

Problemes energetiques en 2010

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

Les exposes qui ont ete presentes a ce Mastere OSE en 2007, 2008 et 2009 sur le meme sujet se trouve sur le site www.aspofrance.org et doivent etre consultes pour voir l'evolution. L'objectif est de fournir aux eleves le maximum de graphiques a partir de donnees techniques confidentielles que l'on ne peut trouver sur Internet!

Le texte est sans accent car certains logiciels les transforment en signes caballistiques

-1-Petrole**-1-1-Production**

-Petrole = mineral, different *oil* = tout liquide qui brule, notamment vegetal (olive oil)

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

Tout ce qui est publie est politique (OPEC qui triche sur les quotas) ou financier (regles SEC).

Tout ce qui est technique est confidentiel (sauf UK, Norvege et US federal)

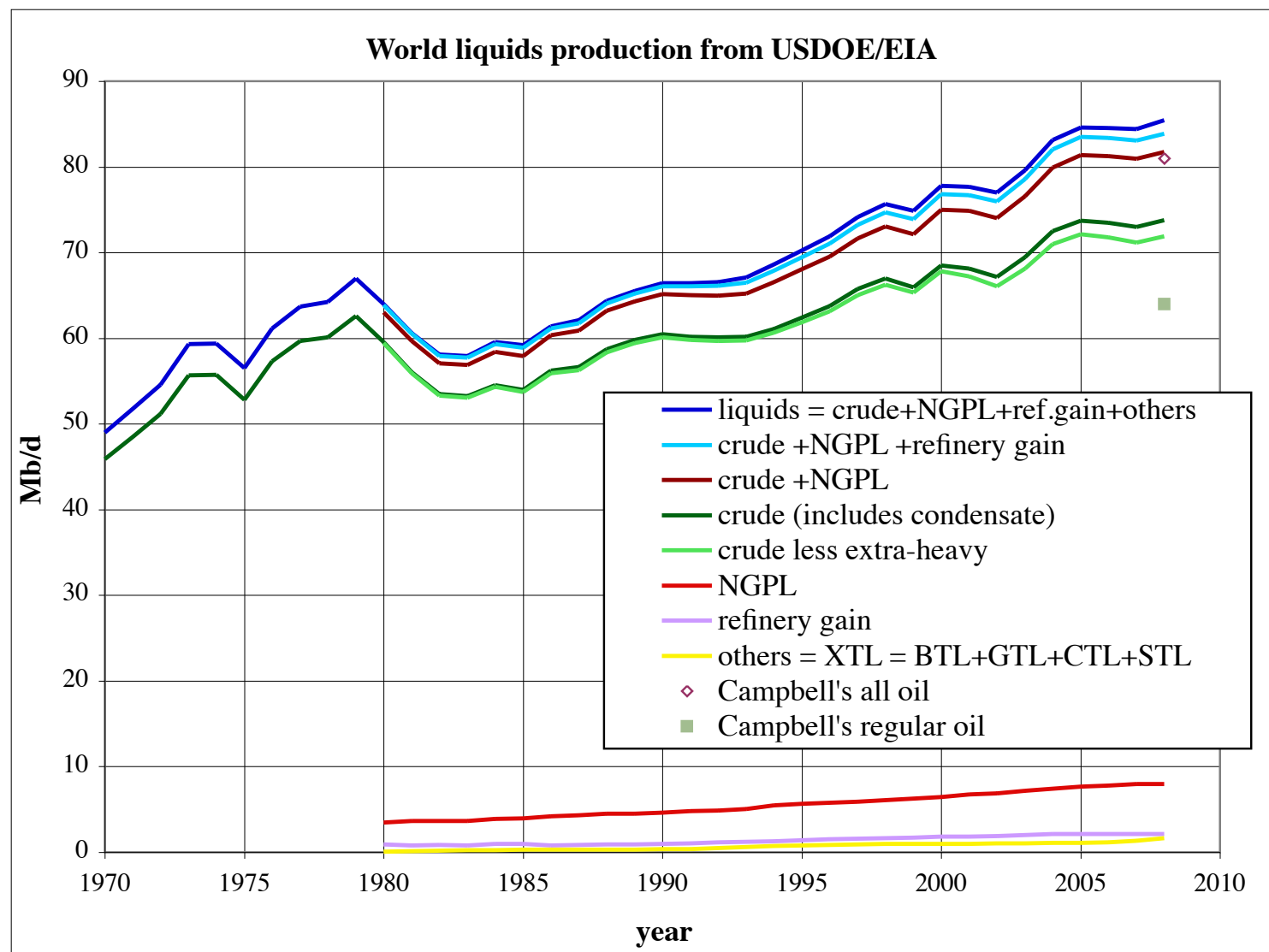
L'ambiguite est recherchee et les definitions ne sont jamais fournies exactement, ni les valeurs de reference

Pour 2008 la production d'huile va de 64 Mb/d pour le regular oil de Campbell a 86 Mb/d pour tous liquides (= oil demand) incluant liquides de gaz naturel, petroles extra-lourds, huiles synthetiques, biocarburants, liquides de charbon et gains de raffinerie (en volume)

World oil production for 2009	definition	Mb/d	2009	2008 corrige	2008 an dernier
OGJ Oil & Gas Journal	oil		70,502 6	72,822 0	72,956 1
WO World Oil magazine	total supply		87,03	87,41	86,12
BP Statistical Review	liquids (excl BTL, CTL)		79,947 933 766 1567	81,994 709 171 404 2	81,820 404 594 592 9
USDoE (Depart of Energy)/EIA	crude oil		72,300 181 26	73, 647 131 11	73,706 142 5
	all liquids		84,158 559 44	85,459 655 83	84,597 461 4
IEA International Energy Agency	oil		85,05	86,56	85,4
OPEP	crude oil		69,025 9	71,901 7	72,028 3
	oil supply		84,2	85,8	86

Publier une donnee avec plus de 2 chiffres significatifs pour l'energie montre que l'auteur est incompetent sur le sujet, ignorant les incertitudes et le calcul d'erreur

-Figure 1: **Production mondiale de liquides d'après USDOE/EIA 1970-2008**

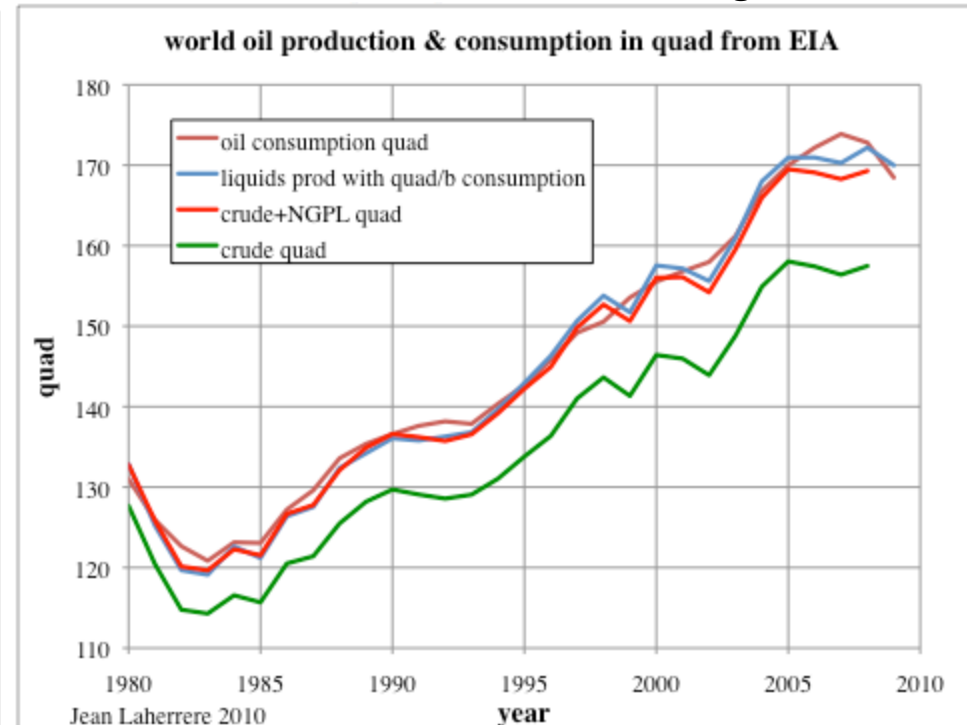
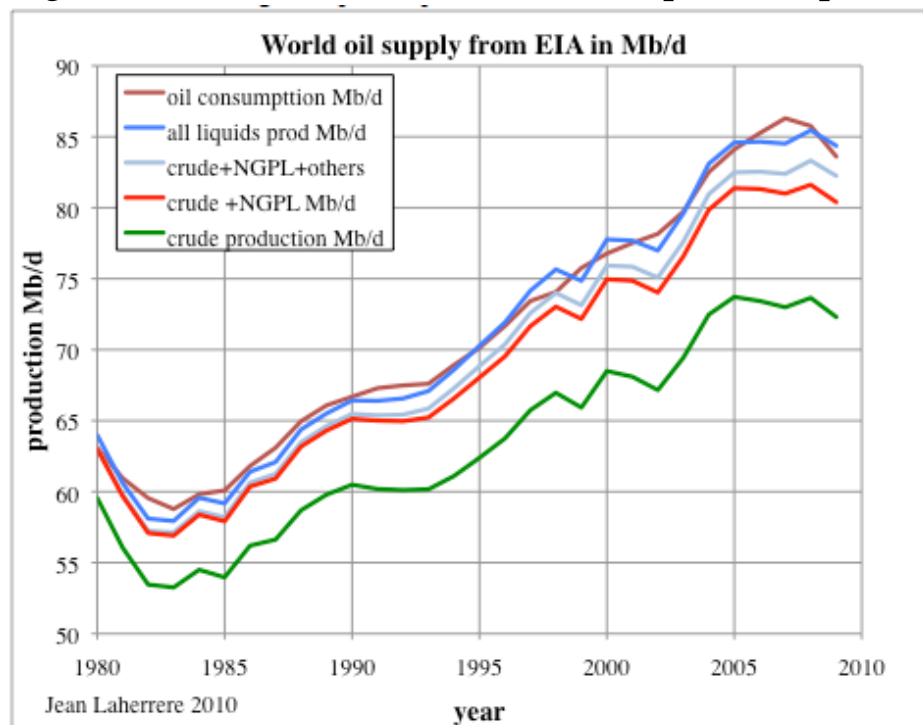


Colin Campbell, fondateur d'ASPO, a remplacé *conventional oil* par *regular oil*, excluant arctique, offshore profond (>500m) et pétrole lourd (<17,5°API), mais, dans *all oil*, il ne met ni les gains de raffinerie, ni les pétroles synthétiques (XTL)

Mais le contenu energetique par volume varie entre le brut, les liquides de gaz et les “autres”

USDOE mesure l'energie en quad = quadrillion Btu = 10^{18} Btu = 1,055 EJ

-Figures 2 & 3: **Production mondiale de liquides d'apres USDOE/EIA 1980-2009 en volume b/d et en energie Btu**



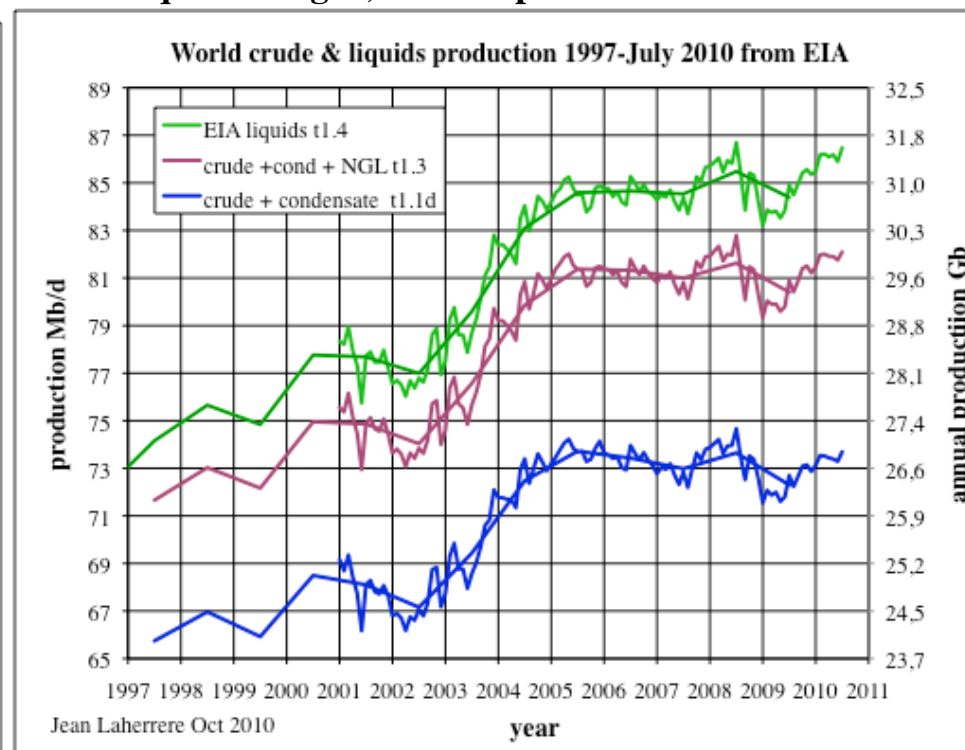
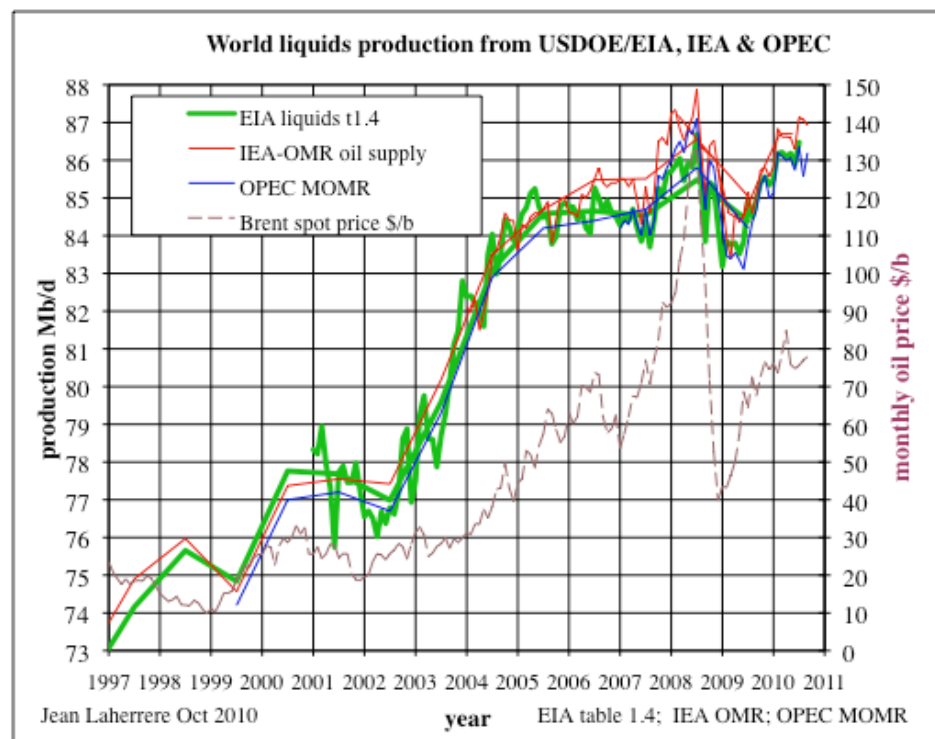
En 2008 le brut represente 86% de la production mondiale tous liquides en volume, mais 91% en energie!

Toutes les donnees energetiques devraient etre en volume, en poids et en energie (Joule) ou energie equivalente = tep

La production mondiale de **tous liquides** (oil supply) varie suivant les sources qui sont USDOE/EIA, AIE (IEA), BP, WO, OPEP

-Figure 4: **Production mondiale de liquides d'après différentes sources et prix du brut 1997-2010**

-Figure 5: **Production mensuelle mondiale de liquides, brut et liquides de gaz, brut d'après USDOE/EIA 1997-2010**



Depuis 2005 la production petroliere est **en plateau**, avec un pic mensuel en Juillet 2008 (pour les JO de Pekin) pour aussi bien tous liquides que pour le petrole et les liquides de gaz ou le brut, mais le pic annuel du brut est en 2005!

Colin Campbell a introduit le terme *peak oil* en 2000, concretise par ASPO.

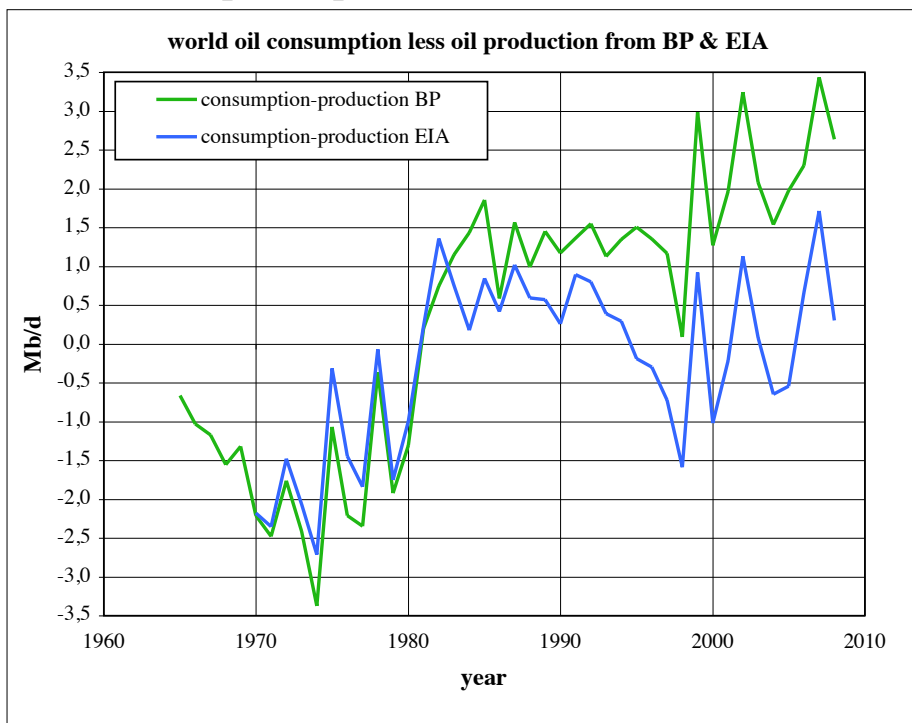
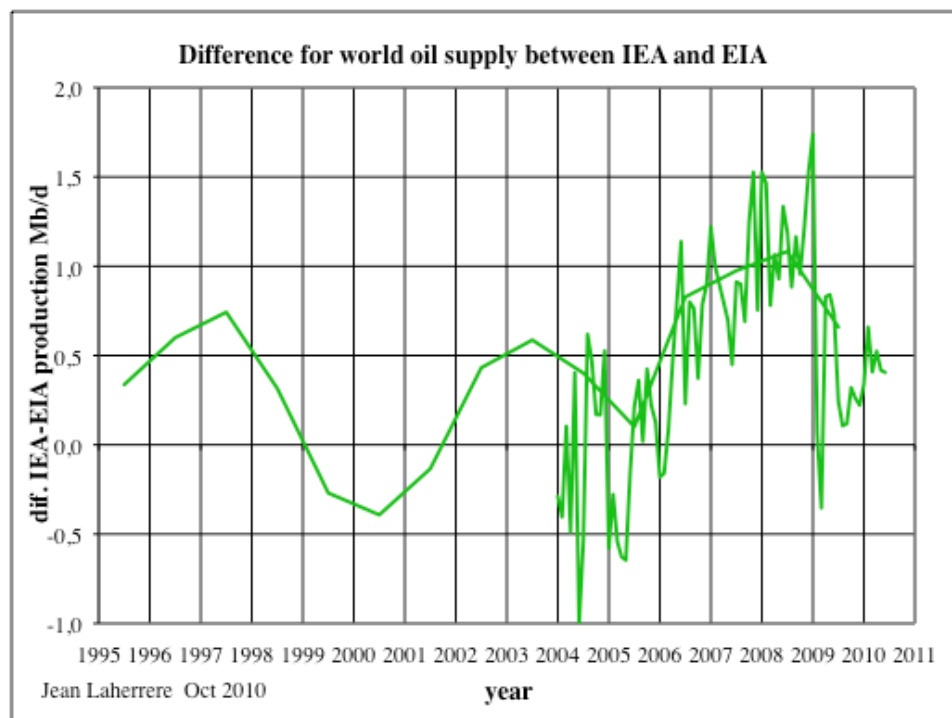
J'ai introduit le terme *bumpy plateau* en 2001.

La difference entre les donnees AIE (IEA) et USDOE/EIA varie entre -1 Mb/d et +1,7 Mb/d. La demande d'explication aupres de l'AIE a ete vaine, notamment sur les liquides de gaz, chacun rejette sa responsabilite aupres d'un autre!

La difference est inexplicable, montrant bien le peu de precision de ces donnees.

-Figure 6: difference entre "oil supply" production IEA et EIA

-Figure 7: "oil" production moins "oil consumption" pour BP et EIA = variation de stockage



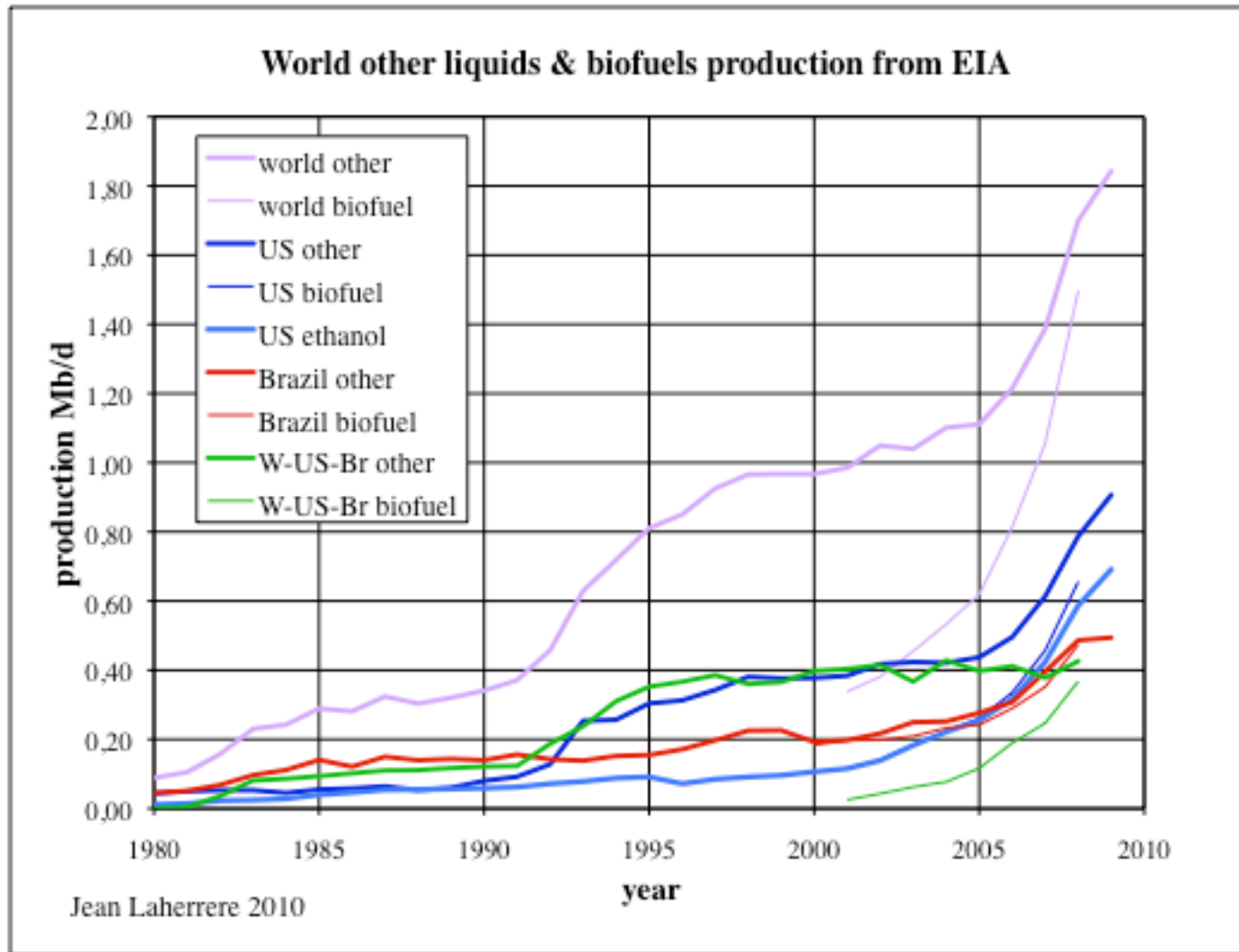
Les donnees EIA et AIE sont toutes deux entachees d'erreurs en provenance des pays producteurs, mais EIA corrige constamment ses donnees et les publie en serie complete, ce qui n'est pas le cas de l'AIE. Pour moi, la reference est l'EIA.

Pour BP Statistical review "oil production" n'est pas le meme que "oil consumption" excluant les biofuels et autres

La plupart des donnees petrolieres publiques sont **manipulees financièrement** (regles perimees SEC) ou **politiquement** (bagarre entre les membres OPEP sur les quotas) ou **economiquement** (regles ABC1 ex-URSS)

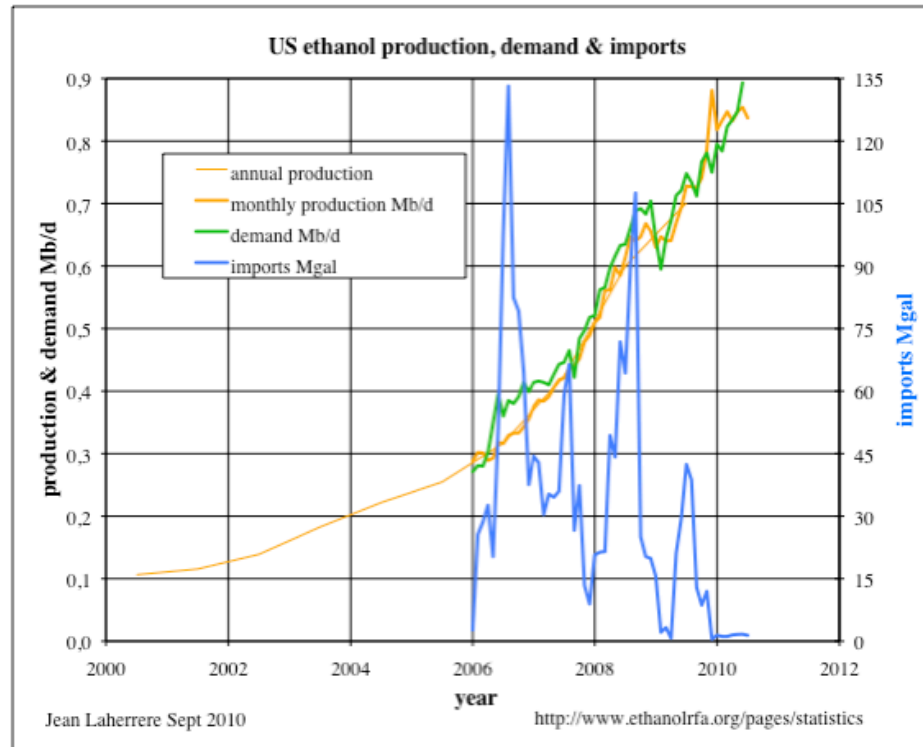
La production mondiale de « other liquids » par USDOE/EIA inclut les biofuels et elle a augmenté de 2005 à 2009 (1,1 & 1,8 Mb/d) à cause des biocarburants

-Figure 8: monde: production de “other liquids”

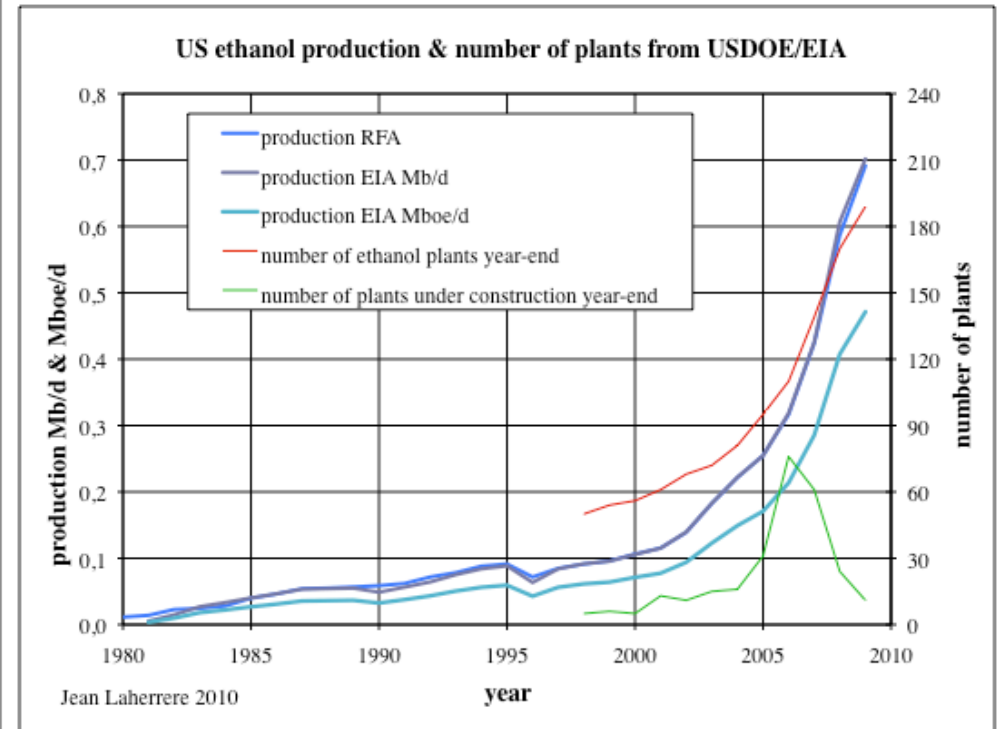


Aux US l'éthanol a connu des hauts et des bas sur la demande et les importations

-Figure 9: **production d'éthanol aux US d'après EIA**



-Figure 10: **US: production d'éthanol aux US et nombre d'usines**

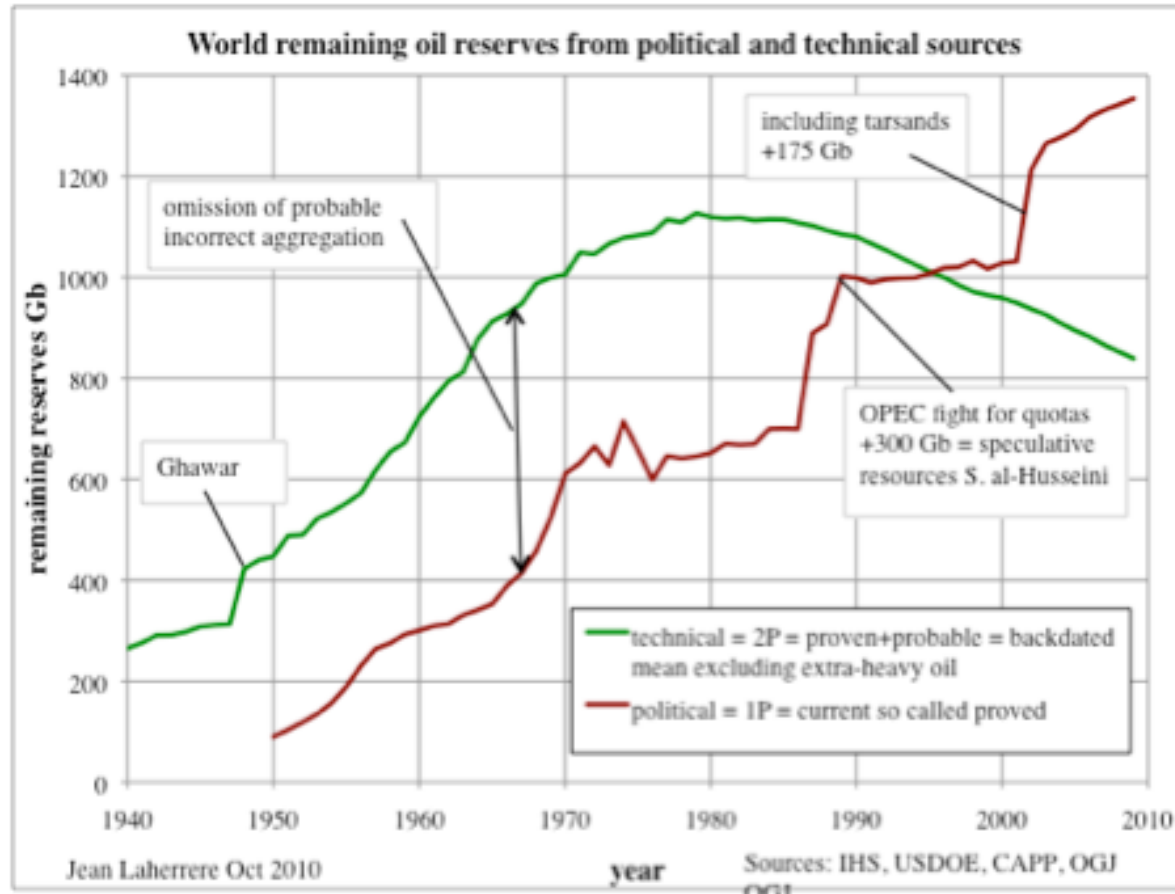


La production ethanol mais a un ratio energie produite sur energie investie = EROEI = energy returned on energy invested close to 1 (0,7 Pimentel & Patzek, 1,3 DoA)

-1-2-Reserves

Il y a plusieurs définitions pour les reserves

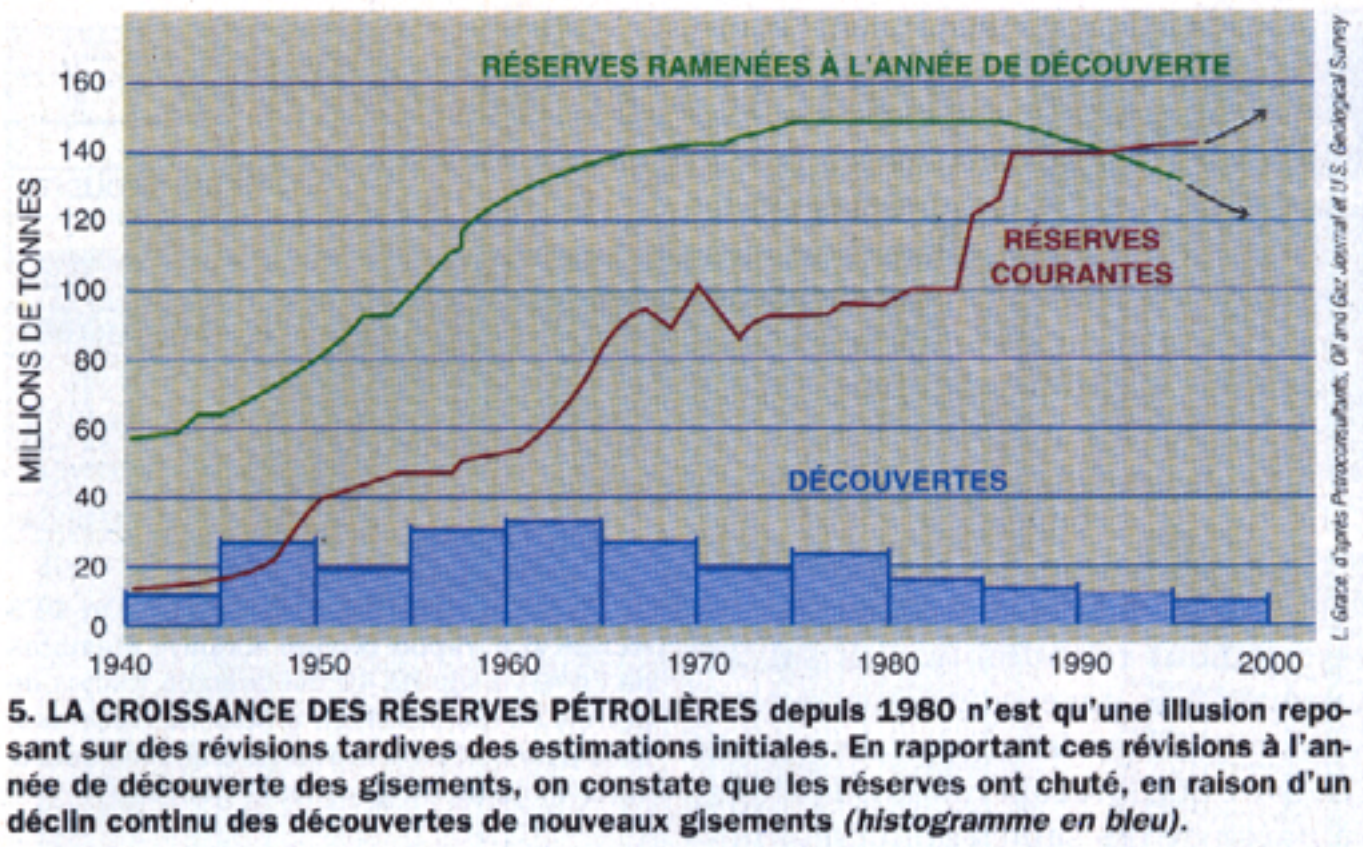
- US**: regles SEC = SPE 1978: seulement reserves prouvees auditees = minimum ? = 1P (changeant en 2010)
- OPEP**: reserves prouvees non auditees, base des quotas = essentiellement politiques, changent peu
- ex-URSS**: classification ABC1 = recuperation maximum = 3P = Russie secret d'Etat (7 ans prison)
- reste du monde**: regles SPE 2007 = prouve+probable = 2P = valeur espee
- Figure 11: **reserves mondiales restantes** de petrole d'apres les **donnees politiques (publiques) et techniques (confidentielles)**



Contrairement a ce qu'affirme IHS les reserves restantes (excluant l'extra-lourd) n'ont pas augmente en 2009 !

Il faut comparer ce graphique en 2010 avec celui que j'ai tracé en mars 1998 dans Scientific American "**The end of cheap oil**" (article qui a conduit à la création par Colin Campbell d'ASPO "Association for the Study of Peak Oil and gas) et en mai 1998 dans Pour la Science

-Figure 12: **même graphique en 1998 Pour la Science Campbell and Laherrere "La fin du pétrole bon marché"**



Les économistes, qui n'ont que les données politiques, **raisonnent sur des données fausses!**

Il ne faut pas confondre réserves politiques et réserves techniques

Il ne faut pas confondre réserves (ce qui sera produit) et ressources (ce qui se trouve dans le sous-sol).

Il ne faut pas confondre réserves ultimes (production passée + future production jusqu'à épuisement) et réserves restantes à une certaine date

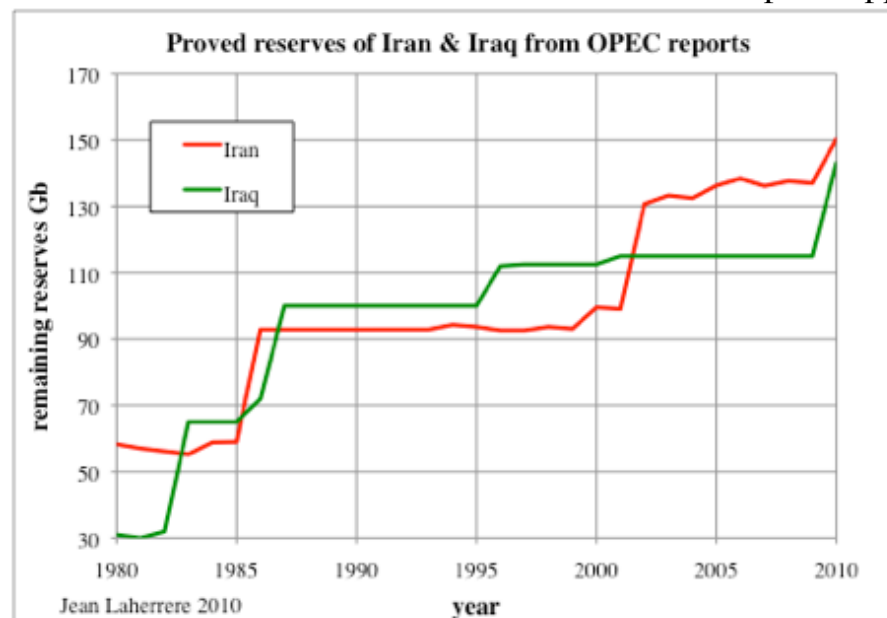
Reserves restantes officielles dites prouvees a **fin 2008** (revision BP en 2010 73 Gb au Venezuela)

Oil Gb	OGJ	BP 2010 revision	BP 2009	WO	OPEC
World	1 342,207 320	1 332,432 055 895 03	1257,983 745 632 18	1 229,462	1 294,100
Russia	60,000 000 (=2007)	74,277 1	79,049 374 74	76,000 (=2007)	
Norway	6,680 000	7,490 797 935 583 7	7,501 372 901 325 34	6,051	7,501
Canada	178,092 000	33,172 164 422 680 6	28,611 635 200 369 8	26,860	4,900
China	16,000 000 (=2007)	14,816 6	15,461 9	18,052 (=2007)	15,493

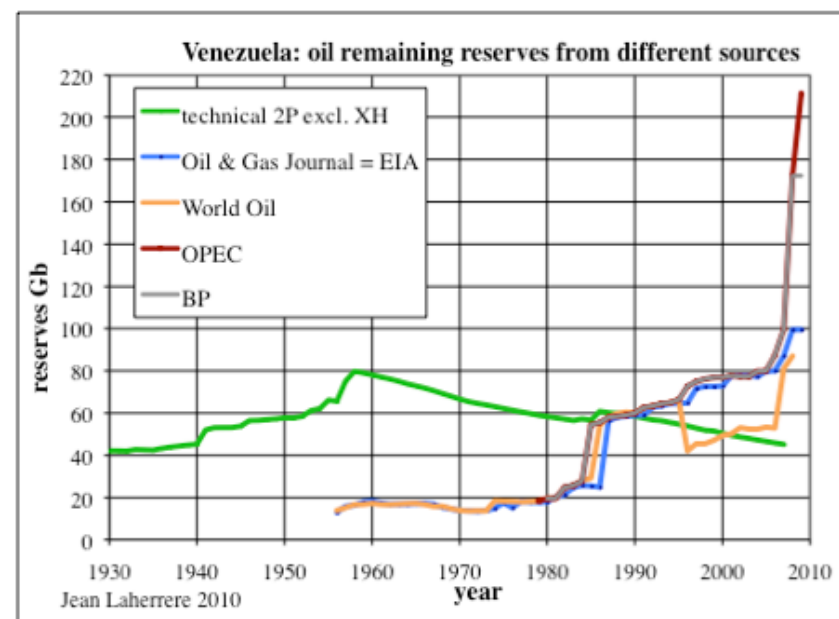
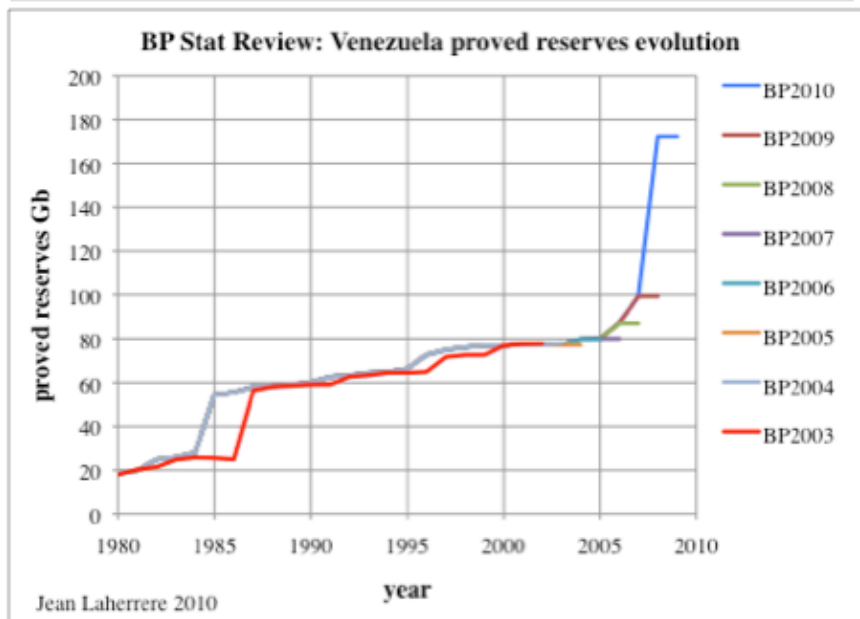
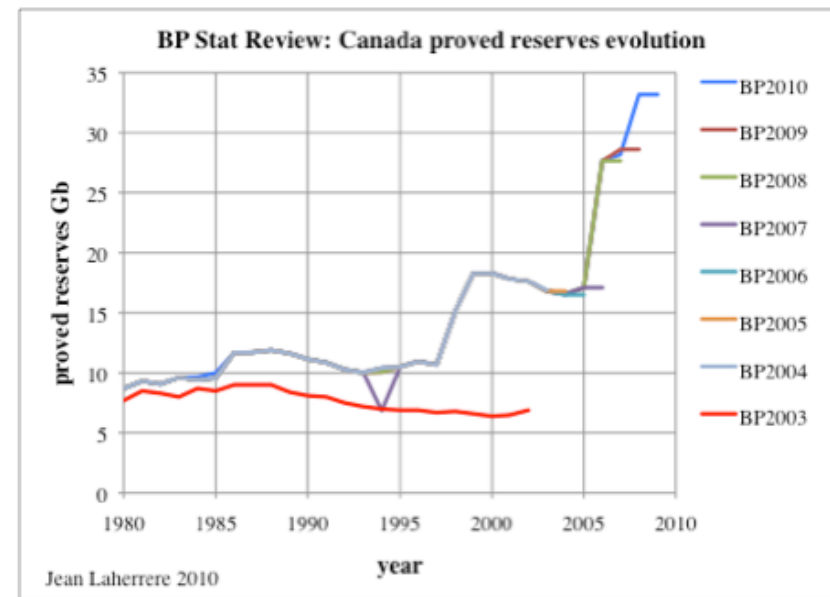
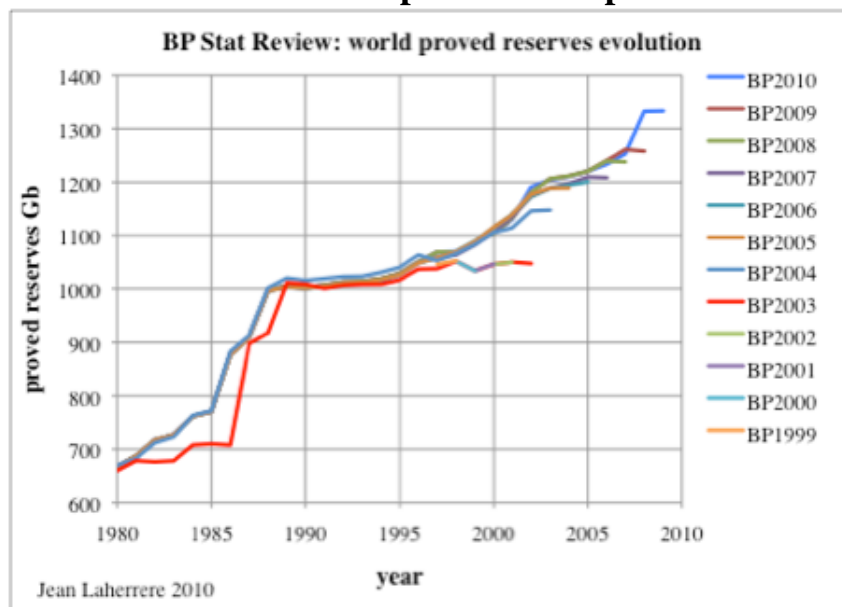
Reserves restantes officielles dites prouvees a **fin 2009**

Oil Gb	OGJ	BP 2010	WO	OPEC
World	1 354,182 395	1 333,127 056 190 51		1 337,200
Russia	60,000 000 (=2008)	74,203 6		
Norway	6,680 000 (=2008)	7,077 699 101 696 55		7,500
Canada	175,214 000	33,172 164 422 680 6 (=2008 revise)		4,900
China	20,350 000	14,831 6		18,000 -

Figure 13: surenchere sur le chiffre des reserves entre Iran et Irak 1980-2010 d'apres rapports OPEP



-Figures 14: evolution des reserves prouvees d'apres BP Stat Review qui recopie l'OPEP



-1-2-1-Decouvertes cumulees par continent en fonction du temps et de l'activite d'exploration

La base de donnees techniques (estimations des operateurs obtenues par «scouting» = espionnage) pour le monde en dehors du terrestre USL48 & Canada regroupent plus de 26 000 champs et 100 000 puits d'exploration pure (NFW = New Field Wildcat), avec les valeurs des estimations des operateurs, valeurs incertaines et variables suivant le temps et les auteurs.

Les donnees techniques sont de plus en temps polluees par les donnees politiques fournies par les compagnies petrolieres nationales = NOCs. Les organisations officielles ne peuvent mettre en cause ces donnees sous peine de ruptures diplomatiques et les compagnies vendant ces donnees ne peuvent pas non plus sous peine de perdre des clients de plus en plus nombreux et importants

Les membres de l'OPEP ont ajoute 300 Gb de 1985 a 1989 a leurs reserves dites prouvees dans leur bagaree pour les quotas (base sur la population et les reserves). Ces 300 Gb ont ete decrits en 2007 par Sadad al-Husseini (ancien VP E&P Aramco) comme des ressources speculatives. Ces 300 Gb se retrouvent dans les donnees dites techniques actuelles (correspondant a une augmentation par rapport aux donnees de 1998) et doivent etre enleves.

Les reserves ABC1 de la classification russe de l'ex-URSS correspondent aux 3P (calcule avec le taux de recuperation theorique maximum) et doivent etre corriges en les multipliant par 0,7 pour obtenir une valeur 2P.

150 Gb de petrole extra-lourd au Venezuela decouvert entre 1936 et 1939 doit etre aussi enleve.

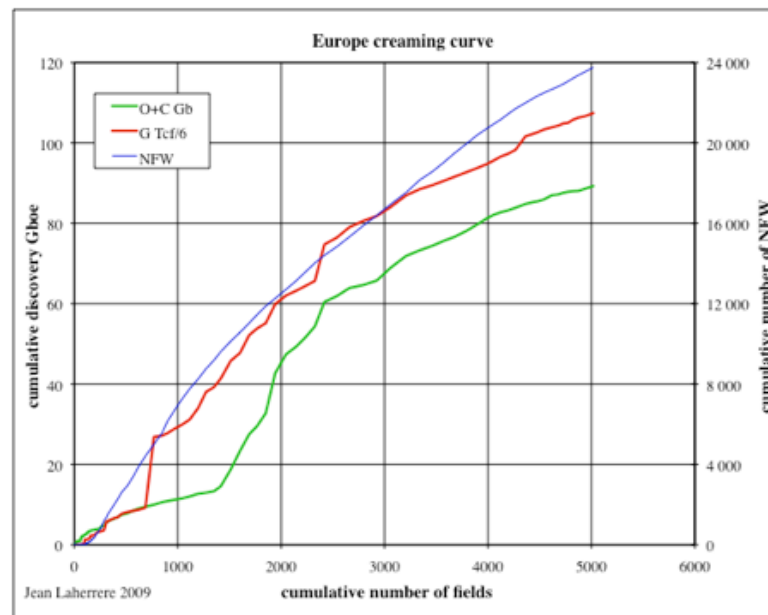
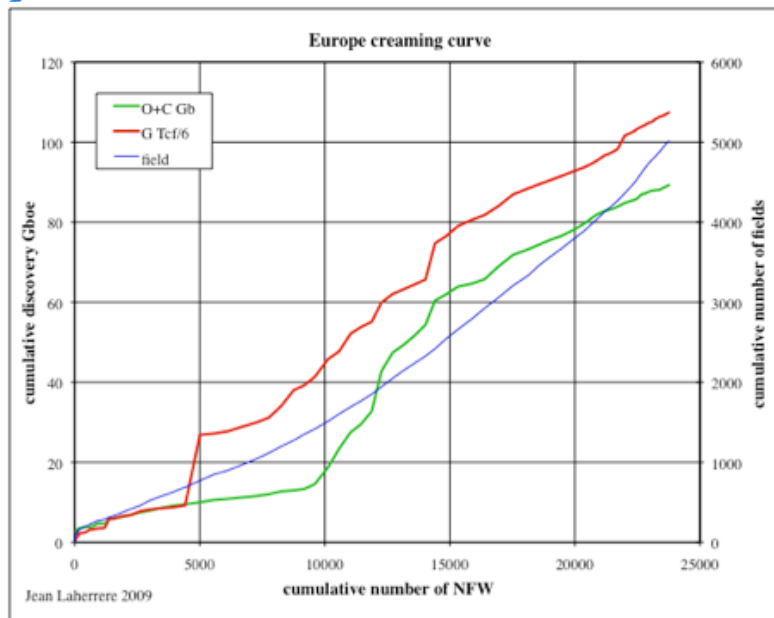
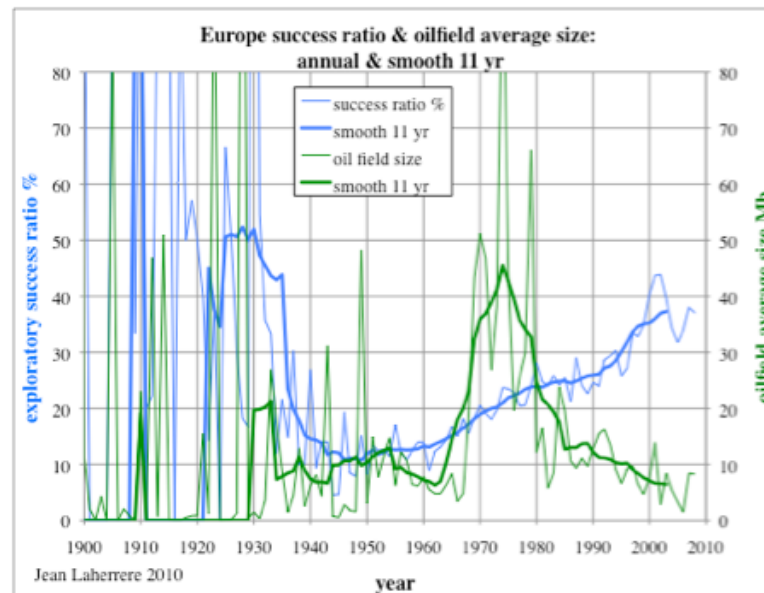
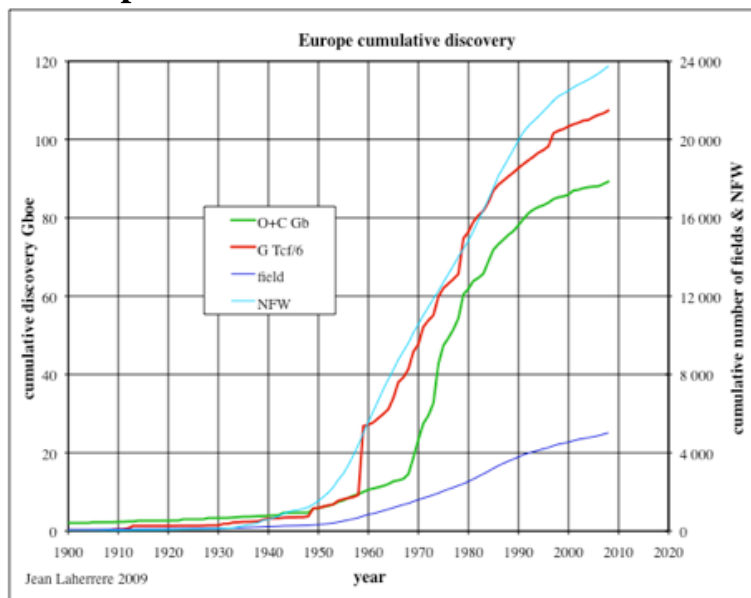
US et Canada non frontier correspond a l'onshore USL48 et au WCSB (Western Canada Sedimentary Basin)

De meilleures definitions des reserves sont necessaires (la revision SEC 2010 est insuffisante) pour obtenir la valeur esperee a la date d'aujourd'hui de l'operateur .

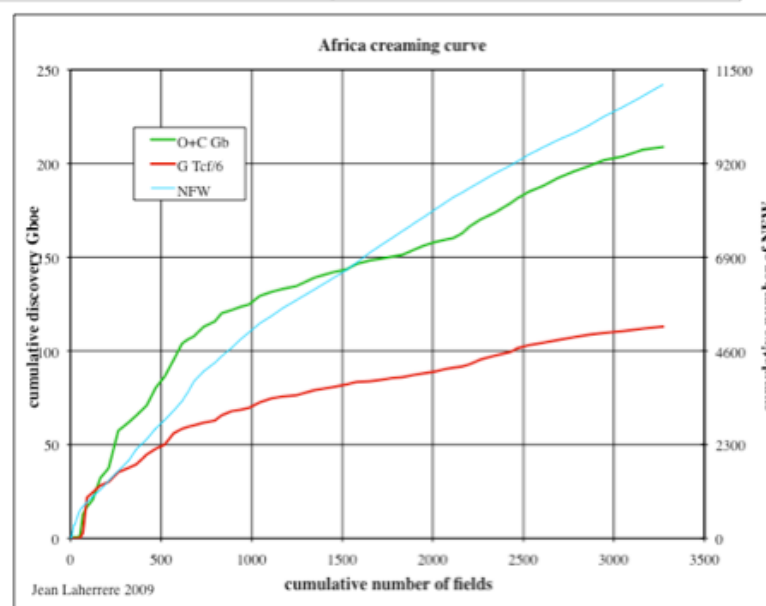
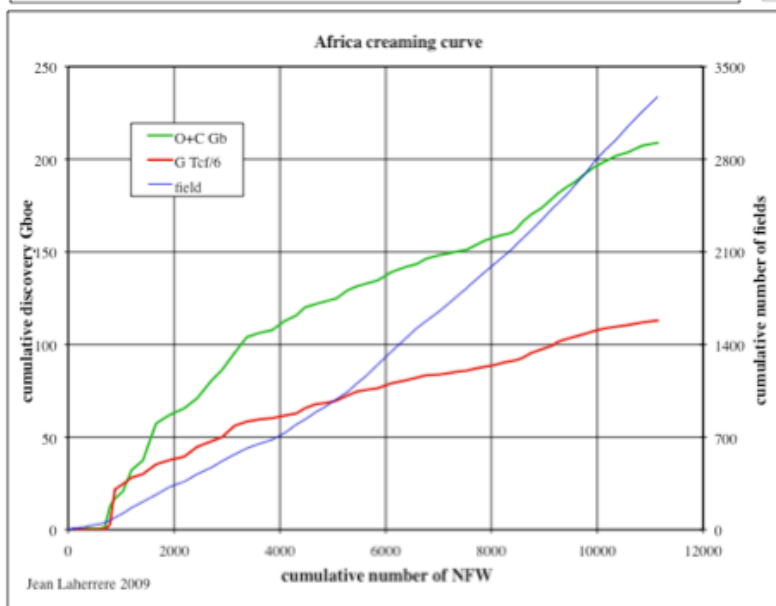
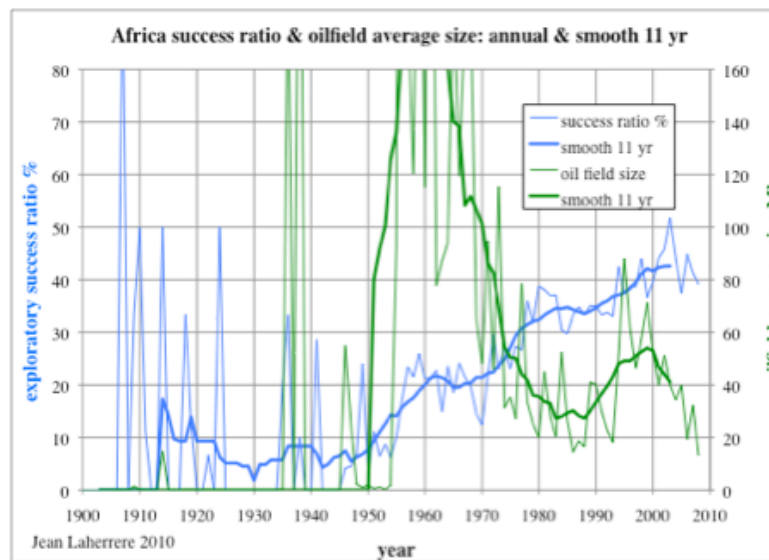
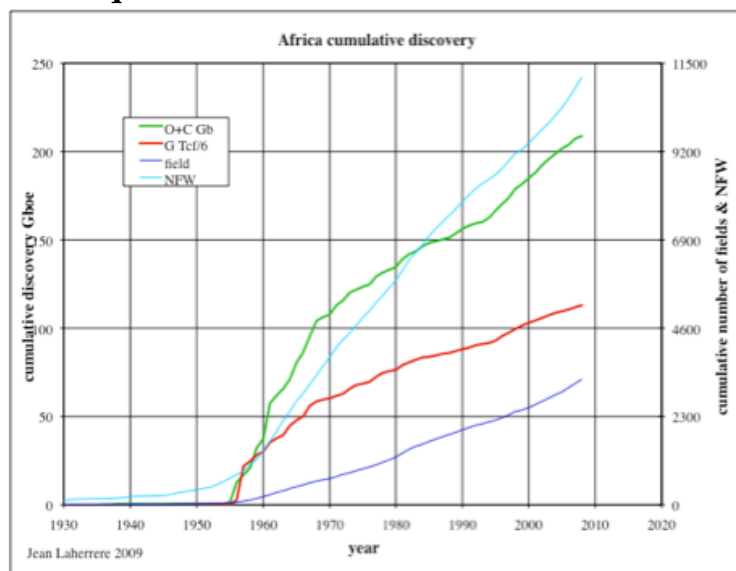
Seuls UK, Norvege et US federal les fournissent avec aussi la production annuelle de tous les champs. Tous les pays dont la France devraient faire la meme chose.

Regardons les decouvertes cumulees par continent en fonction du temps, du nombre de puits explo (NFW) = courbe d'ecremage, du nombre de champs, ainsi que les decouvertes annuelles et la taille moyenne des champs

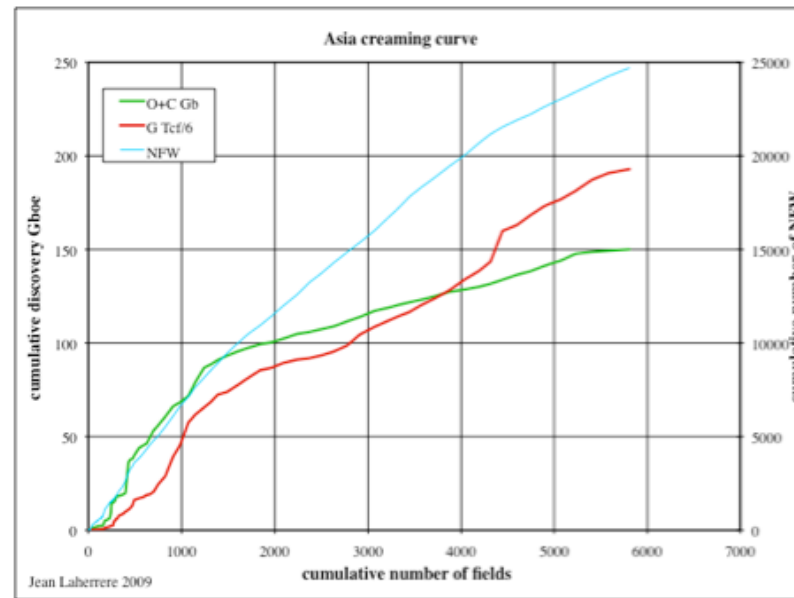
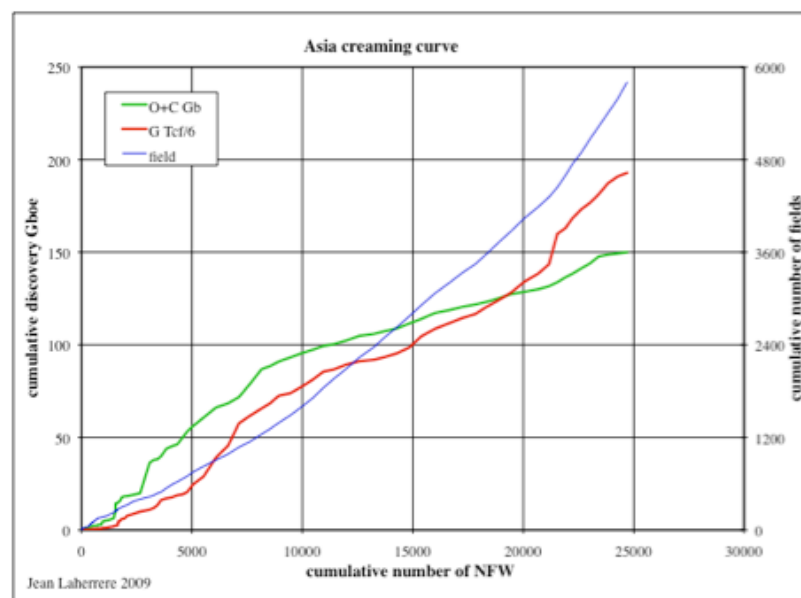
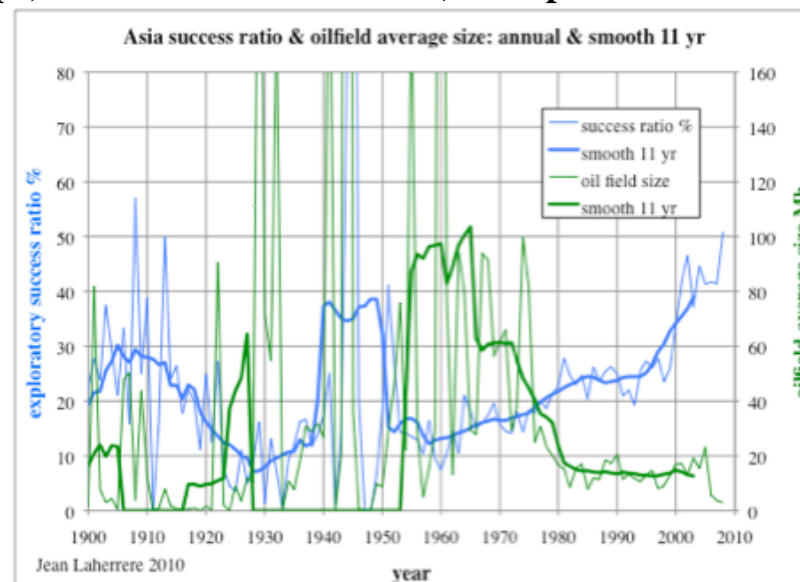
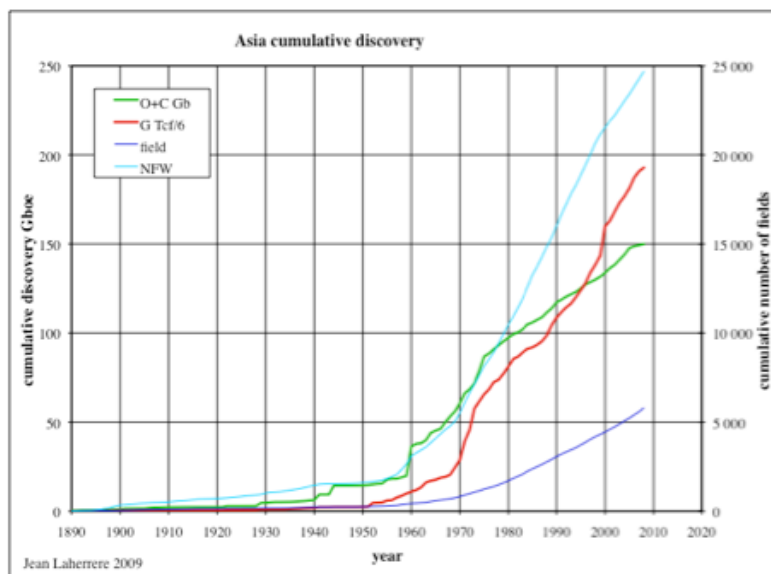
-Figures 15: **Europe: decouvertes cumulees en fonction du temps 1900-2008, des NFW, champs & decouvertes annuelles**



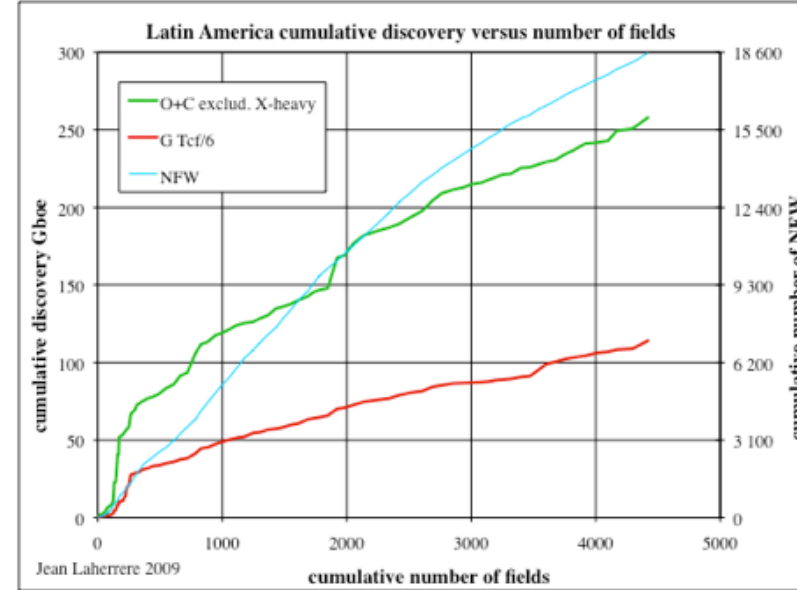
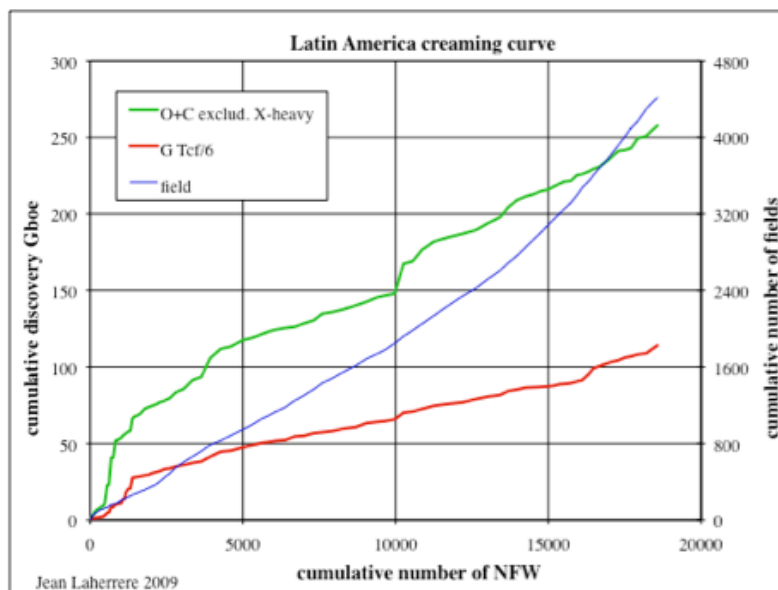
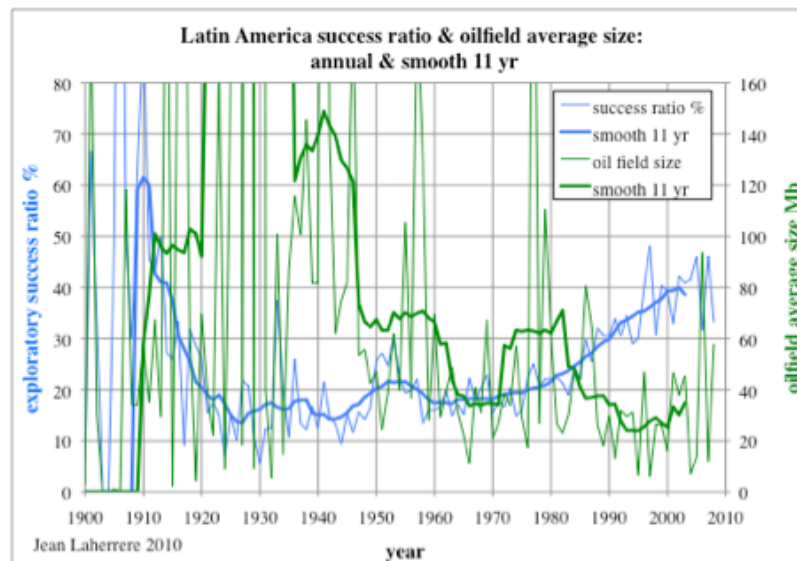
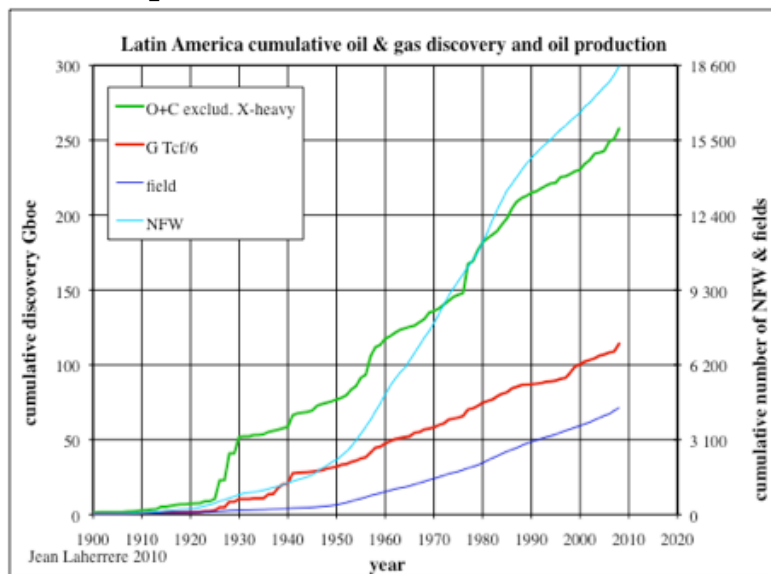
-Figures 16: Afrique: decouvertes cumulees en fonction du temps 1900-2008, des NFW, champs & decouvertes annuelles



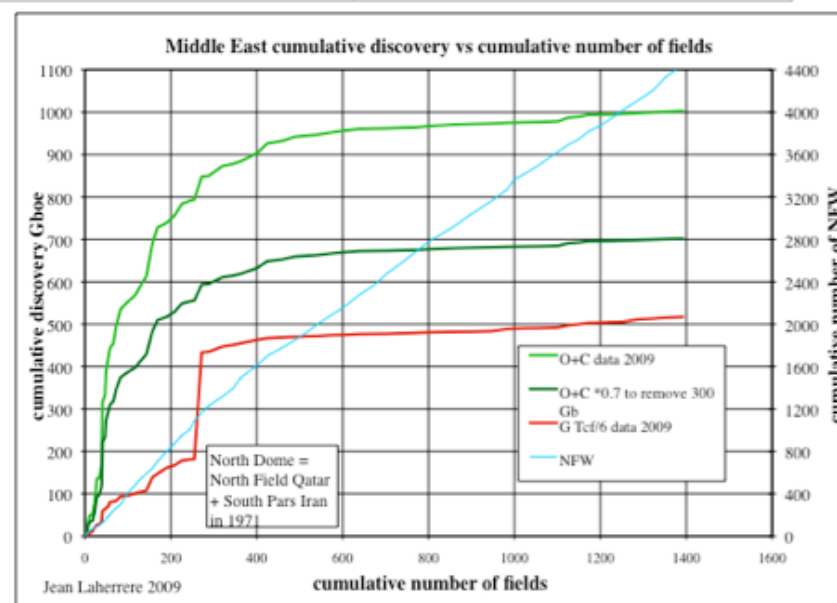
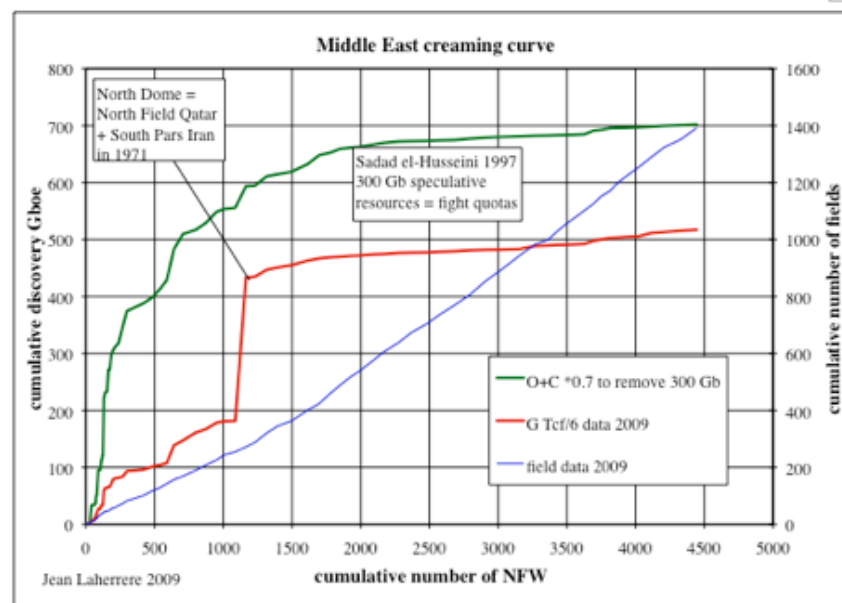
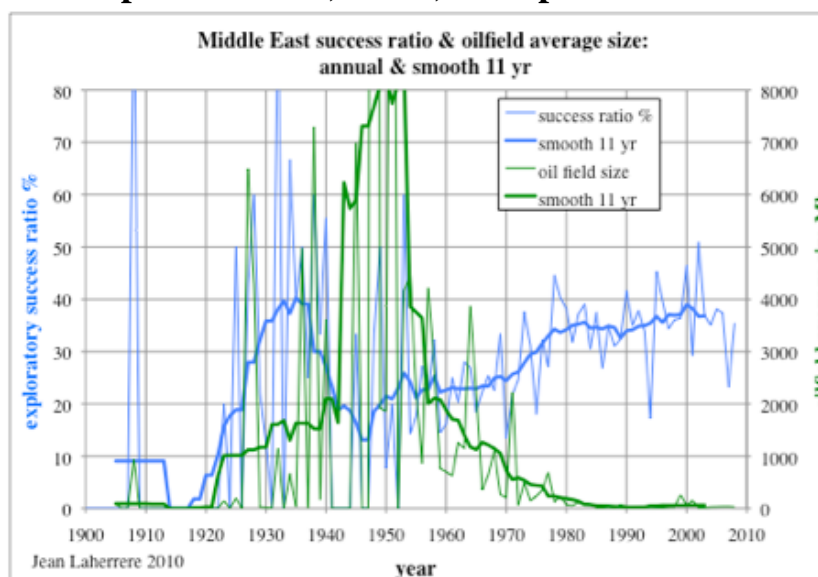
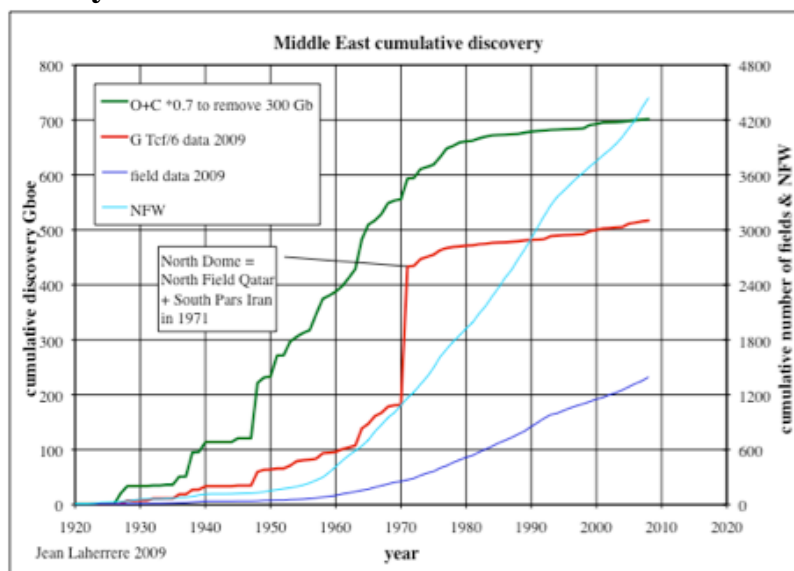
-Figures 17: **Asie: decouvertes cumulees en fonction du temps, nombre cumule de NFW, champs & decouvertes annuelles**



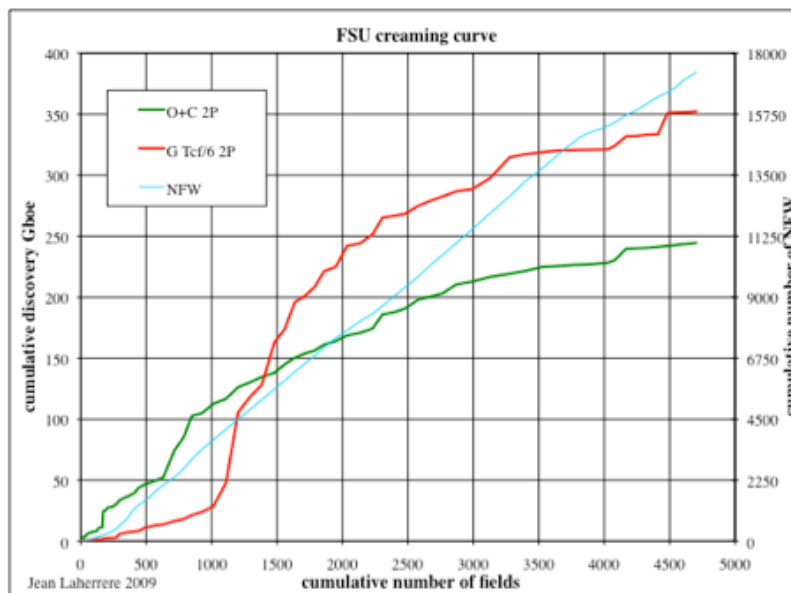
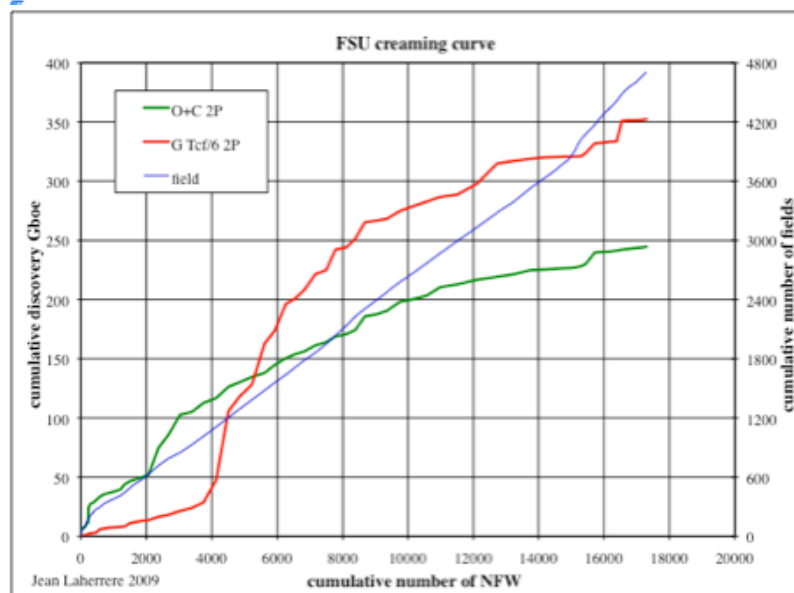
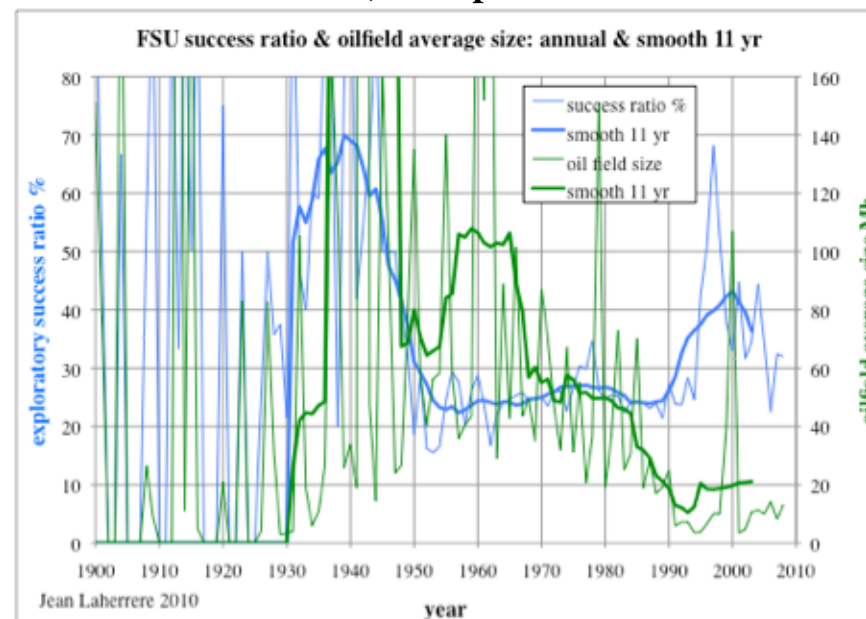
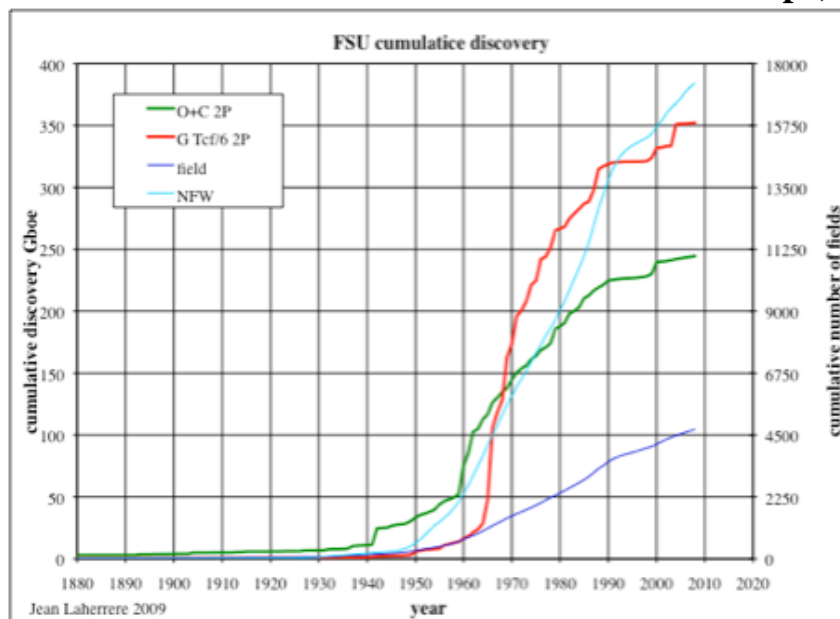
-Figures 18: **Amerique Latine: decouvertes cumulees en fonction du temps, des NFW, champs & decouvertes annuelles**



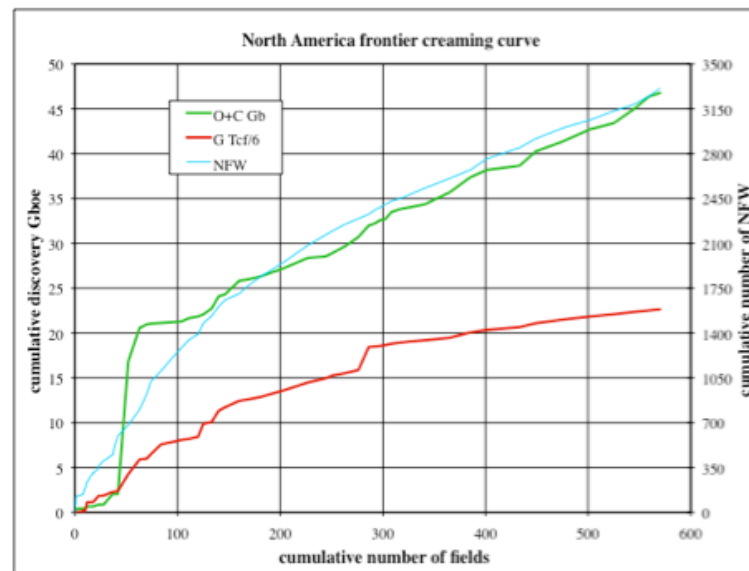
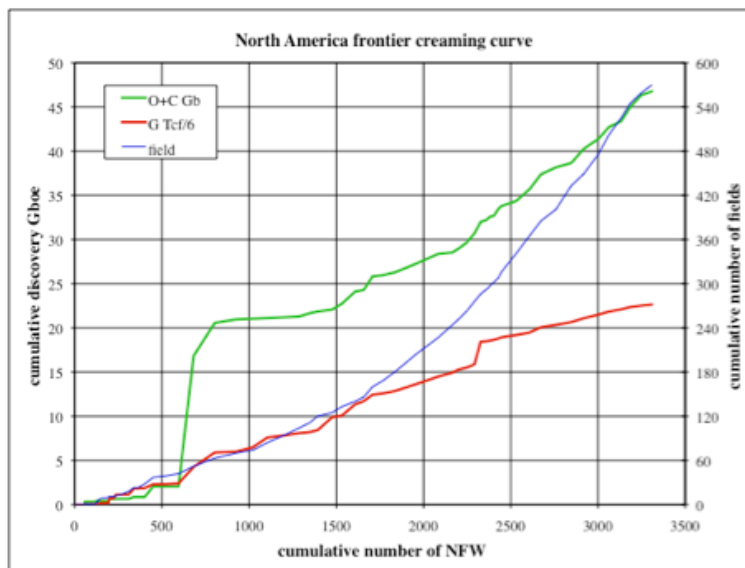
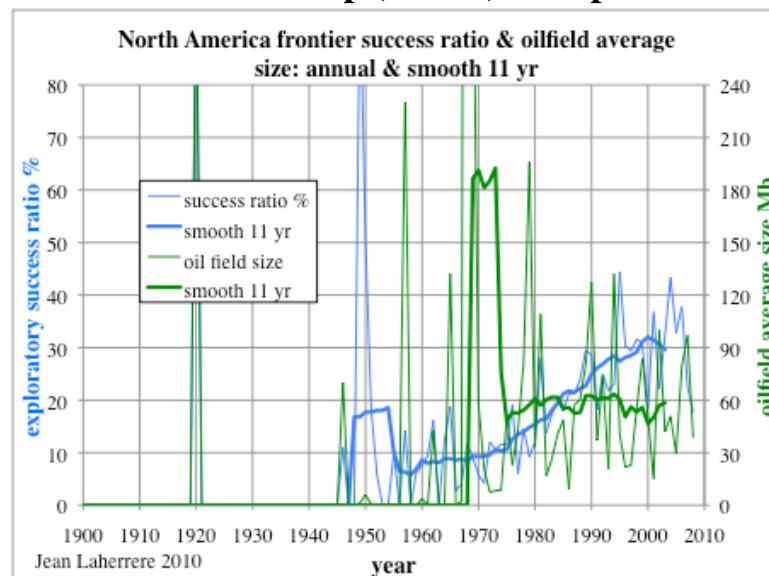
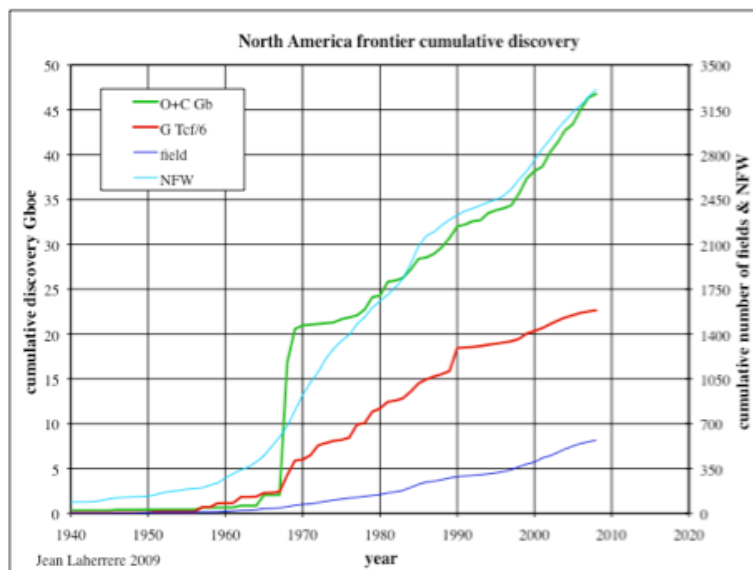
-Figures 19: **Moyen-Orient: decouvertes cumulees en fonction du temps 1900-2008, NFW, champs & decouvertes annuelles**



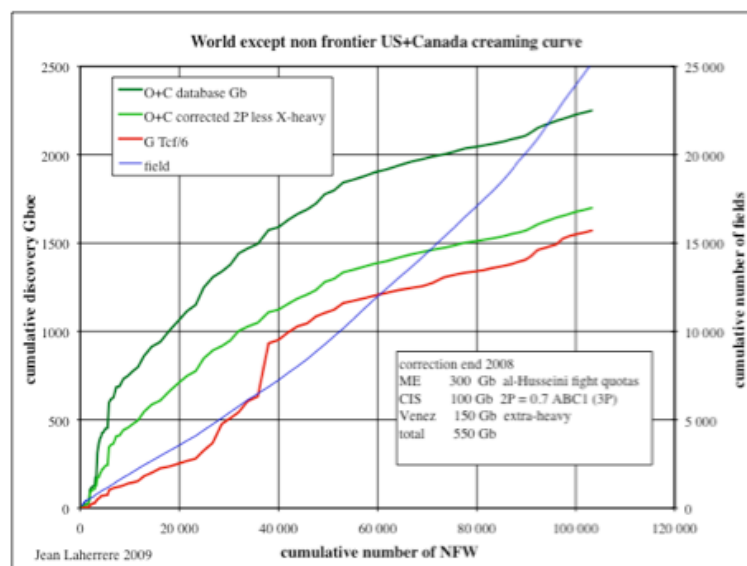
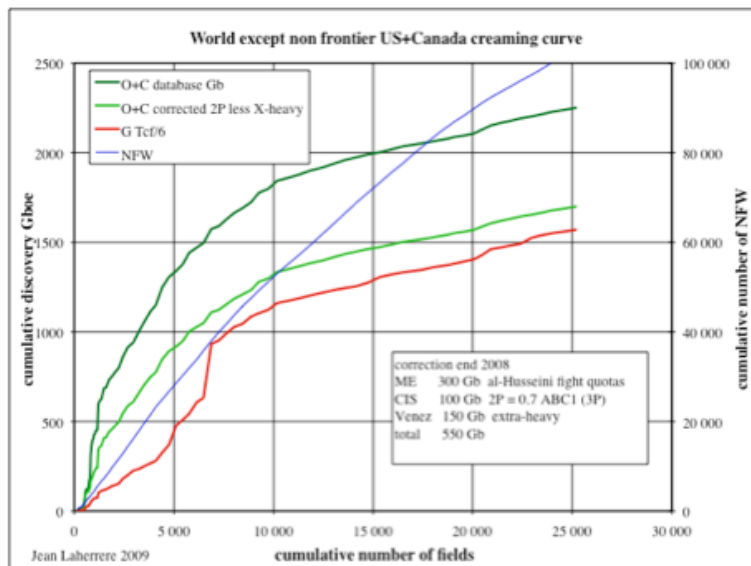
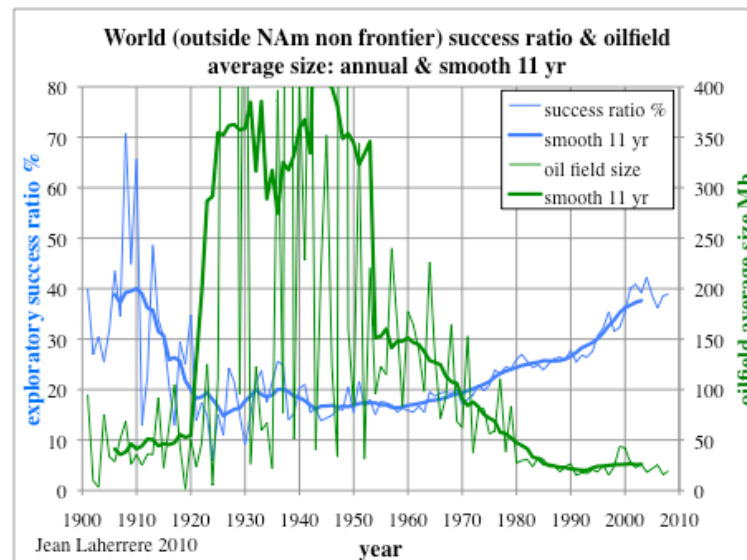
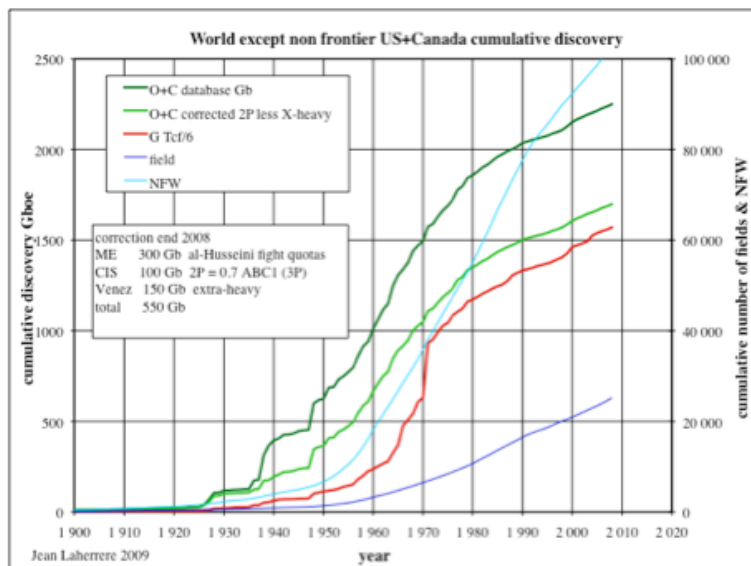
-Figures 20: FSU: decouvertes cumulees en fonction du temps, nombre cumule de NFW, champs & decouvertes annuelles



-Figures 21: **Amerique du N frontiere: decouvertes cumulees en fonction du temps, NFW, champs & decouvertes annuelles**



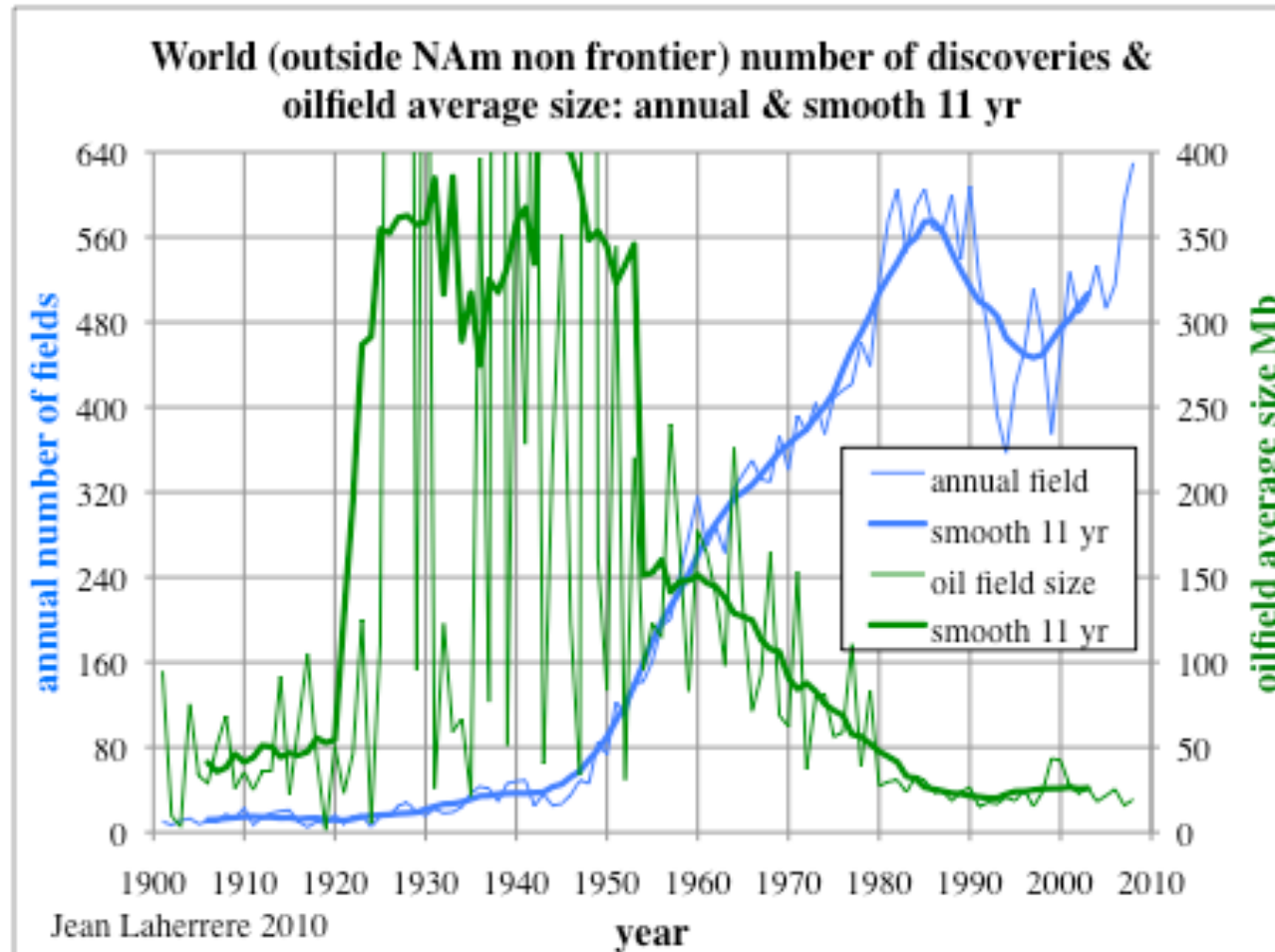
-Figures 22: monde excl US&Ca conv: decouvertes cumulees en fonction du temps, NFW, champs & decouvertes annuelles



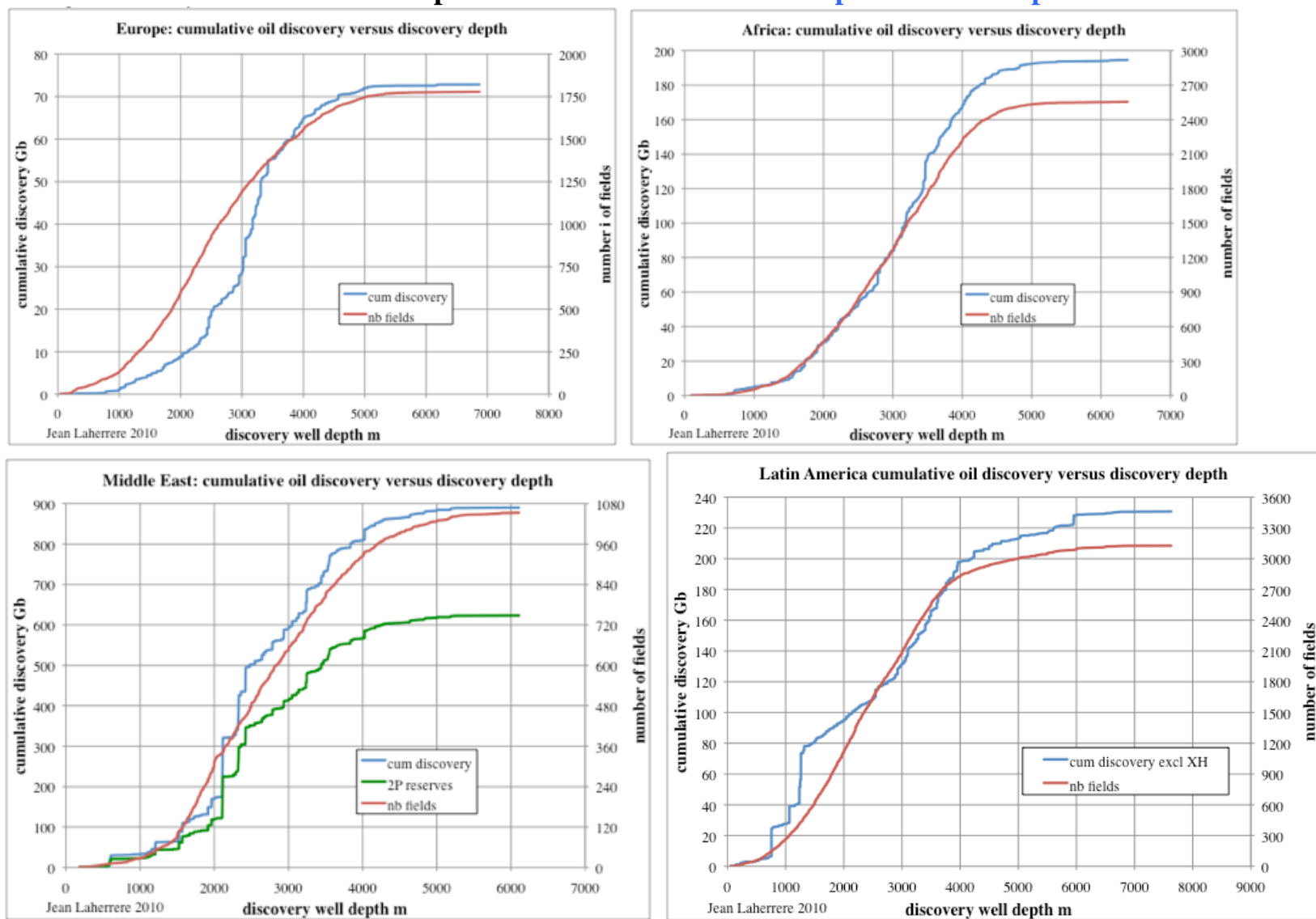
Le monde (hors US&Canada conventionnel terrestre) montre un taux de succes de 40% en 1910, declinant a 17% (une decouverte pour 6 puits explo) de 1920 a 1970 et croissant vers 33% (une decouverte pour 3 puits explo) en 2000 : on fore de plus en plus pres des champs existant a la rezcherche des petits a fort taux de succes.

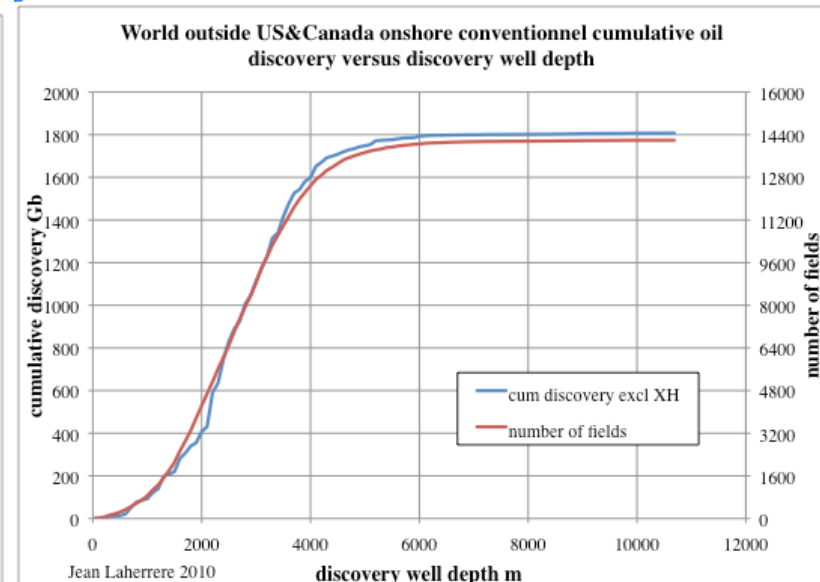
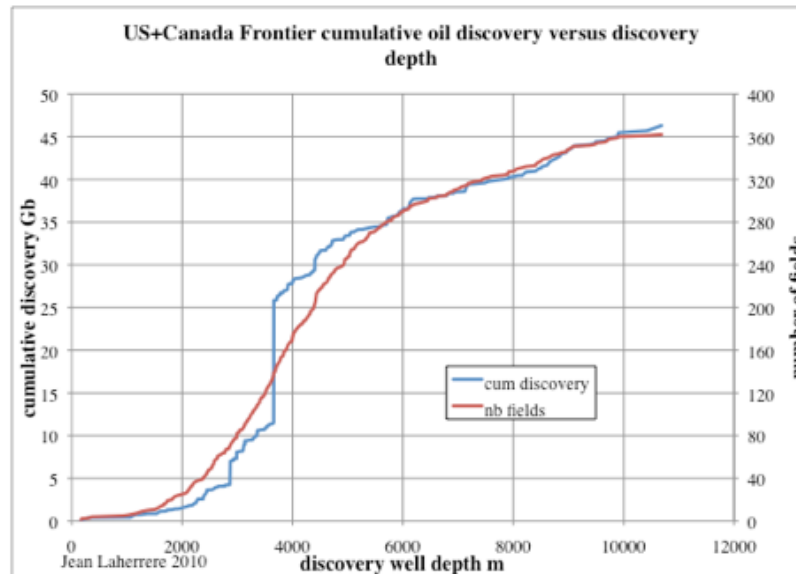
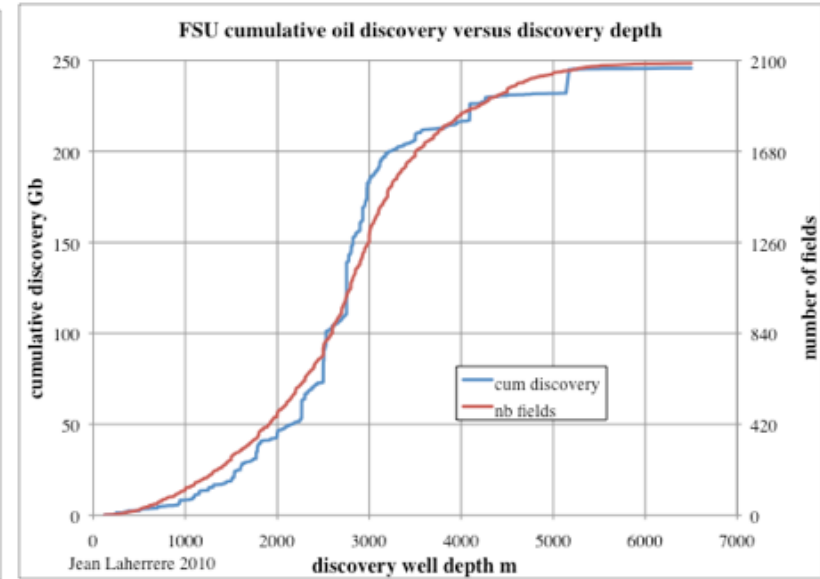
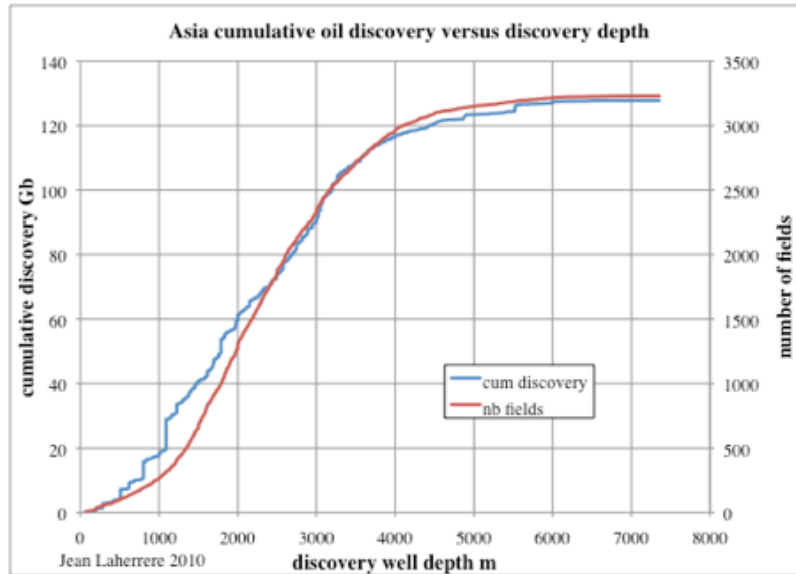
Mais la taille moyenne qui etait de 50 Mb en 1910 avec un pic de 350 Mb de 1925 a 1955, a decru a 150 Mn en 1960 et maintenant a 20 Mb en 2008.

-Figure 23: **monde excluant US&Ca conv 1900-2008: nombre de decouvertes et taille moyenne des champs de petrole**



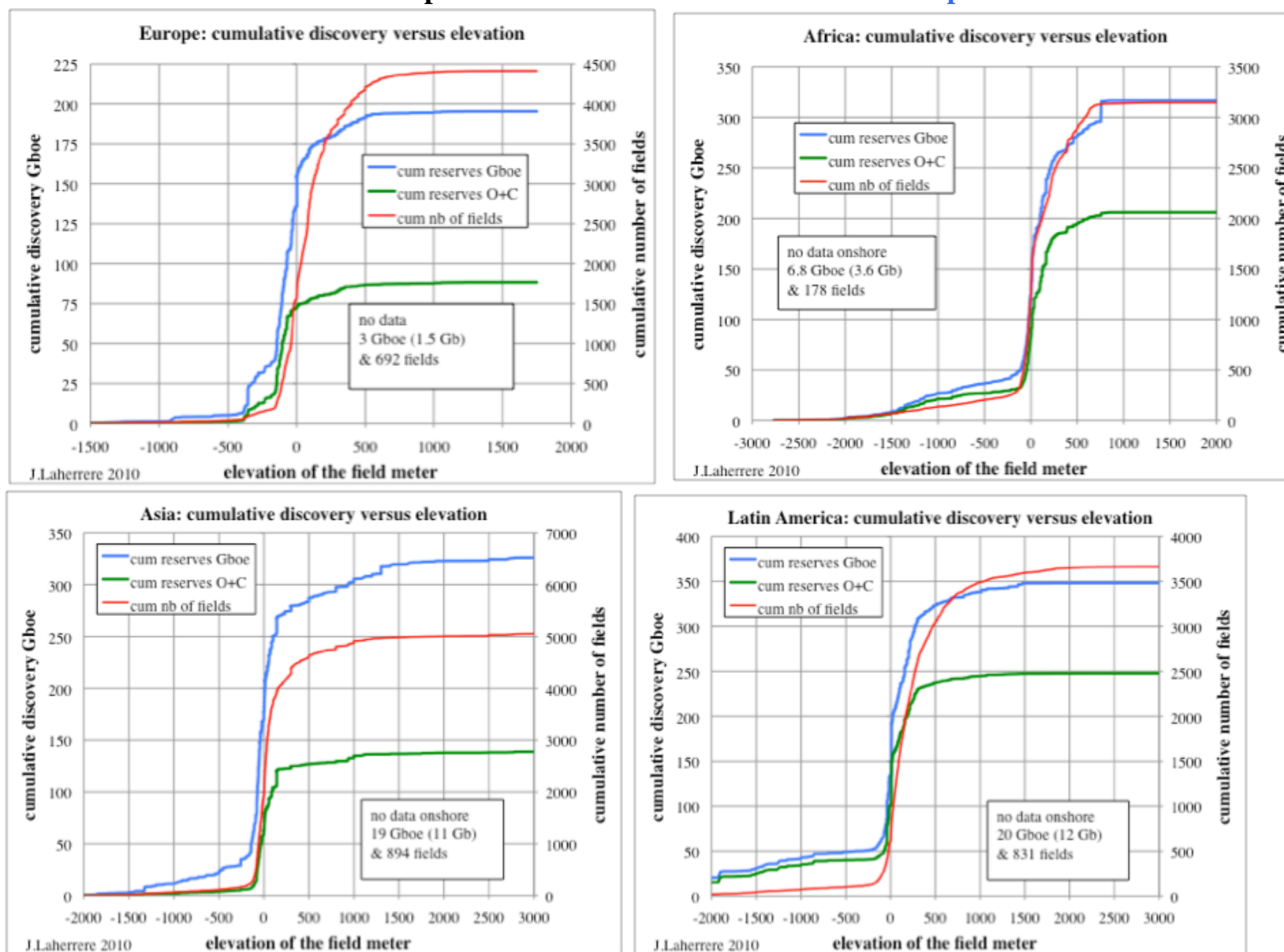
-Figures 24: **Decouvertes cumulees fin 2008 par continent en fonction de la profondeur du puits de decouverte:**

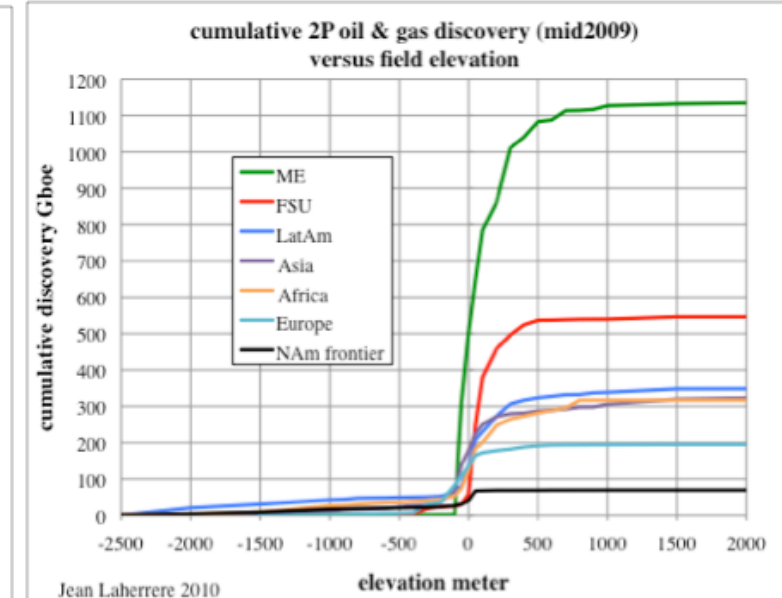
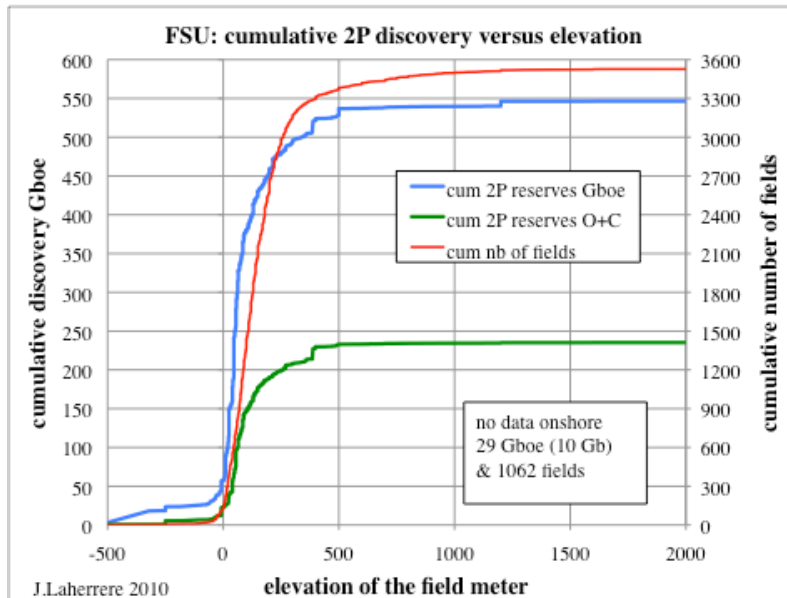
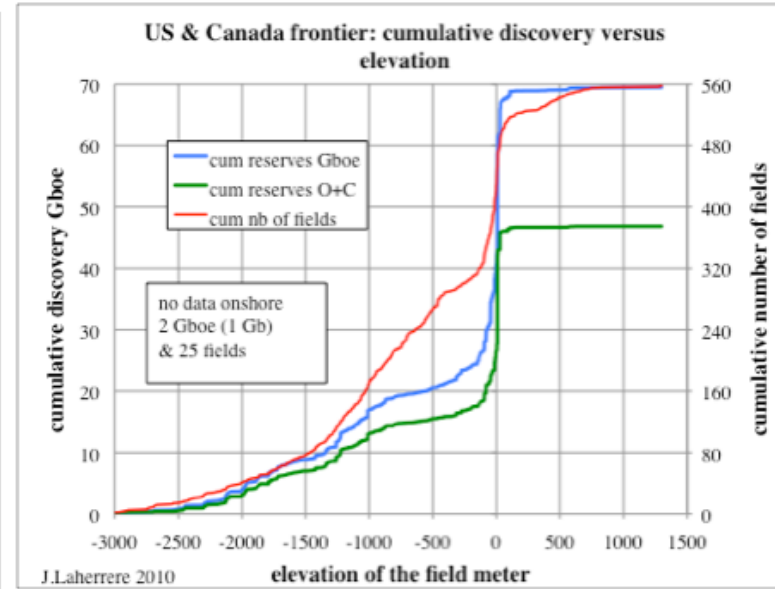
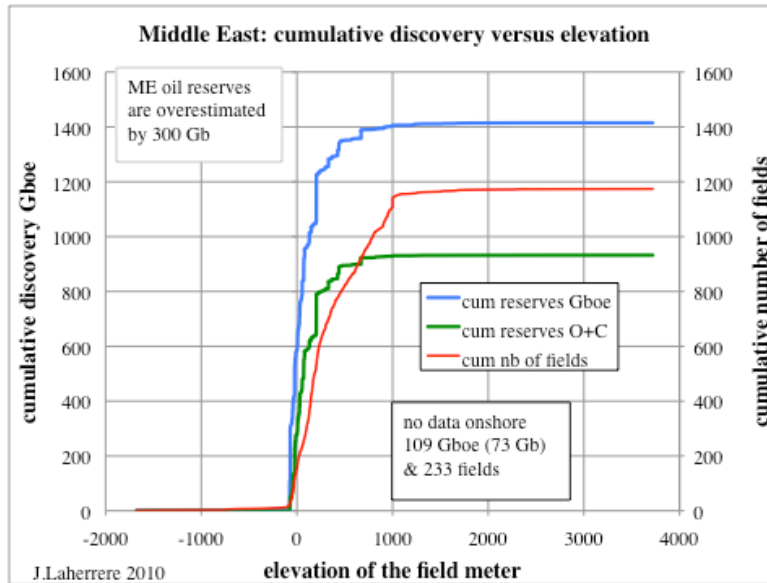




Il y a peu de potentiel sous 6000 m de profondeur de sediments parce que l'on est sous la fenetre a huile (sauf deepwater subsalt a gradient thermal different). Ceci contredit la theorie du petrole abiogenique (ou abiotique)!

-Figures 25: **Decouvertes cumulees fin 2008 par continent en fonction de l'altitude du puits**



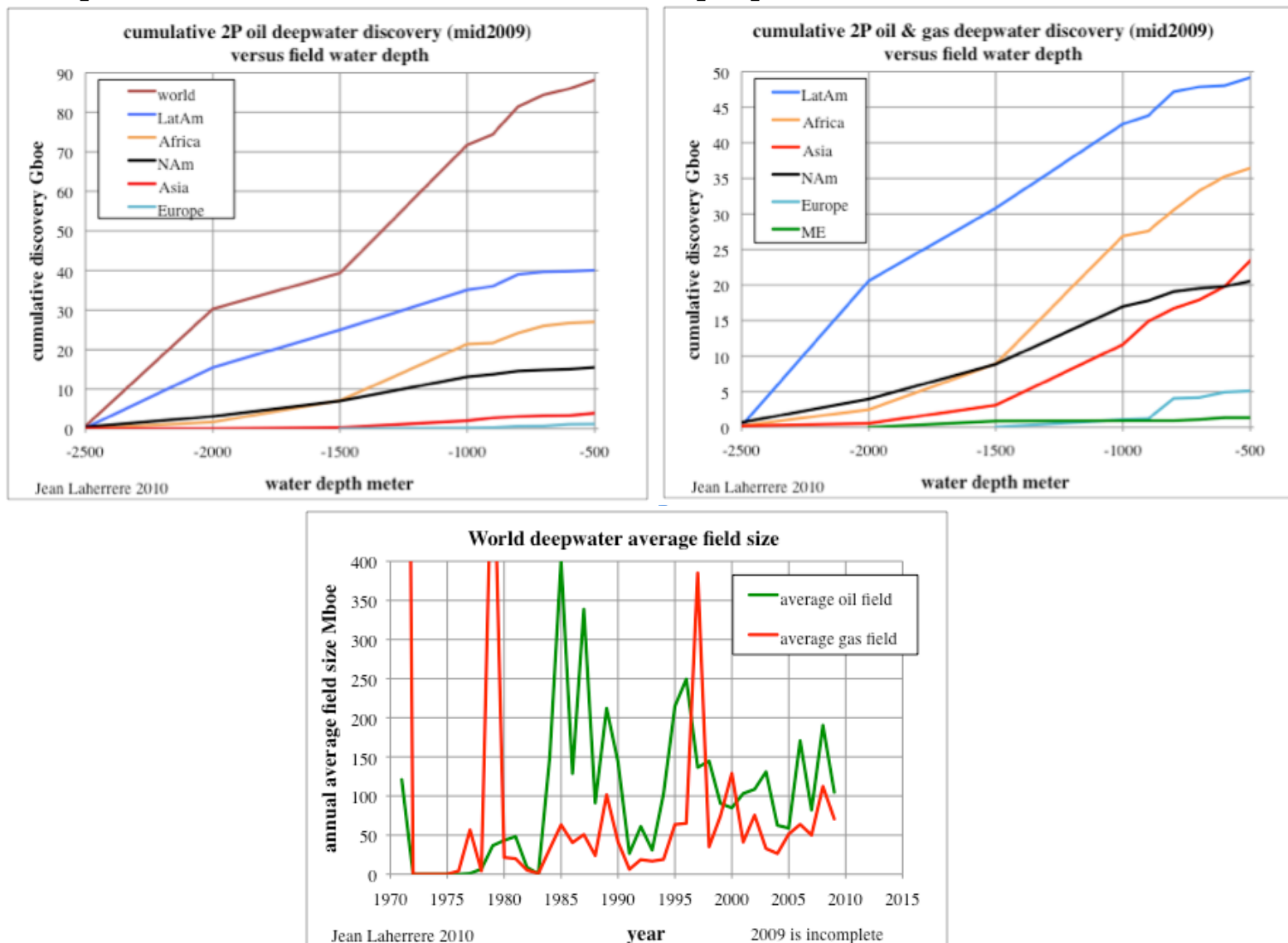


La quasi totalite du petrole se trouve entre a une altitude entre -500 m et 1000m ; Le deepwater fin 2008 est 5% du brut –XH

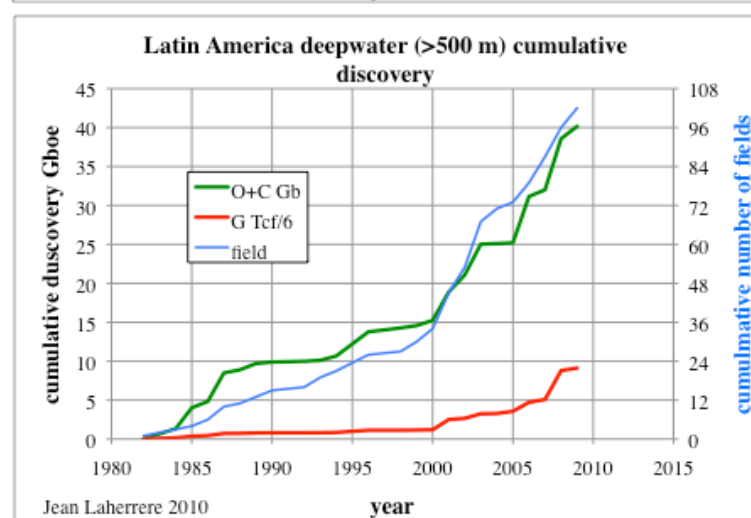
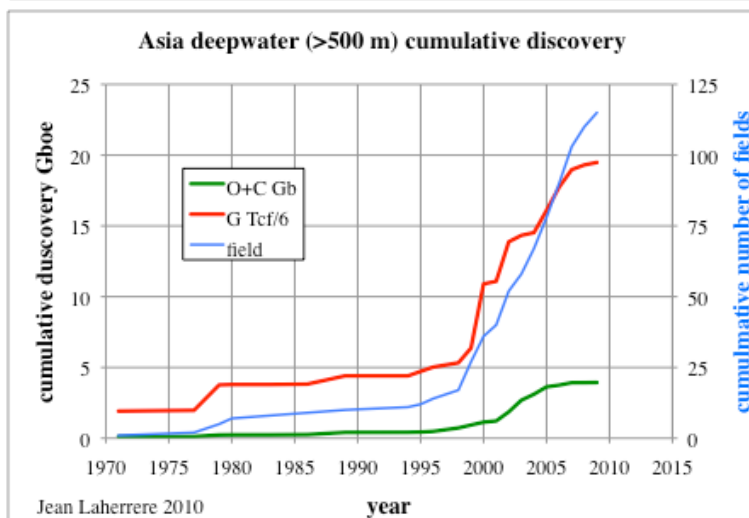
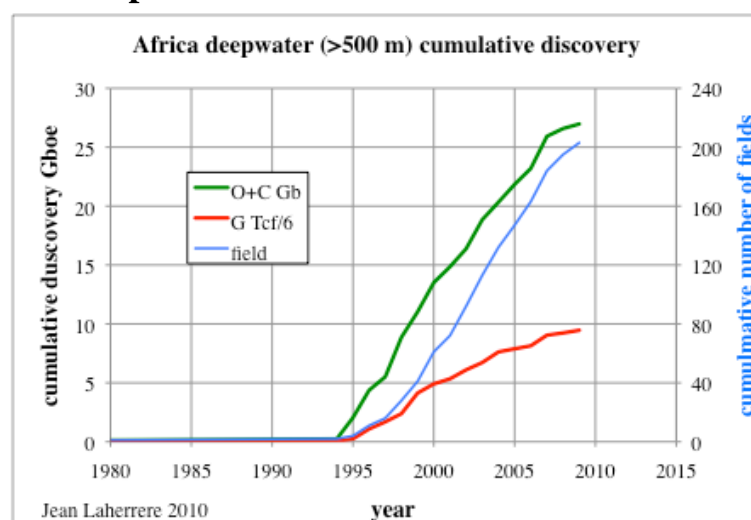
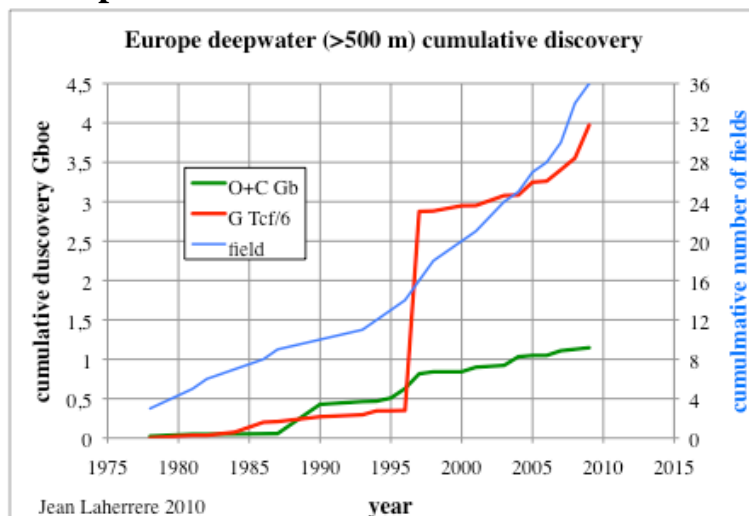
-1-2-2-deepwater = offshore profond (>500 m)

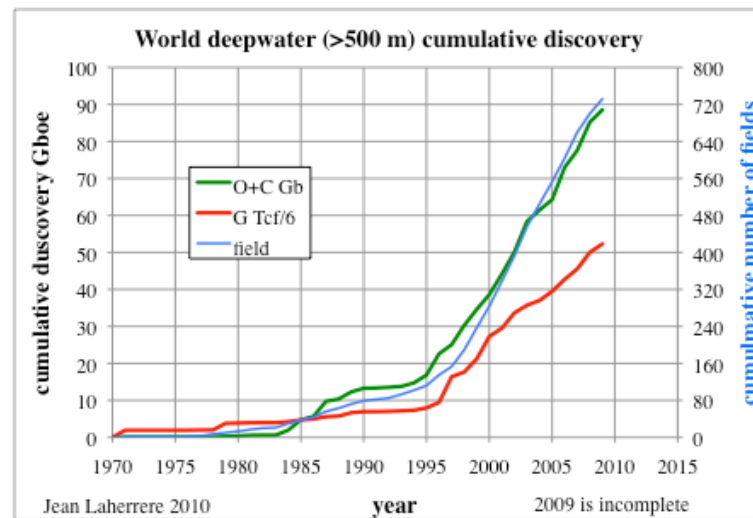
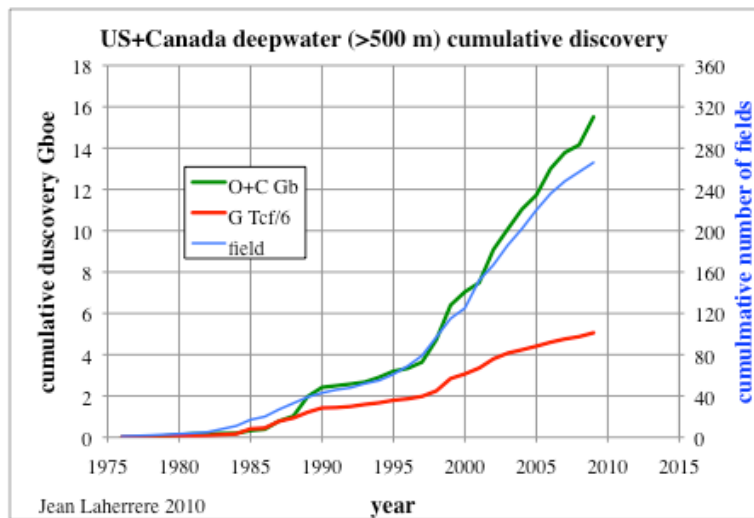
L'offshore profond est ici défini pour les profondeurs d'eau supérieures à 500 m (1000 ft MMS). Il y a 10 ans c'était 200 m!,

-Figures 26: Deepwater: découvertes cumulées 2008 mondiales par profondeur d'eau et taille des découvertes avec le temps

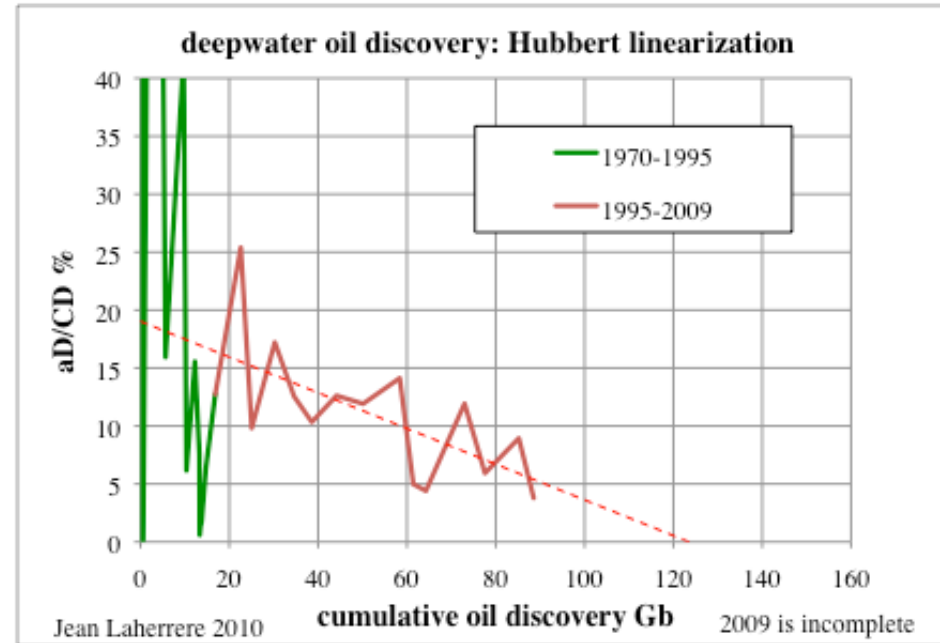
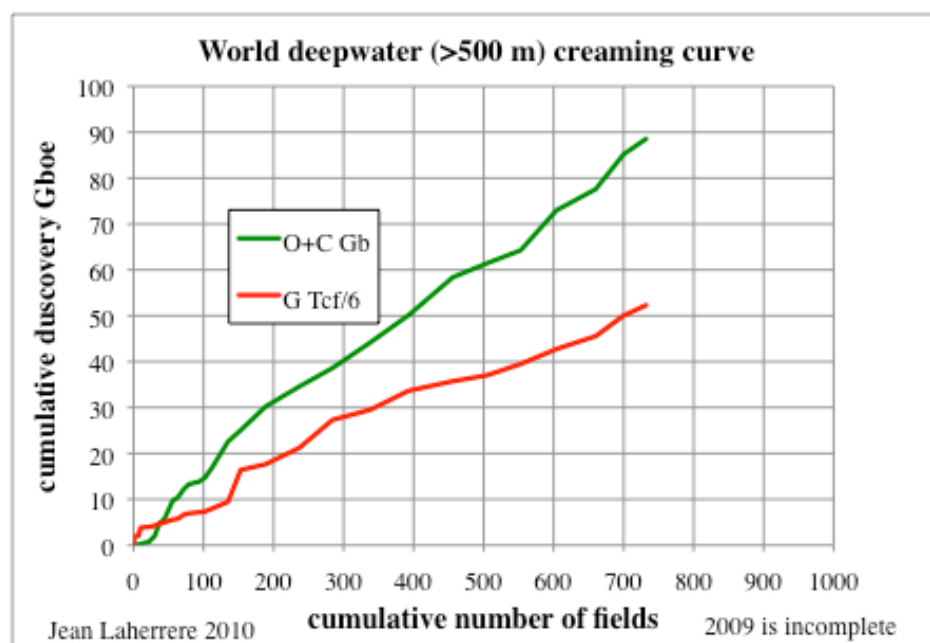


-Figures 27: **Deepwater: decouvertes cumulees fin 2008 mondiales par continent**





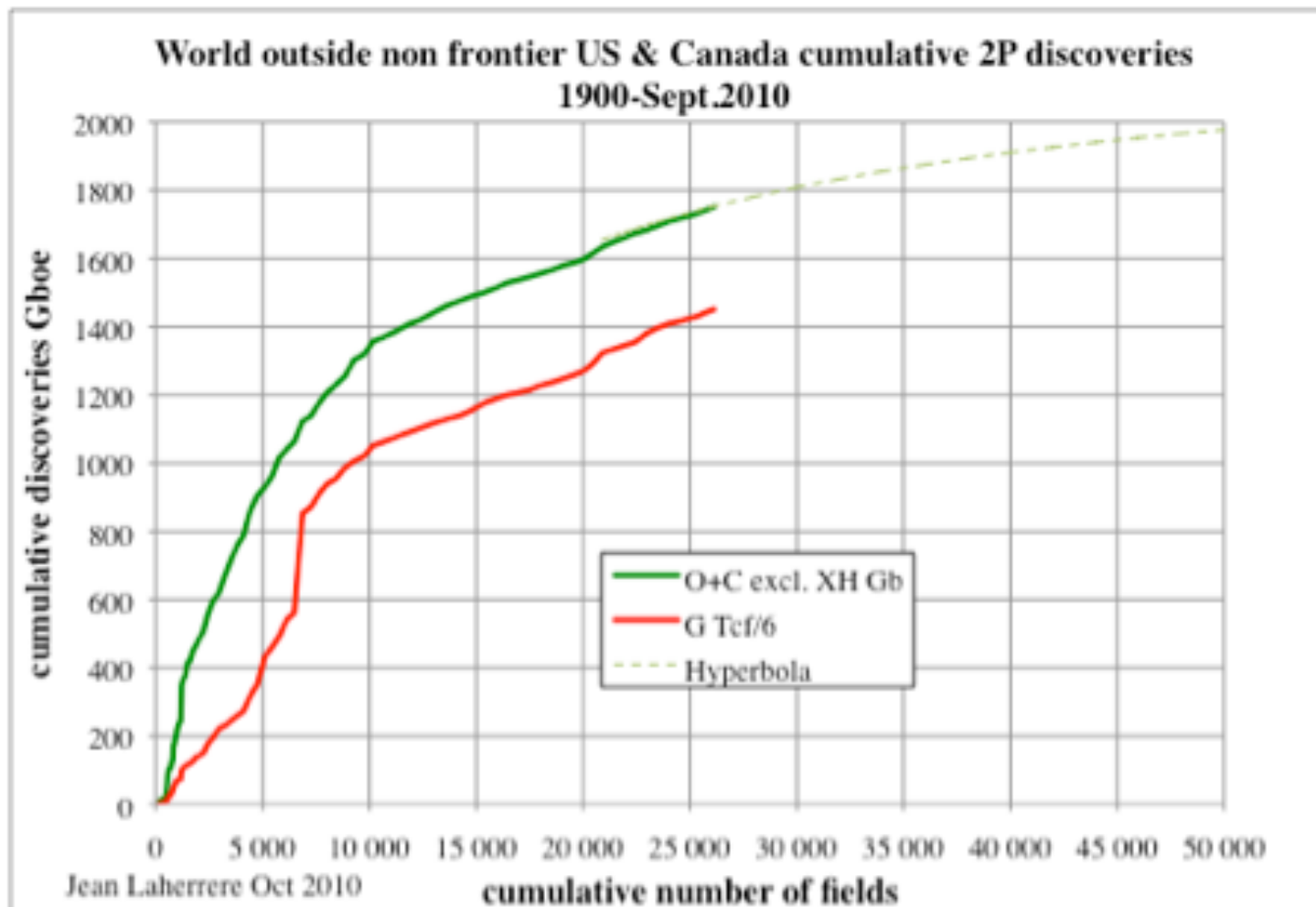
A fin 2008 le total decouvert deepwater est de 90 Gb et 300 Tcf. D'apres l'[extrapolation lineaire](#) l'ultime serait de 120 a 150 Gb
 -Figures 28: **Deepwater mondial a fin 2008: courbe d'ecremage et Linearization d'Hubbert**



-1-3-Previsions petrolieres mondiales

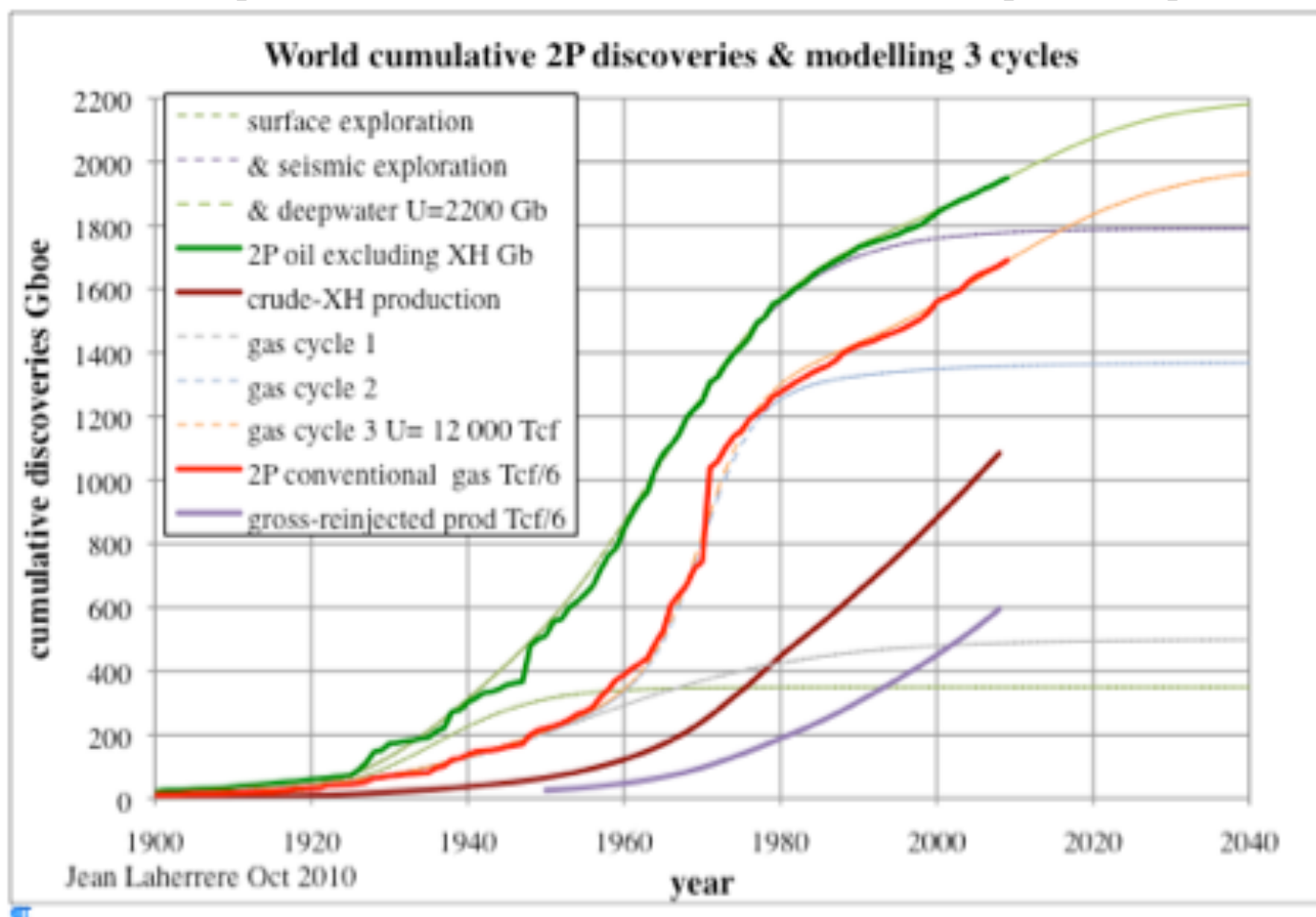
La courbe d'ecremage (fonction nombre de champs) est extrapolée a 2000 Gb pour le petrole du monde hors US&CA conv.

-Figure 29: **monde hors US+ Canada non frontier** : courbe d'ecremage en fonction nombre cumule de champs



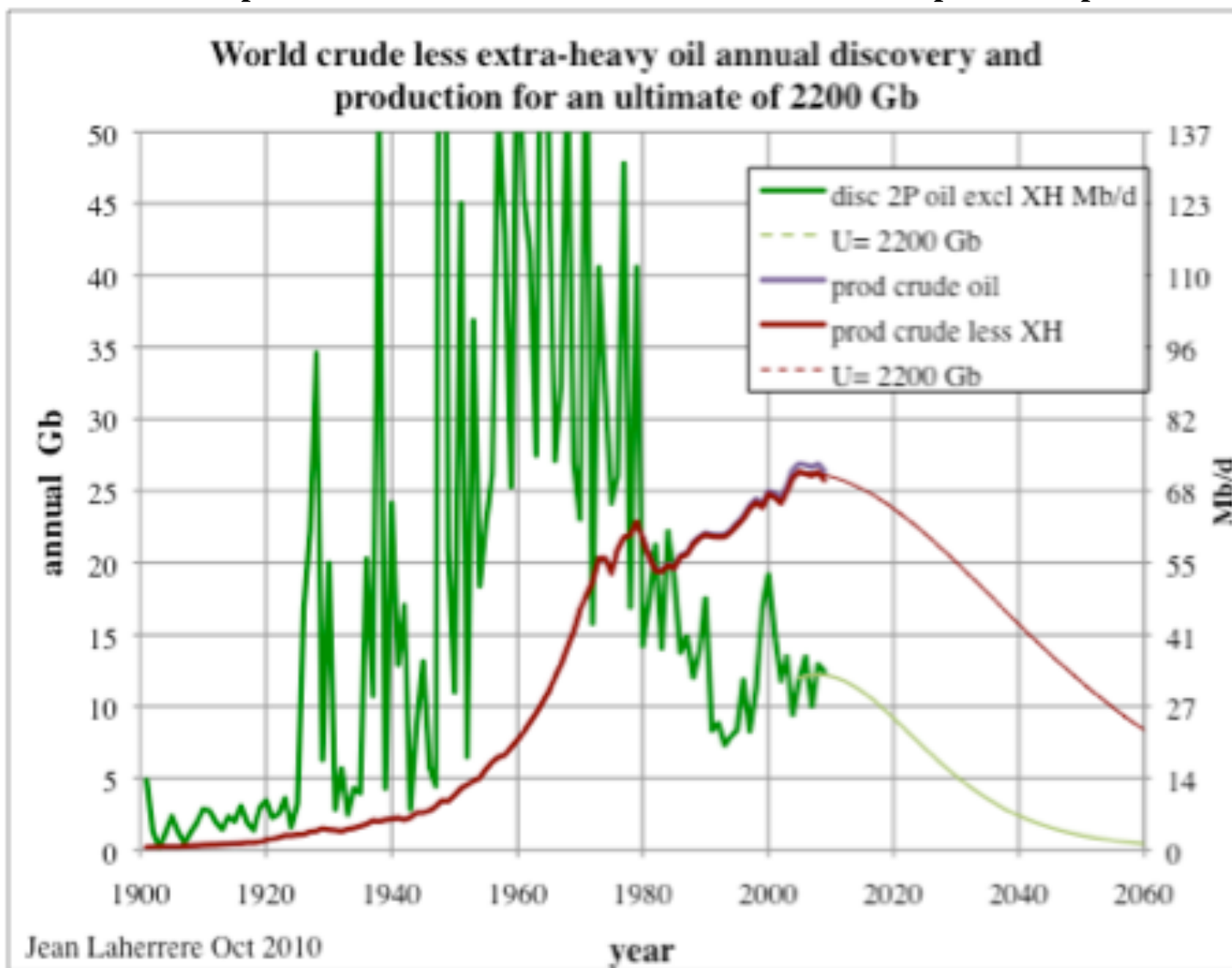
A partir de la base technique a octobre 2010, qui exclut les USL48 et Canada terrestre (appele « non frontier »), corrige de 500 Gb (pour se ramener a 2P et exclure les EL) et des donnees 2P dits backdated de rapports USDOE et CAPP sur ce « non frontier », les decouvertes mondiales cumulees du petrole brut moins extra-lourd peuvent etre modellisees avec 3 cycles (periode exploration de surface, puis exploration sismique puis exploration eau profonde) avec un ultime de 2200 Gb.

Figure 30: **monde: decouverte et production cumulees de brut moins extra-lourd et previsions pour un ultime de 2200 Gb**



Meme donnees pour obtenir la production annuelle

Figure 31: **monde**: decouverte et production annuelles de **brut moins extra-lourd** et previsions pour un ultime de 2200 Gb



Pour obtenir les tous liquides il faut ajouter l'extra-lourd, les liquides de gaz, les XTL (GTL, CTL, BTL = 1 Mb/d), les biocarburants (1,5 Mb/d) et enfin les gains de raffinage (actuel 2 Mb/d).

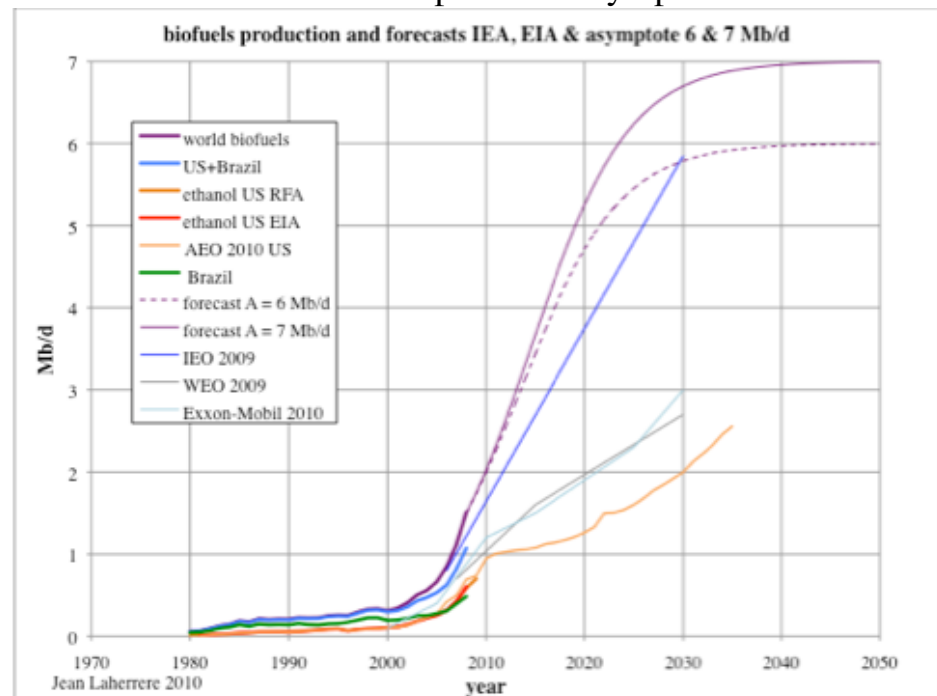
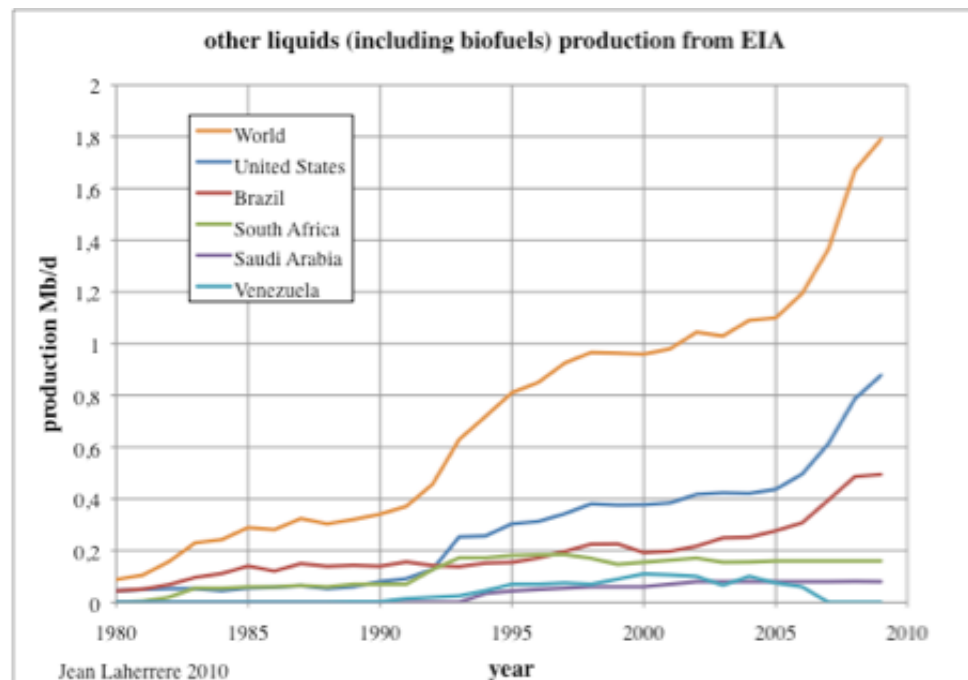
L'extra-lourd du Canada est classe dans les bitumes pour l'EIA, distinct de l'extra-lourd du Venezuela.

Les donnees du Venezuela sont incompletes et peu fiables (effet OPEP), donc encore plus les previsions!

Au contraire des autres liquides, les biocarburants sont renouvelables et sont estimes aller vers une asymptote (?)

Figure 32 production mondiale autres liquides d'apres EIA

Figure 33: : production mondiale de biocarburants pour une asymptote a 6 & 7 Mb/d



Le pic des liquides de gaz se situerait vers 2030 comme le pic du gaz. Les extra-lourds sont estimés avoir une croissance lente étant donné les investissements considérables et les problèmes de pollution, leurs pics se situeraient vers 2080 (?).

Mon estimation tous liquides est un pic actuel déclinant à 70 Mb/d en 2030.

Sweetnam USDOE 2009 estime une production à moins de 50 Mb/d en 2030 pour les projets identifiés.

Figure 34: monde: production annuelle de pétrole et de liquides de gaz pour un ultime de 3000 Gb sans contrainte au dessus du sol

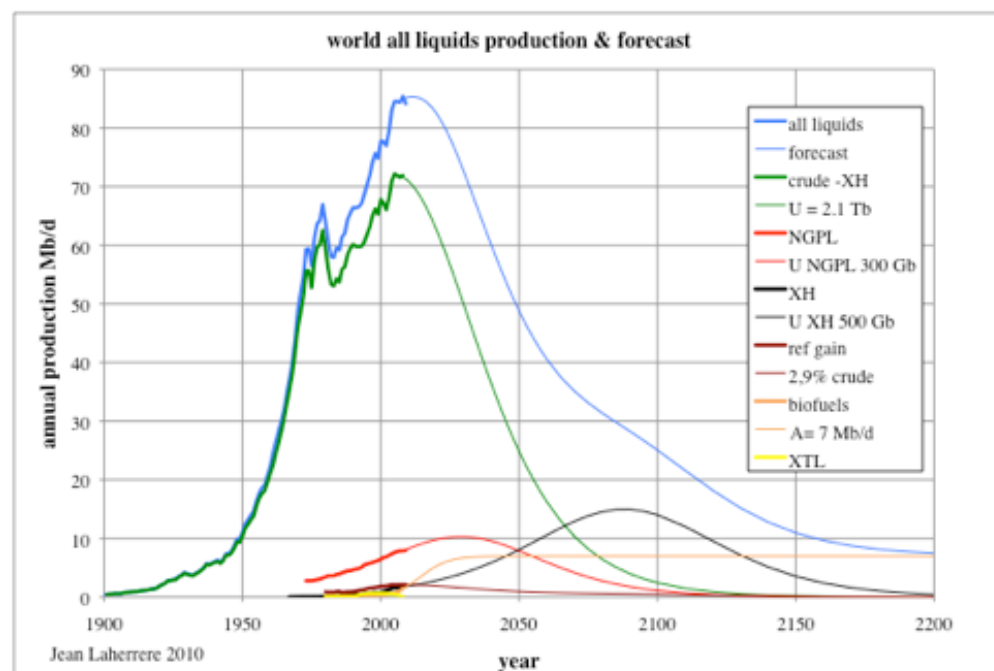
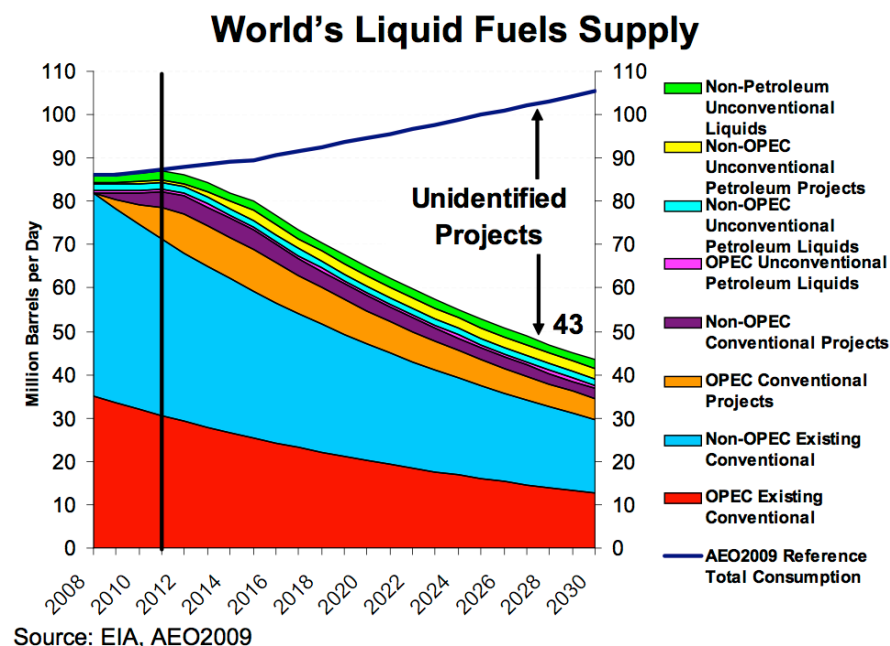


Figure 35: production des liquides d'après Sweetnam USDOE2009

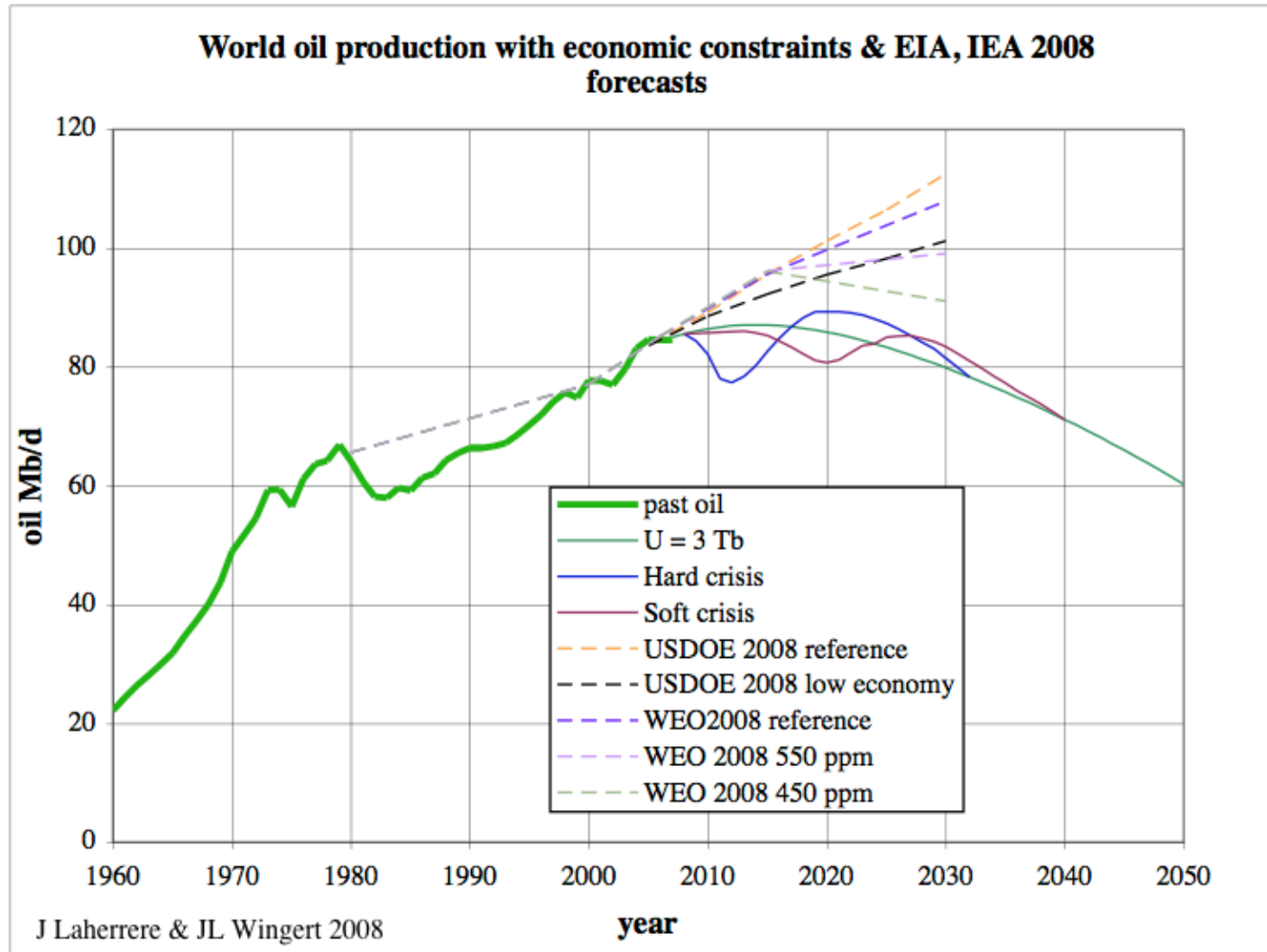


Le non-conventionnel (tout ce qui est au dessus du violet) fait moins de 10 Mb/d en 2030!

Mis en lumière par les journalistes pour ses positions sur le Peak Oil, **Sweetnam vient d'être muet sans explication pour ne plus pouvoir parler**. Le nouveau patron de l'énergie Steven Chu avait pourtant en 2005 (alors patron d'un labo de l'USDOE) publié un article avec le graphique d'ASPO!

Il semble que cette production tous est sur un plateau a 85 Mb/d et va decliner dans quelques annees, si la crise economique se dissipe vite, sinon (crise en W) il va y avoir un plateau ondule (bumpy plateau) que je predissais depuis 2001, mais sans le tracer. Mais en 2008 a ASPO Barcelona avec JL Wingert nous avons prevu plusieurs scenarios de crise pour les liquides

Figure 36: **monde: production annuelle tous liquides avec contraintes economiques 1960-2050**



Oublions les contraintes économiques (crise en W?) et politiques (guerre civile Nigeria et Irak, nationalisation Venezuela, Bolivie et Russie) et comparons pour la période 1990-2030 notre prevision petrole et liquides de gaz et celles de Total, de l'EIA et de l'OPEP.

La prevision 2008 de **Total** est plus optimiste (avec croissance des champs deja decouverts) et met un pic a 95 Mb/d vers 2017 pour etre a 83 Mb/d en 2030 (contre 65 Mb/d dans ma prevision)

Figure 37: monde: production annuelle de petrole et de liquides de gaz prevision **Total** 1990-2030

World liquid production : alternative case scenario (crude + NGL's excluding XtL, biofuels and refinery gain)

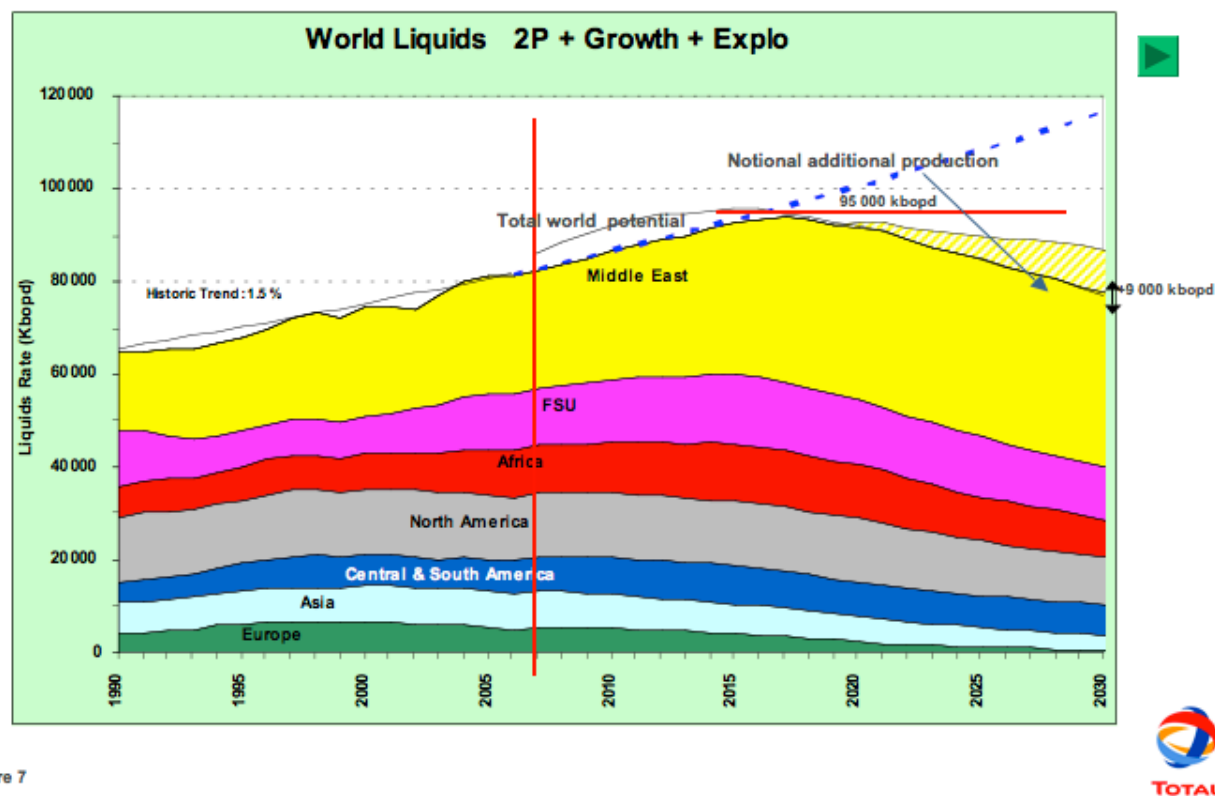


Figure 7



Figures 38: monde: production tous liquides et nonconventionnel [USDOE/EIA 2010](#) pour 2007 et 2035 & scenarios prix

Figure 28. World liquid fuels production in three cases, 2007 and 2035 (million barrels per day)

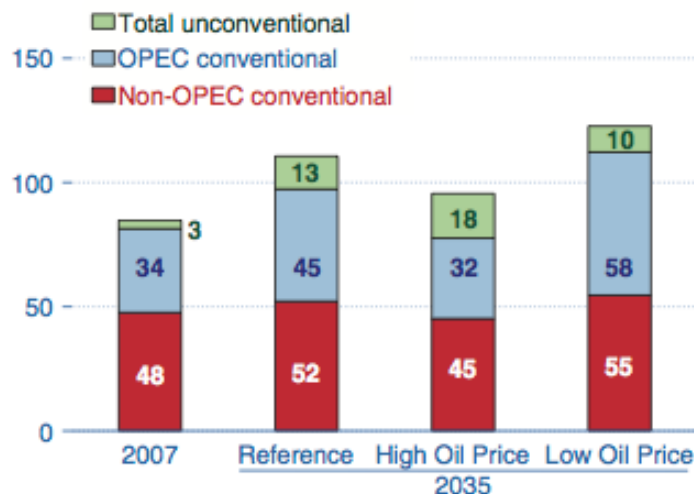


Figure 30. World production of unconventional liquid fuels in three cases, 2007 and 2035 (million barrels per day)

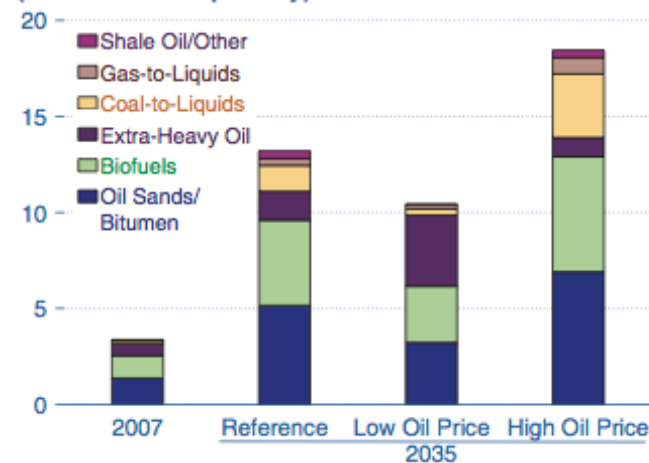


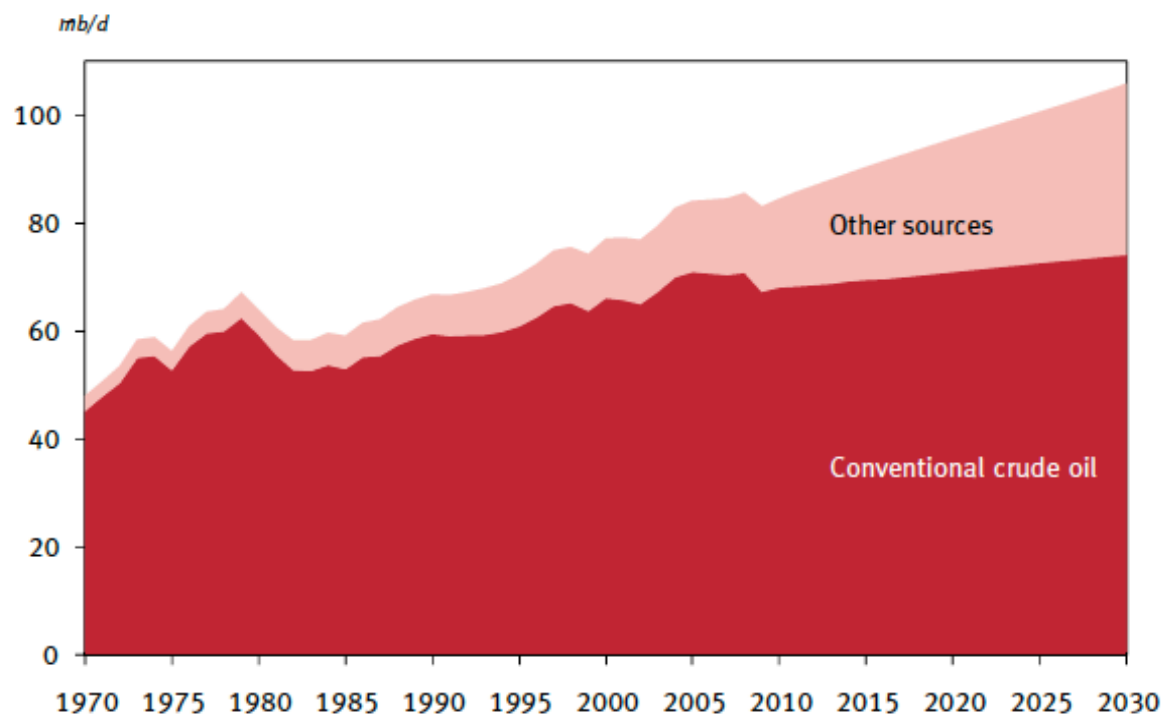
Figure 32. World oil prices in three cases, 1980-2035 (2008 dollars per barrel)



L'OPEP publie son World Oil Outlook 2009, admettant un tassement de la production conventionnelle, mais avec les autres « sources » on est à 106 Mb/d en 2030, permettant le BAU!
Bien sûr l'OPEP ne veut pas entendre parler de pic de pétrole, bien que le pic de production amènerait un prix plus élevé, et non pas un pic des revenus

Figure 39: monde: production tous liquides d'après l'OPEP 1970-2030

Figure 1.29
World oil supply 1970–2030: crude and other sources of oil



Le pic pétrolier mondial (sur 64 pays producteurs, 18 ont passé le pic) est accepté par beaucoup dont AIE, Chevron, Shell, Total, Statoil, Toyota, Volvo, US Corps of Engineers, USDoD, l'armée allemande, UK, Sweden.

Les sceptiques sont : OPEP, EIA (hors Sweetman), CERA et Exxon-Mobil!

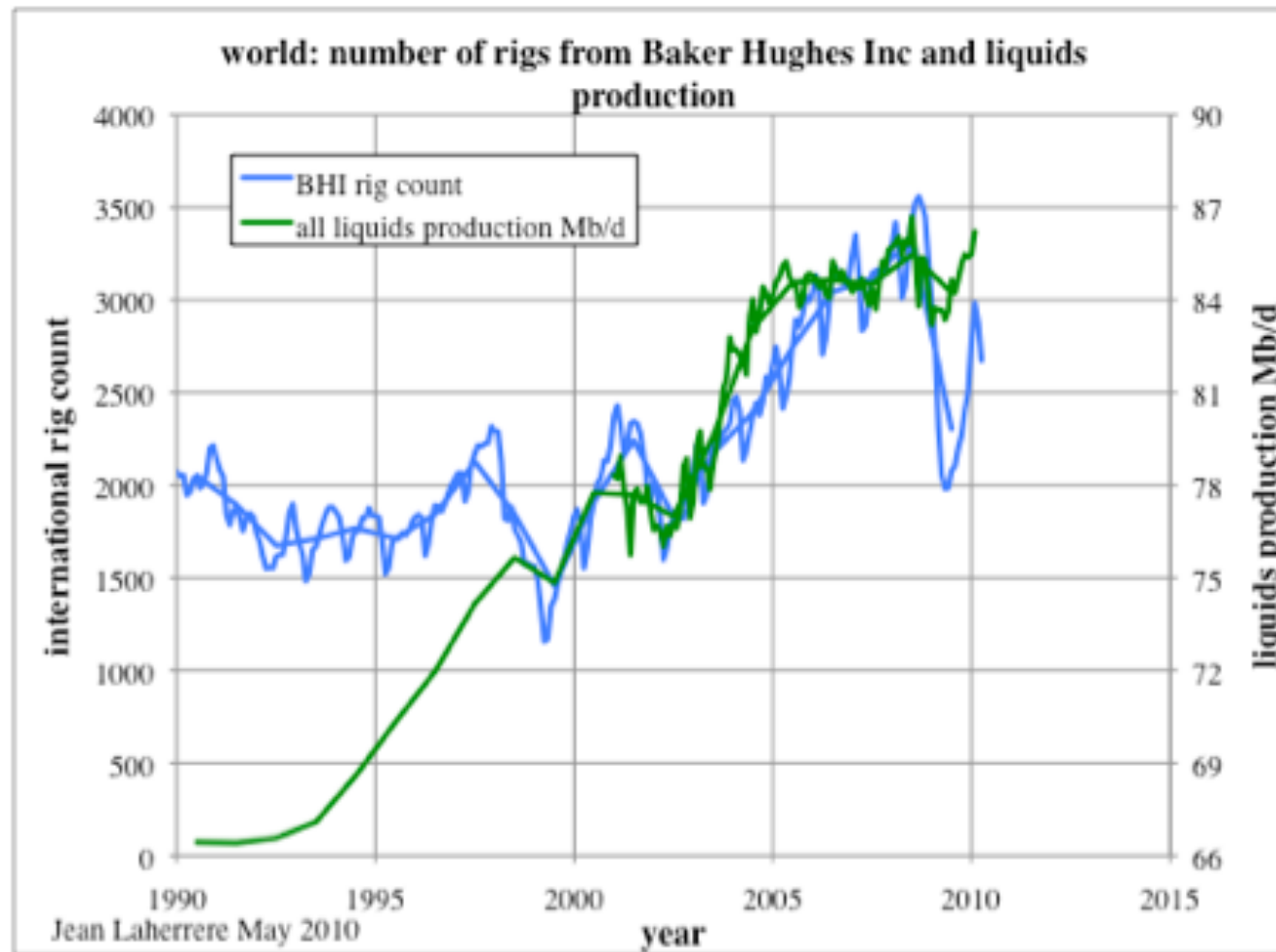
CERA a refusé un pari de 100 000 \$ avec ASPO USA sur leurs prévisions en 2017

-1-4-Production petroliere et activite de forage

L'augmentation de production de 2002 a 2005 corréle avec une augmentation de l'activite de forage et notamment du nombre d'appareils de forage.

La crise de 2009 a fait s'ecrouler le nombre d'appareils, mais cela remonte, comme la production!

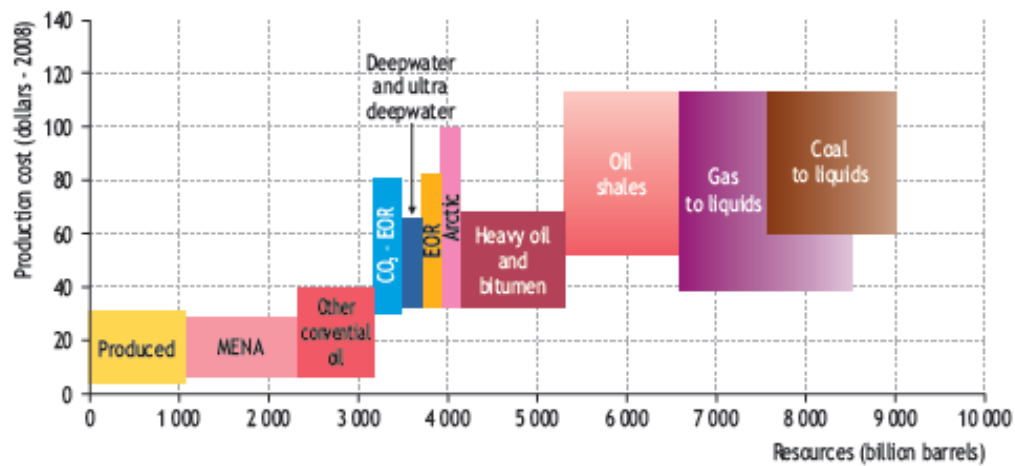
Figure 40: nombre mensuel d'appareils de forage dans le monde d'apres Baker Hughes Inc et production mondiale tous liquides



-1-5-Petrole: ressources versus cout: graphique promotionnel!

Figures 41: cout de production versus ressources AIE/WEO 2008, AIE 2010 et Total 2010

Figure 9.10 • Long-term oil-supply cost curve



Production cost curve (not including carbon pricing)

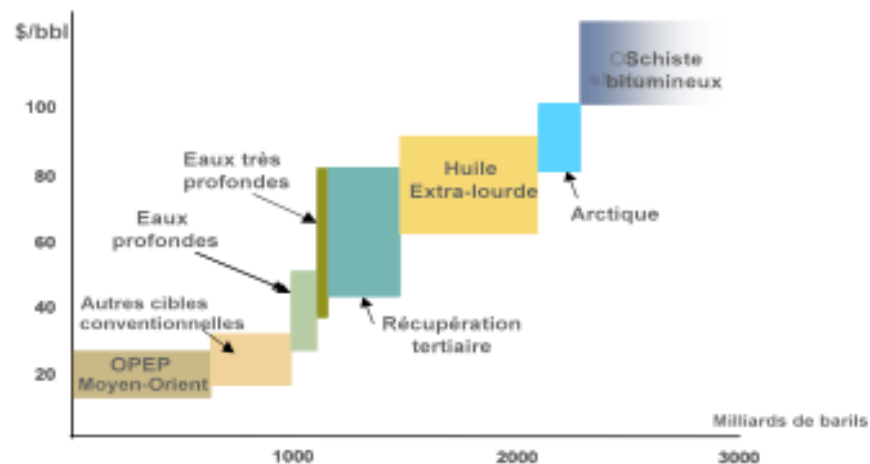
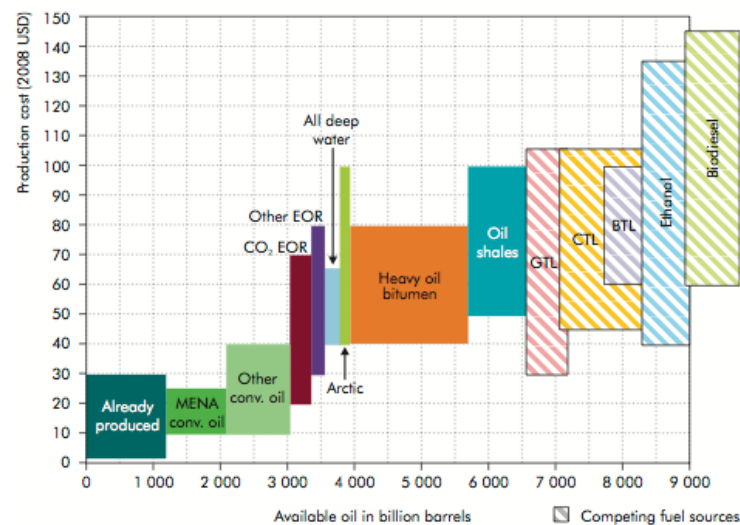
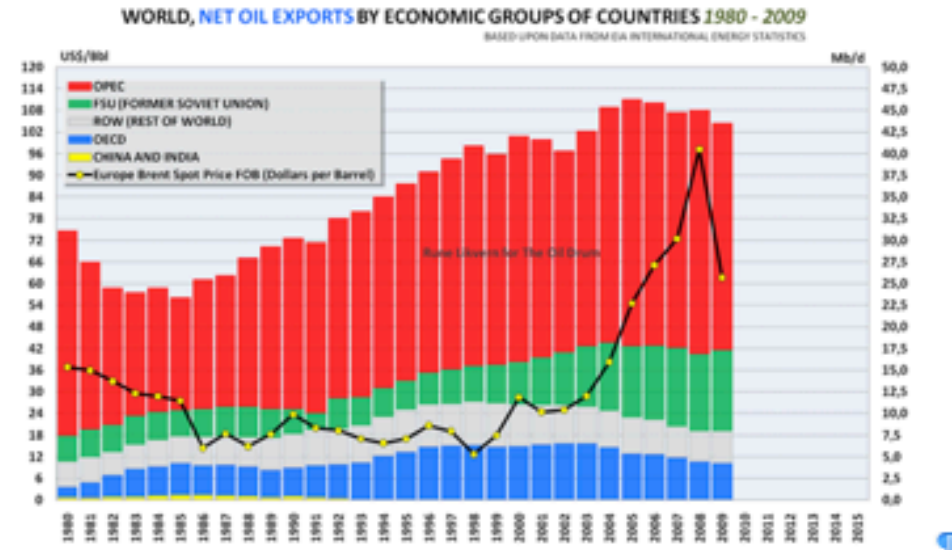
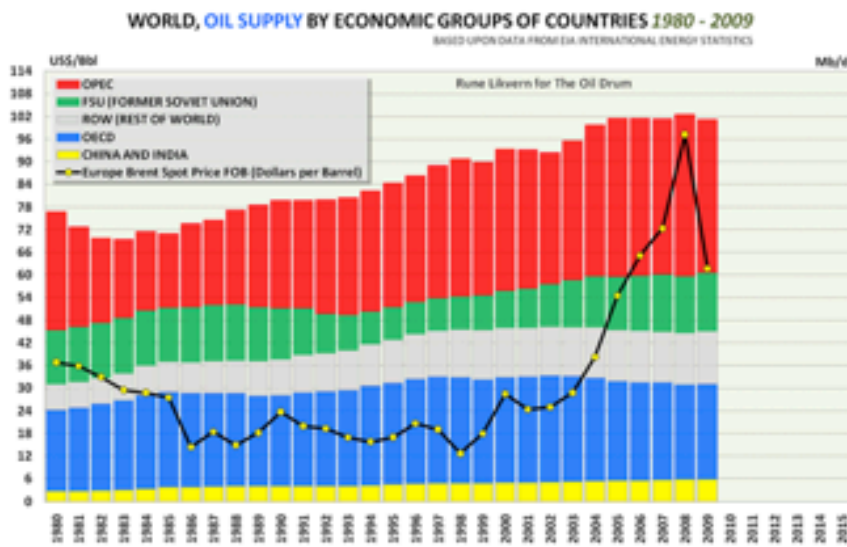
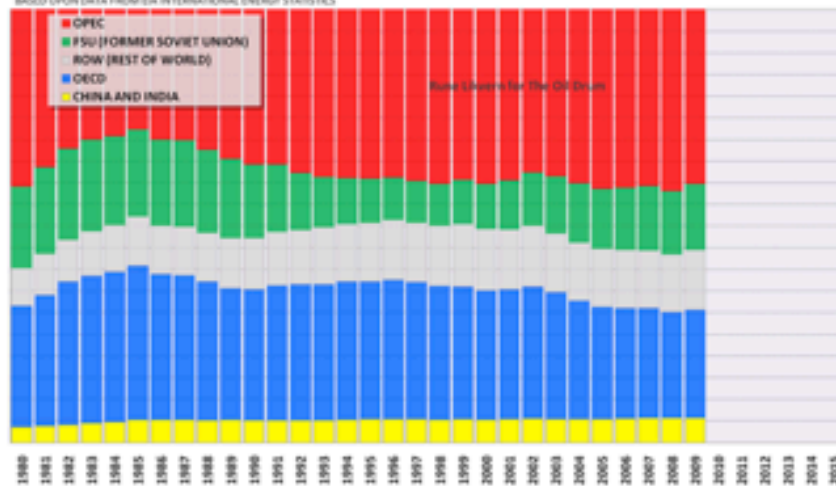


Figure 18 - Production costs, reserves and economic thresholds (Total document).

-1-6-Exports Figures 42: **production, exports pour le monde en volume et % 1980-2009**: rouge OPEC, vert FSU, bleu OCDE, jaune Chine +Inde Rune Likvern <http://europe.theoildrum.com/node/6994#more>



**WORLD, RELATIVE DEVELOPMENT IN OIL SUPPLY
BY ECONOMIC GROUPS OF COUNTRIES 1980 - 2009**
BASED UPON DATA FROM IEA INTERNATIONAL ENERGY STATISTICS



**DEVELOPMENT IN RELATIVE SHARE OF WORLD NET OIL EXPORTS
AMONGST ECONOMIC GROUPS OF COUNTRIES 1980 - 2009**
BASED UPON DATA FROM IEA INTERNATIONAL ENERGY STATISTICS

