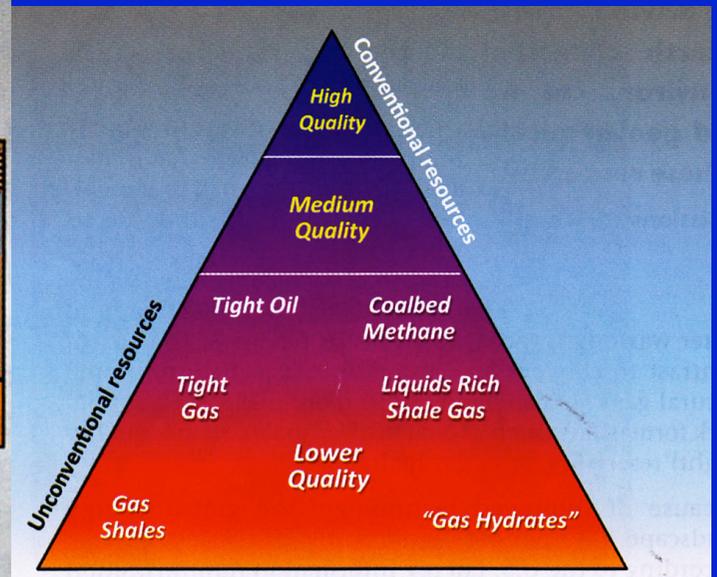
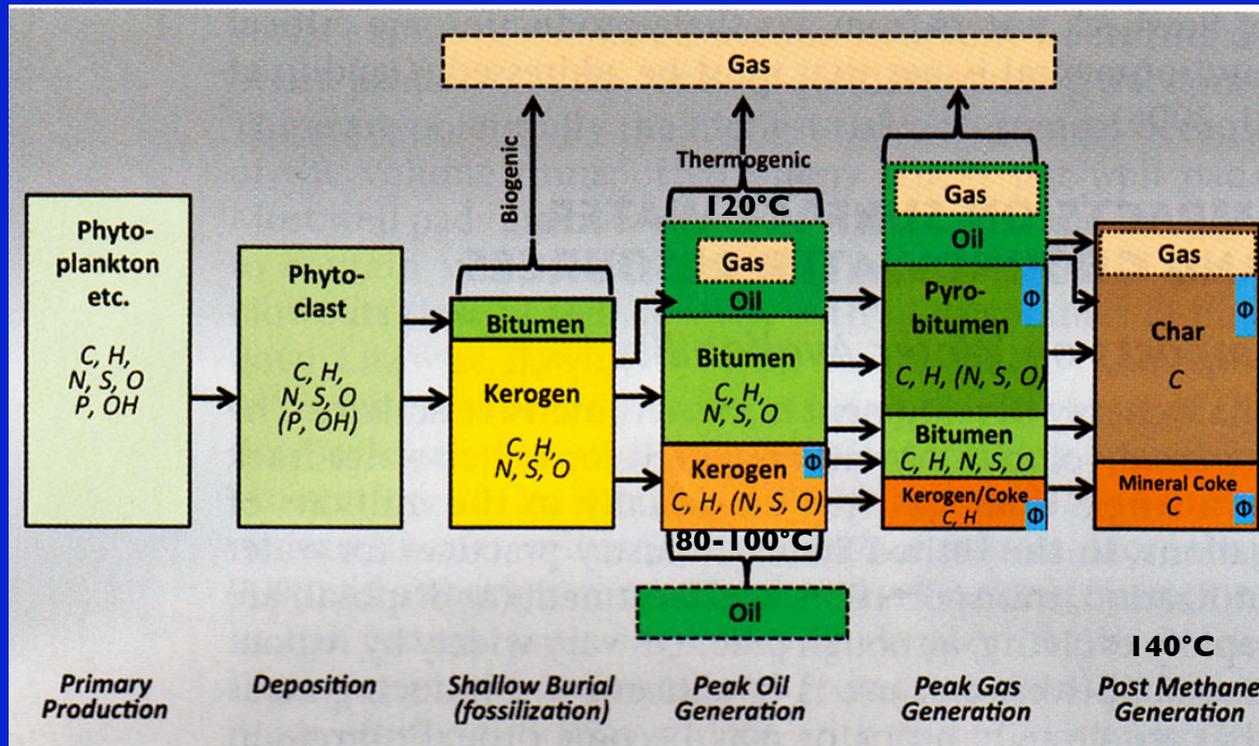


# LECON 5 -2015-

## LE PIC DE HUBBERT et LES RESERVES (et la GEOPOLITIQUE)



# MATIERE ORGANIQUE – ROCHE MERE



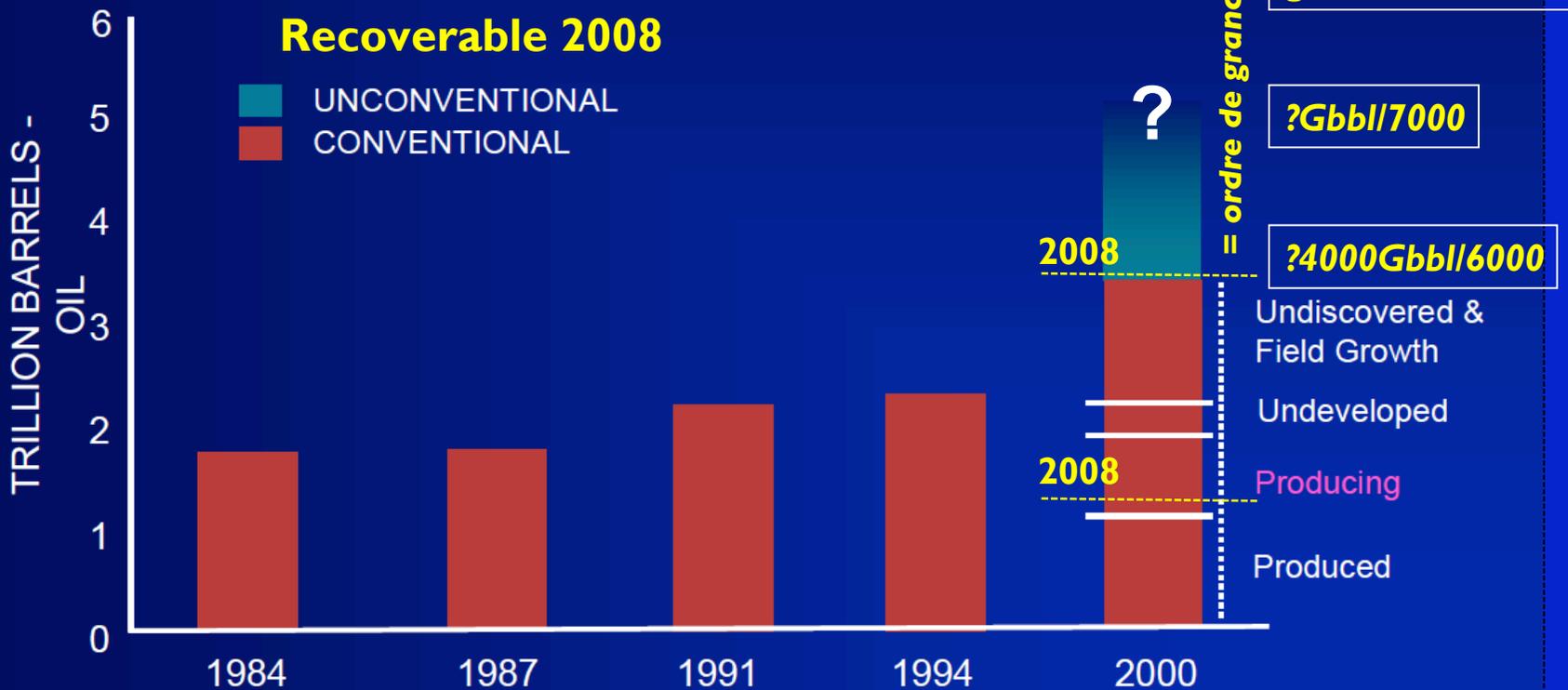
Arthur & Cole 2014

Bohacs et al. 2013

PHI = porosité (encaissant)

# Estimated Global Oil Endowment

Potential Liquid Resource Base

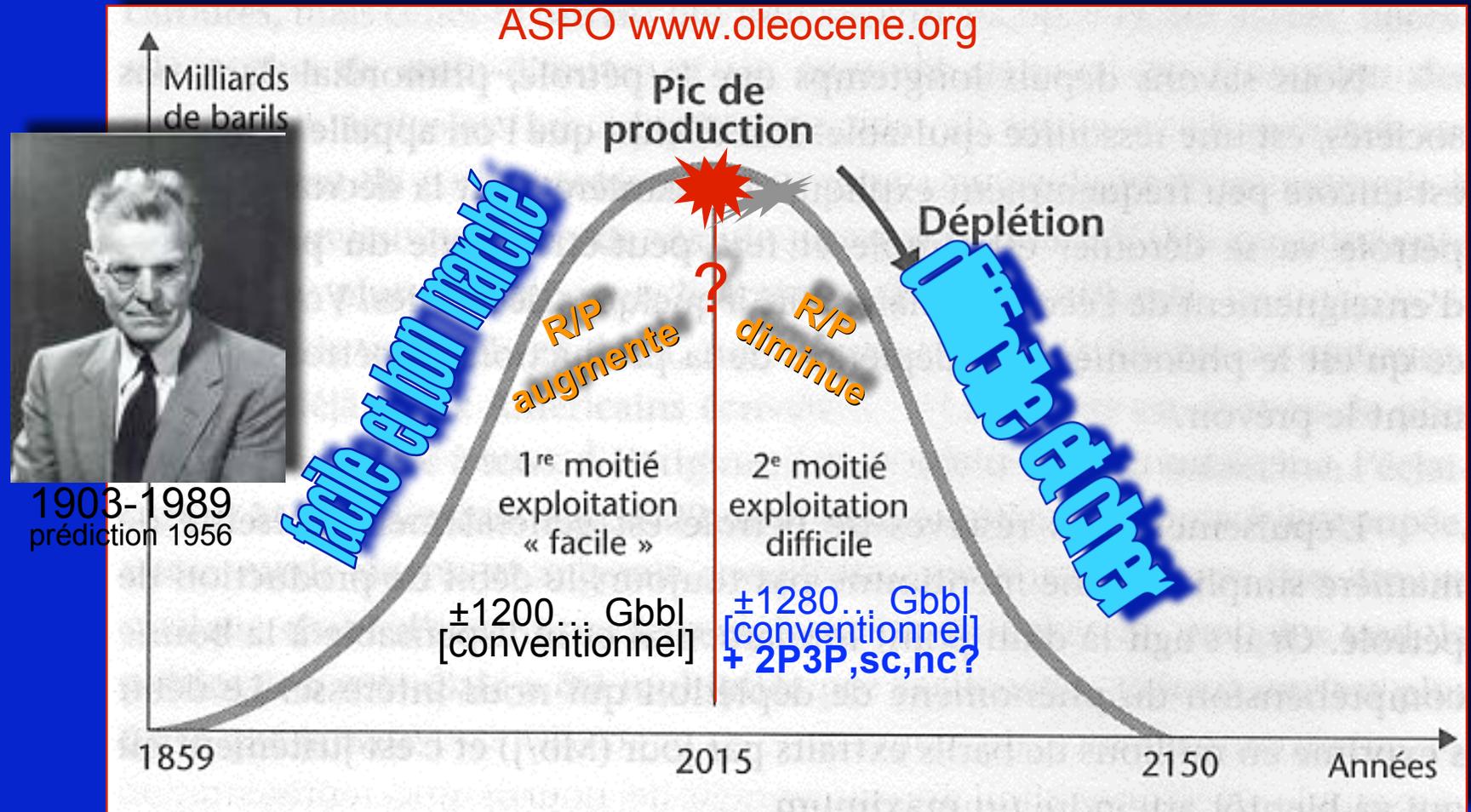


Source: USGS, IHS

**NPC 2008**

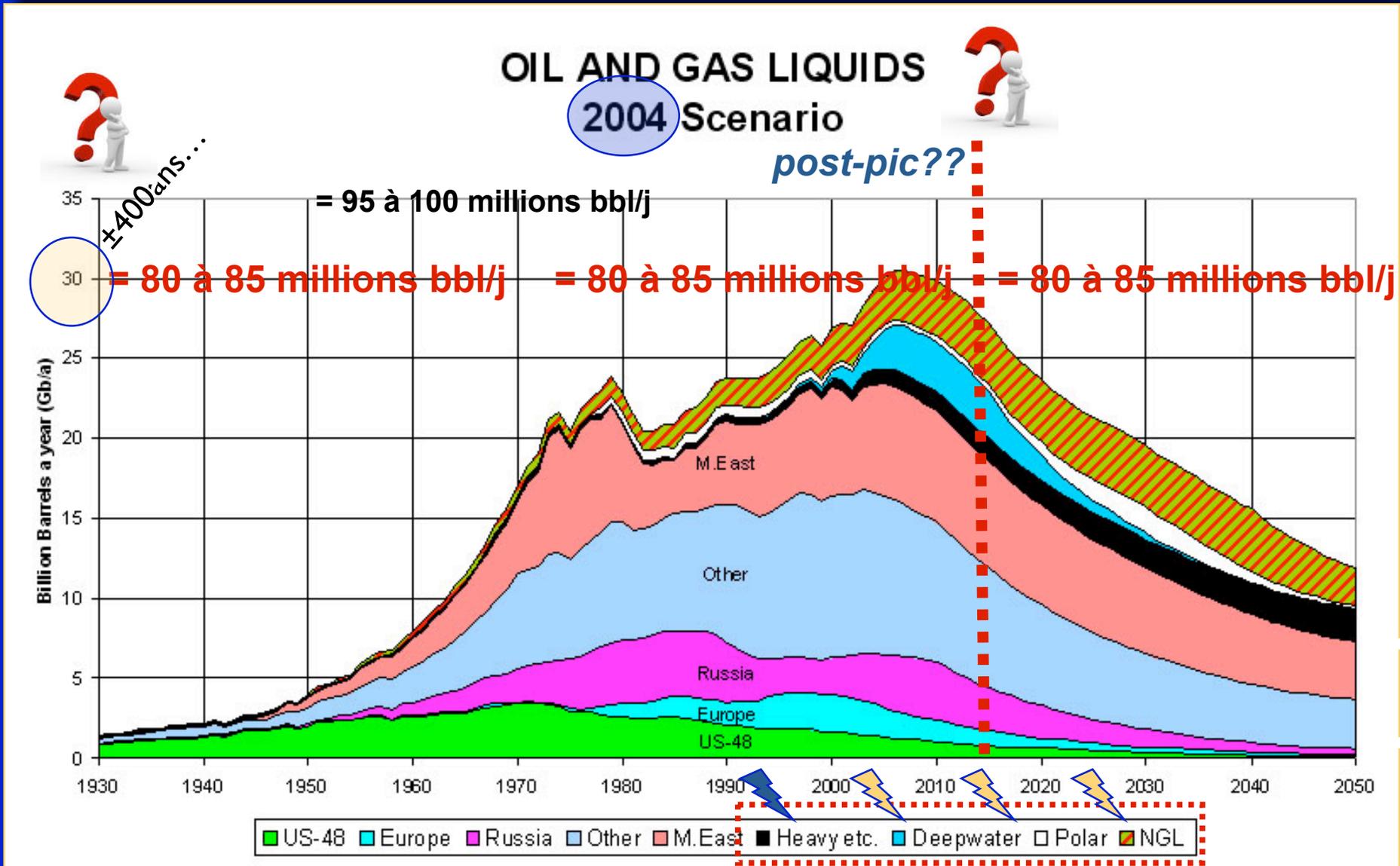
Global Oil and Gas Study

# 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)

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

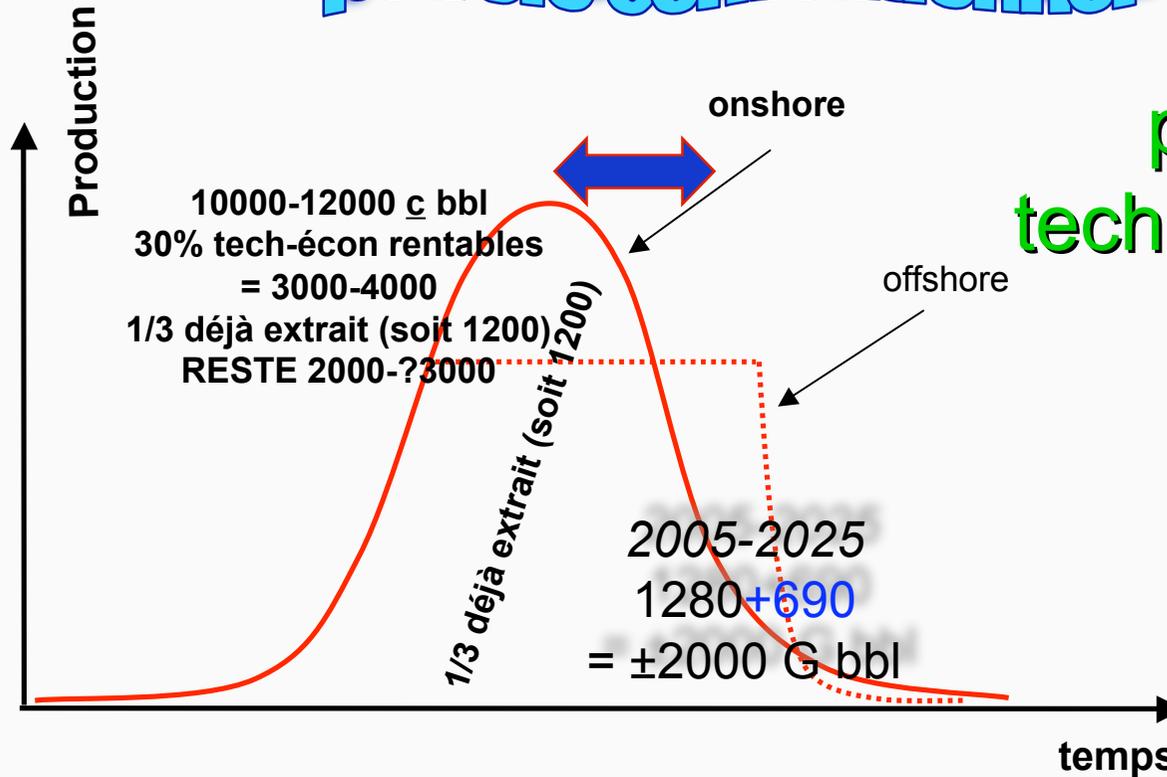


**Nb NGL = Gaz Naturel Liquéfié [-160°C pour le méthane] 'Revaporisation': 1m<sup>3</sup> = 600 m<sup>3</sup>**

# Réserves = Incertitudes Technologiques

## Production d'huile: la courbe en cloche

### pétrole conventionnel



progrès technologiques

Exemples: Forages Etendus et Forages Horizontaux

+...

Planète  
20G bep

10G c

5 à 10G  
Récupérable

Rés Prouv  
2,2G

Rés Prouv  
1995-2025  
1,2G bbl

Croissance  
Rés Prouv  
2005-2025  
0,7 G bbl

AIE 2005, IEO 2005 etc

# Forage Etendu

Impact - UK Southern Gas Basin

Fin des années 90'

- **Economie = \$70 millions**
  - 1 puits économisé - \$12 millions
  - Coût de forage diminué - \$18 millions
  - Une plate-forme au lieu de deux - \$40 millions
- **Réserves Augmentées**
  - Tristan: 34 BCF, Welland Field
  - Cador: 20 BCF, Camelot Field



# Forages 'Etendus' (directionnels ou hztaux)

La technologie permet des gains dans les puits plus difficiles

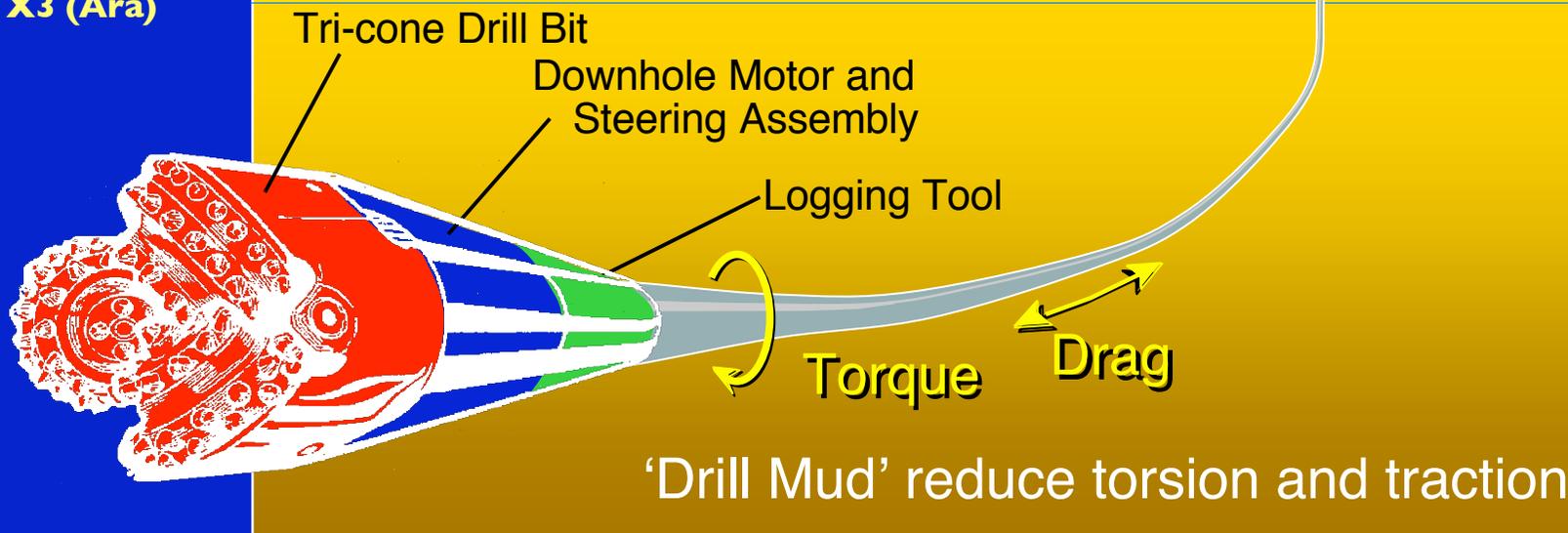
- Diminution de la friction
- Analyse géologique pour déterminer le meilleur chemin (résistance minimale)

1998-Argentine

**FORAGES A GRANDS 'DEPARTS': PUIITS DEVIES OU HORIZONTALAUX**  
gisement d'ARA en Terre de Feu: 1 seul! 'puits' de 11 184m (foré) à 1 695m

Exxon: Investissements 600 millions \$  
nouvelles technologies forages

**RENDEMENT PROD.**  
= X3 (Ara)



PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5

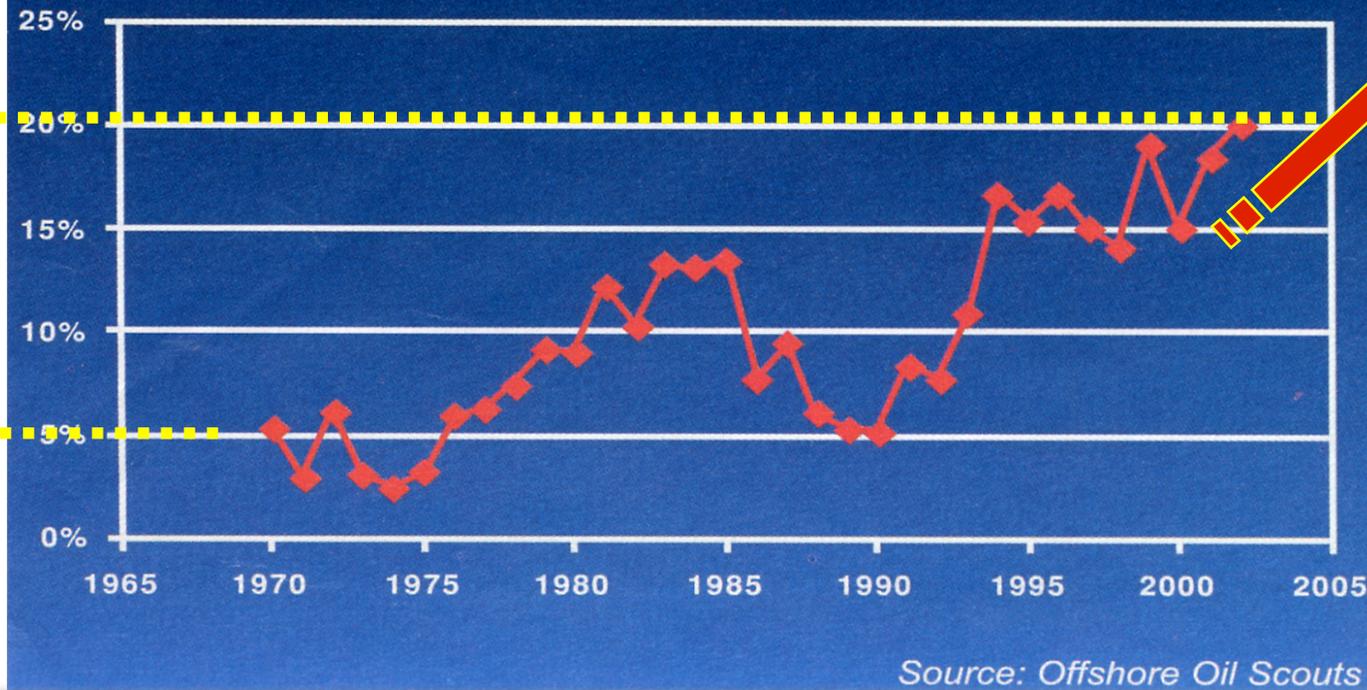
1891? premiers essais ...

1985: premier puits [craie, USA]-1990 = 1500 puits [Monde]-2000 = ± 20.000 puits [id]

En 2000, l'offshore 'profond' >200m représentait 20%

En 1970, il représentait un peu moins de 5%

### Deep Shelf Exploration Wells as Percent of Total Exploration Wells



AAPG, Explorer, July 2003

> 20 %

20 %

1-5 %

En 2006  
[janv-juin]

<500m = 25 découvertes 0,87 Gbbl + 6,8 Tcf  
 500-1500m = 8 découvertes 0,75 Gbbl + 0,98 Tcf  
 >1500m = 7 découvertes 1,76Gbbl + 2 Tcf  
 soit 3,2 Gbbl dont 1,6Gbbl c + 1,6Gbbl nc + 9,7Tcf

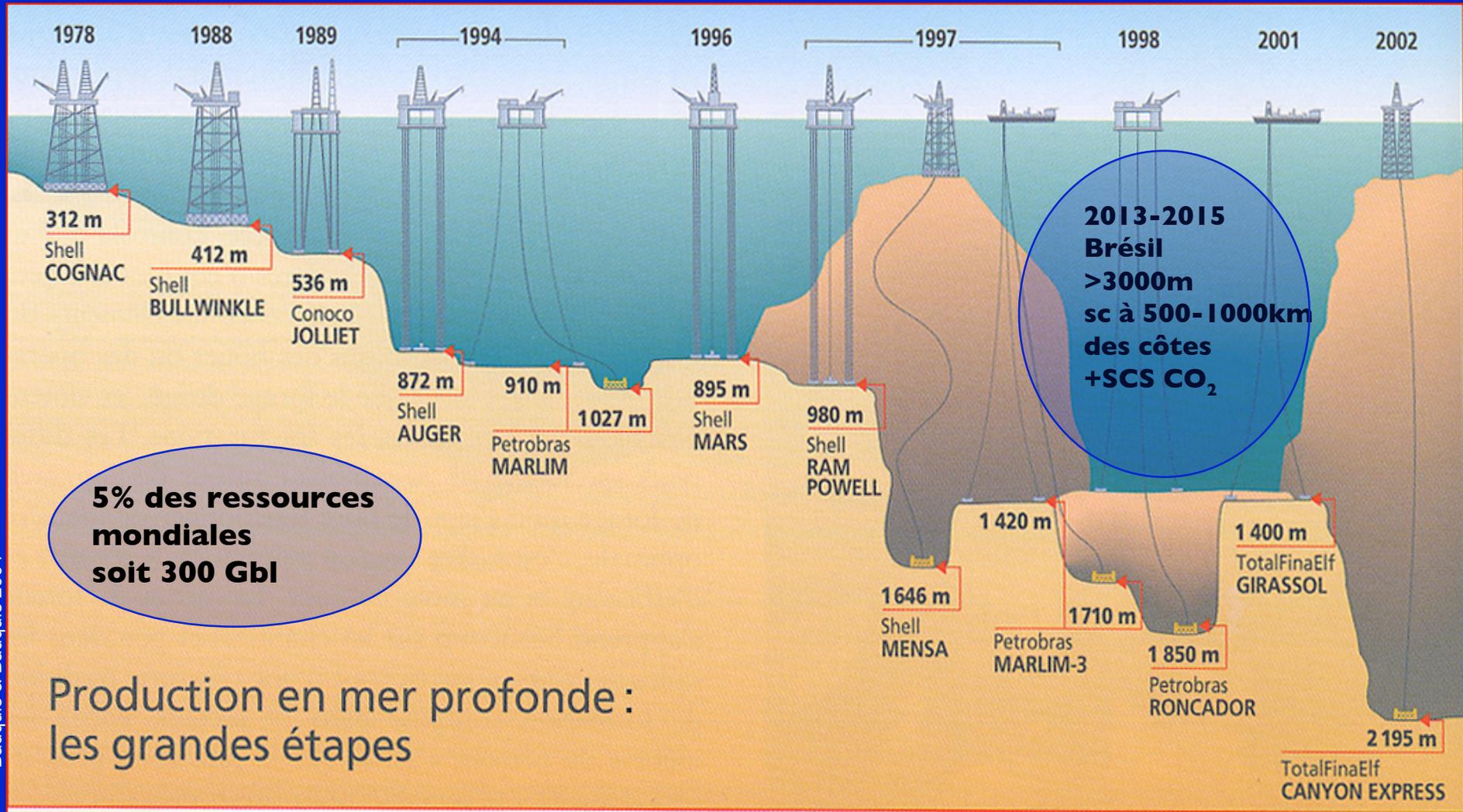
toujours

Insuffisant...

mais ...

Sept 2006

# VERS L'ULTRA-PROFOND = > 3000 m



> 3000 m depuis 2005

En 2000, l'offshore 'profond' >200m représentait 20%  
En 1970, il représentait un peu moins de 5%

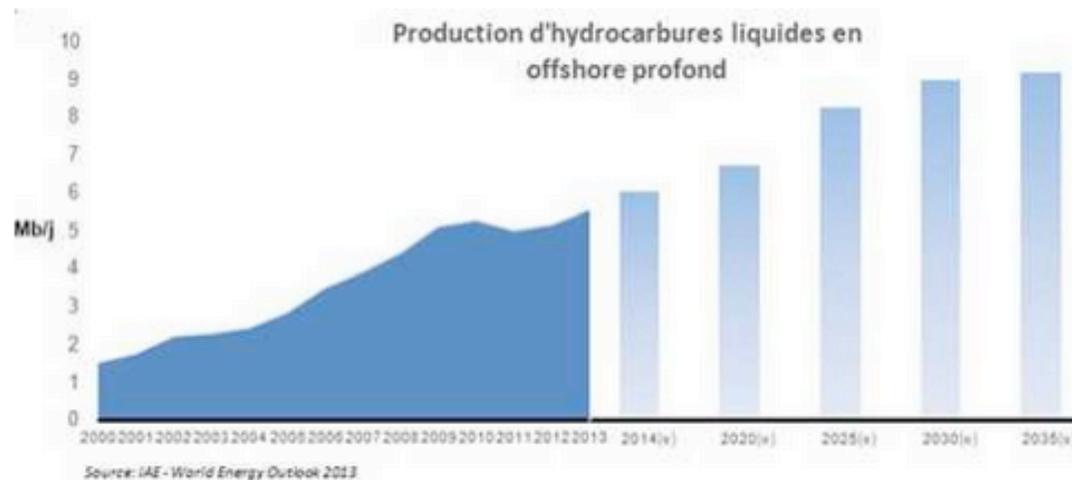
## L'OFFSHORE PROFOND : DES MILLIARDS DE BARILS

Face à la croissance de la demande mondiale d'hydrocarbures, l'industrie pétrolière s'est lancée dans la conquête des grands fonds marins. En quelques années seulement, ces gisements très spécifiques sont devenus un enjeu clé de l'augmentation de la production.

Plus de 5 % des ressources mondiales d'hydrocarbures liquides (12 % des ressources liquides conventionnelles) seraient situées dans les grands fonds et

seraient estimées à environ 300 milliards de barils (Gb). En 2013, les hydrocarbures liquides de l'offshore profond ont contribué à hauteur de 6 % à la production mondiale de pétrole et de gaz. D'ici 2035, leur production devrait atteindre près de 9 millions de barils par jour, soit près de 11 % de la production mondiale conventionnelle de liquides.

Initiée dans les années 1980, l'exploration de l'offshore profond a commencé à porter ses fruits au tournant du siècle. Depuis, la production de ce pétrole des grandes profondeurs n'a cessé de croître.

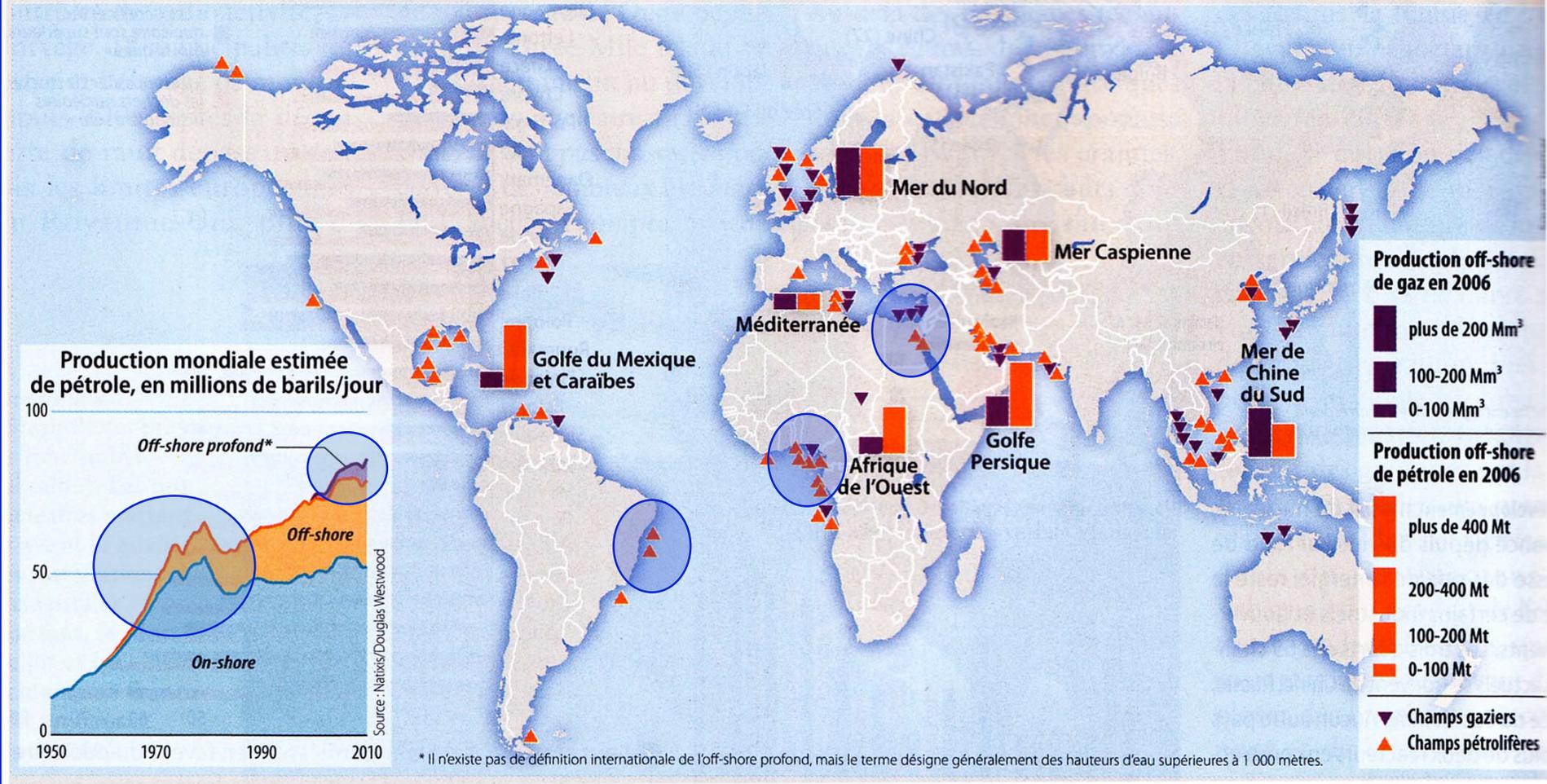


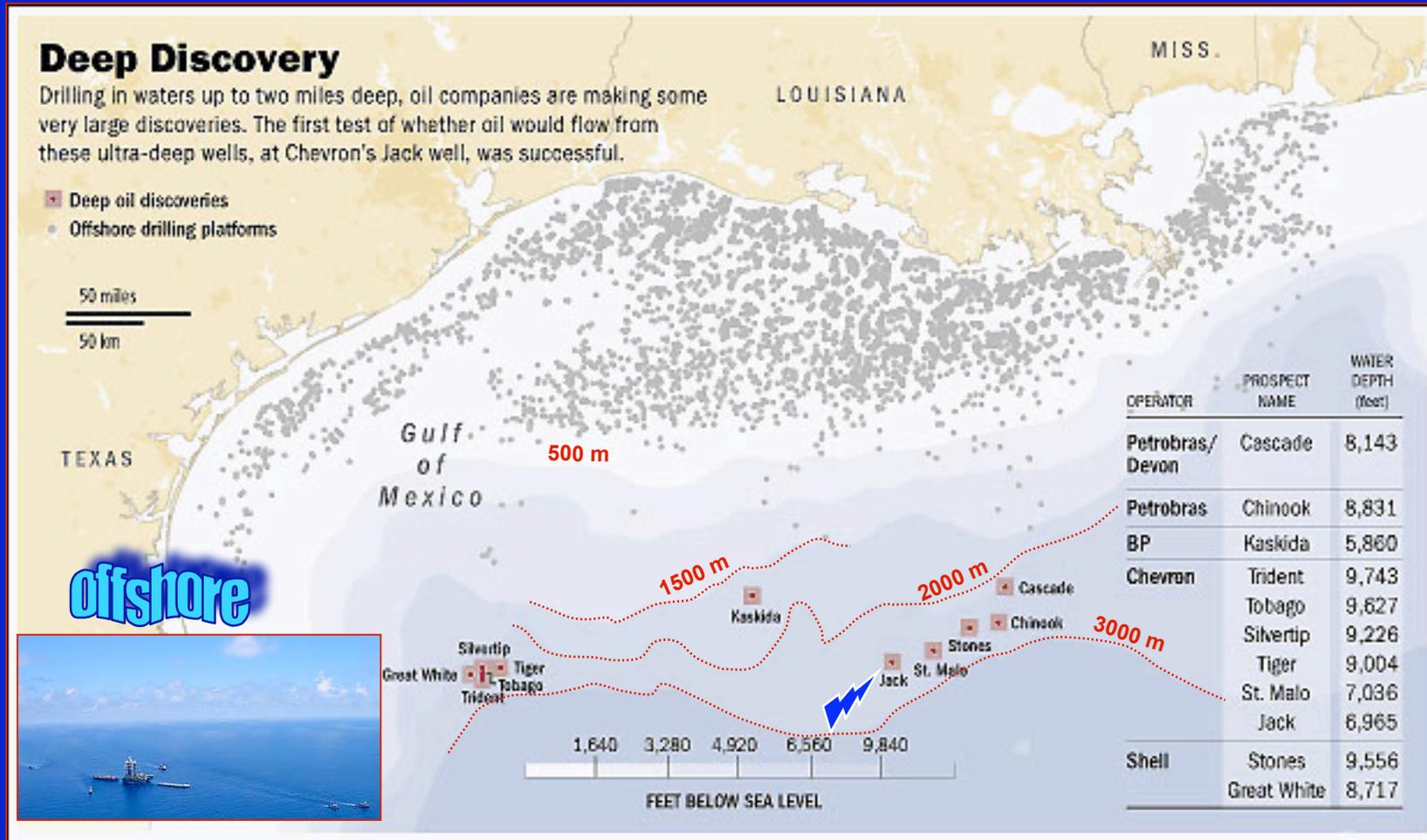
En 2035, la production en offshore profond devrait atteindre 9 millions de barils par jour (Mb/j), soit 11 % de la production mondiale.

# VERS L'ULTRA-PROFOND > 3000 m

## Du golfe du Mexique à la mer de Chine, un boom planétaire

Productions off-shore gazières (en millions de m<sup>3</sup>) et pétrolières (en millions de tonnes) dans le monde





2006 : offshore ultra-profond = env 100 champs dont 20 au GOM et Brésil  
 déjà en production: 800.000 bbl/j soit 1% production mondiale  
 = X2 en 2010

+ Jack Fields [08-09-2006, Chevron] 2100m w, 6000m sed (Tertiaire infrasalifère) 3 à 15 Gbbl soit la plus gde découverte US depuis l'Alaska (il y a 30 ans) et mondiale depuis Kazakhstan (Mer Caspienne, 10 Gbbl) il y a 20 ans  
 production ?50.000 bbl/j dans 5 ans, après investissement de 5 à 10 G USD

IFP 2006 : reste à découvrir entre 30 et 100 Gbep dans cet 'offshore'...

# Cost of Drilling Rigs

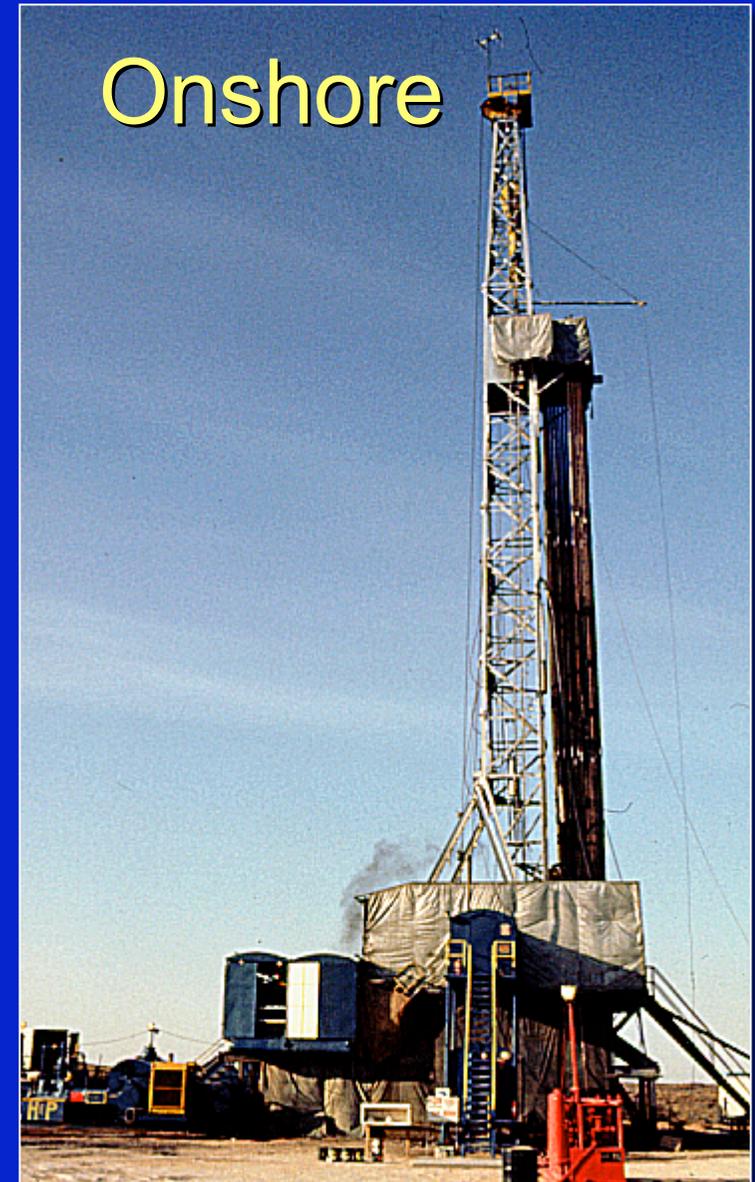


Offshore

Jusqu'à  
1 million \$  
**PAR JOUR**  
(mer du Nord, 2013)  
( **pendant qq mois**)  
en général 30 à 100jours

*Record de forage  
Alaska, mer de Beaufort  
114 millions \$ en 1983  
pour un puits sec!*

onshore = 2/3 ou moins

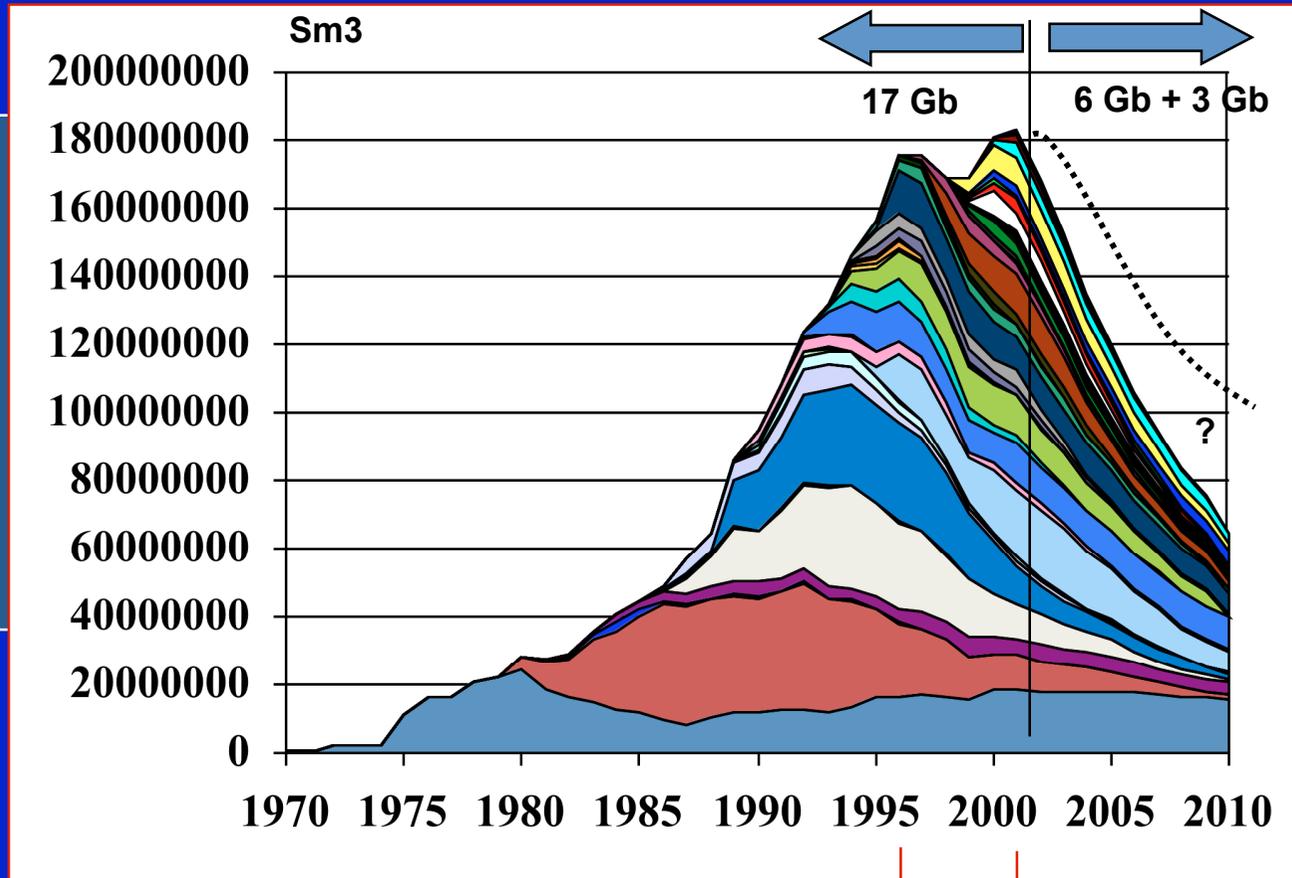


Onshore

# Norway: Crude oil production from 52 Fields

la courbe enveloppe n'est pas symétrique...

Un exemple parmi tant d'autres ...



Data source: Norwegian Petroleum Directorate  
Forecast: LBST

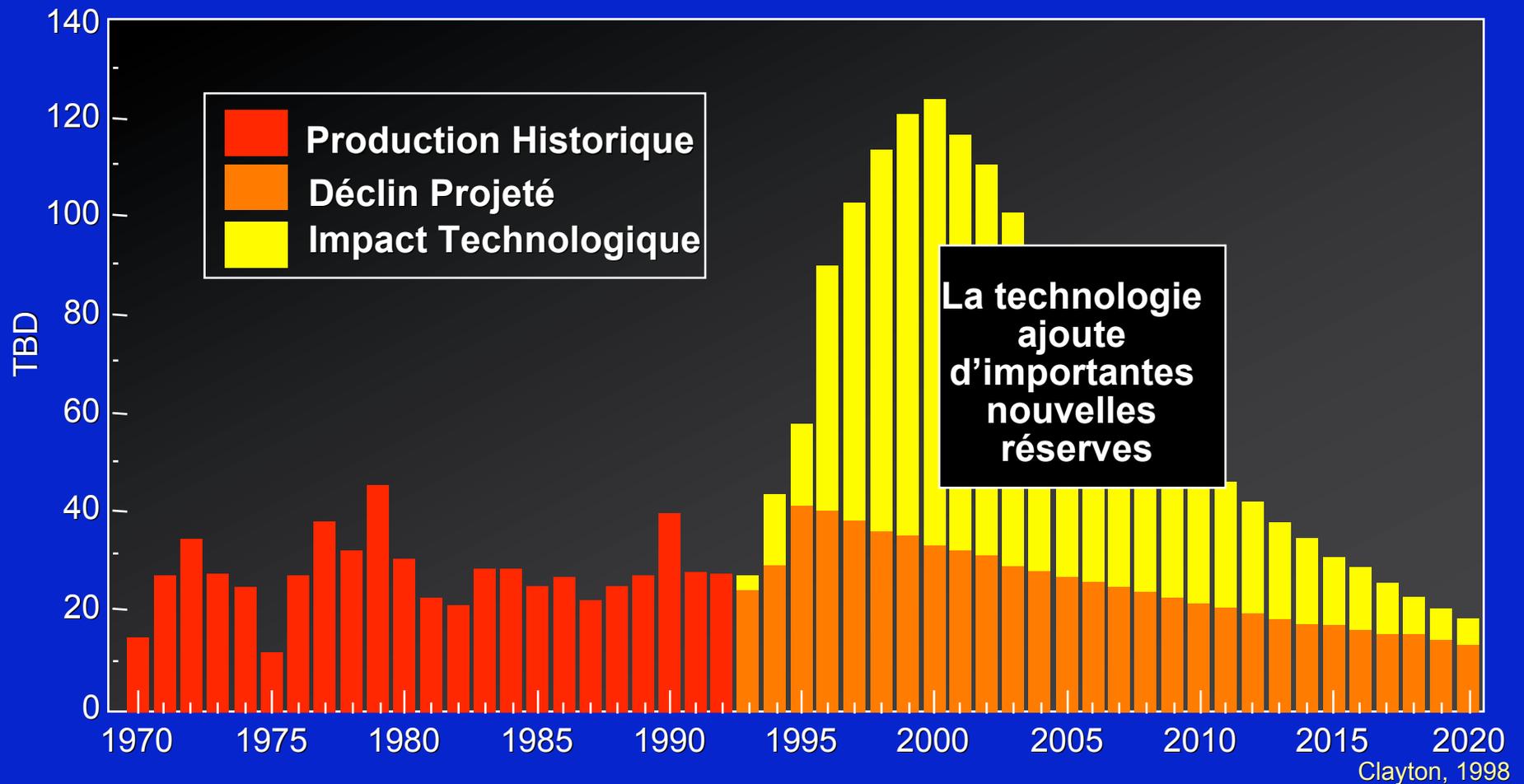
Phase 1: „pre-peak“

Phase 2: „at peak“

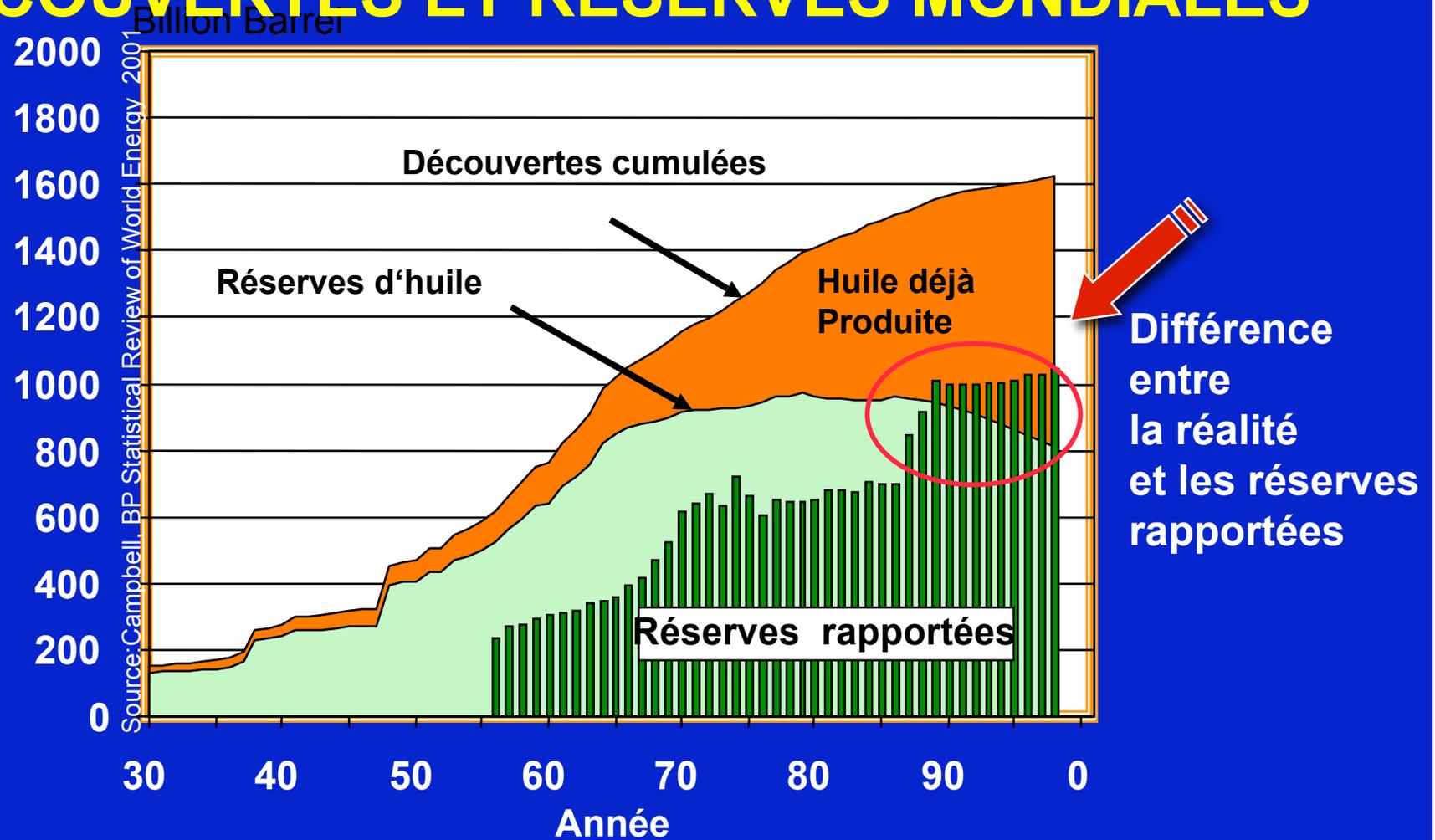
Phase 3: „decline“

# Effet sur la Gestion Intégrée du Réservoir

## Réservoir Deltaïque Néogène



# DECOUVERTES ET RESERVES MONDIALES



15 janvier 2004

Toujours considérée comme prudente dans ses pratiques comptables, la compagnie pétrolière a surpris en annonçant la révision à la baisse de ses réserves d'hydrocarbures...

La Cie a annoncé que ses réserves **prouvées** étaient désormais inférieures de 20% passant de 19,35 G bbl à 15,45 G bbl

SES RESERVES (Nigéria et Australie)

**DEVIENNENT 'PROUVEES NON DEVELOPPEES'....(donc non perdues)**

Le cours de Royal Dutch (38€) a perdu 7% le jour après l'annonce...

La Royal Dutch est avec Exxon Mobil un des plus grands producteurs (>4 millions bbl/j)

## *Réserves = Incertitudes Géopolitiques*

The Oil Market's Future in the Long Term ...

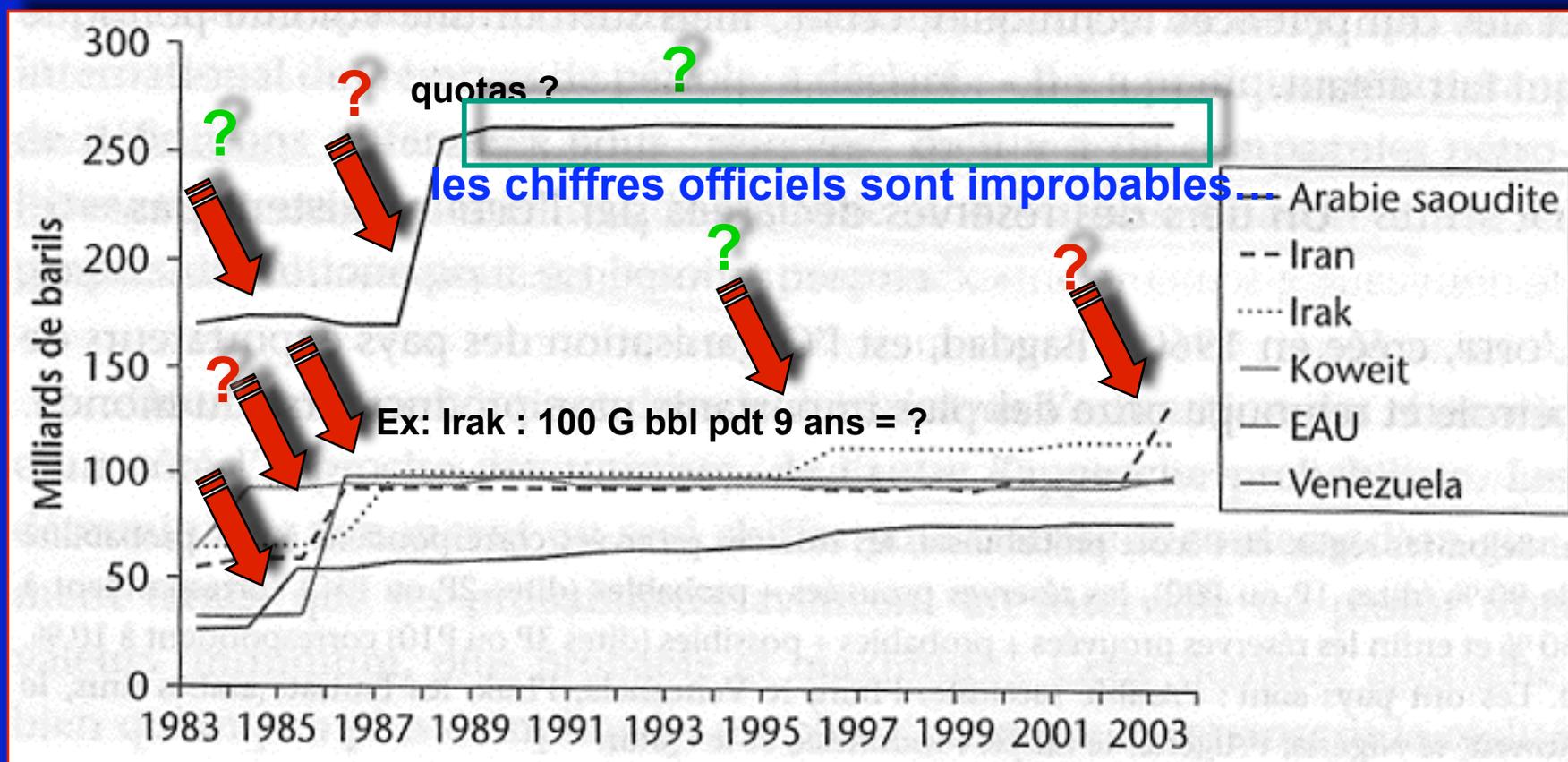
*All numbers are wrong...  
that much we know.*

THE ONLY QUESTION IS:  
BY HOW MUCH?

# RESERVES DECLAREES DES PRINCIPAUX PAYS 'OPEP'

? Hausses soudaines des réserves annoncées fin 80'

? Montant des réserves inchangé sur de longues périodes  
comme si les nouvelles découvertes compensaient TOUJOURS la production...

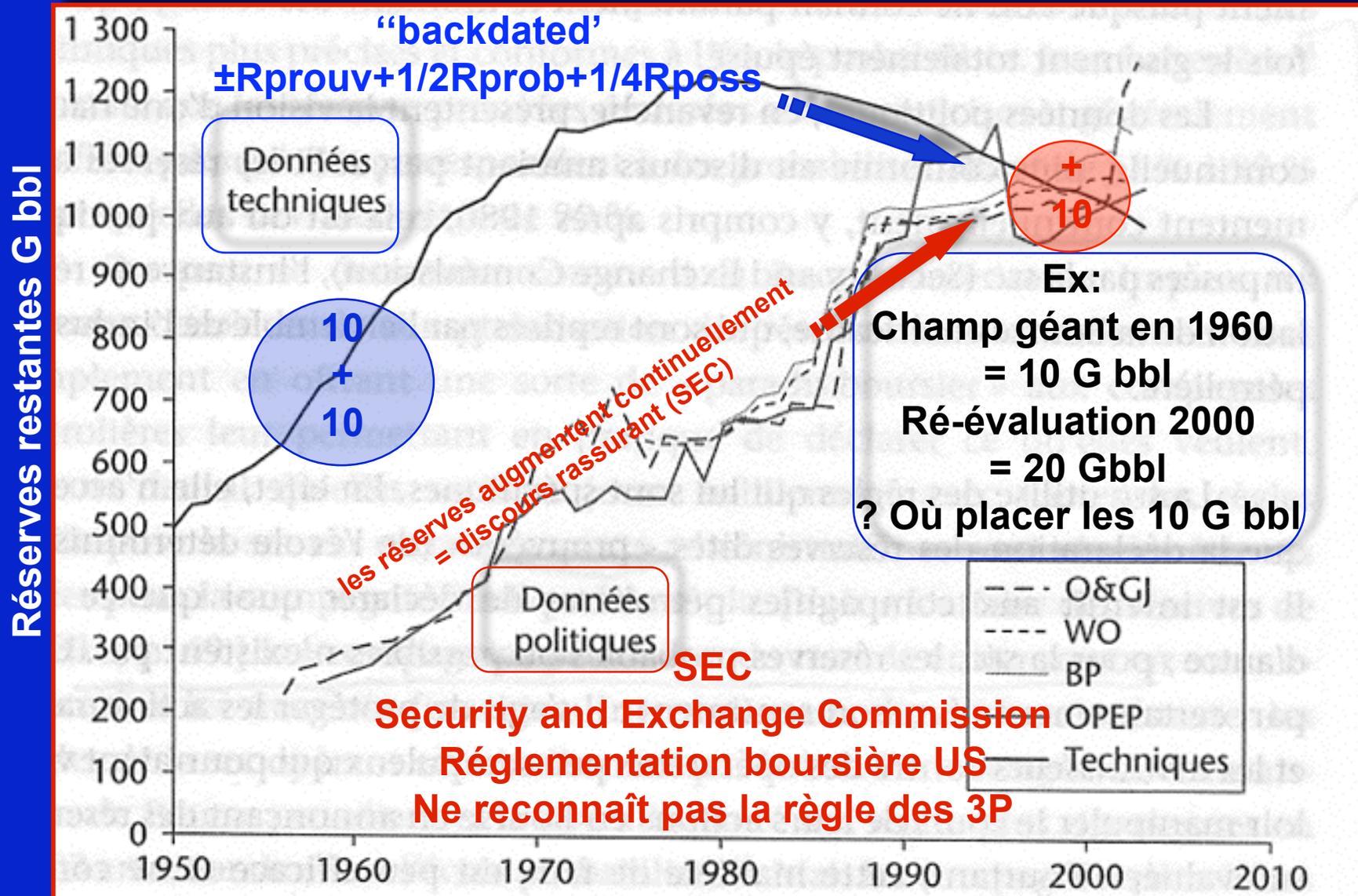


OPEP 2004

? Hausses après contre-choc pétrolier de 1986  
[effondrement bbl = :2! = 'paper barils', finalement existaient vraiment!]

# DONNEES TECHNIQUES ET POLITIQUES DES RESERVES MONDIALES DE PETROLE

C'est la connaissance de ce que contient un gisement qui évolue avec le temps PAS son contenu qui est fixe....



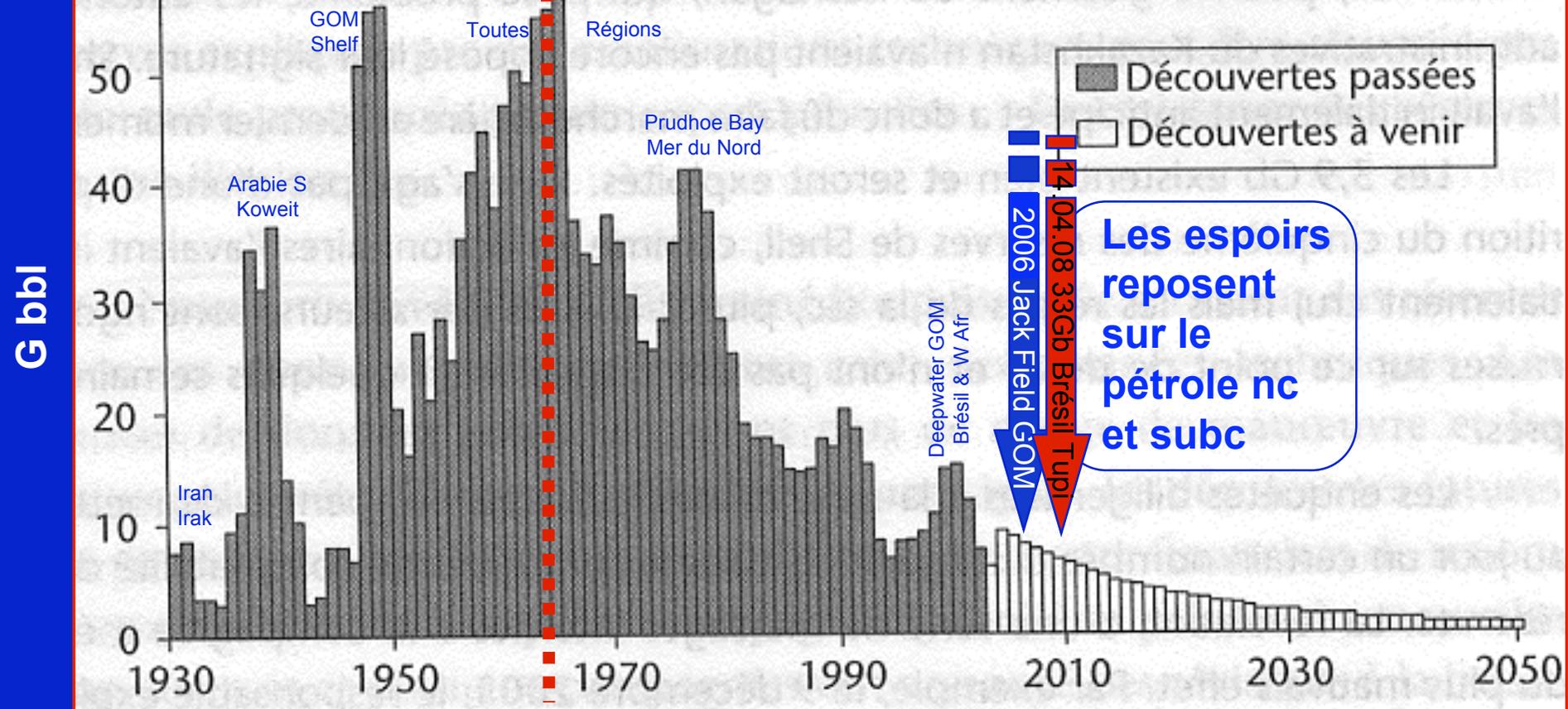
Nb: SEC = instance de régulation de la Bourse américaine. Ne prend en compte QUE les rés prouvées

# DECOUVERTES MONDIALES DE PETROLE

Les découvertes mondiales ont atteint leur sommet en 1965

(... et en 1930' aux USA: bbl 4 cents < eau potable)

Les 10 plus importants gisements au monde (débits 0,5-4,5 Mbbbl/j) ont tous été découverts entre 1927 et 1976



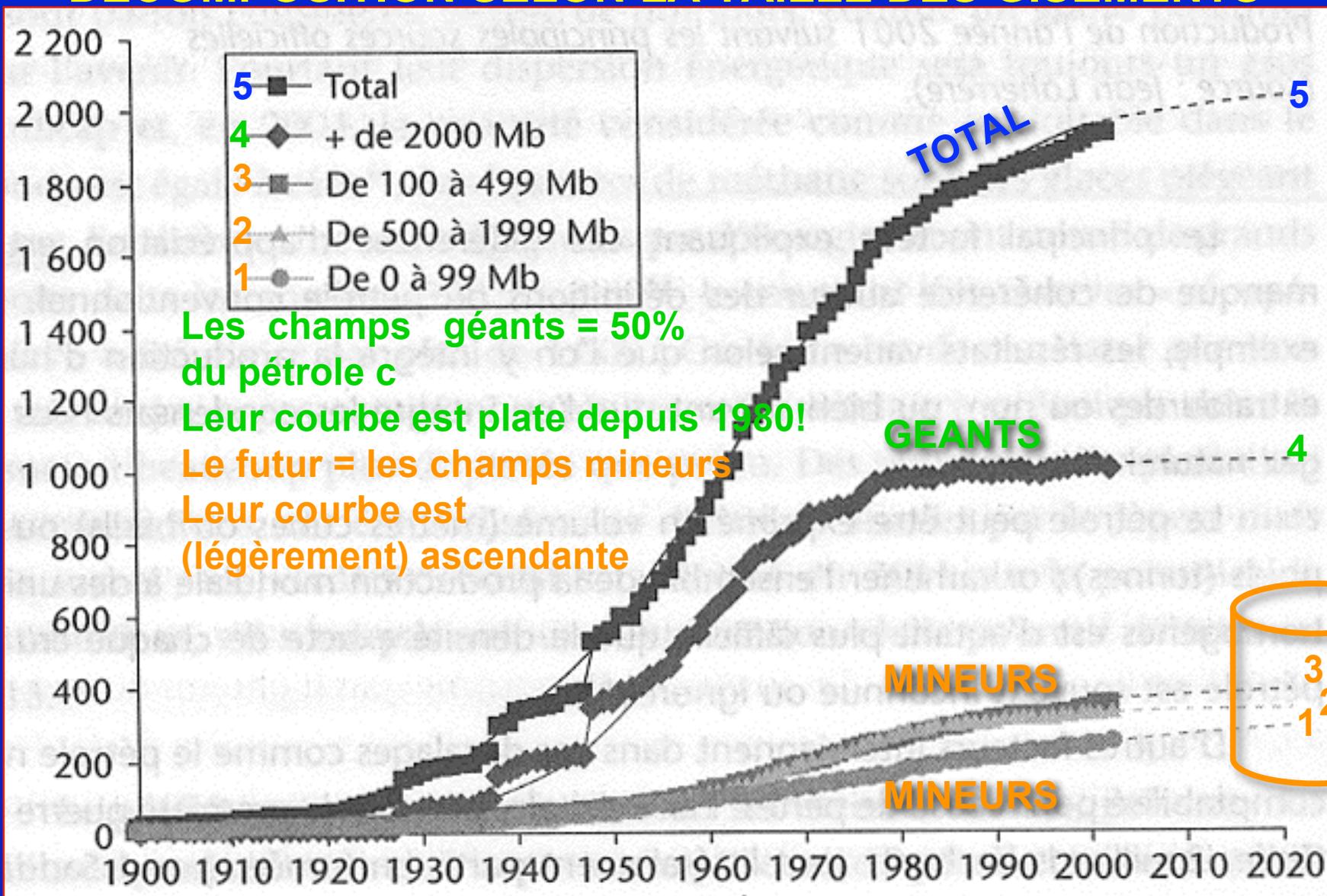
... mais attention! Réserves n'est pas égal à Production...

En 2005: 116 champs produisaient > 100 000 bbl/j

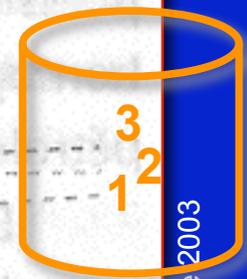
**1965**

# DECOUVERTES CUMULEES DE PETROLE DANS LE MONDE AVEC DECOMPOSITION SELON LA TAILLE DES GISEMENTS

Découvertes en Mb bbl

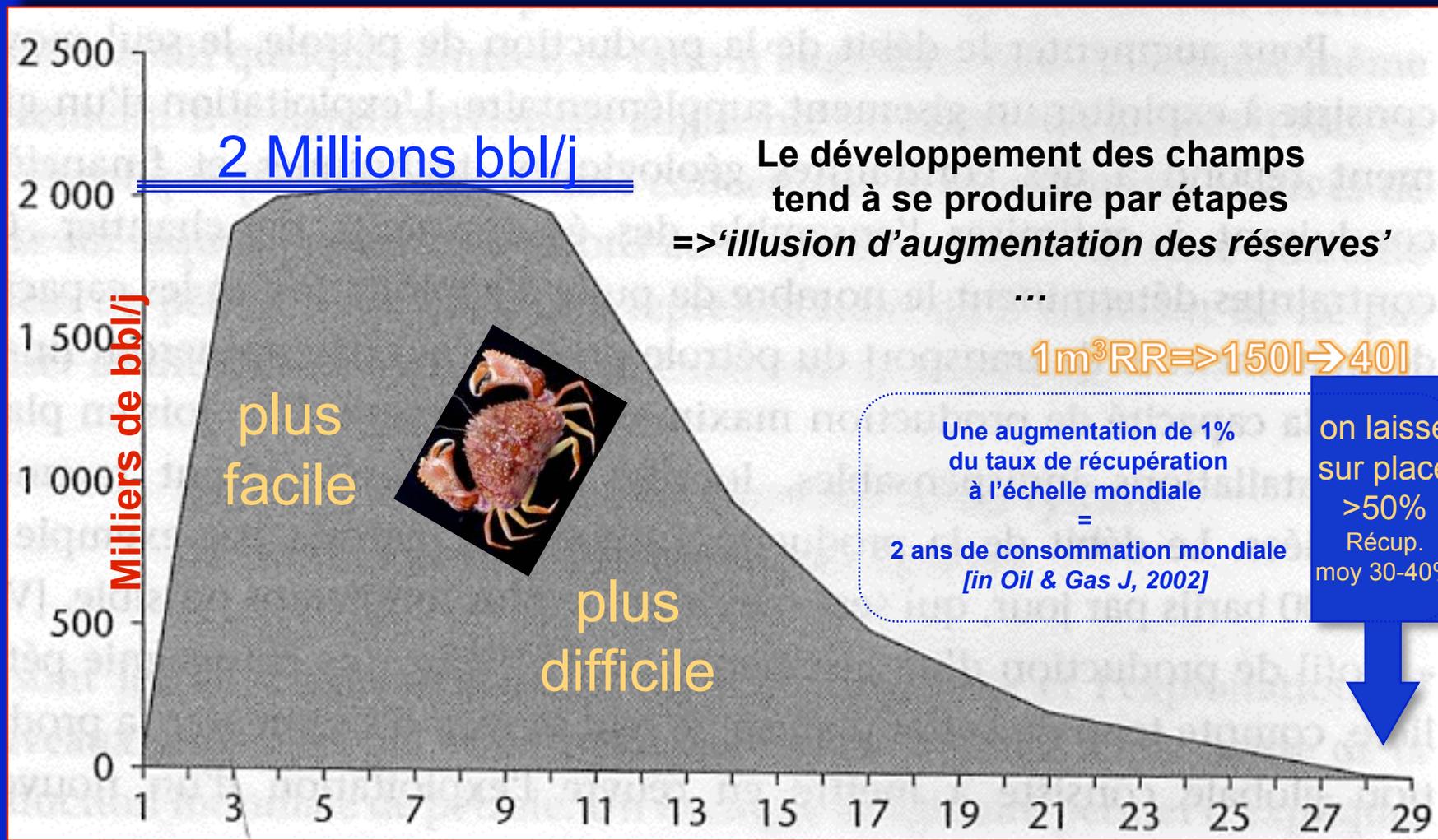


Les champs géants = 50% du pétrole c  
 Leur courbe est plate depuis 1980!  
 Le futur = les champs mineurs  
 Leur courbe est (légèrement) ascendante



Laherrere 2003

# PROFIL TYPE DE PRODUCTION D'UN GISEMENT

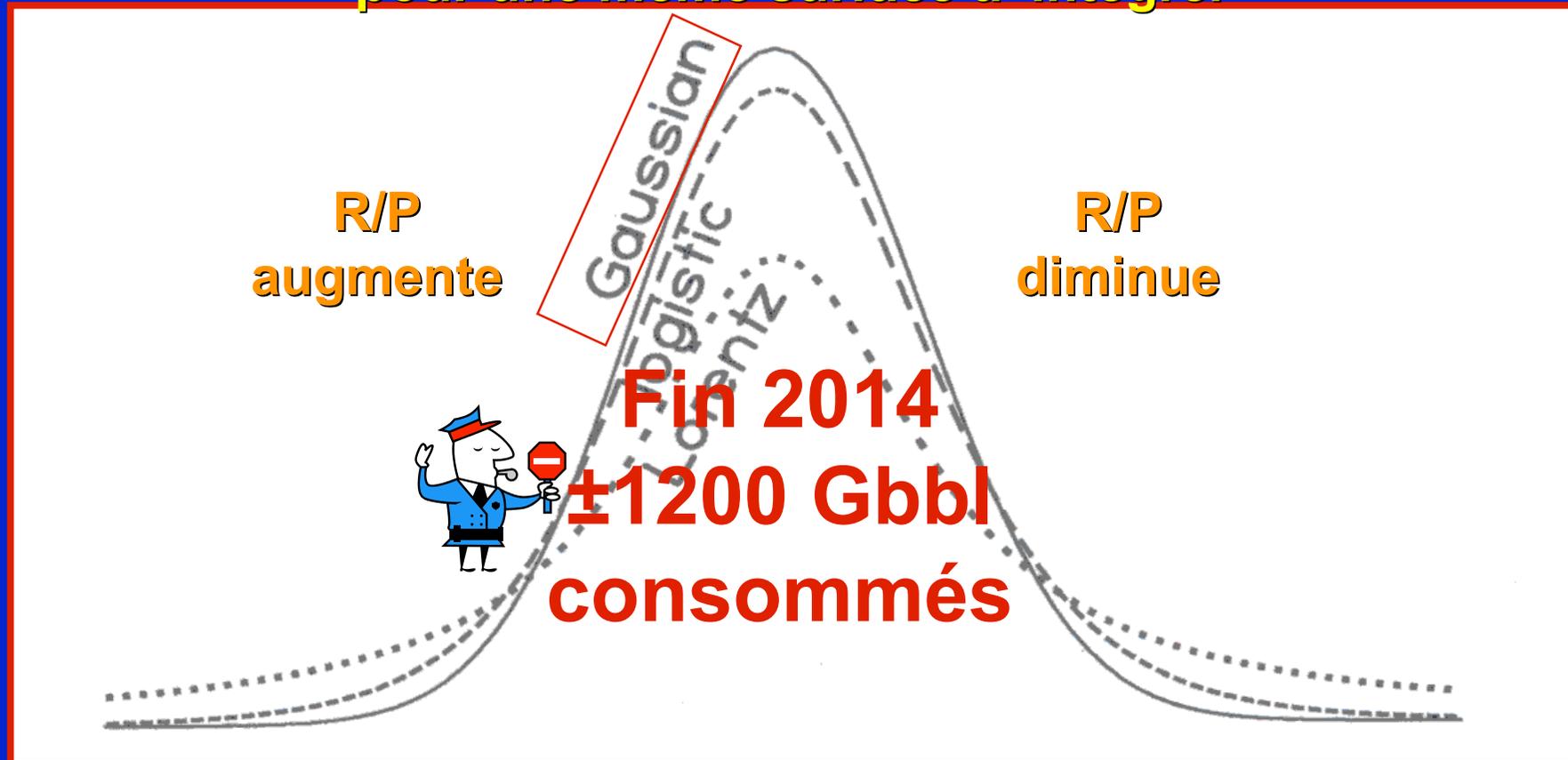


Oil c	20%
	15-35
	5-10
Σ	40-(65)
Oil nc	15%
Oil shale	60-70%
Gas	75%

Ex. d'un champ géant de 10 Gbbl étalé sur 30 ans avec un maximum de 2 Mbbbl/jour. La courbe n'est pas symétrique...

La diminution de la pression est de 12,5% (moy)/an en Mer du Nord (analyse de 77 champs)  
Le taux global de déclin 'mondial' est de 5 à 6%...

## TROIS PRINCIPALES COURBES EN CLOCHE ... pour une même surface à 'intégrer'



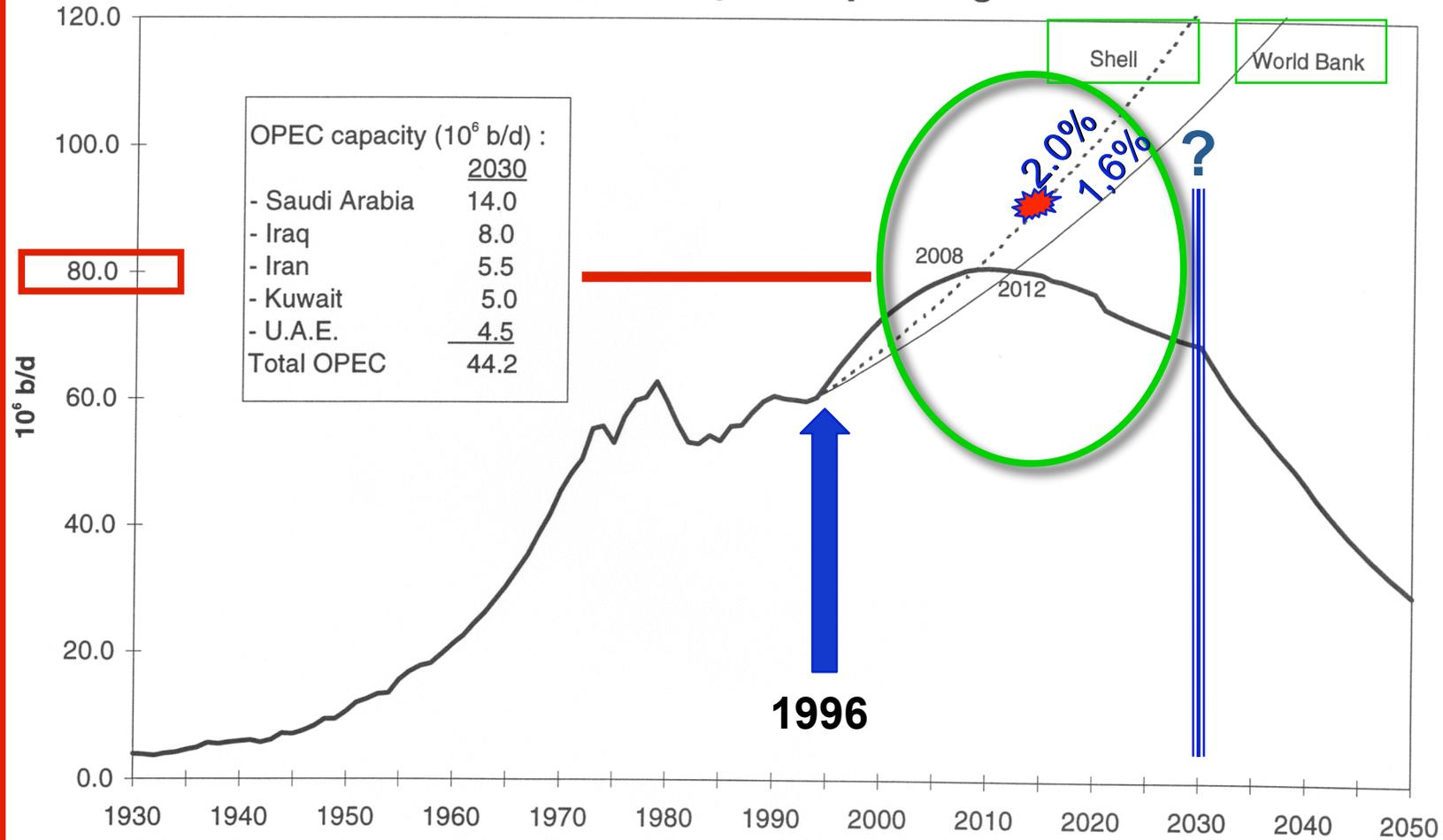
**R/P = Rés/Prod**

**Réserves disponibles au terme d'une année (Gt, Gbbl...)**

**Production au cours de cette année (même unité)**

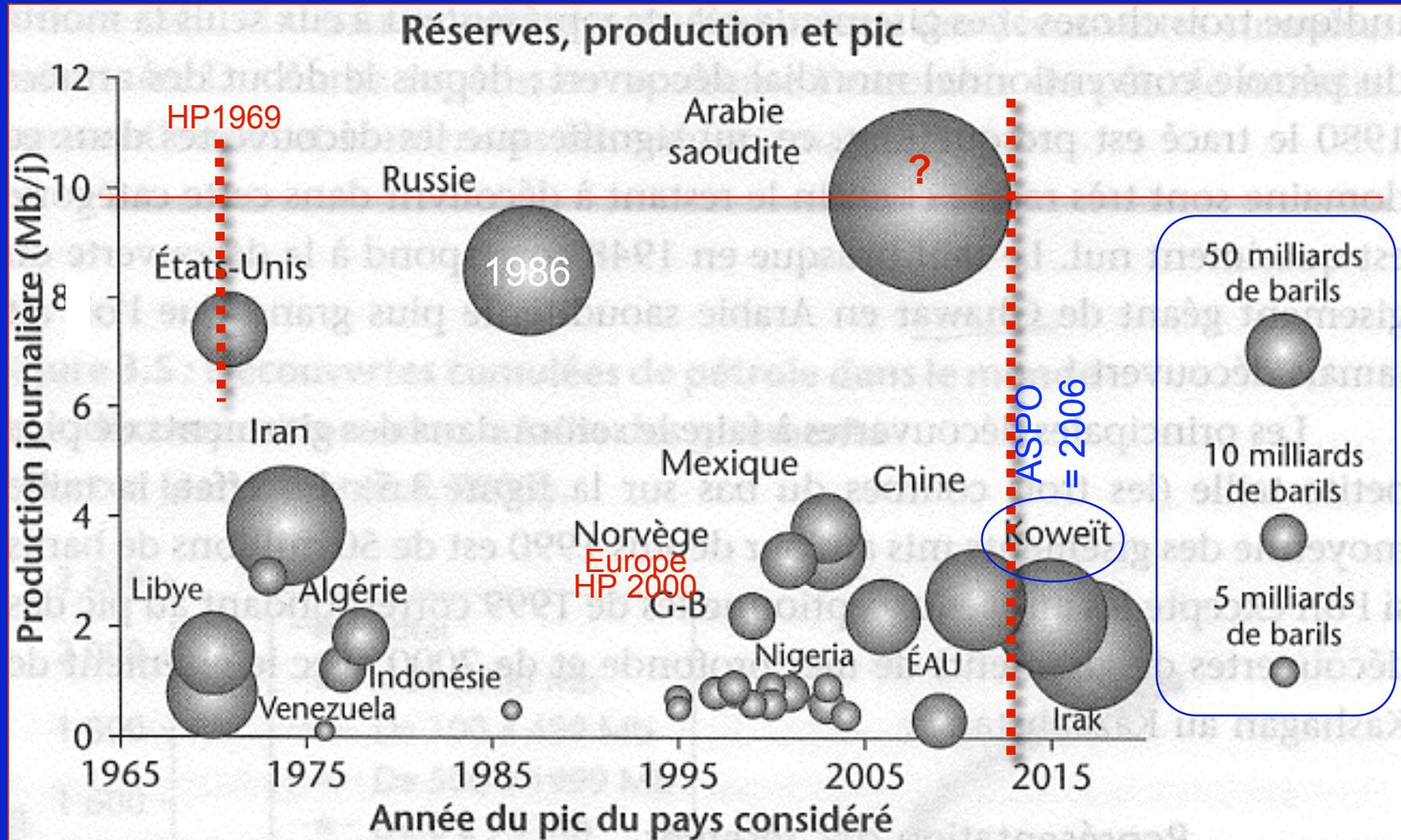
**ou encore: Rés/année = % par rapport au total (Val Moy/Méd)**

**Confrontation of World demand and World depletion profile**  
**World demand : 1.6% annual increase - World Bank estimate**  
**World demand : 2.0 % annual increase - Shell estimate**  
**Opec depletion profile peaking in 2030**



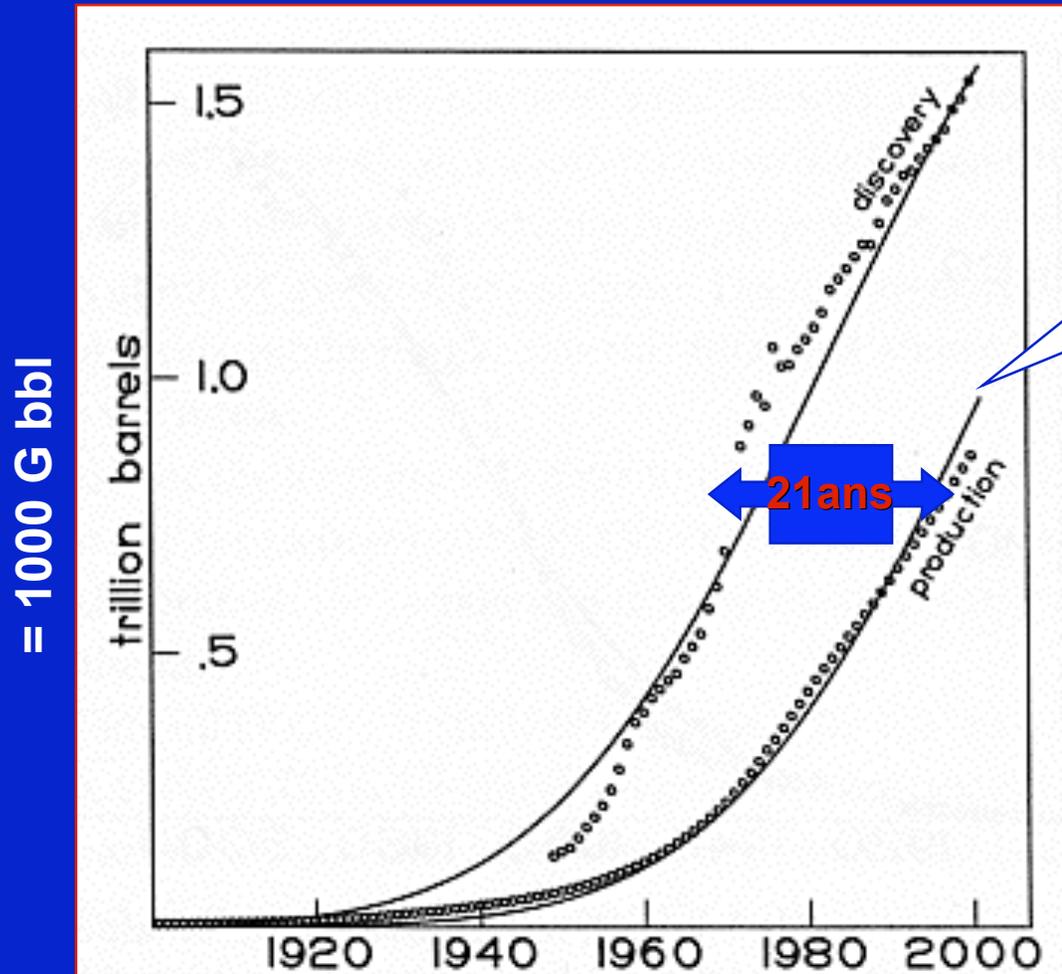
Pauwels et al., 1996

# RESERVES DE PETROLE PAR PAYS [les 30 premiers] AVEC DATE DU PIC ET PRODUCTION JOURNALIERE



Campbell et BP, 2003

Les prévisions de 2003 sont erronées



Deffeyes, 2003

Production  
Maximale

=

2003?

Production  
Cumulée  
Probable

=

2120 G bbl

***Production mondiale cumulée d'huile et production cumulée PLUS réserves (= découvertes) sur deux courbes de Gauss***

Les prévisions de 2003 sont erronées

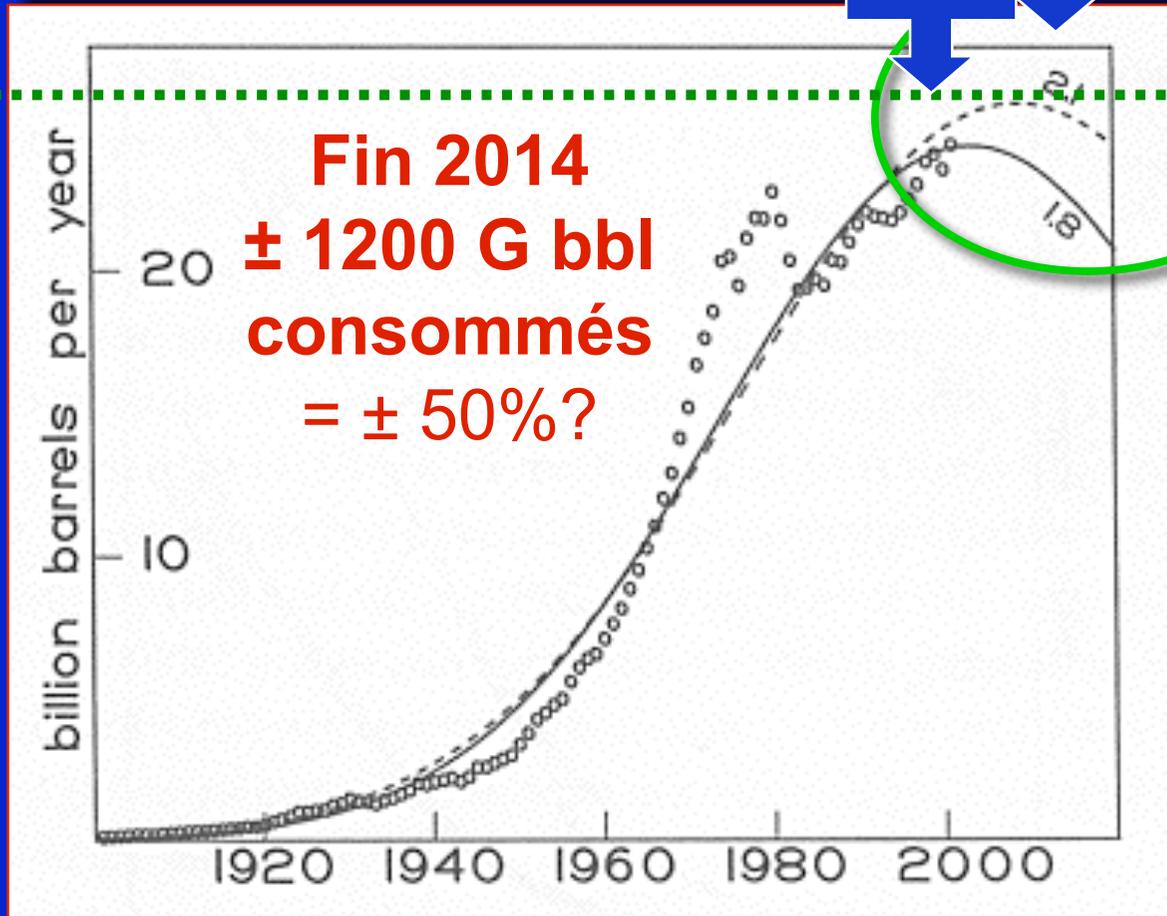
pic1

pic2

Production fin 90'

nb  
70 Mbbbl/j  
X365j  
=  
± 25 Gbbl/a  
  
En 2000'  
=  
± 30 Gbbl/a

Existe scenarii  
à 35 Gbbl/a

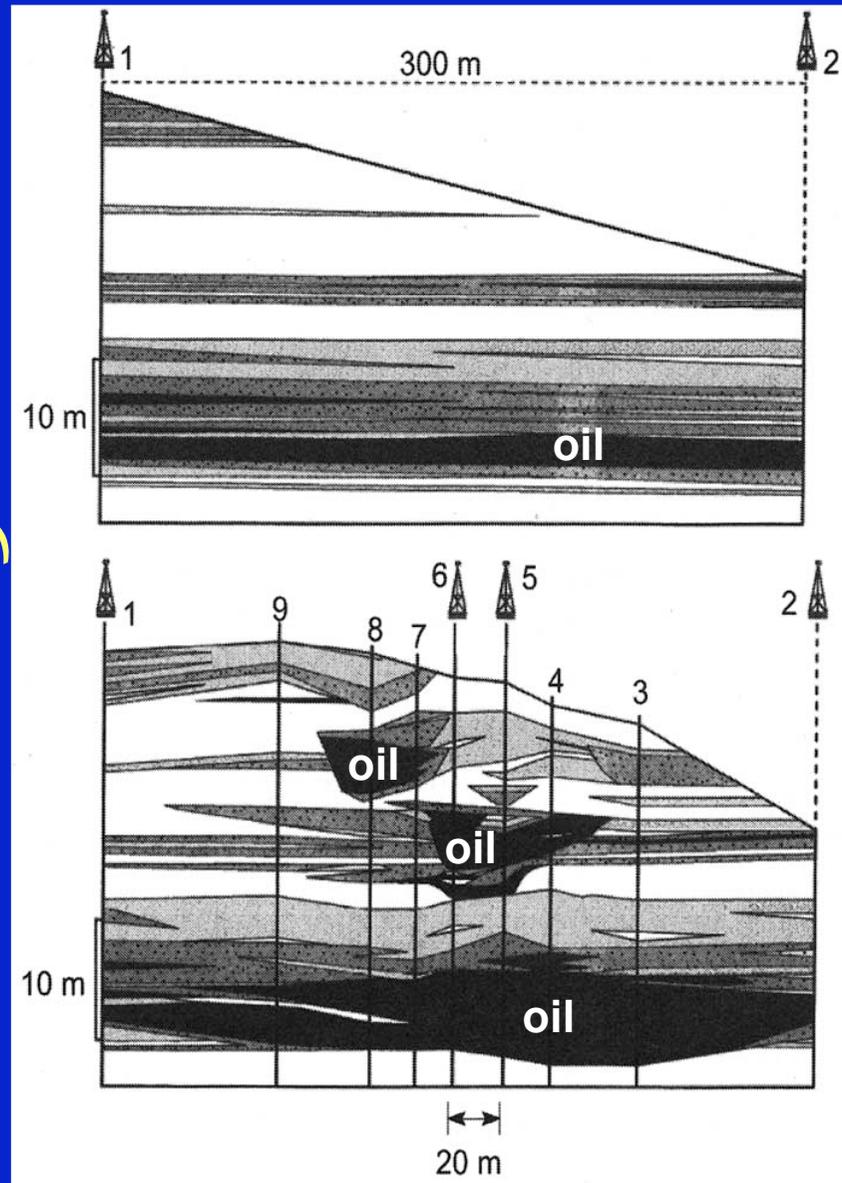


Deffeyes, 2003

**Production annuelle mondiale en fonction des réserves ultimes estimées (courbes de Gauss) [2,1 et 1,8 X1000 G bbl]**

# LA REGLE DES 3 'P' [prouvées-probables-potentielles]

Cas d'un corps gréseux  
(géométrie, porosité.....)



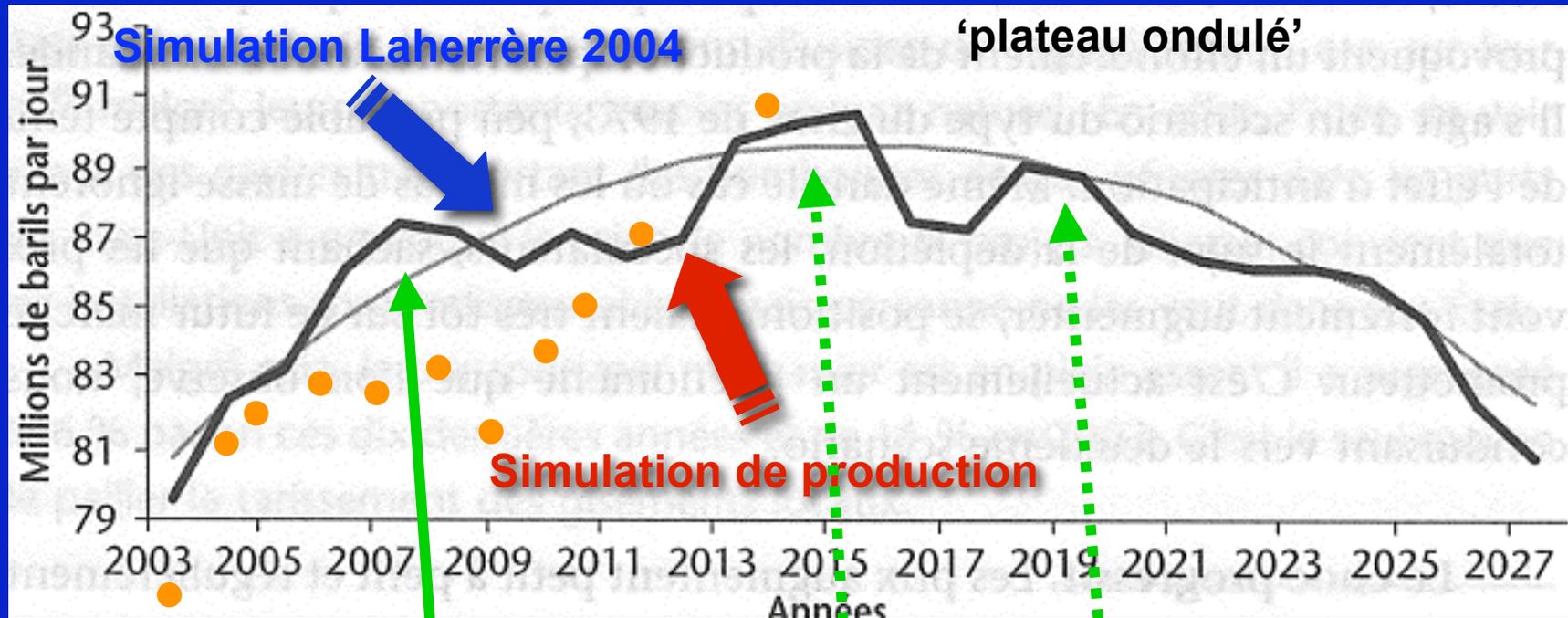
2 forages  
Modèle peu réaliste (ici)  
**probables?**

9 forages supplémentaires  
Modèle plus réaliste (ici)  
**prouvées**

Ravenne in Durand, 2009

# PROFIL DE PRODUCTION MONDIALE POSSIBLE

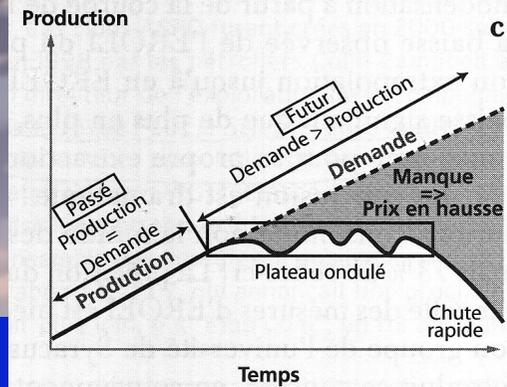
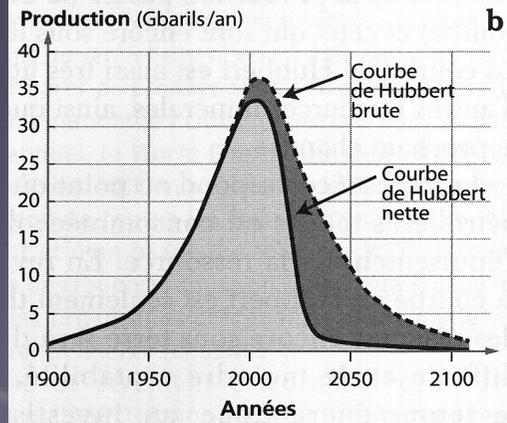
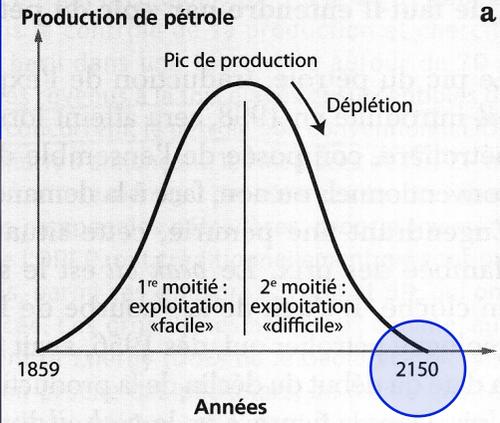
Existe 7 scénarii regroupés en 3 groupes  
[choc brutal, choc progressif, 'plateau ondulé']



●  
BP

nb existent aussi nombreux scénarios avec  
115 à 120 M bbl/j en 2020-2030

Jusqu'en 2035 (AIE)



Nicolas 2011

Enfin: l'histoire de la production mondiale est bien connue depuis 1850, car l'huile produite provient des raffineries. La plus grande incertitude provient de l'ex-URSS ('Guerre Froide'), mais rien ne semble indiquer que cela affecte les courbes de Gauss ...

### SCENARIO-ESTIMATION 2003

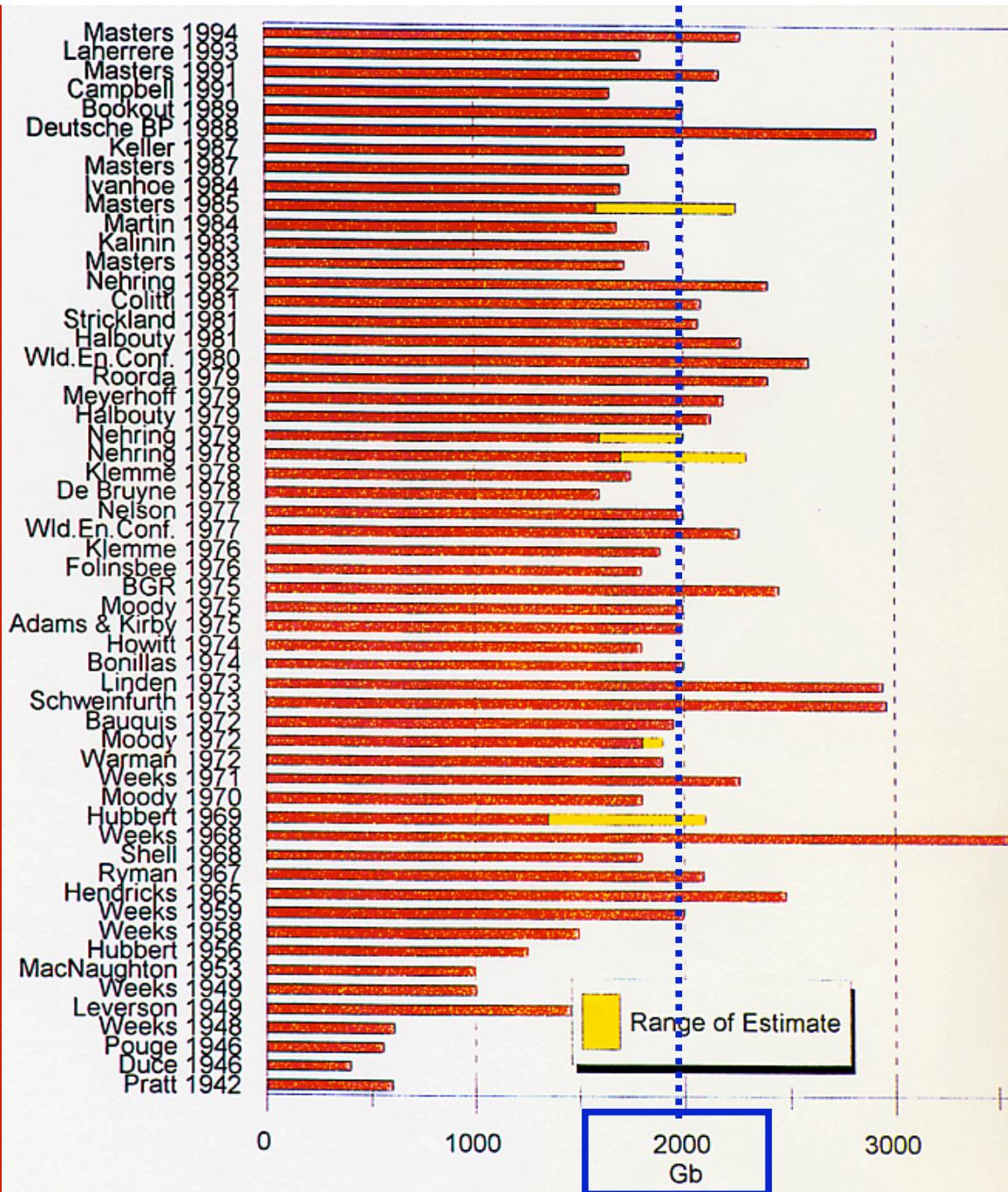
Prenant en compte des réserves ultimes comprises entre 1800 et 2120 G bbl, [càd entre 1,8 et 2,1 trillions -unité US] sans le sc, sans le nc, sans la technologie

**Le pic de production mondiale est atteint entre 2004 et 2009**

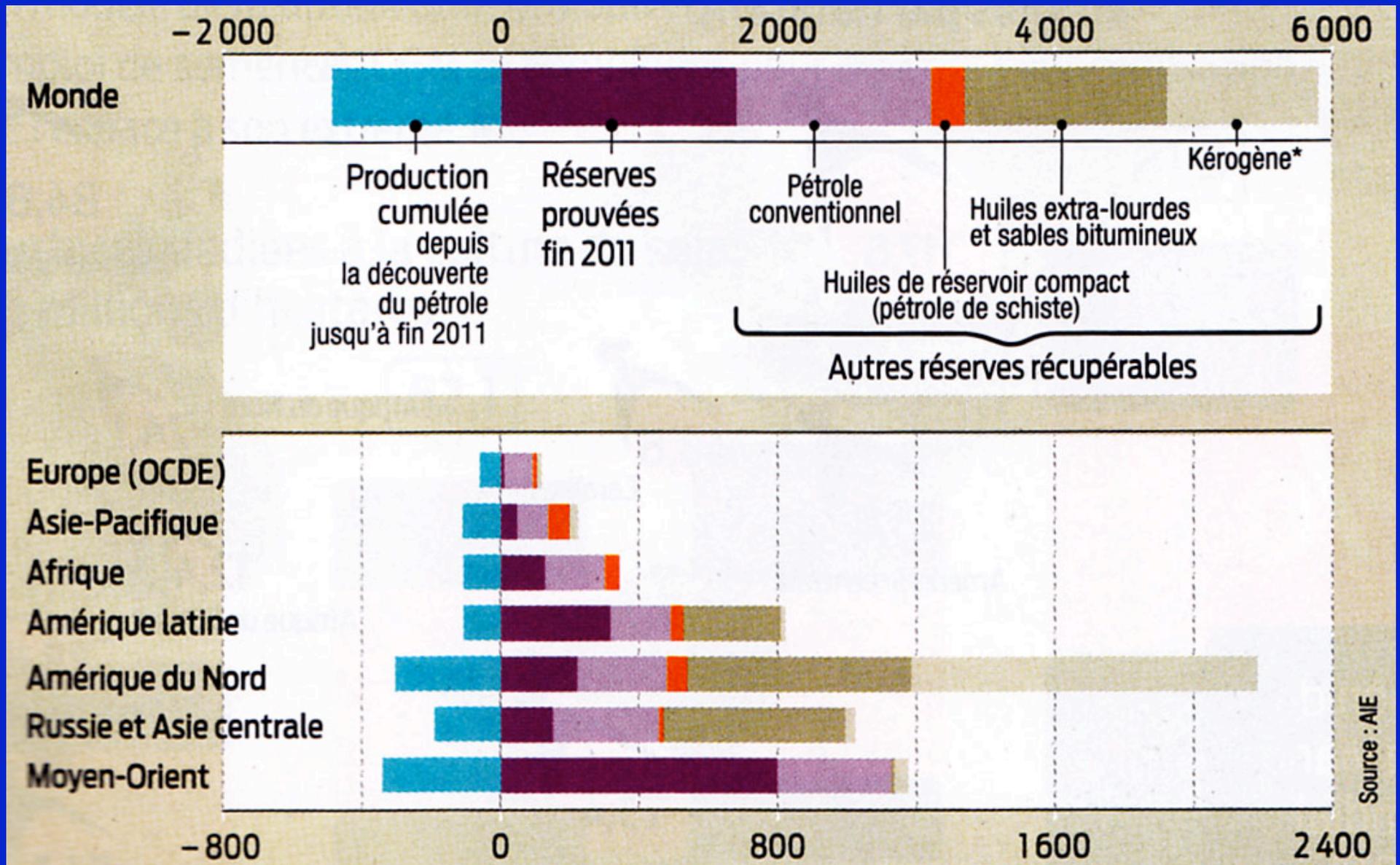


# Réserves Ultimees publiées

$$\begin{aligned}
 &= \\
 &\text{Réserves initiales} \\
 &\text{(ou originales)} \\
 &+ \\
 &\text{Non découvertes} \\
 \\
 &== \\
 &\text{Réserves identifiées} \\
 &+ \\
 &\text{Production cumulée} \\
 &+ \\
 &\text{Non découvertes}
 \end{aligned}$$



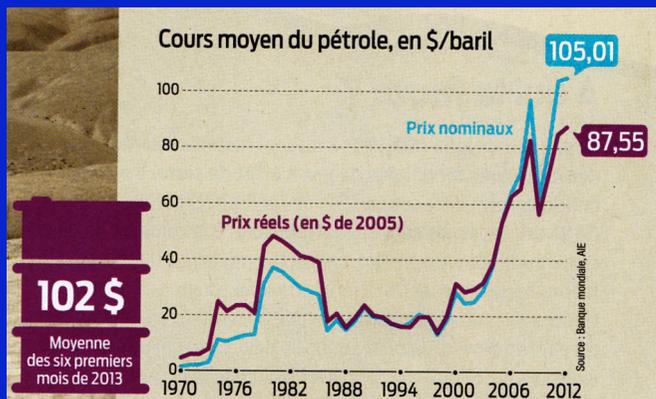
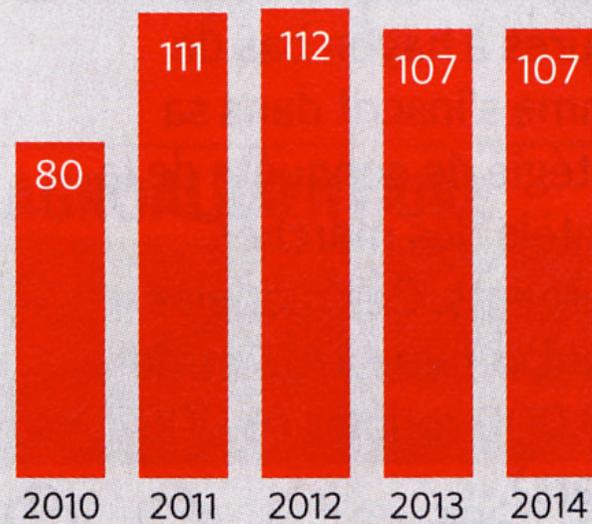
# Ressources pétrolières récupérables en 2011, Gbl



## Prix du pétrole

Cours du Brent

(moyenne annuelle, en dollars/baril)



## Coûts de production estimés, en \$/baril

Moyen-Orient et Afrique du Nord (gisements conventionnels)

6-28

Récupération assistée du pétrole (par injection de CO<sub>2</sub>)

30-80

Offshore profond et ultra-profond

32-65

Gisements arctiques

32-100

Huiles extra-lourdes/sables bitumineux

32-68

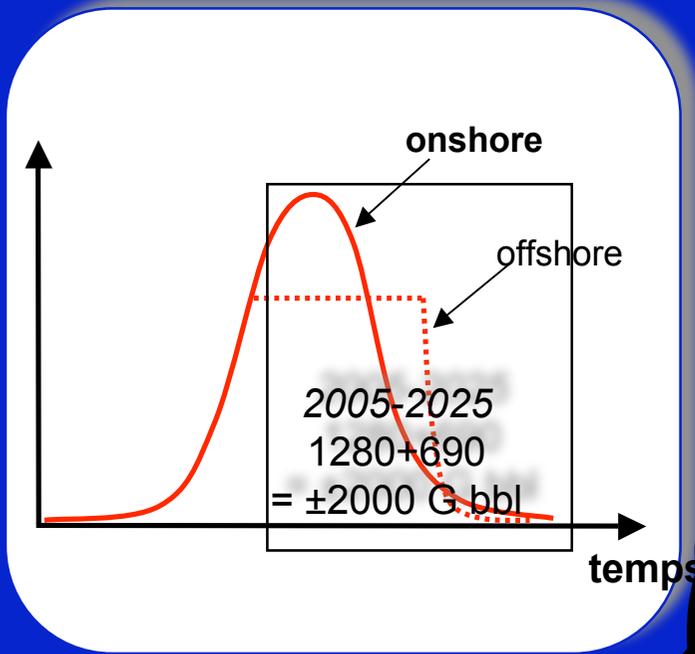
Pétrole de schiste

52-113

Conversion du charbon en carburant

60-113

Source: Banque mondiale, AIE



**POURQUOI?**  
*voyons les chiffres...*



90-95%

**...des réserves mondiales *PROUVEES***

## PETROLE c

Réserves Prouvées  
2013 (BP)  
[±5%?]

Rés Prouvées	Oil Gbl	%	Gas %
Arabie Saoudite	265,9	15,8	4,4
Canada	174,3	10,3	1,1
Iran	157,0	9,3	18,2
Irak	150,0	8,9	1,9
Koweït	101,5	6,0	1,0
Emirats Ar Unis	97,8	5,8	3,3
Venezuela	298,3*	17,7	3,0
Russie	93,0	5,5	16,8
Libye	48,5	2,9	0,8

Rés Prouvées	Oil Gbl	%	Gas %
Nigeria	37,1	2,2	2,7
USA	44,2	2,6	5,0
Chine	18,1	1,1	1,8
Mexique	11,1	0,7	0,2
Norvège	8,7	0,5	1,1
Algérie	12,2	0,7	2,4
Qatar	25,1	1,5	13,3
Australie	3,9	0,2	2,0
Indonésie	3,7	0,2	1,6

**PETROLE nc** (taux de récupération 10 à 20%)

[±7000Gb Ultime]

Pétroles lourds 10-20°API = 23%

Sables bitumineux = 39%

Schistes bitumineux = 38%

Canada	36%
USA	32%
Venezuela	19%
Russie et 'satellites'	7%
Afrique	3%
Moyen-Orient	1%
Autres	2%

Données BP - 2005

OPEP = ±3/4 Pétrole c  
NOPEP = ± 3/4 Pétrole nc  
[Am N = 68% nc]

*Moyen Orient + Russie = ±2/3 Gaz*



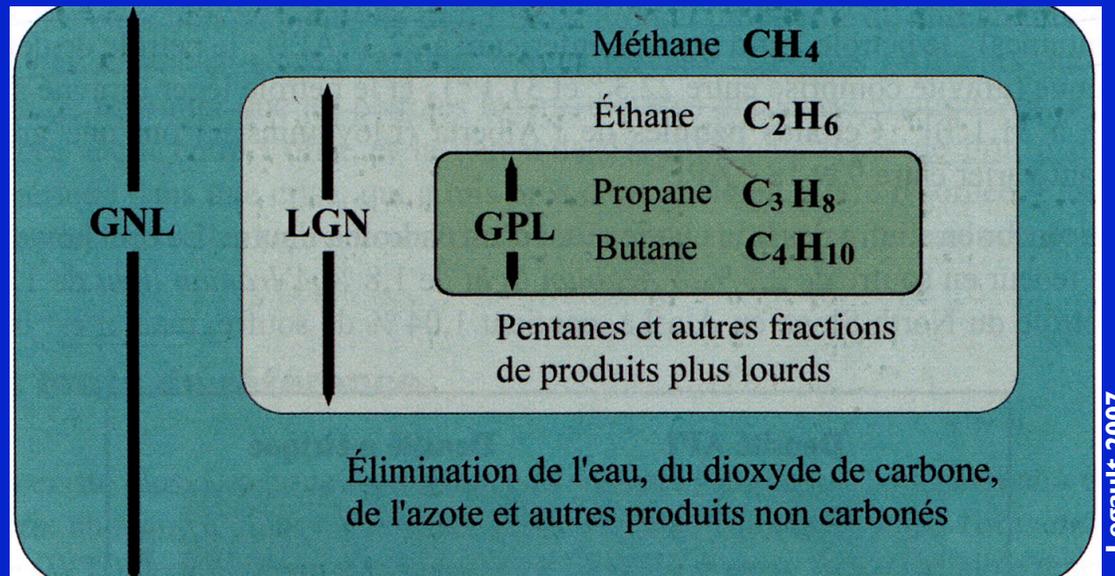
# le marché réel = la production

Sur les 192 pays de la Planète, 30 produisent du pétrole significativement et seuls 17 d'entre eux exportent plus de 500.000 bbl/j ==> la géographie ET la politique limitent les choix. Les importateurs diversifient les approvisionnements, chacun à partir d'une dizaine de pays ou moins...

## PRODUCTEURS en 2013

1. Arabie Saoudite 11,5 millions bbl/j *avec env 2000 puits*
  2. Russie 10,8
  3. USA 10,0 (+14% pr 2012; nb 6,7 en 2008 *avec env 50000 puits*  
Rendement moyen annuel d'un puits 1985:  $2,2 \cdot 10^3 \text{t}$  soit 44 bbl/j ou 0,08l/s *<0,1l/s*  
(4,3 en 2008)
  4. Iran 3,6 Rendement moyen annuel d'un puits 1985:  $1514,5 \cdot 10^3 \text{t}$  soit 30.500bbl/j ou *56l/s*
- ...

Les réserves de gaz c sont abondantes et l'on trouve, chaque année, plus de gaz qu'on en consomme (taux de récupération 80% ≠ oil 35%).  
Les réserves prouvées sont de 162,6 Tm<sup>3</sup> en 2014 soit 50 années de réserves

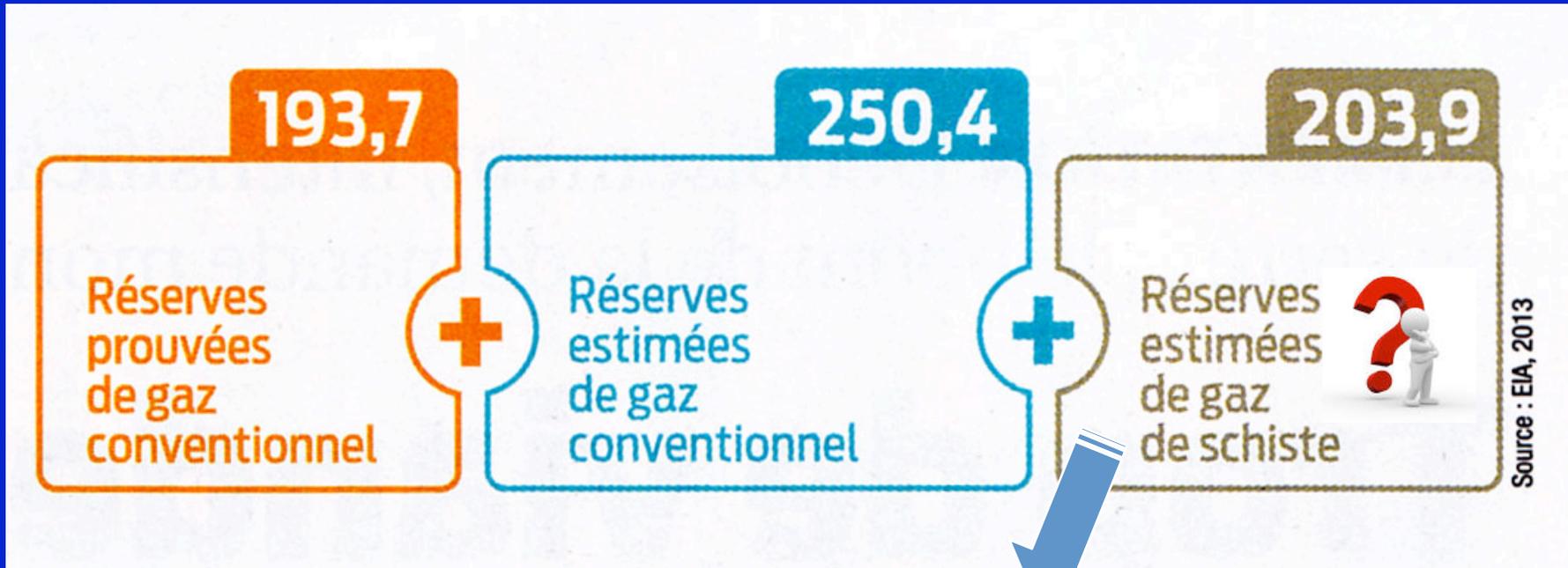


Les réserves ultimes c soit ± 3X [ou plus] que les réserves prouvées.  
En 2012-(2014): production commercialisée = 3,3 Tm<sup>3</sup>, ce qui représente 23,9 % de l'énergie primaire (soit 2,2% de plus par rapport 2011)

Nb coût du transport du gaz = 3X celui du pétrole...

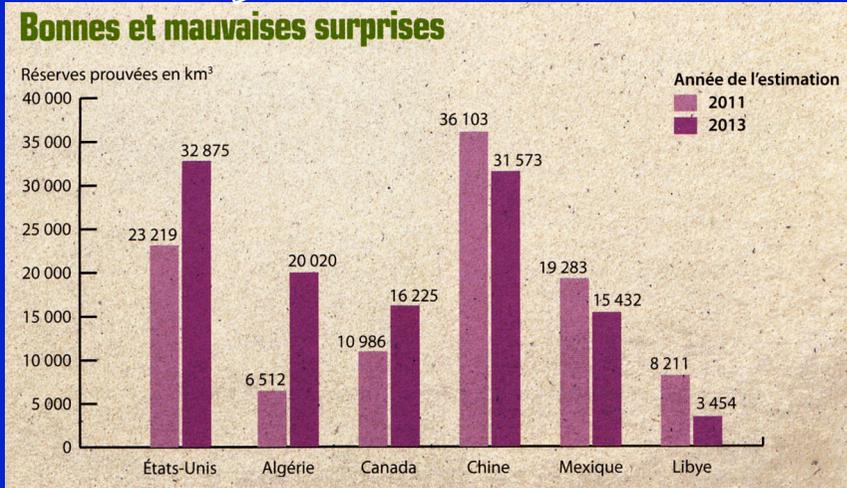
==> on l'utilise donc souvent sur place... (et injection dans gisement pétrole!)

$10^{12}m^3 = Tm^3$  [ $\pm 250$  ans de réserves, en 2014: 50an 1P +43 ans2P3P+gaz nc]



Consommation mondiale gaz 2013

3,347 Tm<sup>3</sup> [+2,4% pr 2012]



**Le charbon est le combustible fossile qui a les réserves les + importantes = 425 Gtep au 1/01/2014)**

<b>1. USA</b>	<b>26,6 %*</b>
<b>2. Russie</b>	<b>15,7 %*</b>
<b>3. Chine</b>	<b>11,5 %*</b>
<b>4. Australie</b>	<b>7,6 %*</b>
<b>5. Inde</b>	<b>6,1 %*</b>
<b>6. Kazakhstan</b>	<b>3,4 %*</b>

\* Anthracite/Bitumineux  
+  
Sub-bitumineux/Lignite

BP2015

**Le charbon est très polluant: émission d'oxydes de soufre et d'azote + particules**

**De plus: il contient de l'U [1 à 10ppm, moy=1,3] et du Th [moy=3,2ppm]**

**En 1982: 3640 t d'U et 8960 t de Th ont été libérées**

**=> à puissance égale, une centrale à charbon émet 100X plus de radioactivité qu'une centrale nucléaire**

A ces réserves de bonne qualité, il faut ajouter celles correspondant à la lignite et aux charbons sous-bitumineux = '**brown coal**' qui sont estimées en 2012 à 456,2milliards de tonnes

Dont

1. USA
2. Russie
3. Chine
4. Australie
5. Allemagne

**TOTAL: 'hard et brown coal'**  
**>> 100 de réserves**  
**[52,6 % =USA-Russie-Chine]+ Inde...**

1P + 2P3P => 9700 à 10675 Gtep soit 740 à 820 ans  
de consommations énergétiques mondiales 2013

## scénario le plus probable du futur

	épuisement dans
<b>PETROLE <u>c</u></b>	<b>50 ans</b>
<b>GAZ <u>c</u></b>	<b>70 ans</b>
<b>CHARBON</b>	<b>110 ans</b>
<b>CLATHRATES</b>	<b>?</b>

min.



Bobin et al., 2001; Ng6, 2002

**2000-2014: les combustibles fossiles représentaient, presque 90 % de la consommation d'énergie primaire commerciale mondiale [hors bois]**

## Données établies en 1996

1990	10 <sup>9</sup> tep	2005 >80% ou >90%	10 <sup>9</sup> tep	2020
1. PETROLE	2,759		4,079	2.
2. CHARBON	2,288		4,105	1.
3. GAZ	1,689		2,948	3.
4. AUTRES	1,076		2,243	
5. HYDRONUCL.	0,916		1,995	
<b>total</b>	<b>8,8</b>		<b>13,4 = 50% en plus</b>	

>80 %

>75 %

*pas de modification de la structure de l'offre*

2005: éolien 0,05%, biocarburants 0,1%, solaire thermique <0,05%  
solaire photovoltaïque <0,001%, géothermie 0,5%  
BOIS 10%, HYDRAULIQUE 5%, NUCLEAIRE 5%  
EF 80% [90%]

Bobin et al., 2001; Ngô, 2002

Jancovici &  
Grandjean, 2006

## Tout ceci = Réserves Prouvées...

càd > 90% de se transformer en production réelle (à court terme)  
(sinon elles ne sont que probables)

### Voyons les Réserves ULTIMES

=hors technologie-économie actuelles

- = ?350 Gt ou  $\pm$  2500 G bbl pour le pétrole ou plus?, USGS 2003)  
**[soit environ 100 à 120 ans de disponibilité ... <150ans]**

- +? 350-400 Gt

Sables asphaltiques (gisements durcis suite à actions bactériennes sur huile, 'Heavy Oil' API < 20°)  
Schistes et sables bitumineux ('Tar Sands')  
**[soit environ 120-130 ans de disponibilité....]  
actuellement: pas rentable...**

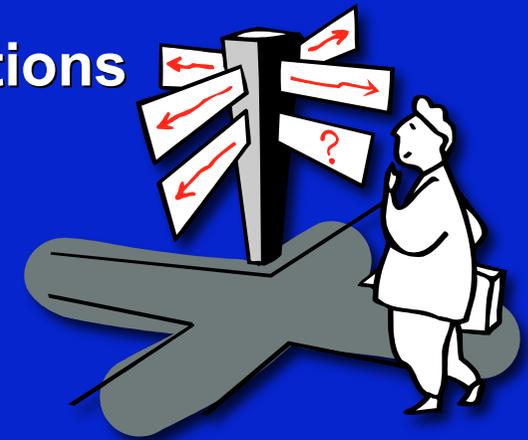
- + Gaz conventionnel = ?500 Gt

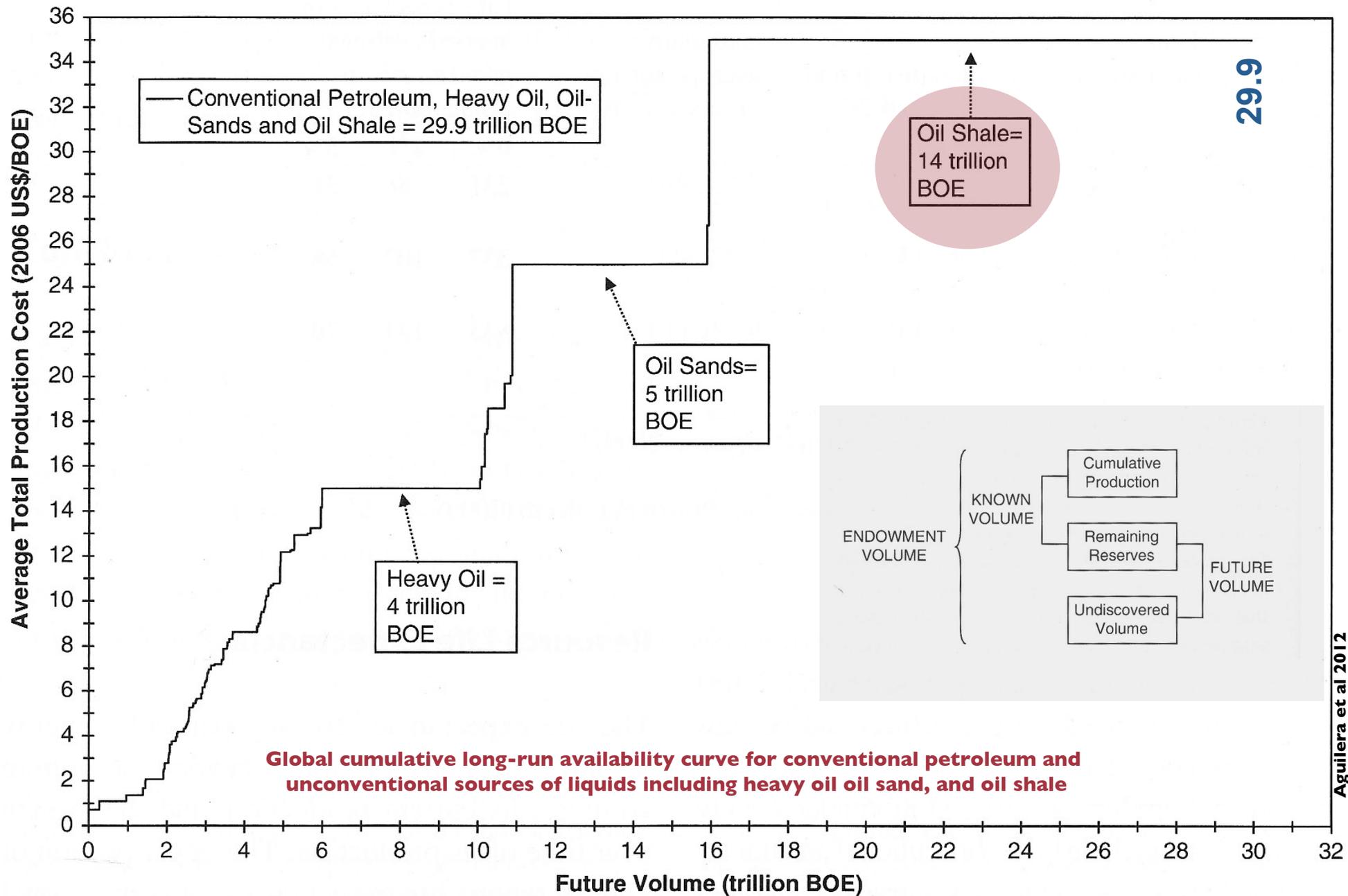
**[soit > 150 ans et < 300 de disponibilité]**

- + Gaz non conventionnel = GIP ?900Tm<sup>3</sup>

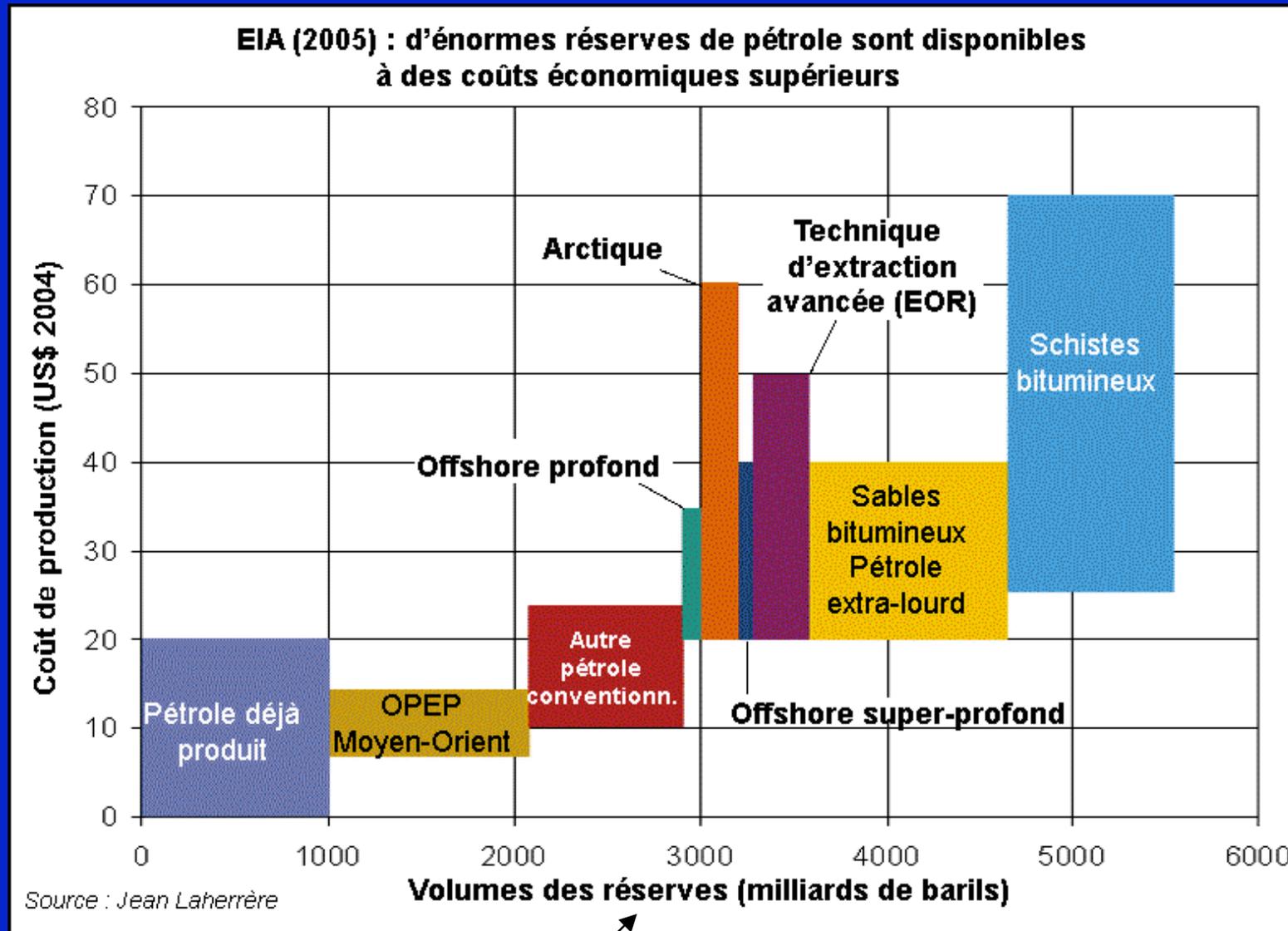
**[soit > 100 ans et < 300 de disponibilité et >> gaz c]**

- (+?clathrates ?>1000 Gt) + [● charbon >400 ans]





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



ex:

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

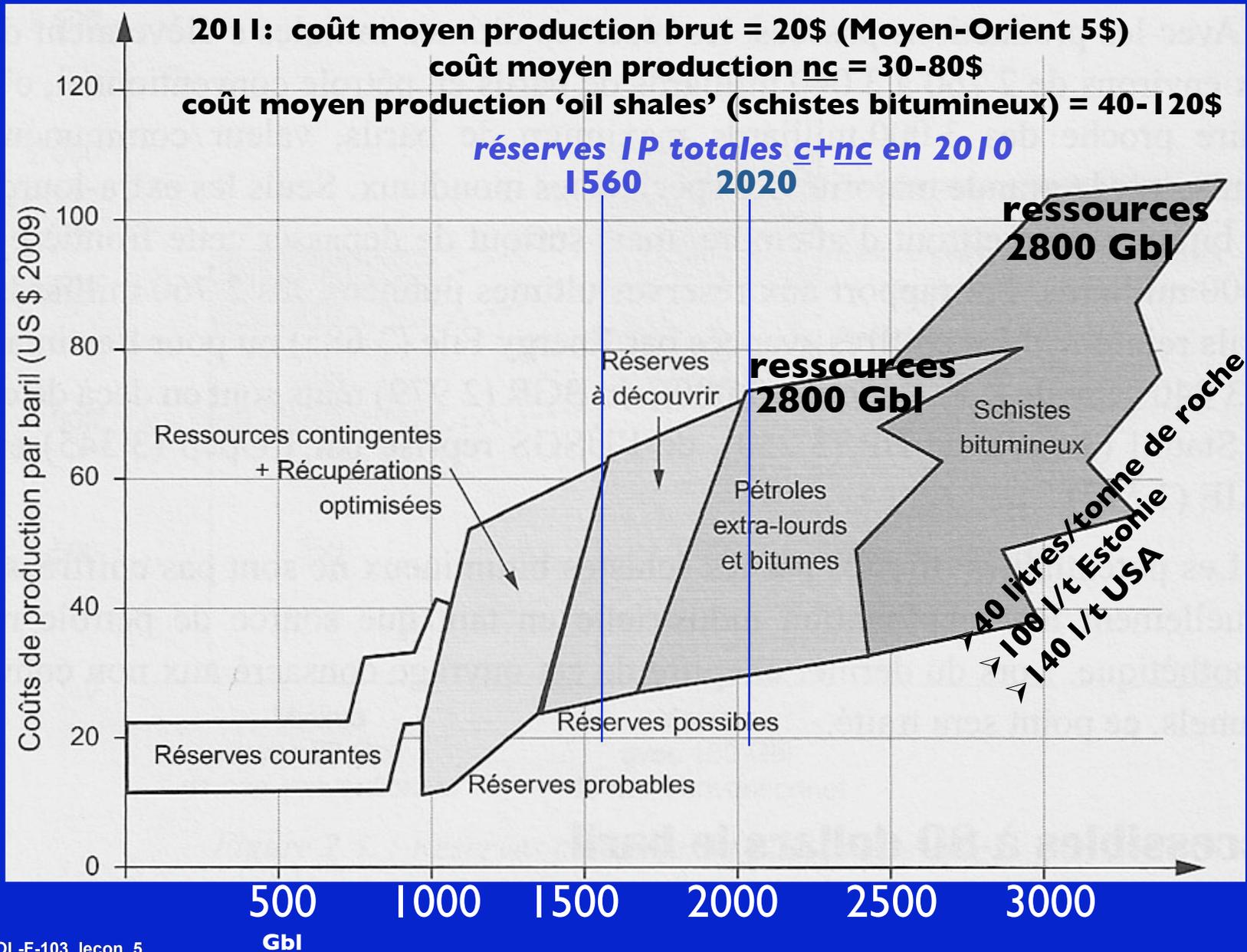
1,8 Gb déjà  
produits en 2007

déjà exploités  
en 1930'

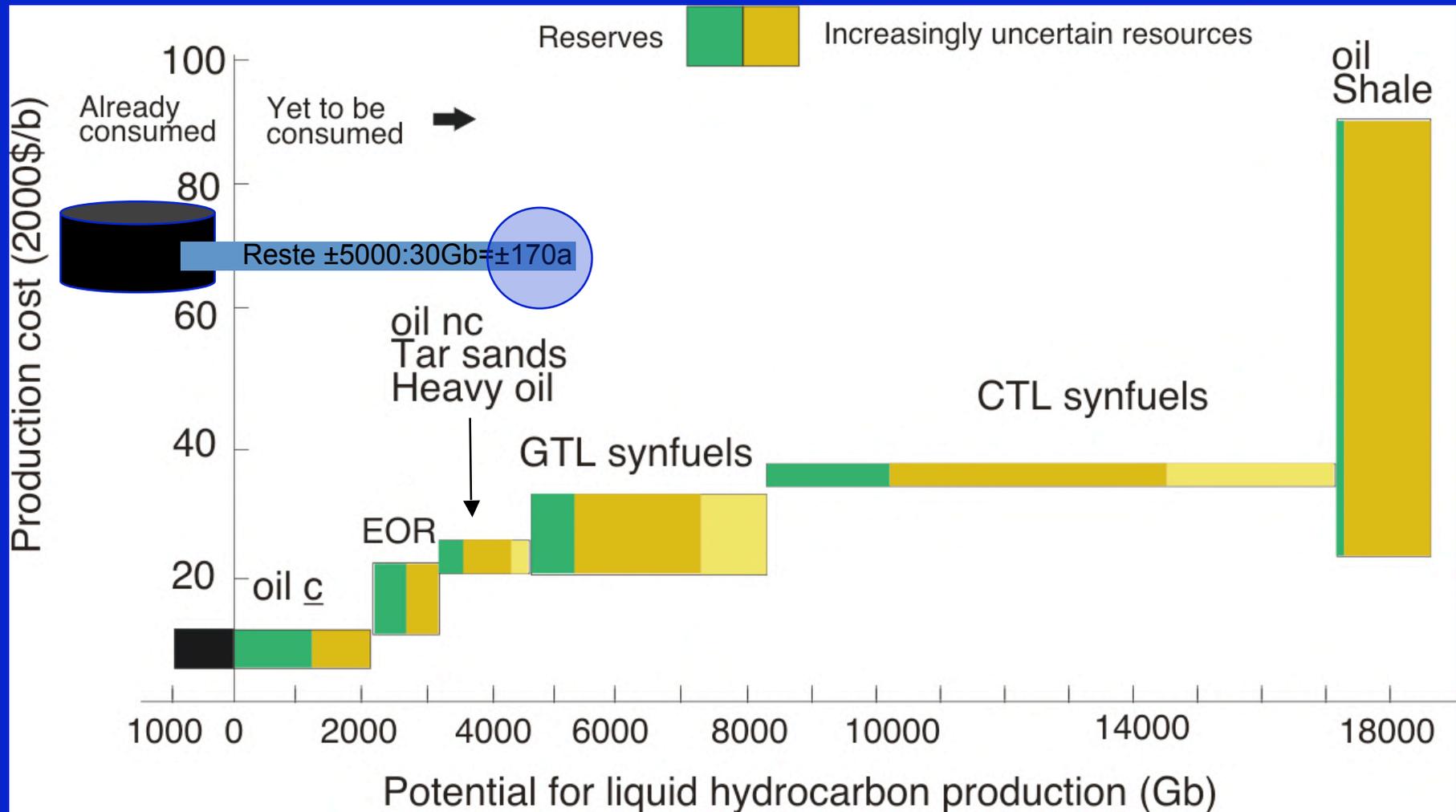
différent de ressources!

Ici = ± ultimate recoverable resources

# Coûts de production des futures réserves attendues



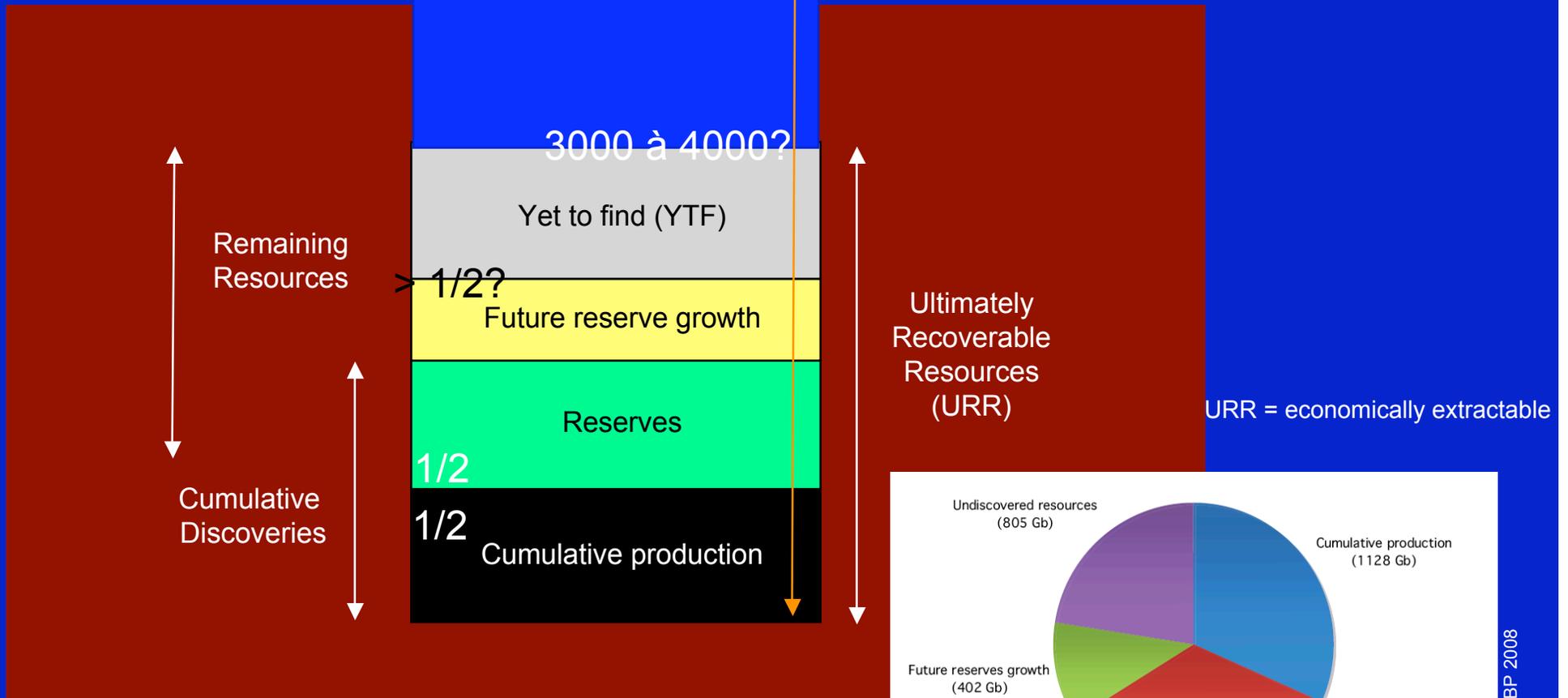
# ULTIMES: 6000 (...) G bbl c et 7000 G bbl nc



Farell and Brandt 2006

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

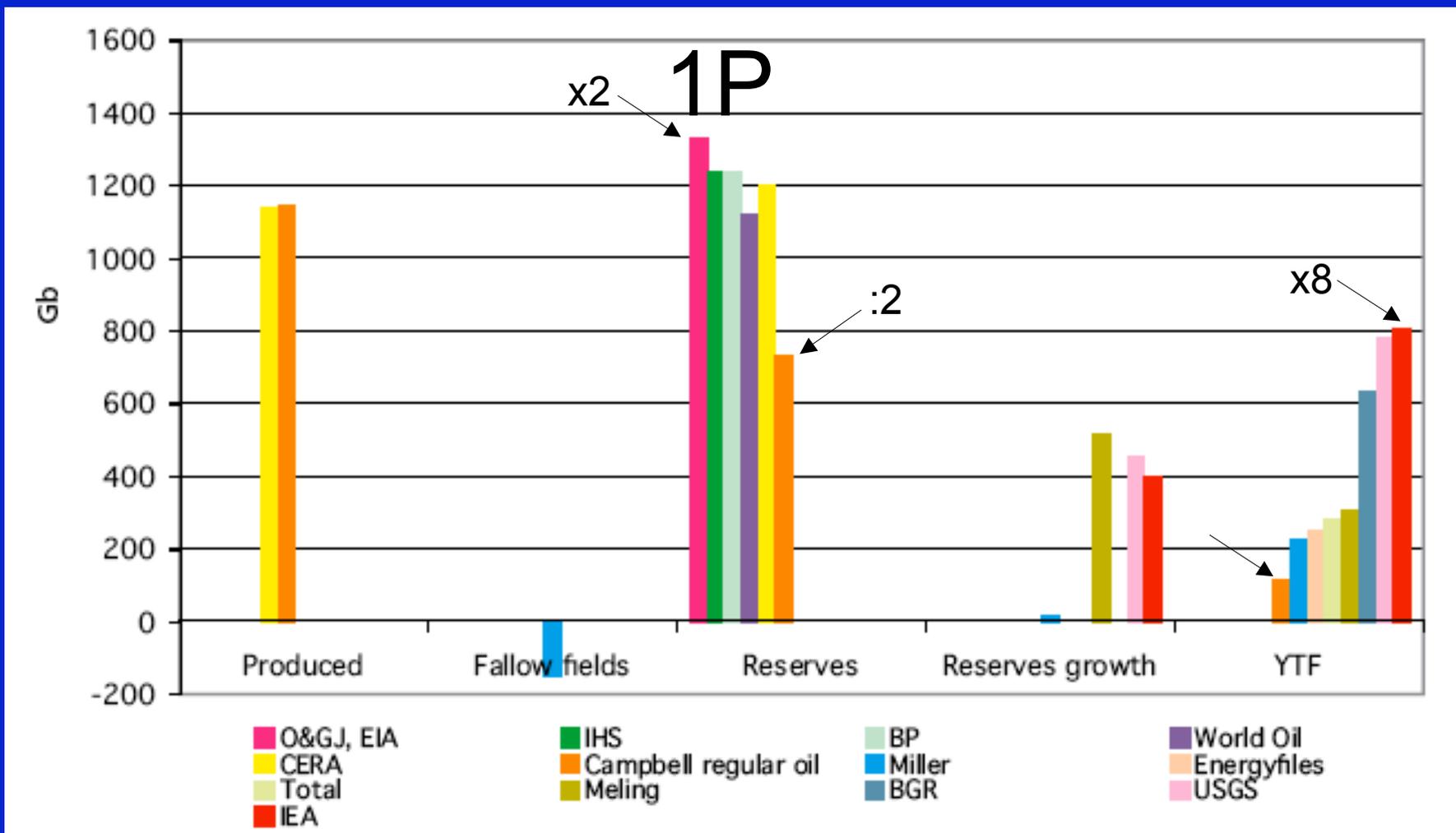
# ULTIMES: 6000 (...) G bbl c et 7000 G bbl nc



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 <sub>c</sub>

(IEA, 2008, UK Energy Centre 2009)



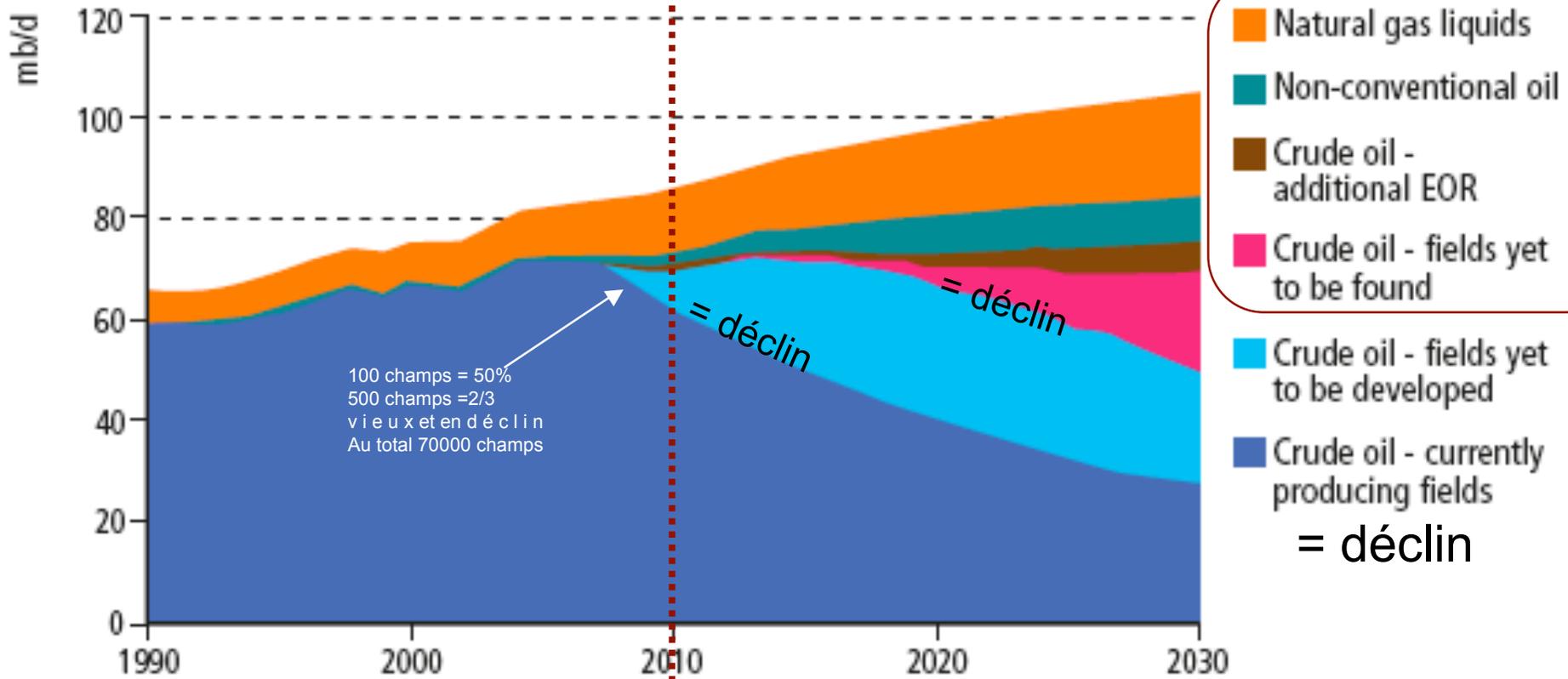
# RESERVES ESPEREES AVEC LES PETROLES nc

Réserves courantes et attendues			Réserves espérées en plus des non-conventionnels 						
Pétrole conventionnel	Extra-lourds et bitumes pris en compte	Total	Taux de récupération					Réserves espérées :30Gb?	
			10 %	20 %	10 %	10 %	10 & 20 %		
			Extra-lourds et bitumes		Schistes	Volumes nouveaux			
1 550	90	1 640 <small>basses</small>	290	670	283	573	953	2 213	2 593
1 840	180	2 020 <small>hautes</small>	200	580	283	483	863	2 503	2 883

Moyen Orient

1 Canada, 2Venezuela, 3USA, 4Russie 5Kazakhstan

Mathieu 2011



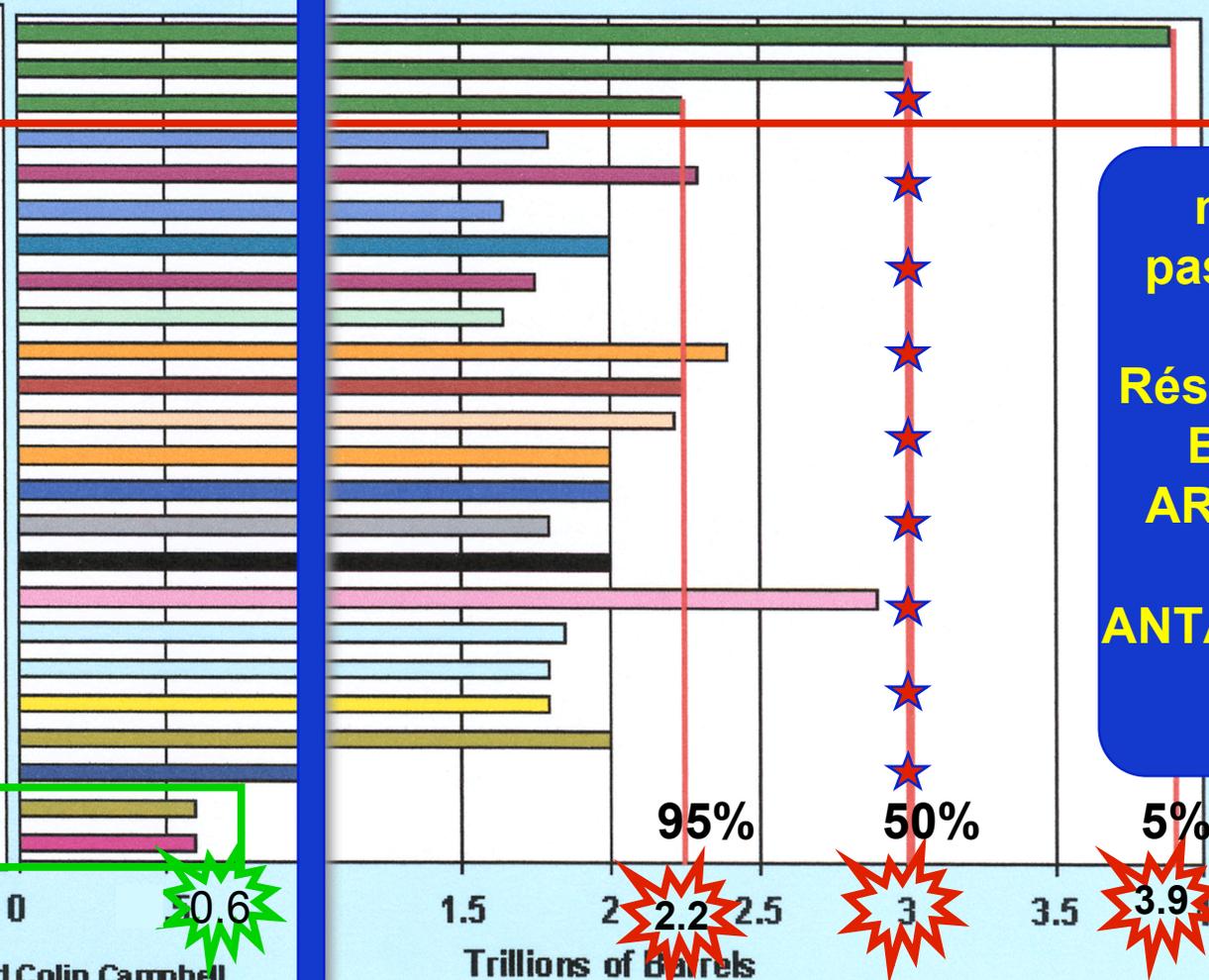
2006

### Published Estimates of World Oil Ultimate Recovery

3.9

- USGS 5% 2000
- USGS Mean 2000
- USGS 95% 2000
- Campbell 1995
- Masters 1994
- Campbell 1992
- Bookout 1989
- Masters 1987
- Martin 1984
- Nehring 1982
- Halbouty 1981
- Meyerhoff 1979
- Nehring 1978
- Nelson 1977
- Folinsbee 1976
- Adams & Kirby 1975
- Linden 1973
- Moody 1972
- Moody 1970
- Shell 1968
- Weeks 1959
- MacLaughton 1953
- Weeks 1948
- Pratt 1942

0.6



Source: USGS and Colin Campbell

1 trillion = 1000 milliards bbl

ne tient pas compte des Rés Prouvées Bassins ARCTIQUE et ANTARCTIQUE

= ?350 Gt ou  $\pm$  2500 G bbl (2,5 trillions) pour le pétrole  
**C O N V E N T I O N N E L** [soit environ 120 ans de disponibilité ...]

2500

+données EIA Energy Information Administration ([www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov))

- 1940 = 600 G bbl
- 2003 = 3900 G bbl **USGS** => ?*Hubbert's Peak?*

3900

**12 scenarii (USGS) basé sur**

° 2248 G bbl - 3003 G bbl - 3896 G bbl

° 0%-1%-2%=2003!-3% *accroissement taux de production mondiale annuelle*

**H'P: 2021 à 2112**

**Ex: scénario 3003 G bbl +2% [2003] ==> H'P 2037 [=146 M bbl/j]**

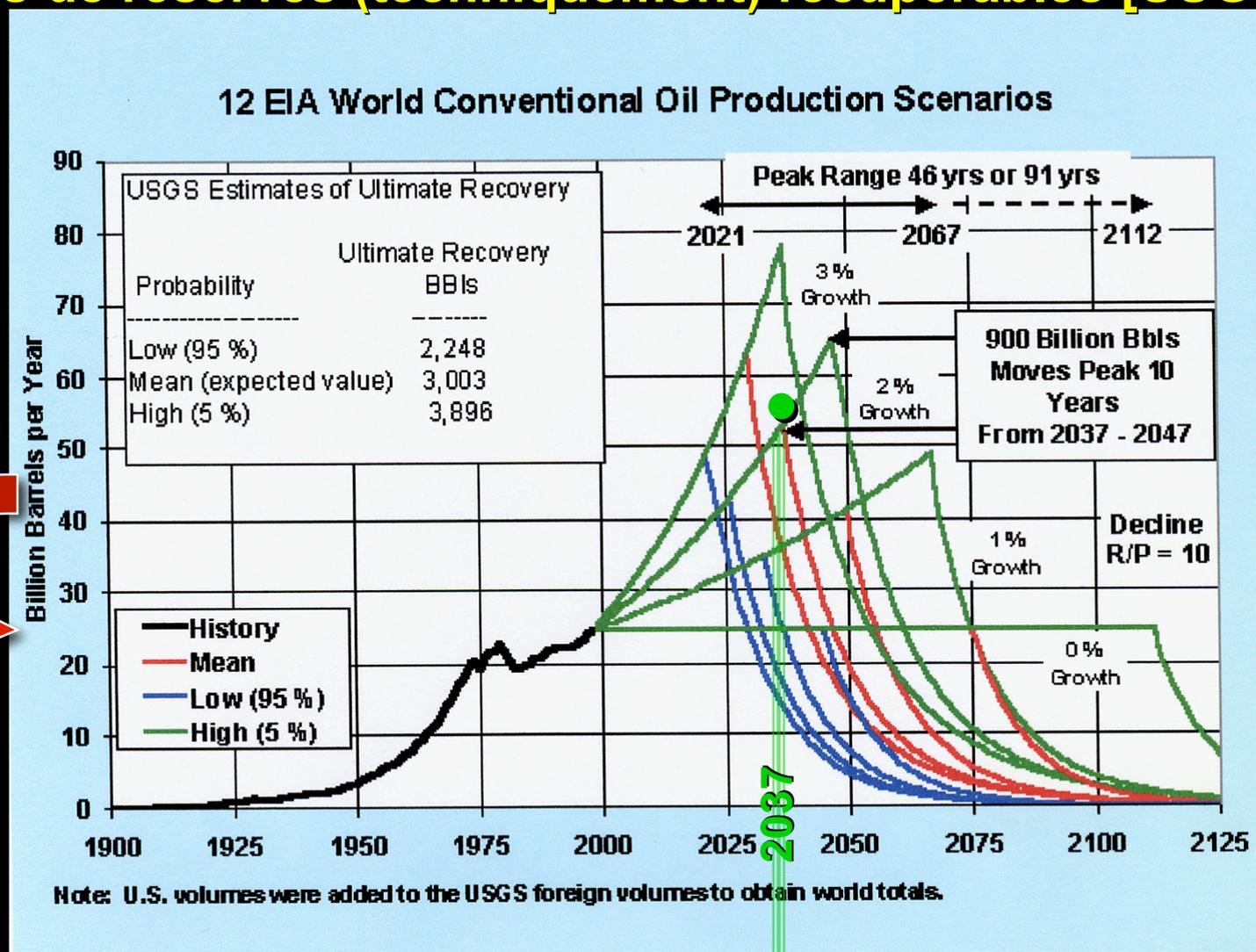
Nb: Probabilité de Réserves Ultimes [= réserves possibles aux conditions techniques et économiques envisageables sans limite précise de temps...]

2248 G bbl = 95% - 3003 G bbl = 50% - 3896 G bbl = 5 %

**> USGS-EIA: scénario 'optimiste': H'P le +probable en 2037!**

*cet optimisme est fortement basé sur l'évolution des technologies ...*

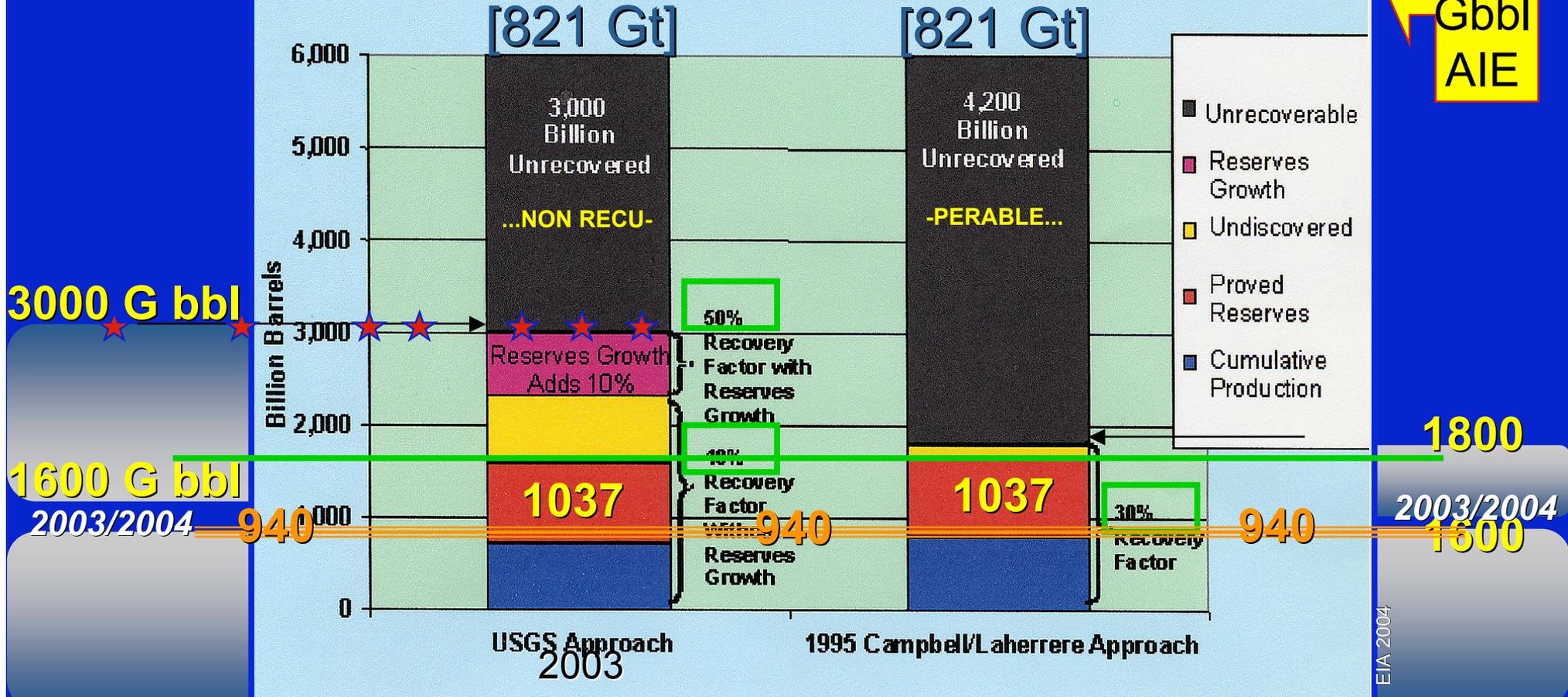
# 12 scenarii long terme basés sur 4 taux de croissance annuelle et 3 volumes de réserves (techniquement) récupérables [USGS, 2003]



**Intervalles de confiance**

**Scénario le plus moyen [croissance, 2% et R=3003Gbb] ==> H'P: 2037**

Different Interpretations of a Hypothetical 6,000 Billion Barrel World Original Oil-in-Place Resource Base



**Taux effectif de récupération**

= récupération ultime espérée/quantité originale en place [quantité finie]

==> % REEL = f(considérations économiques et technologiques)

**L'ANNEE 2010: LA PLUS SOUVENT AVANCEE  
POUR LE PIC DE  
LA PRODUCTION PETROLIERE c  
[Gaz ± 2030... Charbon entre 2035 et 2055...]**

<b>Organismes ou experts</b>	<b>Rés. mondiales de pétrole (prouvées et à découvrir) 10<sup>9</sup>t</b>	<b>Année du pic de la prod. pétrolière</b>
<b>Service géologique USA</b>	<b>290</b>	<b>2037</b>
<b>Deffeyes</b>	<b>290</b>	<b>2003-2009</b>
<b>Edwards</b>	<b>290</b>	<b>2020-2030</b>
<b>McKenzie</b>	<b>235</b>	<b>2019</b>
<b>Hatfield</b>	<b>201</b>	<b>2010</b>
<b>BP</b>	<b>143+? à découvrir</b>	<b>?</b>
<b>Campbell</b>	<b>136</b>	<b>2010-2020</b>
<b>Lahérère</b>	<b>136</b>	<b>2010-2015</b>

**ensuite c'est l'année 2020...**

# LE MARCHÉ C'EST UNIQUEMENT REEL



LA PRODUCTION!  
et la CONSOMMATION

Sur les 192 pays de la Planète, seuls 30 produisent du pétrole significativement et seuls 17 d'entre eux exportent plus de 500.000 bbl/j ==> la géographie ET la politique limitent les choix. Les importateurs diversifient les approvisionnements, chacun à partir d'une dizaine de pays ou moins. *Pour Tertzakian 2006 « A high concentration of the world's oil supply is not only buried under rock, ocean, or sand, it is buried under layers of corruption, political risk, and capricious authoritarianism » ==> price volatility...*

Jusqu'à environ 1970: les USA étaient le numéro un de la production



ensuite URSS



finalement Arabie Saoudite  
*(suite à éclatement 'URSS')*

**l'OPEP dispose de 80 % des réserves mondiales  
et sa production n'atteint que 42 % du volume mondial**

futures grandes découvertes: Caspienne, grands fonds atlantiques...

## Production pétrolière en 2013, Réserves au 1/1/2014 et nombre d'années en fonction de la production 2012 (BP2015)

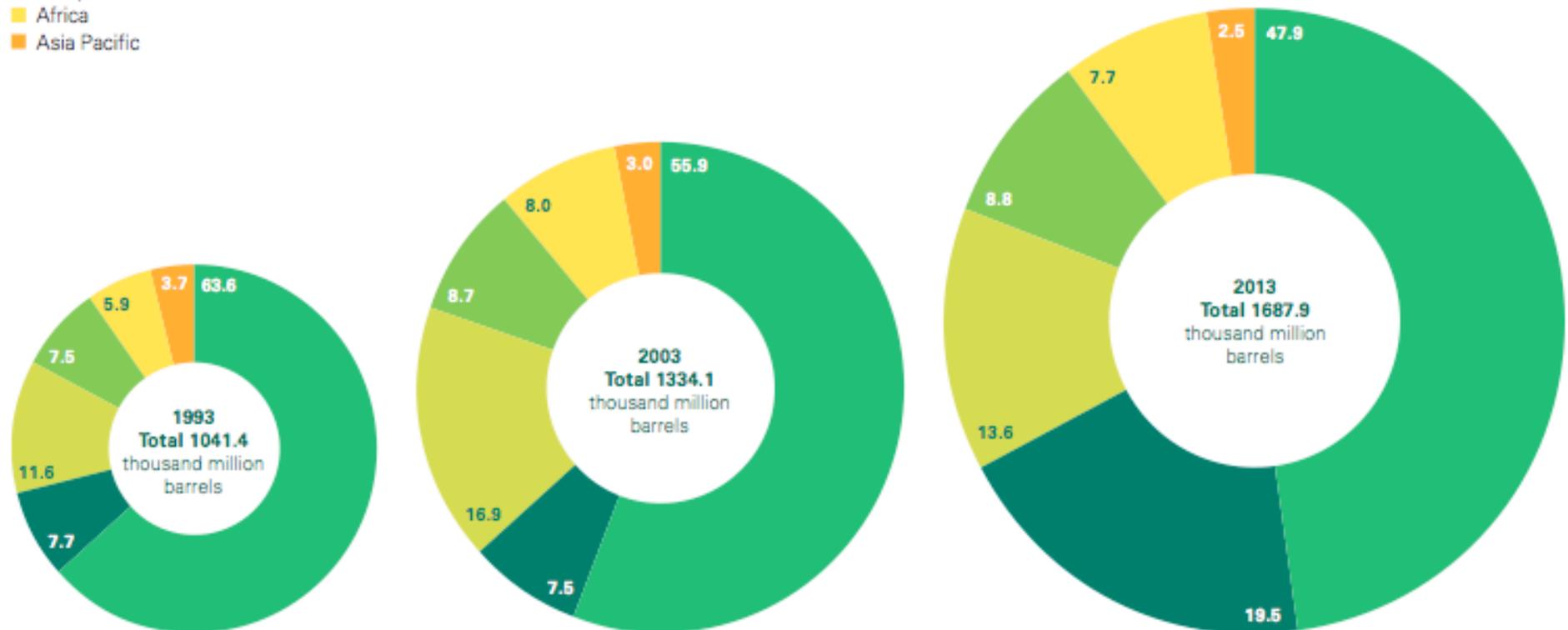
Zone géographique		Réserves au 1/1/14 milliards bbl	Production 2011 millions bbl/j	Années de réserves
<b>MONDE</b>	<b>total</b>	<b>1687,9</b>	<b>86,8</b>	<b>53,3*</b>
<b>OPEP</b>	<b>total</b>	<b>1214,2</b>	<b>36829</b>	<b>90,3</b>
		72%	42%	

\* sans les SB Canada

### Distribution of proved reserves in 1993, 2003 and 2013

Percentage

- Middle East
- S. & Cent. America
- North America
- Europe & Eurasia
- Africa
- Asia Pacific



**BP2015**

# Principaux Fournisseurs d' Huile pour les USA

Millions de barils par jour (1998)



**2003: Arabie Saoudite = 1/6è des imports  
[bases aériennes....= motif principal...]**

**2007: Canada 19%, Mexique 15%, Arabie S 11,5%**

**Nigéria 10,5% Venezuela 10,5%**

**= import depuis 46 régions (Angola, Irak ...) dont 7 pour 80%**

Importations de pétrole des États-Unis en millions de barils par jour

Provenance	1970	1980	1990	2000	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	% 2013
 Brésil	-	3	-	51	200	258	309	272	253	226	151	1,5 %
 Canada	766	455	934	2	2 455	2 493	2 479	2 535	2 729	2 946	3 142	31,9 %
 Colombie	46	4	182	342	155	200	276	365	433	433	389	4,0 %
 Mexique	42	533	755	1 373	1 532	1 302	1 210	1 284	1	1 035	919	9,3 %
 Pays-Bas	39	2	55	30	128	168	140	108	100	99	89	0,9 %
 Norvège	-	144	102	343	142	102	108	89	113	75	54	0,5 %
 Russie	3	-	45	72	414	465	563	612	624	477	460	4,7 %
 Royaume-Uni	11	176	189	366	277	236	245	256	159	149	147	1,5 %
 Îles Vierges des États-Unis	189	388	282	291	346	320	277	253	186	12	nd	
autres non-OPEP	1 027	903	1128	1 581	1 839	1 416	1 307	1 112		874	786	8,0 %
<b>ss-total pays non-OPEP</b>	<b>2 126</b>	<b>2 609</b>	<b>3 721</b>	<b>6 257</b>	<b>7 489</b>	<b>6 961</b>	<b>6 915</b>	<b>6 887</b>	<b>6 881</b>	<b>6 327</b>	<b>6 138</b>	<b>62,3 %</b>
 Algérie	8	488	280	225	670	548	493	510	358	242	115	1,2 %
 Angola	-	-	-	-	508	513	460	393	346	233	215	2,2 %
 Équateur	-	27	49	-	-	221	185	212	206	180	236	2,4 %
 Irak	-	28	518	620	484	627	450	415	459	476	341	3,5 %
 Koweït	48	27	86	272	181	210	182	197	191	305	328	3,3 %
 Libye	47	554	-	-	117	103	79	70	15	61	59	0,6 %
 Nigeria	-	857	800	896	1 134	988	809	1 023	818	441	281	2,9 %
 Arabie saoudite	30	1 261	1 339	1 572	1 485	1 529	1 004	1 096	1 195	1 365	1 329	13,5 %
 Venezuela	989	481	1 025	1 546	1 361	1 189	1 063	988	951	960	806	8,2 %
autres OPEP	172	577	199	72	39	26	50	3	16	9	10	0,1 %
<b>ss-total OPEP</b>	<b>1 293</b>	<b>4 300</b>	<b>4 296</b>	<b>5 203</b>	<b>5 980</b>	<b>5 954</b>	<b>4 776</b>	<b>4 906</b>	<b>4 555</b>	<b>4 271</b>	<b>3 720</b>	<b>37,7 %</b>
<b>Total importations</b>	<b>3 419</b>	<b>6 909</b>	<b>8 018</b>	<b>11 459</b>	<b>13 468</b>	<b>12 915</b>	<b>11 691</b>	<b>11 793</b>	<b>11 436</b>	<b>10 598</b>	<b>9 859</b>	<b>100,0</b>

2013

2013

après 63 ans

diminution  
consommation  
voitures

gaz de schistes  
ex prod d'huile/gaz  
de Bakken (Dakota N)  
est passée de  
10 000b/j en 2003  
à 360 000 b/j en 2011

raffineries

crise 2009-2011

# Les USA redeviennent exportateurs nets de produits pétroliers raffinés (essence, fuel, pas le brut!)

Le Monde | 12.03.12 | 11h29 • Mis à jour le 13.03.12 | 16h12

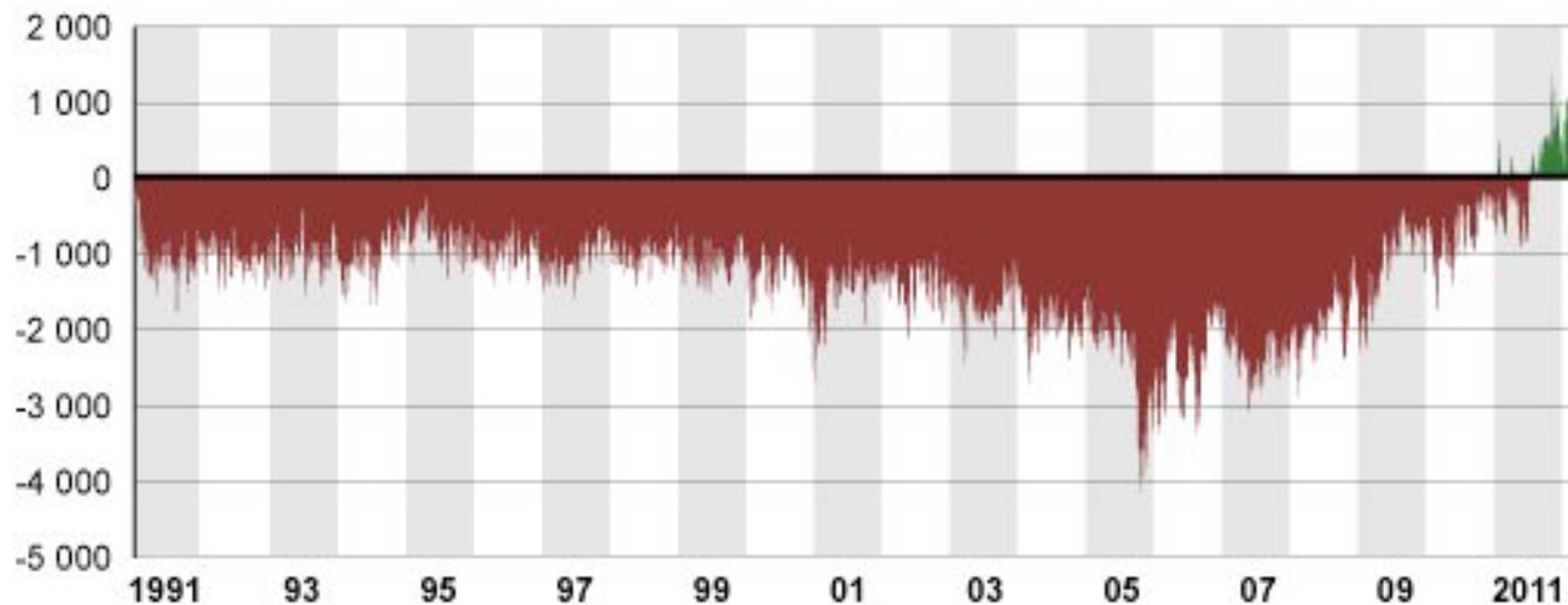
Abonnez-vous  
15 € / mois



Partagez



**Solde des importations et exportations de produits pétroliers aux Etats-Unis,**  
en milliers de barils / jour depuis février 1991



source : EIA



## Réserves Stratégiques US

stockage réserves dans roches salifères 'caverneuses'

2003 = 600 M bbl stockés, soit  $600/19,65$  M bbl/d = 31 JOURS  
2011: UE 145 jours!

# LES RESERVES PETROLIERES = GEOPOLITIQUE

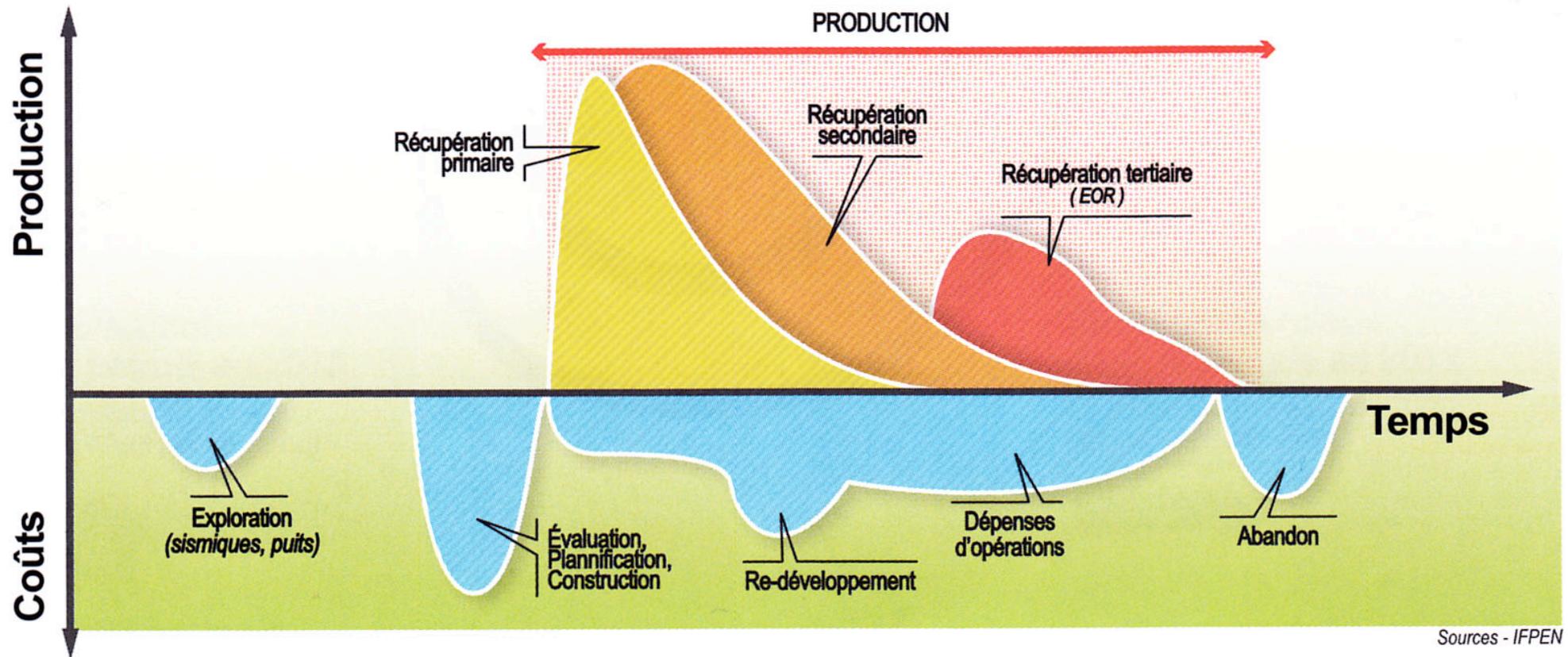
## quelques données incontournables....

- |   |  |
|---|--|
| 1. L'Arabie S. possède 25% des réserves mondiales | <b>1+2+3</b><br><b>=</b><br><b>62%</b> |
| 2. L'Irak possède 10%                             |  |
| 3. Le Koweït +Emirats arabes Unis +Iran = 27%     |  |
| 4. L'OPEP possède 78% des réserves mondiales      |  |

5. Le premier pays non-OPEP est la Russie avec 5,7% des réserves mondiales
6. USA = 8ème pays avec 2,9%
7. Mer Caspienne (Kazakhstan+Azerbaïdjan) = ?2,2 G t pétrole (soit Mer du Nord) ou >>??

Pour certains 'spécialistes' (Renardet P, 2004 -Ecole des Mines de Paris), les réserves prouvées de certains pays ont été (volontairement) surestimées et le pic 'mondial' de Hubbert a été atteint en 1983!. Il resterait ainsi aujourd'hui (en 2004) plus que 29 années de réserves ....  
Le gaz ne présentant pas d'enjeu majeur n'aurait pas été surestimé....

# RECETTES ET DEPENSES CHAMP PETROLIER ( 20 à 30 ANS)

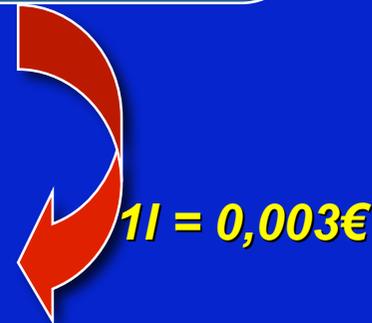


**Coûts techniques (amont.....aval) > < Recettes production**

Le prix du bbl PRODUIT (= 'coût technique') est depuis 'toujours' très différent suivant les régions:

En 2003 : moyenne mondiale 8-10 \$/bbl  
Mer du Nord: 8 à 20 \$/bbl centré sur 9-12\$  
Am N: 2 à 10 \$/bbl centré sur 8-10\$  
Afrique: 1 à 3 \$/bbl  
**Arabie Saoudite: 0,5 à 2 \$/bbl centré 0.8\$**

**2004**  
**Offshore pfd 10-15**  
**Non conv. ±15**



**2003**

***le prix du bbl doit atteindre au moins 35 à 40\$ pour que l'exploitation à grande échelle des pétroles non conventionnels devienne rentable***

*ex de l'Afr S, de l'All qui ont produit à 80\$ bbl non conventionnel, à partir de l'hydrogénation de charbons*

Le prix du bbl PRODUIT (= 'coût technique') est depuis 'toujours' très différent suivant les régions:

En 2003 : moyenne mondiale 8-10 \$/bbl  
Mer du Nord: 8 à 20 \$/bbl centré sur 9-12\$  
Am N: 2 à 10 \$/bbl centré sur 8-10\$  
Afrique: 1 à 3 \$/bbl  
**Arabie Saoudite: 0,5 à 2 \$/bbl centré 0.8\$**

**2004**  
**Offshore pfd 10-15**  
**Non conv. ±15**

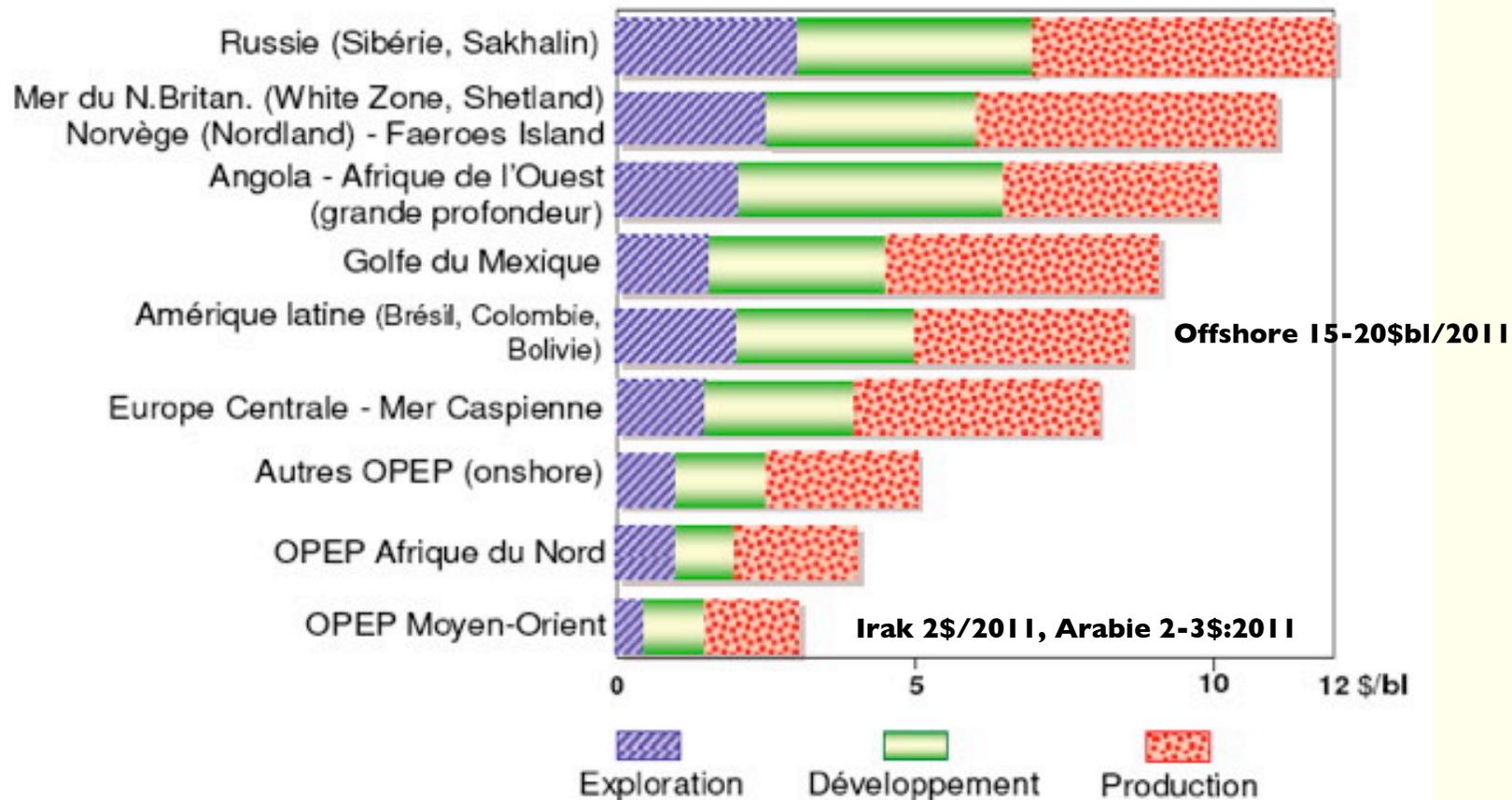


**1l = 0,003€**

**2003**

**le prix du bbl doit atteindre au moins 35 à 40\$ pour que l'exploitation à grande échelle des pétroles non conventionnels devienne rentable**

**ex de l'Afr S, de l'All qui ont produit à 80\$ bbl non conventionnel, à partir de l'hydrogénation de charbons**

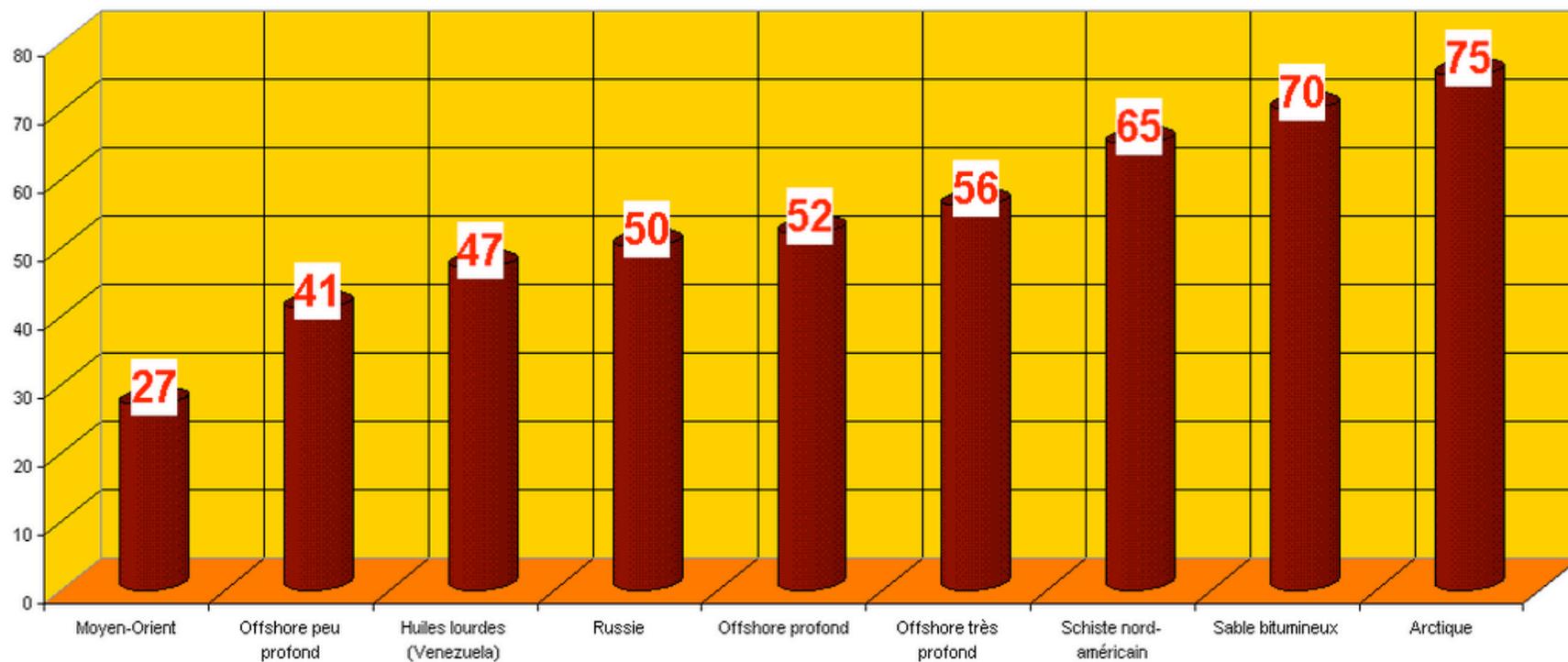


Structure du coût technique d'extraction d'un baril pour le pétrole conventionnel, en dollars. Le "développement" est la phase où se construit l'infrastructure d'extraction du pétrole. 10 dollars par baril  $\approx$  5 euros par MWh.

Source : ADL, Long term Outlook, 1999, In Bauquis & Babusiaux, Académie des Technologies, 2007

2015

Coût de production d'un baril de pétrole, en dollars-Source: Alternatives économiques février 2015



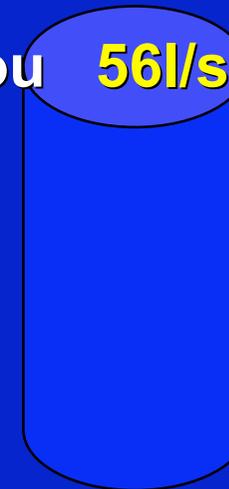
## Le prix du bbl **PRODUIT** est depuis 'toujours' très différent suivant les régions: **P O U R Q U O I ?**

Non seulement les réserves sont inégalement réparties, mais les conditions de gisement sont **TRES** différentes

Ex: aux USA, on produit 500Mt avec 500.000 puits, débit moy 3t/j/puits  
= production Moyen-Orient avec 3.000 puits, soit 500t/j/puits

En 1985: rendement moyen annuel d'UN puits

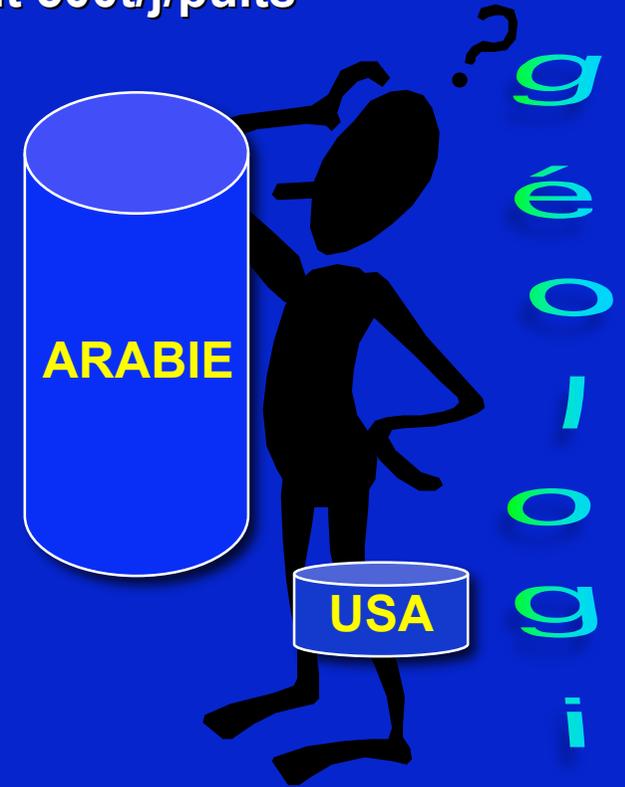
IRAN	1514,5.10 <sup>3</sup> t soit 30500bbl/j ou	56l/s
NORVEGE	880,3	
U.K.	754,6	
MALAISIE	696,9	
ARABIE SAOUD.	495,2	
KOWEIT	402,4	
...		
...		
CANADA	6,7	
USA	2,2.10 <sup>3</sup> t soit 44bbl/j ou	0,08l/s <0,1l/s



Ex: aux USA, on produit 500Mt avec **500.000 puits**, débit moy 3t/j/puits  
= production Moyen-Orient avec 3.000 puits, soit 500t/j/puits



**= 'stripper wells'**  
La production américaine  
est en partie le fait  
d'une multitude de **CHAMPS MARGINAUX**  
appartenant à de petits propriétaires



Un prix trop bas (ex. en 1986) ruine des milliers de producteurs texans

**AINSI les intérêts de l'Arabie Saoudite et des USA sont-ils CONVERGENTS:**

L'Arabie large exportateur ne souhaite pas un prix trop élevé (compétition des autres sources d'énergie, ex: années 80'), ni trop bas (rentrées de 'devises'),

Les USA larges importateurs, prix également ni trop élevés (sortie de 'devises'), ni trop bas (faillites des producteurs américains).

**pour l'Arabie, 20\$ le bbl**

**est le minimum**

**pour l'OPEP: 22-28\$  
(fin 2004)**

**Encore...**

**quelques chiffres indiquant la disparité dans l'effort de recherche  
(2004)**

**PUITS d'EXPLO**

**570 puits/10.000km<sup>2</sup> en Am N**

**9 puits/10.000km<sup>2</sup> au Moyen-Orient**

**7 puits/10.000km<sup>2</sup> en Asie-Océanie**

**6 puits/10.000km<sup>2</sup> en Afrique**

# LES ENJEUX ...

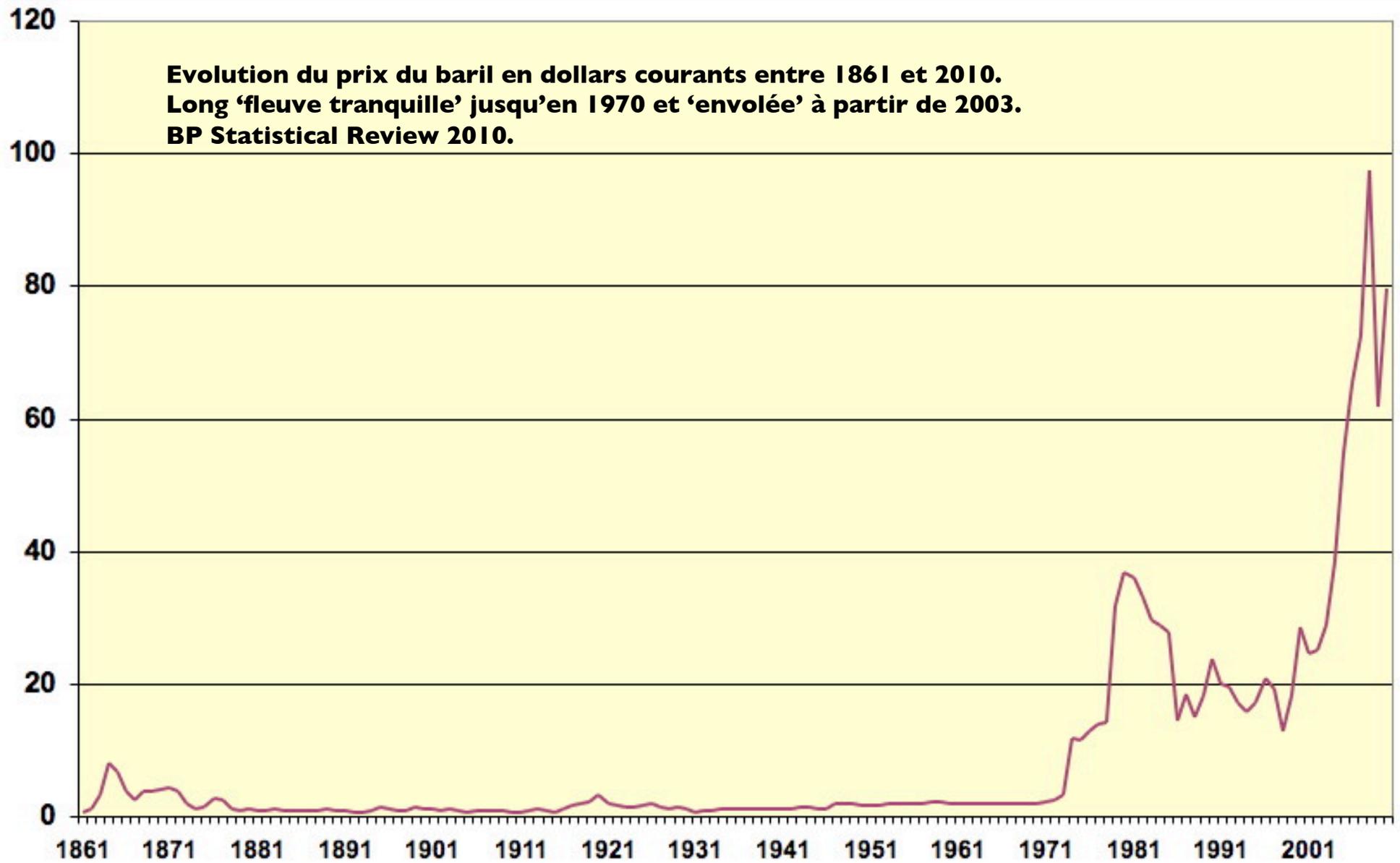
Sur 30 années (1975-2005) d'observations de la consommation (en France)

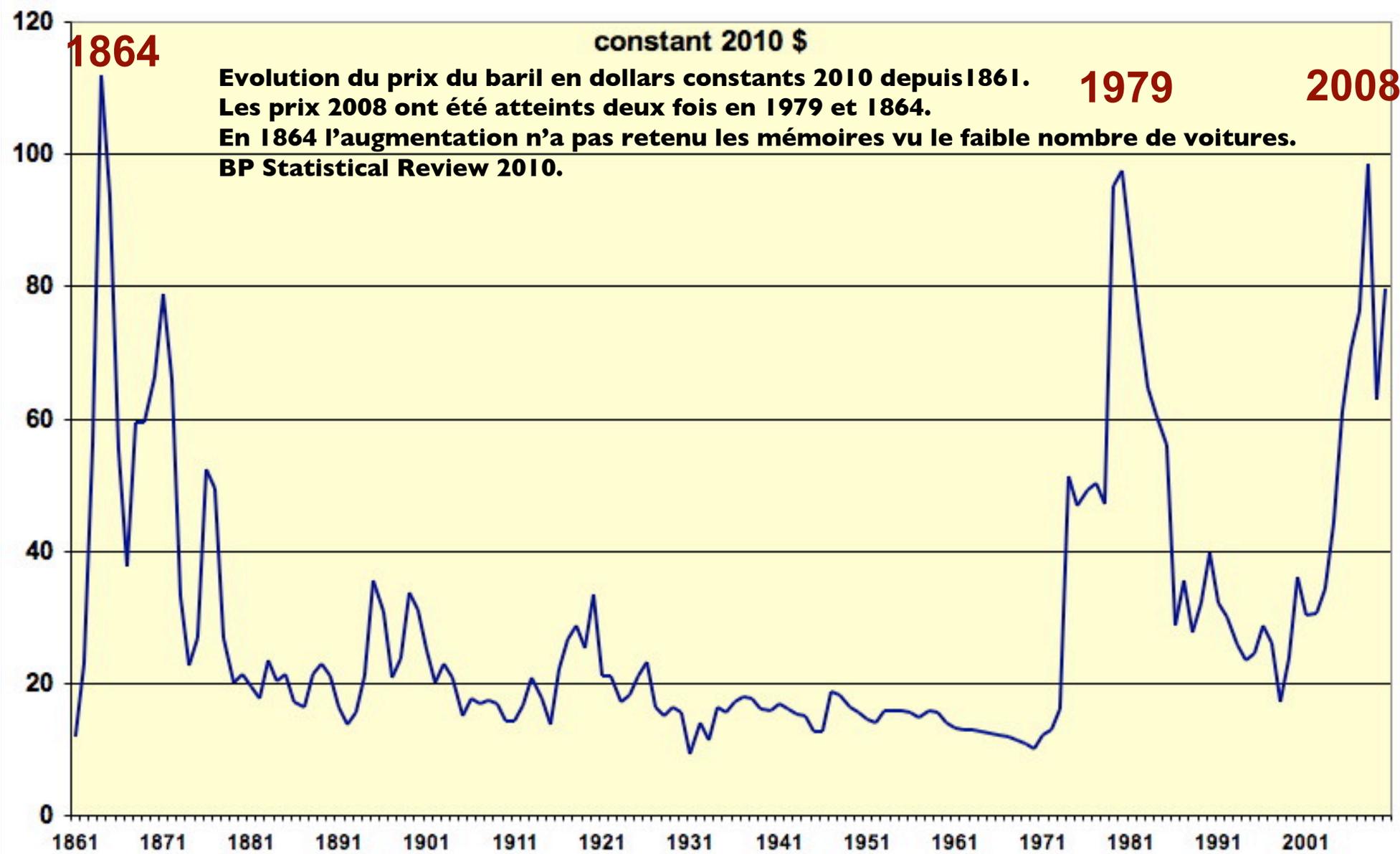
- 1. La hausse de la consommation d'énergie atteint 1,5%/an en période de croissance normale**
- 2. La hausse moyenne est nulle en périodes ponctuelles d'économie d'énergie**
- 3. Une baisse annuelle de 0,5% correspond à une politique volontariste d'économie d'énergie**
- 4. Une baisse annuelle de 1% correspond à une politique d'économie d'énergie imposée par des contraintes extérieures**

TEST1? La crise de 2008 s'accompagne d'une consommation mondiale de +1,4%  
TEST2? 2009 et ?2010: sortie de crise? et chômage ...

## LE PRIX DU BARRIL...

UNE RECENTE HISTOIRE 'GÉOPOLITIQUE'  
(CRISES ÉCONOMIQUES)  
APRÈS UNE LONGUE PÉRIODE (> 100 ANS)  
DE 'FLEUVE TRANQUILLE'





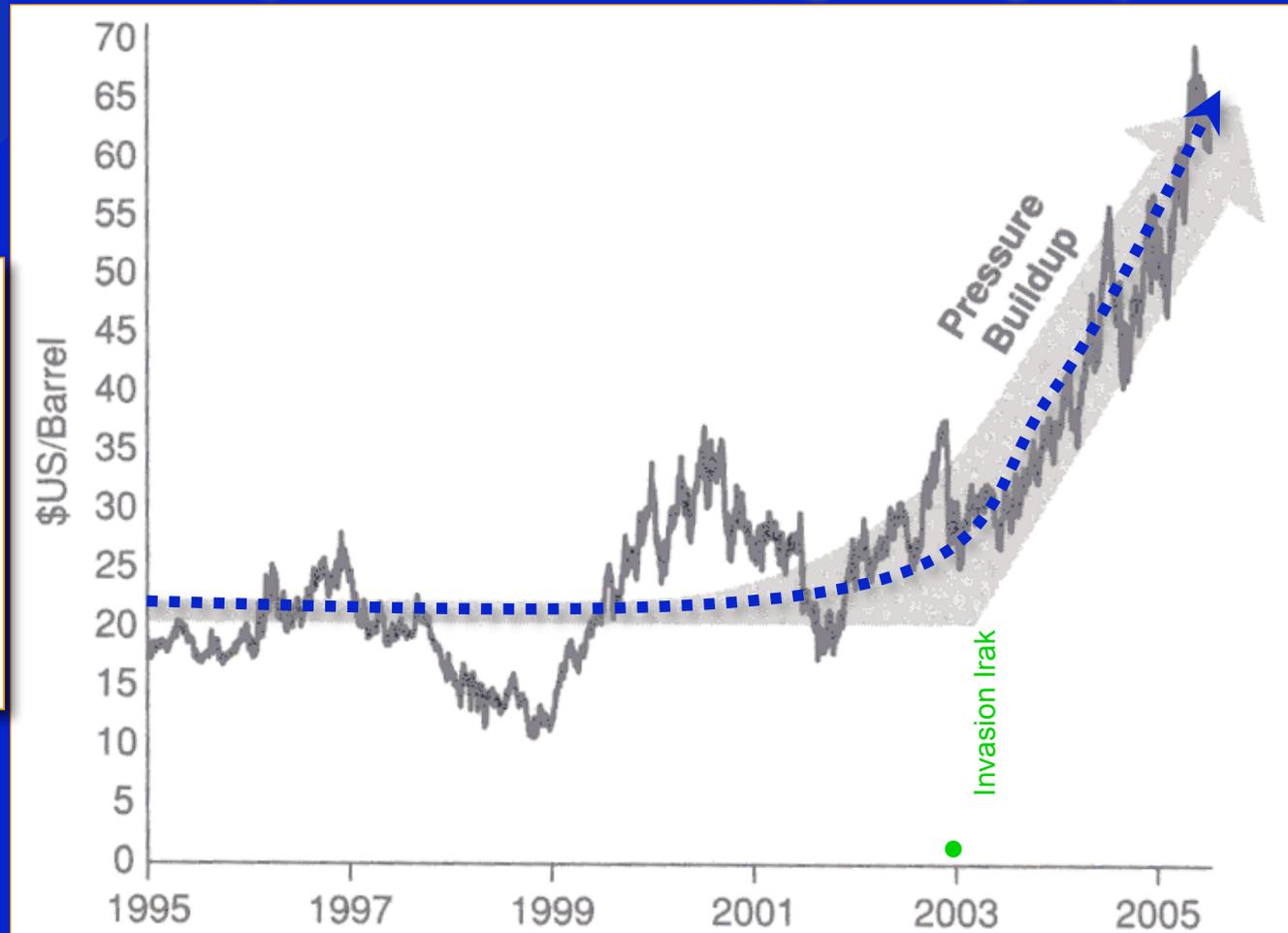
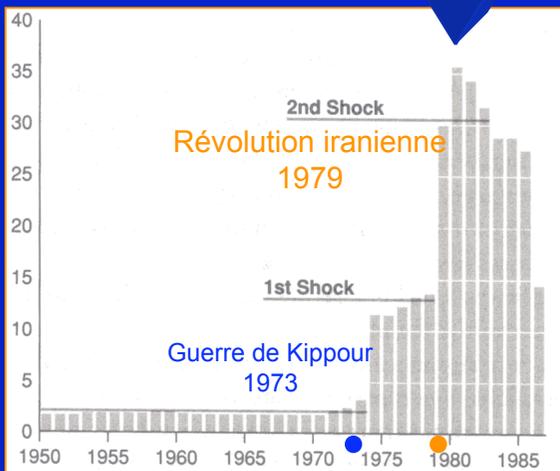
Prix du baril de pétrole, en dollars (NYMEX), de janvier 2001 à mars 2012



# DAILY CRUDE OIL PRICES - WTI

[West Texas Intermediate, light sweet grade]

1980  
bbl le plus  
cher  
[inflation  
ajustée]  
= 82,15 USD  
2004



Tertzakian 2006

AAPG 2006

**nb 1995-avril 2006 Prod. Oil 236 G bb/découvertes 145 Gbbl**

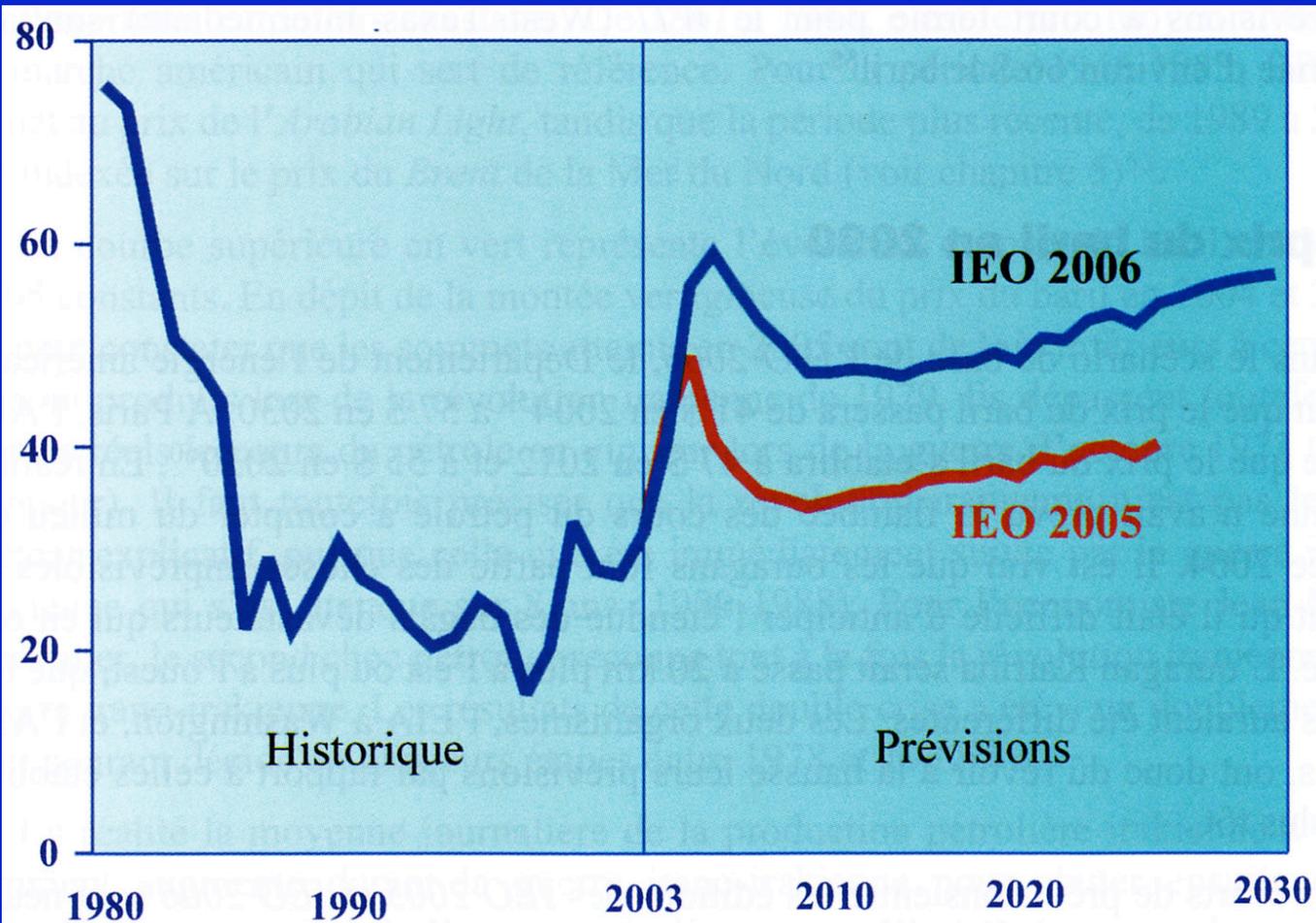
**+ Katrina + Rita**

**====> stress et 'public panic'**

**X3 depuis 1999**

**et 'envolée' depuis 2003**

# INTERNATIONAL ENERGY OUTLOOK (IEO)

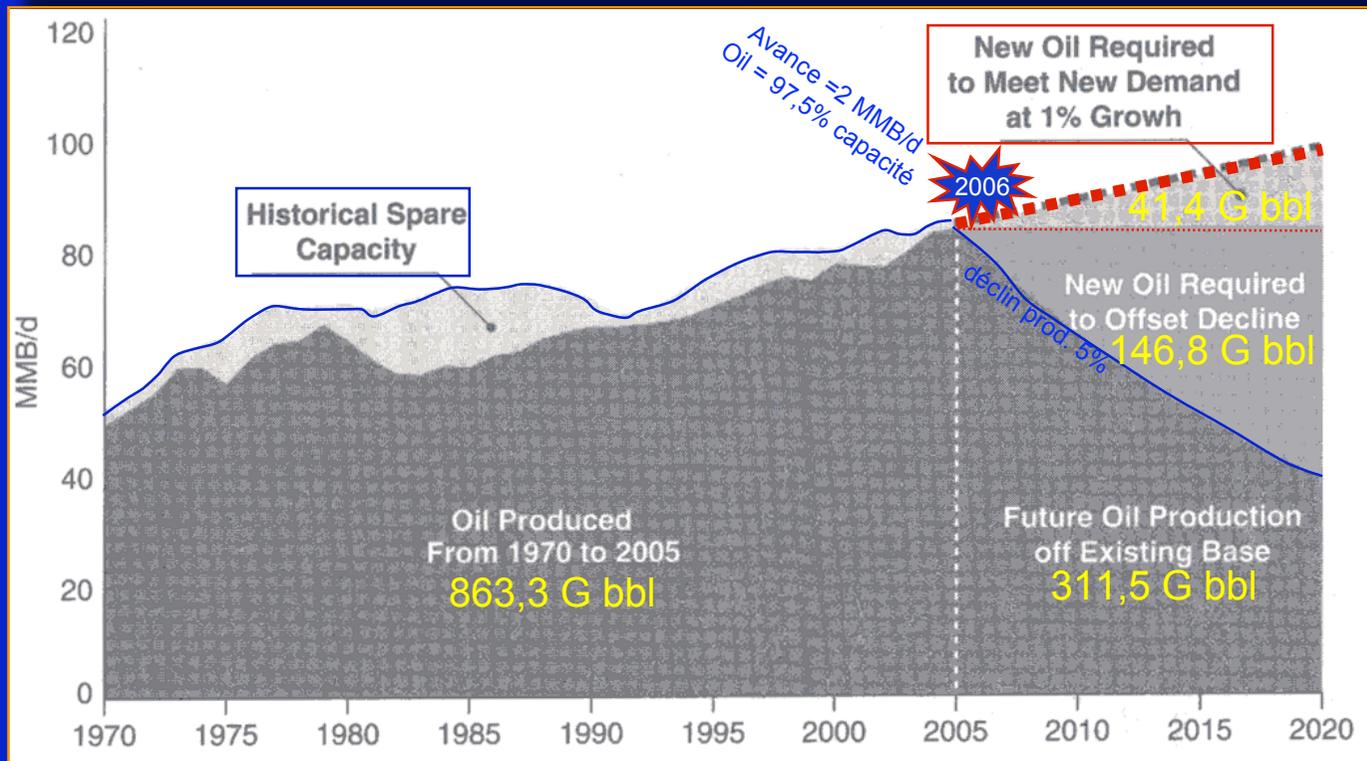


**Figure 4 :** Les *IEO 2005* et *IEO 2006* : le prix du baril en 2025 et 2030 (en \$ 2004 au prix du baril).

Source : D'après *IEO 2006*, juin 2006, p. 9

in Legault 2007

## LE DEFII DE L'APPROVISIONNEMENT MONDIAL DU PETROLE



US Energy Information Agency 2002, Tertzakian 2006

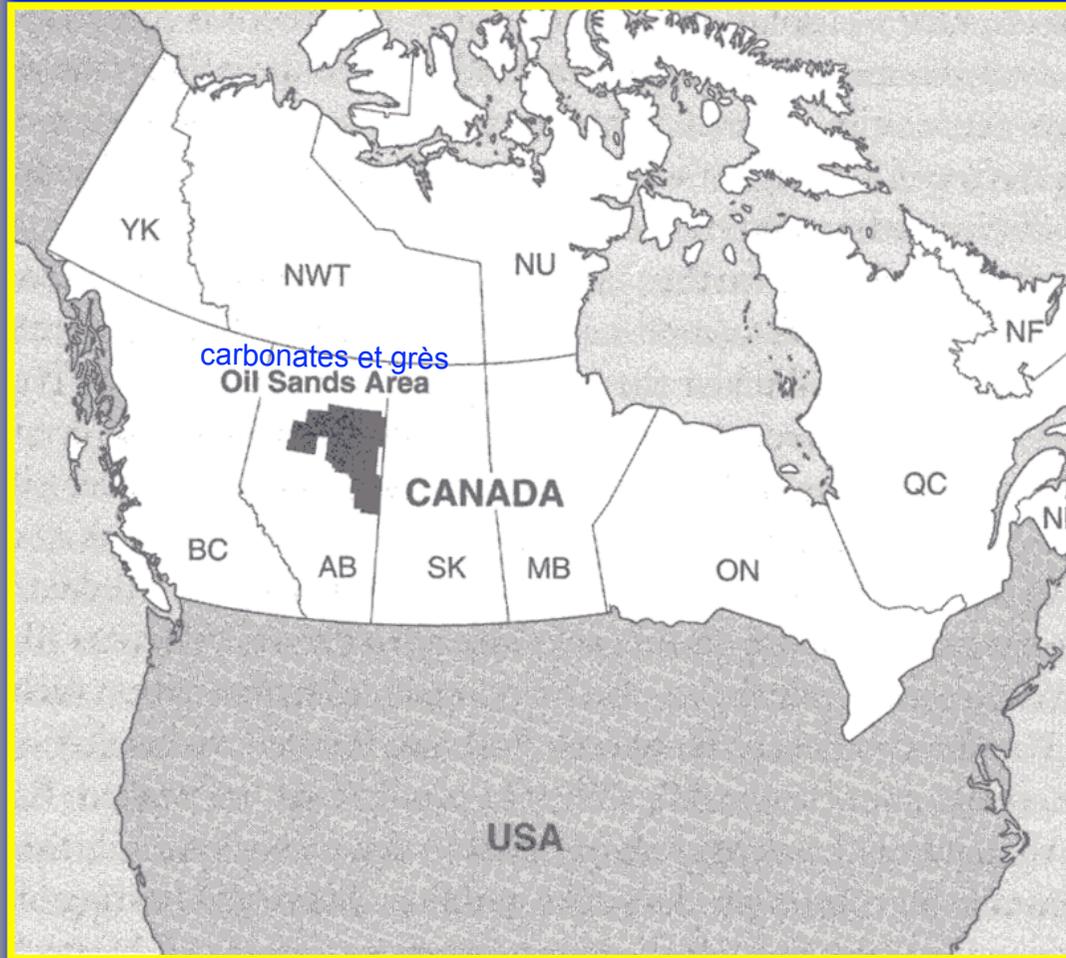
Sir John CADMAN's prophecy, chairman of Anglo-Persian, Nov, 2 - 1927

« Very many years must elapse before natural petroleum resources will be unable to meet the greater part of its supplies from secondary and synthetic sources, but would indeed be an optimist who imagined that -on reaching of such a stage- prices would remain as low as those existing in the past »

*nb this predates Hubbert's work by 30 years...!*

# CANADIAN (TAR) OIL SANDS

ATHABASCA, FORT McMURRAY, COLD LAKE, PEACE RIVER -ALBERTA



Sir John CADMAN's prophecy,  
chairman of Anglo-Persian  
Nov 2 - 1927

1927  
Cadman's  
Prophecy  
=  
?  
c ==> nc

+? Biofuels USA  
+? Chine >30  
réact. nucléaires  
+? LNG Japon...

this predates Hubbert's work by 30 years...!

2004  
US Dept of Energy  
reconnait  
des réserves  
de  
200 G bbl oil

=

seconde plus  
grande  
accumulation  
après  
Arabie S

vrai si bbl > 35 \$

2008

?600G bbl ultimes réc  
11-12%, 50 ans  
sface= Belgique  
600 cies

Investissement : 70G \$ sur 10 ans  
Prospective: 3,0 millions bbl/j en 2015 [auj = 1,0 M bbl/j]  
Nb Venezuela: idem [oil sands] mais politiquement incertain...  
Nb USA: oil shales Colorado & Utah...

**2006  
fin 90'**

**X5**

**60-65 \$  
12\$ !**

**Prix moyen bbl [max 78,60 \$ 07/06]**

**GOLFE PERSIQUE**

**3 \$**

**Prix moyen production d'un bbl**

**TOTAL**

**8,50 \$**

**Prix de l'extraction d'un bbl**

**ALBERTA**

**30 \$**

**Coût production d'un bbl [sch bit]**

**ORENOQUE**

**20 \$**

**RUSSIE-gaz**

**20,40 \$**

**Equivalent bbl gaz**

**NUCLEAIRE**

**18,50 \$**

**Equivalent bbl nucléaire**

**CHARBON**

**30 \$**

**Equivalent bbl charbon**

**EOLIEN**

**68 \$**

**Equivalent bbl éolien**

**BIOCARBURANT**

**60 \$**

**Equivalent bbl biocarburant**

**PHOTOVOLTAIQUE**

**350 \$**

**Equivalent bbl photovoltaïque**

**BOIS**

**23 \$**

**Equivalent bbl bois**

**Spéculation**

**15 \$**

**En 2005-2006**

**Demande chinoise**

**10 \$**

**En 2005-2006 [30% cons mond depuis 2004]**

**+?'prime associée au terrorisme' = 'incertitudes géopolitiques' 10 à 15 \$/bbl**

## CLASSEMENT DES PAYS PAR LEUR POTENTIEL ENERGETIQUE

\* = pétrole lourd, \*\* = sables bitumineux,  
 ° = chiffres modifiés par l'auteur

	Rés en Gtep =>	Pétrole	Gaz	Charbon	U	total
1	Etats-Unis	3,8	4,7	122,0	3,2	133,7
2	Russie	8,2	42,8	68,7	1,6	121,3
3	Chine	2,4	1,4	58,9	0,1	62,9
4	Inde	0,7	0,7	55,6		57,0
5	Venezuela	11,2°+41*	4	0,3		56,5
6	Australie	0,4	2,3	41,6	8,6	52,9
7	Afrique Sud			33,0	3,4	36,4
8	Canada	0,9+25**	1,5	3,3	4,0	34,7
9	Kasakhstan	1,2	1,7	21,7	7,9	32,5
10	Arabie Saoud.	25,1°	5,7			30,8

Renardet 2004

Source: BP, Rev annuelle sur l'énergie et OCDE

11 Allemagne (surtout charbon), 12 Iran (surtout gaz), 13 Ukraine (charbon), 14 Irak (pétrole), 15 Pologne (charbon) 16 Qatar (gaz), **Total n°18**  
 17 Koweït (pétrole), 18 Emirats arabes (pétrole-gaz). ← = 10,4

## **ANALYSE DES DONNEES DU TABLEAU**

- 1. Les Etats-Unis ont EGALEMENT l'avantage de la technologie et de l'efficacité dans les techniques d'exploitation, La Russie à l'AVANTAGE de la diversification dans ses sources**
- 2. Trois pays européens sont riches en charbon (All, Ukr, Pologne),**
- 3. Quelques pays (Australie, Kazakhstan, Canada) ont des réserves assez diversifiées AU CONTRAIRE du Venezuela,**
- 4. Le Moyen-Orient a des ressources énergétiques assez élevées, MAIS constituées exclusivement d'hydrocarbures.**

## **RESUME ET SCENARIO PROBABLE A COURT TERME**

- 1. 50'-60': période d'abondance du pétrole**
- 2. 80' : cohabitation du pétrole avec d'autres sources d'énergie  
= période d'abondance relative**
- 3. 2010 : transition conventionnel - non conventionnel (nc)  
Nb le coût de production des pétroles nc diminue  
de 0,5-1\$ bbl/an!**

**la plupart des Cies pétrolières évaluent la rentabilité de leurs investissements  
sur base d'un bbl à 18 \$, et même à 16 \$ pour BP, en 2005**

# TECHNOLOGIE...

## Exemples 'historiques'

1. au milieu des années 1980, le coût technique de production d'un bbl de pétrole en mer par > 200 m de fond était estimé à 13-15\$

==> auj. en 2005 = 5 à 7\$

2. Le taux de récupération qui ne dépassait pas 20% dans les années 1960 est maintenant de 30%. Le passage de 30 à 38%, réalisable dans les 25 années à venir permettrait d'accroître les réserves de 500 G bbl

*... soit l'ordre de grandeur  
de l'ensemble des réserves détenues par l'Arabie Saoudite...!*

etc...

## MOYEN TERME

# SCENARIO PROBABLE A MOYEN TERME = XXI<sup>e</sup> siècle

## 1. Optimiser la production dans les zones matures

auj: 70% prod. mondiale = champs mis en production il y a > 20ans  
(sismique 4-D, ré-entrées par drains hztaux)

## 2. Champs marginaux et satellites situés à proximité des connus

auj: on profite des infrastructures existantes + gisements difficiles HP/HT

## 3. Offshore profond et ultraprofond

• profond = >500m, 30% prod. mondiale en 2004 avec 2000 puits, 30.10<sup>6</sup>km<sup>2</sup>,  
seulement 5% de permis,  
TRIANGLE D'OR: BRESIL-MEXIQUE-ANGOLA(NIGERIA), 80% RR identifiées  
par 500-1500m d'eau

• ultraprofond = 1500-3000m (300bars), 8% prod. mondiale en 2010?,

## 4. Zones arctiques (polaires)

## 5. Pétroles nc

sables asphaltiques (bitume) et huiles extralourdes = oxydation bactérienne  
+ schistes bitumineux = MO incomplètement transformée

====> taux de récupération 2004 = 8% ====>?25% en 2020

====> en 2004: différence prod. bbl Mer du N et huiles nc Orénoque = 3\$/bbl



**Les réserves détenues par les Cies pétrolières = 'seulement' 5 à 15 % [11% en moyenne, 2010]  
 Il existe 400 Cies pétrolières (nationales ou privées) + des milliers de propriétaires indépendants  
 détenant qq Mbl à près de 10 Gbl (pour Exxon Mobil soit 1% des réserves mondiales 1P,  
 et 14<sup>ème</sup> position et première Cie privée)**



## Les plus grandes compagnies de pétrole et de gaz

Wikipedia 2015

Company name	Sales (US\$ million)
Exxon Mobil	486,255
Royal Dutch Shell	484,489
BP	386,463
Saudi Aramco	311,000
Chevron Corporation	245,621
Conoco Phillips	237,272
Total SA	231,580
Gazprom	157,830
Eni	153,676
Petrobras	145,915
GDF Suez	126,076
Pemex	125,344
Valero Energy	125,095
PDVSA	124,754
Statoil	119,561
JX Holdings	119,258
Lukoil	111,433
National Iranian Oil	110,000
Petronas	97,355
Indian Oil	86,016
Repsol	81,122
PTT	79,690
Sonatrach	76,100
Reliance Industries	76,119
China National Offshore Oil	75,514
Marathon Petroleum	73,645
Pertamina	70,924
Rosneft	65,093

>230 G\$US

Company name	Sales (US\$ million)
TNK	48,909
Idemitsu Kosan	48,828
OMV Group	47,349
Sunoco	45,765
Bharat Petroleum	44,582
Enterprise Products	44,313
GS Caltex	43,280
Suncor Energy	40,231
Hindustan Petroleum	38,885
Hess Corporation	37,871
Centrica	36,860
PKN Orlen	36,100
Ecopetrol	35,520
Hellenic Petroleum	35,495
World Fuel Services	34,623
China National Aviation Fuel	34,352
Plains All American Pipeline	34,275
Cosmo Oil	33,672
Motor Oil Hellas	31,769
Murphy Oil	31,446
Oil and Natural Gas Corporation	30,746
Tesoro	29,927
GasTerra	29,332
Gas Natural	29,305
Ultrapar	29,073
S-Oil	28,808
Showa Shell Sekiyu	28,497
Formosa Petrochemical	27,179
MOL	26,698
Korea Gas	25,721
Surgutneftegas	25,663

Rang	Par production Forbes	En millions de bep/jour	Par chiffre d'affaires - Fortune 2014	En millions de US dollars
1	Saudi Aramco	12,7	Royal Dutch Shell	459.599
2	Gazprom	8,1	Sinopec (pétrole+chimie)	457,201.10
3	National Iranian Oil Company	6,1	PetroChina	432,007.70
4	<b>Exxon Mobil</b>	5,3	<b>Exxon Mobil</b>	407,666.00
5	Rosneft	4,6	<b>BP</b>	396,217.00
6	<b>Royal Dutch Shell</b>	4	<b>Total</b>	227,882.70
7	PetroChina	3,9	<b>Chevron</b>	220,356.00
8	Pemex (Mexique)	3,6	Gazprom	165,016.70
9	<b>Chevron</b>	3,5	ENI	154,108.70
10	Kuwait Petroleum Company	3,4	Petrobras	141,462.00
11	<b>BP</b>	3,1	Pemex	125,943.90
12	<b>Total</b>	2,6	PDVSA	120,979.00
13	Petrobras (Brésil)	2,5	Lukoil	119,118.00
14	Qatar Pétroleum	2,4	GDF Suez	118,551.30
15	ADNOC (Abu Dhabi)	2,4	Rosneft	117,079.30
16	Lukoil	2,3	Statoil (Norvège)	108,459.40
17	Iraqi Oil Ministry	2,22		
18	Sonatrach	2,19		
19	PDVSA (Venezuela)	2,1		
20	Statoil (Norvège)	2		

## Réserves IP

T = 10<sup>12</sup>

Country	NOC	Oil Gbbls	Gas Tcf	Total Gboe	Prod 2010 Gboe	R/P Year	Effective Market cap TUS\$
Saudi Arabia	Aramco	262	264	307	4,41	70	6,7
Iran	NIOC	138	1046	316	2,85	111	4,9
Iraq	INO	115	112	134	0,98	137	2,9
Kuwait	KPC	104	64	115	0,97	119	2,6
Venezuela	PDVSA	99	176	129	1,29	100	2,6
UAE	ADNOC	98	214	134	1,50	90	2,6
<b>Total</b>		<b>816</b>	<b>1876</b>	<b>1135</b>	<b>12</b>	<b>95</b>	<b>27,7</b>
Country	IOC	Oil Gbbls	Gas Tcf	Total Gboe	Prod 2010 Gboe	R/P Year	Market cap TUS\$
US	ExxonMobil	11,7	78,8	25,1	1,6	15,3	0,4
UK	BP	10,7	42,7	18,0	1,4	12,9	0,1
UK/Holland	Shell	6,1	47,1	14,1	1,2	11,7	0,1
US	Chevron	6,5	24,3	10,6	1,0	10,5	0,1
France	Total	5,7	33,4	11,4	0,9	13,1	0,1
US	ConocoPhillips	6,2	12,3	8,3	0,6	13,0	0,1
<b>Total</b>		<b>47</b>	<b>239</b>	<b>87</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>1</b>

±100 Nocs  
ds le monde

Les 6 premières  
>50% des réserves  
de pétrole et 1/3gaz

IOC  
supermajors  
(majors,  
Indeëndant  
or jobbers)

2012  
Total  
15000 stations  
dans 130 pays  
bénéfice vente  
1cent/litre

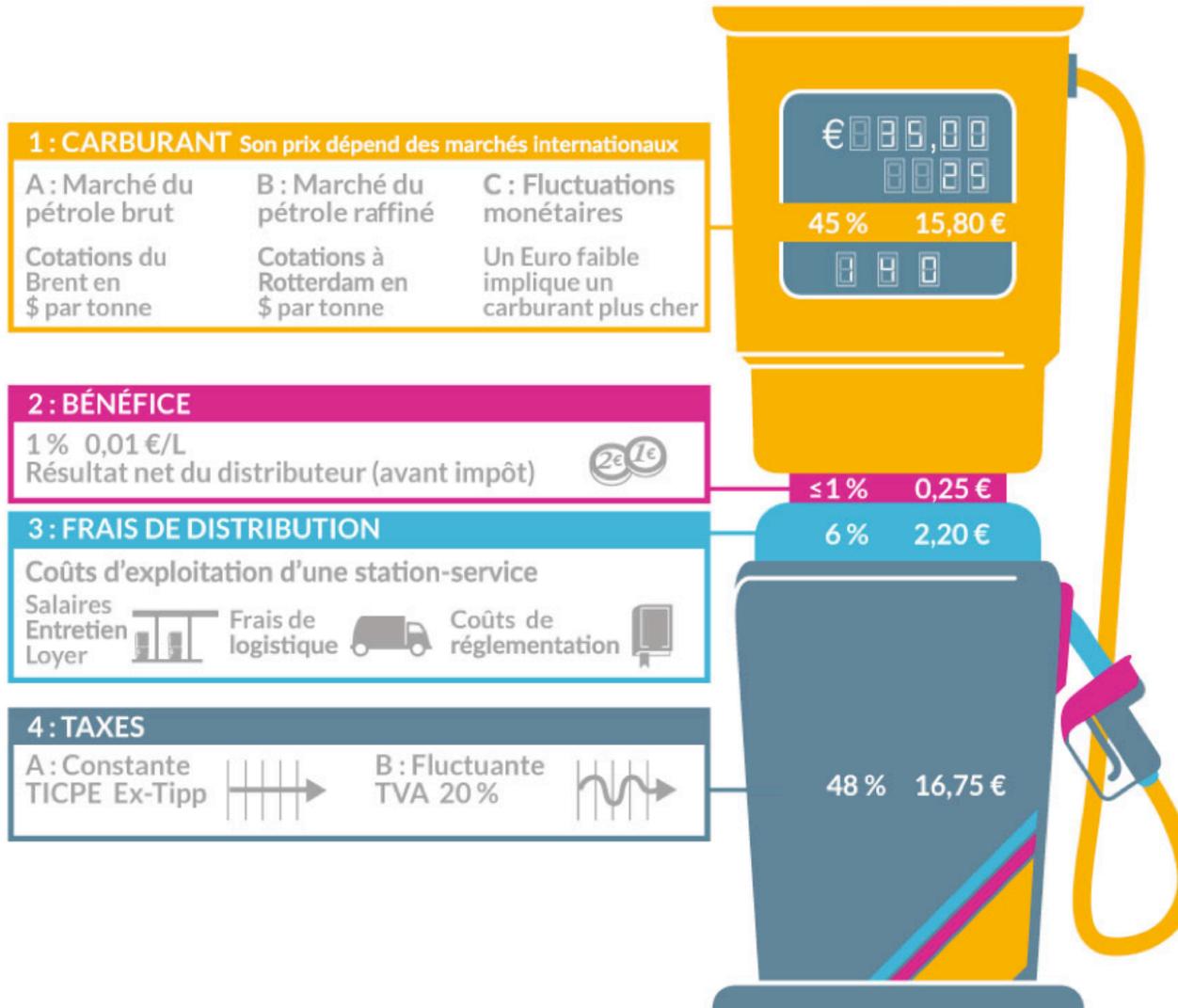
=  
1 milliard/an  
sur les 12 milliards  
de bénéfices 2012

Planète Energiei/Total 2015

## Le prix du gazole à la pompe en France

Il dépend de 4 facteurs distincts :  
le prix du carburant brut, le bénéfice, les frais de distribution, les taxes

Pour un plein de gazole de 35 €,  
soit 25 litres à 1,40 €



Sème Gauche pour planete-energies.com



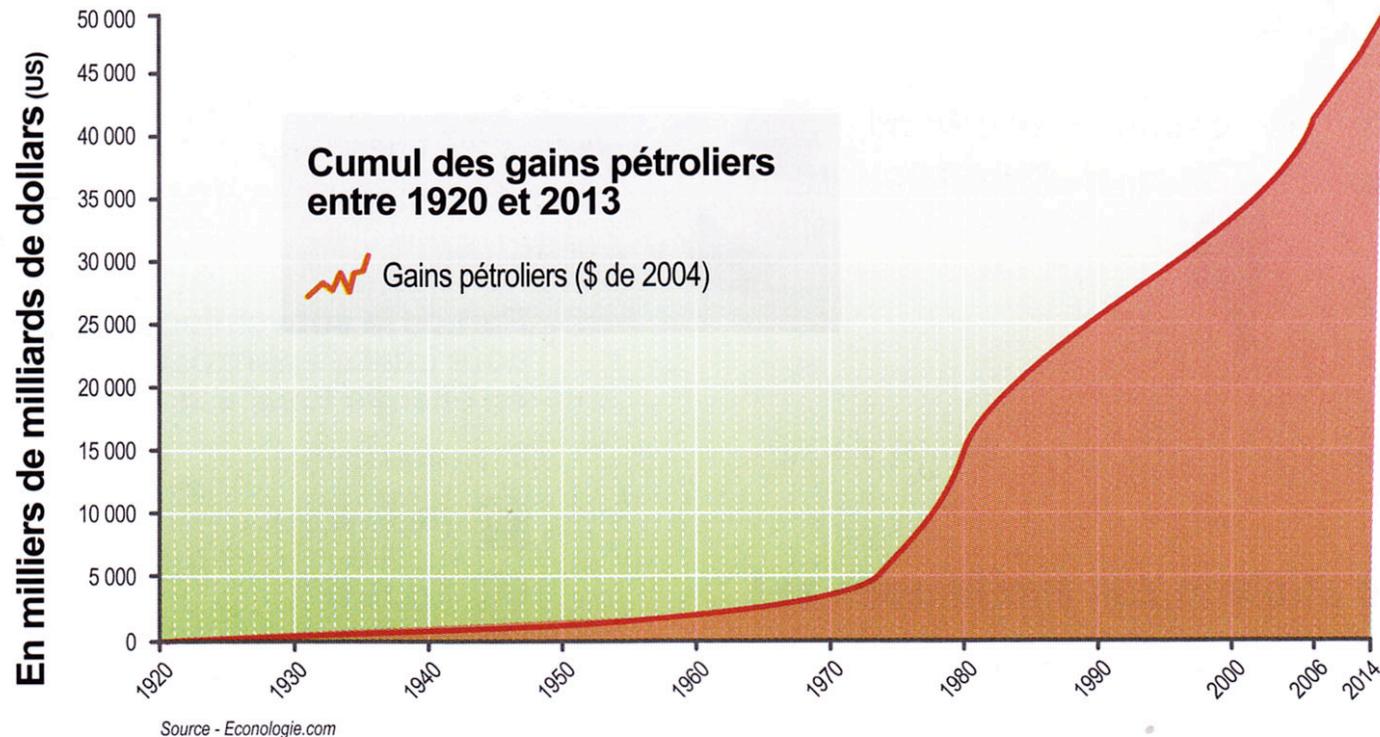
**$\pm 85 \text{ Mbl/jour} \times \pm 100 \$\text{US}$**   
 **$= 8,5 \text{ G } \$\text{US/jour}$**

**env. 3 à 4 trillions \$/an hors gaz/charbon ...**

**$1 \text{ bl} = 159 \text{ l} \Rightarrow \times 60\% \text{ taxes}$**



**2014 : valeur de la production du brut = 10 G \$US/j [ $\pm 3500$ /an]**  
**2012 : revenus OPEP (12 pays) : 1 154 G \$US (1 à 2% PNB mondial)**  
**2012 : gain le plus élevé = Arabie Saoudite, env. 1 G \$US/j**



**Cumul des gains pétroliers des pays exportateurs de pétrole en milliers de milliards de dollars-valeur 2013**

**2014 : les avoirs des pays producteurs à l'étranger sont de plus de 1 000 milliards de 'pétro'-dollars**

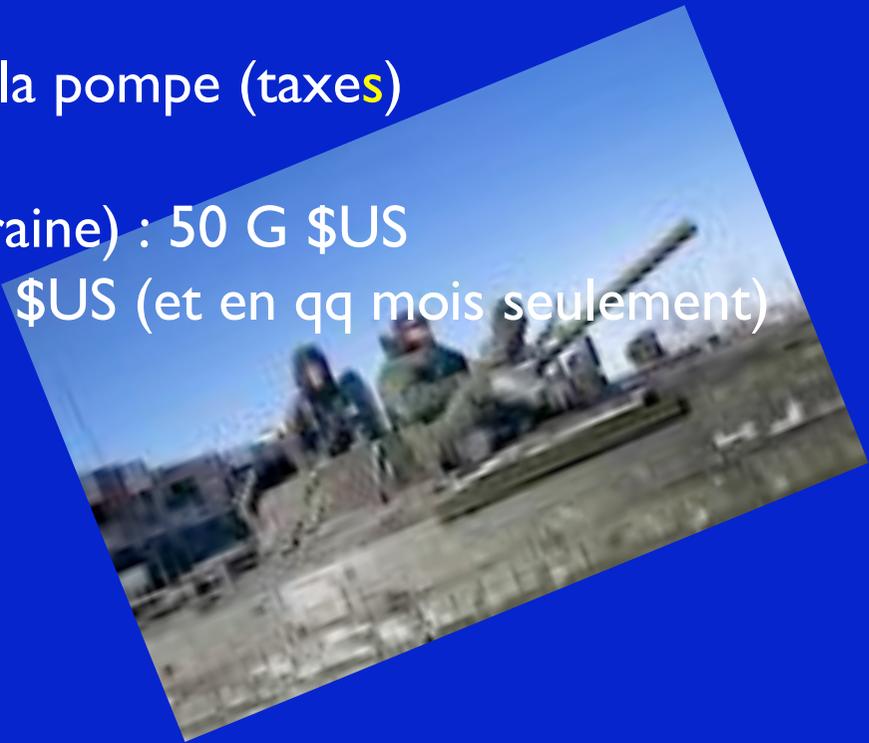
# (GEO)POLITIQUE 2015

Baisse brut fin 2014-2015

baisse de 50% => 12% de baisse à la pompe (taxes)

Sanctions USA-EU sur Russie (Ukraine) : 50 G \$US

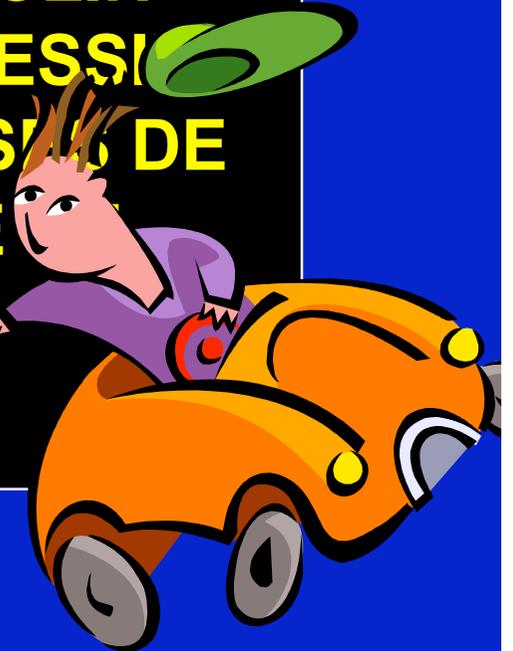
Baisse brut = perte Russie : 150 G \$US (et en qq mois seulement)





# CONCLUSION

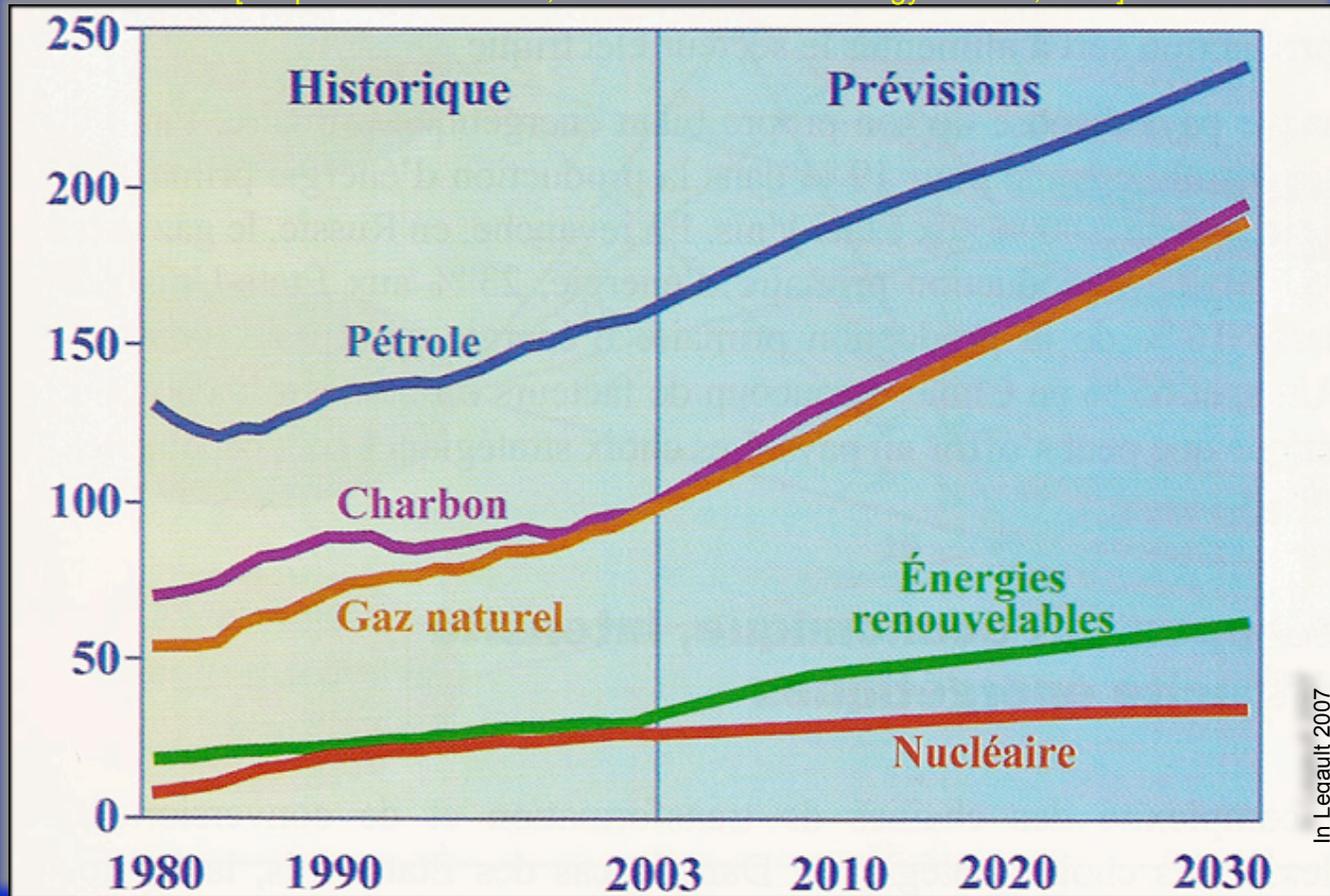
**LE XXIème SIECLE DEVRAIT VOIR LE PIC  
PUIS LE DECLIN DE LA PRODUCTION  
PETROLIERE MONDIALE, MAIS CE DECLIN  
SERA PROBABLEMENT TRES PROGRESSIF  
CAR IL S'ACCOMPAGNERA DE HAUSSES DE  
PRIX QUI PERMETTRONT D'EXTRAIRE  
NOUVELLES RESERVES A PARTIR DE  
RESSOURCES DEJA DECOUVERTES**



<http://www.peakoil.net>

# CONSOMMATION MONDIALE ENERGIE PRIMAIRE

[en quadrillions de BTU, EIA et International Energy Outlook, 2006]



In Legault 2007

## AUJ. 2008

1. RETARD D'INVESTISSEMENT

*[Raffinage...]*

2. INSTABILITE Z. PRODUCTRICES

3. DEMANDE DURABLE

*[Croissance soutenue pays émergents, Chine, Inde...]*

+ 71 %

en

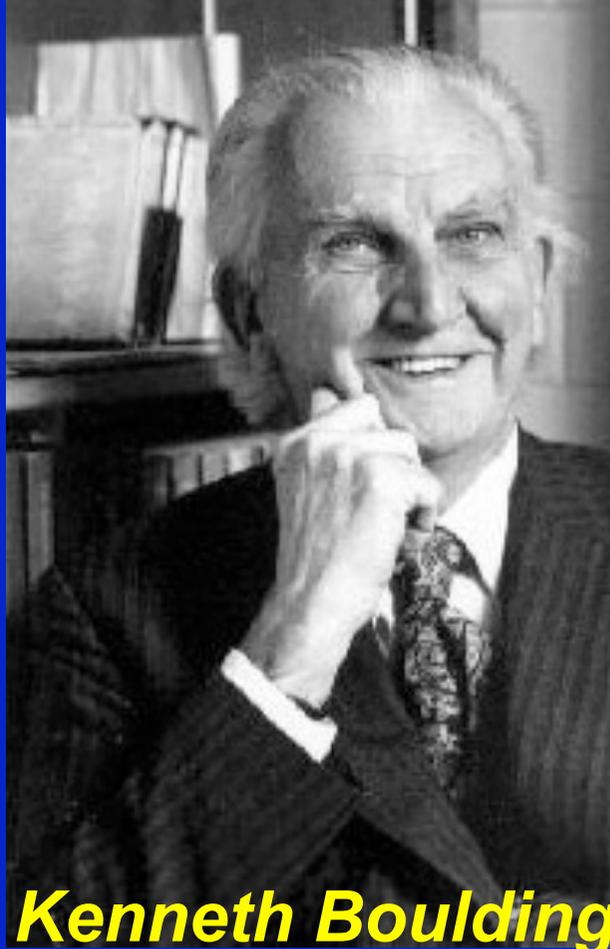
27 ans

... avec les 2/3 = pays en voie de développement



Chine... 150 aéroports  
Malaga... 400/j

# *le mot de la fin...*



***Kenneth Boulding***

***1910-1993***

***President de l'American Economic Association***



# *le mot de la fin...*

**‘Toute personne croyant qu’une croissance exponentielle peut durer indéfiniment dans un monde fini est soit un fou, soit un économiste’**

***Kenneth Boulding***

***1910-1993***

***President de l’American Economic Association***