

Crisis Energètica: la fi del petroli barat s'apropa



Daniel Gómez Cañete
Editor de Crisis Energética
President de la Associació
per al Estudi dels
Recursos Energètics
(AEREN)

Ateneu Llibertari de Sants
Barcelona, 3 d'abril de 2006

Petroli i energia al SXXI

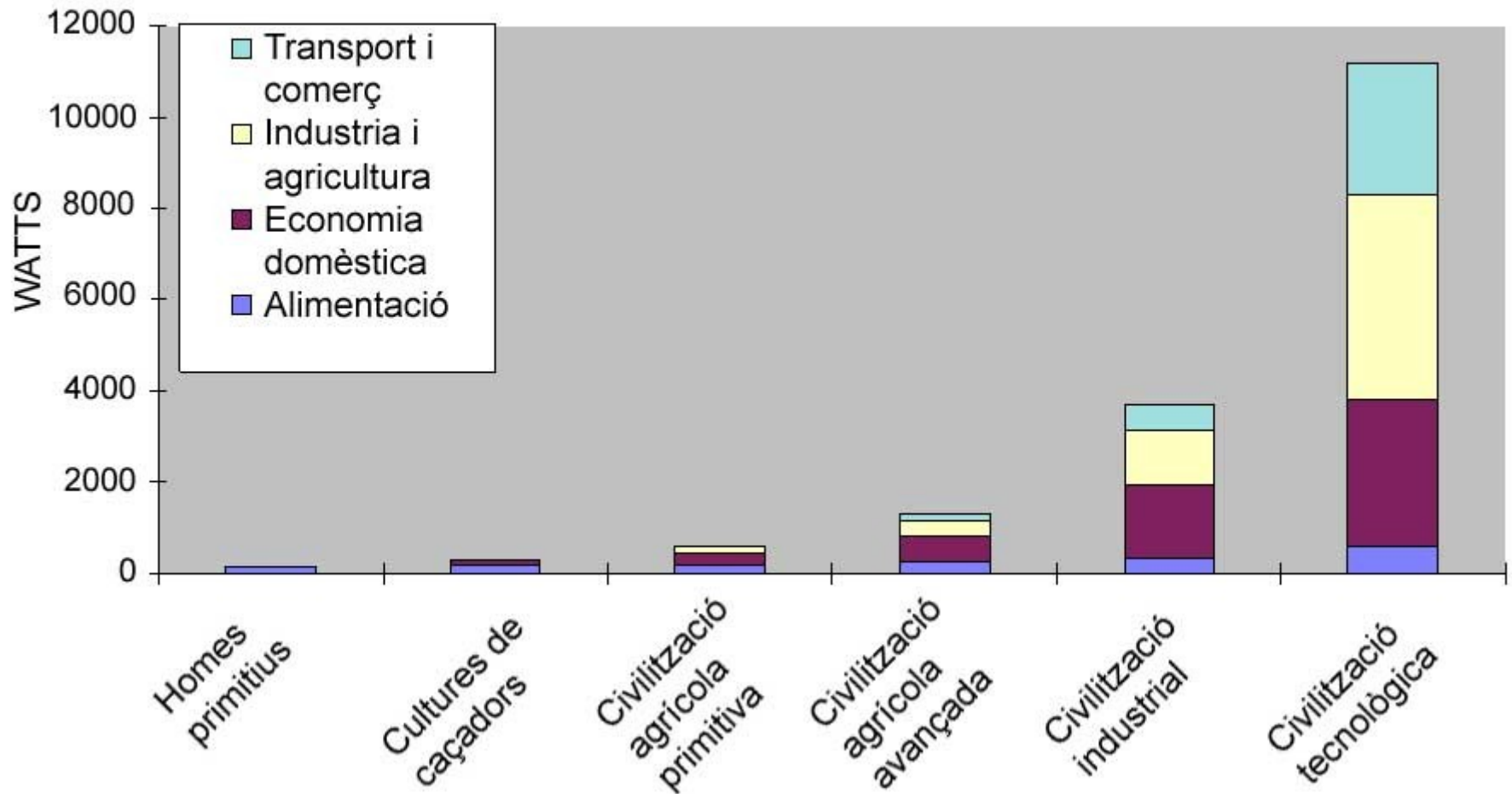
- Continguts de la xerrada:
 - La importància de la energia.
 - Previsions.
 - La realitat geològica del petroli.
 - Geopolítica del petroli.
 - Alternatives, escenaris futurs.

La importància de l'energia.



Usos de l'energia

EL COS HUMÀ ÉS UN SISTEMA DE 96 WATTS. L'HOME TECNOLÒGIC CONSUMEIX 100 VEGADES AQUESTA QUANTITAT.



Earl Cook: "The flow of Energy in an Industrial Society"
Scientific American. 9/1971. Pag 136

Creixement exponencial

Des de l'edat mitjana es fa servir el carbó per escalfar-se, fabricar cal, etc

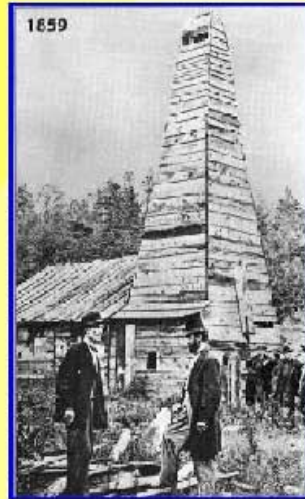


500 milions d'habitants
500 màquines de vapor a carbó.
Comença l'ús industrial dels combustibles fòssils.

Agricultura Tradicional

1800

475 milions d'habitants
Agricultura tradicional



Primer pou de petroli a Pensilvania
1859

2500 vaixells de vapor construïts en ferro
Representen 1/7 del tonatge total
1875



Es comença a fabricar el Ford T
1922

El número de tractors supera a les besties de càrrega.
“Revolució verda”
1947

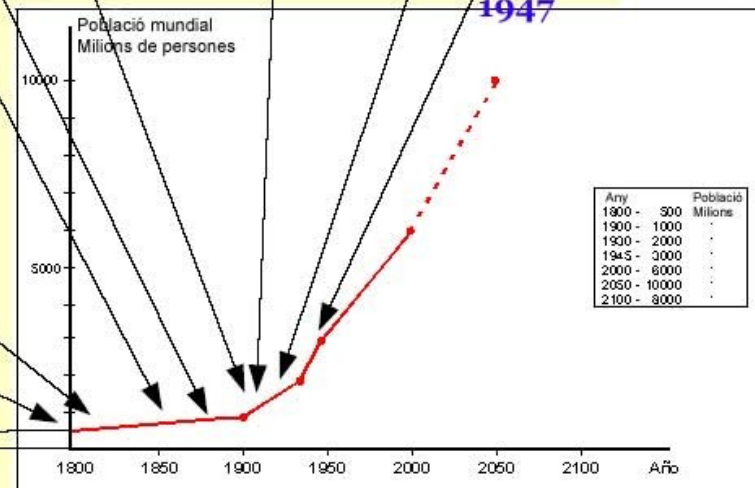


Primera línia de ferrocarril
Agricultura tradicional

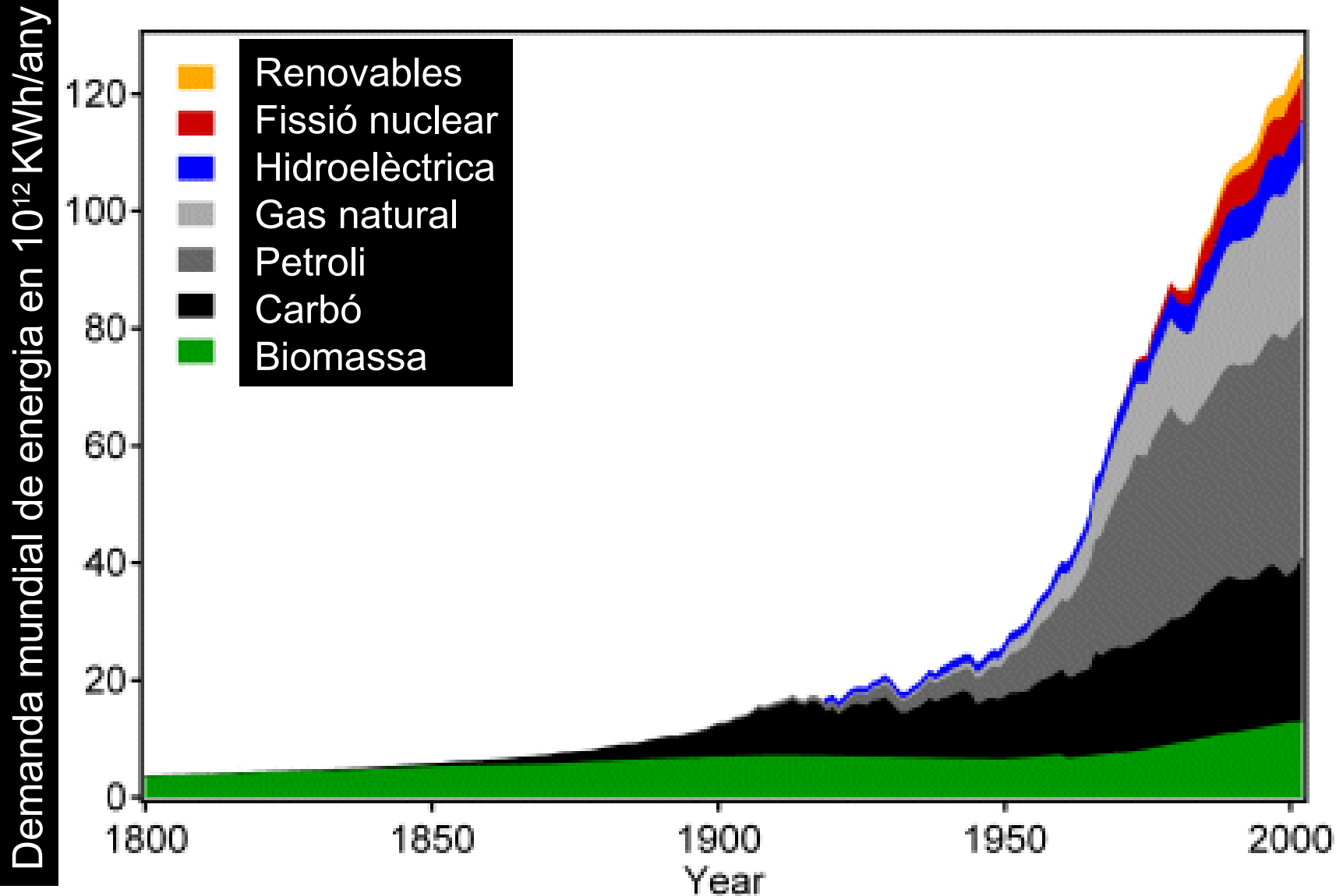
1925

Gran Bretanya substitueix el carbó pel petroli a la seva flota naval
1910

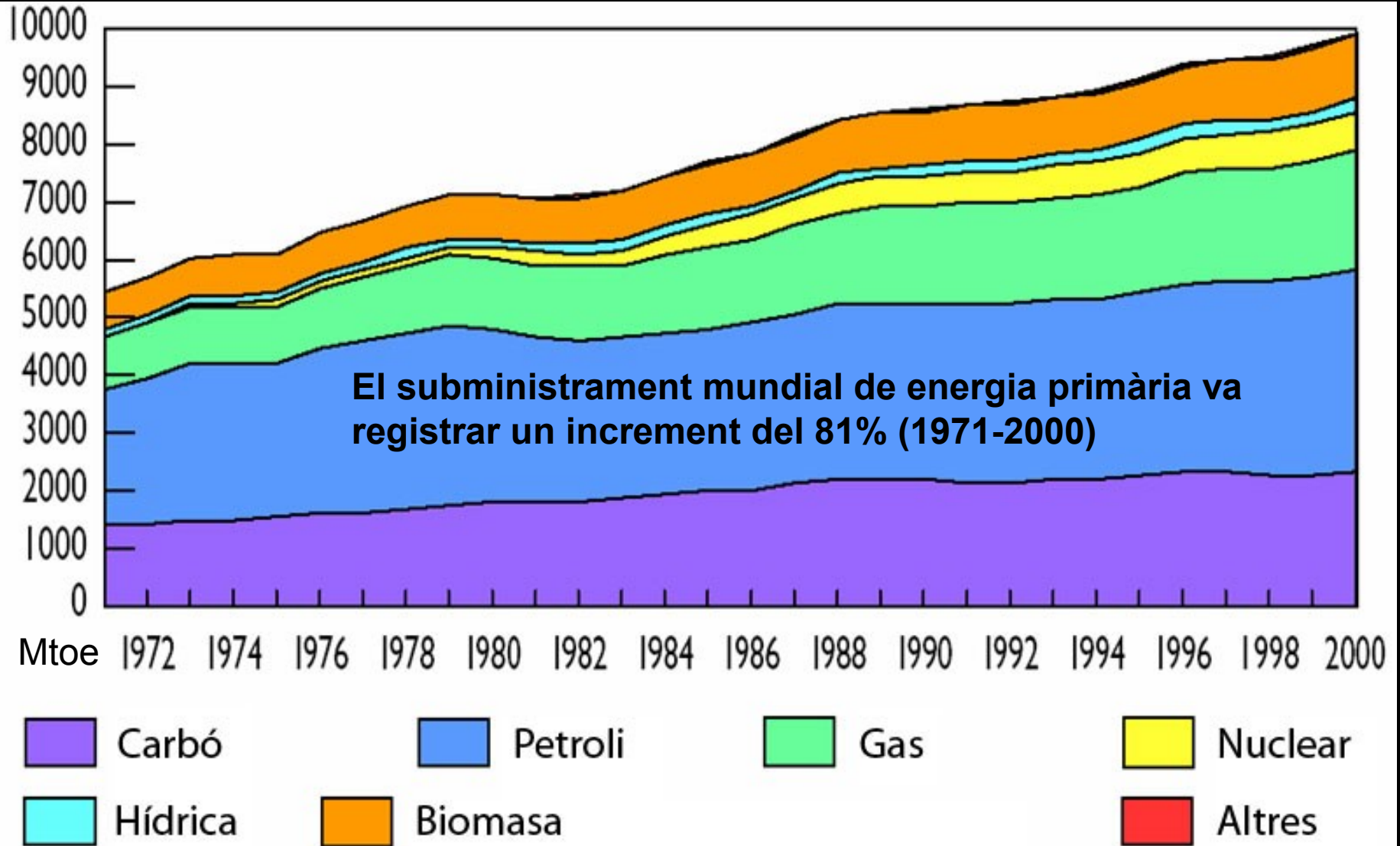
Comença la mecanització del camp
1918



Imparable ascens del consum

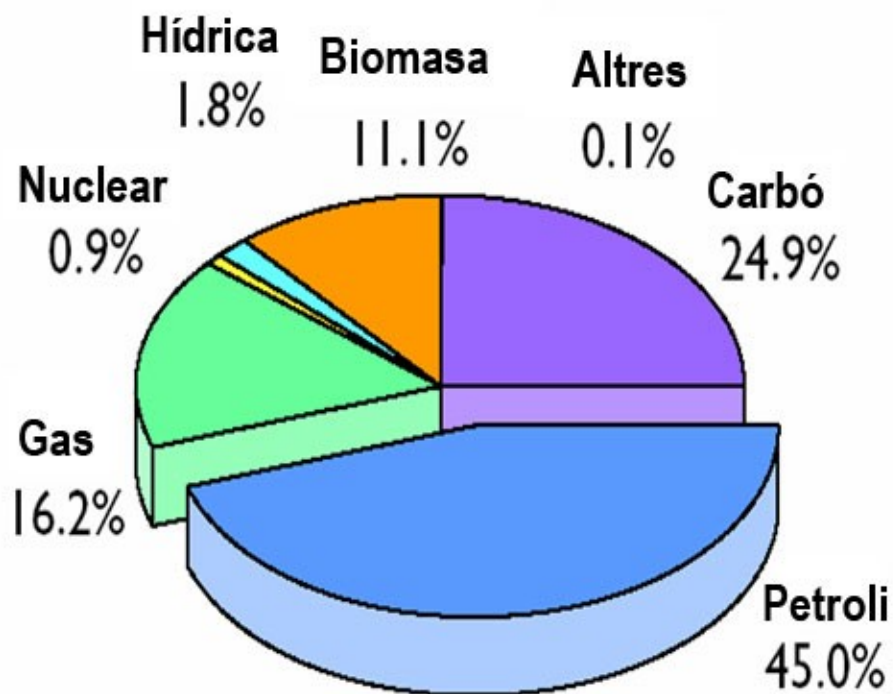


Una festa que dura tres dècades...



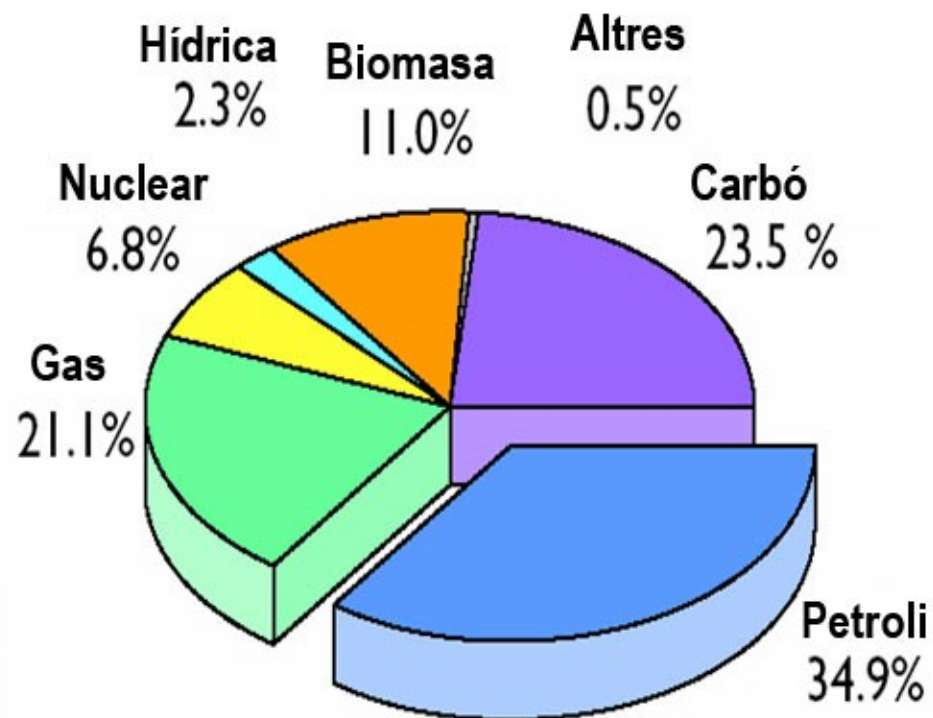
...a base d'hidrocarburs

1973



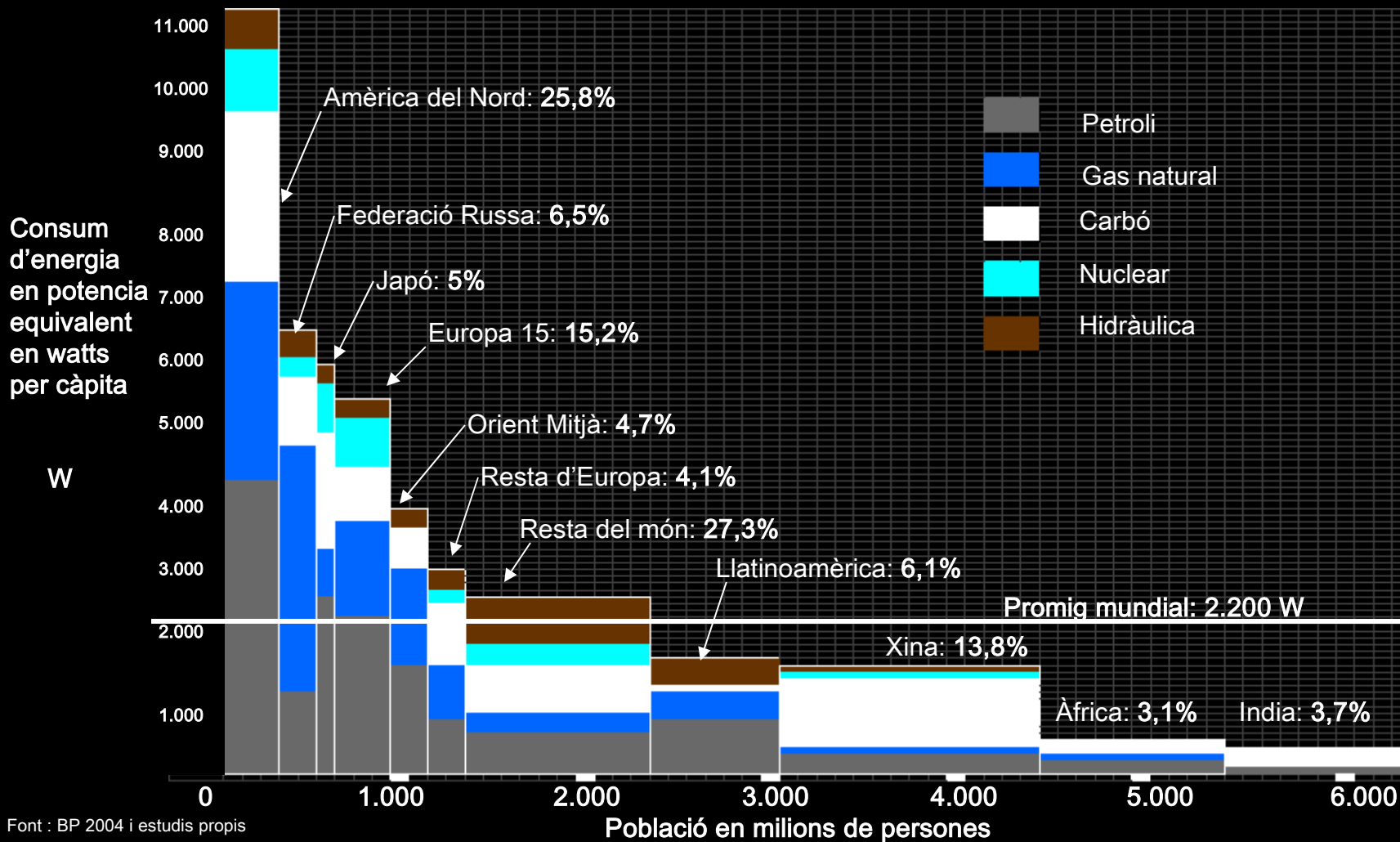
6 040 Mtoe

2000



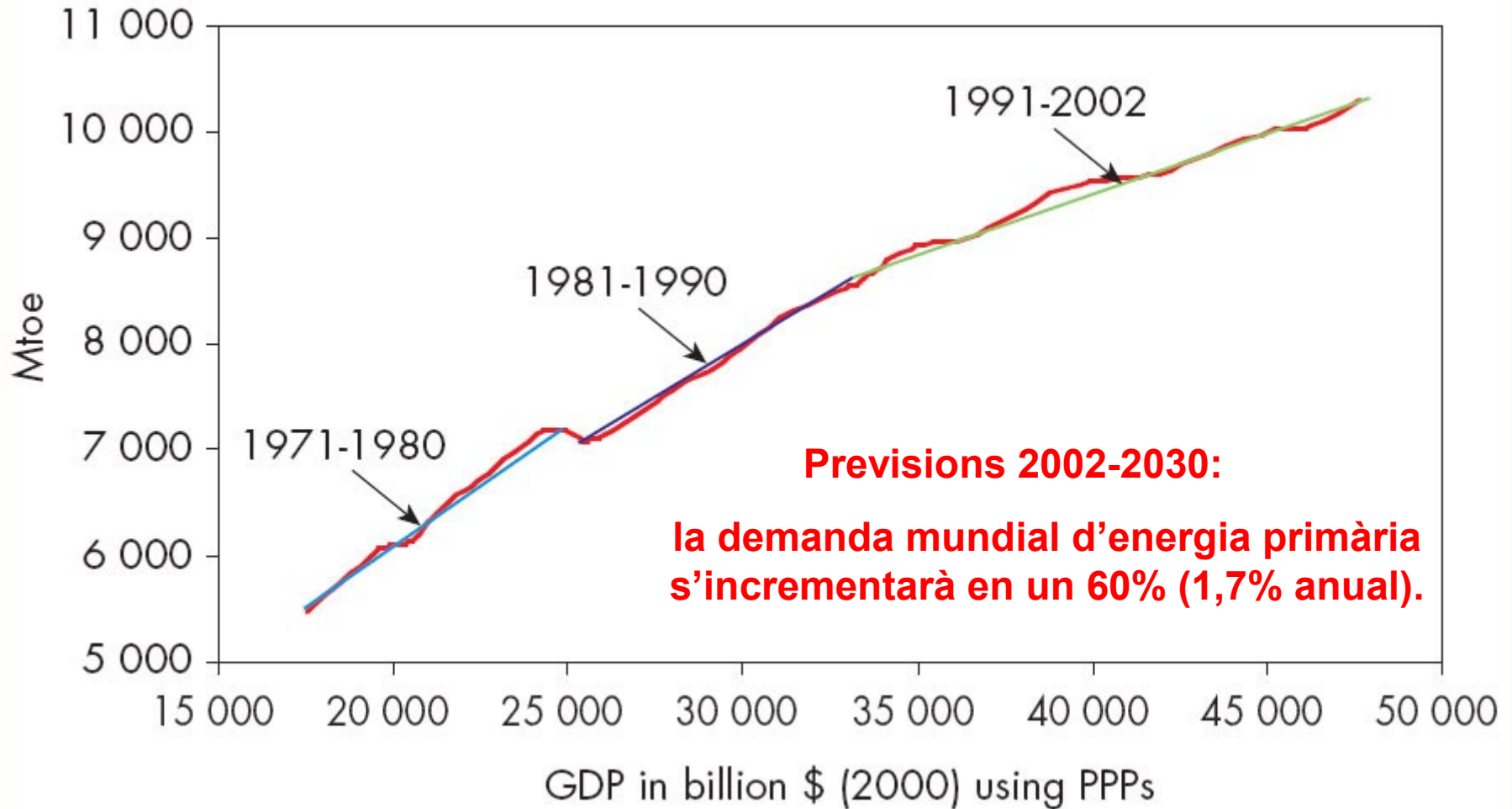
9 963 Mtoe

Desequilibri del consum energètic



Més creixement, més consum

Demanda d'energia primària mundial i PIB, 1971-2002



Previsions

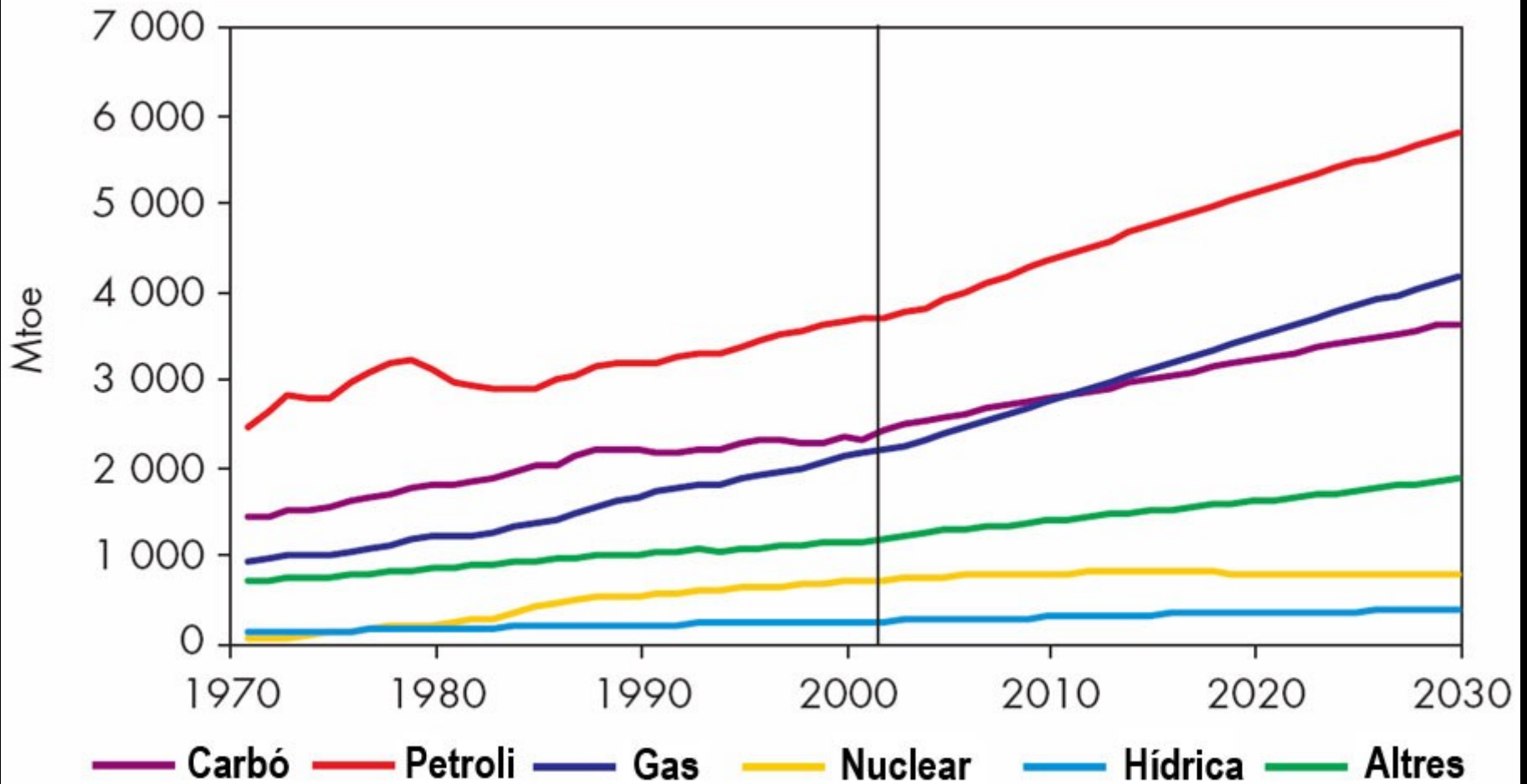


John William Waterhouse: Consulting the Oracle

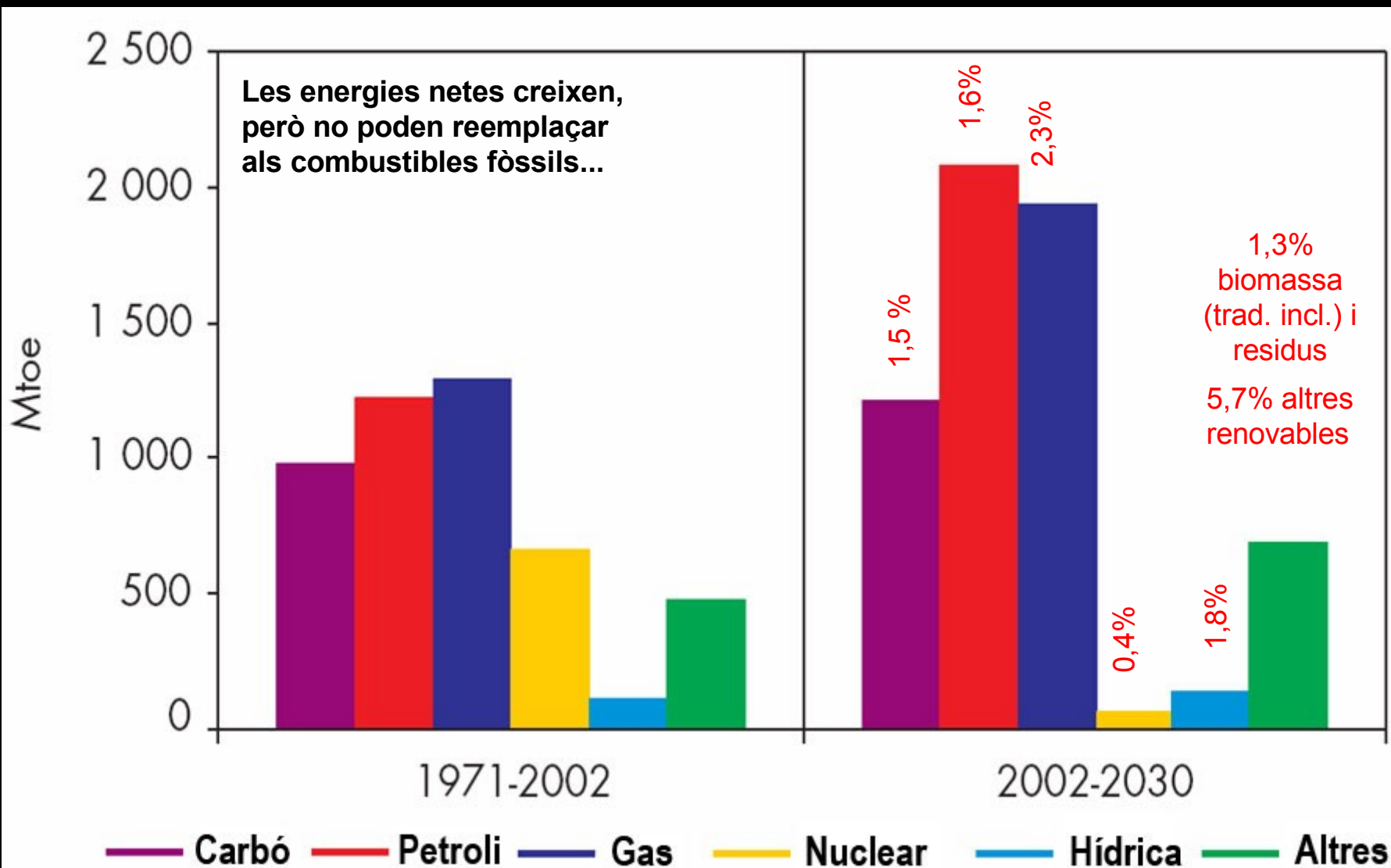
¿Què passarà demà?

- Totes les previsions coincideixen:
 - La demanda augmentarà (malgrat l'augment de la eficiència).
 - Seguirem depenent majoritàriament de la energia dels hidrocarburs.
- Principals obstacles:
 - Les majors reserves d'hidrocarburs es troben en zones conflictives.
 - El petroli serà més escàs, més difícil d'extreure i més car (i el mateix passa amb els altres combustibles fòssils).
 - Encara s'ha de resoldre la “pobresa energètica”.

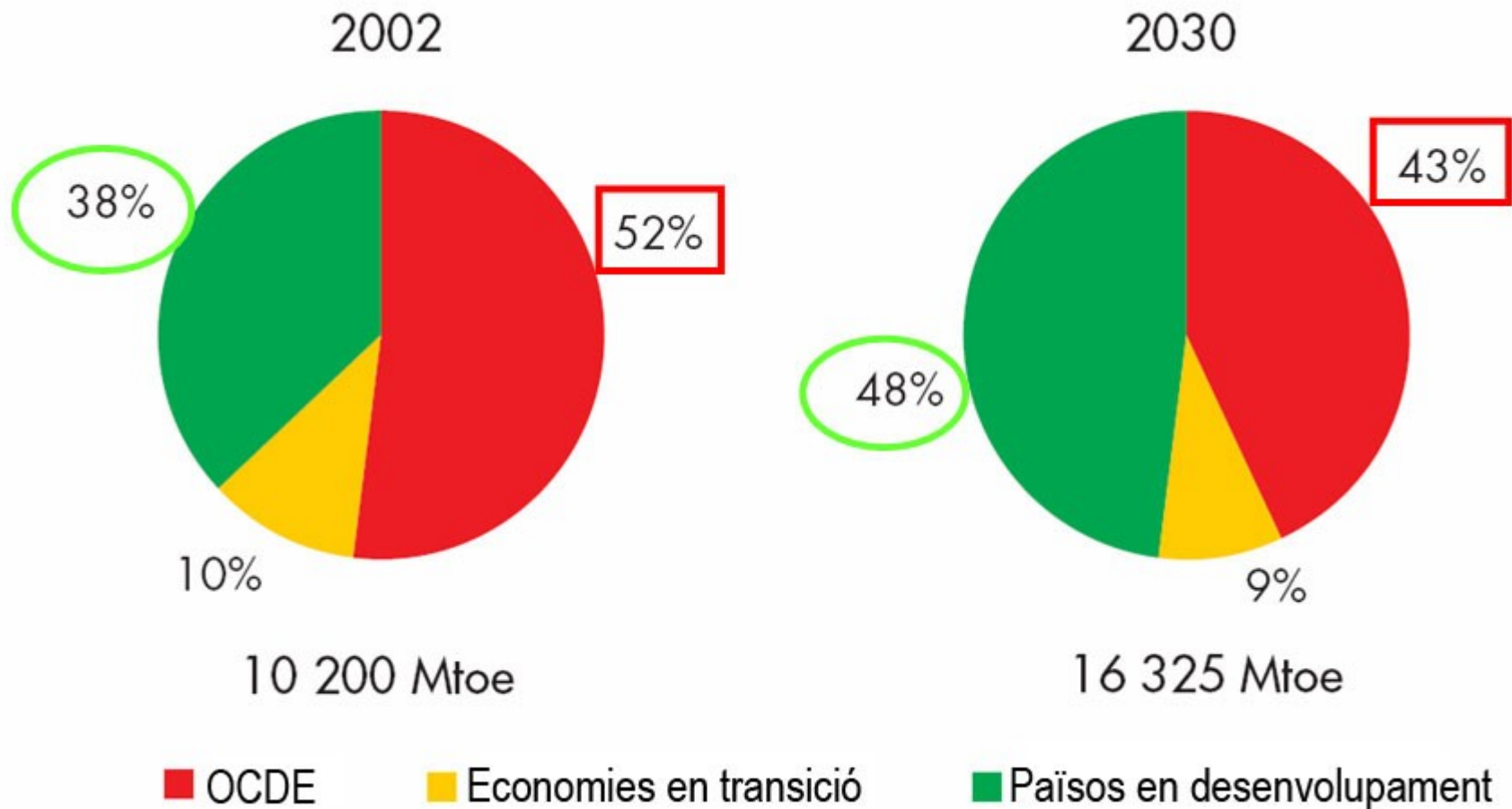
Proyecciones de demanda



Increment mitjà anual demanda x combustible

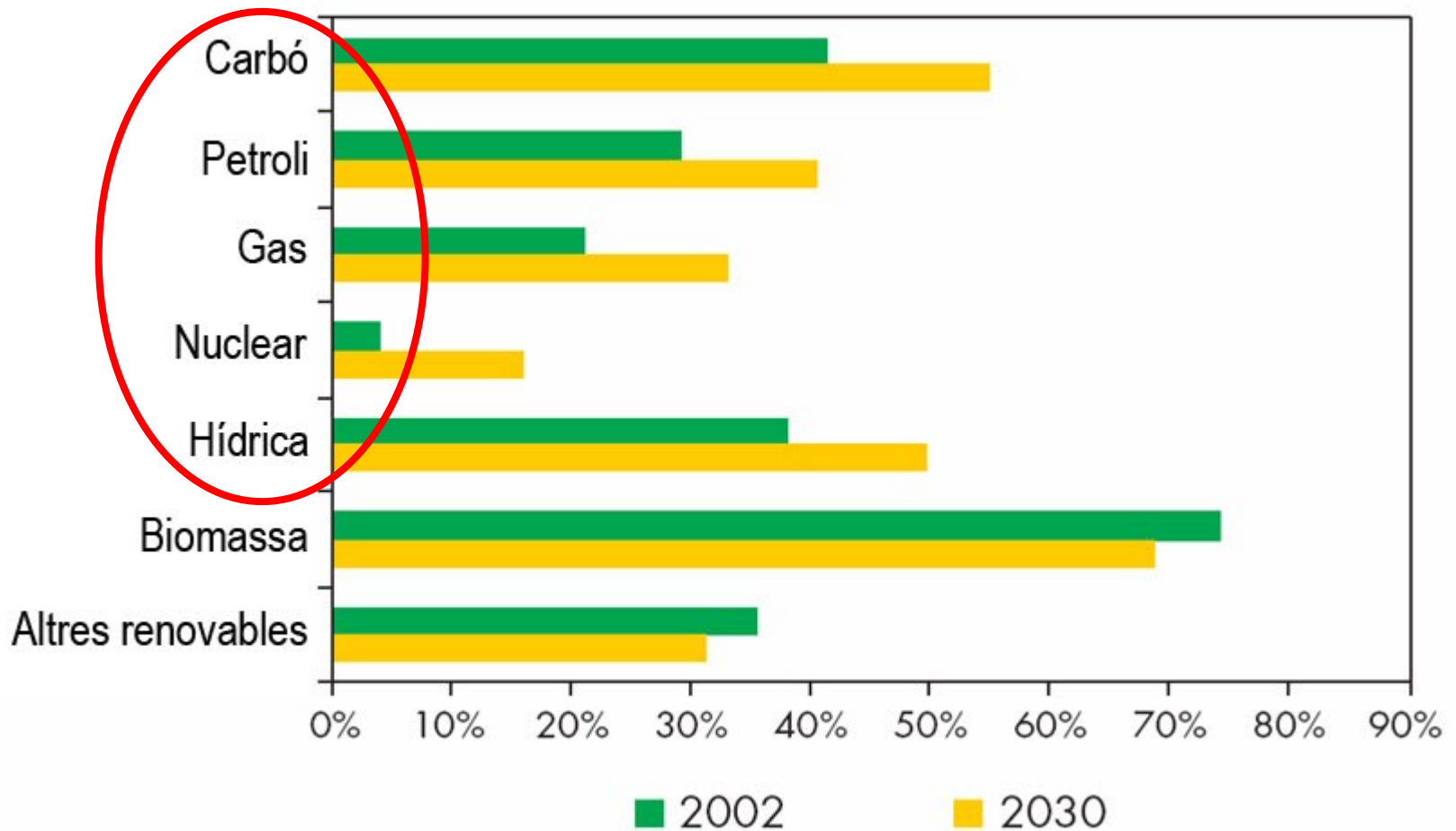


On creixerà el consum?

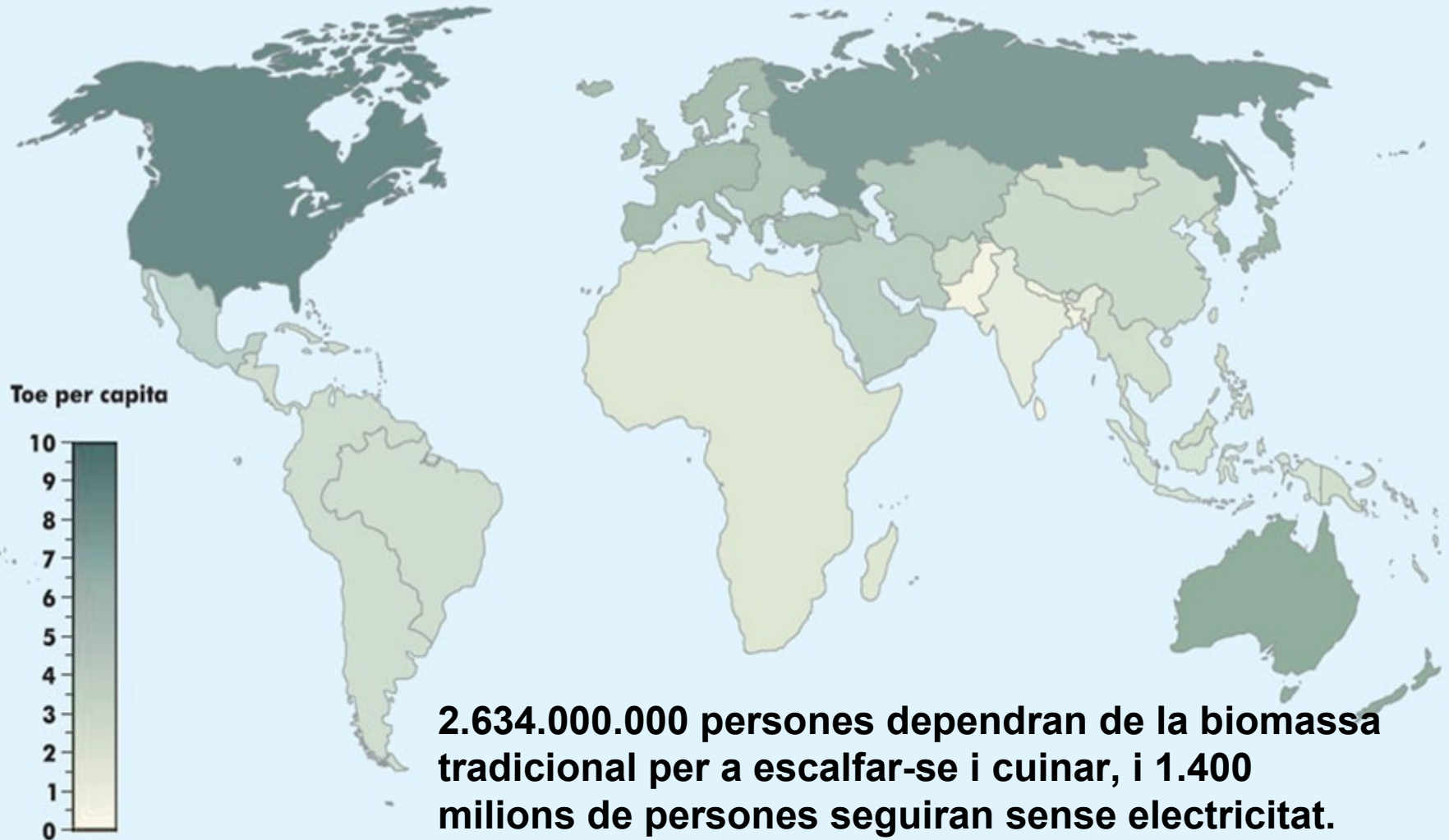


**El centre de gravetat del consum es desplaça.
Països en desenvolupament: 2/3 de l'increment...**

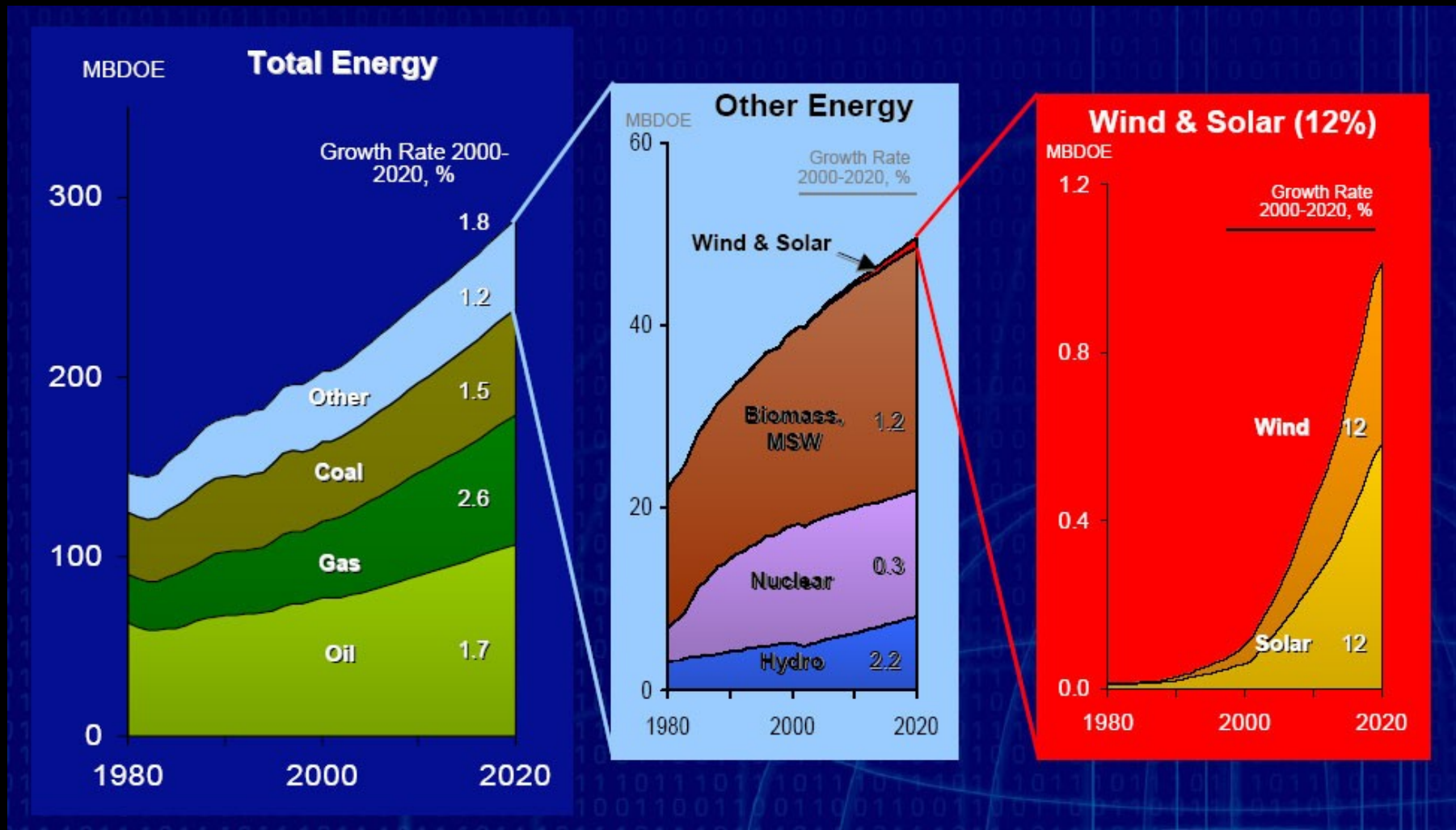
L'energia als països en desenvolupament



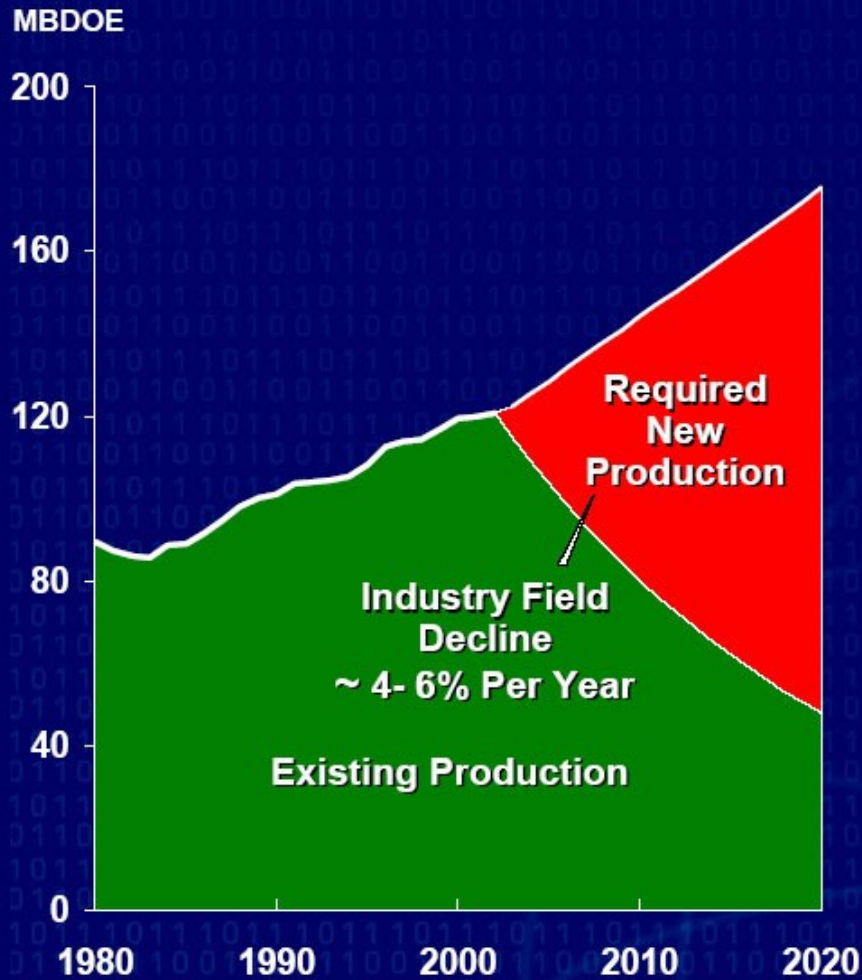
I malgrat aquest creixement, al 2030...



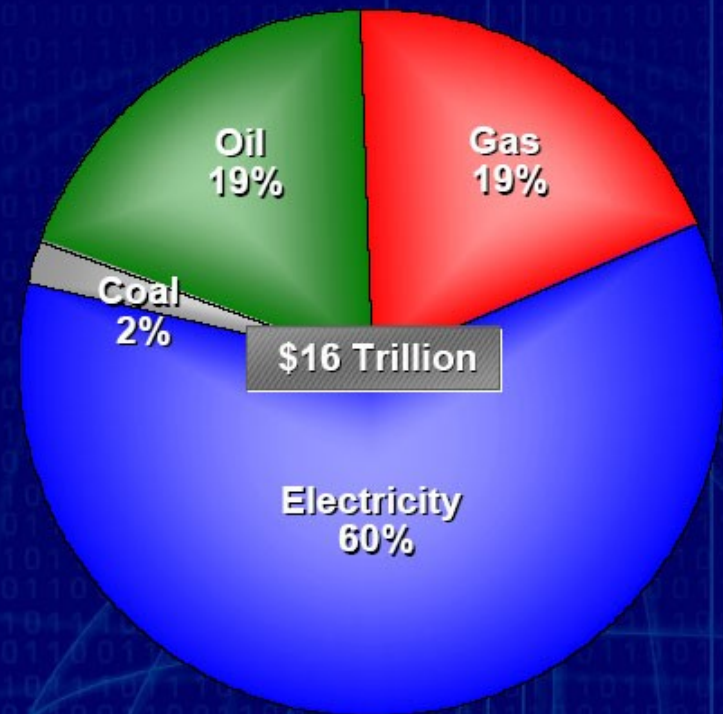
El còctel energètic 2000-20



Serà possibile si...

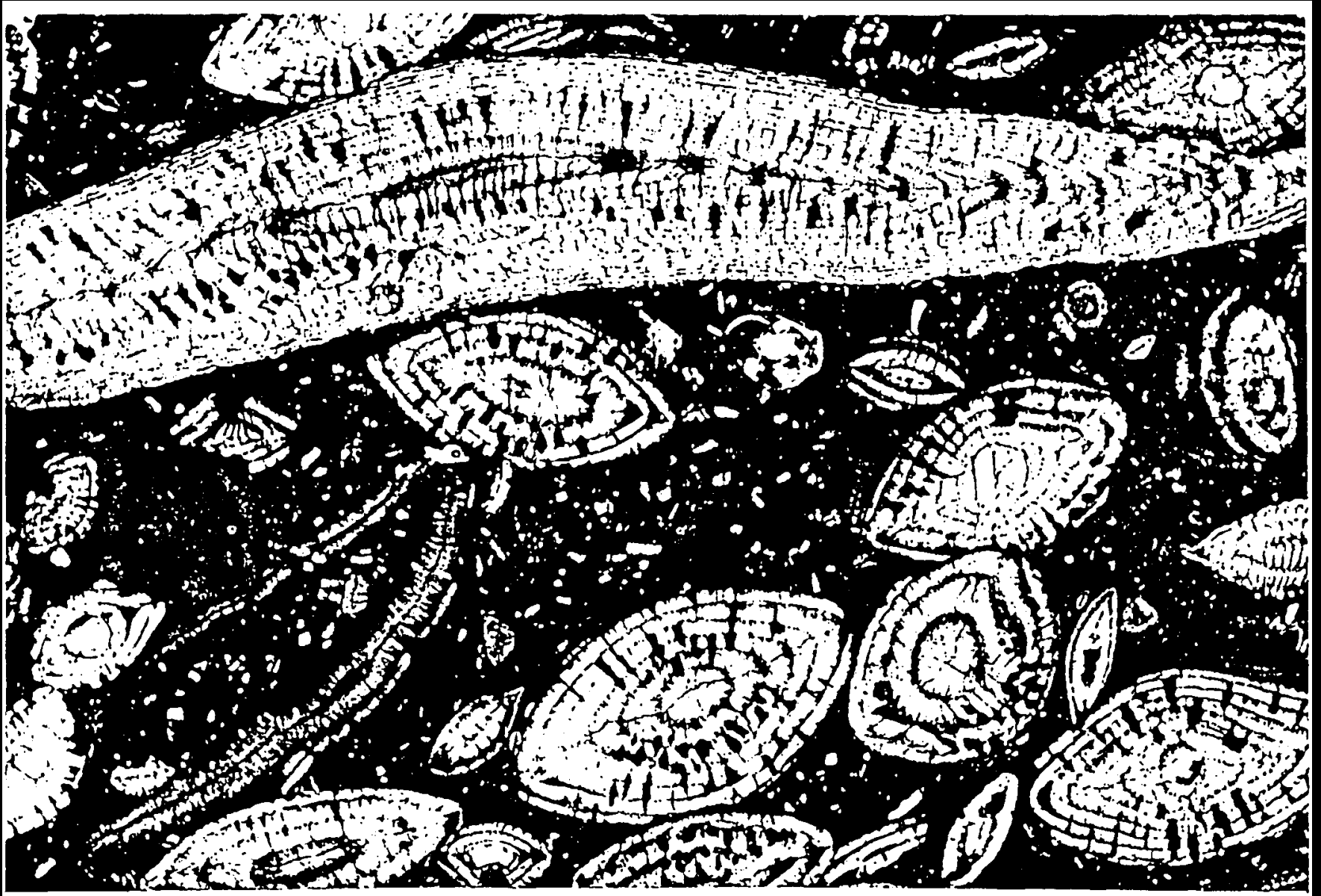


World Energy Investment, 2001-2030
\$530 Billion Per Year



(Source: IEA)

La realitat geològica del petroli.



Un recurs finit

- El petroli es finit, i s'està acabant des del dia que es va començar a extreure.
- La tecnologia de prospecció i extracció ha avançat molt, però això només pot endarrerir el que es inevitable.



Els problemes comencen al cim

- Mai arribarem a l'esgotament total.
- El problema es presenta al arribar al cim de la producció i quan aquesta no pugui satisfer la demanda.
- Encara que els límits econòmics de extracció no son fixos, els límits físics i termodinàmics sí ho son:

EE.UU.

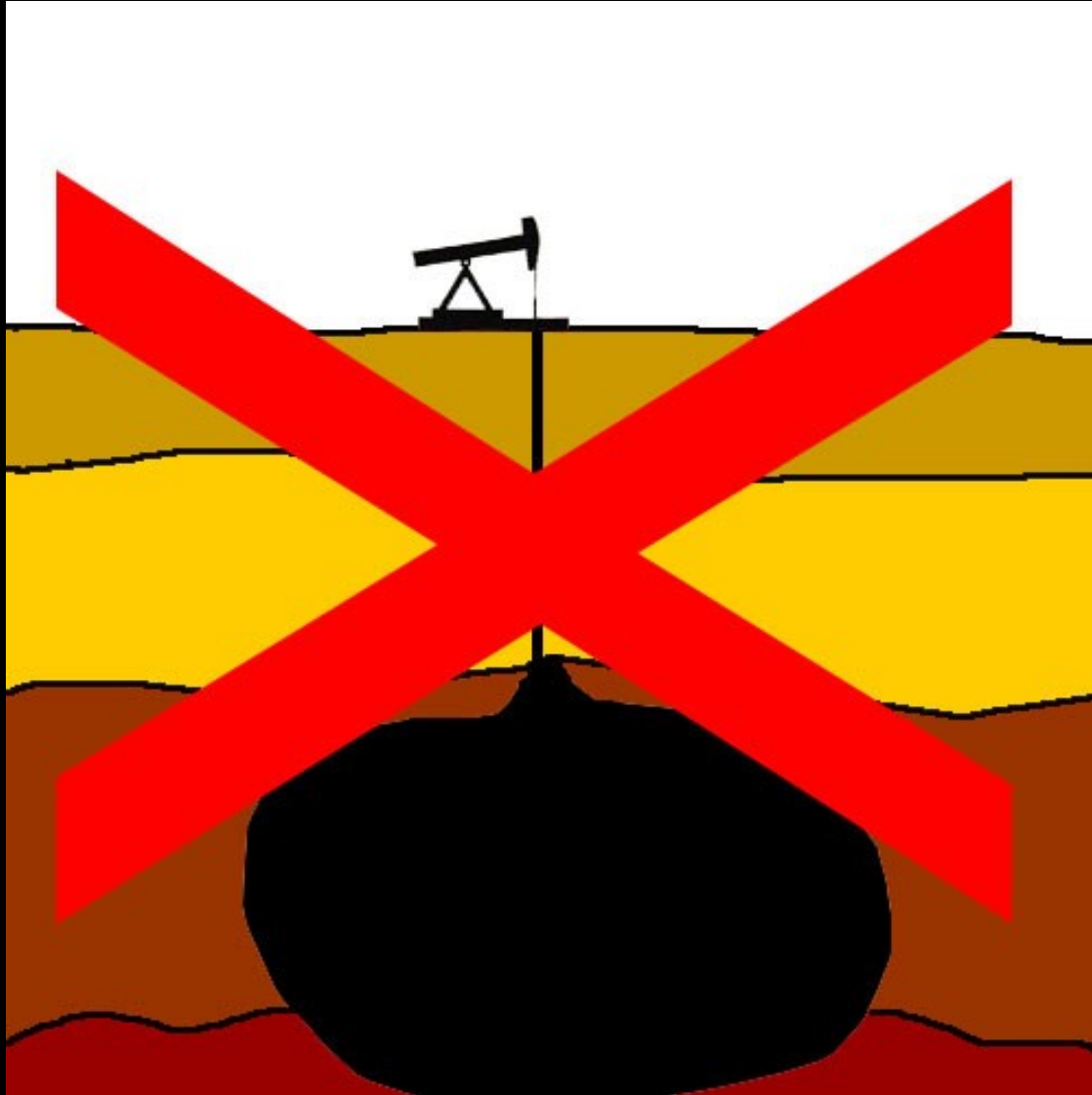
Cost ENERGÈTIC d'extracció d'un barril de petroli

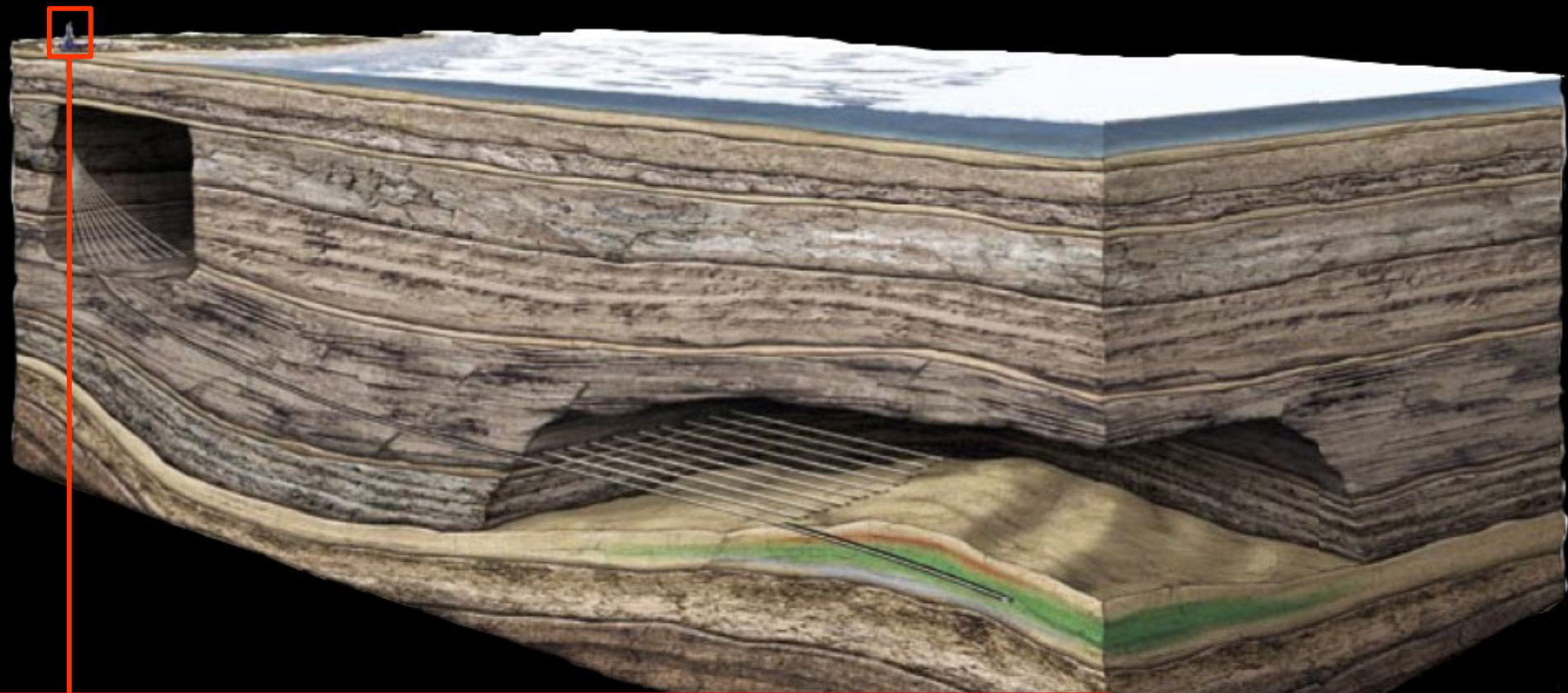
1950 1 barril extreia 50 barrils

2000 1 barril extreia 5 barrils

2005 1 barril extreu 1 barril (de mitjana)

Un jaciment no es como un llac subterrani de petroli.

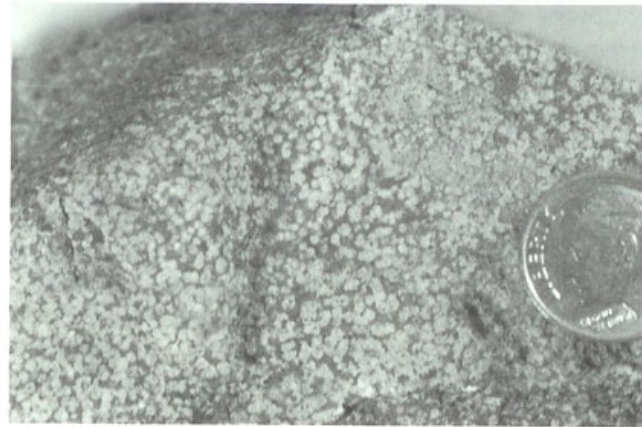




Explotació
petrolera a
Chayvo
(Rússia)

El petroli impregna la roca

De més porositat a.....menys porositat



Els il·lustres jubilats

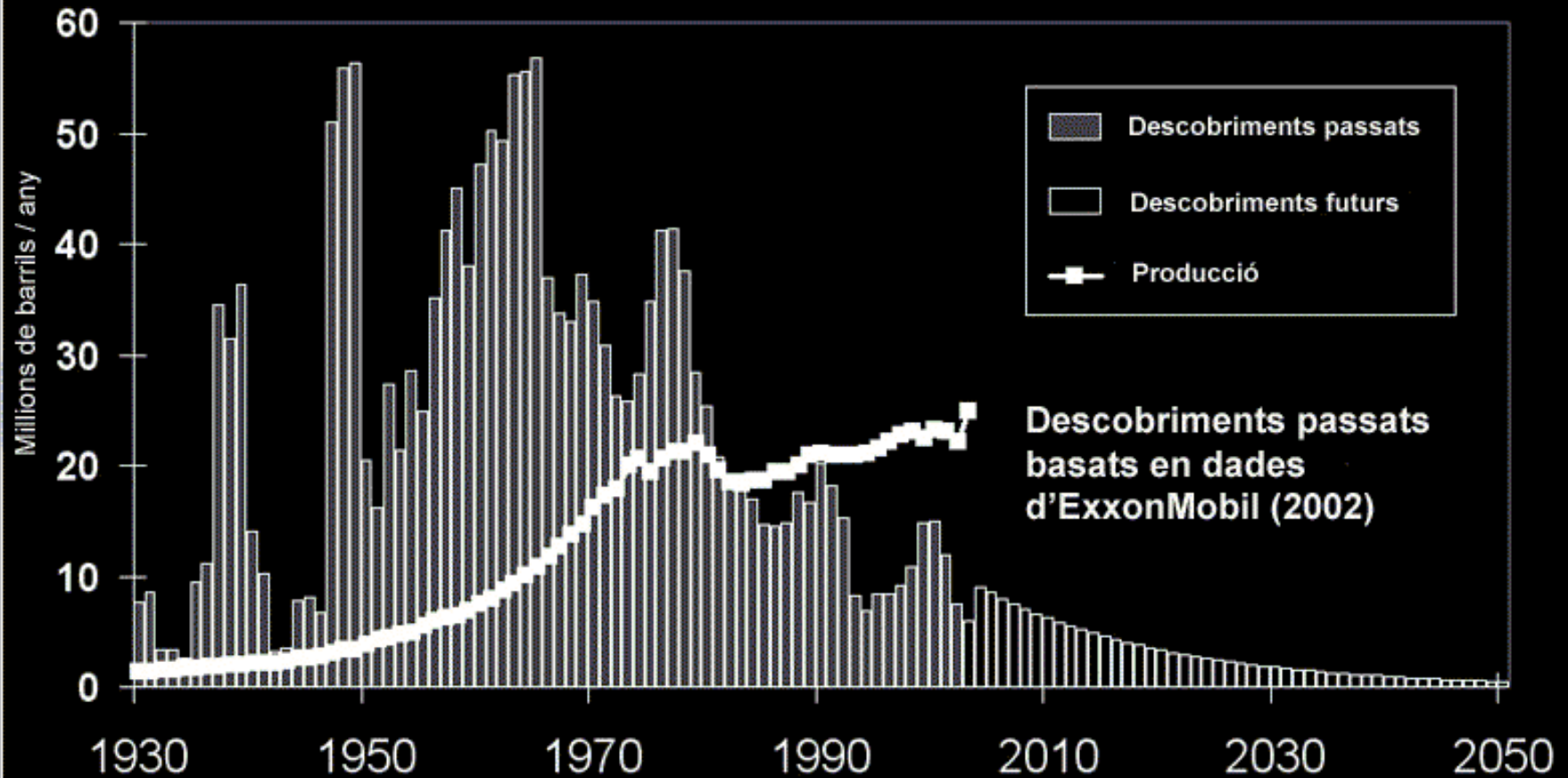


Entendre l'esgotament es simple. Pensa en un pub irlandès. El got comença ple i acaba buit. Només queden uns quants glops abans de tancar. Amb el petroli passa el mateix. Hem de trobar un bar abans de beure'ns el que conté.

Dr. Colin Campbell

El forat que creix

La creixent distància entre descobriments i producció



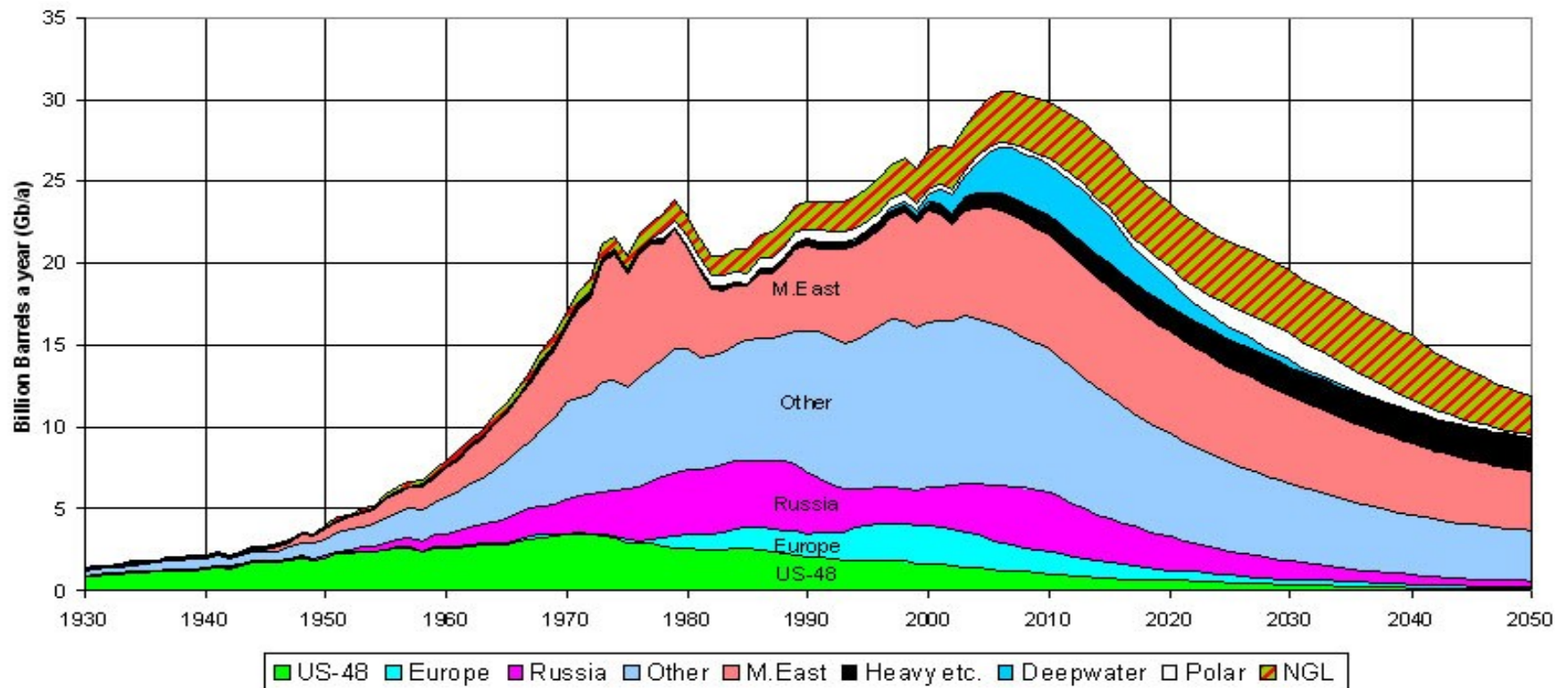
Descobriments passats basats en dades d'ExxonMobil (2002)

CONSUMIM 6 BARRILS PER CADA UN QUE DESCOBRIM

Font: ASPO 2004

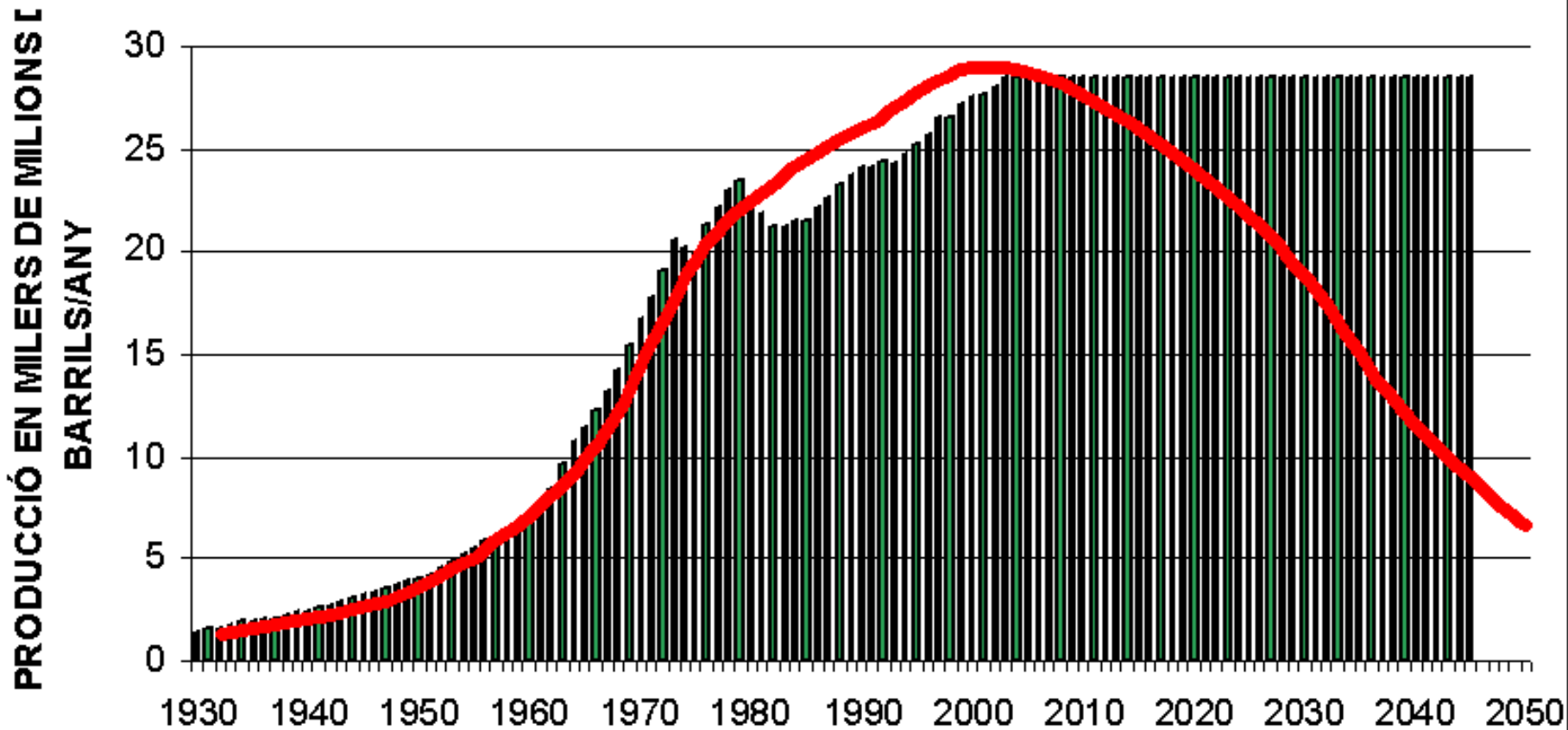
La corba de Hubbert (avui)

OIL AND GAS LIQUIDS
2004 Scenario



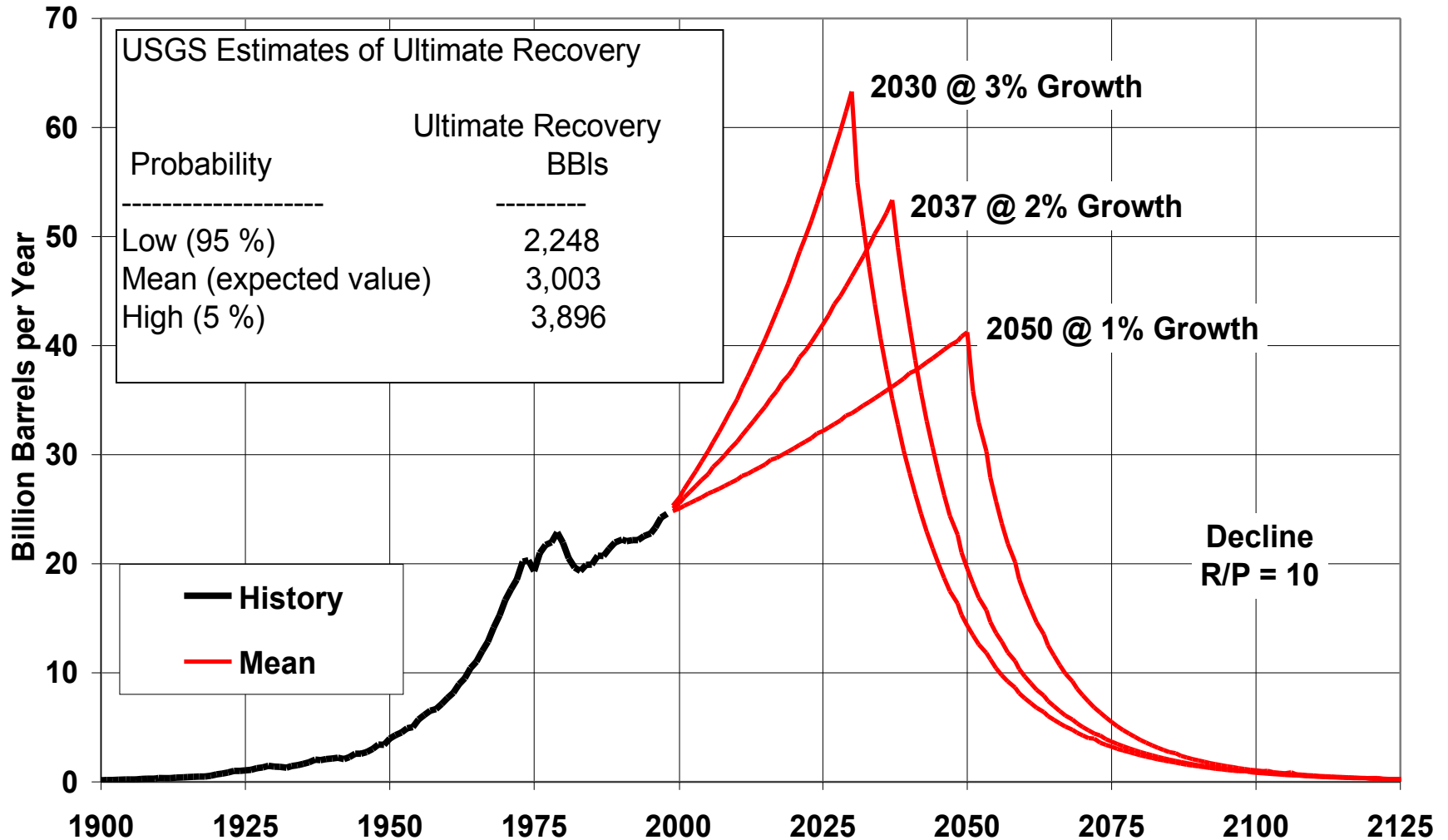
Què diuen els optimistes? (BP)

LA FALÀCIA DE LA PROPORCIÓ ENTRE RESERVES I PRODUCCIÓ



USGS

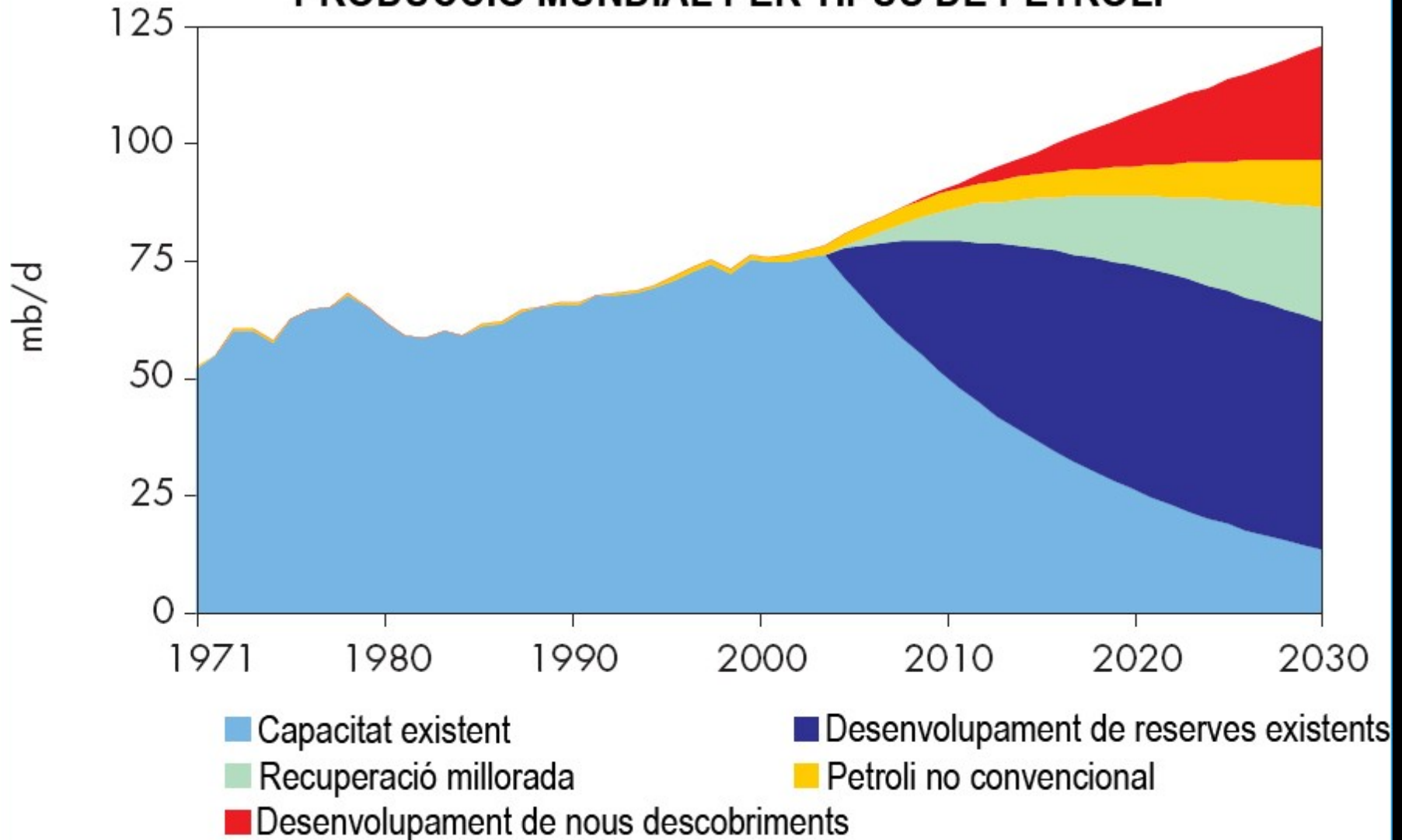
Annual Production Scenarios for the Mean Resource Estimate and Different Growth Rates (Decline R/P = 10)



Note: U.S. volumes were added to the USGS foreign volumes to obtain world totals.

AIE

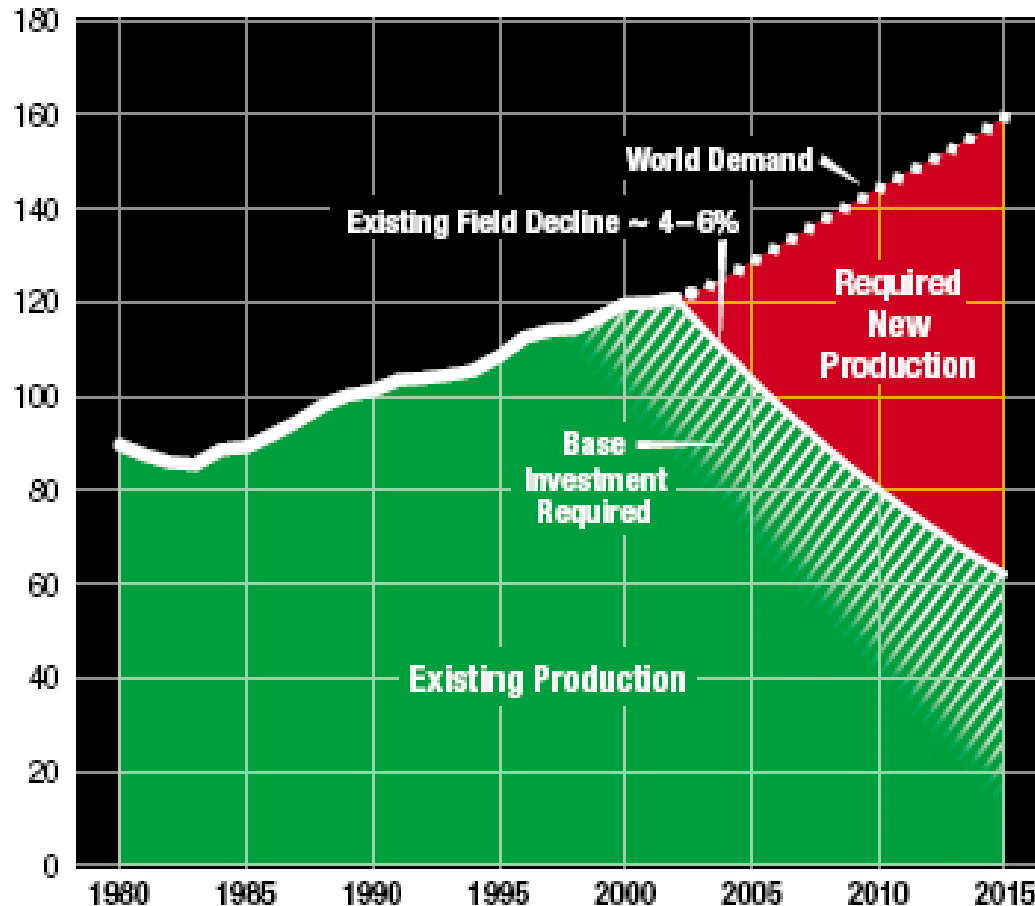
PRODUCCIÓ MUNDIAL PER TIPUS DE PETROLI



EXXONMOBIL

Supplying Oil and Gas Demand Will Require Major Investment

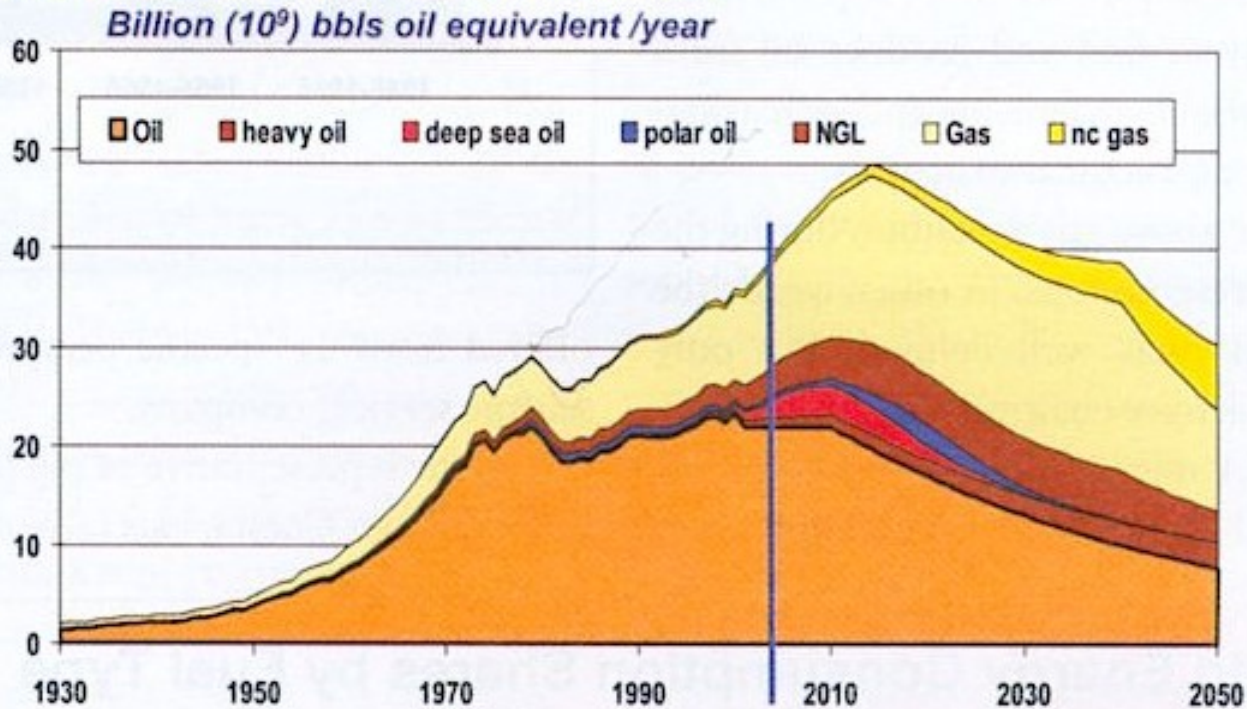
Millions of Barrels per Day of Oil Equivalent (MBOE)



REPSOL YPF

World Total Annual Oil & Gas Production 1930 to 2050(e)

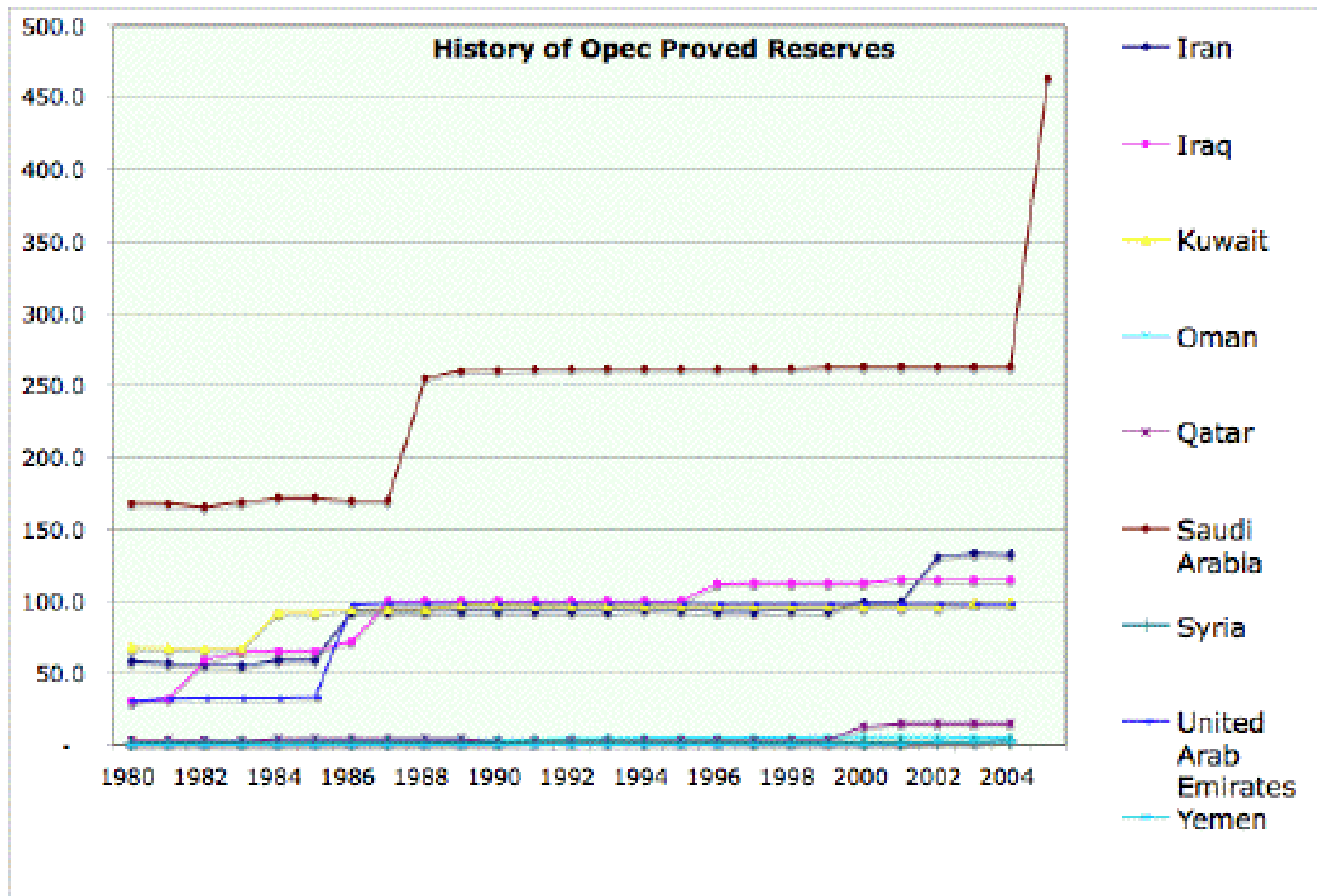
With today's traditional oil declining, future growth in production relies on non conventional oils, oil from difficult areas as deep waters or the Artic, and, significantly on higher gas production



Source: History: BP Statistical Review, BGR. Forecast: Petroconsultants, Petrodata, BGR, Petroleum Economist

June 13th 2005

Però, ¿quines reserves?



Ningú diu la veritat

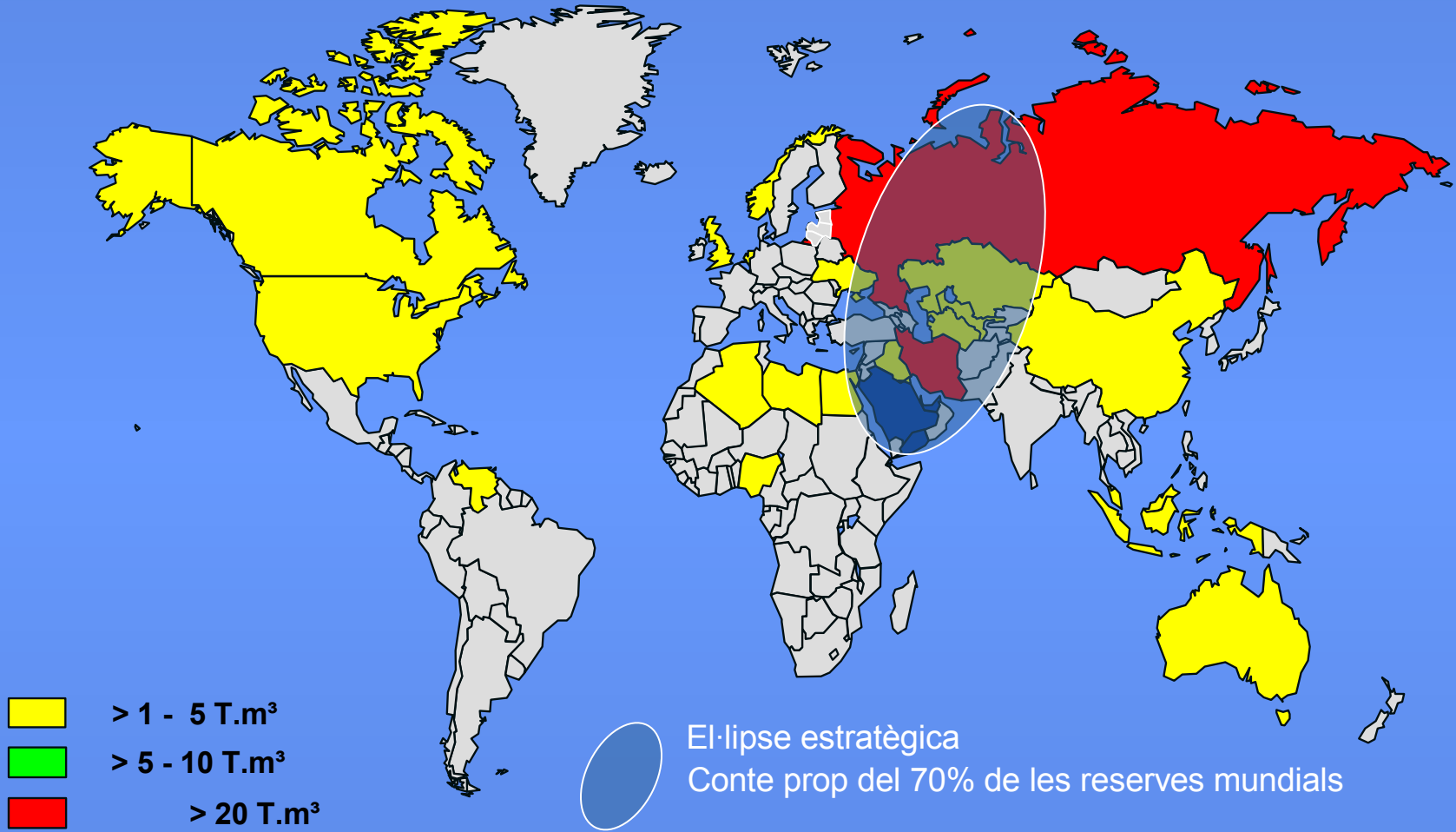
- Els països de la OPEP van doblar les seves reserves sense donar més explicacions (quotes).
 - Els petro-estats volen mantenir la seva influència.
- Les companyies petrolíferes busquen maquillar els seus resultats.
 - Shell ha rebaixat en un 20% les seves reserves.
 - Repsol les ha rebaixat en un 25%

Geopolítica del petroli.

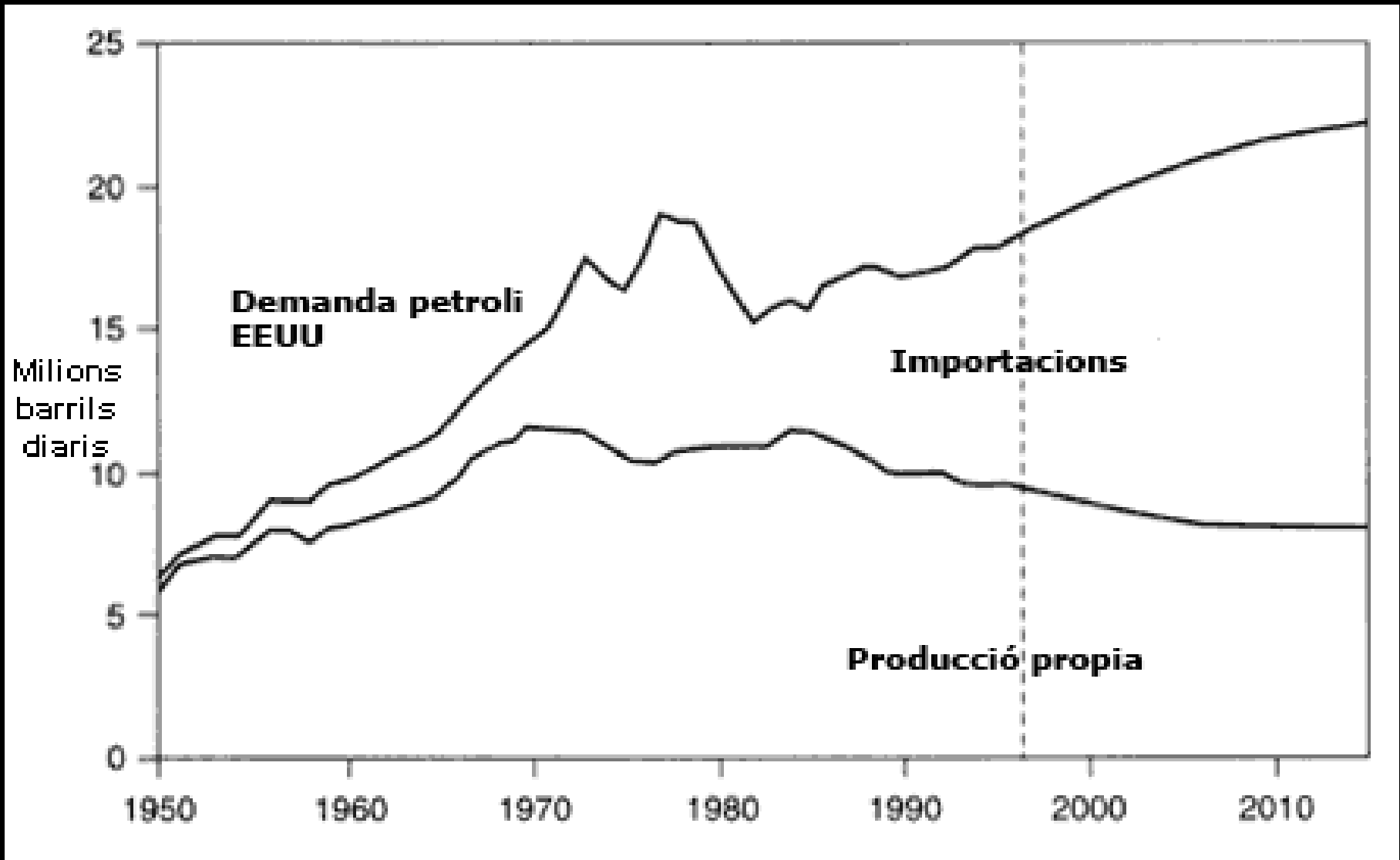


¿On és el petroli?

Països amb reserves $> 10^{12}$ metres cúbics

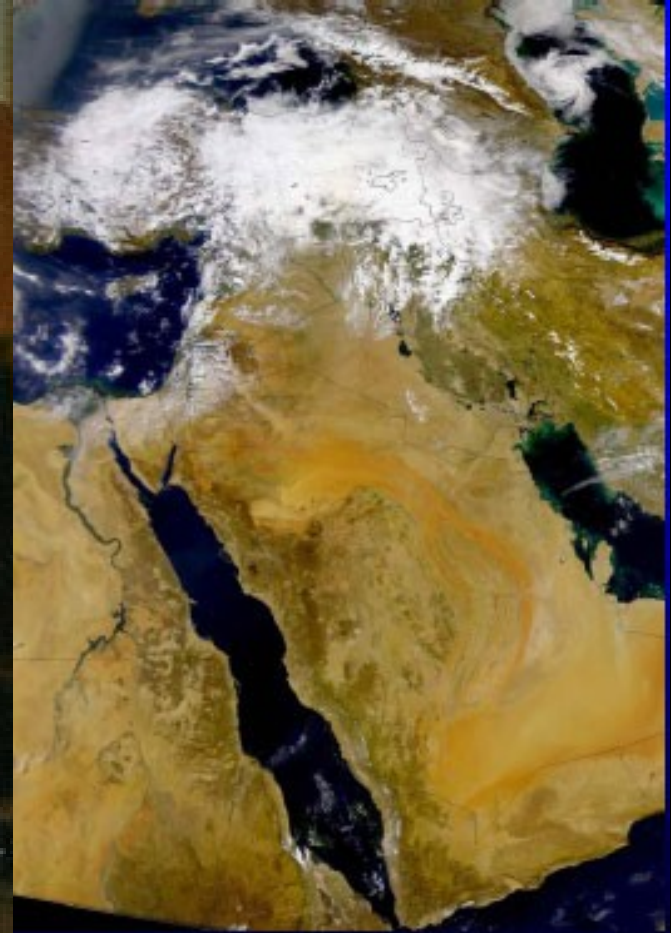


EE.UU.: el gran consumidor



“El premi”

*Mentre que moltes regions del món ofereixen grans oportunitats petrolíferes, Orient Mitjà, amb dos terços del petroli mundial amb els menors costos, és encara on el major premi resideix.
Dick Cheney, 1999*



La doctrina del petroli



14 de febrer de 1945, Franklin D. Roosevelt es va reunir amb el rei d'Aràbia Saudita, Ibn Saud, a bord del creuer «Quincy», arribant a un pacte secret. Es pot deduir que incloïa aquestes clàusules:

-L'estabilitat del regne saudita forma part dels interessos de seguretat dels EE.UU.



-Aràbia Saudita concedeix un tracte preferencial a les empreses dels EE.UU. en les explotacions petrolíferes.



-Compromisos sobre Palestina i Israel.



-Aràbia Saudita lliure de tropes d'EE.UU.



Irak: en el punt de mira



Conjunt de documents utilitzats a l'Energy Task Force de març de 2001:

- Mapa del petroli iraquiana
- Relació de contractistes estrangers de la indústria petrolífera a l'Irak.
- Relació de jaciments i projectes petrolífers a L'Àràbia Saudita i els Emirats Àrabs Units.

Múltiples fronts

- Orient Mitjà (conflictes)
- El Caucas (conflictes)
- Veneçuela (conflictes)
- Mèxic (demanda interna i esgotament)
- Colòmbia (conflictes)
- Nigèria (conflictes)
- Rússia (competència)
- Xina (competència, demanda interna)
- Canadà (¿es trencarà el NAFTA?)

Alternatives, escenarios futuros.



El concepte de renovabilitat



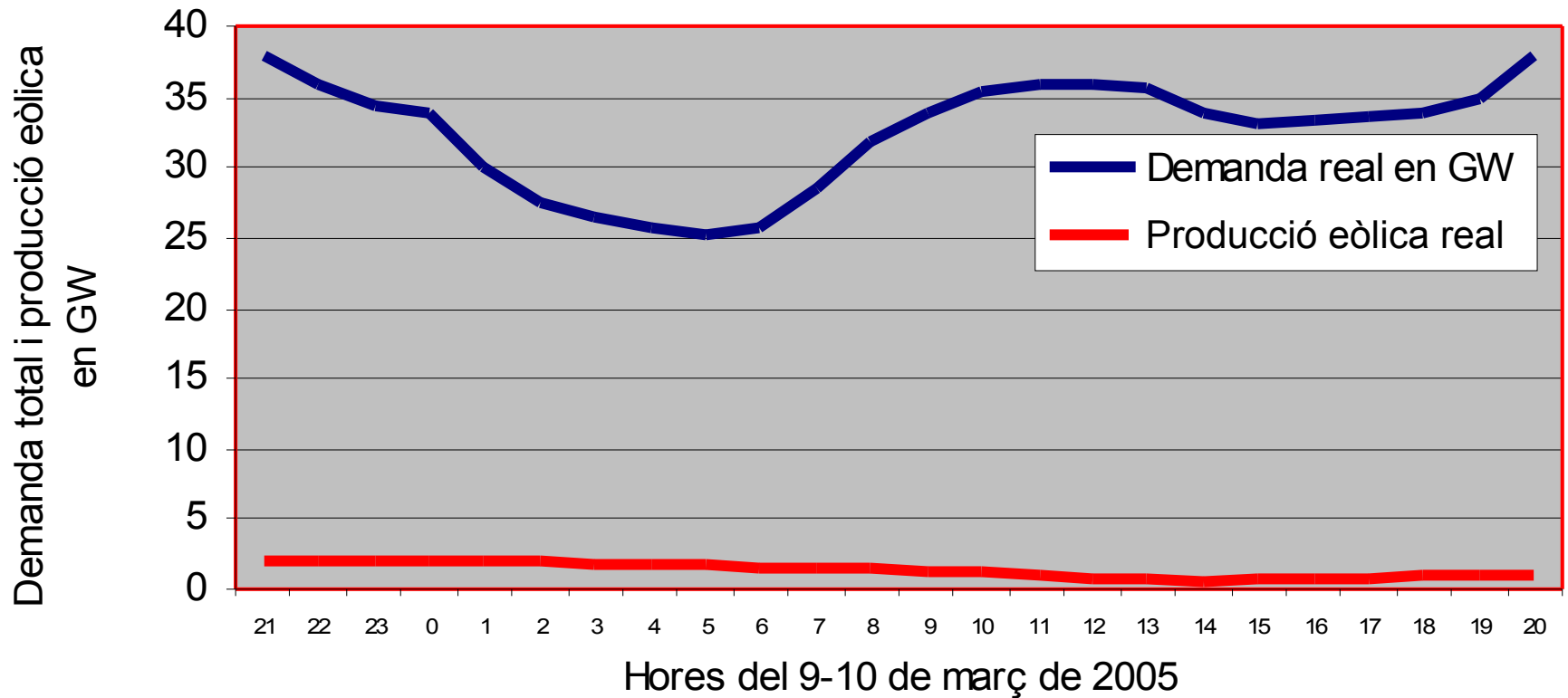
El sol i el vent són renovables;

Els mòduls fotovoltaics i els generadors eòlics, no ho són.



ENERGIA EÒLICA

DEMANDA ENERGÈTICA I GENERACIÓ EÓLICA A ESPAÑA



APROXIMACIÓ A L'ÚS MASIU DE LA ENERGIA EÒLICA A ESPANYA

**PROTOTIP
Nordex N90
2,3 MW
150 TN DE METALL
30 TN FIBRA VIDRE
1.000 TN CIMENT**



**UNA ESPANYA TOTALMENT EÒLICA EN ELECTRICITAT
EXIGIRIA 40.000 GENERADORS COM EL NORDEX N90**

I AMB GARANTIA DE SUBMINISTRAMENT, AL MENYS 100.000

AIXÒ EXIGIRIA:

- EL 70% DEL CONSUM ANUAL D'ACER ESPANYOL.**
- 2 VEGADES LA PRODUCCIÓ MUNDIAL DE FIBRA DE VIDRE**
- 2 VEGADES EL CONSUM ESPANYOL ANUAL DE CIMENT**

**SI S'HAGUÉS DE SUBSTITUIR A MÉS ALS FÒSSILS AMB
HIDRÒGEN ES NECESITARIEN 190.000 GENERADORS
ADICIONALS**

LA ESPANYA TOTALMENT EÒLICA (ENER. PRIM.) SUPOSARIA

- 2 VEGADES EL CONSUM ANUAL D'ACER**
- 5 VEGADES LA PRODUCCIÓ MUNDIAL DE FIBRA DE VIDRE**
- 6 VEGADES EL CONSUM ANUAL ESPANYOL DE CIMENT**

L'ENERGIA SOLAR: LIMITACIONS



CONSTRUIR UNA CÈL·LULA FOTOVOLTAICA COSTA MÉS ENERGIA QUE LA QUE ENTREGA EN TOTA LA SEVA VIDA ÚTIL (UNS 30 ANYS). ALTRES OPINAN DE FORMA DIFERENT.

- **L'ENERGIA PRIMÀRIA CONSUMIDA PELS HUMANS ES D'UNS 112.834.260 Gwh**
- **PER A GENERAR AQUESTA ENERGIA A PARTIR DE PANELLS FOTOVOLTAICS, S'HAURIA DE COBRIR LA MEITAT D'UN PAIS ASSOLEJAT COM ESPANYA O LA TOTALITAT D'UN PAIS COM ALEMANYA.**
- **LA HUMANITAT NOMÈS CONSUMEIX EL 10% DE L'ENERGIA PRIMÀRIA EN FORMA ELÈCTRIC, ENCARA QUE QUEMI EL 30% DE LA MATEIXA PER A PRODUIR-LA. LA RESTA DEL CONSUM ES NO ELÈCTRIC. PASSAR A UNA PRODUCCIÓ SOLAR MASIVA IMPLICARIA CANVIAR ENTRE EL 70 I EL 90% DE LA SOCIETAT INDUSTRIAL**

Fonts: Enciclopedia Britannica. Energía Solar, de Pedro Portillo. Ed. Pirámide y Environmental Accounting. Energy Analysis of Solar volatic Power Installation in Austin, Texas.. Annual Contributions and Requirements. Howard T. Odum, 1996

L'HIDROGEN I LES CÈL·LULES DE COMBUSTIBLE

**Aportació energètica
(fòssil, solar, eòlic)
100 unitats**

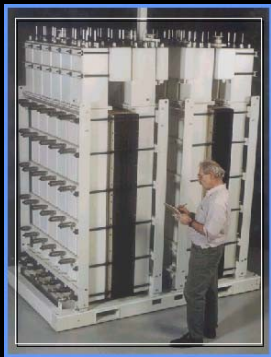
**Energia del hidrogen
produït: 80**

**Despesa de compressió: 20%,
de líquat: 40%**

Energia restant: 64 a 48

**Eficiència de la
cèl·lula de combustible: 65%**

**Energia restant
disponible:
41 a 32 unitats**



**PRODUCCIÓ
MASSIVA**

- Electròlisis
- Radiòlisis
- Oxidació parcial



**EMMAGATZEMATGE
MASSIU**

- Gas comprimit
- Gas líquat
- Cèl·lules de combustible



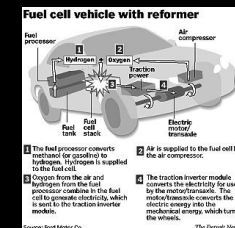
**DISTRIBUCIÓ
MASSIVA**

- Vaixells tanc
- Gasoductes
- Cisternes



CONSUM MASIU

- Motors d'hidrogen
- Cèl·lules de combustible
- Automòbils
- Avions
- Vaixells
- Maquinaria pesada
- Mineria
- Consum industrial
- Consum residencial



ENERGIA NUCLEAR

- El que diuen els “advocats nuclears”:
 - És possible satisfer les necessitats energètiques actuals i futures de la nostra civilització industrial construint suficients centrals nuclears, i sense contribuir a aquest efecte hivernacle. La transició d’energies fòssils a energia nuclear pot fer-se en bastant menys de 50 anys . **3.600 noves centrals nuclears proporcionarien només el 40% de la energia, duplicant la velocitat de construcció, trigaríem 60 anys en fer-les.**
 - Hi ha suficient combustible nuclear en la Terra com perquè pugui amortitzar-se aquesta transició (diguem que per a diversos segles), i la seva extracció pot realitzar-se sense generar CO2. **Hi ha urani per a 25 anys al ritme de consum actual. Els reactors de plutoni són molt tòxics i els *fast breeders* encara són experimentals. L’extracció d’urani es molt intensiva en emissions contaminants.**
 - La construcció i operació d’una central nuclear proporciona un saldo positiu d’energia al llarg del seu cicle de construcció, operació, desmantellament i tractament de residus. **Cal considerar tota l’energia consumida en la seva construcció, en el minat i processat d’urani, en el seu desmantellament i en la gestió de tots els seus residus.**
 - És possible construir aquestes centrals amb nivells de seguretat que evitin accidents greus, i resolent el problema dels residus de tal forma que el món segueixi sent habitable en el futur. **S’han de comptabilitzar els costos necessaris per a assegurar un nivell de seguretat socialment acceptable, tant durant el període operatiu com en el desmantellament i emmagatzematge de residus, i incloure aquests costos en les corresponents anàlisis de cost-benefici de les seves propostes.**

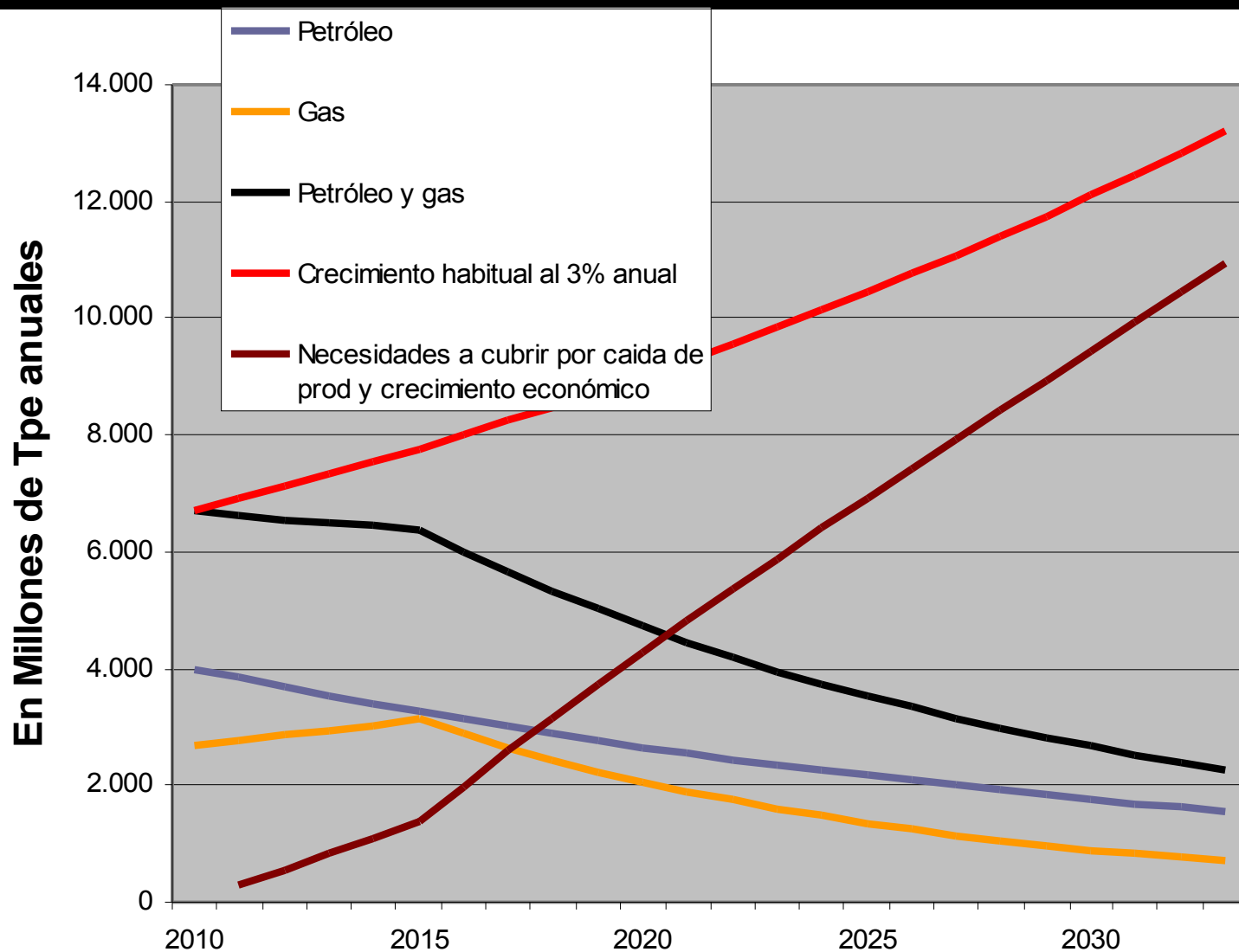
Biocombustibles

- Avantatges:
 - Son més neutres en emissions de CO₂ que els combustibles fòssils (part del CO₂ emès ha estat prèviament fixat de l'atmosfera).
 - Son renovables.
 - Afavoreix les economies rurals i locals (encara que es necessiten plantes de transformació, que poden ser fins i tot petites, 200L/dia)
 - Si es transformen en combustibles per al transport ajuden a disminuir la dependència del petroli.
 - Aprofiten biomassa que normalment es llençaria o cremaria (que no vol dir que no tingui utilitat).

Biocombustibles

- Inconvenients:
 - Tenen una Tassa de Retorn Energètic baixa (energia neta obtinguda per energia invertida).
 - En un moment en el qual els sols de cultiu per l'alimentació no sobren, aquests cultius ocuparien part d'aquests sols (una solució parcial seria l'aprofitament dels subproductes associats).
 - Contribueix a l'empobriment del sol fèrtil (i demanden fertilitzants, maquinaria agrícola mecanitzada i altres inputs dependents dels combustibles fòssils).
 - Augmentaran les necessitats d'aigua (que ja és un be escàs, fins i tot per a l'agricultura).
 - Fins i tot si, com demanen alguns, substituïm només el 5% del petroli que es fa servir en agricultura per biocombustibles, això necessitaria el 15% del total de terres cultivades a la Terra.
 - Molts països del tercer mon es plantegen transformar boscos en cultius de biocombustibles, amb el perill de desforestació i desertització.
 - Malgrat que podrien ser implementats com una solució local, es tendeix a una implantació com a monocultiu (amb els seus inconvenients, com les plagues, deforestació i degradació del sol).

Renovables: sustitución o distracción?

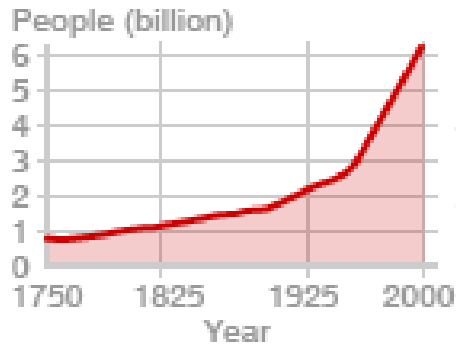


El futur de la energia

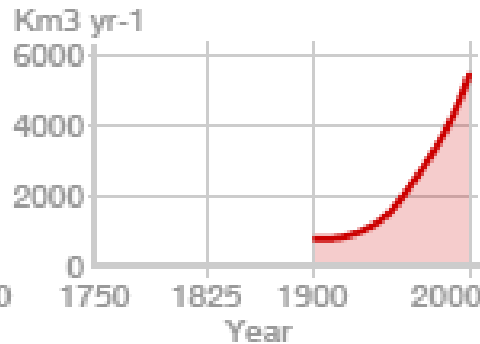
- Adéu al petroli barat (convencional)
- Els combustibles fòssils son finits y emeten CO₂
- Les energies renovables NO SON LA SOLUCIÓ PER SÍ MATEIXES.
 - Són la alternativa, només si...
 - ... canviem el nostre sistema econòmic
 - ... abandonem el fetitxe del creixement infinit
 - ... occident disminueix el seu consum per a que els països en vies de desenvolupament puguin tenir un consum digne i ecològic.
 - ... separem l'especulació amb les energies alternatives de les seves veritables possibilitats (TRE, Taxa de Retorn Energètic).

¿Apropant-nos als límits?

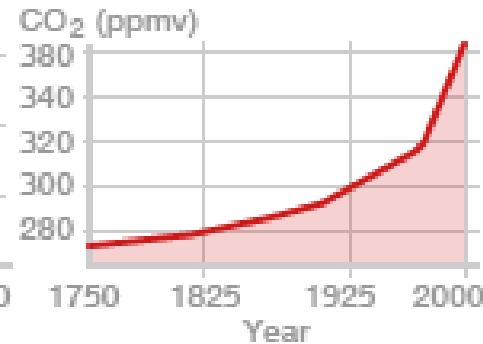
POPULATION



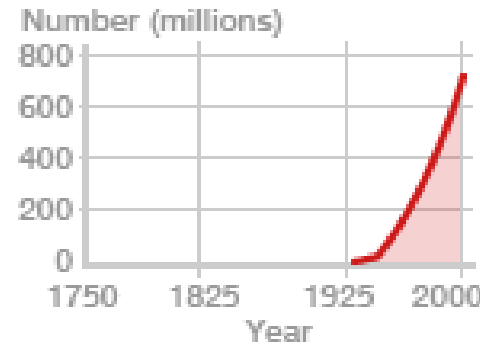
WATER USE



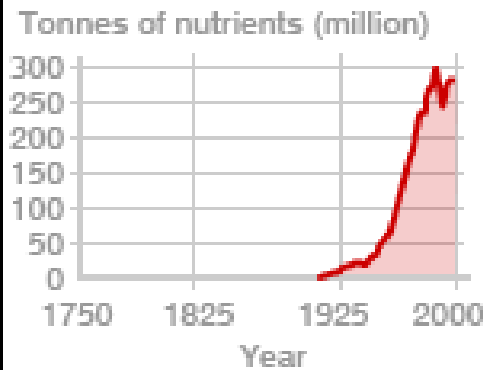
CO₂ CONCENTRATION



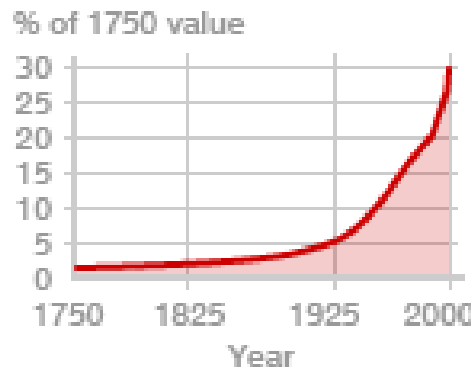
NUMBER OF CARS



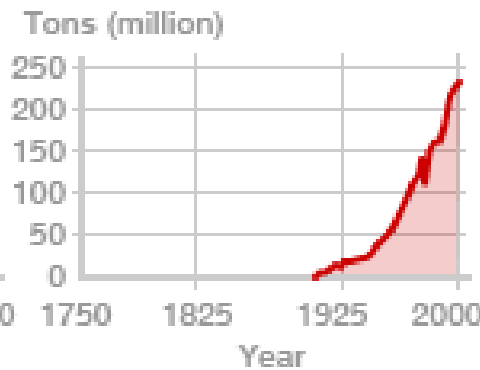
FERTILISER CONSUMPTION



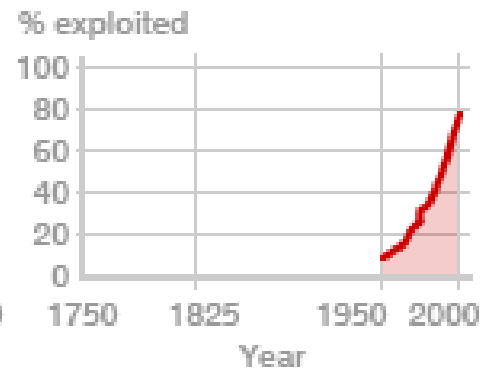
LOSS OF RAINFOREST



PAPER CONSUMPTION



FISHERIES FULLY EXPLOITED



SOURCE: International Geosphere-Biosphere Programme (Steffen et al 2004)

Reptes de futur

- Estem atrapats per:
 - La demografia (difícil de controlar i amb grans inèrcies, 400 milions en els últims 6 años)
 - Impacte ecològic del home (Kioto insuficient)
 - L'economia (creixement infinit = desastre; bombolla de crèdit pot esclatar, deute USA en \$)
 - La justícia social (pobresa energètica)
 - La ideologia: després de 150 anys de creixement qui es planteja “frenar”?
 - L'individualisme i la falta de visió de futur.
 - Les lleis físiques (trampa de la entropia, la complexitat i els rendiments decreixents)

Alguns escenaris possibles

- Babau l'últim: competició violenta pels recursos.
- Desacceleració: cooperar, conservar i compartir.
- Ja inventaran alguna cosa: il·lusions, falses esperances i negació.
- Bots salvavides: això no te solució, preservació i solidaritat comunitària.

PER A TRANSFORMAR LA
REALITAT, PRIMER L'HEM
DE CONÉIXER EN
PROFUNDITAT.

ESPERAR EL MILLOR,
PREPARAR-SE PER AL
PITJOR

Gràcies per la vostra atenció



Per a més informació:

<http://www.crisisenergetica.org>

Apèndix

Tabla de energías (1)

ENERGÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	PROBABLE FUTURO
Petróleo	Tiene un alto contenido energético por unidad de peso es fácil de transportar y almacenar, y sirve como materia prima para innumerables e importantes productos.	La combustión de sus derivados provoca emisiones contaminantes de CO ₂ que contribuyen al calentamiento global, y además sus reservas no son infinitas.	Las disminuciones de reservas de petróleo convencional harán que se aprovechen las reservas no convencionales (arenas asfálticas y bitúmenes, principalmente) aun cuando su coste económico y ecológico sea mayor.
Gas natural	Como el petróleo, tiene un contenido energético alto, aunque no es tan fácil de transportar, aunque es indudablemente más ecológico que el petróleo.	Como el petróleo, este también es un recurso finito, y el declive de sus reservas puede llegar de manera inesperada.	Los principales problemas del gas natural se deben a su dificultad de transporte, y por lo tanto cabe esperar que se mantenga como una Font energética regional.
Carbón	Aún existen en la tierra enormes reservas de carbón, mucho mayores que las de cualquier combustible fósil. Es barato y fácil de extraer en algunos lugares (EEUU y Rusia, principalmente)	Es el combustible fósil que más contamina por sus emisiones de CO ₂ , contribuye al calentamiento global y su transporte es costoso.	Se están investigando técnicas para sintetizar petróleo del carbón y también para inyectar CO ₂ en los yacimientos petrolíferos y aumentar la tasa de recuperación de crudo.

Tabla de energías (2)

ENERGÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	PROBABLE FUTURO
Biomasa (etanol, biodiesel, metano)	Más limpios que los combustibles fósiles (si se asegura la replantación), los biocombustibles líquidos pueden ser utilizados en motores de combustión sin apenas cambios de diseño.	Su precio es aún muy alto y su producción requiere un alto desembolso energético, al ser obtenidos a partir de cultivos como el maíz, la colza o la caña de azúcar.	Al igual que las Fontes de petróleo no convencional se incorporarán crecientemente al mercado, pero su mayor obstáculo es el precio y un uso intensivo de tierras de cultivo que reduce su fertilidad.
Nuclear	Puede instalarse prácticamente en cualquier sitio y hacerse con relativa rapidez. Proporciona energía eléctrica que puede utilizarse para generar hidrógeno.	No solamente produce residuos radioactivos con un poder contaminante muy prolongado, sino que además un accidente podría ser absolutamente desastroso. Los recursos de uranio también son finitos.	Es muy posible que la energía nuclear, actualmente estancada, haga un retorno, de producirse una crisis energética, pero habrá de hacer frente primero a una opinión pública manifiestamente contraria.
Fusión	De llevarse a cabo algún día, la energía de fusión promete cantidades enormes de energía limpia y con menores emisiones radiactivas que una central de fisión.	Uno de los prototipos que se están investigando actualmente, basado en la fusión deuterio – tritio deben enfrentarse a la escasez del tritio (que se obtiene del litio, tan escaso como el uranio)	Lo que nos separa de la fusión: concentrar 10^9 átomos en un espacio muy reducido a 150 millones de grados centígrados durante al menos 2 segundos. Una tarea nada desdeñable.

Tabla de energías (3)

ENERGÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	PROBABLE FUTURO
Hidroeléctrica	Energía muy limpia en cuanto a emisiones.	Depende de la existencia de agua y la orografía del terreno. El coste ecológico es muy alto ya que altera los ecosistemas donde se construyen las presas.	La construcción de nuevas presas se ha detenido prácticamente en todo el mundo, con la excepción de China. Su coste ecológico es muy alto y altera el territorio de manera drástica.
Eólica	Es una Font energética gratuita, siempre que haya suficiente viento para justificar la inversión.	Altera drásticamente el paisaje y es peligroso para la fauna. Su mantenimiento es muy elevado.	El éxito de la energía eólica depende mucho de la climatología y no es probable que se extienda más allá de las zonas donde ya se está aprovechando actualmente.
Solar	Otra Font de energía gratuita y abundante, siempre que acompañe la climatología.	Requiere de infraestructura y materiales de alto coste. Solo completamente rentable a partir de ciertas latitudes para otros usos que no sean domésticos.	El retorno de la inversión energética en tecnología de energía solar no es tan bueno como pudiera parecer, y los materiales empleados son contaminante (mercurio, plomo, cadmio?)

Tabla de energías (4)

ENERGÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	PROBABLE FUTURO
Geotermal	Gran capacidad generadora de energía con un costo medioambiental bajo.	Actualmente se aprovecha casi exclusivamente en aquellos lugares dotados de Fonts geotermales muy próximas a la superficie, cosa que sucede en muy pocos lugares en la Tierra.	Con la tecnología necesaria para poder perforar hasta 10 km en la corteza terrestre, podría ser una energía utilizable en cualquier lugar. Las dificultades técnicas siguen siendo enormes y de difícil solución.
Energía térmica oceánica	Energía limpia que aprovecha la diferencia de temperatura entre las aguas superficiales y las profundas.	Costosa y poco viable excepto en zonas muy determinadas.	Una de las más exóticas formas de producir energías, podría servir para dotar de autonomía energética a instalaciones de acuicultura.
Energía de las mareas y las olas	Esta es una Font energética prácticamente perpetua y limpia, que aprovecha la energía cinética de las mareas y las olas.	Actualmente es aún muy cara, y su implementación plantea enormes problemas tecnológicos (accesibilidad, mantenimiento), además de perturbaciones en el medio ambiente.	Aunque viable teóricamente, el aprovechamiento de la energía generada por mareas y olas difícilmente pasará de la fase experimental, especialmente si se quisiera implementar a gran escala.