



*Pôle Européen de Gestion et
d'Economie ; APR, bureau 202
61, avenue de la Forêt Noire
67000 STRASBOURG (France)
Tel : 00.33.(0)3. 90.24.21.62.
E-Mail : contact@apr-strasbourg.org*

Contribution* à la réflexion de l'APR

La question de l'épuisement du pétrole

**M. Jean-Alain Héraud (BETA, ULP,
CNRS, Strasbourg)**

*•Accédez aux autres documents disponibles sur notre site <http://www.apr-strasbourg.org/>
et inscrivez vous pour recevoir toute l'information APR.*

Les Conférences du Jardin des Sciences
Février 2006

La question de l'épuisement du pétrole

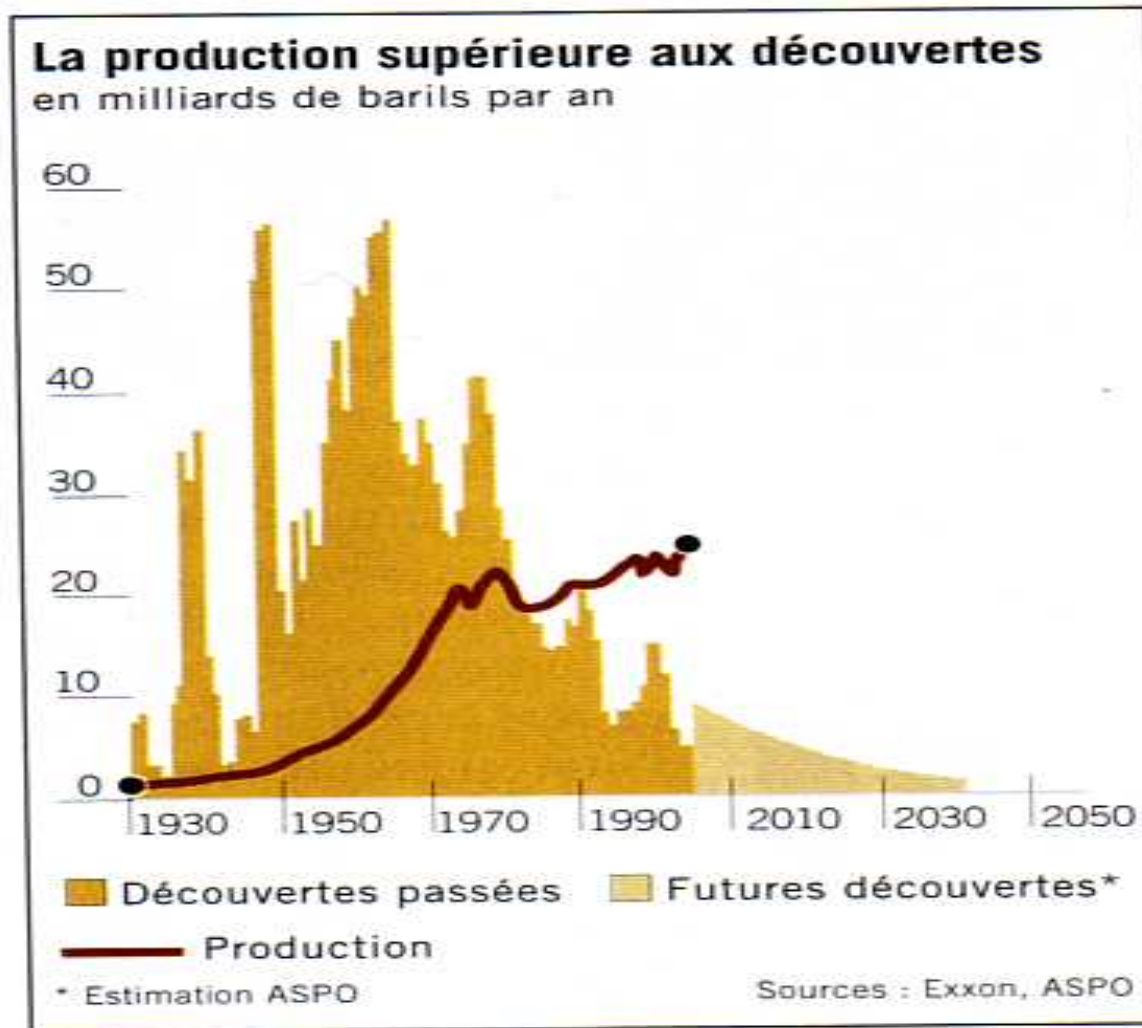
Jean-Alain HERAUD

*Université Louis Pasteur
BETA, UMR CNRS*

La fin du pétrole

- Combien d'années de pétrole avons-nous devant nous?
- Avons-nous atteint le « *peak oil* » (la production annuelle maximale)?
- Quelles en sont les conséquences ?
- Quelles solutions alternatives à l'économie du pétrole classique?

Comparaison des flux annuels d'extraction et de découvertes nouvelles

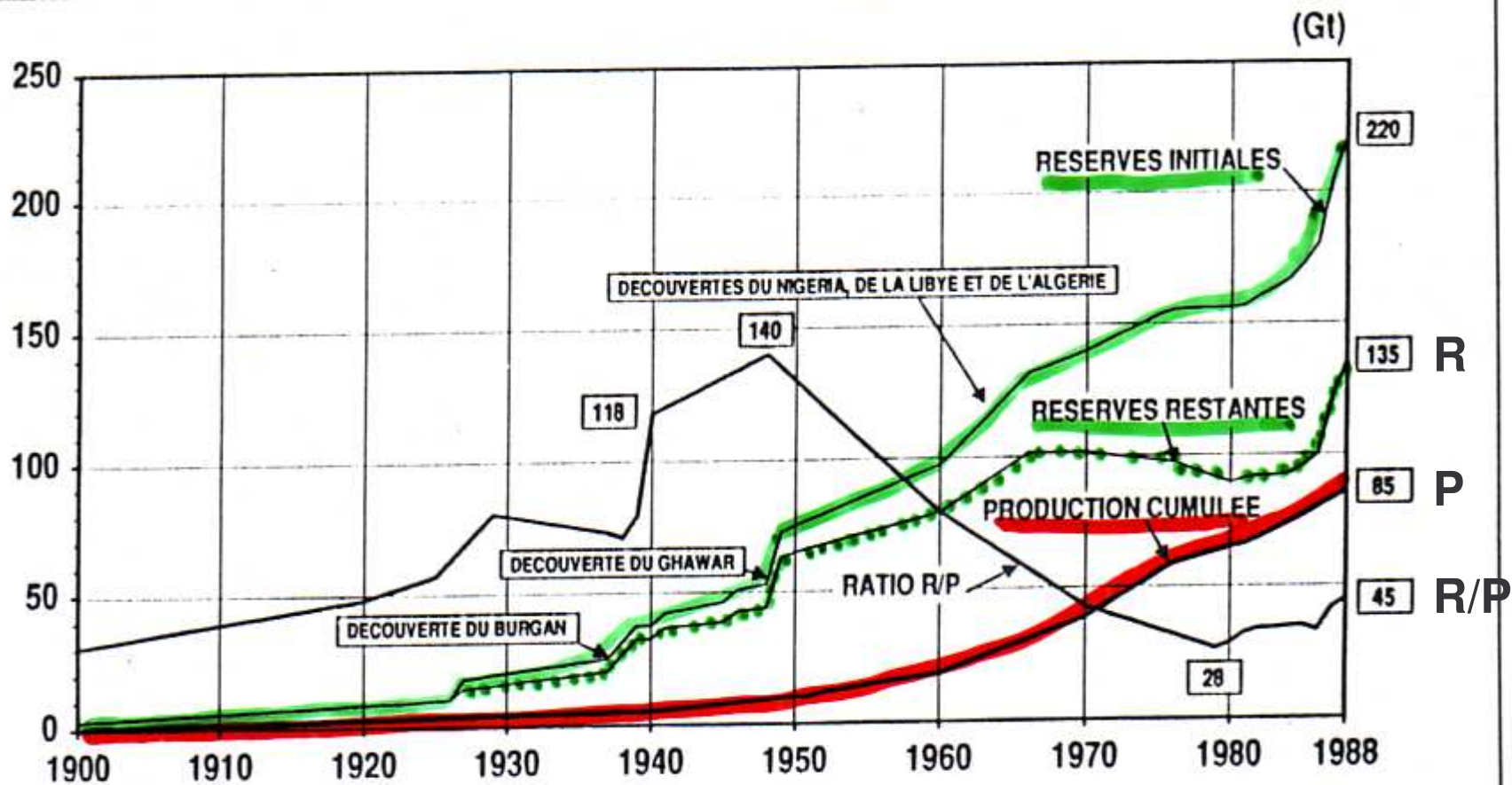


Le nombre d'années de réserves restantes

- Cet indicateur est souvent utilisé dans les médias. Par exemple: « // nous reste 40 ans de pétrole au rythme de consommation actuel »
- L'ennui, c'est que ce chiffre n'est pas précis et n'a, de plus, pas beaucoup de pertinence.
- On le calcule comme le rapport **R/P** du stock des « réserves » sur le *flux de production annuel*, or :
 - Le dénominateur est à peu près connu pour la période courante, mais c'est le *futur* qui nous intéresse:

Il faut faire des hypothèses, voire construire des scénarios sur les évolutions démographique, économique, technologique, géopolitique, etc.

De 2001 à 2004, la moitié de l'accroissement de la demande mondiale provient de la demande chinoise. Pouvait-on le prévoir en 1992, quand la Chine était encore exportatrice nette?
 - Le numérateur est beaucoup plus mal connu que ne le pense le profane:
 - Réserves *prouvées* (P), *prouvées+probables* (2P), *prouvées+probables+possibles* (3P)?
 - Statistiques de réserves *officielles* ou « techniques » ?



Sources : CPDP, IFP/Département Economie/1990.

Evolution des réserves pétrolières mondiales.

Réserves officielles et « techniques »

- Les réserves **officielles** sont ambiguës ou carrément fausses:
 - Les pays n'ont pas tous les mêmes normes de comptabilisation
 - Les normes *sous-estiment* souvent les réserves prouvées; quant aux réserves probables (à 50%) ou possibles (à 10%), elles sont bien sûr aléatoires
 - Les compagnies trichent par *surestimation* pour séduire les actionnaires ou bénéficier de réductions d'impôts des pays de production (jusqu'au redressement comptable en catastrophe: Shell avoue 20% en 2004, REPSOL 25% en 2006)
 - Les pays de l'OPEP trichent pour augmenter leurs quotas de production au sein du cartel. D'autres ne donnent que des estimations très grossières par principe.
- Les réserves dites « **techniques** » sont établies par des sociétés spécialisées dans l'espionnage (*Petrologistics* pour le transport en mer; *IHS* ou *Wood Mackenzie* pour les réserves et la production des champs). Ces estimations sont réalistes mais bien sûr confidentielles. Certains experts qui les ont publiées des statistiques globales non officielles mais crédibles: par exemple ceux de l'association ASPO.

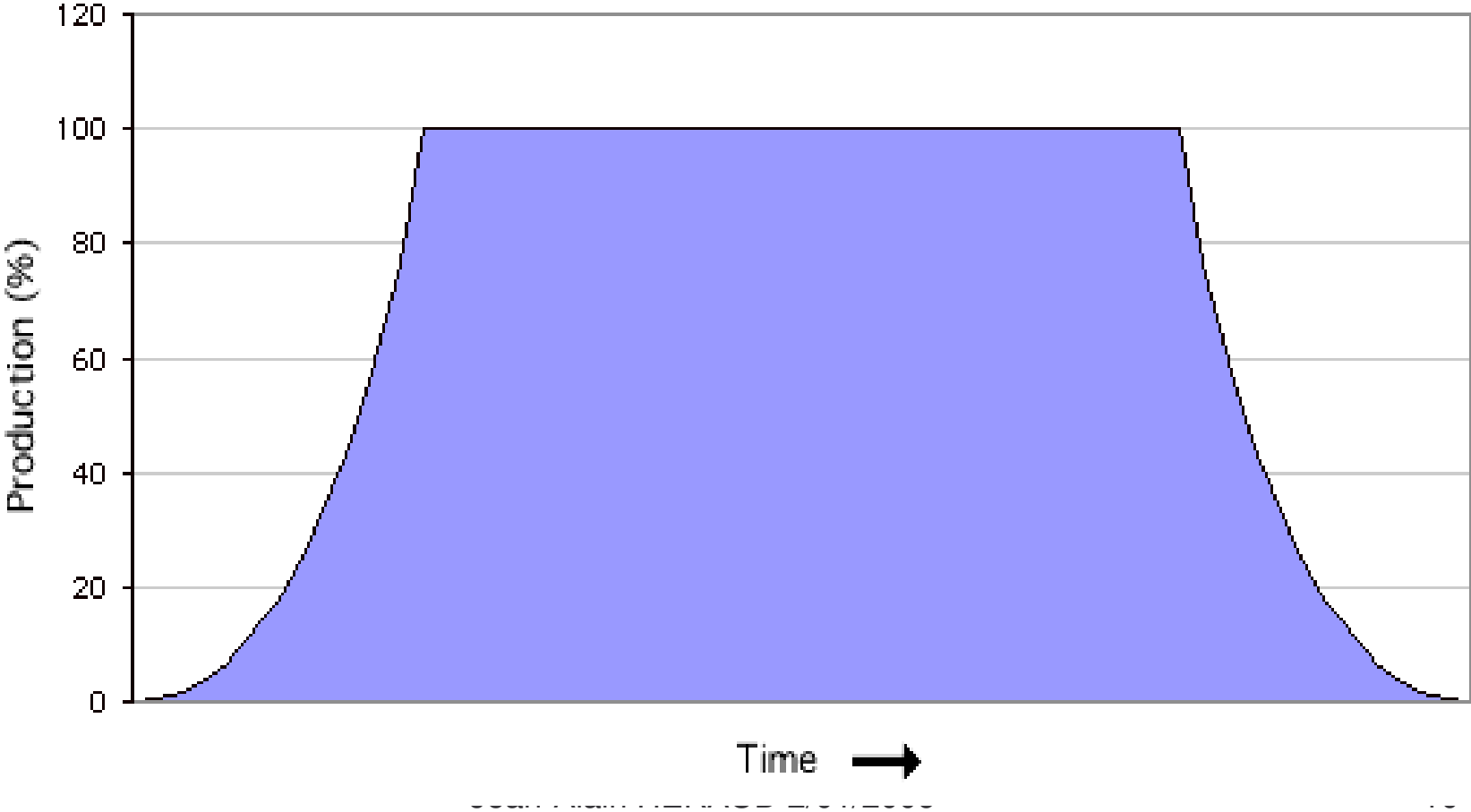
Le scénario de la production maximale (*peak oil*)

- Où en sommes nous aujourd'hui?
- Un des scénarios les plus probables c'est que nous sommes dans la décennie du maximum de la production annuelle globale (*peak oil*)
- Dans cette hypothèse, la production ne peut plus que baisser
- Comme la demande ne peut, elle, que monter (particulièrement avec le développement des nouveaux pays industrialisés de très grande taille: Chine, Inde):
 - le prix du pétrole va grimper inexorablement;
 - des solutions énergétiques de substitution seront mises en place pour compenser l'écart offre-demande;
 - et/ou on observera un coup d'arrêt brutal de la croissance des pays anciennement développés.

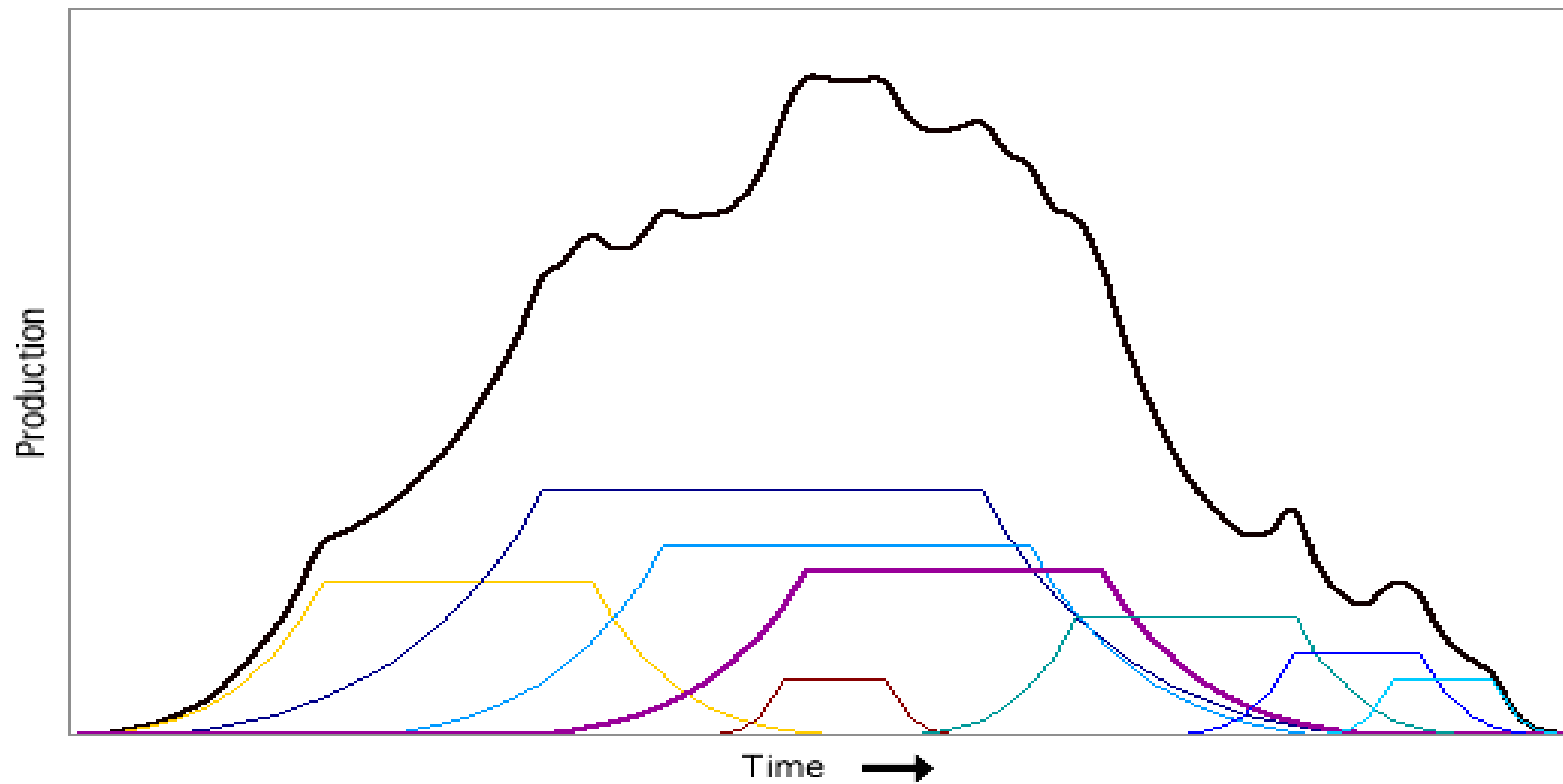
Comment calculer?

- Le modèle de Hubbert: une approche logique et qui a su montrer son efficacité sur le cas américain après guerre.
- Mais cette modélisation ne rend compte que d'une petite partie des paramètres techniques et surtout socio-économiques.

La courbe de production théorique d'un puits de pétrole individuel

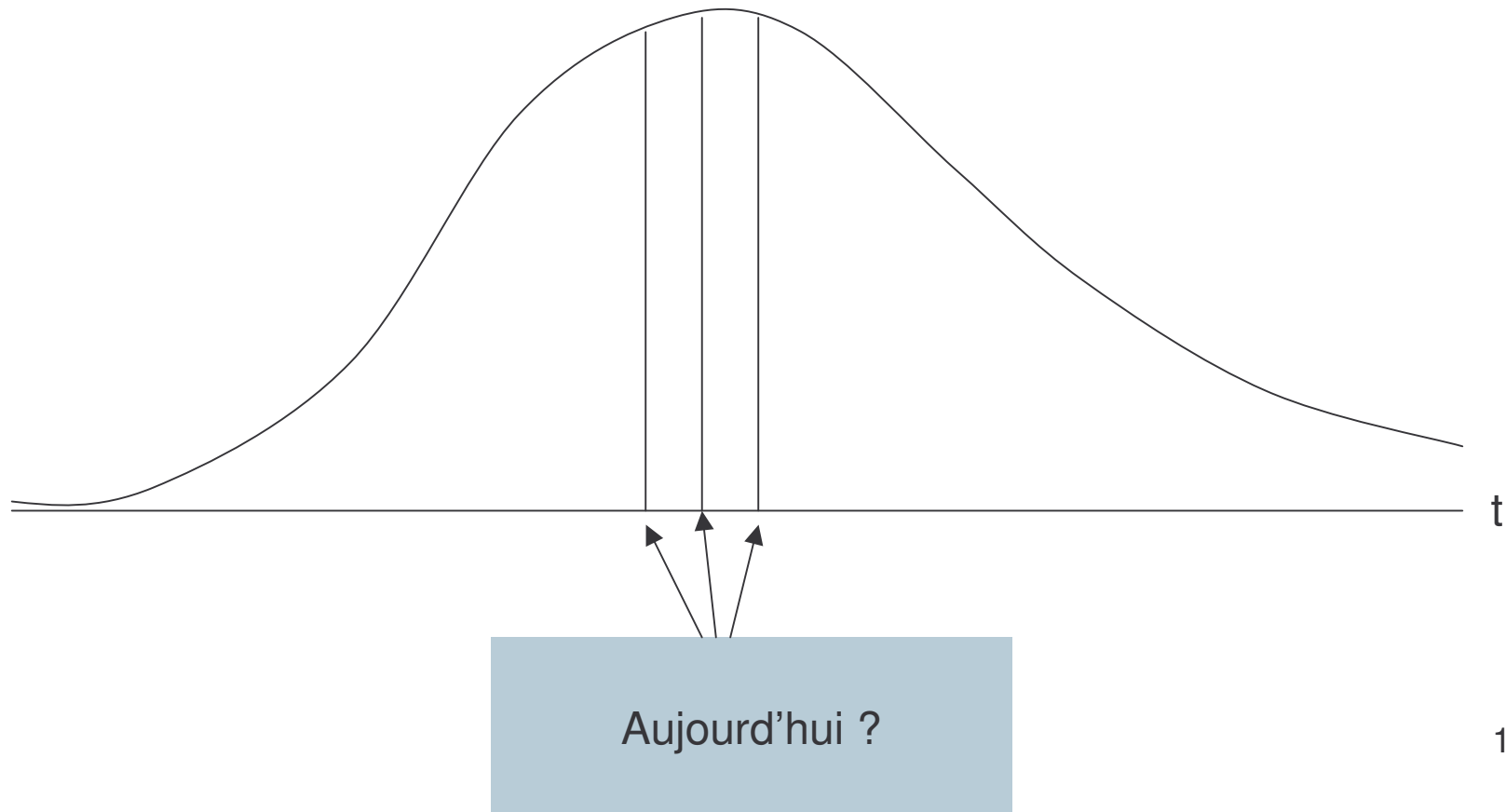


Agrégation de plusieurs courbes individuelles:
la « courbe de Hubbert »
correspondant à 8 puits



The « peak oil » scenario

- Si on pouvait écrire l'histoire à l'envers, on connaîtrait la courbe et on se positionnerait par rapport au pic de Hubbert



Premières conséquences des pics nationaux

- Même sans connaître le pic mondial, on peut déjà faire remarquer que les pics nationaux ont des conséquences analysables
- Le premier choc pétrolier aurait-il eu lieu, (relèvement brutal des tarifs de l'OPEP) en 1973, si les pays du cartel n'avaient pas eu conscience de leur position de force en connaissant le franchissement du pic américain 2 ou 3 ans plus tôt?

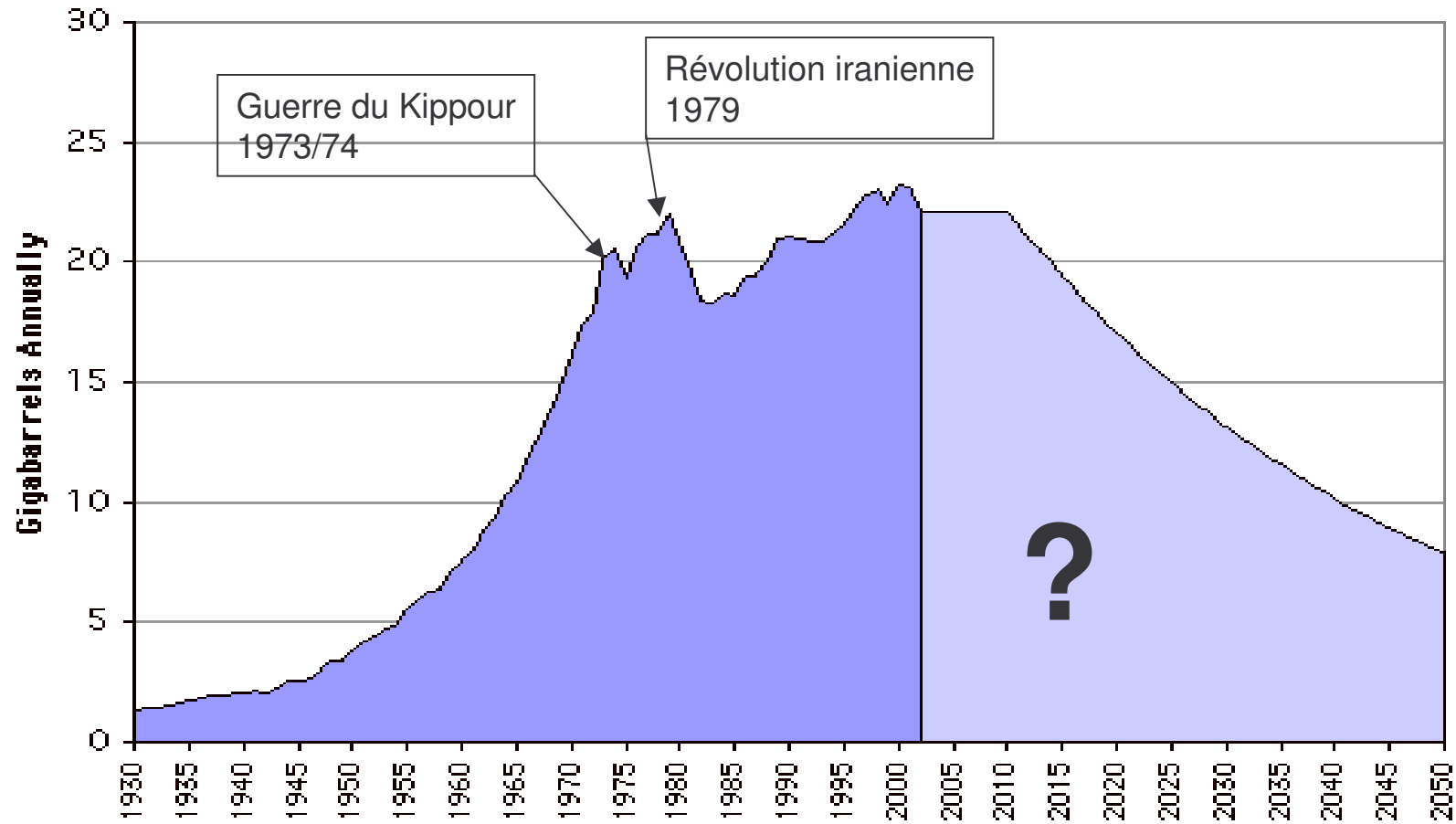
Des pics pétroliers nationaux

- Le pic américain avait été parfaitement anticipé par King HUBBERT en 1956: il s'est produit en 1971.
- Pour l'ex URSS: 1987
- La mer du Nord: on y est
- Le Proche Orient: seule grande région du monde où le pic est encore à venir, mais il est à peu près impossible de le calculer

Le pic mondial

- Bien difficile à évaluer exactement, mais on n'en est sans doute pas très loin, à une décennie près.
- Par exemple, l'ASPO (*Association for the Study of Peak Oil and Gas*) le situe vers 2008.
- Ses conséquences mondiales risquent d'être plus importantes encore que les pics régionaux comme celui des Etats-Unis dans les années 70.

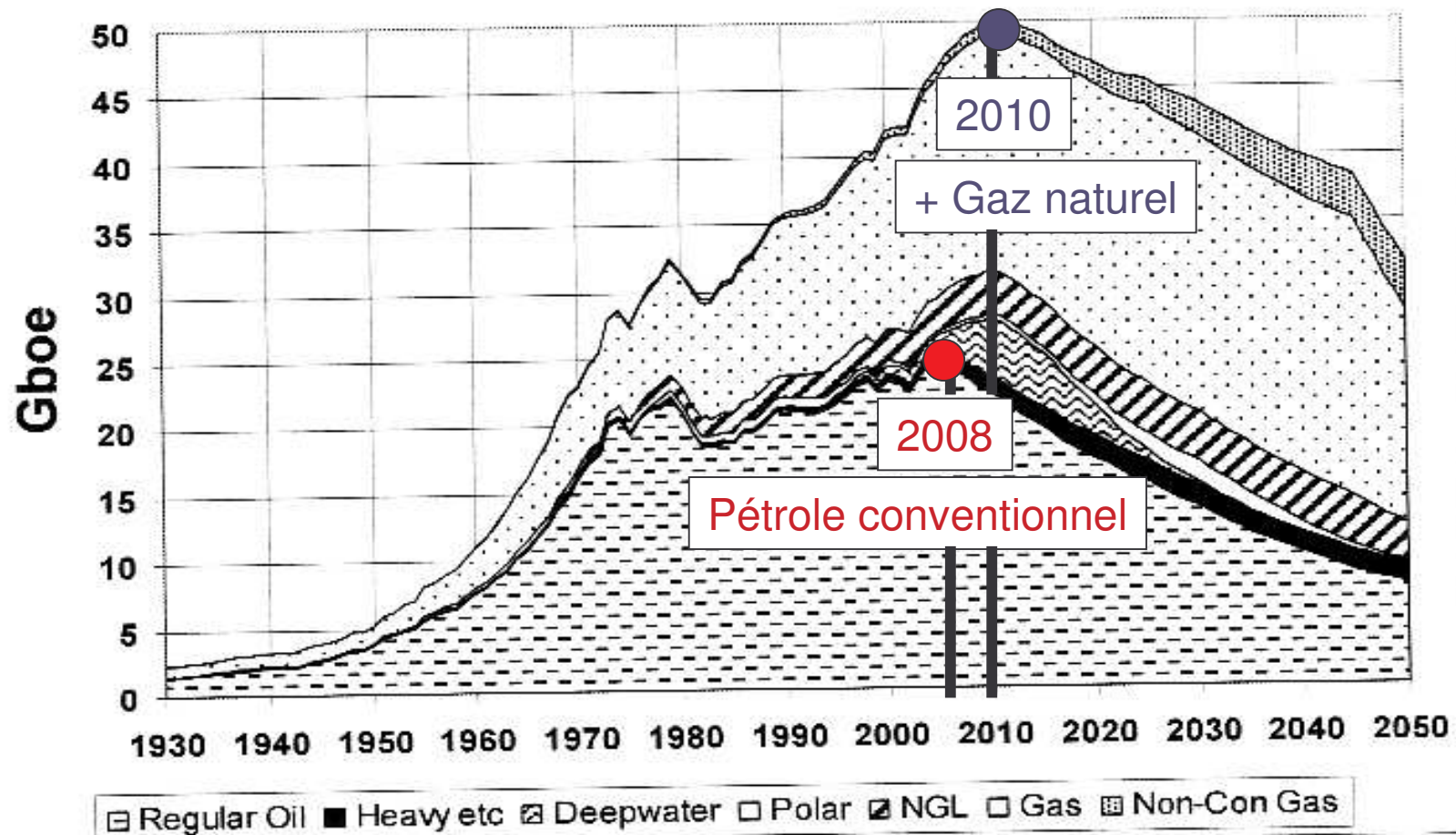
La production mondiale effective



Conclusion provisoire

- Ce n'est pas en observant la courbe de production mondiale que l'on peut conclure sur le pic pétrolier.
- Il faut faire une véritable modélisation (courbe de Hubbert) à partir des informations disponibles sur :
 - les réserves prouvées;
 - les réserves géologiques probables;
 - ... et beaucoup d'autres hypothèses (par exemple concernant les technologies de prospection, extraction, retraitement, etc.)
- En pratique, il existe d'énormes incertitudes pour faire le calcul:
 - Concernant les découvertes futures, bien sûr.
 - Mais aussi concernant les découvertes passées (*réserves prouvées*) : incertitude objective, manque de transparence, voire désinformation...

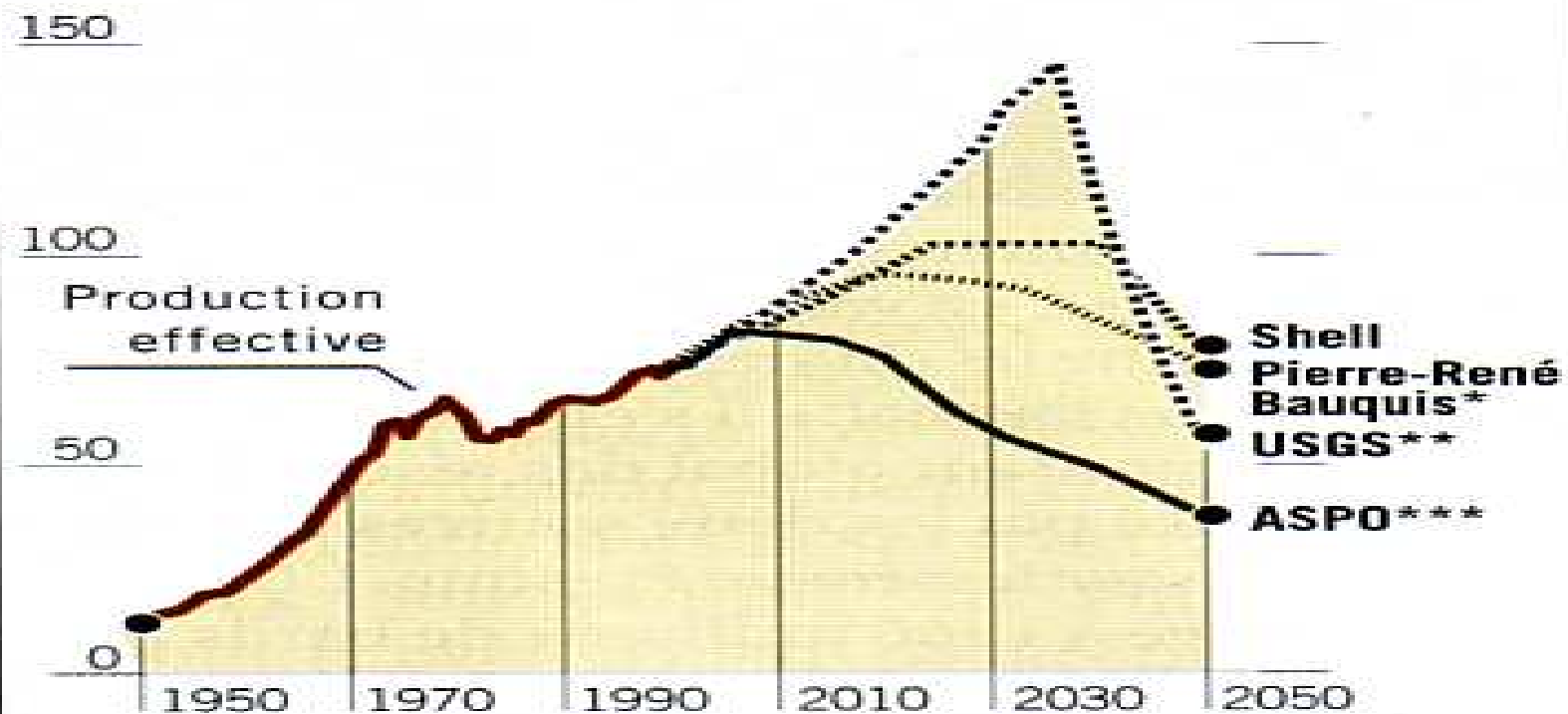
OIL & GAS PRODUCTION PROFILES 2005 Base Case



Les estimations de l'ASPO

Jean-Alain HERAUD 2/01/2006

« Peak oil » : quatre scénarios (production en milliards de barils/jour)



* Ex-conseiller scientifique à la direction de TotalFinaElf

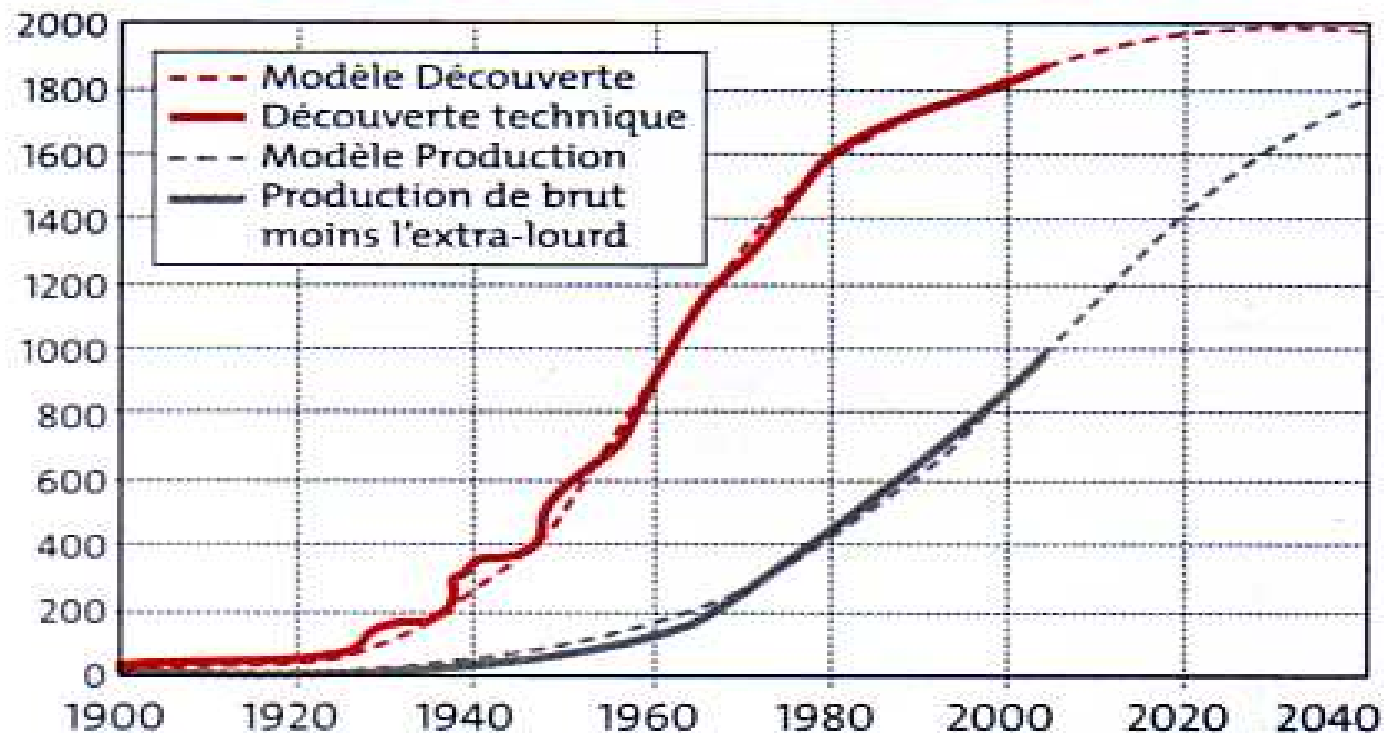
** Energy Information Administration (Etats-Unis)

*** Association for Study of Peak Oil & Gas

Source: Le Monde

Le modèle historique d'épuisement du pétrole classique par Jean Laherrère (membre de l'ASPO)

Graphique 10 — Découvertes et productions cumulées mondiales de pétrole conventionnel (en Gb) avec modèles logistiques pour des réserves ultimes de 2 000 Gb*



Source: *Futuribles*, janvier 2006

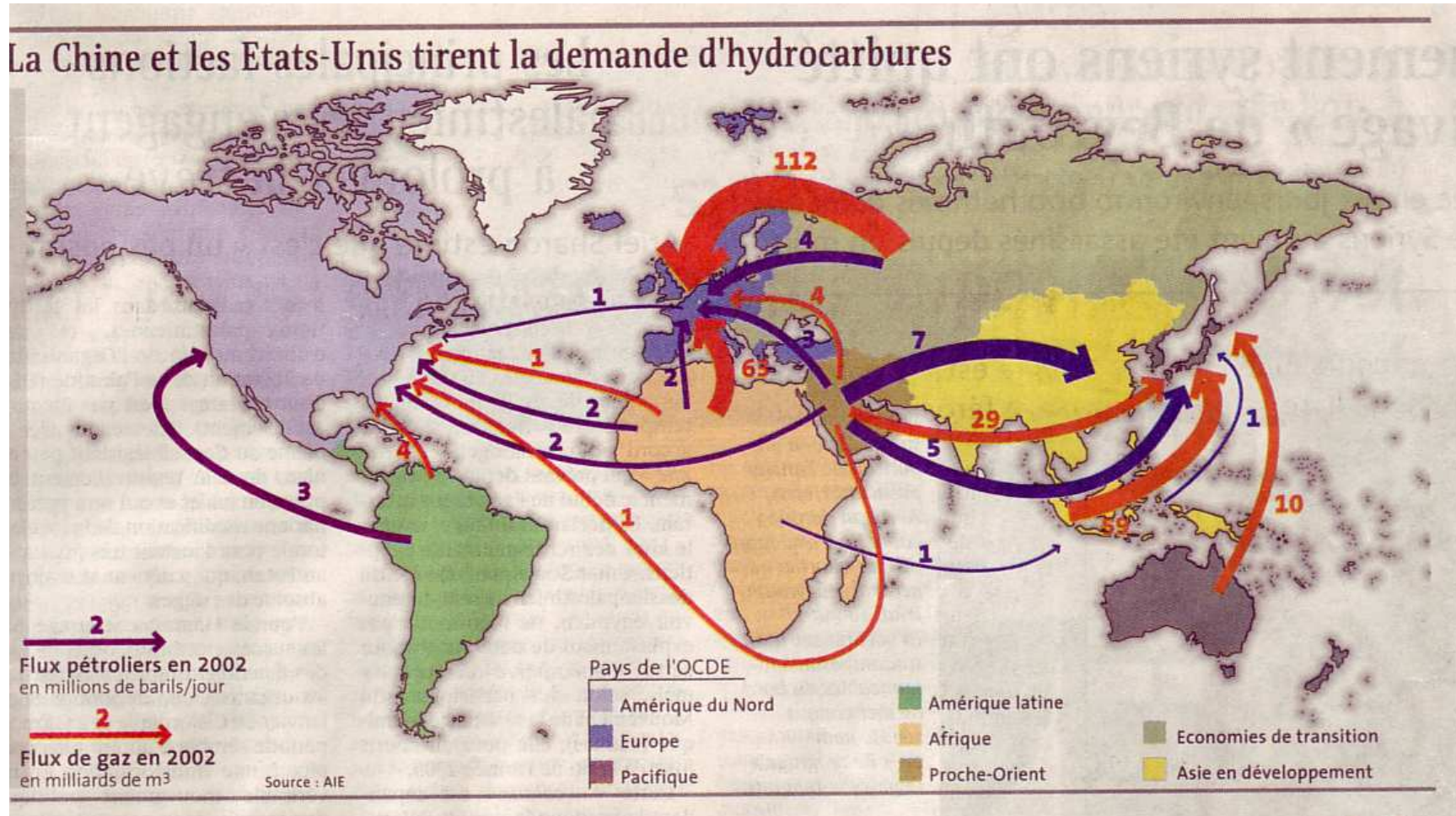
Enfin, combien reste-t-il de pétrole?

- Pour les experts de l'ASPO (*Association for the Study of Peak Oil and Gas*: Colin Campbell, Jeremy Leggett, Jean Laherrère,...) qui sont d'anciens cadres de l'industrie pétrolière, traités de « pessimistes » par les experts en fonction:
 - 900 Mrds de barils (120 Gt)
 - et le pic de Hubbert en 2015 au plus tard.
- Pour les estimations plus « officielles » (*Oil and Gas Journal*, *BP Statistical review*, *United States Geological Survey*), traitées de « politiques » par l'ASPO:
 - Autour de 1150 Mrds de barils (150 Gt)
 - Et le pic après 2020 (variable selon les progrès dans les techniques de récupération)
- En fait, le vrai partage entre « optimistes » et « pessimistes » n'est pas là, mais plutôt sur les capacités à trouver des substituts au pétrole classique

L'importance du pétrole

- Ce qui est sûr, c'est que le pétrole est une ressource stratégique, actuellement et à moyen terme: principale source d'énergie, source importante de matière (chimie), indispensable pour certaines applications; et donc des secteurs entiers en dépendent.
- Il est aussi stratégique au sens où la ressource est répartie de manière très inégale dans le monde: les $\frac{2}{3}$ (*au moins*) des réserves de pétrole classique sont au Proche Orient.
- Pour le gaz la répartition n'est pas meilleure : la moitié entre la Russie et l'Iran.

Le commerce mondial du pétrole et du gaz



Les conséquences économiques:

(1) effets macroéconomiques à court terme

- A court terme, les effets ne sont pas catastrophiques: en régime régulier, le fonctionnement des marchés conduit à une hausse des prix qui génère *un peu d'inflation* et la restriction des quantités *ampute la croissance* d'une fraction de point.
- Exemple: pour une augmentation du prix de 10\$/b, compte tenu d'un volume d'échanges mondial de 16 Gb/an (Mrds de barils par an), cela revient à un transfert de 160 Mds\$ des pays consommateurs vers les pays producteurs.
 - comparé aux 9000 Mrds\$ d'exportations mondiales, ce n'est pas très lourd,... et les pays bénéficiaires recyclent une partie de ce montant en achats auprès des pays riches
 - les modèles macro* évaluent que cela coûte 0,4 point de croissance du PIB mondial (sur les 5% actuels)

*Source: N. Carnot, C. Hagège, DGTPE (Min. Finances) nov. 2004

Les conséquences économiques:

(2) impact et risques à long terme

- L'énergie est vitale, bien qu'elle ne coûte actuellement que 5% du PIB.
- Cela signifie qu'au-delà d'un certain seuil, la raréfaction de l'énergie peut avoir des conséquences majeures.
- Si les pays industrialisés (et de plus en plus *tertiarisés*) ont appris à se mettre plus à l'abri des chocs pétroliers depuis les premiers (73 et 79), les pays pauvres ou en voie d'industrialisation sont très sensibles: coûts et rendements agricoles, équipements de base, investissements industriels, etc.
- A terme, si les carburants liquides viennent à manquer ou sont très chers, des secteurs entiers seront touchés: transports individuels, transport aérien, commerce/logistique, certains matériaux (plastiques bon marché), etc.
- L'économie mondiale globalisée ne pourra pas fonctionner comme aujourd'hui, ainsi que certains modes de vie dans les grandes agglomérations urbaines...

Quels substituts au pétrole classique parmi les hydrocarbures fossiles ?

- Il y a d'abord le **gaz naturel**, dont les ressources ont été moins exploitées jusqu'à présent. Du fait que le gaz a été moins recherché historiquement, ses réserves prouvées sont encore en croissance raisonnables. Mais le *peak gas* est aussi prévisible, juste quelques années plus tard
- Beaucoup d'espoirs sont mis par certains experts dans le **pétrole non conventionnel** (pétrole très profond, schistes bitumineux, sables asphaltiques) et le gaz non conventionnel (hydrates de méthane).
P.-R. Bauquis (Total), par exemple, estime les réserves de pétrole extra-lourds du continent américain équivalentes à celles de pétrole du Moyen Orient. Mais il y a débat entre experts sur le coût économique et environnemental d'extraction-conversion. *Attention aussi au bilan énergétique!*
- Le **charbon**, si possible avec des technologies d'utilisation et de conversion renouvelées (*il y a aussi débat sur l'évaluation des réserves*)

Les autres énergies

- Le **nucléaire**: certainement indispensable pour la production d'électricité mais aussi pour produire la chaleur ou l'hydrogène nécessaire à l'extraction et la conversion des hydrocarbures lourds
- Les **énergies renouvelables** (éolien, solaire, géothermique, etc., et biomasse sous condition qu'elle ne consomme pas d'énergie fossile!)

..... Ces deux types de ressources présentant l'avantage supplémentaire de contribuer très peu ou pas du tout à l'effet de serre

Remarque finale sur le pic et le délai avant le pétrole rare et cher

- La question du *délai* n'est pas anodine. Avoir 15 ou 30 ans devant nous n'est pas indifférent. Il faut du temps pour assurer les mutations techno-économiques, la transition démographique de certaines régions du monde, les schémas de comportement.
- Si le temps nous manque, des scénarios catastrophes sont possibles (famines, catastrophes sanitaires, guerres, etc.)
- Dans les politiques publiques et les stratégies privées il ne faut négliger aucune forme d'énergie! Traitons ces problèmes avec le moins d'idéologie possible
 - ▶ *Il nous faut à la fois des éoliennes et des centrales nucléaires!*

Merci pour votre attention