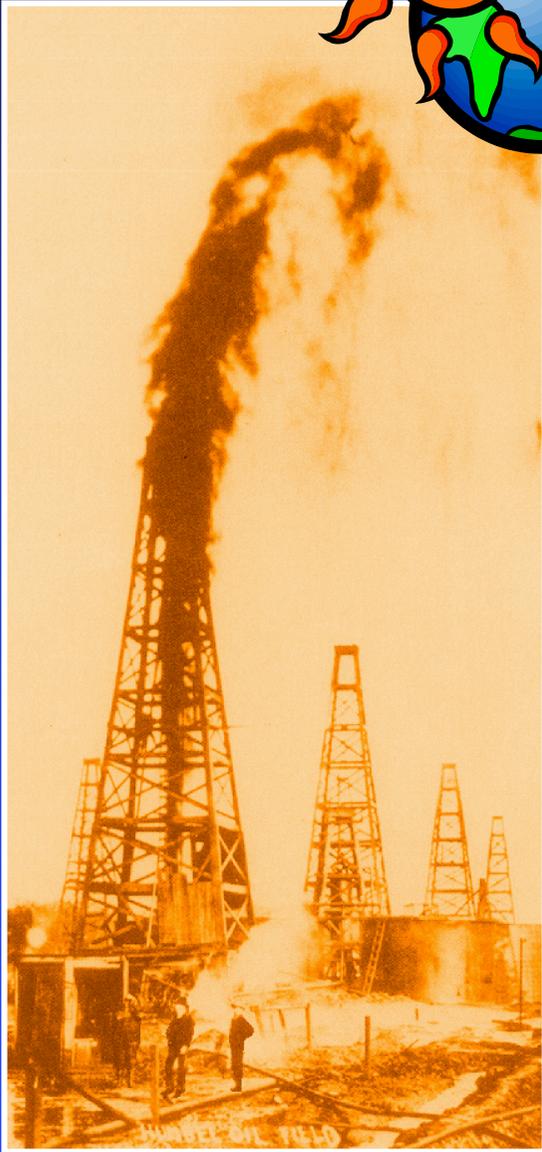


Gestion de l'énergie. La quadrature du cercle!



**L'ERE DU PETROLE
POUR COMBIEN DE TEMPS ENCORE?**

**Waterloo
le 8 janvier 2010
(partie 1/2)**

**Alain PREAT
Professeur géologie ULB
apreat@ulb.ac.be**



LES ÉNERGIES D'ÉNERGIES PRINCES MEMO ARGENT AIRE

- **ENERGIES FOSSILES** = énergies **concentrées** mais non renouvelables [*E solaire stockée au cours des temps géologiques*]

◇ **Charbon** ◇◇ **Pétrole** ◇◇◇ **Gaz naturel**

- **ENERGIES NUCLEAIRES** = énergies **très concentrées**

◇ **Fission** [*Centrales nucléaires actuelles*] ◇◇ **Fusion** [...]

un gramme U^{235} = autant d'E qu'une tonne de pétrole!, $1\text{cm}^3 = 19\text{g } U^{235} = 47,5 \text{ T charbon!}$

- **ENERGIES RENOUVELABLES** = énergies **diluées** ou diffuses mais renouvelables

◇ **Hydraulique** ◇◇ **Solaire** ◇◇◇ **Eolienne**

◇◇◇◇ **Biomasse** ◇◇◇◇◇ **Géothermie**

en 1h le Soleil déverse 'notre' Energie de 365 jours
soit 15000X notre consommation mondiale à chaque instant

- 1tep = 10^{10} cal = ± 42 GJ ou ± 11700 kWh

1 calorie = 4,18 J (1cal = quantité de chaleur pour élever de 14,5° à 15,5° la T° de 1g d'eau)

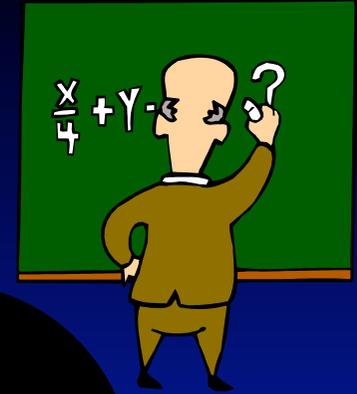
Le saut d'une puce = 10^{-7} J (soit environ 4 dix-millionième de cal),

L'homme a besoin de 10^7 J d'énergie/j [± 2500 Kcal] sf de nourriture, de chaleur ...

Une tep représente donc 11_{1/2} ans de ses besoins vitaux!

[1bbl = $\pm 1_{1/2}$ an, 1l = 3,6j]

- Un cyclone dans les Caraïbes = $3,8 \times 10^{18}$ J soit 100. 10^6 tep



1t ^{235}U \implies 10 000 tep

1000m³ gaz p_{atm} \implies 0,9 tep

1t charbon \implies 0,7 tep

1 Réacteur Nucléaire de 1GW_e

= 100km² solaire pv, soit 5000km² pour toute l'électricité en France

= 2 500 éoliennes (de 2MW) et 500km²

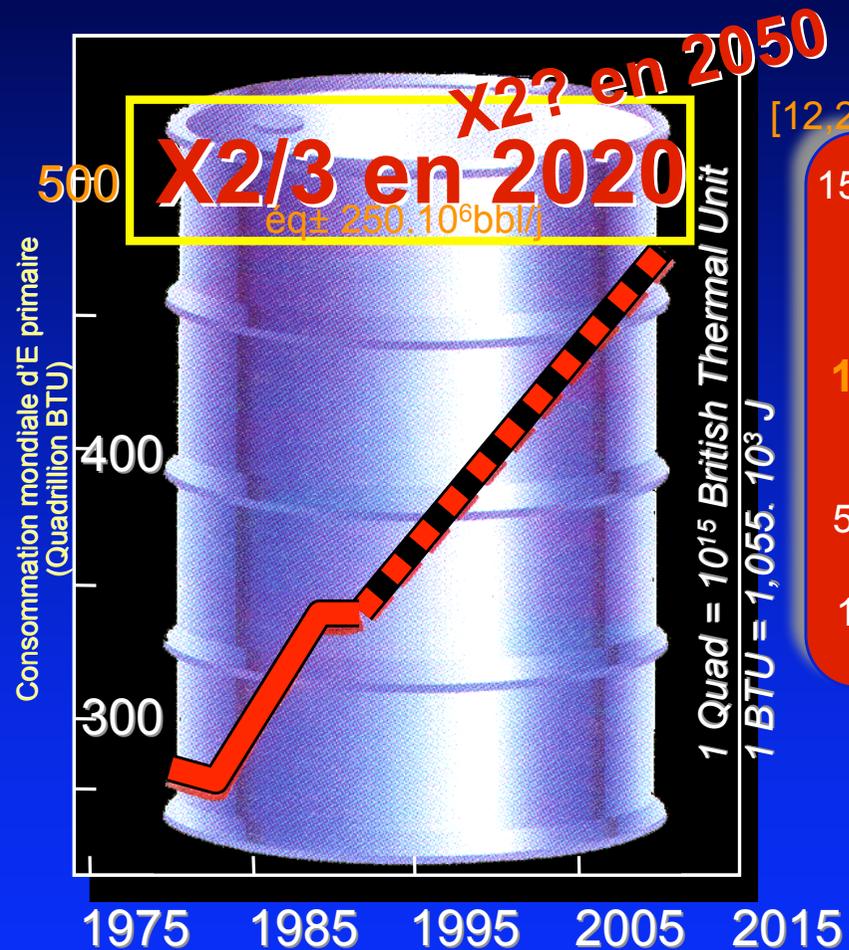
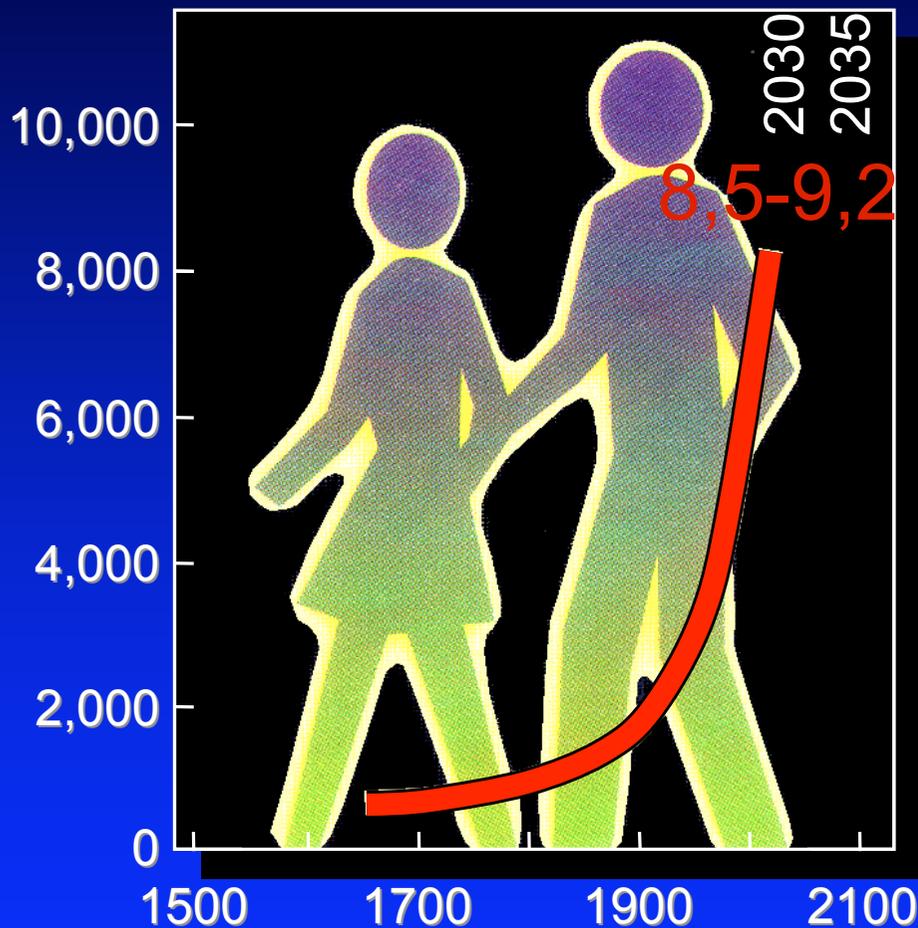
= 50 000km² à partir géothermie

= 30 000km² à partir biodiesel (tournesol ou colza)

ou 43μg ^{235}U (0,0000043g) = 70g essence = 3,6t eau sur 100m = 1kWh

Population - Besoins en Energie

Augmentera 'en moyenne' de 1,5%/an jusqu'en 2030



Negawatt
:2

[12,2opt-53pes2100]

15-28 Gtep 2050

17Gtep-2030

12Gtep-2005

=9,7 Gtep
5,2opt-15,2pes
pour 2000
1983: colloque
Standford



Club de Rome
60'-70'

25Gtep-2000
483Gtep-2050

En 2000-2005: pétrole, charbon, gaz = 90% des besoins
(Am et Eur consommaient 51% de l'énergie mondiale)
de 1850 la consommation d'énergie = X150 à ?X1000

Population - Besoins en Energie

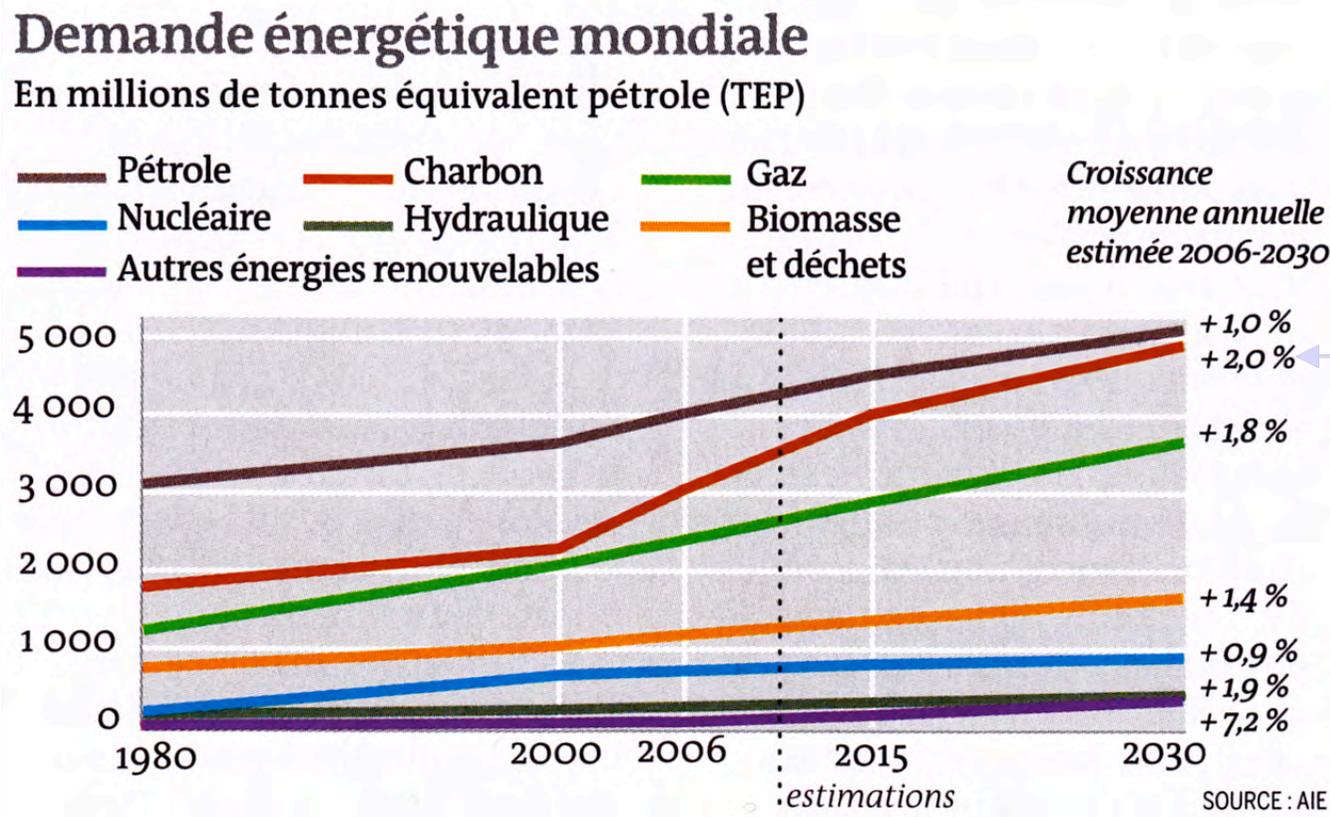
En 2008: CRISE et BBL = 147\$!

Consommation mondiale PETROLE = -0,6%

Consommation mondiale GAZ = +2,5%

Consommation mondiale CHARBON >2,5% (+4,9% entre 2000 et 2006)
(charbon, pour la 6^{ème} année consécutive)

TOTAL: la consommation mondiale d'énergie primaire
a augmenté de +1,4 % en 2008 (malgré la crise...)



soit +60% entre 2006-2030
Sequestration pas avant 2020?
et effets en 2030 (AIE, 2008)

Population - Besoins en Energie

2005 (selon AIEA-2007)



ENERGIE PRIMAIRE
combustibles fossiles

80% ou +...

PRODUCTION ELECTRICITE
combustibles fossiles

65% [charbon 40%]

Hydraulique 16% Nucléaire 15%



Nb. en Chine, il se construit 2 centrales au charbon/semaine

Nb: aux USA, 640 centrales thermiques au charbon, 140 sont prévues d'ici peu

Population - Besoins en Energie

En 2004: 1Américain 25bbl/an, 1Japonais 18, 1Européen 12,
1Terrien moyen 5, 1Chinois1,5 et 1Indien 1bbl/j

Au cours de sa vie, chaque Américain né en 2008 consommera...

730,3 tonnes
de pierres, sable
et graviers

310 000 litres
de pétrole

266,4 t
de charbon

161 000 m³
de gaz naturel

30,7 t
d'autres minerais
et métaux

29,7 t
de ciment

13,4 t
de minerai
de fer

12,9 t
de sel

9 t
de phosphates

8,7 t
d'argile

2,6 t
de minerai
d'aluminium

594 kg
de cuivre

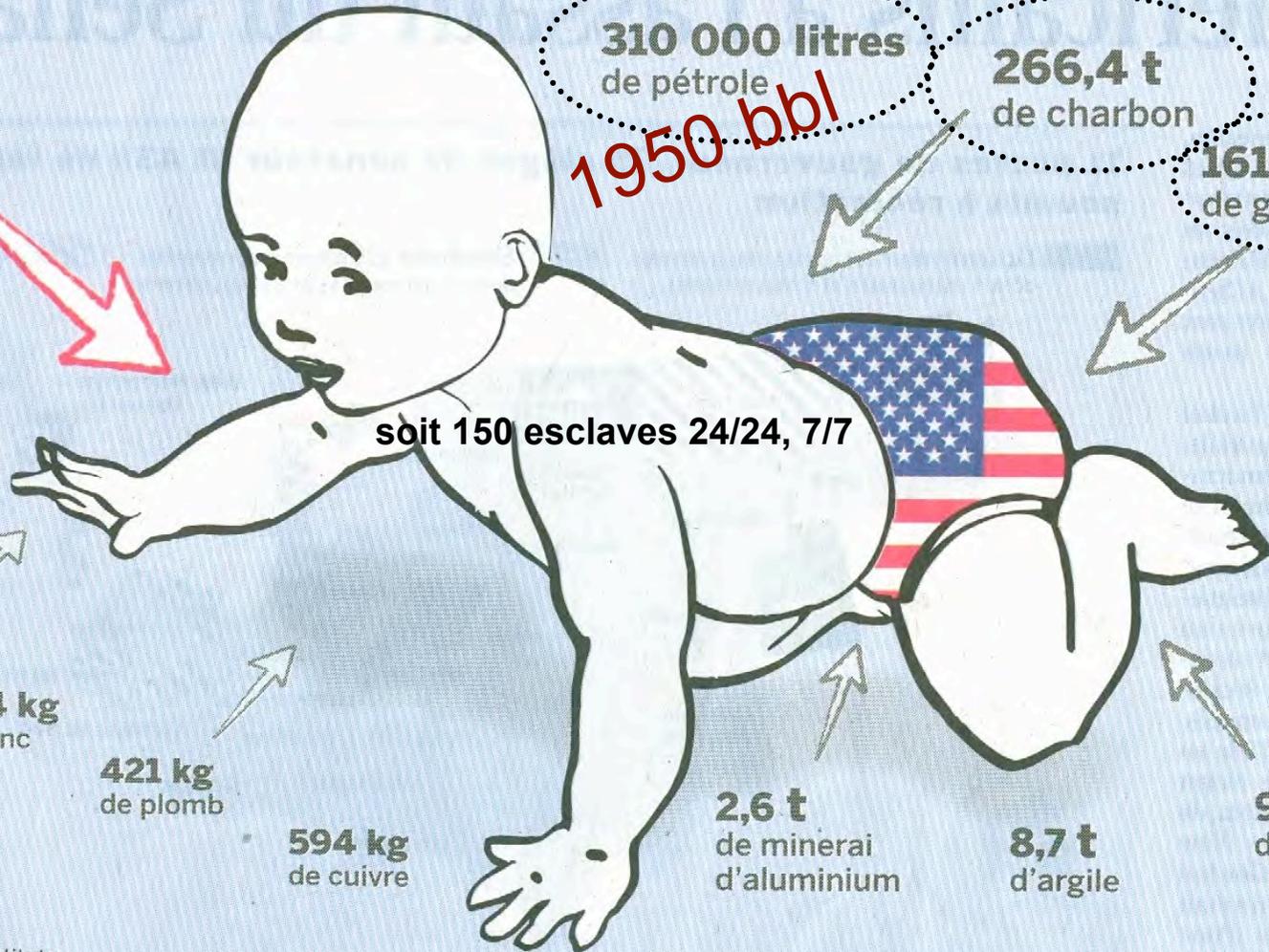
421 kg
de plomb

304 kg
de zinc

49 g
d'or

1950 bbl

soit 150 esclaves 24/24, 7/7



Source : Mineral Information Institute

En 2006, la consommation moyenne primaire annuelle mondiale/habitant

1,7 tep

(valeur basse sans grande signification)

0,024 tep/hab/an ETHIOPIE à 8,6 tep/hab/an USA (ratio X358)

entre 4 et 4,5 Europe et Japon

Chine: 1,3

Inde: 0,4

...

La population mondiale devrait croître de 50% environ de 2000 à 2050

En 1800: E primaire mondiale = 0,2 Gtep avec 1 milliard d'habitants

En 2000': = environ 11 Gtep ...

En 2007: 12 Gtep dont 1,5 = ER (soit 12,4%)

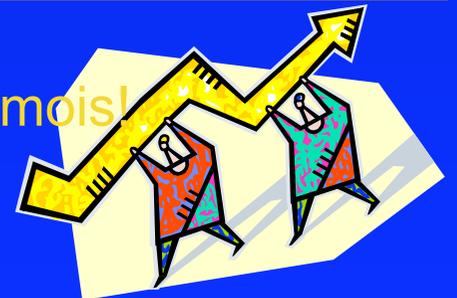
En 2030: 17,7 Gtep? cf 'BRIC' = +50%!

Il faudra donc trouver ±50% d'énergie en plus tout en réduisant nos émissions de GES

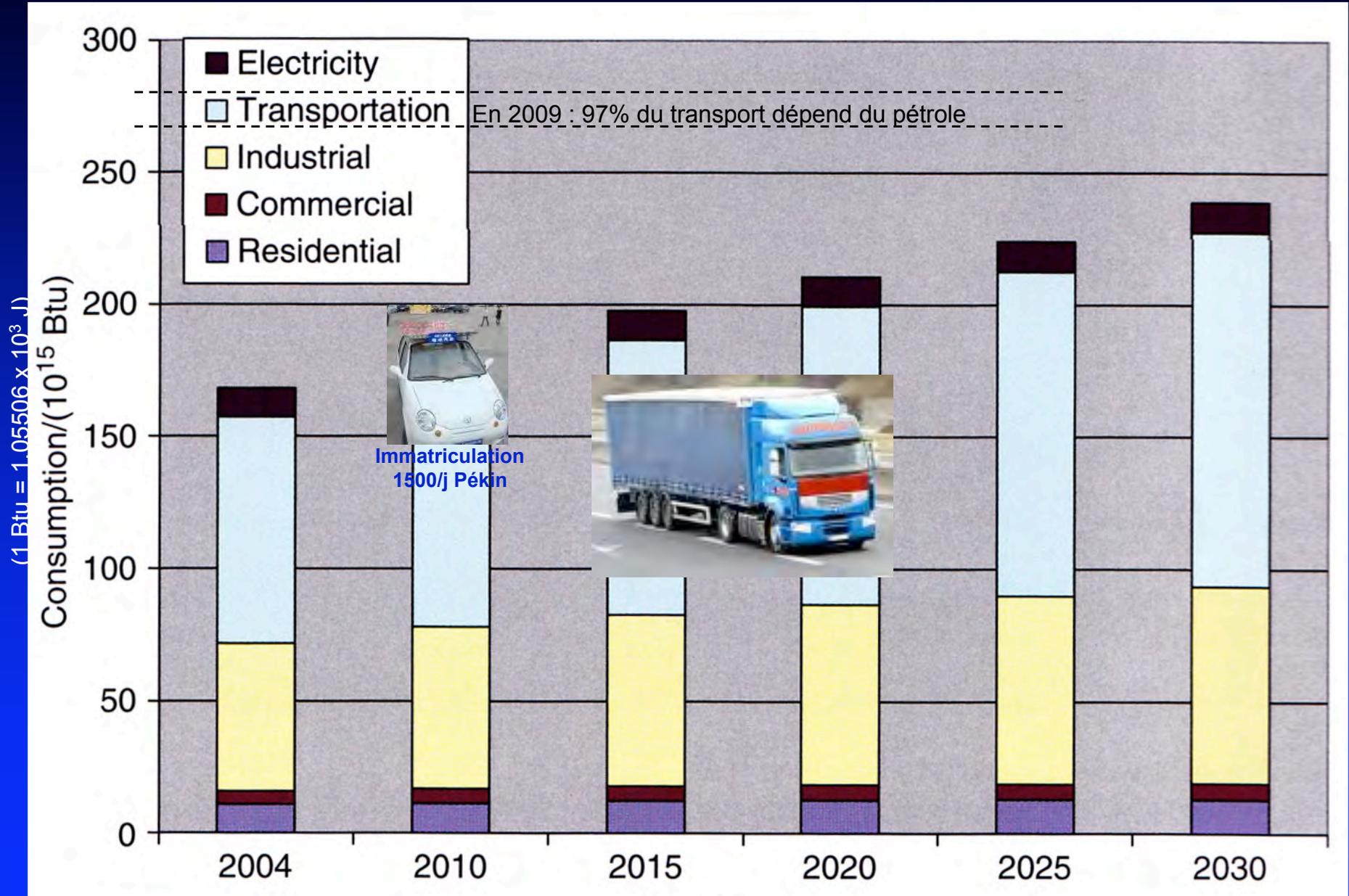
Chaque jour: 190 000 personnes en plus, donc ± 6 millions/mois!

ou encore ± la Belgique tous les 2 mois...

En 2050?, En 2100 ... ?



En 2009: seuls 2% de Chinois possèdent une voiture => 3,5 M voitures à Pékin sont à prévoir (auj 1voiture/minute à Pékin!)



Letcher 2009

En 2009: 476.194 voitures NEUVES ont été immatriculées en Belgique soit 1305/j (= -11% pr 2008) soit ±1voiture/min

...courte synthèse...



En 2003: consommation E mondiale = 12 TW
[soit l'équivalent de 12 000 réacteurs de 1 GW]
Prévision pour 2050: 24 TW, stabilisation?

Pour comparer, les 'RESERVES' [ordre de grandeur...] [=prouvées]

Pétrole $1200\text{TW}/24 = 40$ à 50 ans, Gaz $1200\text{TW}/24 = 50$ à 70 ans
Charbon $4800\text{TW}/24 = 200$ ans

Nucléaire à neutrons lents (U^{235}) = $3000\text{TW}/24 = 40\text{-}50$ ans C. Steffens, 2010 (com. pers.)+Areva, EDF

Nucléaire à neutrons rapides (U^{238} , Th^{232}) = $30\ 000\text{TW}/24 = 200\text{-}250$ ans

Fusion thermonucléaire deutérium-tritium: non maîtrisée, rentabilité?

quelques 10^3 ans, limitée par la quantité de lithium

Fusion thermonucléaire deutérium-deutérium: encore beaucoup plus difficile,

Utopique? [Il faut atteindre une T° de 100 millions de d° ...], quelques 10^9 ans!

Nb l'E totale émise par les réacteurs a augmenté de moins de 6% pendant les 10 dernières années (soit $< 1\%/an$, en comptant à partir de 2003)

Pour comparer, les 'Energies Renouvelables'

Hydraulique, Eolienne, Chauffage solaire, Photovoltaïque... = 10^9 ans
mais rendement énergétique ENCORE trop faible...



Aucune source d'ER ne peut A ELLE SEULE remplacer le pétrole à court (et moyen?) terme

> les partisans du nucléaire espèrent profiter de la lenteur du développement des ER et des difficultés croissantes des EF pour 'se relancer' [aussi sans effet de serre, mais avec déchets...]

en attendant = casse-tête énergétique

Une alternative TRES SERIEUSE

= SOBRIETE = Réduire la consommation d'E

==> association NEGAWATT www.negawatt.org

On pourrait diminuer jusqu'à 70% la consommation d'E par rapport aux tendances actuelles, dans nos pays!

?



?



2006



2006

en attendant = casse-tête énergétique
3à4 %

une alternative **RES SERIEUSE**



= SOBRIETE

25 %

ou 1/4 production mondiale

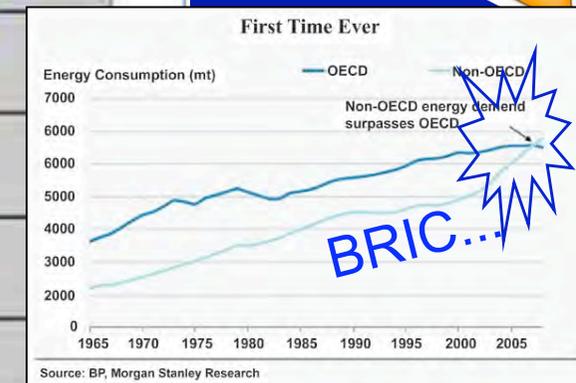
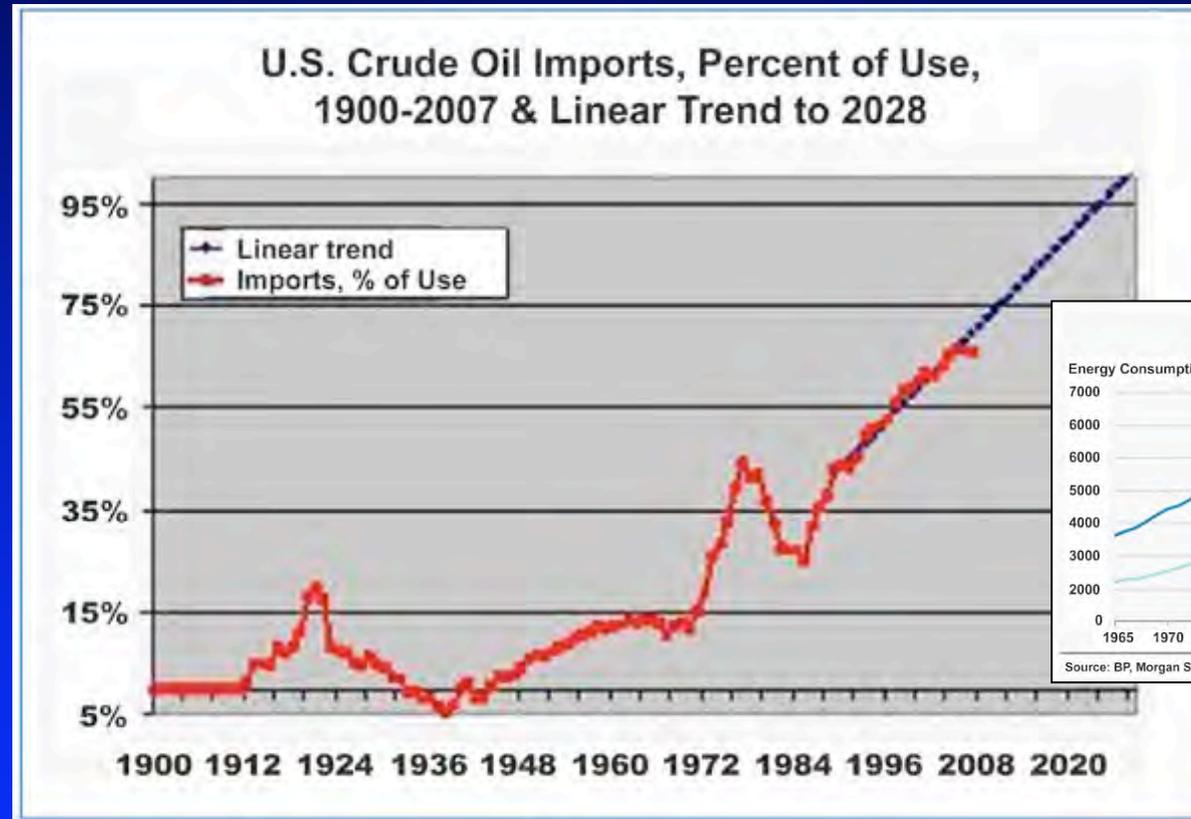
En 2008, 2009 les USA importent 60% de leur pétrole....

Le TOP10 des consommateurs de pétrole en 2008

Mbbl/d

USA	19,4
Chine+HK	8,3
Inde	4,8
Japon	4,8
Russie	2,7
Allemagne	2,5
Brésil	2,4
Corée Sud	2,3
Canada	2,3
Arabie S.	2,2
	49,7

$\Sigma \pm 85$



Même type de graphique pour la Chine depuis son décollage économique



En attendant = casse-tête énergétique

Population = Besoins en Energie

• Auj: nous consommons 3 à 4 bbl [1] pétrole pour 1 [5, 1960] découverts

- En dollars 2004 et de 1869 à 2004 prix mondial pétrole = 19,41\$ càd 'bon marché' (médiane = 15,17\$)
- en 2004: 3,5 milliards d'asiatiques ont consommé 20 millions bbl/j et les américains [293. 10⁶ hab] 22 millions.

En 2004: 1Américain 25bbl/an, 1Japonais 18, 1Européen 12, 1Terrien moyen 5, 1Chinois1,5 et 1Indien 1bbl/j

1 bbl = 1600 kWh

31 pays
16% Electr Mond



← **il faut 2000 réacteurs nucléaires 'actuels' pour remplacer 1/4 production actuelle de pétrole**

440 réacteurs dans le monde en 2005
Belgique :11 arrêtés et 7 en fonctionnement

En 2006: 20 centr en constr [2Eur, 4Chine, 6Japon, 8Inde]

En Chine2007: 15+5 ==> X2 en 2020

En 2009 (Monde): 200 centrales programmées ou proposées pour 2020

2 nov 2007



7 novembre 2007 : 98 \$ (NY, Singapour)

- déplétion (diminution production)
- demande asiatique
- tension géopolitique (Turquie/Irak)
- spéculation

...

**PAS DE CATASTROPHE CLIMATIQUE,
NI DE GUERRE(S) ...**

« grain de sable ».... >100\$
[seuil symbolique]
... 200 \$, 300 \$

*Que faire? ° sobriété ° transport....
En l'absence d'une vraie politique:
Riches >< Pauvres*

Ex: en 2001, question à V. Poutine
« avec abolition des subventions sociales que deviendront
tous les misérables (sic) empochant 30€/mois? »
Rép: « Ils mourront, monsieur, ils mourront ...»

Le baril à 100 \$, l'or explose

3 janvier 2008

- nouvelles violences Nigéria [premier producteur africain]
- Pakistan (assassinat Bhutto)
- Hiver froid USA (chute des stocks)
- Pas d'augmentation production OPEP [sinon diminution rentrées financières]

*nb 21 fév 2008: 100,10 \$ 'durablement'?
26 fév 2008: 101,40 \$ 'durablement'?
28 fév 2008: 101,45 \$ 'durablement'?
7 mars 2008: 105,42 \$ 'durablement' ?*

'rien
de
spécial'

3 janv 2008

La Libre Belgique

Evolution comparée du dollar US et du pétrole WTI



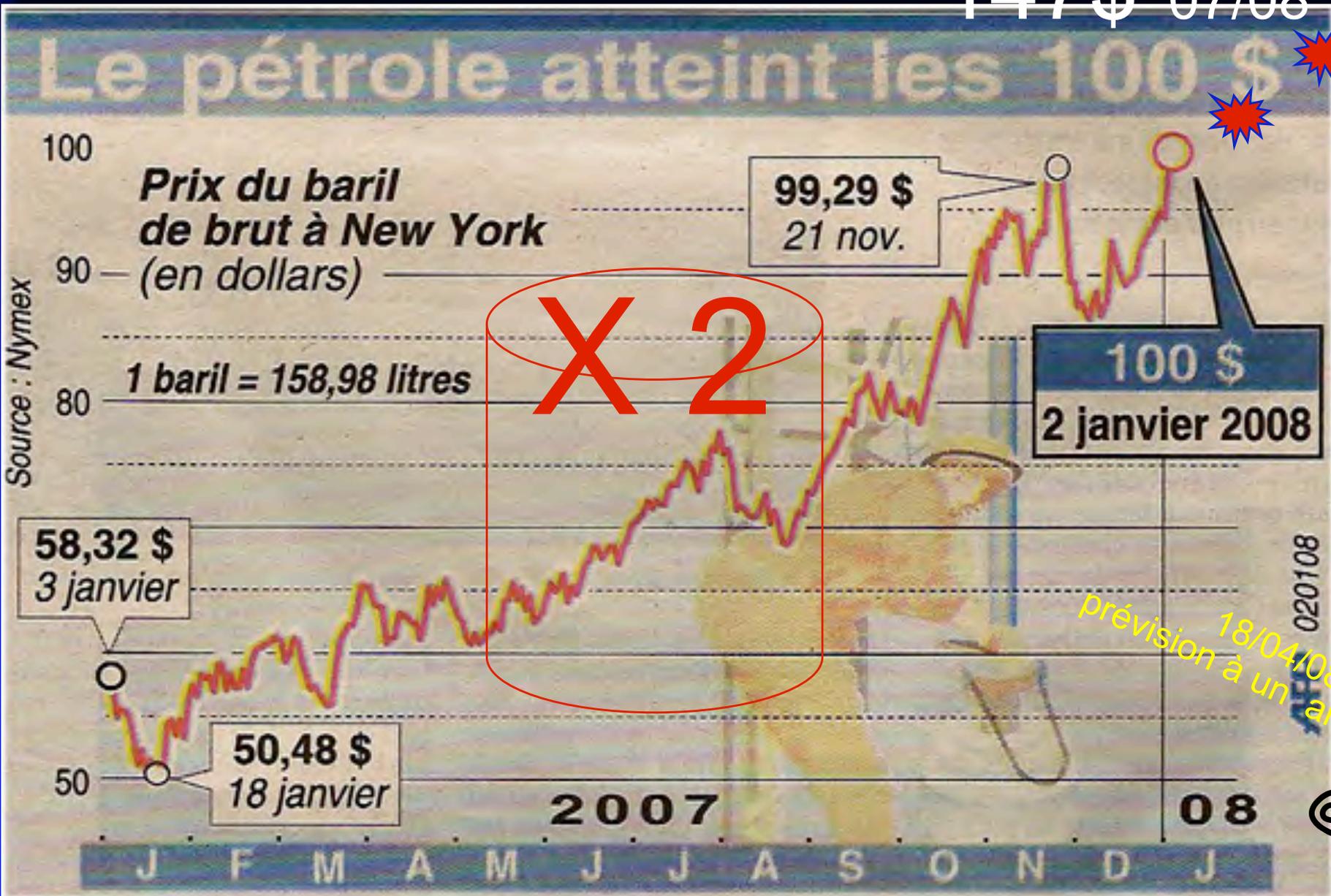
Les Echos 3.01.08

3 janv 2008

La Libre Belgique

147\$-07/08

prévision à un an: 132\$
2/03/08

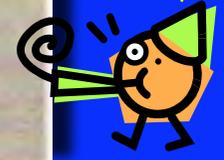


X2



±45\$

prévision à un an: 149\$
18/04/08



±45\$

Les prévisions du 3 janvier 2008 ... se sont avérées ...

ERRONEES



PREAT A Uib, Waterloo 01.2010

C Maund 2008

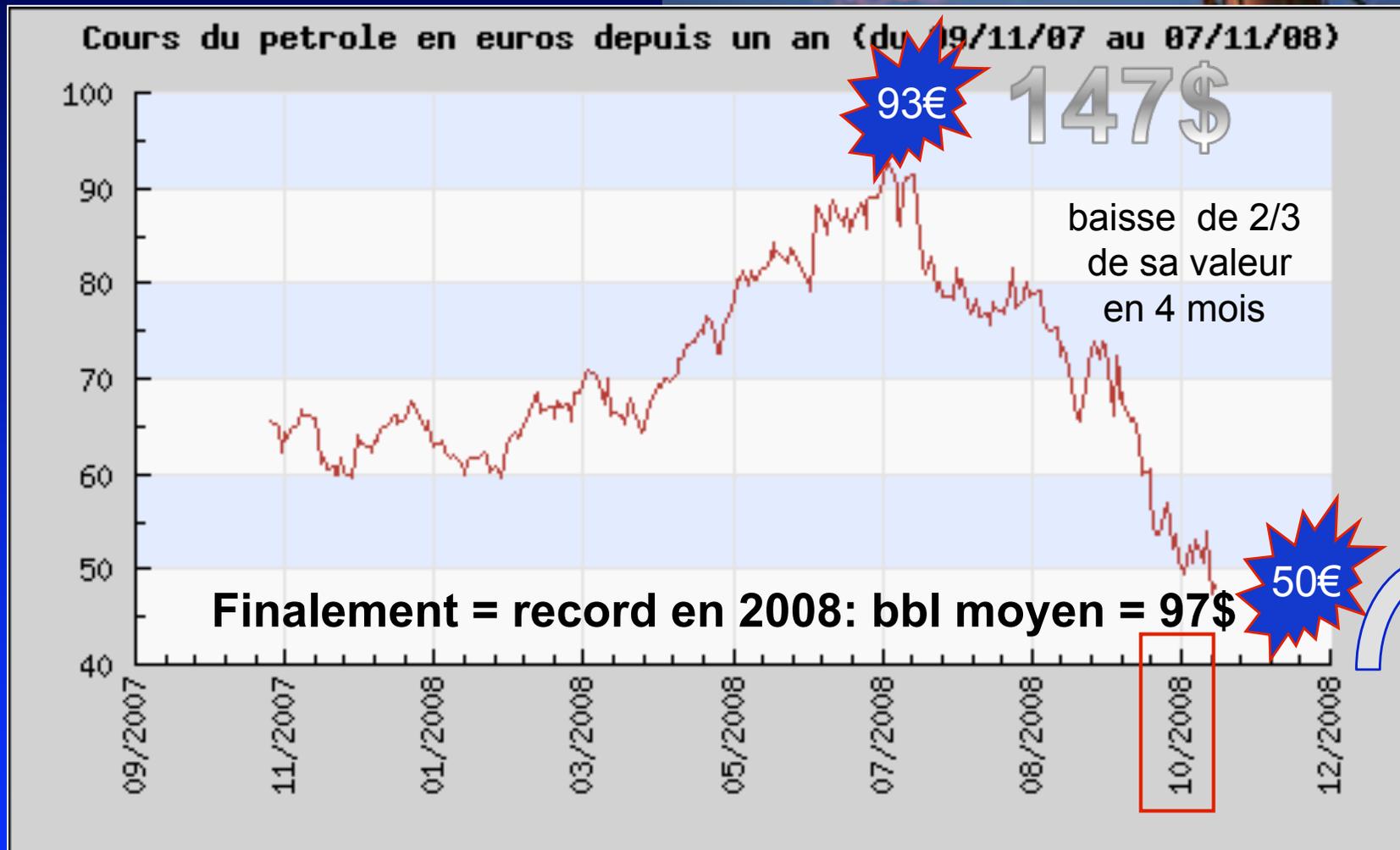
Ici **baisse** du prix **MALGRE** ouragan 'Gustav', conflit russo -géorgien

Les marchés 'estiment' que le ralentissement économique (**CRISE FINANCIERE...FORTIS etc.**) va entraîner un tassement de la demande et que les prix du bbl ne peuvent que baisser à court terme

50

Les prévisions du 3 janvier 2008 ... se sont avérées ...

ERRONEES...



50\$

± 35\$ - 40\$
début 2009

La demande de produits pétroliers a baissé de 7,1% aux Etats-Unis sur les quatre semaines (octobre) par rapport à l'année précédente

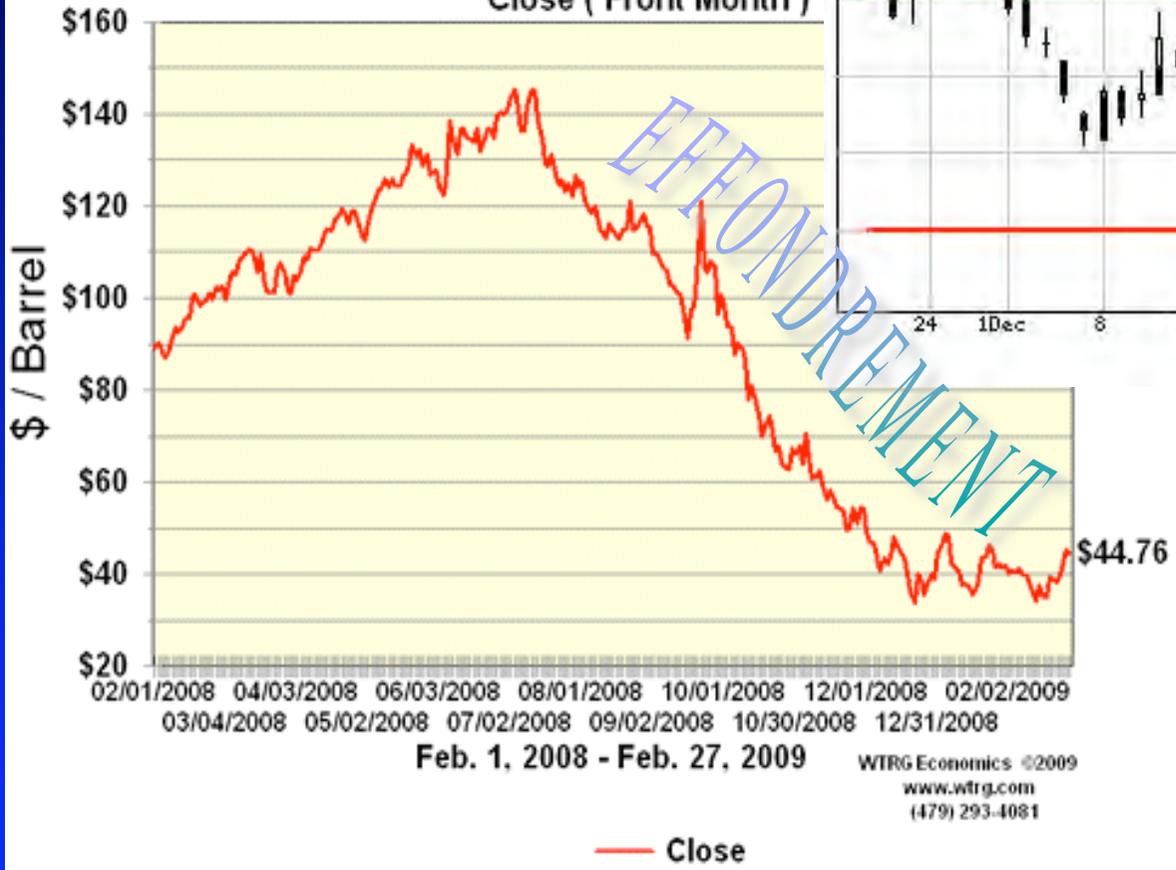
OPEP: diminuer rapidement les quotas.... ?



début 2009 = 'couloir' 35-50\$

(court terme 1-3 mois)

NYMEX Crude Oil Future
Close (Front Month)



The severance of \$ 35 is "possible" and not "probable."
This breakdown of \$ 35 would result in a decrease
in the area of \$ 20 a barrel. Ultimately this would have a
devastating effect on the long-term production.
(Thomas Chaize, 18 Feb 2009)

Cela n'est pas arrivé ==> nouveau couloir 80\$ à?100\$
(+ spéculation:: Déc 2008 1bbl = 33\$, Nov 2009 = x2)

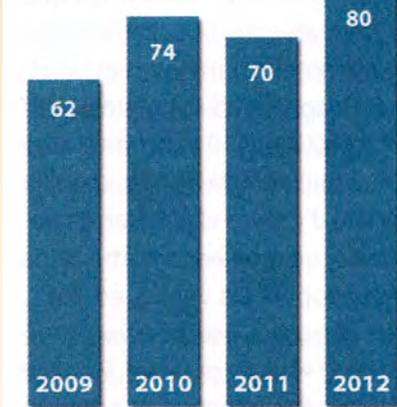
fin 2009 = 'couloir' 80- ?100\$

Daily Cushing, OK WTI Spot Price FOB

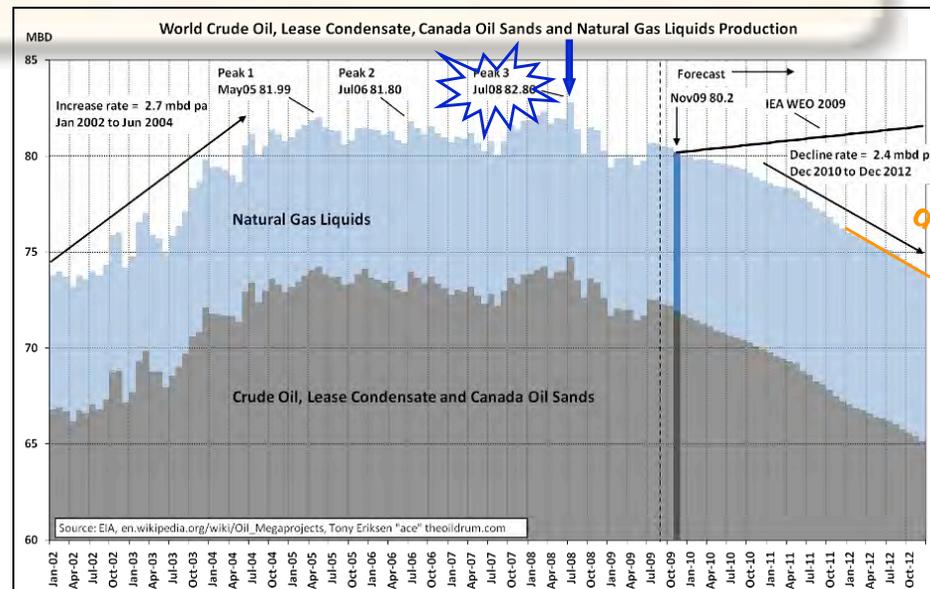


Source: U.S. Energy Information Administration

Prix du pétrole (en dollars par baril)



The Economist-Trends déc 2009



baisse de 2,4 Mbbi/j



(07 Janv) 2010: 83\$ soit +80% en un an...



- froid (-1°C = 5% E)
- 'reprise économique'
- repli € vs \$

VOLATILITE DES PRIX : court terme

1997 /1998 1bbl = 9\$

Fin 2007 1bbl = 100\$

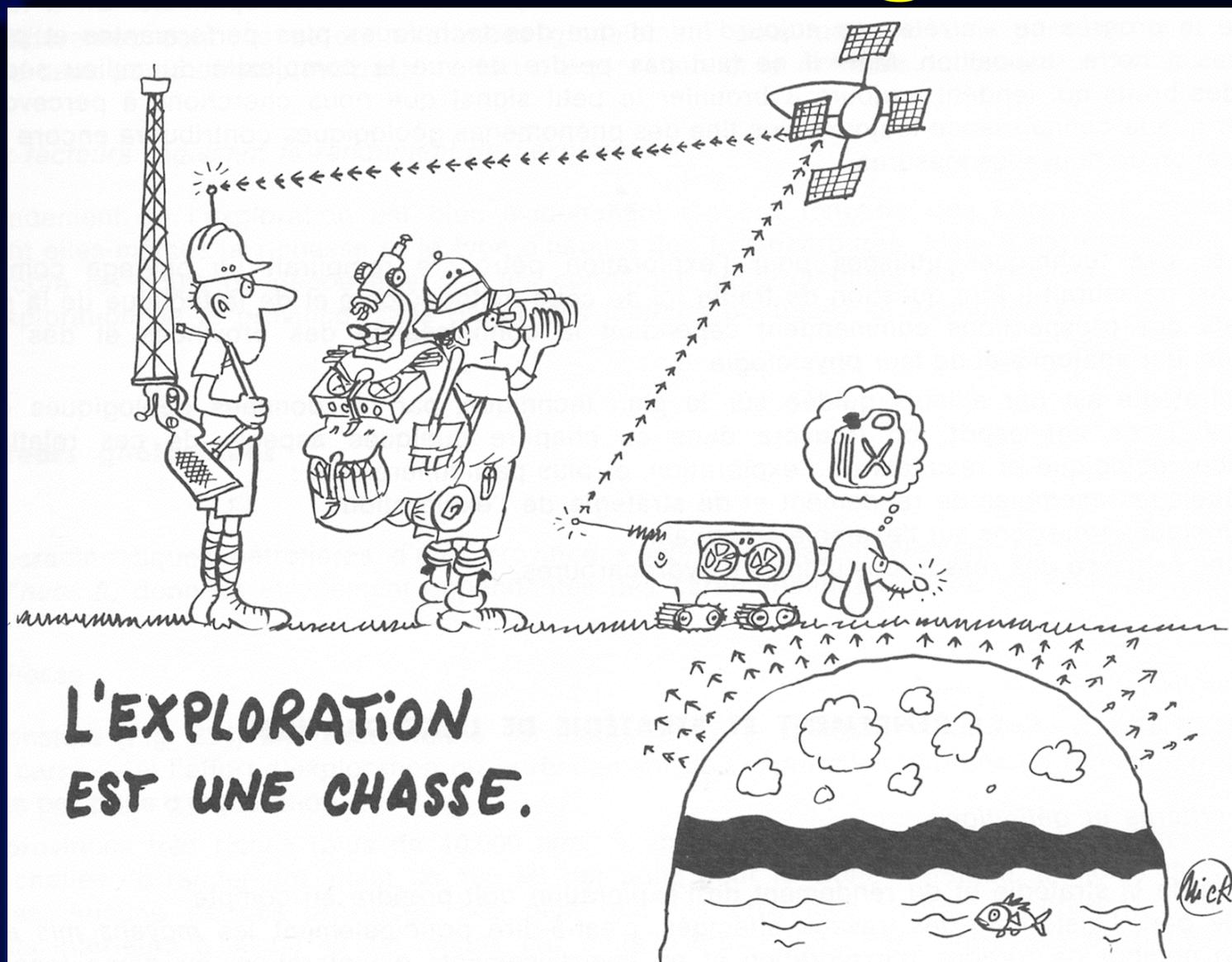
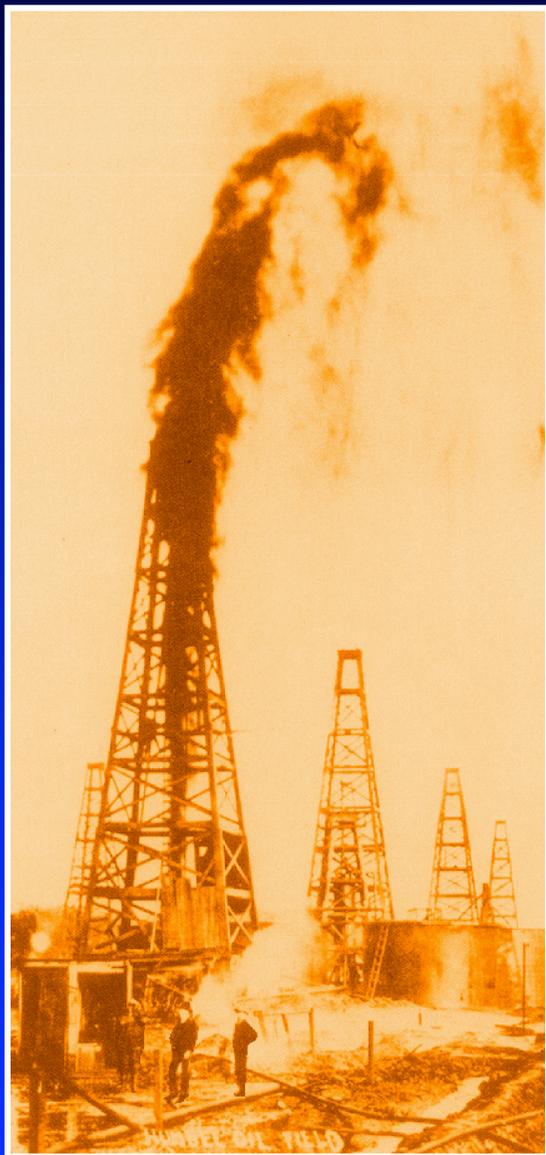
Consommation x11?, Production :11?

= spéculation (transactions financières = 15x transactions physiques)

= crise asiatique (augm prod et baisse demande) >< hausse demande et menaces approvisionnements

[Irak, difficultés loupes, instabilité Venezuela et Nigeria]

La Recherche de l'Energie...



**L'EXPLORATION
EST UNE CHASSE.**

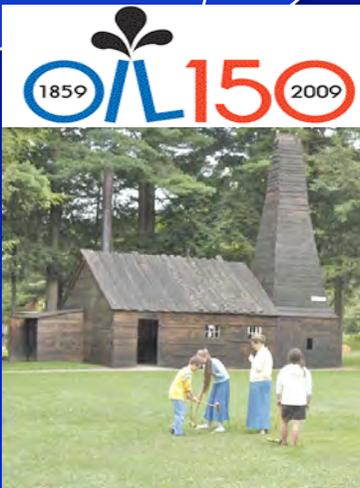
Perrodon 1985

Réserves=Incertitudes Géologiques, Technologiques et Géopolitiques

Réserves = Incertitudes Géologiques...

Reproduction d'une gravure représentant le forage
du 'colonel' Drake à Oil Creek, 28/08/1859

28-08-1859



mort pauvre en 1880 après
avoir spéculé sur le marché pétrolier...



Venue d'huile de très bonne qualité à 70 pieds avec un
débit variant de 10 à 25 barils/jour (1,6 à 6,5 m³/j) et 300t en 1859

...le 1er juin 1860: 19 puits sur Oil Creek + 8 sur deux autres sites et 25 000t en 1860

Le Brut - "L'Or Noir"

Le 'pétrole' entre en composition essentielle dans près de 300 000 produits (pétrochimie = 8%)
Le brut est exploité à partir d'environ 70 000 gisements d'hydrocarbures



Light Texas Crude
Palo Pinto Field
North Texas

Heavy Texas Crude
Humble Oil Field
Southwest Texas



Brent : Eur-Afr
Dubai : Asie
WTI : Am
+
...



'léger'

'moyen'

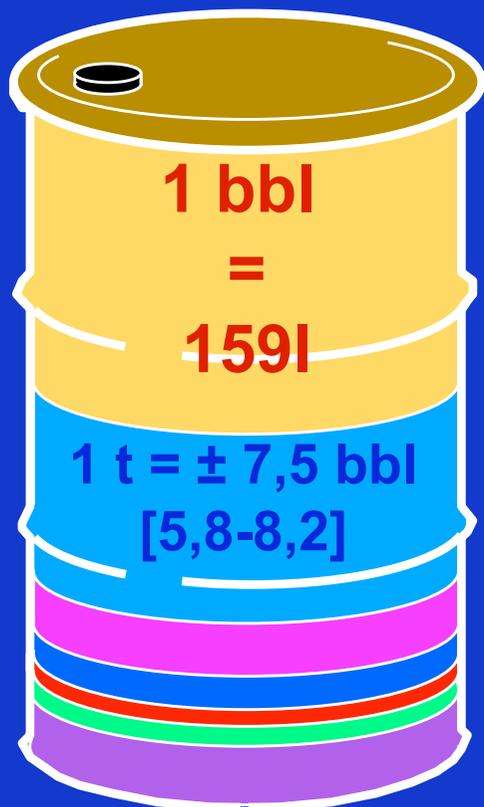
'lourd'

'extra-lourd'

depuis

2006 - ± 85 M bbl/j
(75 c + 10 GL et Tar sands)

= travail 22 G esclaves pdt 24h



2007 : 85,8 soit 1M bbl/j en PLUS
dont 0.7Asie (avec 0.3Chine)

2008: 87,8 M bbl/j jusque juillet 2008
(finalement 82,7)

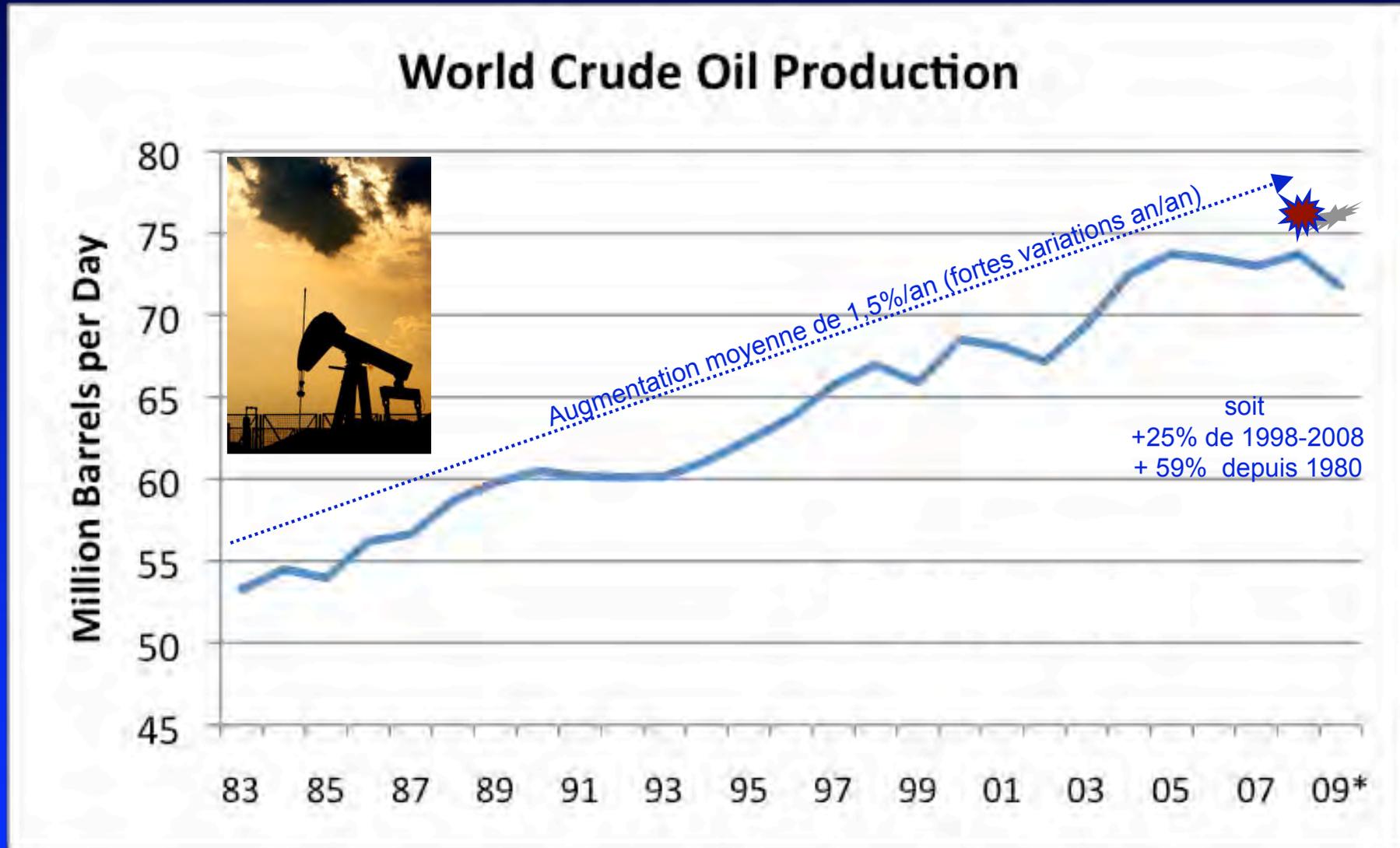


= 1000 bbl/sec

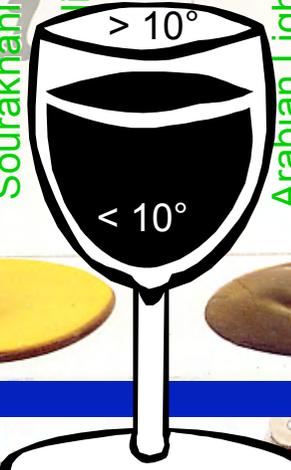
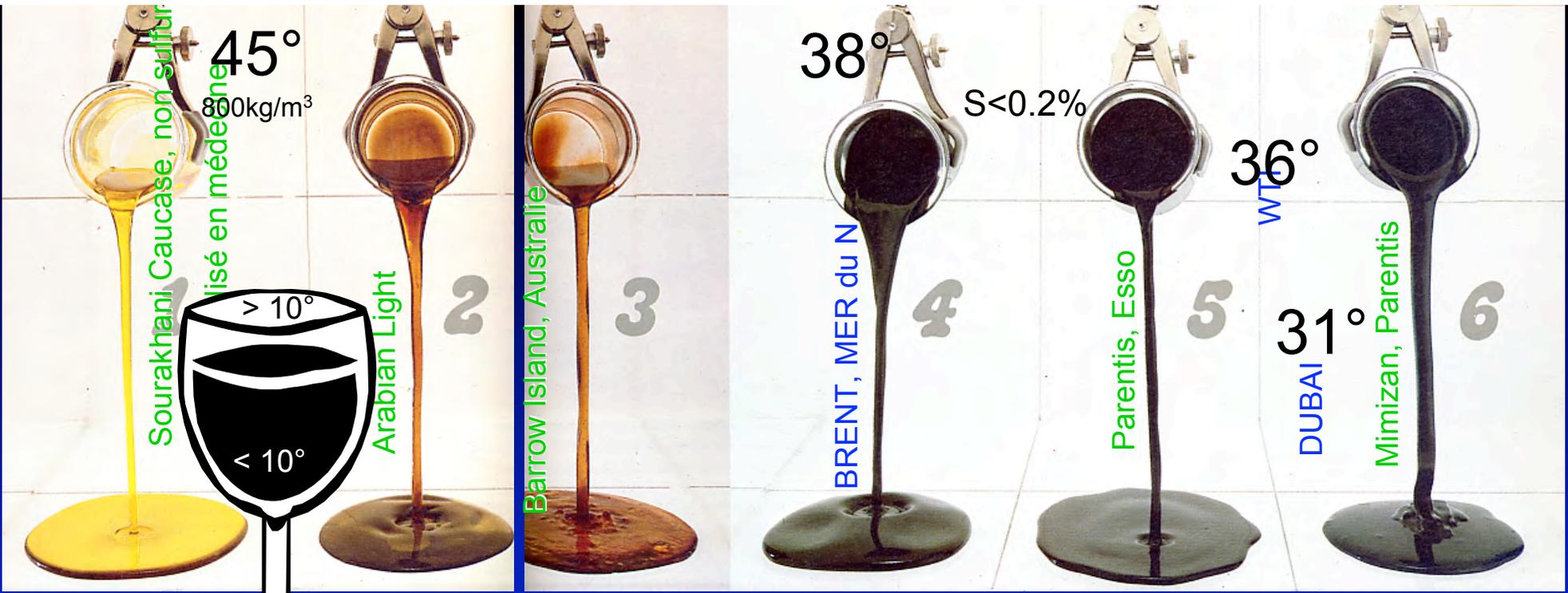


soit 5500/j
ou 550/conf

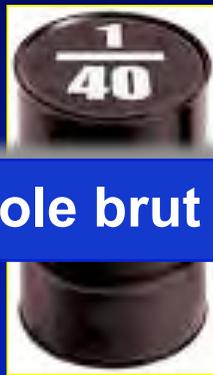
Sept-Oct 2009 : après une stagnation (crise 2008/09), la production augmente de 630 000 bbl/j donnant 85,6 Mbbli/j (données IAE 2009) [72,5 crude oil ou brut + 8,2 NGLs +4,9 tar sands, oil shales , CTLs, biofuels...]. La production de brut n'a toujours pas atteint le record de Juillet 2008 [74,7 Mbbli/d +NGLs + oil nc]



Z O X X M M C Q M E H O H C R B



Organigramme simplifié du raffinage du pétrole brut pour la production de carburants



Pétrole brut

épuration

distillation

Sels (qq g à qq kg/tonne)
Soufre...
...



Les Etats producteurs exportateurs ne raffinent que très peu

1. USA 20,1% mondial soit ±850 millions de tonnes (2004)
2. Chine 6,9%, 3 Russie 6,4%, ... 9. Arabie Saoudite 2,4%

Les capacités de raffinage sont utilisées auj (2007) à leur maximum [92%] et ne suivent donc pas le rythme de la progression pétrolière
2003-2004: 0,8% >< 4,4%
==> ouragan Katrina ...

nb investissement raffinerie stoppée depuis 1976 aux USA!
[une raffinerie moderne de gde capacité = 2,5 milliards de \$]

nb pétrochimie: 900 à 2000°C

Incertitudes Géopolitiques

RAFFINAGE

Usa96%, Monde92% [2006]

TRANSPORT MARITIME

- 7200 supertankers sous pavillons de complaisance [5 états possèdent en tonnage 50% de la flotte pétrolière mondiale]
- fort vieillissement de la flotte pétrolière
- ?pénurie des tankers vs demande pétrolière croissante



- En 2007-2008, l'écart entre la capacité de production et la demande est d'environ 2 %
 - > 'grain de sable' =cyclone, =troubles (au Nigéria...) etc.
- 85% de la production mondiale = **Compagnies NATIONALES**
 - Refus d'investir ... car pas d'incitation (l'argent rentre de toute façon)
 - 80 % plates-formes 'rouillées' (pas d'entretien quand le bbl était bas....)
- 500 rigs à refaire = investissement de 250 G\$(+ prix du Fe)
- goulets d'étranglements transport maritime ('accident', crises...) = détroit Ormuz etc.

Incertitudes Géopolitiques

RAFFINAGE

Usa96%, Monde92% [2006]

TRANSPORT MARITIME

- 7200 supertankers sous pavillons de complaisance



15 nov 2008: piraterie en Somalie-Yémen sur supertanker saoudien Sirius Star [Aramco, immatriculation Liberia]

- 2 millions bbl soit 250 millions US\$ (y compris prix tanker de 150M) = 1 journée consommation France
un supertanker = 3X surface terrain football (=330 m L et 3x le poids porte-avion)

du 1/1 au 15/11/2008: 219 bateaux détournés

- allongement des routes maritimes et augmentation prix bbl

Incertitudes

SARAH...ATIONA

HYDROCARBURES

Bitumes

du latin bitus

ou Confusions

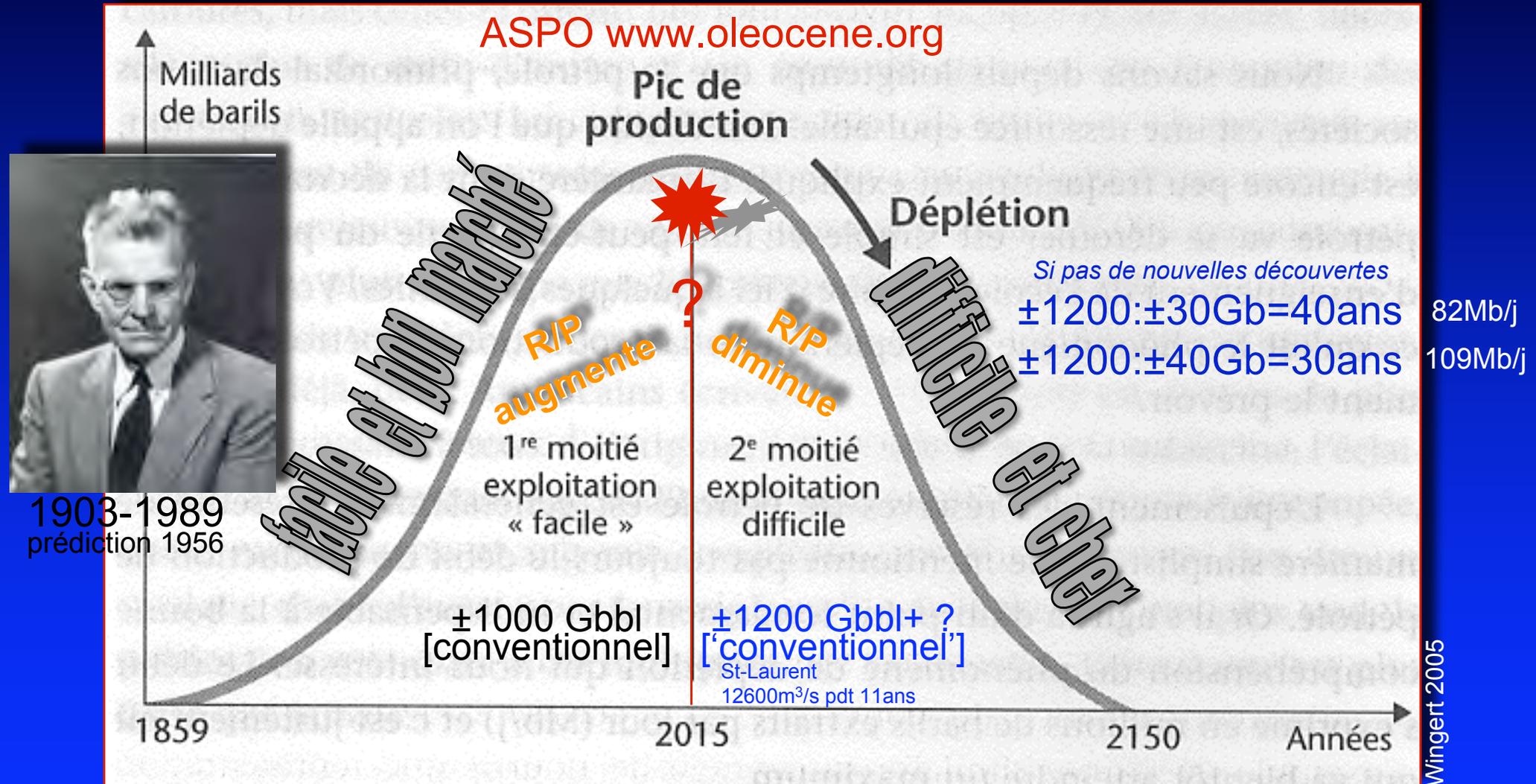
= bois résineux

Les bitumes ne sont pas des 'sables bitumineux'!
Les bitumes sont produits par raffinage du pétrole, ce sont donc
des **RESIDUS** du **RAFFINAGE**

... ne pas confondre avec

- *les schistes bitumineux ou 'oil shales, bituminous shales'
[Wyoming, Colorado -USA, Orénoque -Brésil]
[= pétrole 'jeune' -il n'y a pas de bitume!, ni tjrs de schiste!!]*
- *les sables asphaltiques ou huiles extra-lourdes [Venezuela] et
les sables bitumineux ou 'tar sands' [rivière Athabasca, Canada]
[= oxydation bactérienne] et consistance 'Nutella!'...*

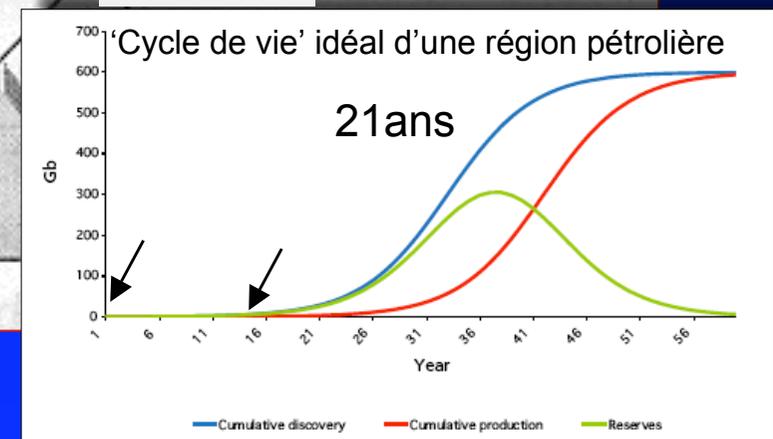
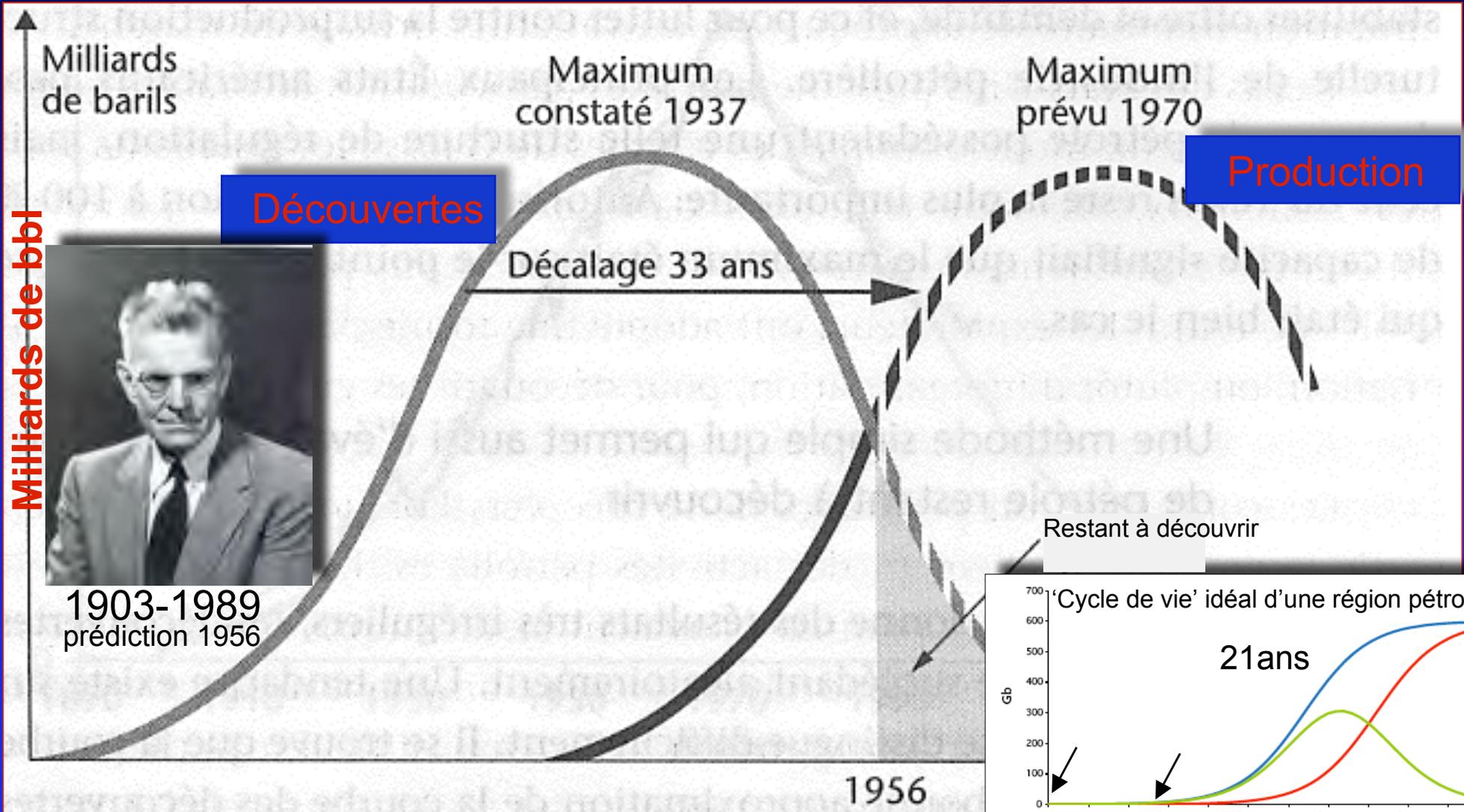
COURBE DE HUBBERT: CAS SIMPLIFIE DE LA COURBE DE PRODUCTION MONDIALE DE PETROLE c



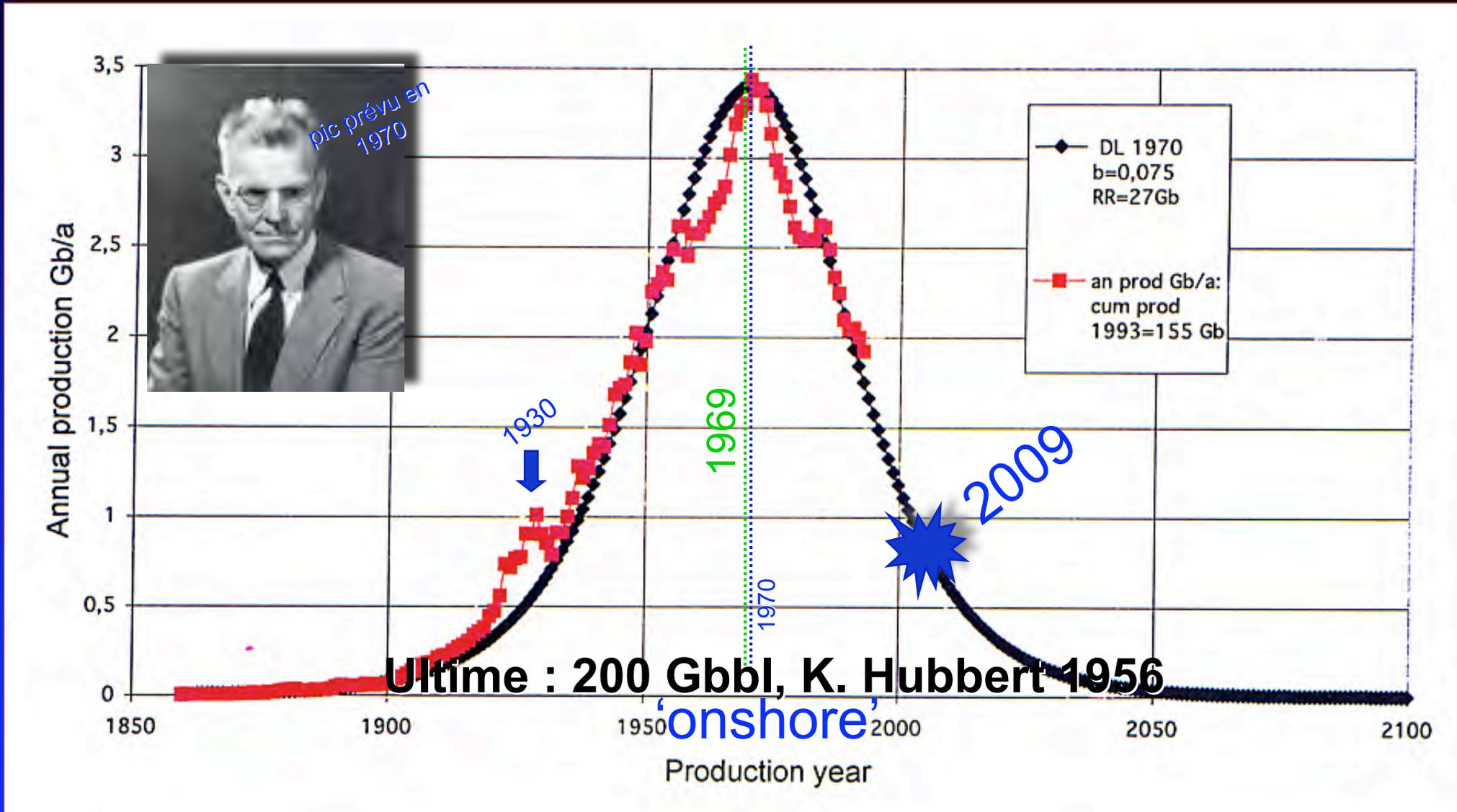
Réserves disponibles au terme d'une année (Gt, Gbbl...)
Production au cours de cette année (même unité)

PRINCIPE DE LA THEORIE DES COURBES DE HUBBERT POUR LES ETATS-UNIS [48 ETATS]

[Données simplifiées à l'extrême]

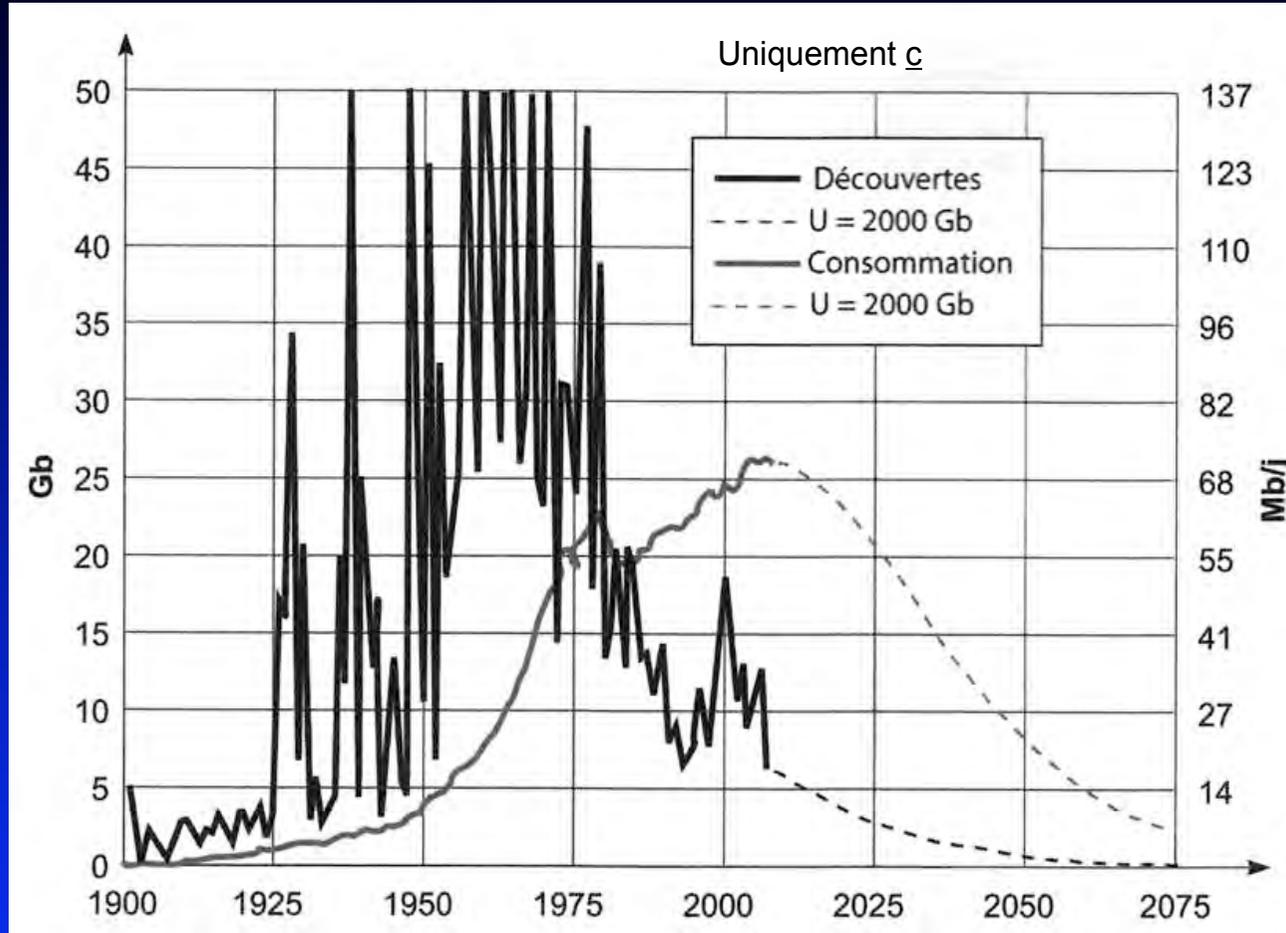


48 Etats US: Courbe de Hubbert (en 'cloche'), modèle de déplétion



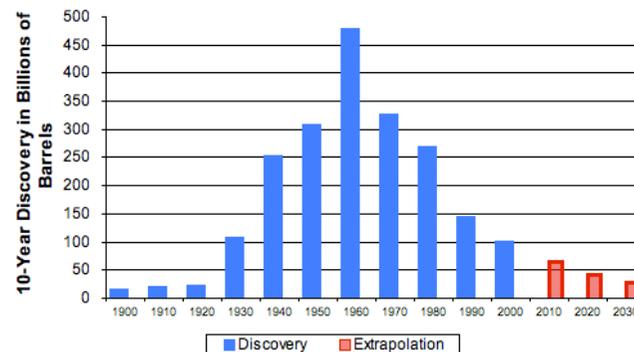
Nb pic des découvertes USA: 1930' => bbl = 4 cents < eau potable

Auj: nous consommons 3 à 4 bbl [1] pétrole pour 1 [5, 1960] découverts



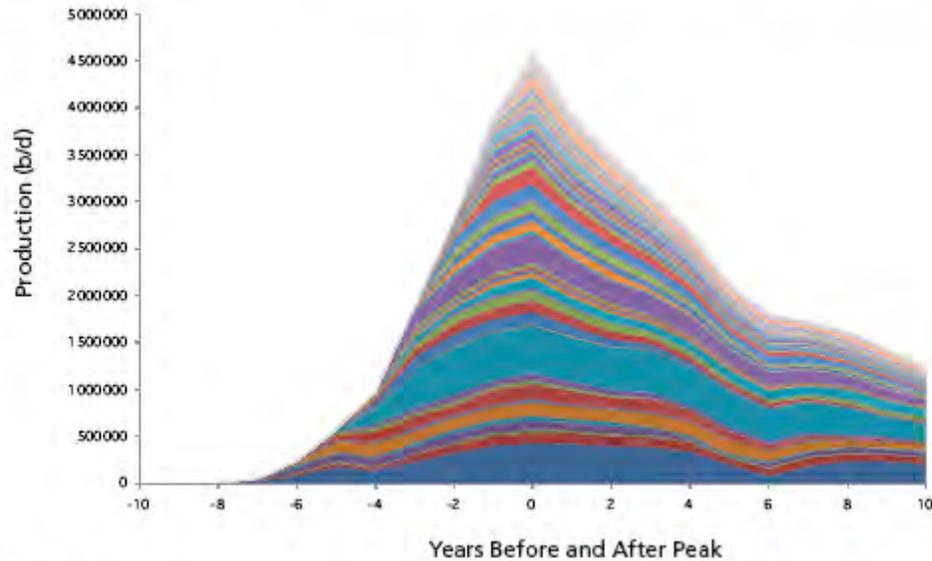
Laherrère, Wingert 2008

Oil discoveries have been declining since 1964

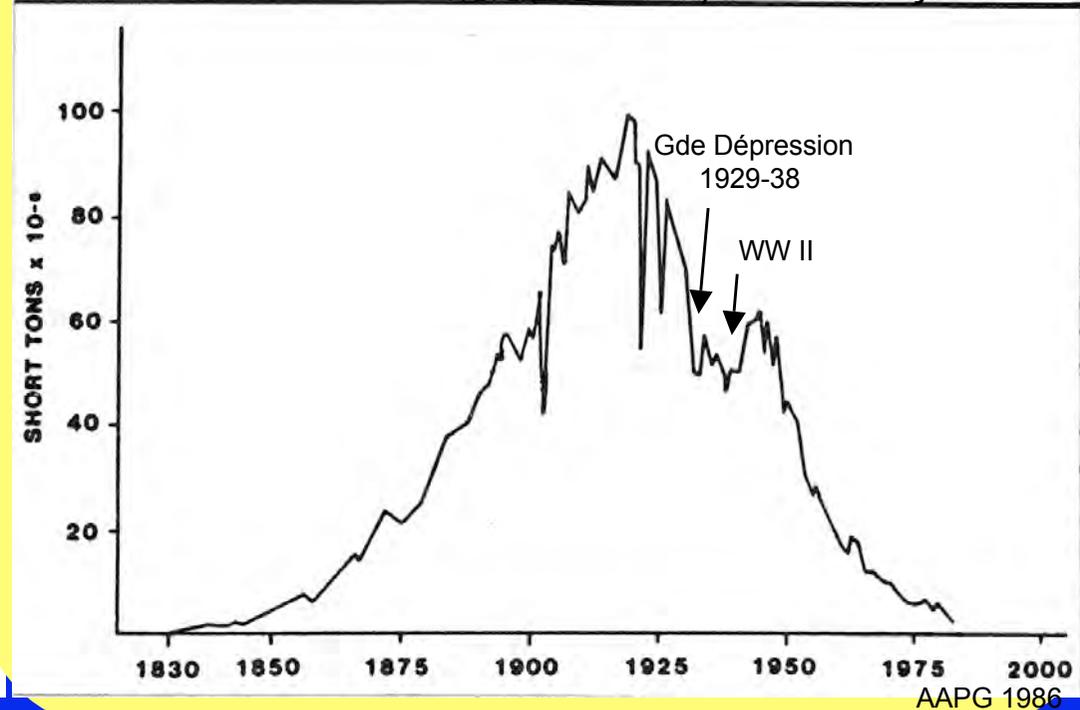


Note: World oil discovery over 10-year periods, by Association for the Study of Peak Oil and Gas.

Production des champs UK, offshore, pic = 1997



Production d'anthracite (charbon) en Pennsylvanie



Déclin global des champs (échelle mondiale): $\pm 4\%$ par an (récupération primaire) = perte de 3Mb/j

Récupération primaire moyenne: 34% + 5% (II, III) ==> 50% en 2030?

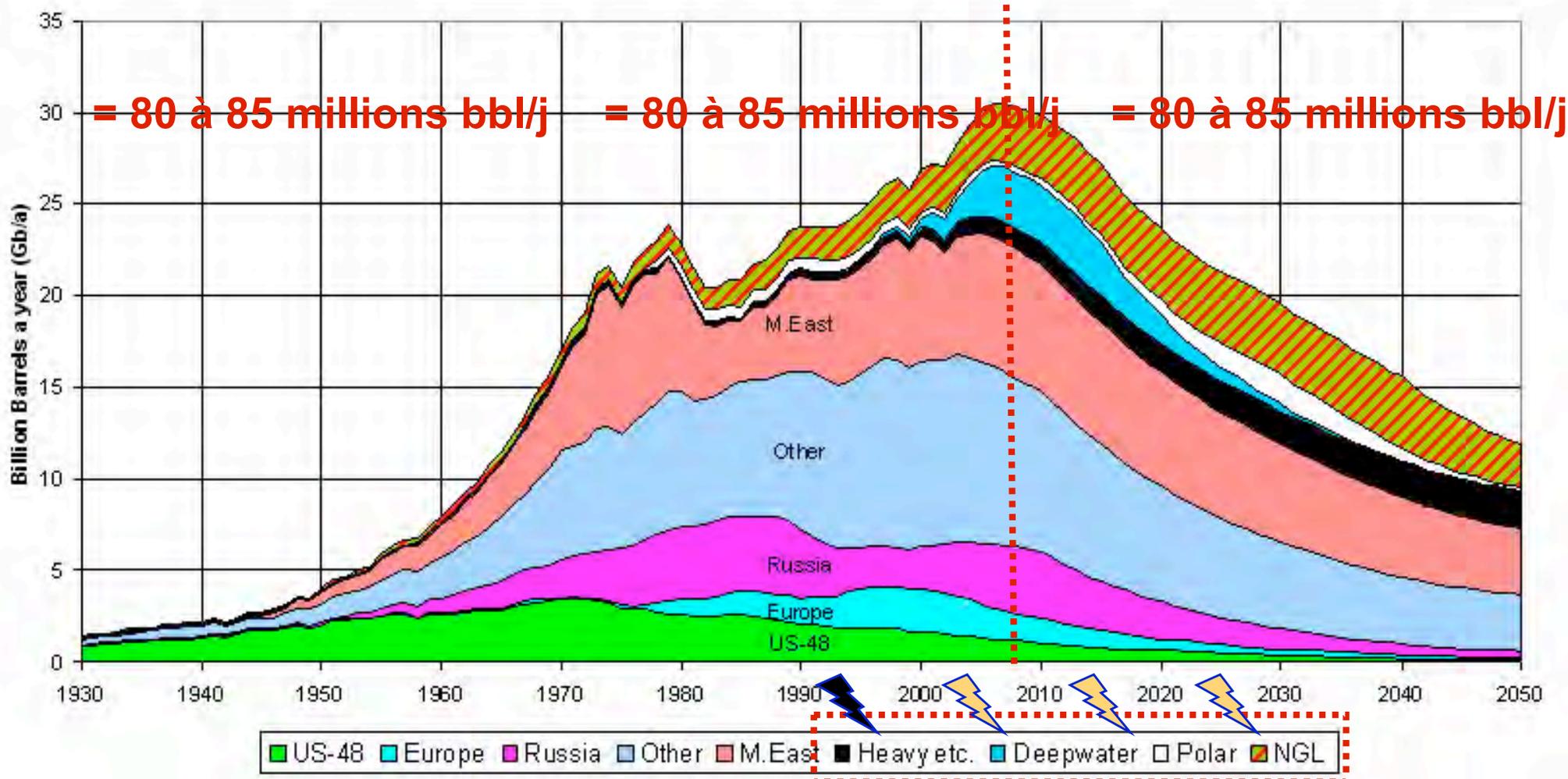
En période post-pic, le déclin est de 6,5% par an et sera de 8,5% à partir de 2030 (IEA 2008)

ULTIMES: 6000 (...) G bbl c et 7000 G bbl nc

<http://www.peakoil.net/>
OIL AND GAS LIQUIDS
2004 Scenario

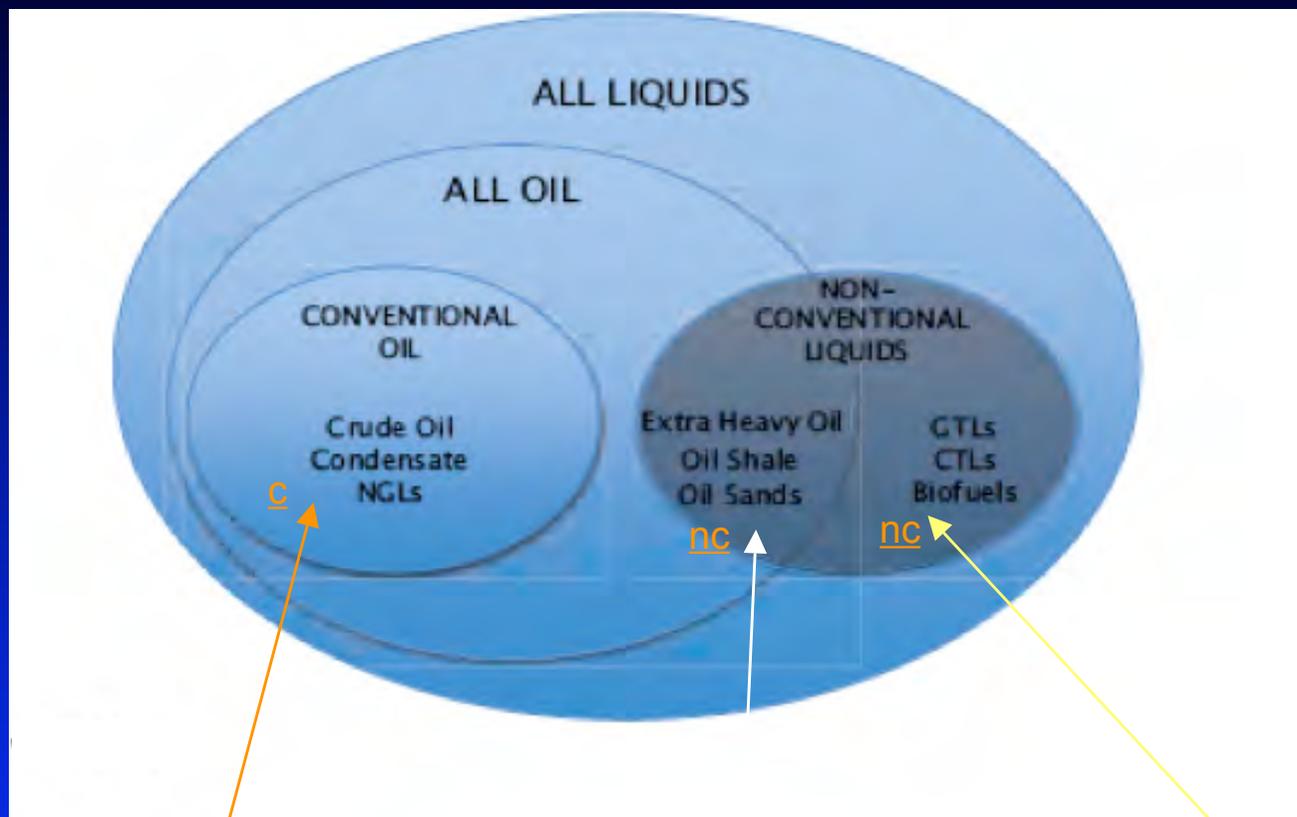
38Gb

IEA 2008 prévoit 104 Mb/J en 2030...



Nb NGL = Gaz Naturel Liquéfié [-160°C pour le méthane] 'Revaporisation': 1m³ = 600 m³

ULTIMES: 6000 (...) G bbl c et 7000 G bbl nc



IAE 2008



Crude Oil : brut (mélanges HC)

Condensate : huile très légère (C_{5+}) se condensant à partir de gaz naturels (p,T surface)

NGLs : HC légers liquides associés au gaz naturel (méthane-éthane, propane, butane)

Extra Heavy Oil : brut avec un d° API $< 10^{\circ}$ (gravité): très visqueux, injection vapeur

Oil Shales : schistes bitumineux (kérogène), doivent être pyrolysés ($>400^{\circ}\text{C}$)

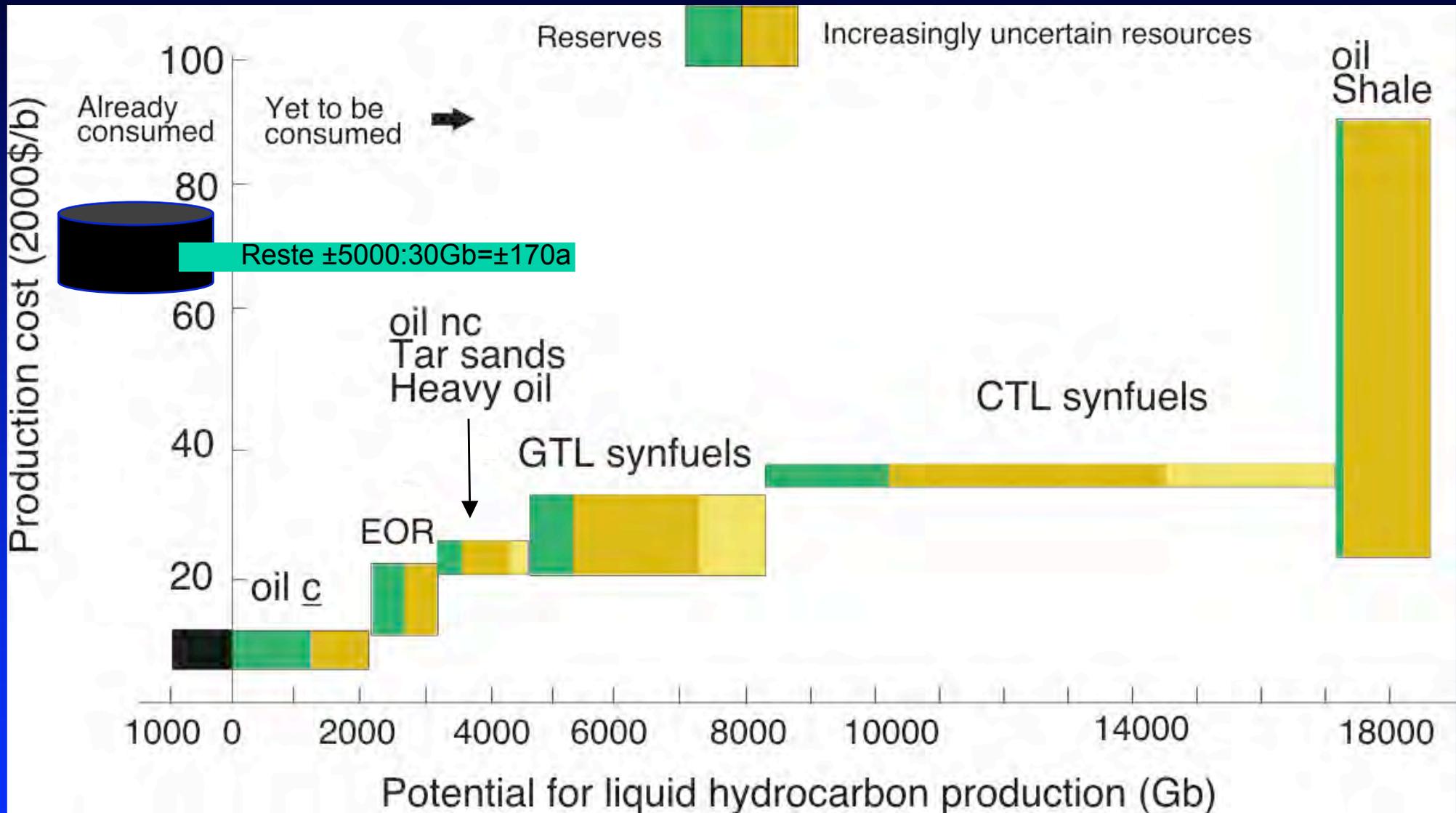
Oil Sands: grès imprégnés d'huile extra-lourde ou lourde, 'mining' et procédés = syncrude

CTLs : fuel synthétique liquide obtenu par gazéification du charbon suivi par procédé Fischer-Tropsch

GTLs : fuel synthétique liquide obtenu par liquéfaction du méthane (Fischer-Tropsch, 1923)

Biofuels : fuels synthétiques obtenus par la biomasse (bio-éthanol, bio-diesel)

ULTIMES: 6000 (...) G bbl c et 7000 G bbl nc

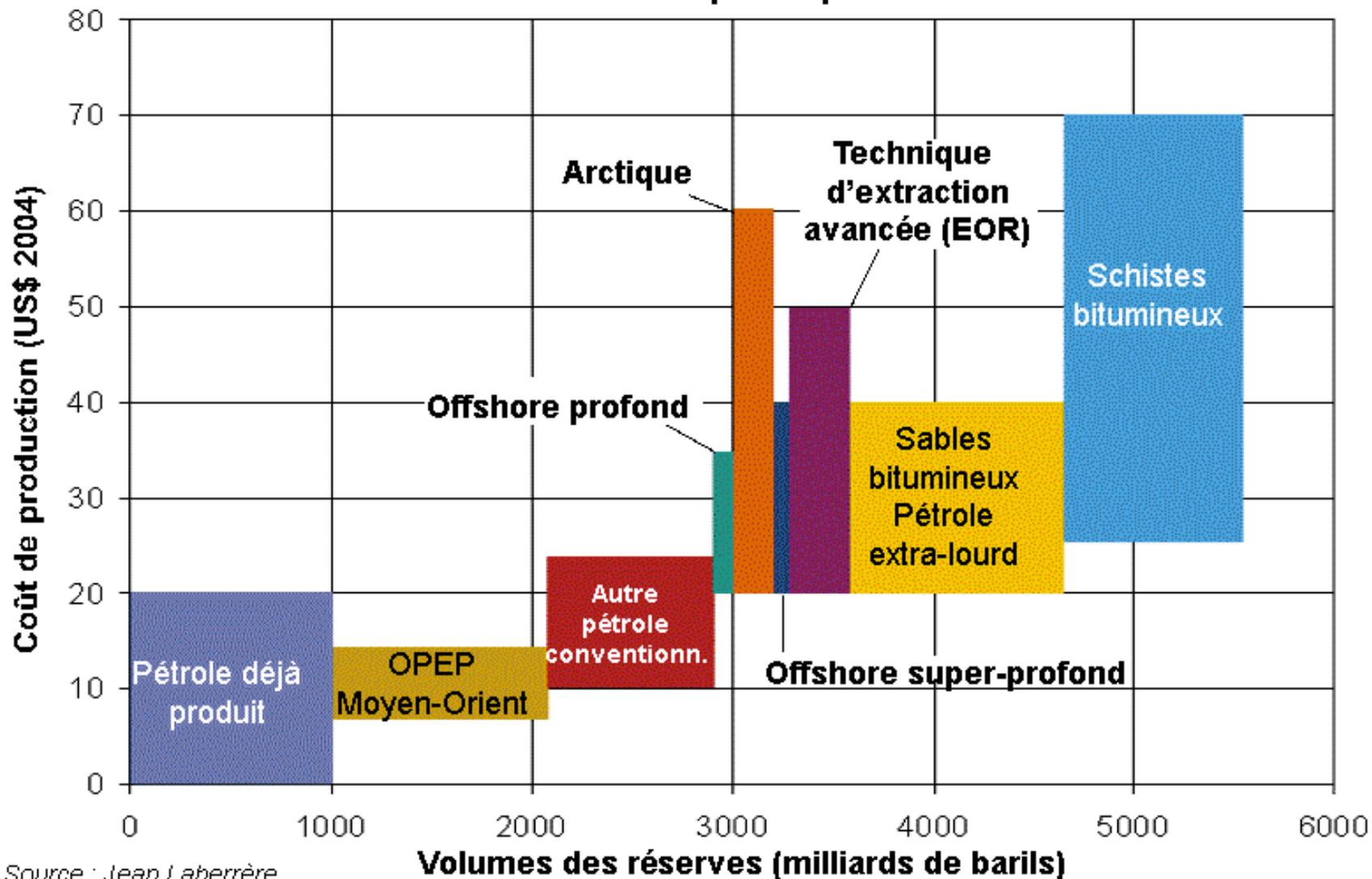


Farell and Brandt 2006

- . No clathrates (no reliable data)
- . GTL and CTL = maxima (no other purposes for gas and coal)

ULTIMES: 6000 (...) G bbl c et 7000 G bbl nc

EIA (2005) : d'énormes réserves de pétrole sont disponibles à des coûts économiques supérieurs



ex:

pétrole
lourd ou
sables
bitumineux
du Canada
= 1750 Gbbl
dont aujourd'hui
10% = réserves

1,8 Gb déjà
produits en 2007

déjà exploités
en 1930'

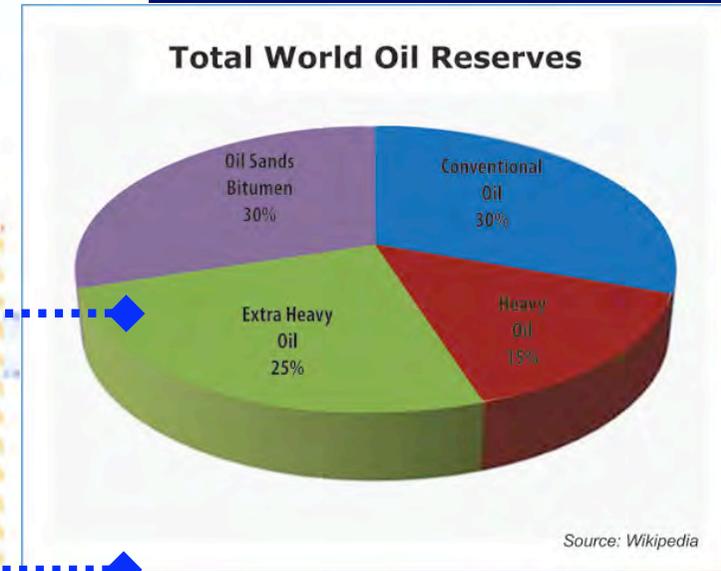
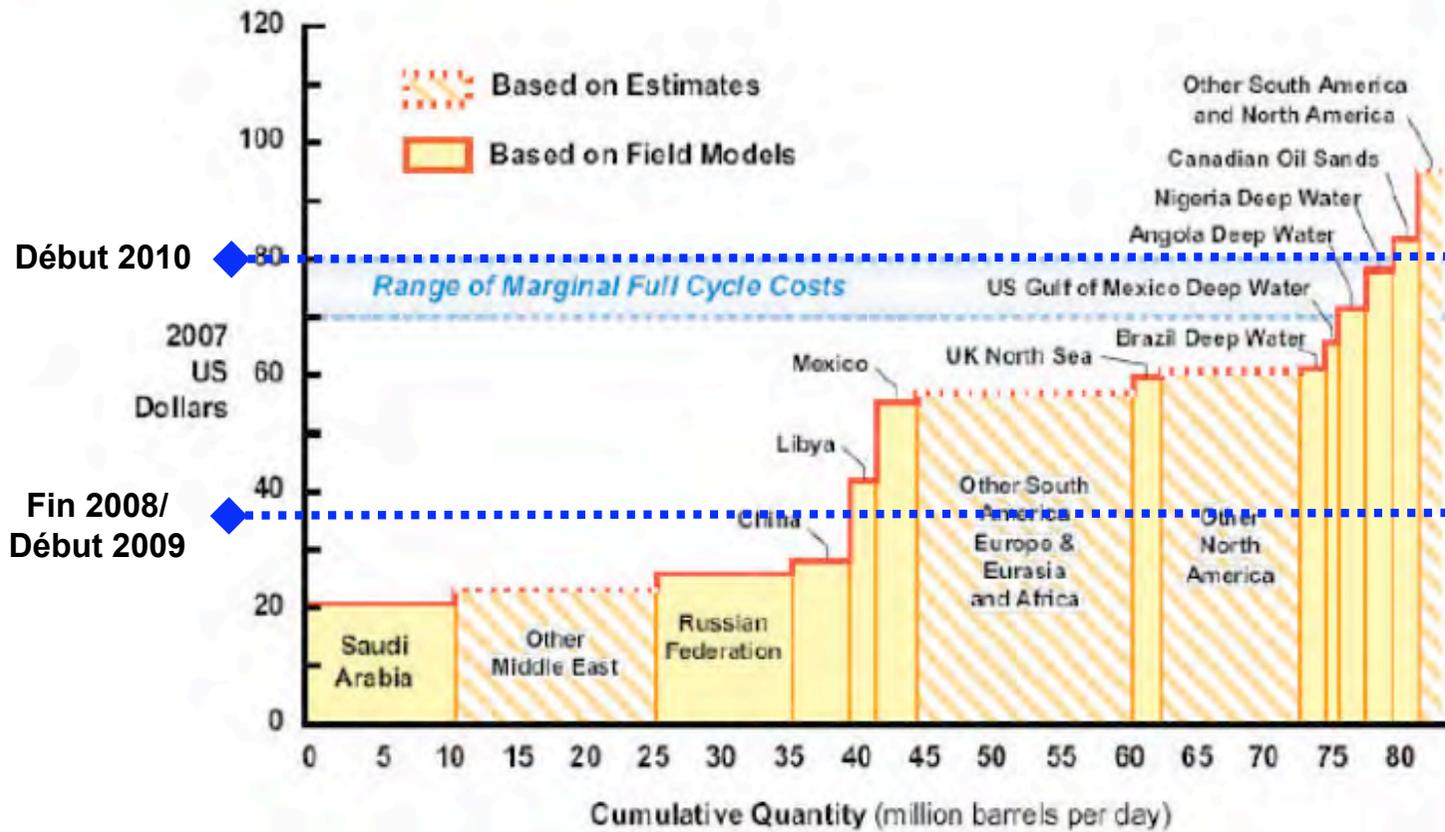
Source : Jean Laherrère

différent de ressources!
Ici = ± ultimate recoverable resources

ULTIMES: 6000 (...) G bbl c et 7000 G bbl nc

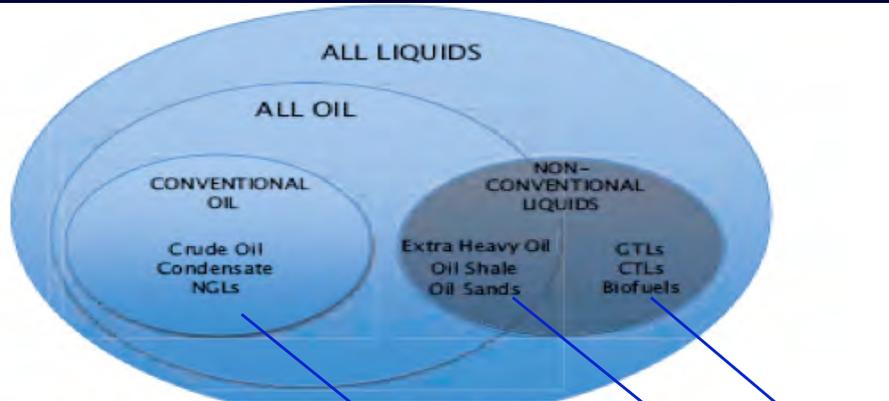
Oil Supply Costs

Horizon Oil



Source: Cambridge Economic Research Associates "Ratcheting Down: Oil and the Global Credit Crisis" October 2008

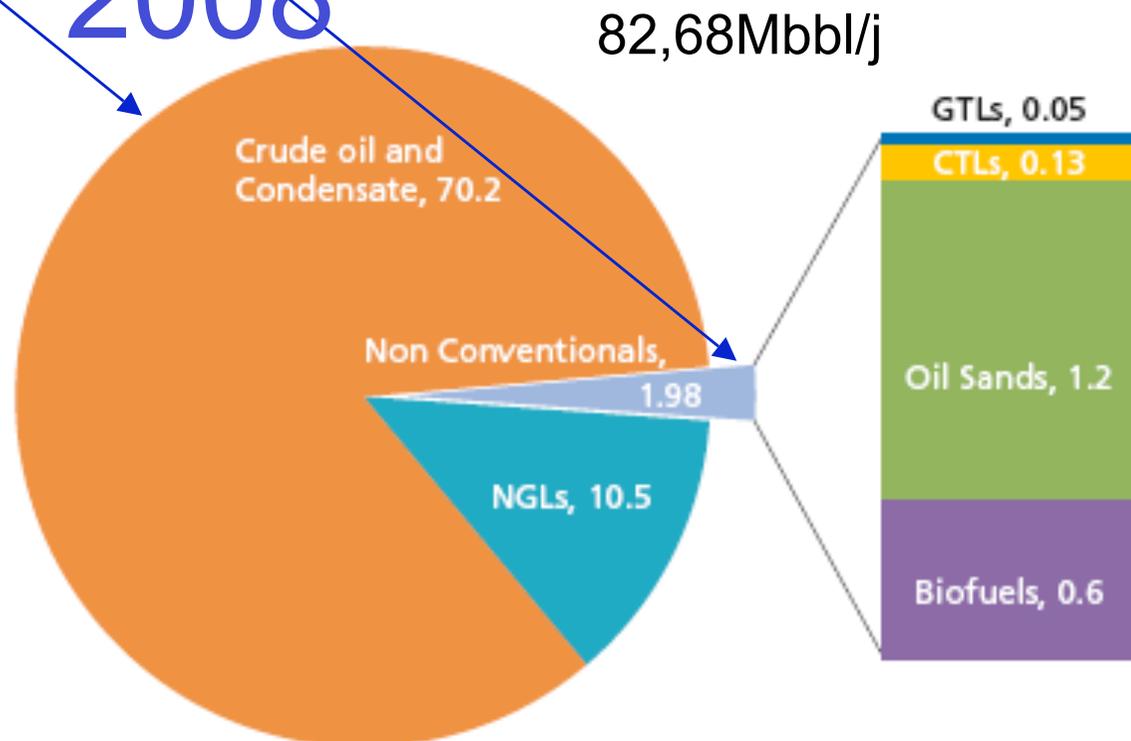
ULTIMES: 6000 (...) G bbl c et 7000 G bbl nc



SC
nc
C

2008

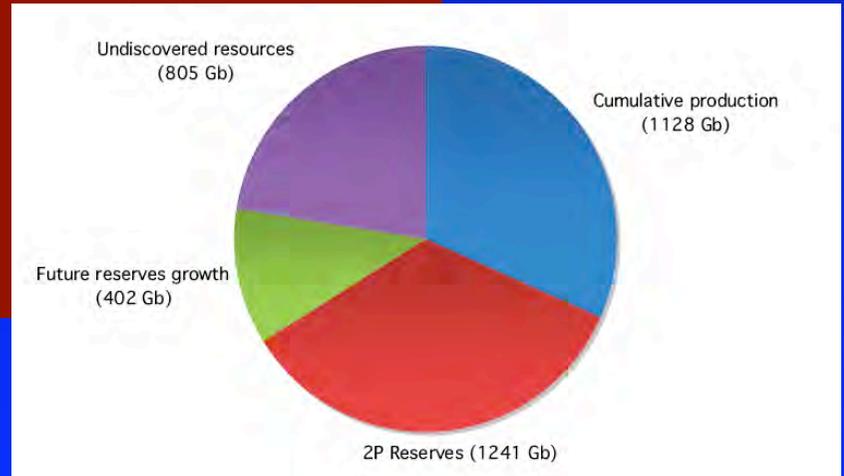
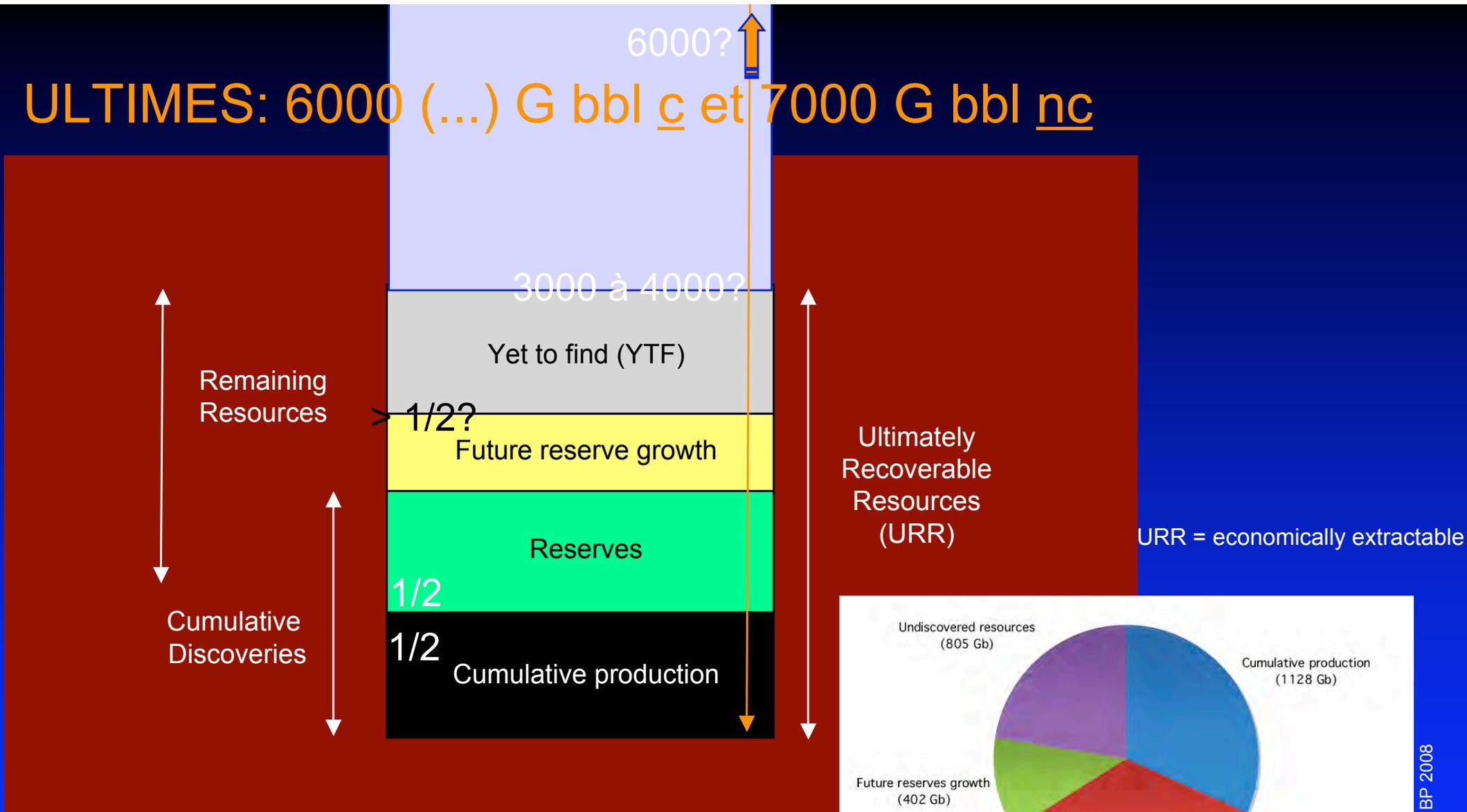
IAE 2008



Source: IEA (2008)

Production 'fuels liquides' 2008: une année de rupture
(nb -3% CO₂! au lieu de +3% en 'temps normal')

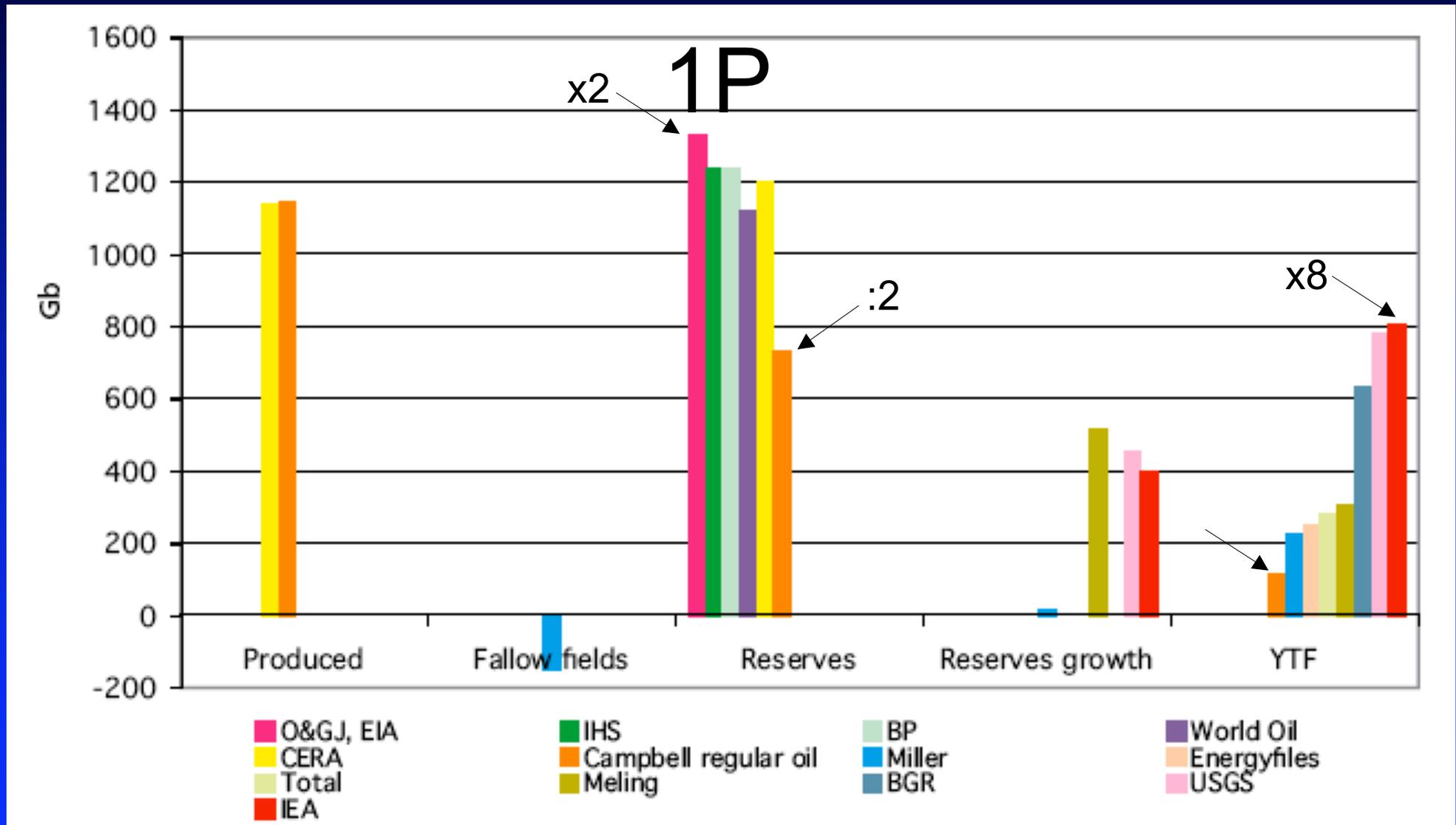
ULTIMES: 6000 (...) G bbl c et 7000 G bbl nc

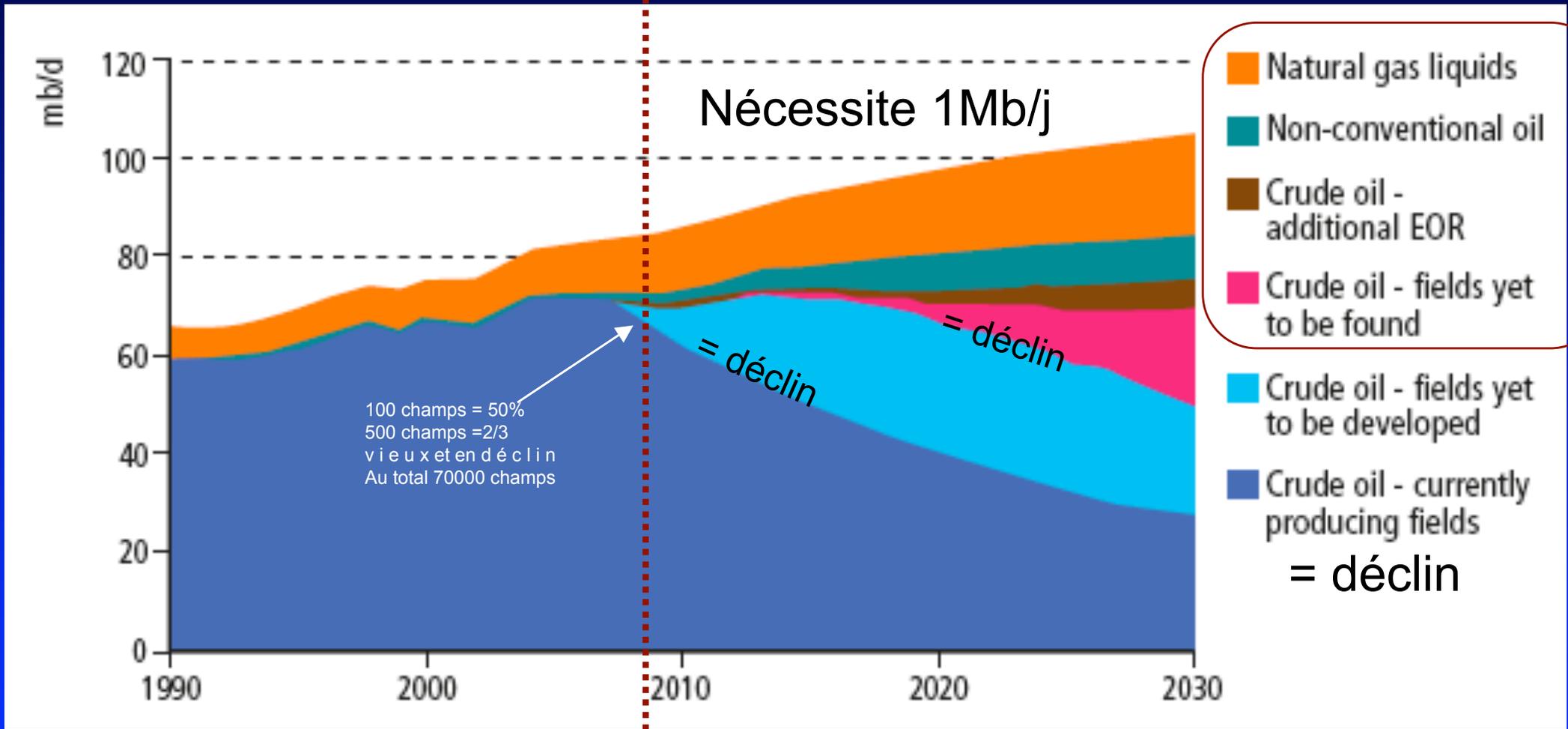


2009 : URR oil c 2000-4300 Gb (2-4X cumulated prod up to 2007)
 Remaining recoverable resources oil c : 870-3170 Gb
 (Max = 4Xmin)

RECOVERABLE OIL c

(IEA, 2008, UK Energy Centre 2009)



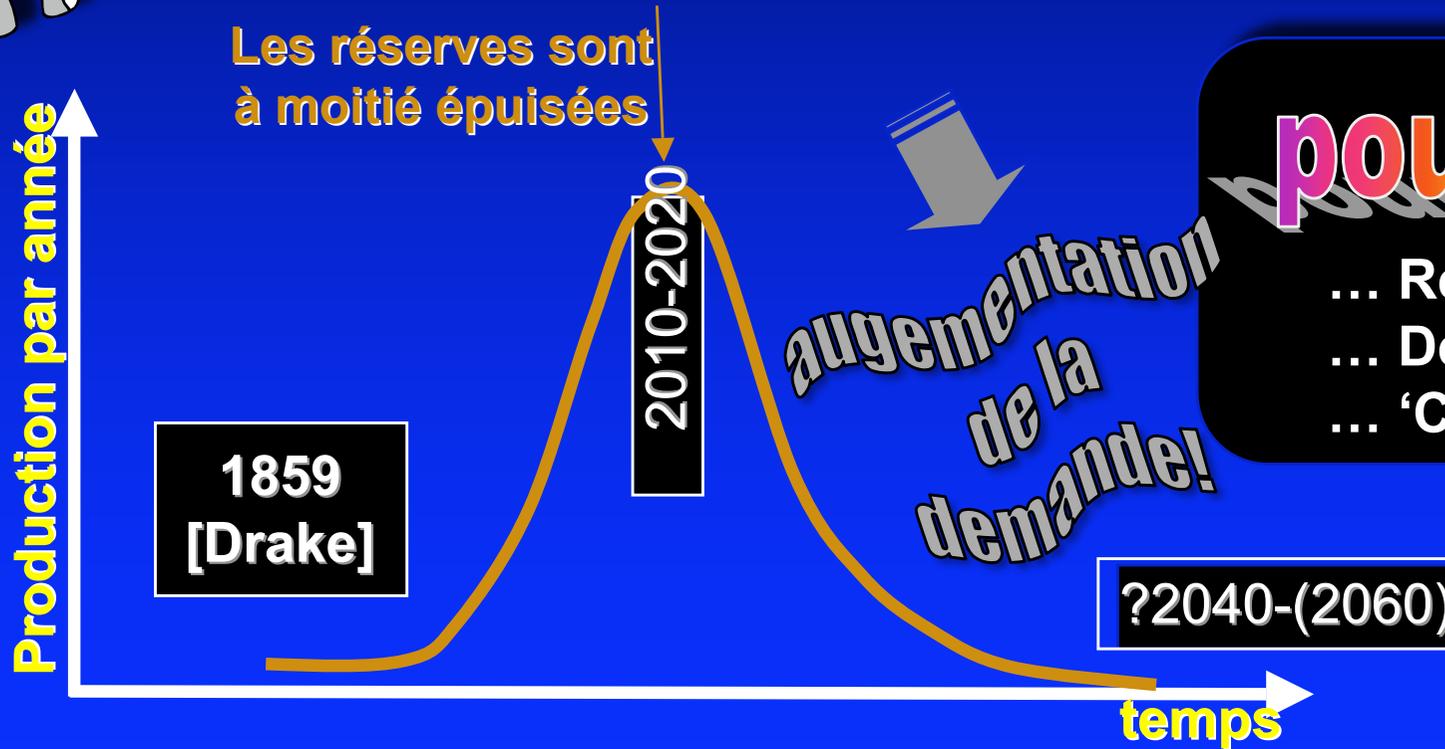


ULTIMES: 6000 (...) G bbl c et 7000 G bbl nc

avec ?280 Gt ou ± 2100 Gbbl [Rés P] LE MAXIMUM DE PRODUCTION SERAIT ATTEINT VERS 2010-2020...?



Le pétrole 'bon marché' est fini
Le monde sera **ENCORE** plus dépendant
des pays producteurs du Moyen-Orient



pourquoi?

- ... Réserves
- ... Débits
- ... 'Cost Oil'



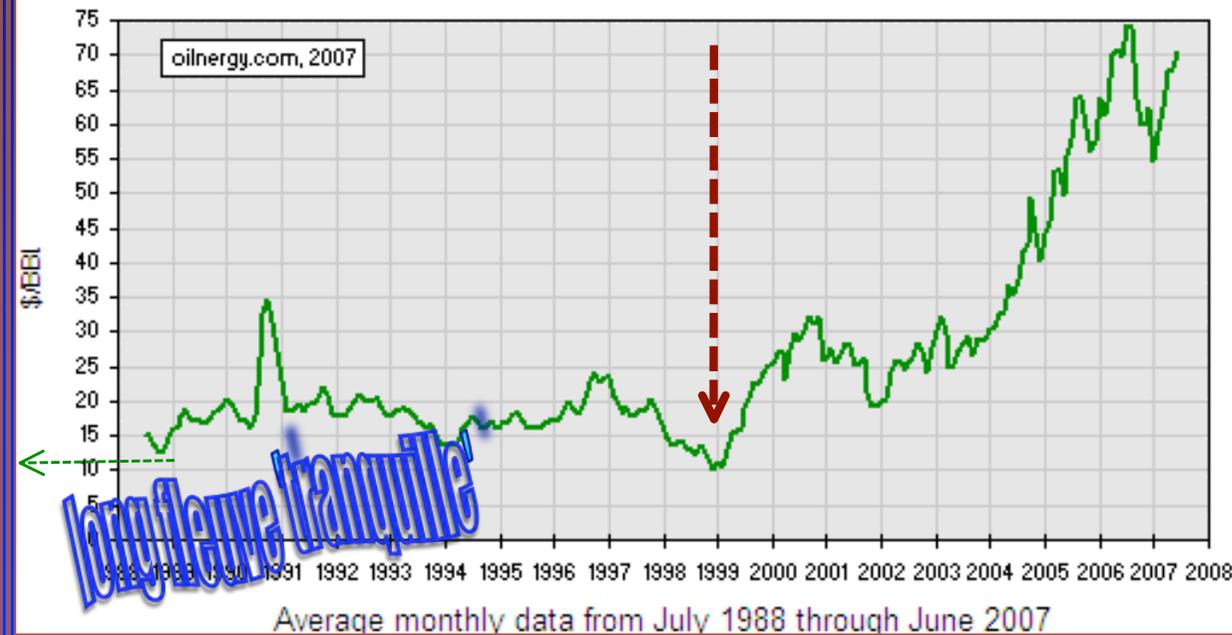
'dernière goutte' 2150...

ULTIMES: 6000 (...) G bbl c et 7000 G bbl nc

avec ?280 Gt ou ± 2100 Gbbl [Rés 1-2-3P] LE MAXIMUM DE PRODUCTION SERAIT ATTEINT VERS 2010-2020...?

Le pétrole 'bon marché' est fini
Le monde sera **ENCORE** plus dépendant
des pays producteurs du Moyen-Orient

ICE Brent Crude Oil Closing Price (begin July 1988)



Nb de 1859 à fin XXè s. : hausse de production moyenne annuelle = 2%
Nb Coût du bbl en 1930 (pic découvertes onshore USA = 4 cents < eau potable)

Mais d'où VIENT LE PETROLE?

MATIERE ORGANIQUE

Protéines

Carbo-hydrates

Lipides

....



- + membranes
- + cuticules
- + pigments
- + graisse
- + sucres
- + ...

**C'est la majeure partie des constituants organiques [jusqu'à 70%]
susceptibles de se transformer en pétrole
Ils sont abondants dans les ALGUES, et spécialement les
BOTRYOCOCCACEES et les DIATOMEES [phytoplancton, 2µ-1mm]**

*Certaines diatomées excrètent des gouttelettes d'huile pour
augmenter leur flottabilité! Elles contiennent jusqu'à 70% de lipides (poids sec)*