

Les réserves de combustibles fossiles et nucléaires

Formation du charbon

- Kérogène
- Débris organiques enfouis à plus ou moins grande profondeur et éventuelle remontée vers la surface
- Le charbon: débris végétaux visibles; deltas de fleuves. Mélange avec de l'argile
 - Tourbe (T)
 - Lignite mat (LM)
 - Lignite brillant (LB)
 - Charbon bitumineux(houilleH) et anthracite (A)
 - Méta anthracite (MA)
- Dans les centrales: Lignite brillant+bitumineux
- Impuretés (FeS₂, P, U, Th)

Le Charbon: formation

32

ENERGIE ET ENVIRONNEMENT. LES RISQUES ET LES ENJEUX D'UNE CRISE ANNONCÉE

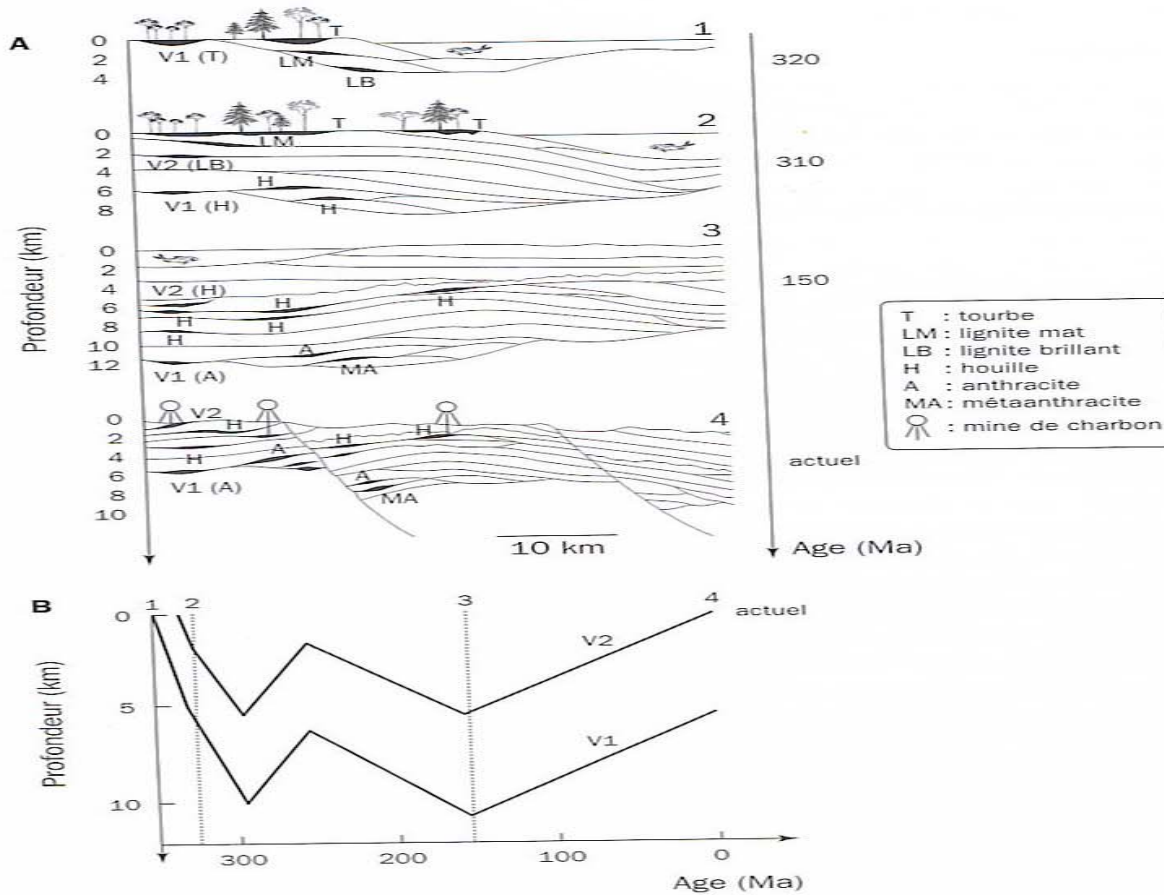


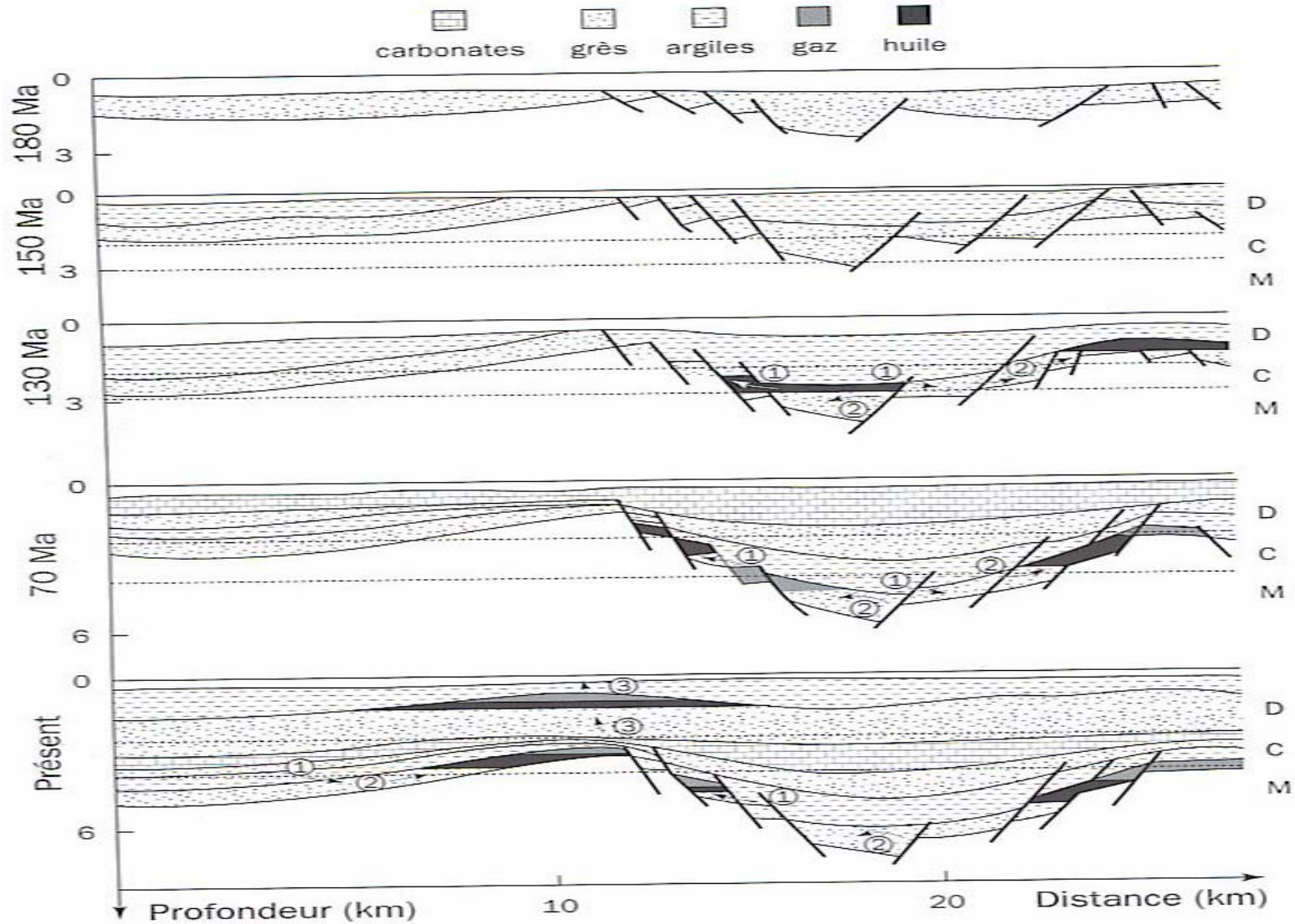
Figure 3.1 - Formation géologique du charbon

Sketch de la formation et de l'évolution du charbon dans un bassin sédimentaire : A - évolution du bassin et des veines de charbon au cours du temps ; B - histoire de l'enfouissement au cours du temps de deux veines de charbon (V1 et V2). L'unité de temps est le million d'années (Ma).

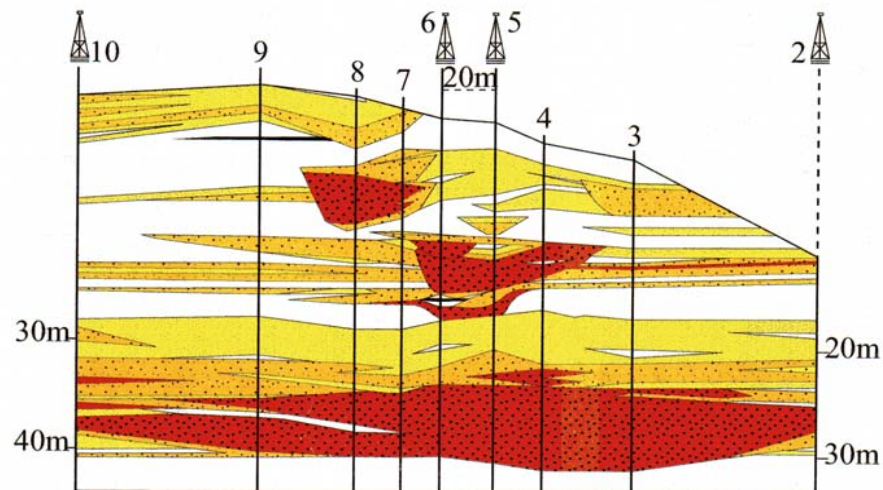
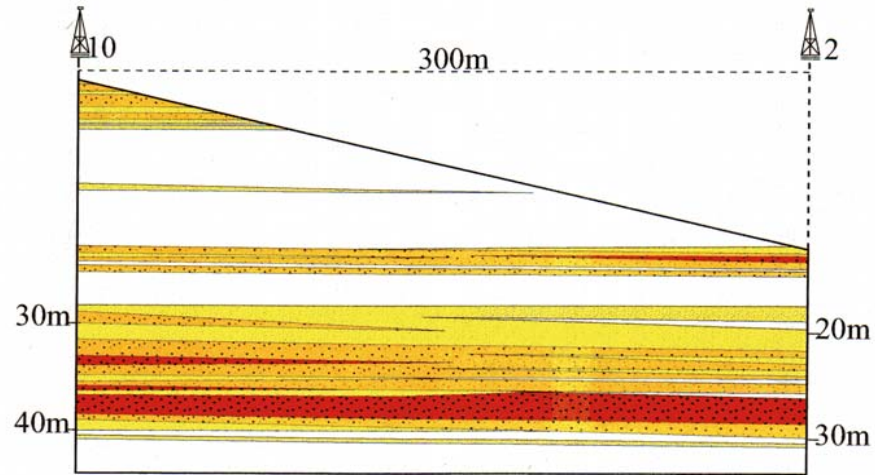
Formation du pétrole et du gaz

- Jus de kérogène
- Algues et bactéries
- Déplacement vers des roches poreuses (grès)
- Profondeur typique: 5 km (moins de 10 km)

Le pétrole: formation



Incertitude géologique sur les réserves



Pic de Hubbert 1

Soit un grand gisement

Plus la production est importante, plus on fore de puits.

$$\frac{dP(t)}{dt} = \alpha P(t)$$

En fait le gisement s'épuise et

$$\frac{dP(t)}{dt} = \alpha(t) P(t)$$

Quantité extraite et réserve initiale

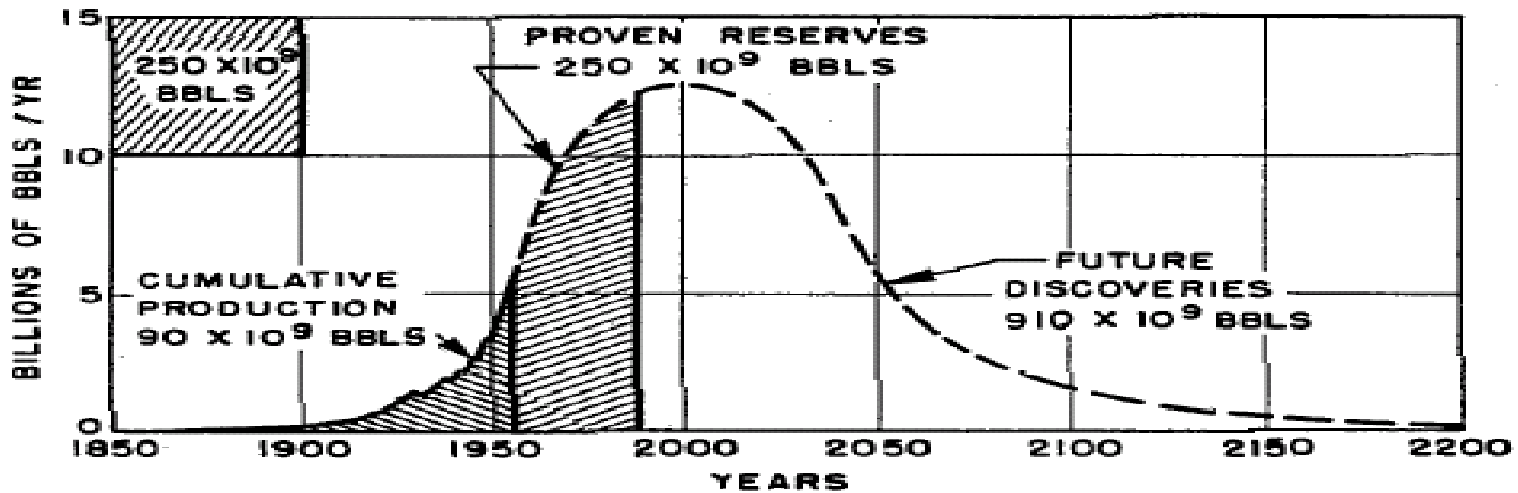
$$Q(t) = \int_0^t P(u) du$$

$$R_0 = \int_0^{\infty} P(u) du = Q(\infty)$$

$$\alpha(t) = 1 - \frac{Q(t)}{R_0}$$

Pic de Hubbert 2

$$\frac{P(t)}{Q(t)} = a - bQ(t)$$

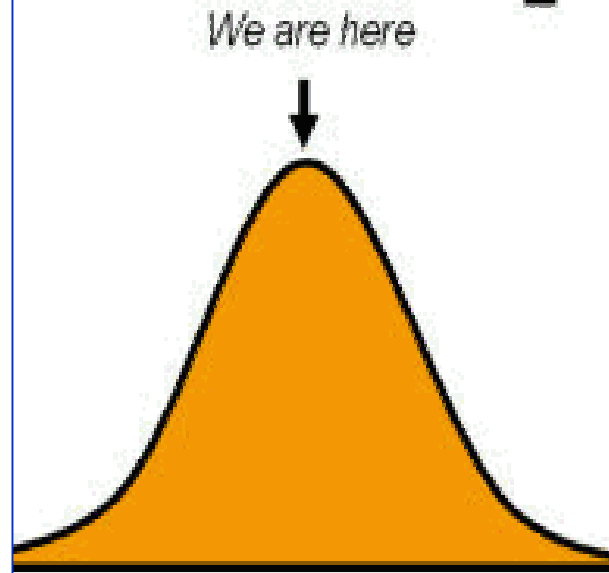


2000 – 2005 : a historical warning by ASPO

Wake up!!!

A few 'peak oil' websites

3w.peakoil.net
3w.aspofrance.org
3w.oilcrisis.com
3w.peakoil.com



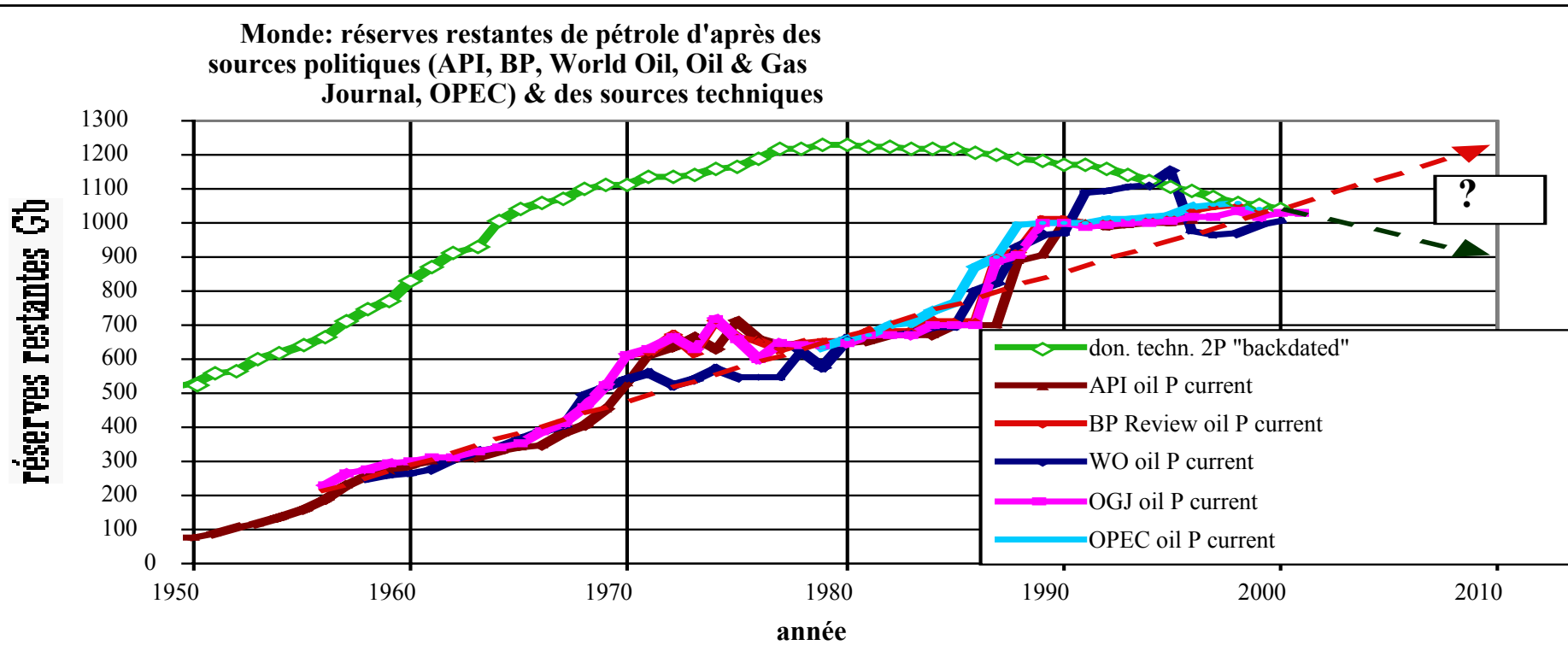
Peak Oil

www.oilcrisis.com

ASPO France members (June 2006):

Jean Laherrère (formerly Total)
Pierre-René Bauquis (fy Total)
Carlos Cramez (fy Total)
Jean-Luc Wingert
Jean-Marc Jancovici (fy Envt)
Alain Perrodon (fy Elf)
Paul Alba (fy Elf)
Maurice Allègre (fy IFP)
Jacques Varet (BRGM)
Adolphe Nicolas (Montpellier Uni)
Jean-Marie Bourdair (ex Total)
Bernard Rogeaux (EDF)

Réserves de pétrole et politique

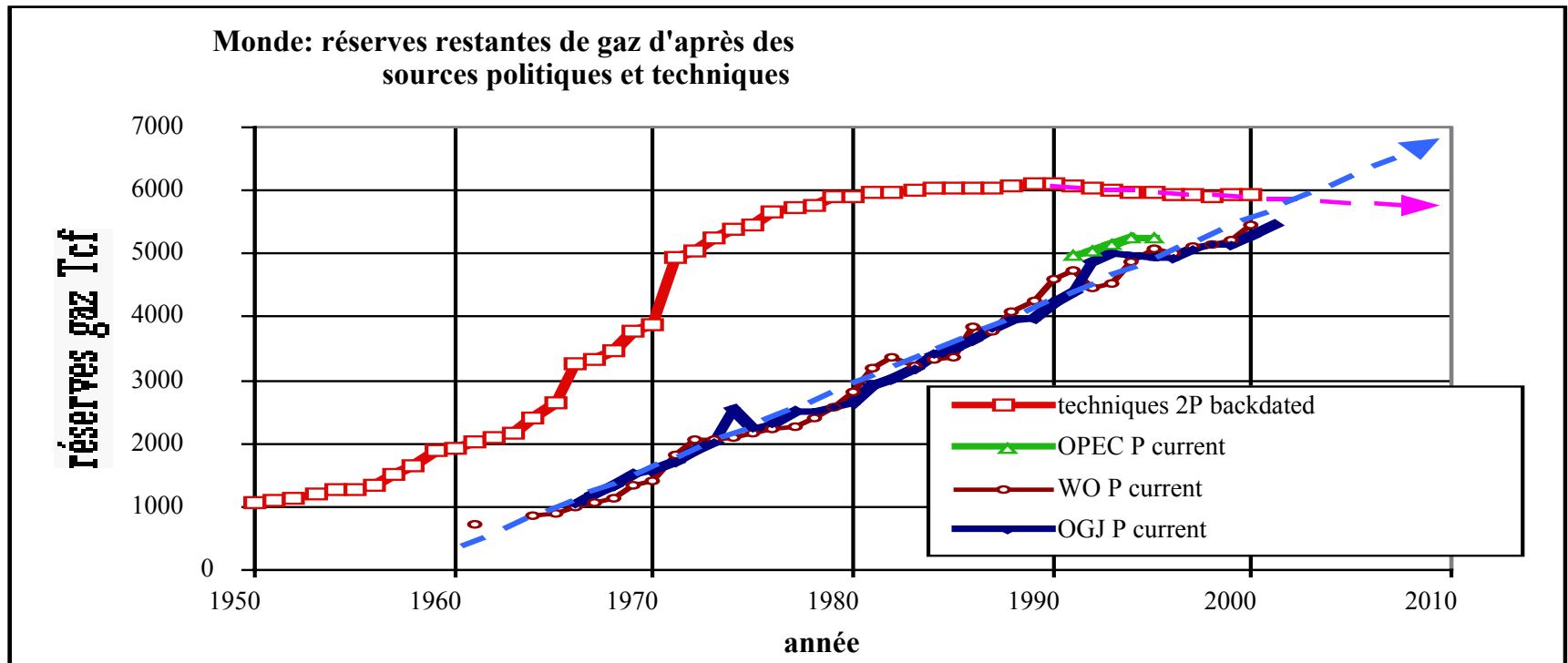


Date d'estimation des réserves:

ASPO: date de la découverte

Opérateurs: date de réestimation

Idem Gaz

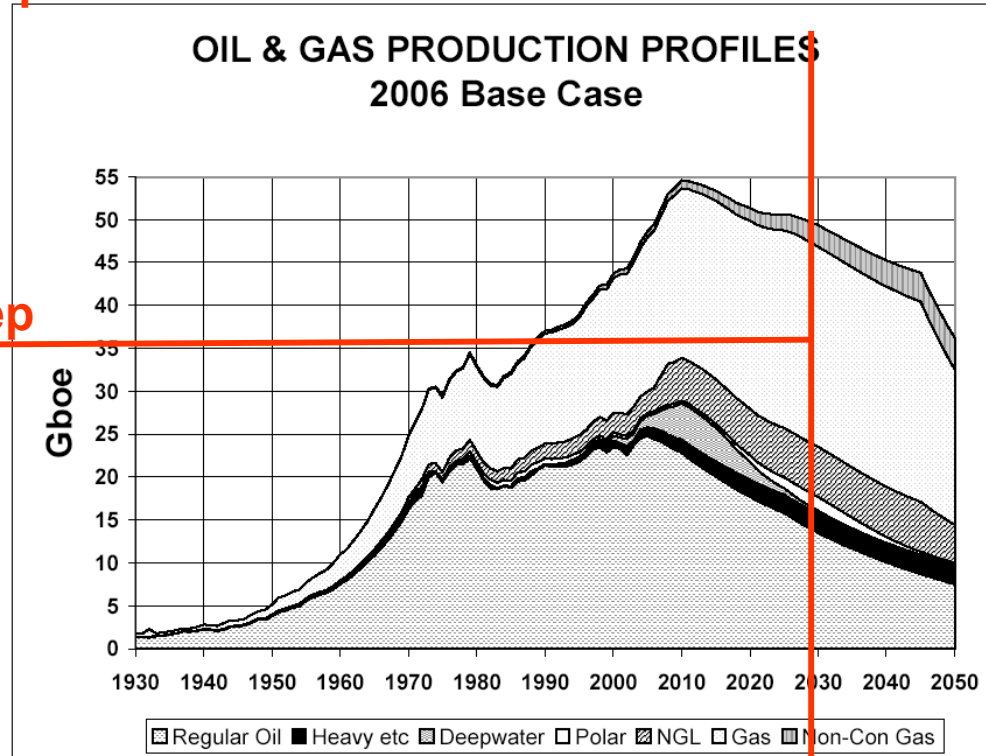


Peak Oil

7,5 Gtep

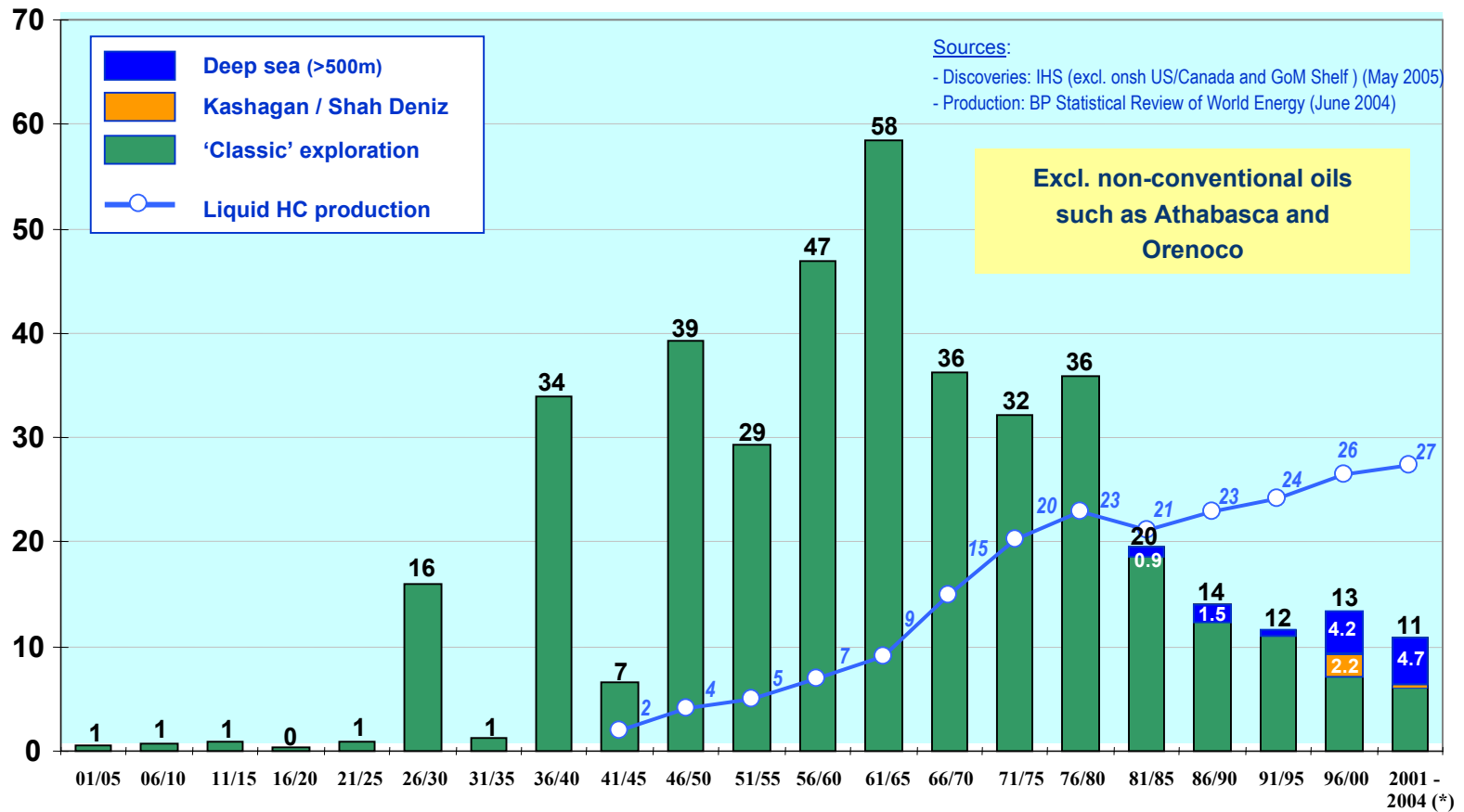
2010

4,7Gtep



Comparaison des découvertes et de la production pour le pétrole

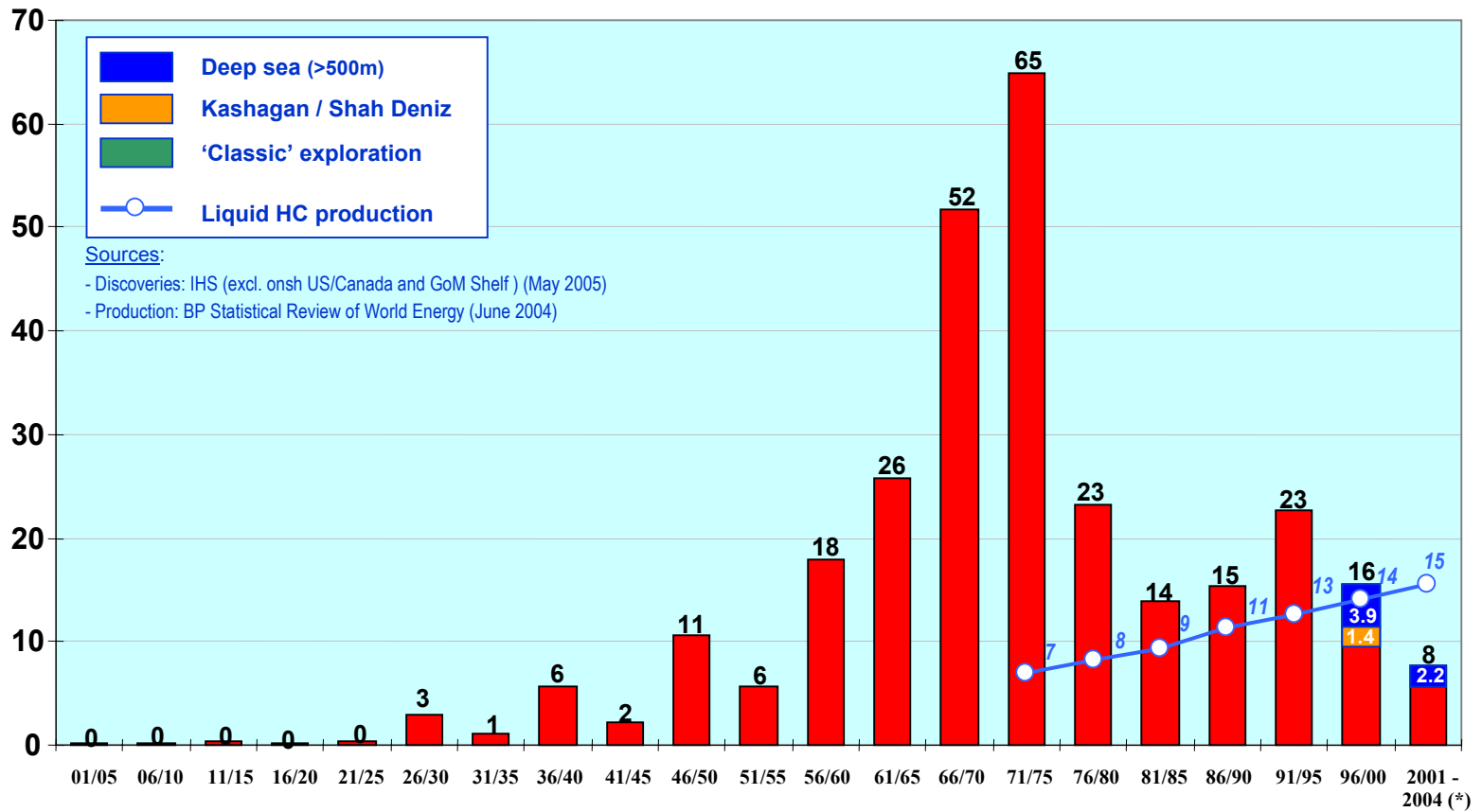
Gboe/year (5-year average)



(*) 4-year average

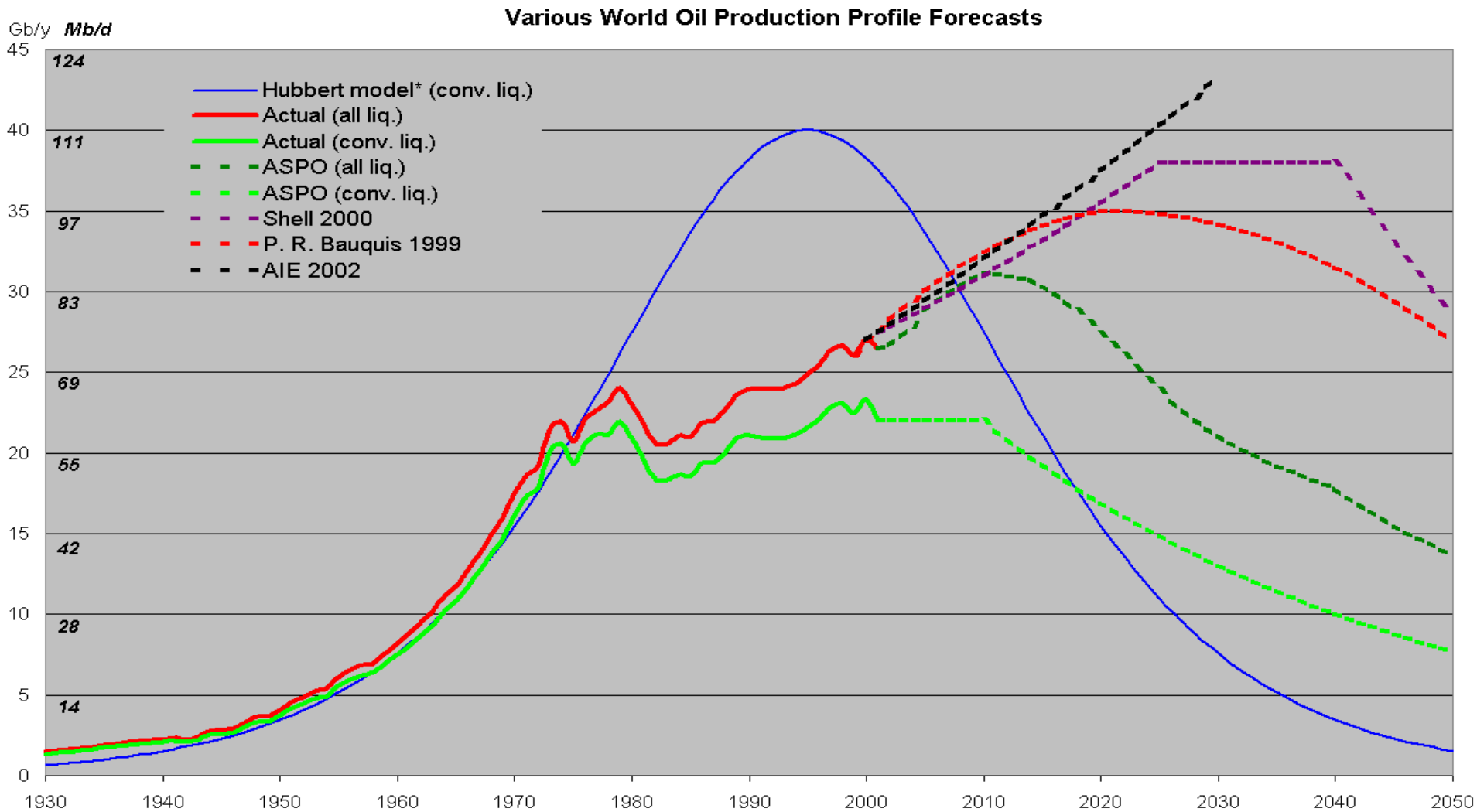
Idem gaz

Gboe/uear (5-year average)



(*) 4-year average

Projections de production



Source: ASPO Uppsala 2002 press release - USGS mean estimates 2000 (Shell) - Author

* Best fit for a Hubbert model based on current ultimate reserves estimates.

PRB/VL 2003

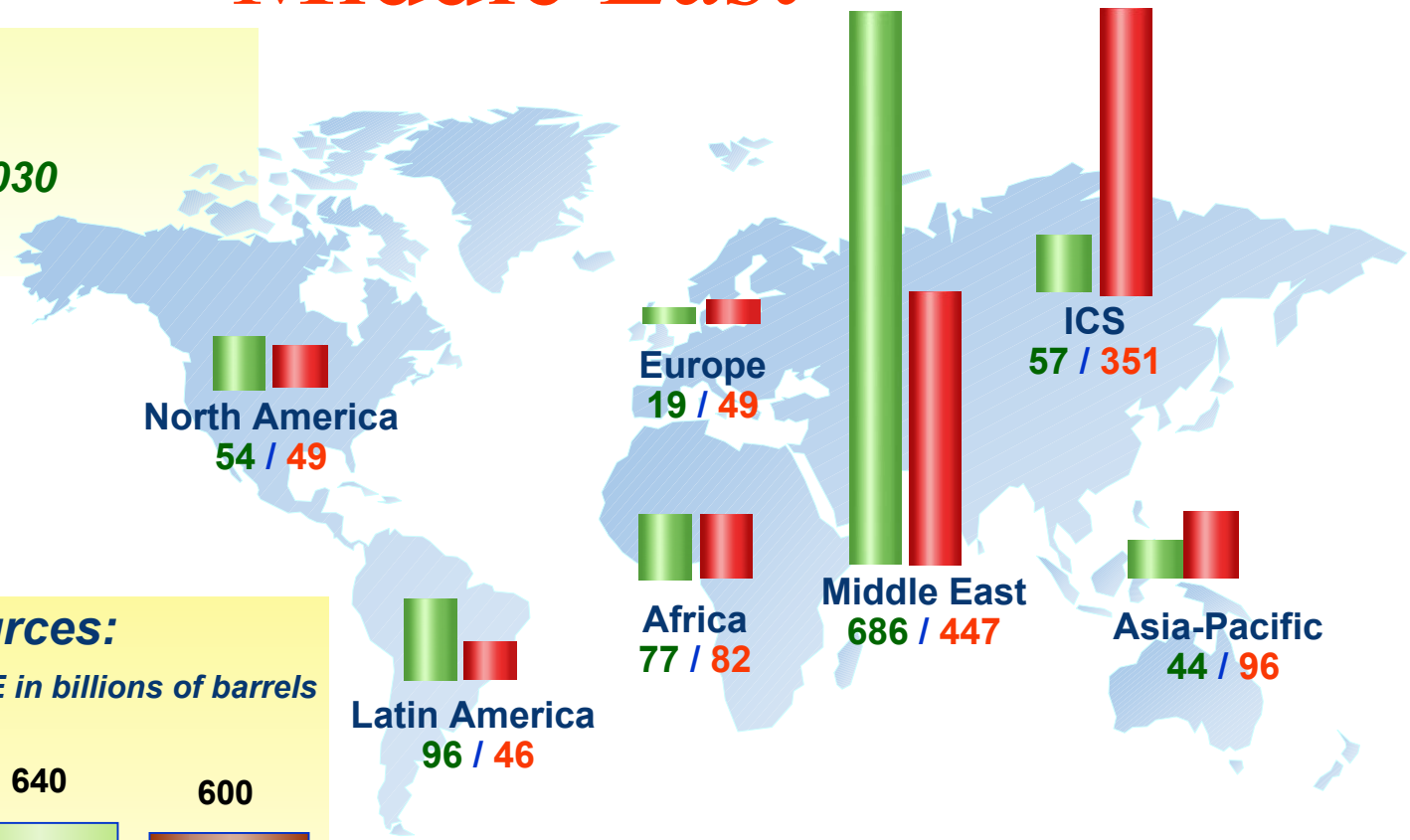
Oil reserves are concentrated in the Middle East

Proven reserves:

Gas: 1120

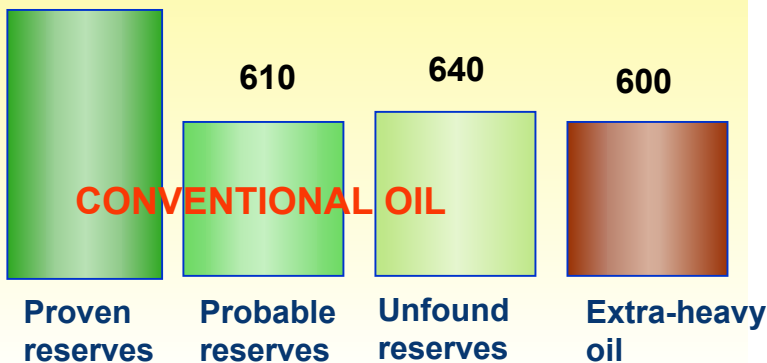
Conventional oil: 1030

billion BOEs, 1/1/2004



Oil resources:

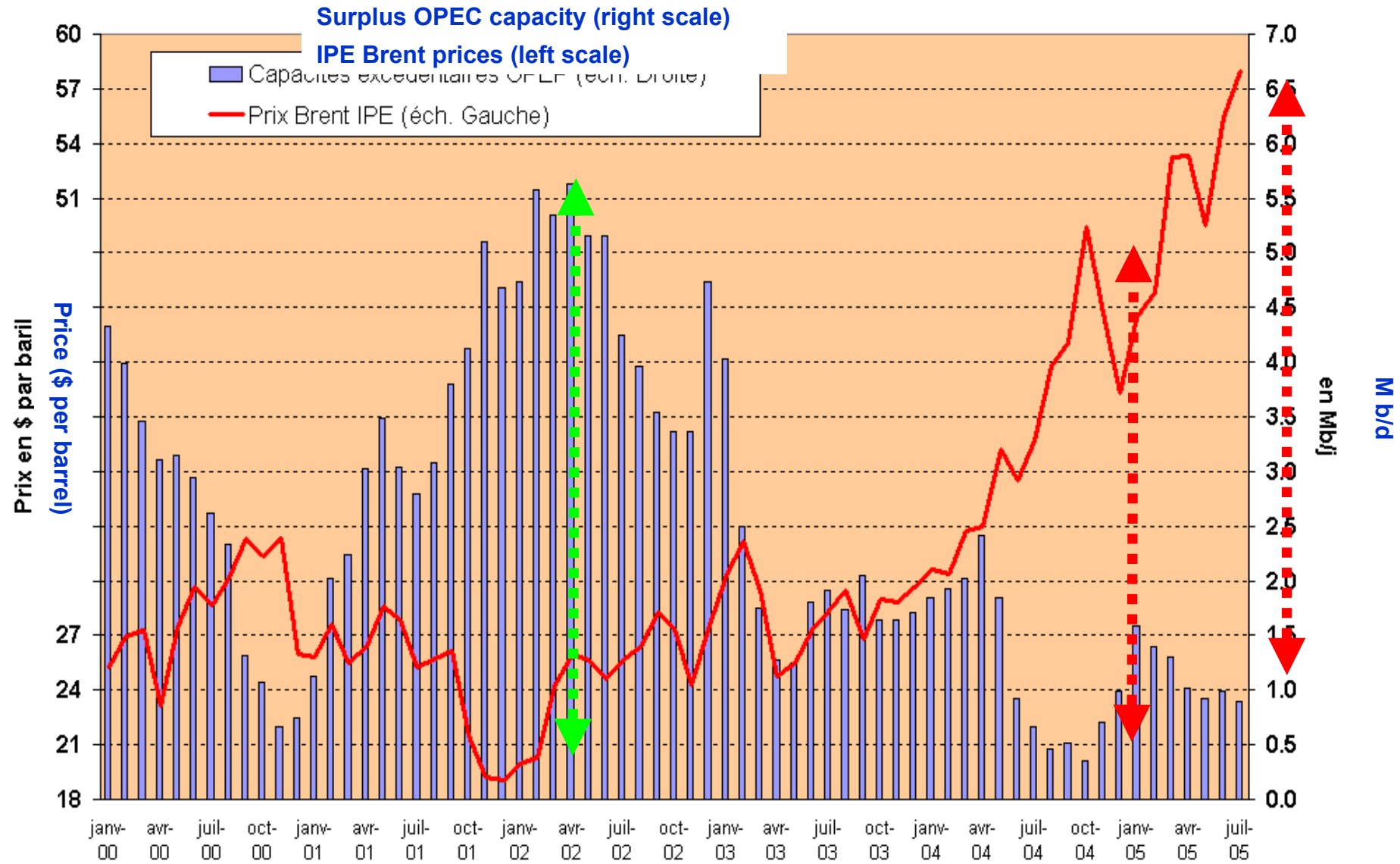
1030 USGS F95 and AIE in billions of barrels



- Oil: proven reserves cover 40 years of demand
- Gas: proven reserves cover 60 years of demand

Source: O&G, Cedigaz, USGS 2000 F50, AIE

Capacite de production OPEC vs Prix



Réserves et Ressources

- Réserves prouvées: $\geq 90\%$ de chance
- Réserves probables: 50%-90% de chance
- Réserves possibles: 10%-50% de chance

Les réserves dépendent des prix

Les ressources n'en dépendent pas

Réserves de charbon(CME)

Gtec	Bitumineux	Sous Bitumineux	Lignite	Total
Afrique	50,2	0,1		50,3
Amérique du Nord	115,7	80,5	12,5	208,7
Amérique Latine	7,7	9,4		17,1
Asie-Océanie	193,0	29,6	23,2	245,8
-Chine	62,2	26,3	6,5	95,9
-Inde	90,1		0,8	90,9
Europe	17,7	3,7	6,0	27,4
Ex-URSS	94,6	89,1	13,6	193,3
-Russie	49,1	76,0	3,7	146,6
Monde	478,9	212,4	55,3	746,7

Ressources de charbon

	Houille	Lignite	Total
Afrique	182		182
Amérique du Nord	342	132	474
Amérique Latine	37	2	39
Asie- Océanie	660	109	769
Europe	337	11	348
Ex-URSS	3131	765	3896
Total	5021	1089	6110

Réserves et ressources

« statique »

	1860-1998	1998	Réserves	Réserves+ Ressources	P/R
pétrole					
conventionnel	97	2,65	120	241	45 (91)
Non Conv.	6	0,18	102	407	
Gas					
conventionnel	36	1,23	83	253	67 (205)
Non Conv	1	0,06	144	509	
Charbon	155	2,4	533	5151	222 (2146)
Total	294	6,58	983	6562	149 (997)

Réserves et consommation

“dynamique 2050”

	Consommation Gtep	réserves
Charbon	120-300	540
Pétrole	180-300	120
Gas	170-250	83

Réserves Uranium

Prix \$/kg	Réserves Mt
<130	4,7
<260	15
Non conventionnel (charbon, phosphates)	25
Océan (5000 \$/kg)	4000

Utilisation de l'Uranium

Réacteur de 1 GWe 8000 h/an

Parc de 5000 GWe

Parc actuel: 400 Gwe

Coût de production électricité: 0,03 €/kWh

Production 1 centrale: 240 M€

Uranium 2

	REP (EPR)	Surgénérateur
Besoins U(t)	200	2
Prix (93€/kg)	19 M€	0,19 M€
% coût	8%	0,08
Prix U pour 50% du coût	580 €/kg 812 \$/kg	11600 €/kg 16200 \$/kg
Années de fonctionnement	45 (3000 océan)	300000

Stocks ou flux?

- **Energies flux**: solaire, éolien, marées, hydro
- **Energies stocks**: Fossiles, nucléaire, biomasse, géothermie, hydro
- **Définition des stocks**: coûts de mise en œuvre, concentration (minerais, rendements, points chauds)
- **Reconstitution des stocks**:
 - Fossiles: 1 Mt/an?
Durée de reconstitution: 50 Millions d'années
 - Géothermie profonde: milliers d'années
 - « Géothermie de surface(solaire) »: année
 - Biomasse: 70 Gtonnes/an, 100 ans
 - Hydro: l'année
 - Nucléaire: 20000 tonnes/an
transportés par les fleuves