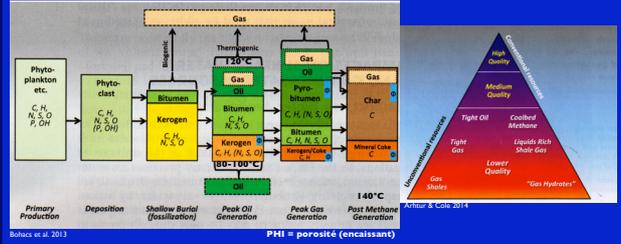


LECON 5 - 2015

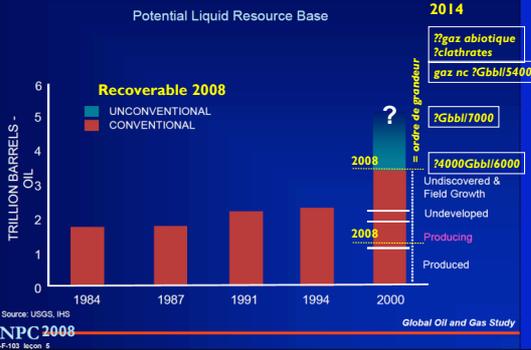
LE PIC DE HUBBERT et LES RESERVES (et la GEOPOLITIQUE)



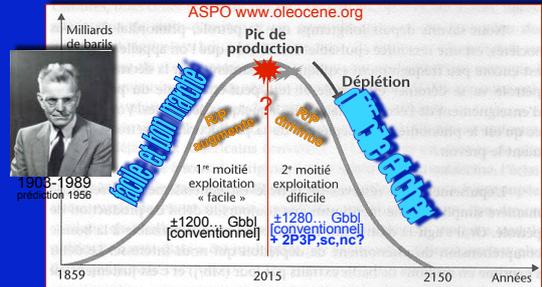
MATIERE ORGANIQUE - ROCHE MERE



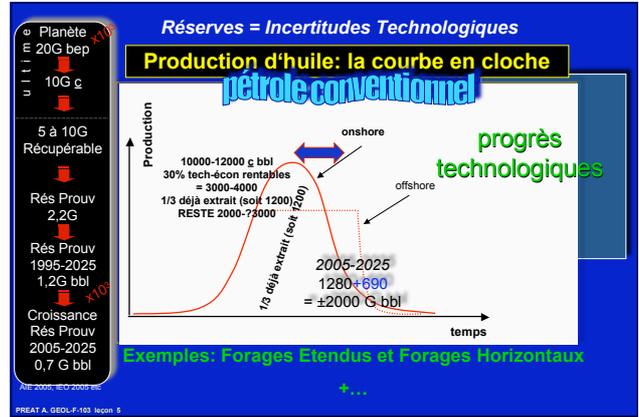
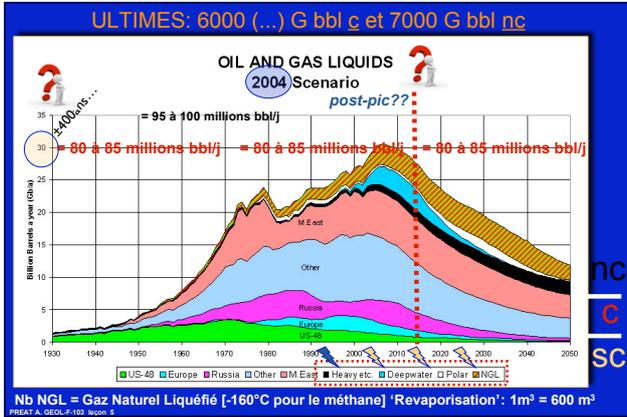
Estimated Global Oil Endowment



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



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



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
Cadon: 20 BCF, Camelot Field

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5

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)

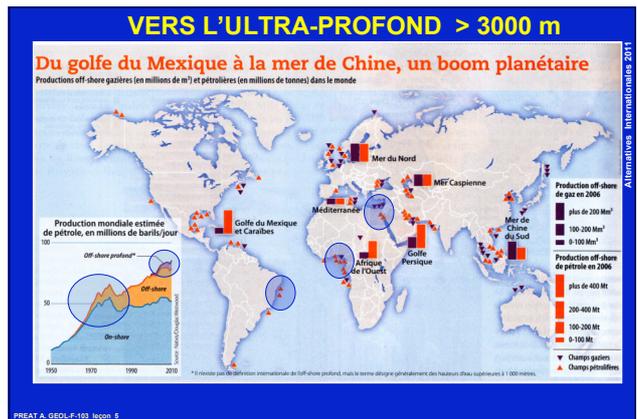
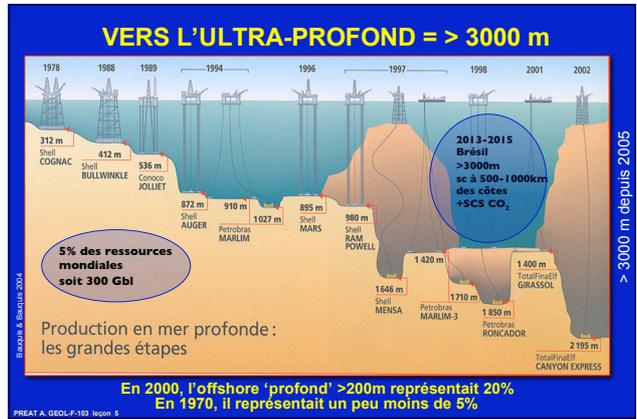
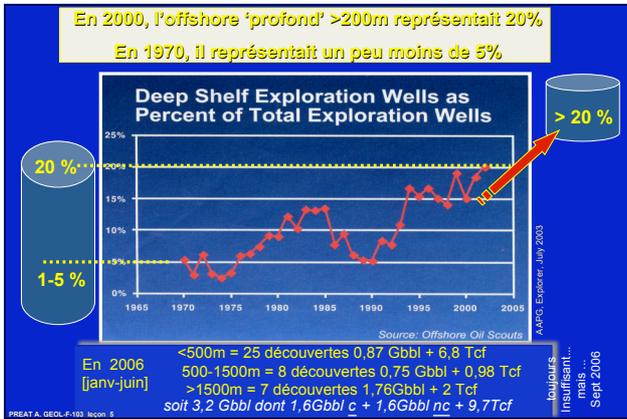
1998-Argentine
FORAGES A GRANDS 'DEPARTS': PUIITS DEVIES OI HORIZONTAUX
gisement d'ARA en Terre de Feu: 1sau! 'puits' de 11 184m (foré) à 1 695m

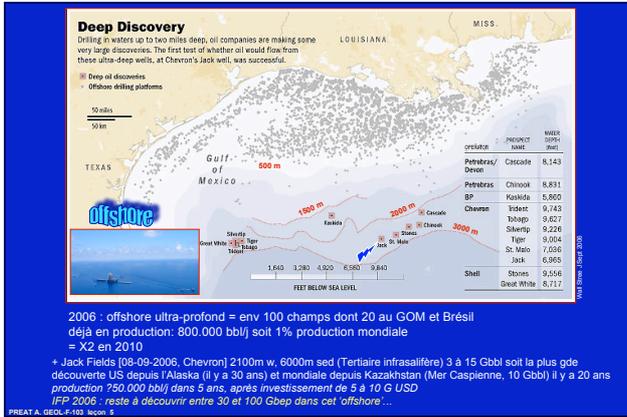
Exxon: Investissements 600 millions \$
nouvelles technologies forages

RENDEMENT PROD.
= X3 (Ara)

1891? premiers essais ...
1985: premier puits [craie, USA]-1990 = 1500 puits [Monde]-2000 = ± 20.000puits [id]

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5





Cost of Drilling Rigs

Offshore

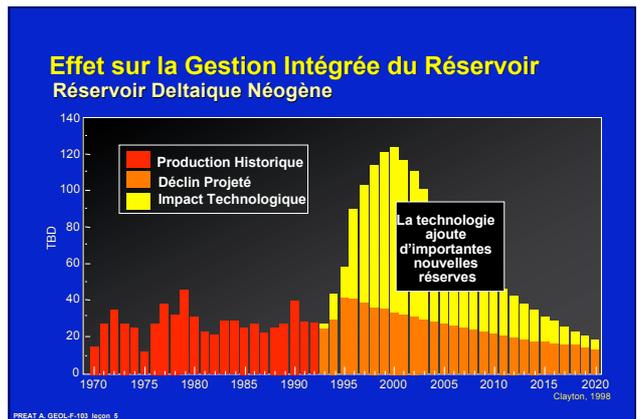
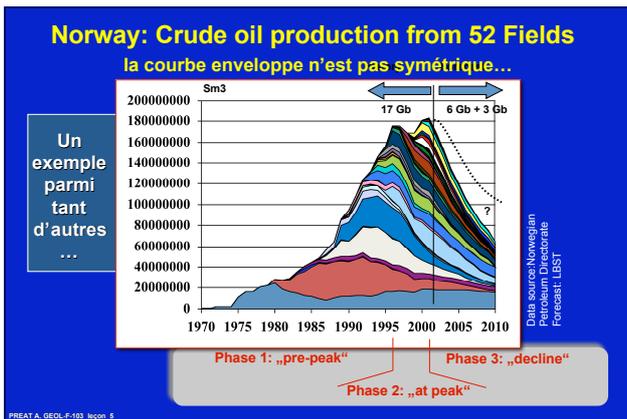
Onshore

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

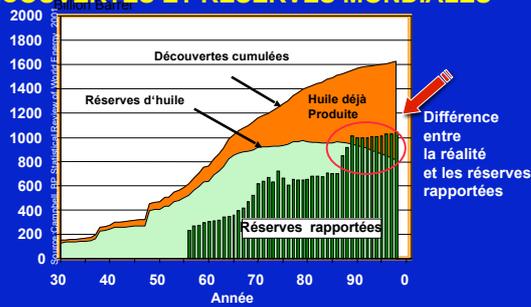
Record de forage Alaska, mer de Beaufort 114 millions \$ en 1983 pour un puits sec!

onshore = 2/3 ou moins

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5



DECOUVERTES ET RESERVES MONDIALES



PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5

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)

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5

Réserves = Incertitudes Géopolitiques

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

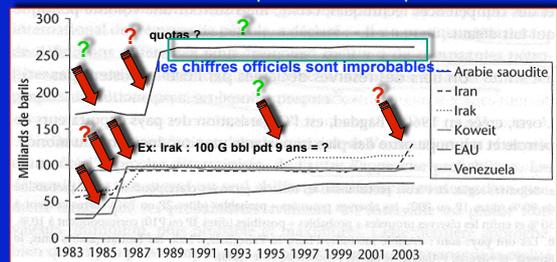
All numbers are wrong...
that much we know.
THE ONLY QUESTION IS:
BY HOW MUCH?

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5

RESERVES DECLAREES DES PRINCIPAUX PAYS 'OPEP'

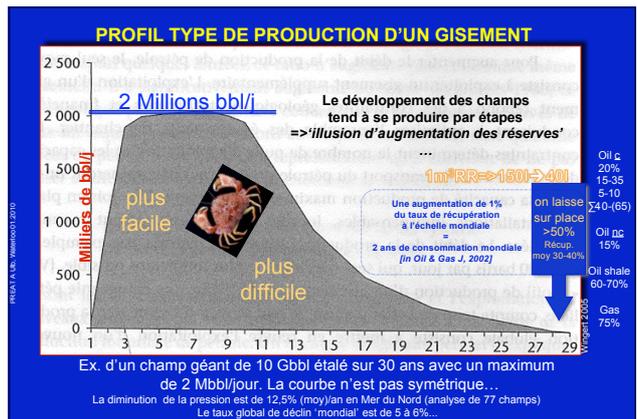
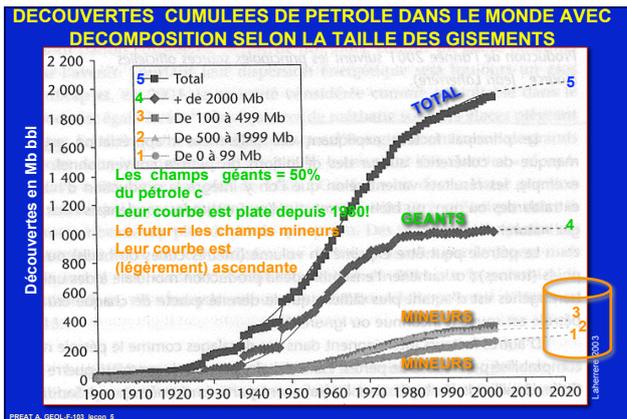
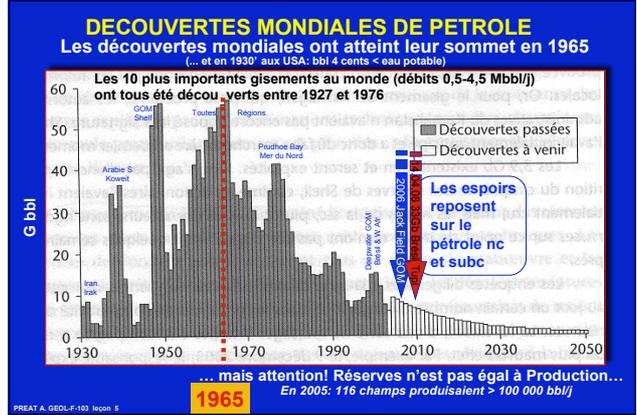
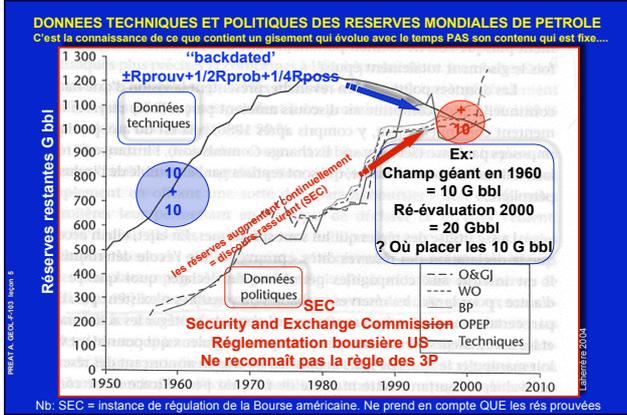
Hausses soudaines des réserves annoncées fin 80'

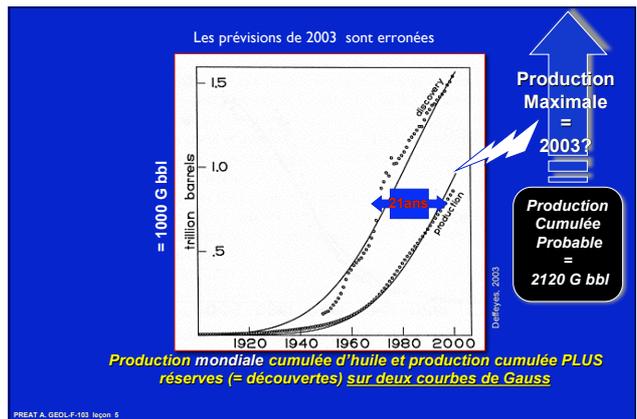
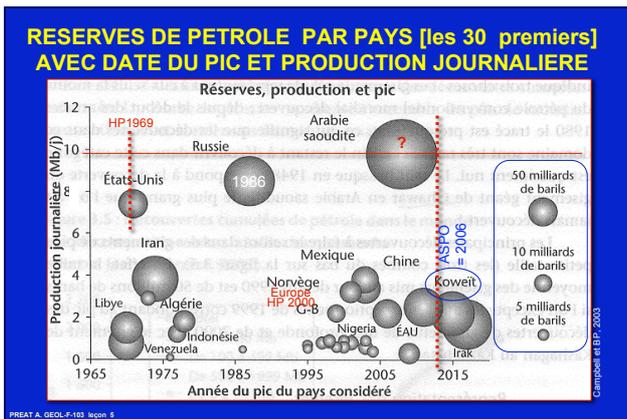
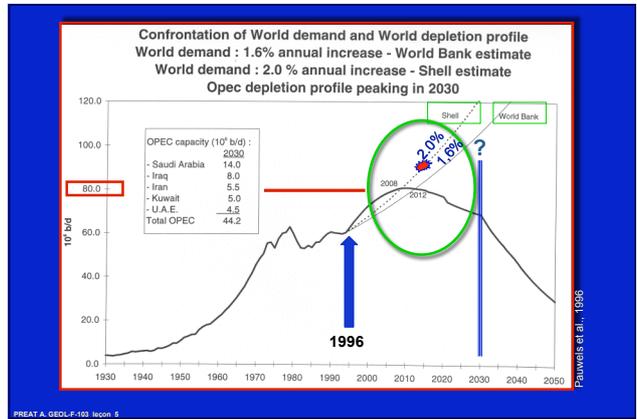
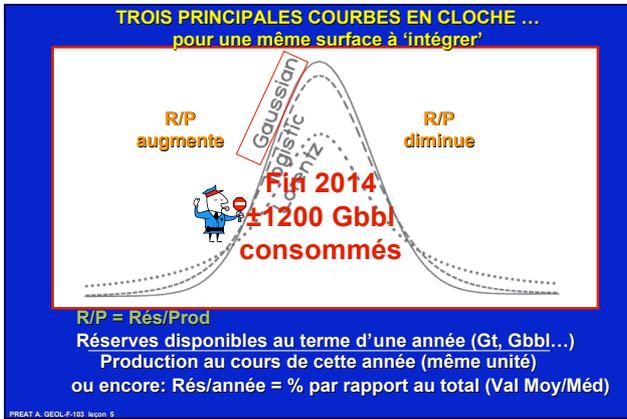
Montant des réserves inchangé sur de longues périodes
comme si les nouvelles découvertes compensaient TOUJOURS la production...

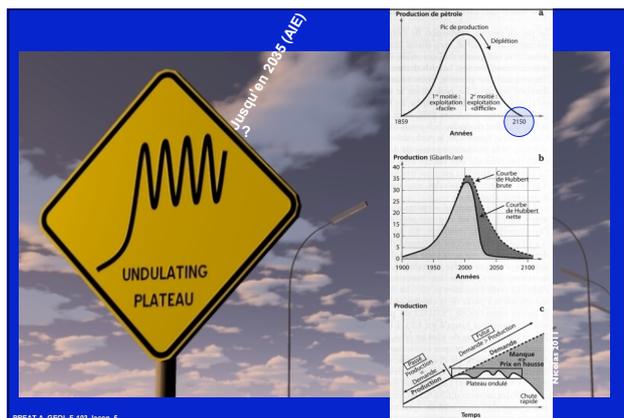
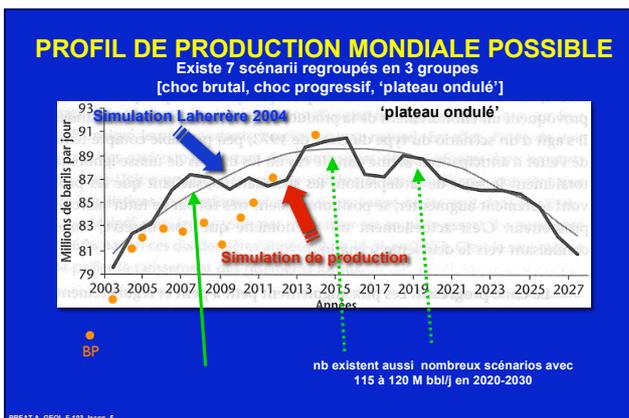
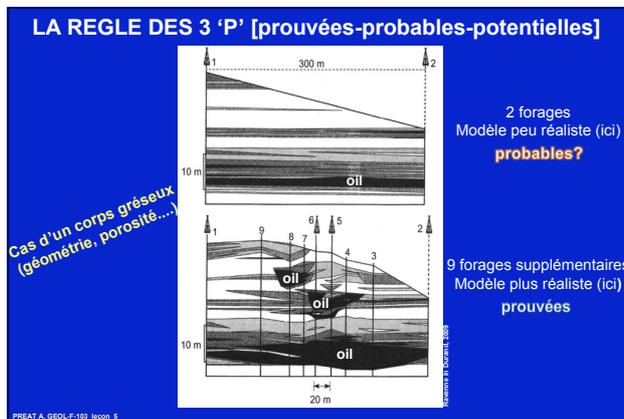
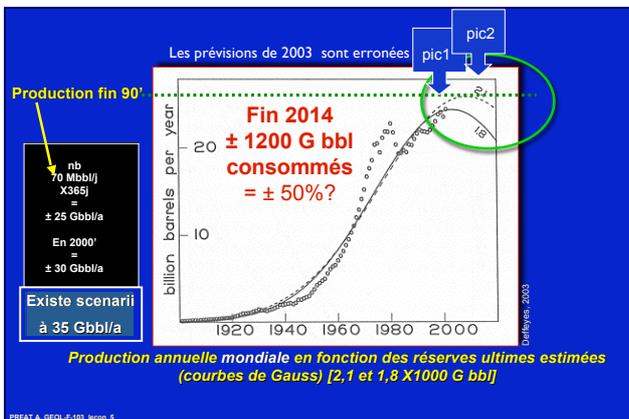


Hausses après contre-choc pétrolier de 1986
[effondrement bbl = :2! = 'paper barrels', finalement existaient vraiment!]

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5







POURQUOI? voyons les chiffres...

2005-2025
1280+690
= ±2000 G bbl

temp

onshore

offshore

90-95%

...des réserves mondiales PROUVEES

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 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

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

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

http://www.bp.com/

PETROLE nc (taux de récupération 10 à 20%)
[±7000Gb Ultimate]
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

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5

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: 2,2.10⁴t soit 44 bbl/j ou 0,08l/s <0,1l/s
4. Iran 3,6 (env 2000 puits)
Rendement moyen annuel d'un puits 1985: 1514,5.10³t soit 30.500bbl/j ou 66l/s

...

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5

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 Tm³ en 2014 soit 50 années de réserves

Méthane CH₄
 Éthane C₂H₆
 Propane C₃H₈
 Butane C₄H₁₀
 GPL
 Pentanes et autres fractions de produits plus lourds

GNL LGN GPL

Élimination de l'eau, du dioxyde de carbone, de l'azote et autres produits non carbonés

Les réserves ultimes c soit ± 3X [ou plus] que les réserves prouvées.
 En 2012-(2014): production commercialisée = 3,3 Tm³, 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!)

PREAT A. GEOL-F-103 Inconn 5

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

193,7 Réserves prouvées de gaz conventionnel
 250,4 Réserves estimées de gaz conventionnel
 203,9 Réserves estimées de gaz de schiste

Consommation mondiale gaz 2013
 3,347 Tm³ [+2,4% pr 2012]

Données et mauvaises surprises

États-Unis 22 219
 Algérie 8 512
 Canada 10 225
 Chine 36 100
 Mexique 10 285
 Liban 8 213

Source: IEA, 2013

Document 2014

Le charbon est le combustible fossile qui a les réserves les + importantes = 425 Gtep_au 1/01/2014.

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

* Anthracite/Écumeux + Sub-bitumineux/Lignite

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

PREAT A. GEOL-F-103 Inconn 5

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

PREAT A. GEOL-F-103 Inconn 5

scénario le plus probable du futur

	épuiement dans
PETROLE c	50 ans
GAZ c	70 ans
CHARBON	110 ans
CLATHRATES	?

min.

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

Bobin et al., 2001; Np0, 2002

Données établies en 1996

	1990	10 ⁹ tep	2005 >80% ou 90%	10 ⁹ 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	
total	8,8			13,4 = 50% en plus	

>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%]

Jirasek et al., 2006; Bobin et al., 2001; Np0, 2002

Tout ceci = Réserves Prouvées...

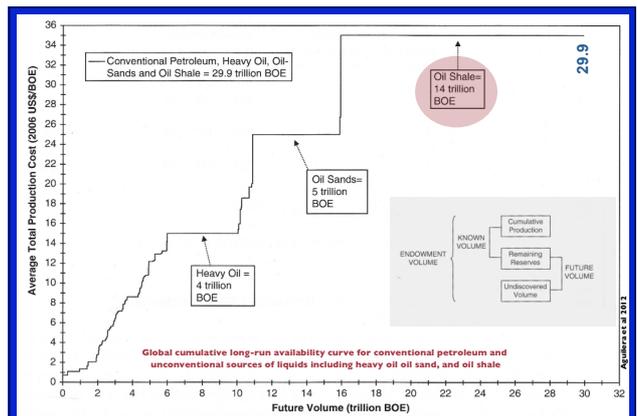
cad > 90% de se transformer en production réelle (à court terme)
(sinon elles ne sont que probables)

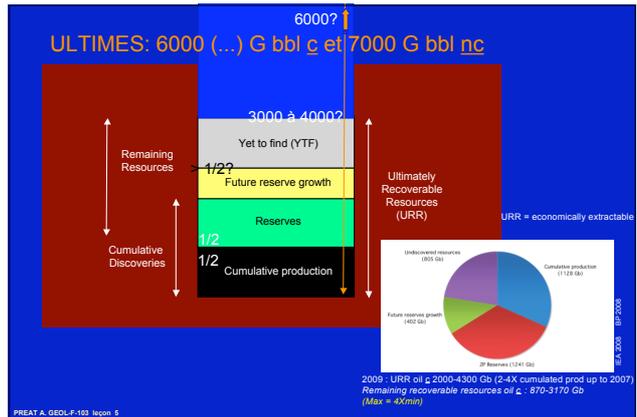
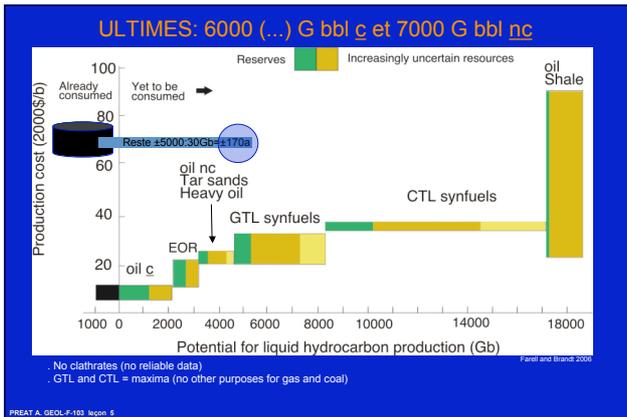
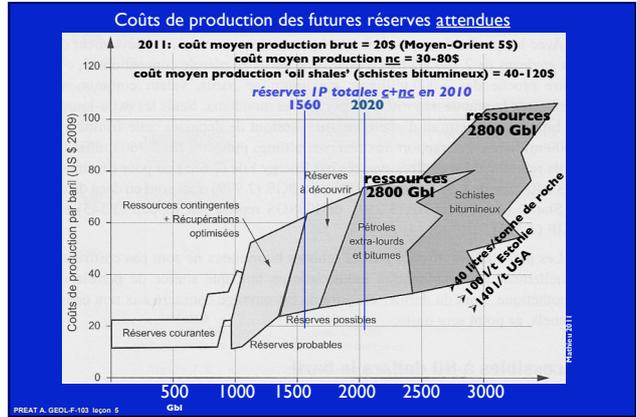
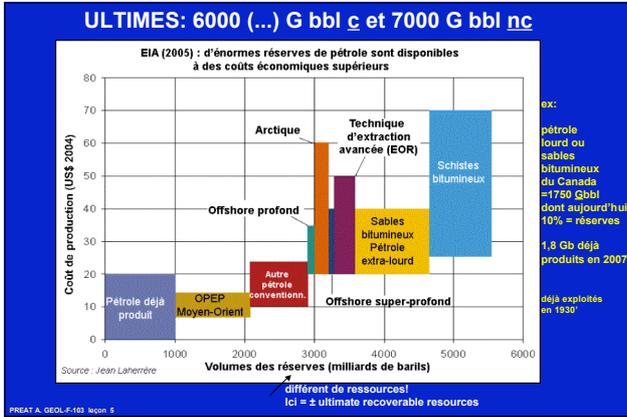
Voyons les Réserves ULTIMES

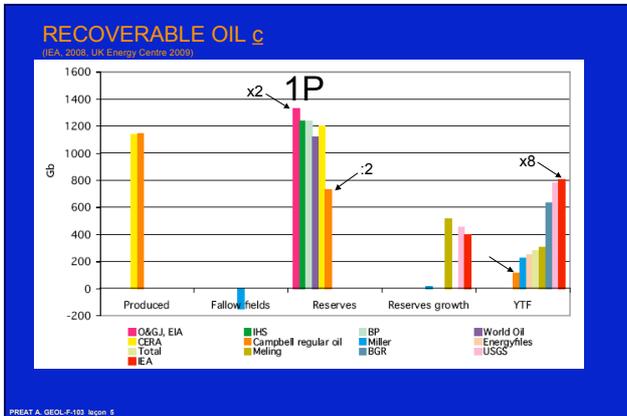
=hors technologie-économie actuelles

- = ?350 Gt ou ± 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 ?900Tm³
[soit > 100 ans et < 300 de disponibilité et >> gaz c]
- (+?clathrates ?>1000 Gt) + [? charbon >400 ans]

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5





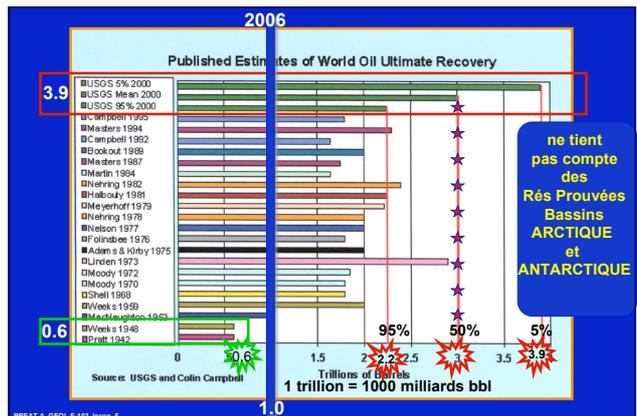
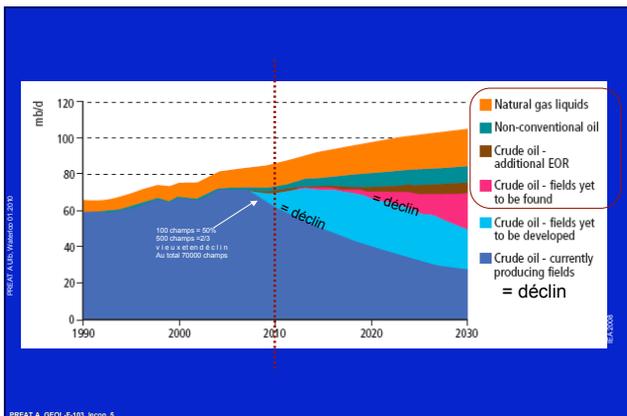


RESERVES ESPEREES AVEC LES PETROLES _{nc}

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

Moyen Orient | 1 Canada, 2 Venezuela, 3 USA, 4 Russie 5 Kazakhstan

Mathieu 2011



= ?350 Gt ou ± 2500 G bbl (2,5 trillions) pour le pétrole
CONVENTIONNEL [soit environ 120 ans de disponibilité ...] **2500**

+données EIA Energy Information Administration (www.eia.doe.gov)

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

3900

12 scénarii (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 ...

PREAT A. GEOL-F-103 Inconn 5

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

USGS Estimates of Ultimate Recovery

Probability	Ultimate Recovery Bbls
Low (95 %)	2,248
Mean (expected value)	3,003
High (5 %)	3,896

Peak Range 46 yrs or 91 yrs
 2021 - 2067 - 2112

900 Billion Bbls Moves Peak 10 Years From 2037 - 2047

Decline R/P = 10

Intervalle de confiance

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

PREAT A. GEOL-F-103 Inconn 5

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

nc 7000 Gbbl AIE

3000 G bbl
 1800 G bbl
 2003/2004
 940

USGS Approach 2003

1995 Campbell/Laherrère Approach

Taux effectif de récupération
 = récupération ultime espérée/quantité originale en place [quantité finie]
 ==> % REEL = f(considérations économiques et technologiques)

PREAT A. GEOL-F-103 Inconn 5

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

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

ensuite c'est l'année 2020...

Remarqué 2004

PREAT A. GEOL-F-103 Inconn 5

LE MARCHÉ REEL C'EST UNIQUEMENT 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...

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5

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...

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5

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 2012 millions bbl/j	Années de réserves
MONDE	total	1687,9	86,8	53,3*
OPEP	total	1214,2	36829	90,3*
		72%	42%	

* sans les SB Canada

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5



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%

U.S. Dept. of Energy, Embassy of Venezuela, 2008 U.S. News & World Report

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
Brexit	-	3	-	51	200	258	309	272	253	226	151	1,5%
Canada	766	455	934	2	2 455	2 403	2 470	2 535	2 729	2 946	3 144	31,3%
Colombie	46	4	182	342	155	200	276	365	433	433	369	3,6%
Mexique	42	533	755	1 373	1 532	1 302	1 210	1 284	1	1 035	811	8,1%
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%
les Vierges des États-Unis	189	388	282	291	346	320	277	253	186	12	nd	
autres non-OPEP	1 027	903	1 126	1 581	1 639	1 416	1 307	1 112		874	786	8,0%
so-total pays non-OPEP	2 126	2 609	3 721	6 287	7 489	6 961	6 916	6 887	6 681	6 527	6 138	62,3%
Algérie	8	488	280	225	670	548	433	510	358	242	115	1,2%
Angola	-	-	-	-	508	513	480	383	346	233	215	2,2%
Équateur	-	27	49	-	-	221	185	212	205	180	205	2,4%
Irak	-	28	518	800	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	886	1 134	988	808	1 003	618	441	281	2,8%
Arabie saoudite	30	1 261	1 339	1 572	1 485	1 529	1 004	1 086	1 195	1 365	1 241	12,4%
Venezuela	889	481	1 025	1 546	1 361	1 189	1 063	988	951	960	861	8,2%
autres OPEP	172	577	199	72	39	26	50	3	16	9	10	0,1%
so-total OPEP	1 293	4 300	4 296	5 203	5 980	5 954	4 776	4 906	4 855	4 271	3 720	37,7%
Total importations	3 419	6 909	8 018	11 490	13 468	12 915	11 691	11 793	11 436	10 800	9 859	100,0%

2013

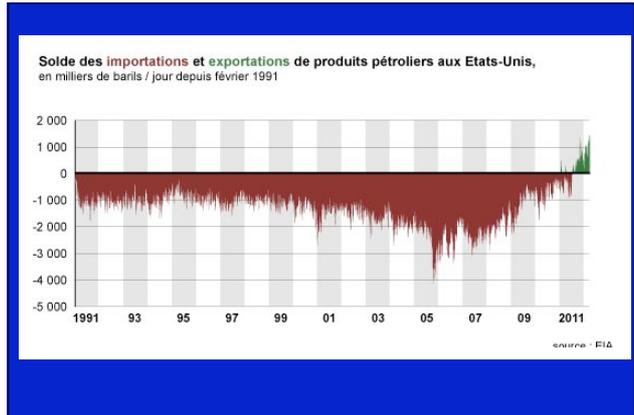
2013

après 63 ans
diminution consommation voitures
gaz de schistes ex prod d'huile/gaz de Bakken (Dakota N) est passée de 10 000bj en 2003 à 300 000 bj en 2011
raffineries
crise 2009-2011

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

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

Abonnez-vous 15 € / mois 28





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!

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5

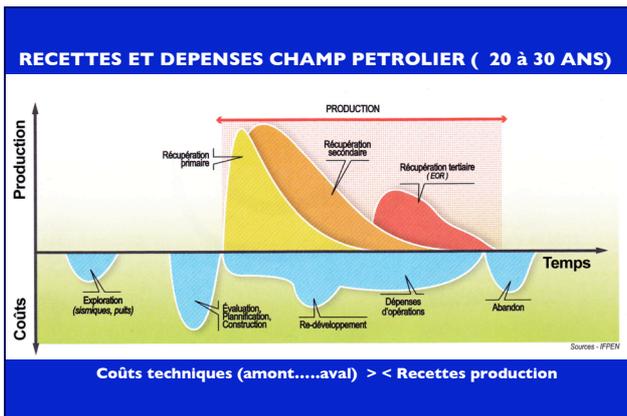
LES RESERVES PETROLIERES = GEOPOLITIQUE
quelques données incontournables...

1. L'Arabie S. possède 25% des réserves mondiales	1+2+3 = 62%
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) = 72,2 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....

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5



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'AlI qui ont produit à 80\$ bbl non conventionnel, à partir de l'hydrogénation de charbons

11 = 0,003€

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5

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

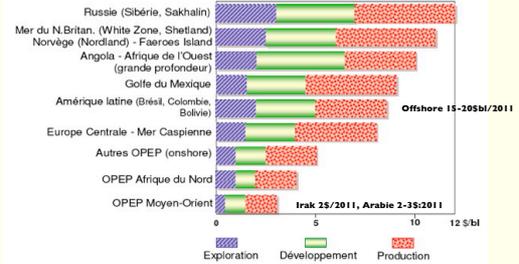


11 = 0,003€

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'AlI qui ont produit à 80\$ bbl non conventionnel, à partir de l'hydrogénation de charbons

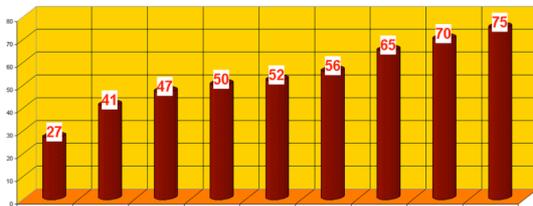


Structure du coût technique d'extraction d'un baril pour le pétrole conventionnel, en dollars. Le "développement" est la phase où se construit l'infrastructure d'extraction du pétrole. 10 dollars par baril = 5 euros par MWh.

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 ³ 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 ³ 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**: **pour l'Arabie, 20\$ le bbl**

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'), **est le minimum**

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

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

PREAT A. GEOL-F-103 Inconnu 5

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

PUITS d'EXPLO

570 puits/10.000km² en Am N
9 puits/10.000km² au Moyen-Orient
7 puits/10.000km² en Asie-Océanie
6 puits/10.000km² en Afrique

PREAT A. GEOL-F-103 Inconnu 5

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

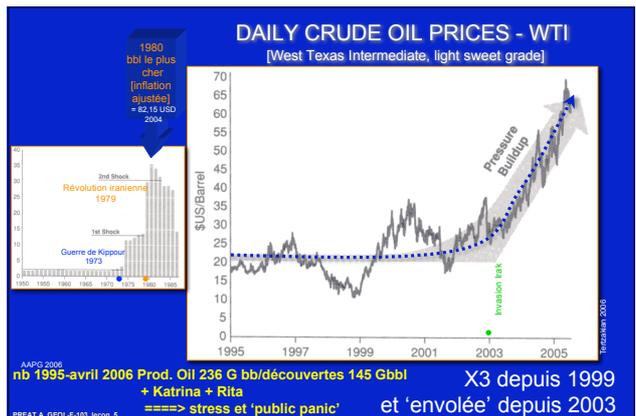
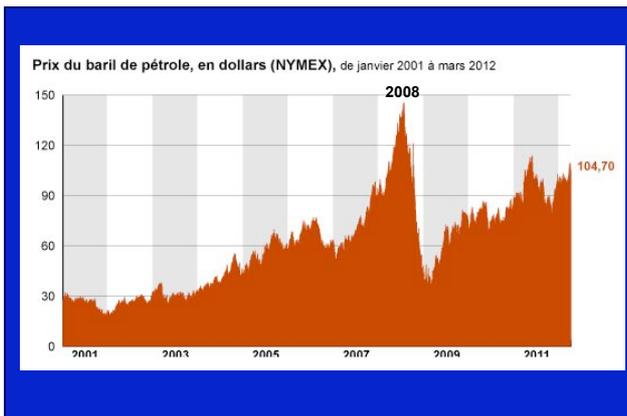
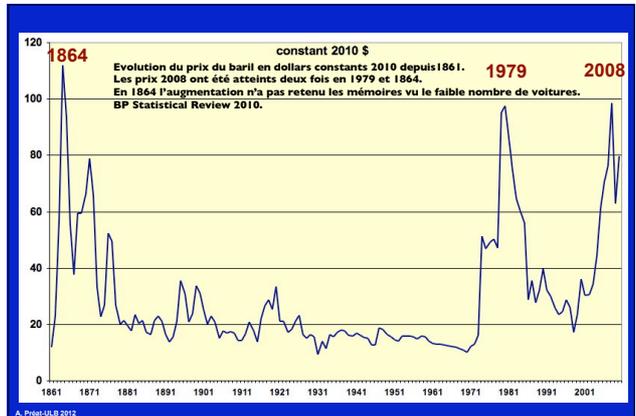
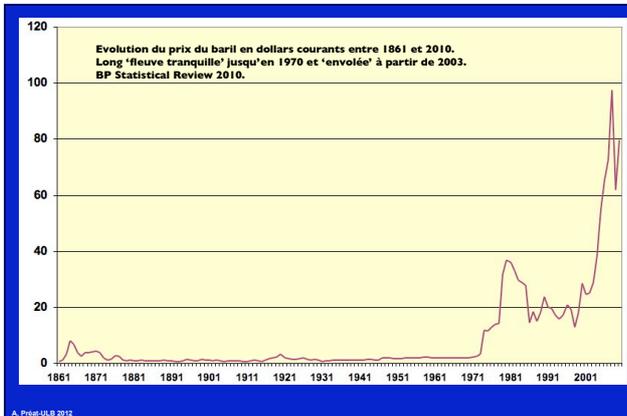
TEST1? La crise de 2008 s'accompagne d'une consommation mondiale de +1,4%
TEST2? 2009 et 2010: sortie de crise? et chômage ...

PREAT A. GEOL-F-103 Inconnu 5

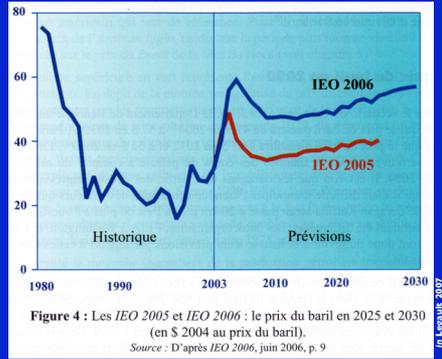
LE PRIX DU BARRIL...

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

PREAT A. GEOL-F-103 Inconnu 5

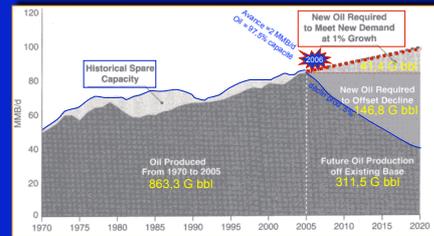


INTERNATIONAL ENERGY OUTLOOK (IEO)



PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5

LE DEFI DE L'APPROVISIONNEMENT MONDIAL DU PETROLE



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...!

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5

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 ==> PC

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

2004
US Dept of Energy reconnaît des réserves de 200 G bbl oil = seconde plus grande accumulation après Arabie S

2008
7600G bbl ultimes rés 11-12%, 50 ans s'écouleront
600 cles

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...

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5

http://www.anglo-persian.com/History/30years.html

2006 fin 90'	X5	60-65 \$	Prix moyen bbl [max 78,60 \$ 07/06]
		12 \$!	
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

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5

Oilbep-2004-2007

CLASSEMENT DES PAYS PAR LEUR POTENTIEL ENERGETIQUE

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 Kazakhstan	1,2	1,7	21,7	7,9	32,5
10 Arabie Saoud.	25,1*	5,7			30,8

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

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

Remerci: 2004
Source: BP, Rev. annuelle sur l'énergie et l'OCE

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.

PREAT A. GEOL-F-103 Inconn 5

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

PREAT A. GEOL-F-103 Inconn 5

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

PREAT A. GEOL-F-103 Inconn 5

SCENARIO PROBABLE A MOYEN TERME = XXI^{ème} siècle

- Optimiser la production dans les zones matures
 aujourd'hui : 70% prod. mondiale = champs mis en production il y a > 20ans (sismique 4-D, ré-entrées par drains hztaux)
- Champs marginaux et satellites situés à proximité des connus
 aujourd'hui : on profite des infrastructures existantes + gisements difficiles HP/HT
- Offshore profond et ultraprofond
 *profond = >500m, 30% prod. mondiale en 2004 avec 2000 puits, 30.10⁶km², 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?,
- Zones arctiques (polaires)
- Pétroles non conventionnels
 sables asphaltiques (bitume) et huiles extralourdes = oxydation bactérienne + schistes bitumineux = MO incomplètement transformée
 ==> taux de récupération 2004 = 8% ==> 725% en 2020
 ==> en 2004: différence prod. bbl Mer du N et huiles nc Orénoque = 3\$/bbl

PREAT A GEOL-F103 Iconn 5



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^{ème} position et première Cie privée)



A. Preat-JUL 2012

Les plus grandes compagnies de pétrole et de gaz

Company name	Revenu (US\$ million)	Company name	Revenu (US\$ million)
Exxon Mobil	486,255	THK	45,809
Royal Dutch Shell	486,489	Sinopec	44,808
BP	396,463	China National Petroleum	43,349
Saudi Aramco	311,000	ConocoPhillips	43,260
Chevron Corporation	245,821	Shell	43,231
ConocoPhillips	237,272	BP	38,886
Eni	201,580	Exxon Mobil	37,871
Gazprom	157,830	China National Petroleum	36,886
Eni	153,678	World Fuel Services	36,880
Petrobras	145,915	World Fuel Services	36,100
BP	128,078	World Fuel Services	36,080
Eni	125,244	World Fuel Services	35,823
Valero Energy	124,754	World Fuel Services	34,382
PDVSA	119,561	World Fuel Services	34,372
BP	119,358	World Fuel Services	33,872
Lukoil	114,433	World Fuel Services	31,789
National Iranian Oil	110,000	World Fuel Services	31,448
Petrobras	97,365	World Fuel Services	30,748
Indian Oil	86,016	World Fuel Services	29,827
Eni	81,122	World Fuel Services	29,302
PTT	79,860	World Fuel Services	29,205
Sonatrach	76,100	World Fuel Services	29,073
Reliance Industries	76,118	World Fuel Services	28,908
China National Offshore Oil	75,514	World Fuel Services	28,487
Marathon Petroleum	70,945	World Fuel Services	27,179
Petrobras	70,884	World Fuel Services	26,898
Rosneft	65,093	World Fuel Services	26,721
		World Fuel Services	25,680

>230 GSUS

Wikipedia 2015

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	Exxon Mobil	5,3	Exxon Mobil	407.666.00
5	Rosneft	4,6	BP	396.217.00
6	Royal Dutch Shell	4	Total	227.882.70
7	PetroChina	3,9	Chevron	220.356.00
8	Pemex (Mexique)	3,6	Gazprom	165.016.70
9	Chevron	3,5	ENI	154.108.70
10	Kuwait Petroleum Company	3,4	Petrobras	141.462.00
11	BP	3,1	Pemex	125.943.90
12	Total	2,6	PDVSA	120.979.00
13	Petrobras (Brésil)	2,5	Lukoil	119.118.00
14	Qatar Petroleum	2,4	GDF	118.551.30
15	ADNOC (Abu Dhabi)	2,4	Suez	117.079.30
16	Lukoil	2,3	Statoli (Norvège)	108.459.40
17	Iraqi Oil Ministry	2,22		
18	Sonatrach	2,19		
19	PDVSA (Venezuela)	2,1		
20	Statoli (Norvège)	2		

A. Preat-JUL 2012

Planète Energie/Total 2015

±100 Nocs ds le monde
Les 6 premières >50% des réserves de pétrole et 1/3 gaz

IOC supermajors (majors, indépendant or jobbers)

Chartes 2014

Réserves IP							T = 10 ¹²	
Country	NOC	Oil		Total	Prod 2010	R/P	Effective	Market cap
		Gbbbls	Tcf					
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	
Total		816	1876	1135	12	95	27,7	
Country	IOC	Oil		Total	Prod 2010	R/P	Market cap	
		Gbbbls	Tcf					
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	
Total		47	239	87	7	13	1	

PREAT A. GEOL-F103 leçon 5

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 €

2012 Total 15000 stations dans 130 pays bénéfice vente 1cent/litre = 1 milliard/an sur les 12 milliards de bénéfices 2012

Plumbe Energie/Fuel 2015

A. Preat-ULB 2012

1 - CARBURANT Son prix dépend des marchés internationaux
A : Marché du pétrole brut
B : Marché du pétrole raffiné
C : Fluctuations monétaires
Coûts du Brent en \$ par tonne
Cotations à Rotterdam en \$ par tonne
Un Euro faible implique un carburant plus cher

2 - BÉNÉFICE
1% 0.01 €/L
Résultat net du distributeur (avant impôt)

3 - FRAIS DE DISTRIBUTION
Coûts d'exploitation d'une station-service
Salaires, Entretien, Loyer
Frais de logistique
Coûts de réglementation

4 - TAXES
A : Constante TICPE, Ex-Ticpp
B : Fluctuante TVA 20%

±85Mbl/jour x ±100\$US = 8,5G \$US/jour
env. 3 à 4 trillions \$/an hors gaz/charbon ...

1bl = 159l =>x60% taxes

A. Preat-ULB 2012

2014 : valeur de la production du brut = 10 G \$US/j [±3500/an]
2012 : revenus OPEP (12 pays) : 1154 G \$US (1 à 2% PNB mondial)
2012 : gain le plus élevé = Arabie Saoudite, env. 1 G \$US/j

Cumul des gains pétroliers entre 1920 et 2013

En milliers de milliards de dollars (en)

Gains pétroliers (\$ de 2004)

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 1000 milliards de 'pétro'-dollars

Source : Ecomag.com

Finances et Patrimoine 2015

PREAT A. GEOL-F103 leçon 5

(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)



PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5



CONCLUSION

LE XXI^{ème} 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

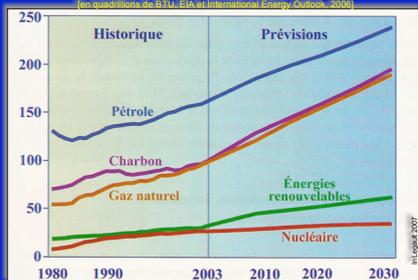


<http://www.peakoil.net>

PREAT A. GEOL-F-103 leçon 5

CONSOMMATION MONDIALE ENERGIE PRIMAIRE

(en quadrillions de BTU, EIA et International Energy Outlook, 2006)



AUJ. 2008

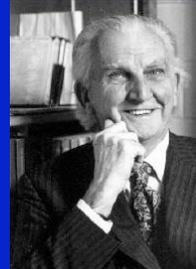
1. RETARD D'INVESTISSEMENT
[Raffinage...]
2. INSTABILITE Z. PRODUCTRICES
3. DEMANDE DURABLE
[Croissance soutenue pays émergents, Chine, Inde...]

+ 71 %
en
27 ans

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



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

PREAT A. GEOL-F-103 Slide 5