qu'il va laisser à ses petits-enfants?.
- Saint Exupéry a écrit: «nous n'héritons pas la terre de nos parents, nous l'empruntons à nos enfants».

NB: pour avoir plus de détails allez à <http://www.oilcrisis.com/laherrere> voir les papiers récents