

# **Transitions Economie – Energie – Environnement dans la première moitié du XXIème siècle**

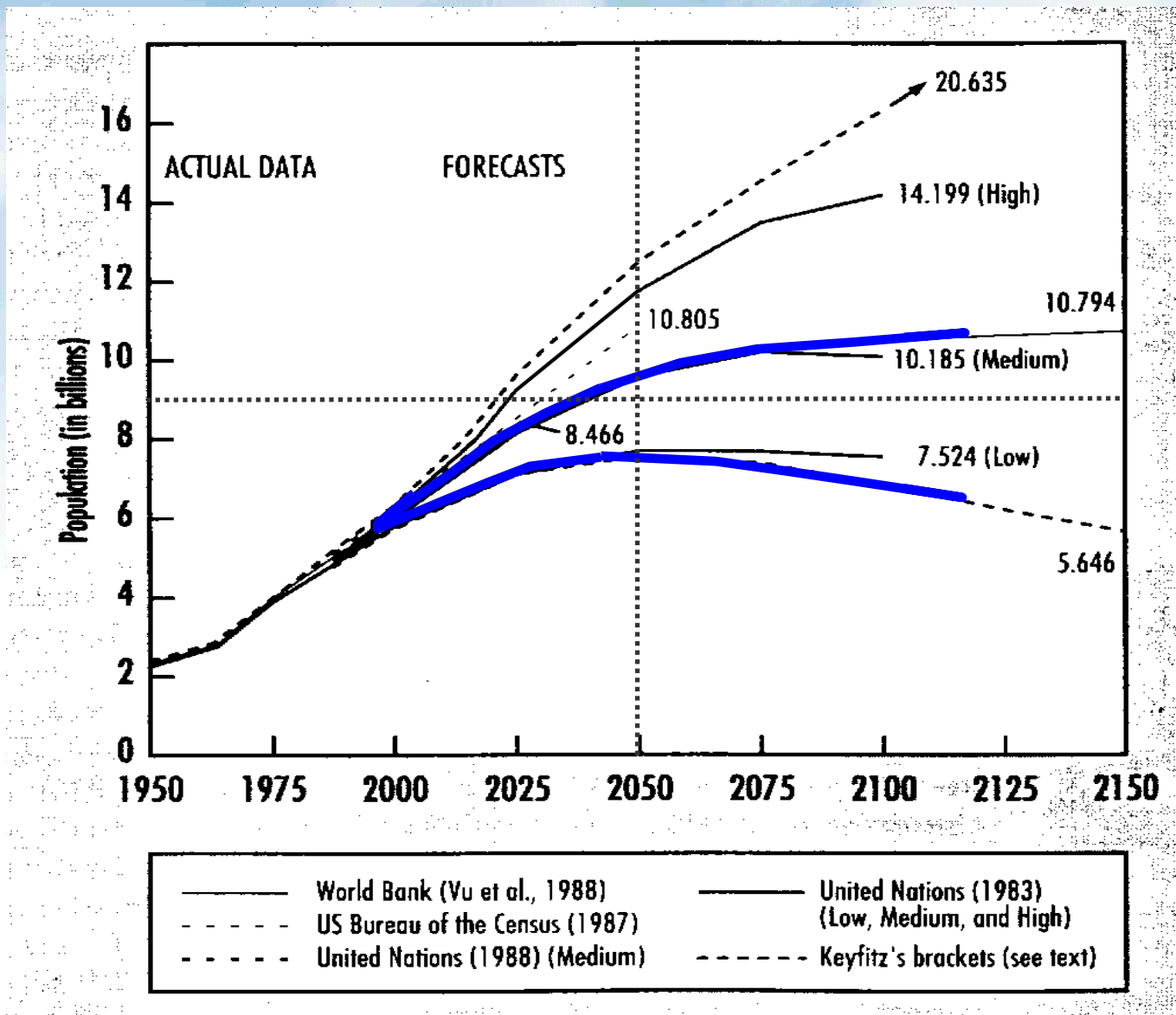
**Patrick Criqui, LEPII  
Université de Grenoble - CNRS  
SFP, 12 juillet 2007**

# **Transitions énergétiques et environnementales au XXIème siècle**

- ◆ **La projection de Référence,  
ou “le monde tel qu’il va”**
- ◆ **Energie: la demande et l’offre**
- ◆ **La contrainte climatique**
- ◆ **Quelles solutions ?**

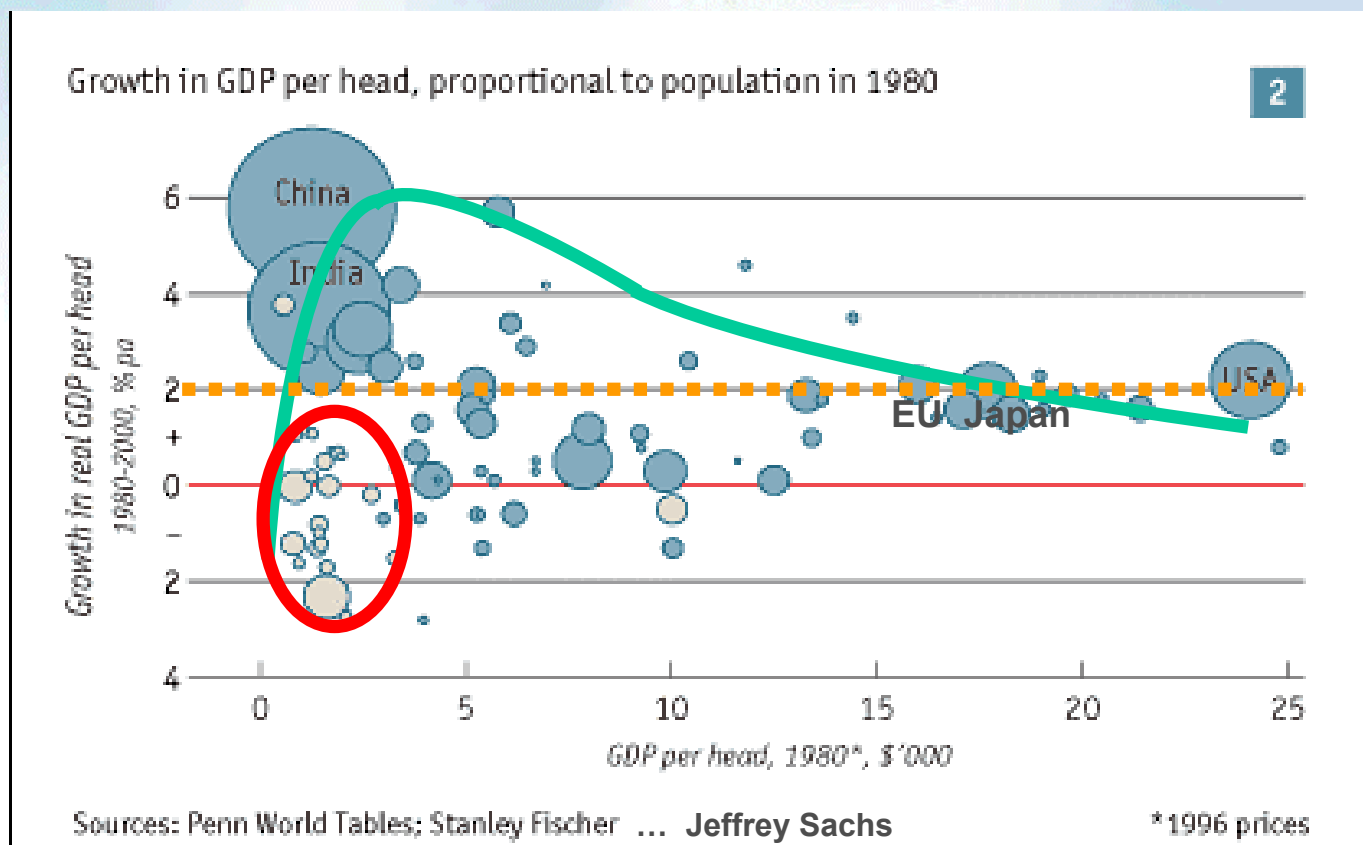
# La « Transition Démographique - 1 »

(N. Keyfitz, 1990)



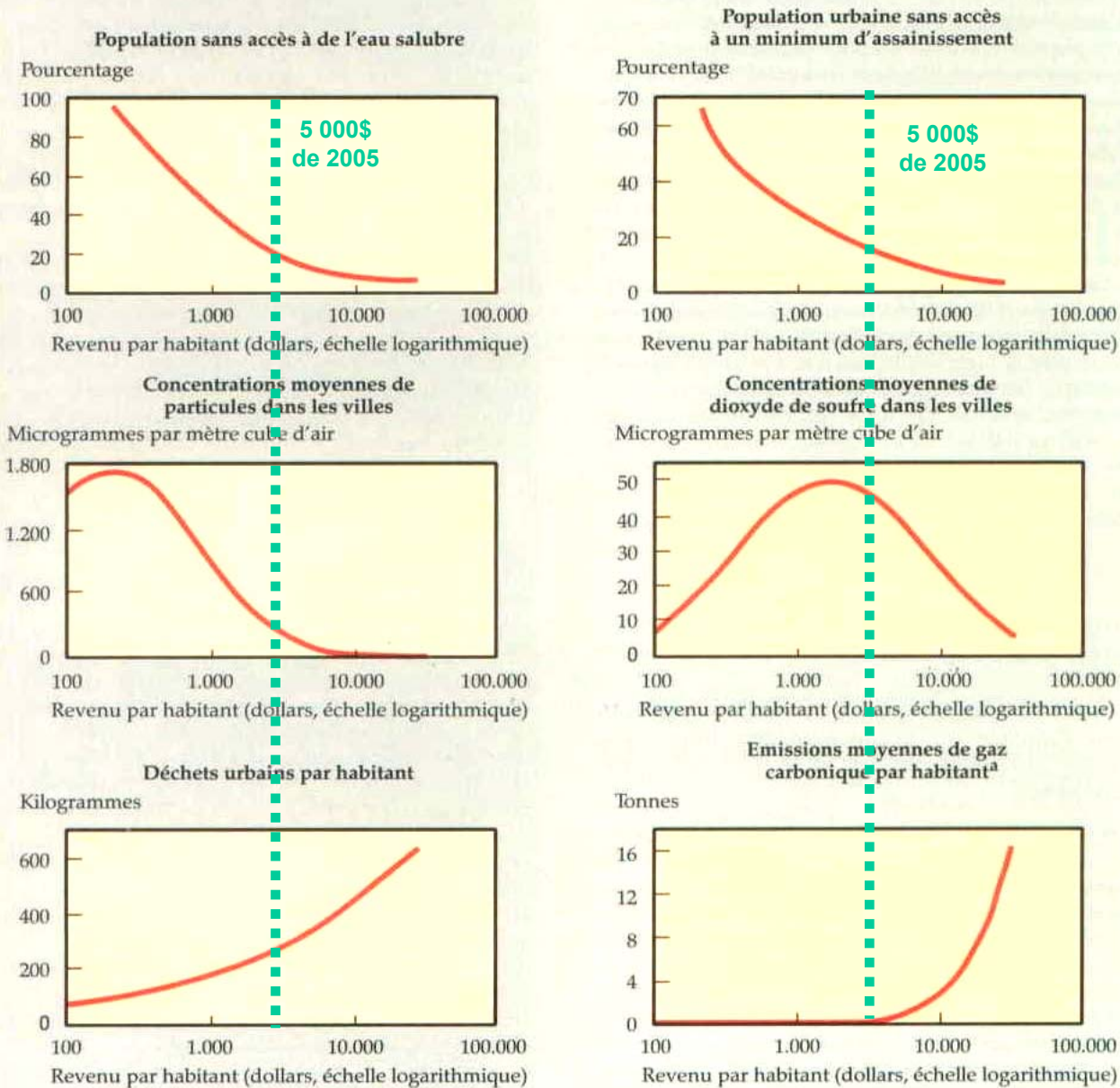
# Croissance et convergence (The Economist, 2004)

- ◆ Le processus de croissance économique conduit à un rattrapage rapide des pays sortant de la “trappe à pauvreté”
- ◆ Suivi d'un ralentissement de la croissance lorsque leur économie parvient à maturité



# La Courbe Environnementale de Kusnetz (CEK) en question

- ◆ Diversité des relations croissance - environnement, selon la nature des problèmes et l'échelle spatio-temporelle



Note : Les estimations sont fondées sur une analyse de régression portant sur plusieurs pays et établie à partir de données relatives aux années 80.  
 a. Gaz carbonique émis par les combustibles fossiles.  
 Sources : Shafik et Bandyopadhyay, document de travail; données de la Banque mondiale.

Bque. Mondiale: RDM 1992

# **Transitions énergétiques et environnementales au XXIème siècle**

- ◆ **La projection de Référence,  
ou “le monde tel qu’il va”**

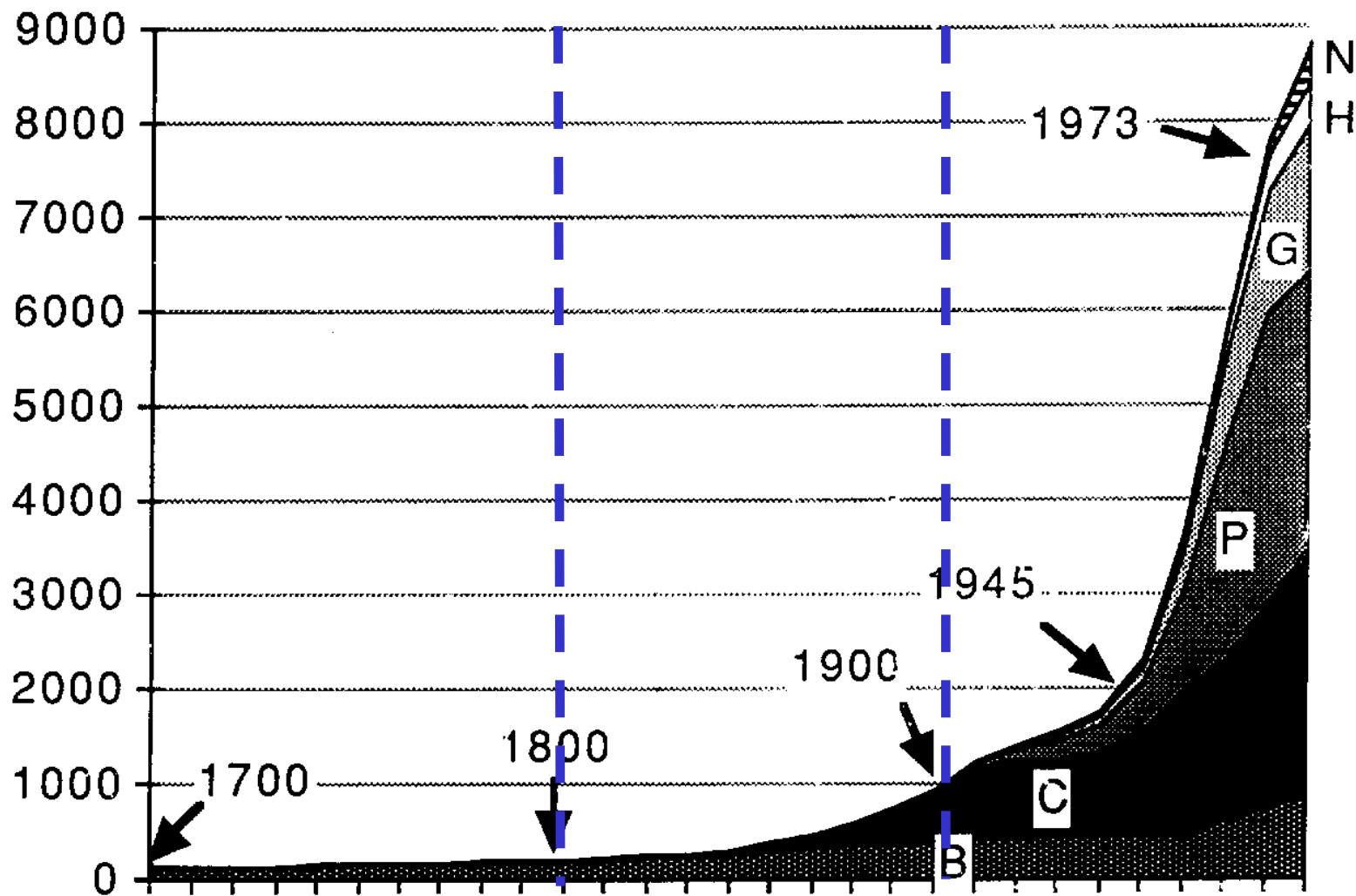
◆ **Energie: la demande et l’offre**

- ◆ **La contrainte climatique**

- ◆ **Quelles solutions ?**

# Consommation mondiale d'énergie 1800-1995 (Mtep)

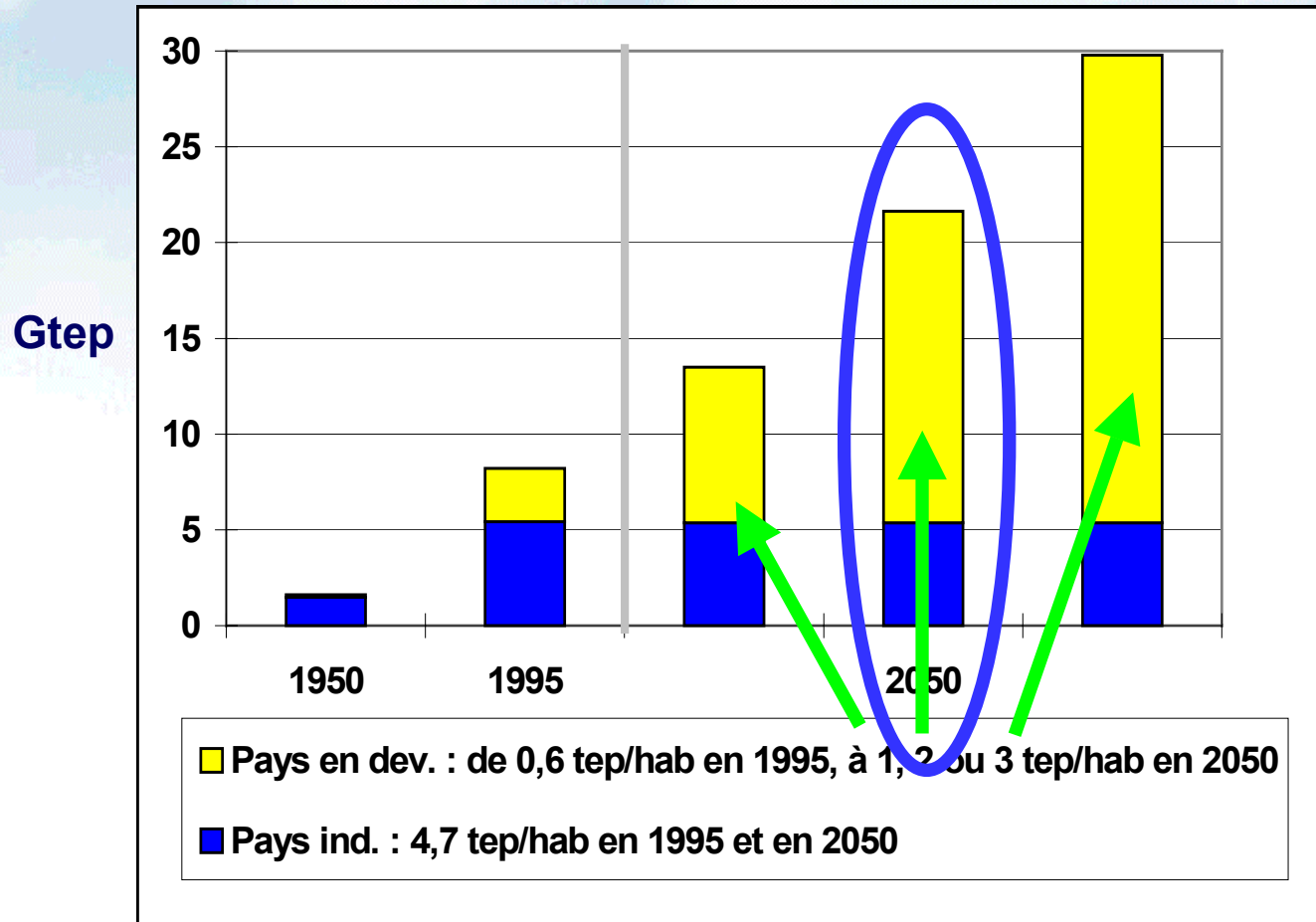
Jean-Marie Martin, IEPE 1990



# Consommation mondiale en 2050

(P. Boisson, ENERGIE 2010-2020, CGP 1998)

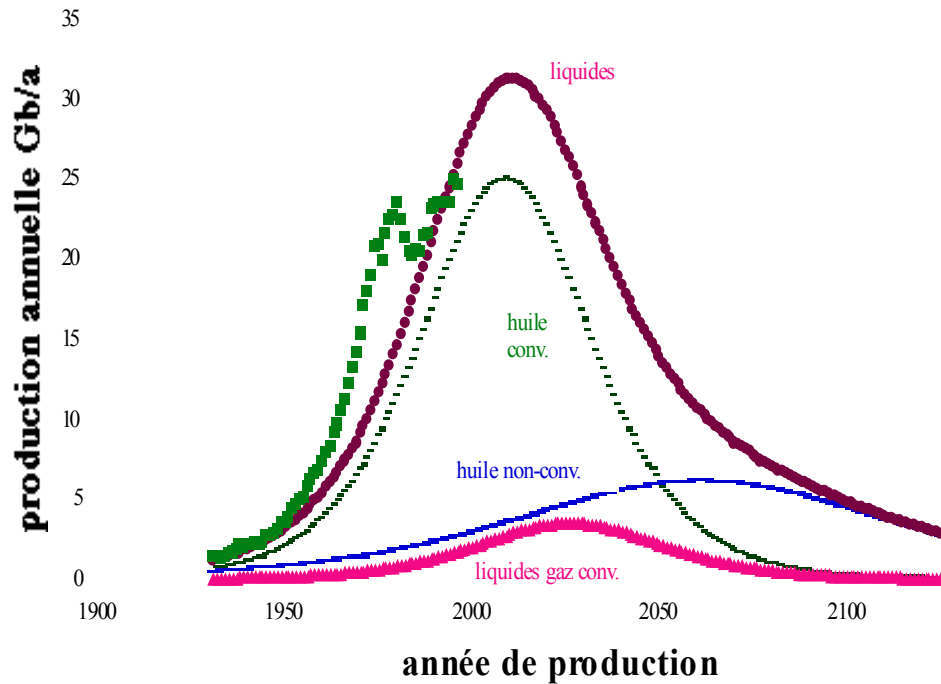
Pop en développement : de 4.6 en 1995 à 8.1 Mds en 2050  
Pop industrialisés : de 1.15 à 1.14



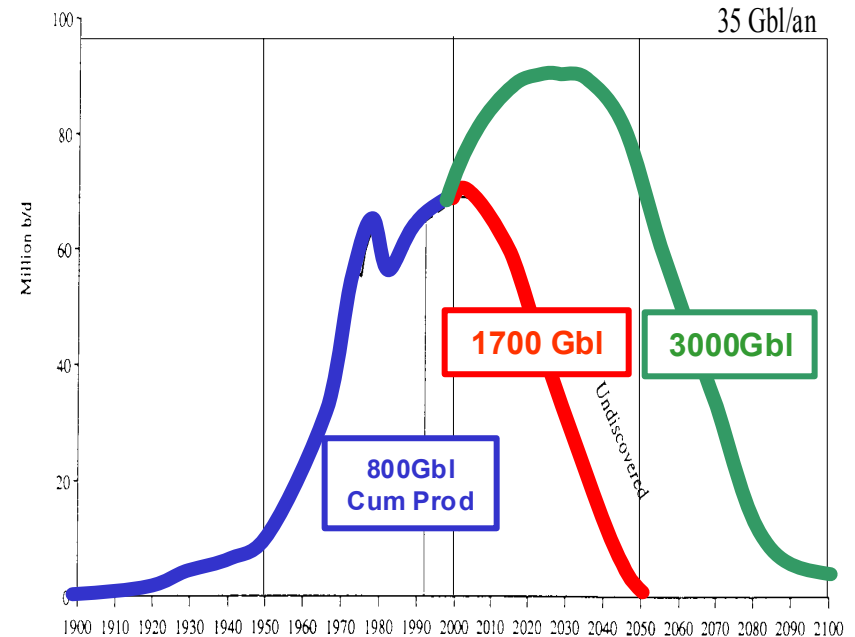


# Le « peak oil », sommet en 2005 ou 2050 ?

scenario pour une production mondiale de liquides  
à partir de réserves ultimes conventionnelles  
(1800+200 Gb) et non-conventionnelles (700 Gb)



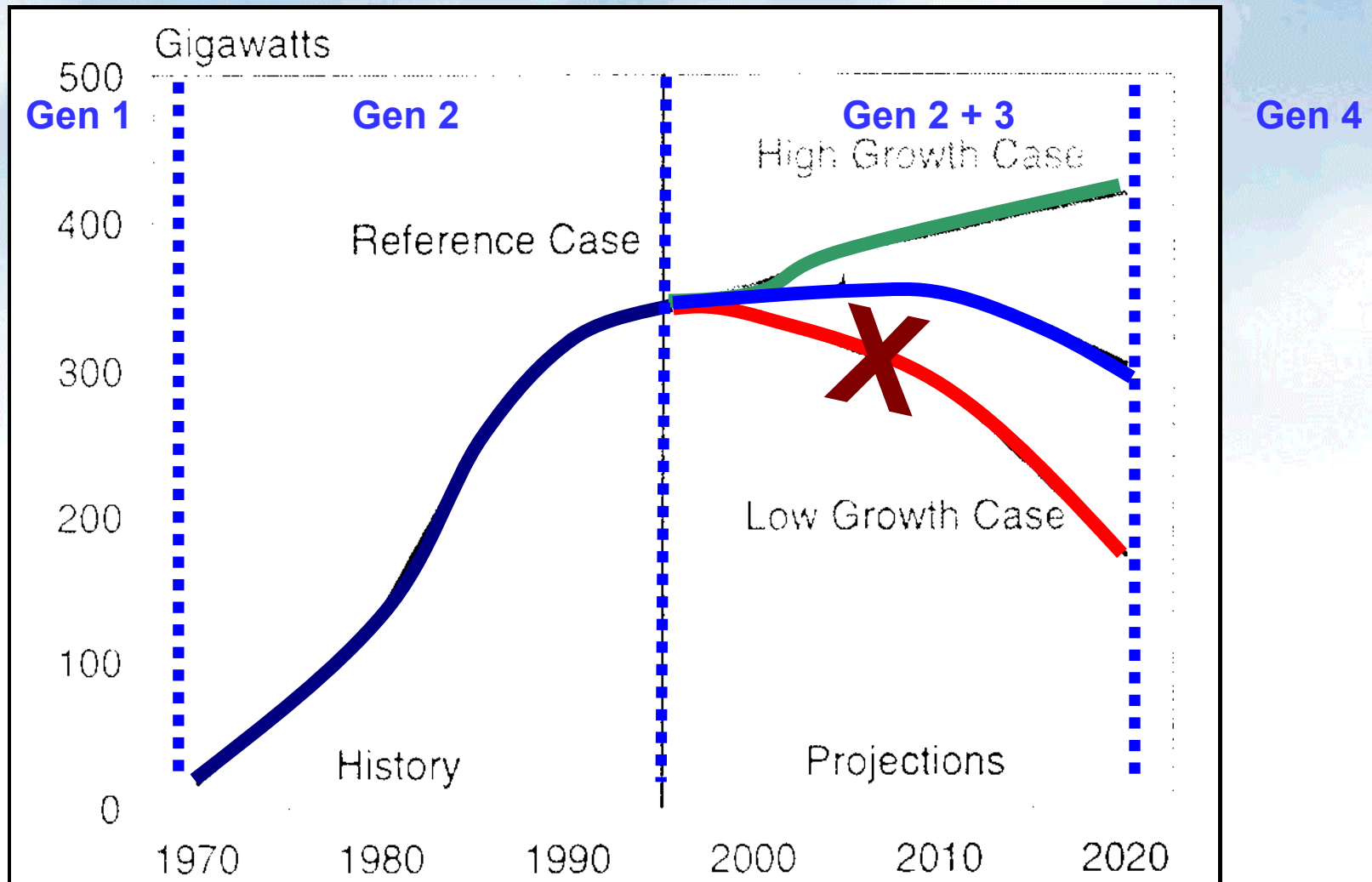
Source : Laherrère-Petroconsultants 1995



Source of historical data: *Oil Economist Handbook*; De Golyer and McNaughton, *Twentieth Century Petroleum Statistics*; *Petroleum Economist*, various editions

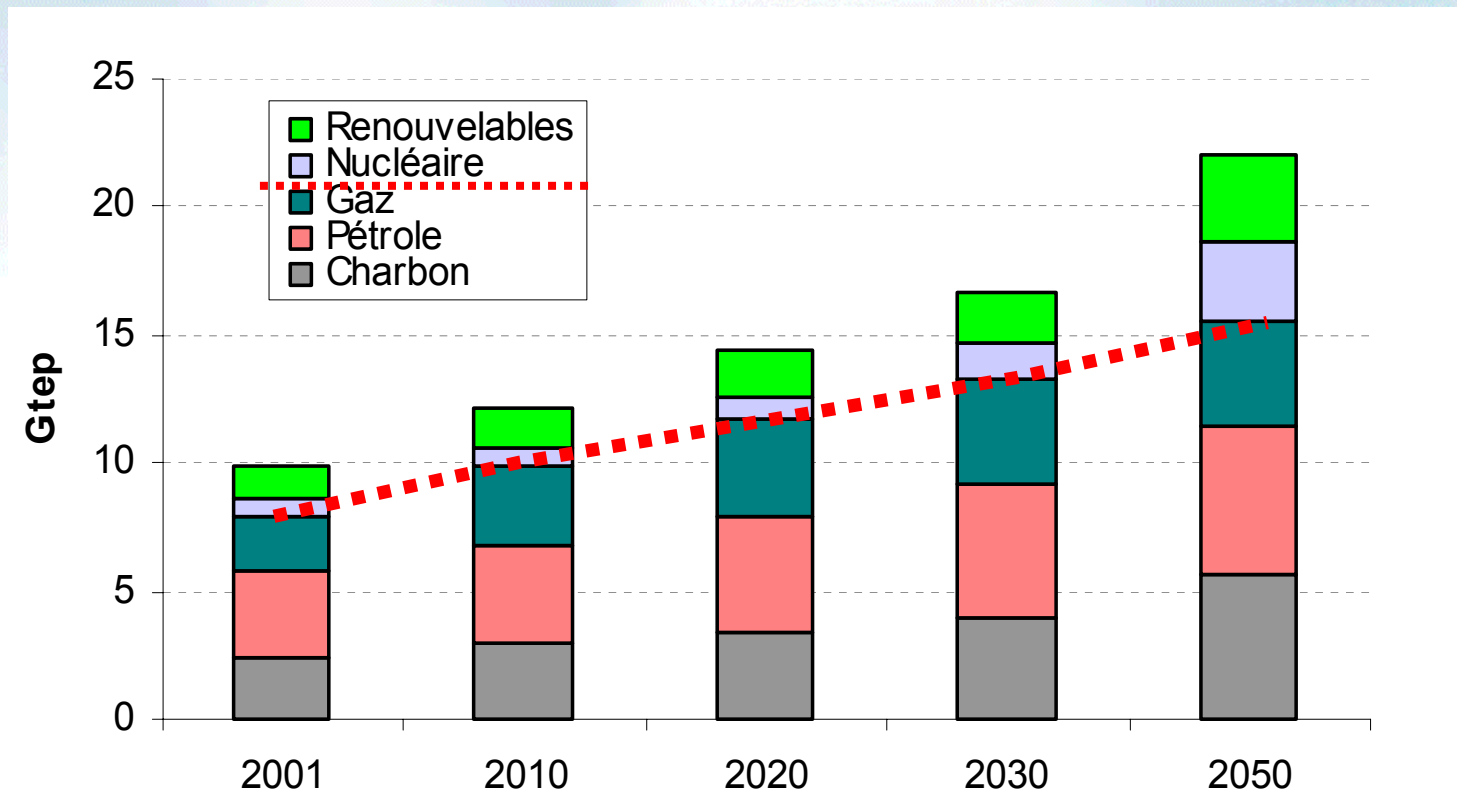
Source : Barnes-OIES

# Nucléaire: quatre générations, trois scénarios (DOE, 1997)



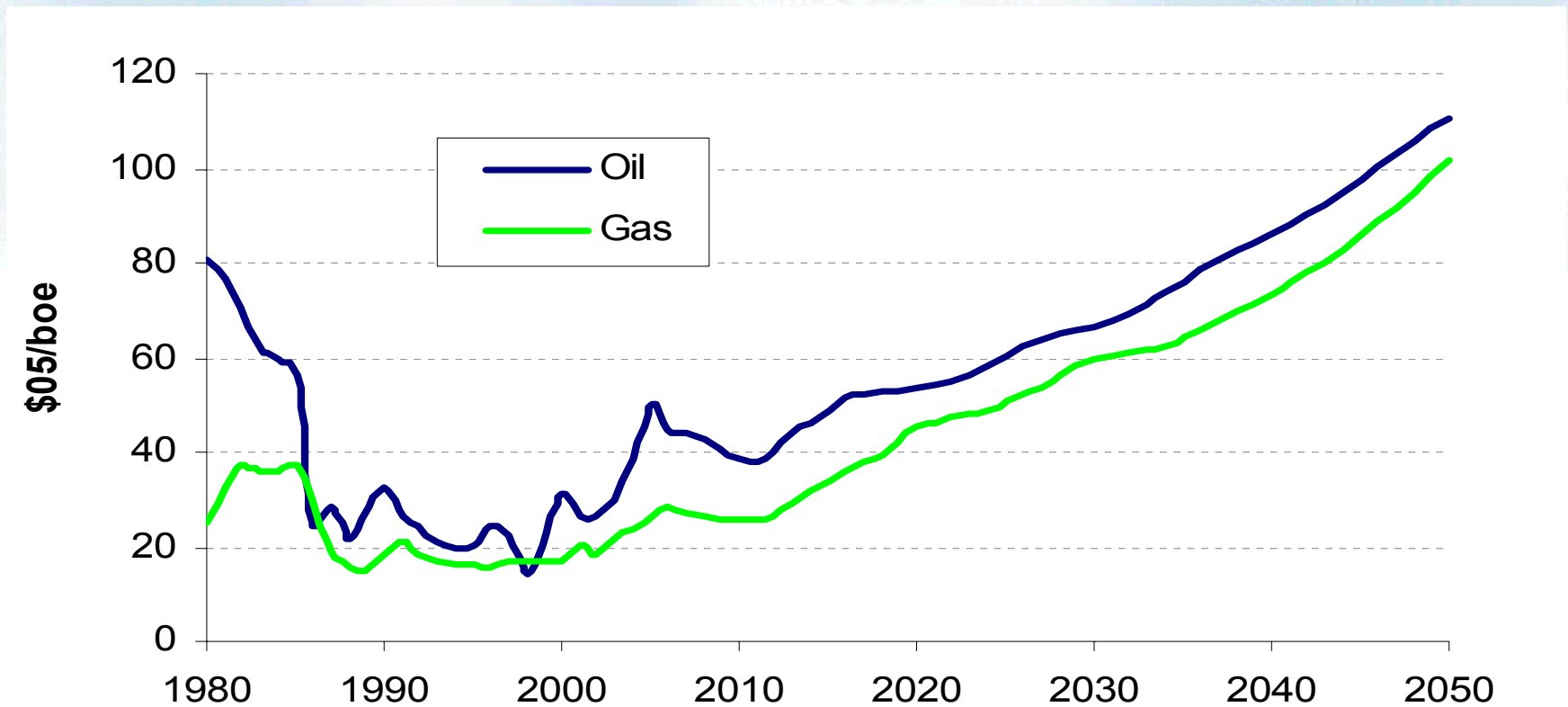
# Projection énergétique 2050 (modèle POLES<sub>2005</sub>)

- ◆ La consommation mondiale est multipliée par 2,2
- ◆ Le pic pétrolier puis gazier entraînent le “grand retour” du charbon
- ◆ ... malgré un développement très significatif des renouvelables et du nucléaire



# REF: Oil and Gas prices and production

- ◆ After some cooling-down, the oil price increases steadily again after 2010 and it reaches a structural level of more than 100 \$/bl in 2050



# **Transitions énergétiques et environnementales au XXIème siècle**

- ◆ **La projection de Référence,  
ou “le monde tel qu’il va”**
- ◆ **Energie: la demande et l’offre**
- ◆ **La contrainte climatique**
- ◆ **Quelles solutions ?**

# IPCC AR4, SPM WG 3, Fig. SPM 8

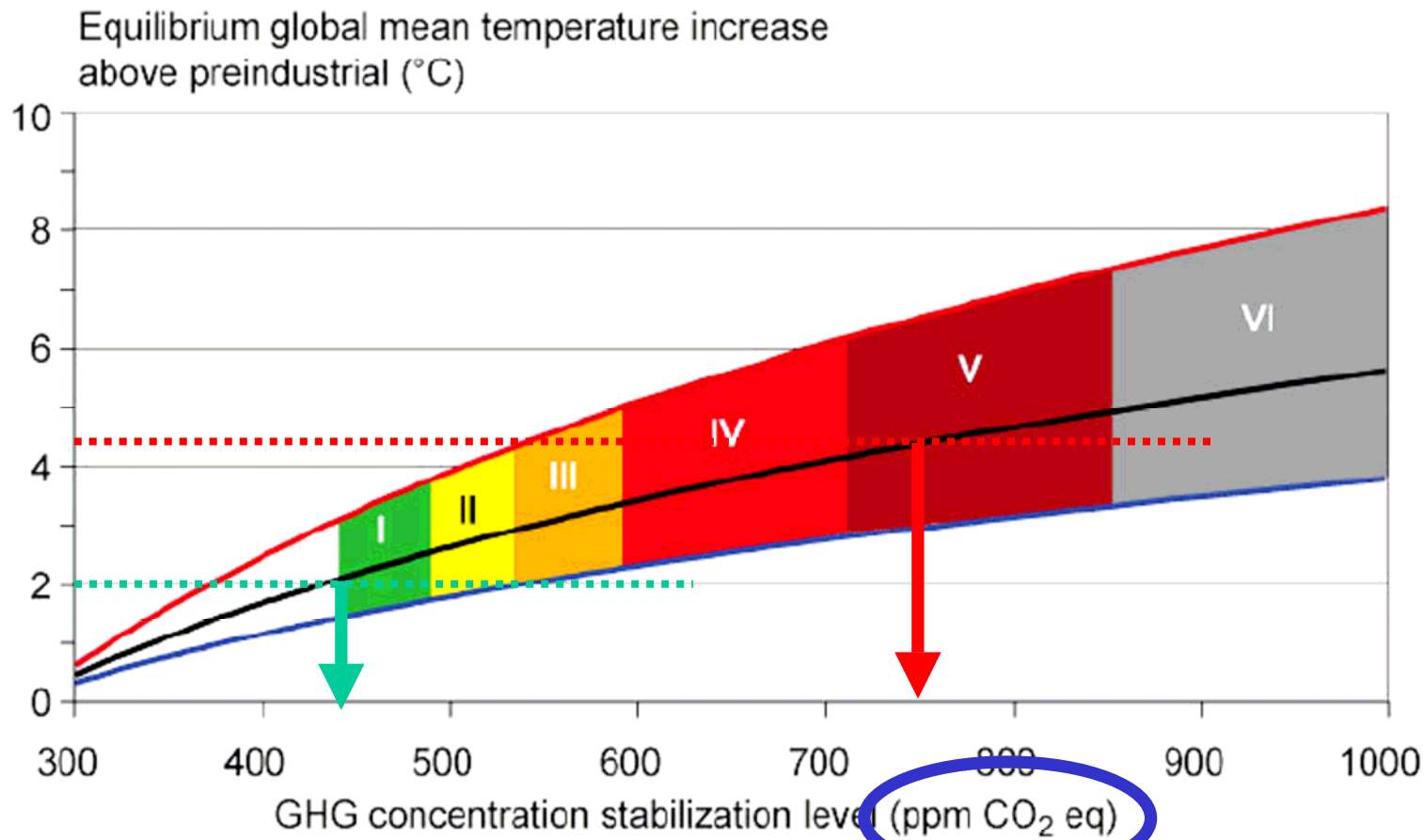
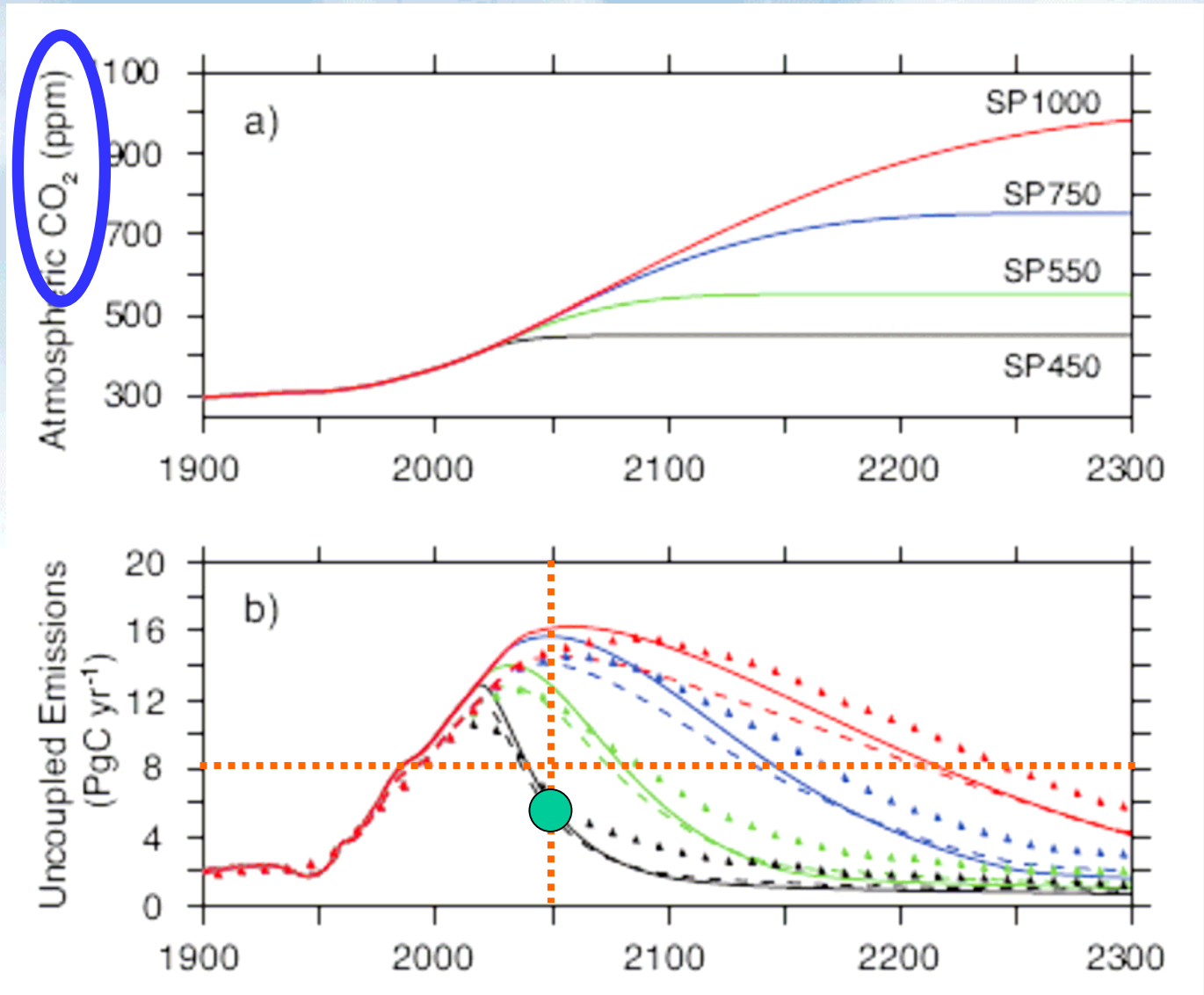


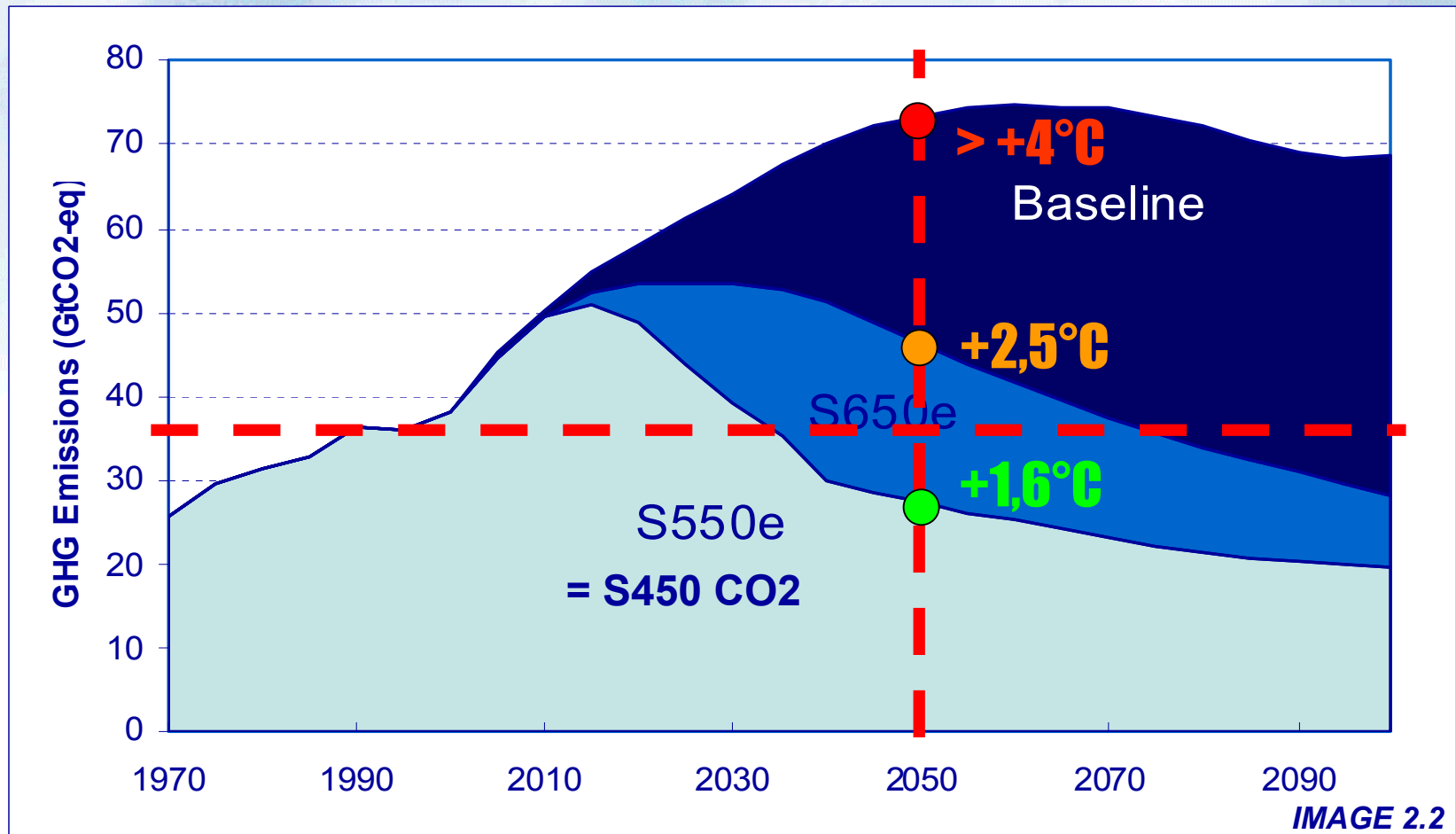
Figure SPM 8: Stabilization scenario categories as reported in Figure SPM.7

# AR4 WG1, Fig 10.21: CO2 stabilisation profiles



# La cohérence européenne: 2°C – S450 – F4

- ◆ Pour respecter l'objectif du 2°C, les émissions mondiales doivent être revenues en 2050 à 20-30% en dessous du niveau de 1990



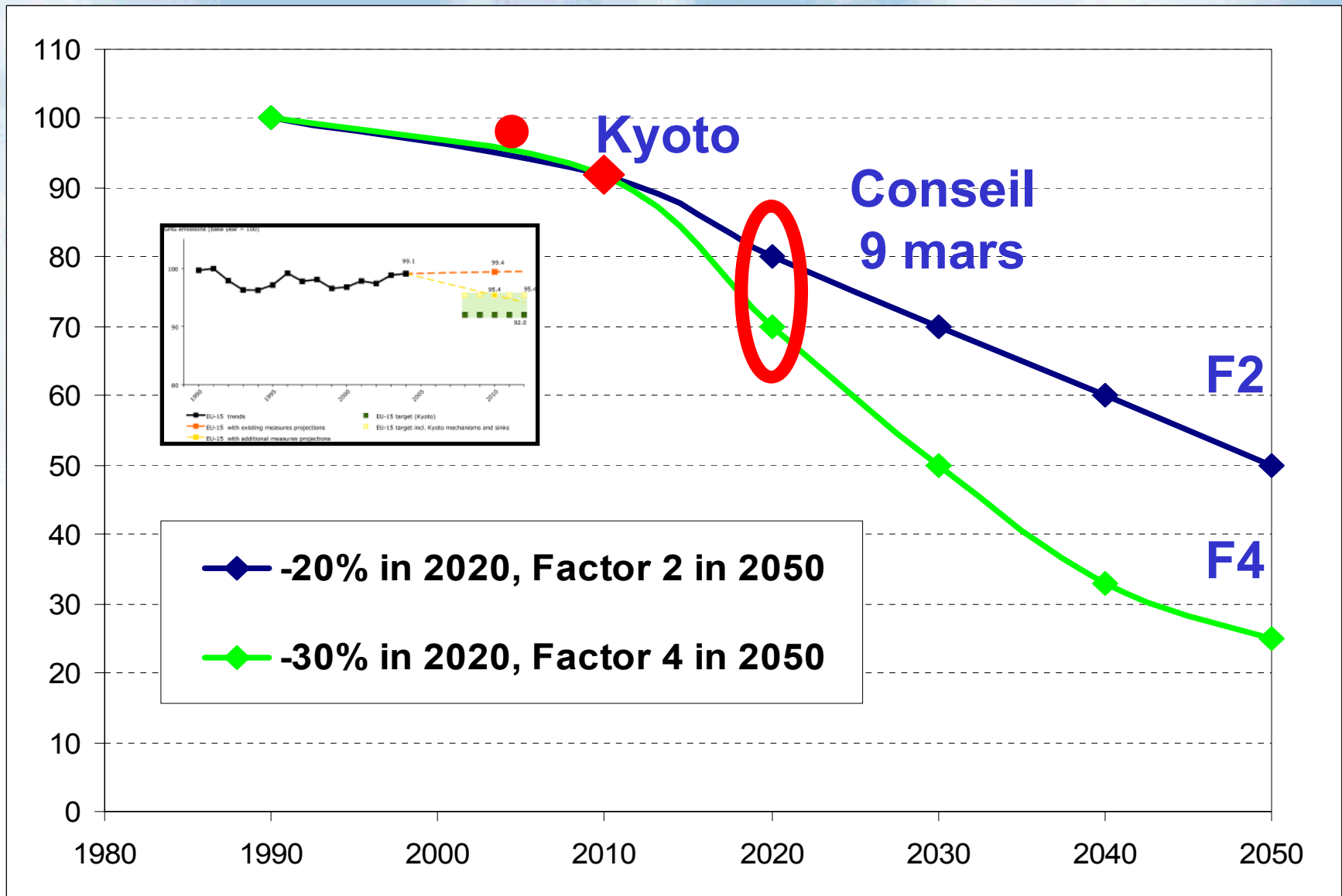


# Objectifs climatiques et effort de réduction des émissions

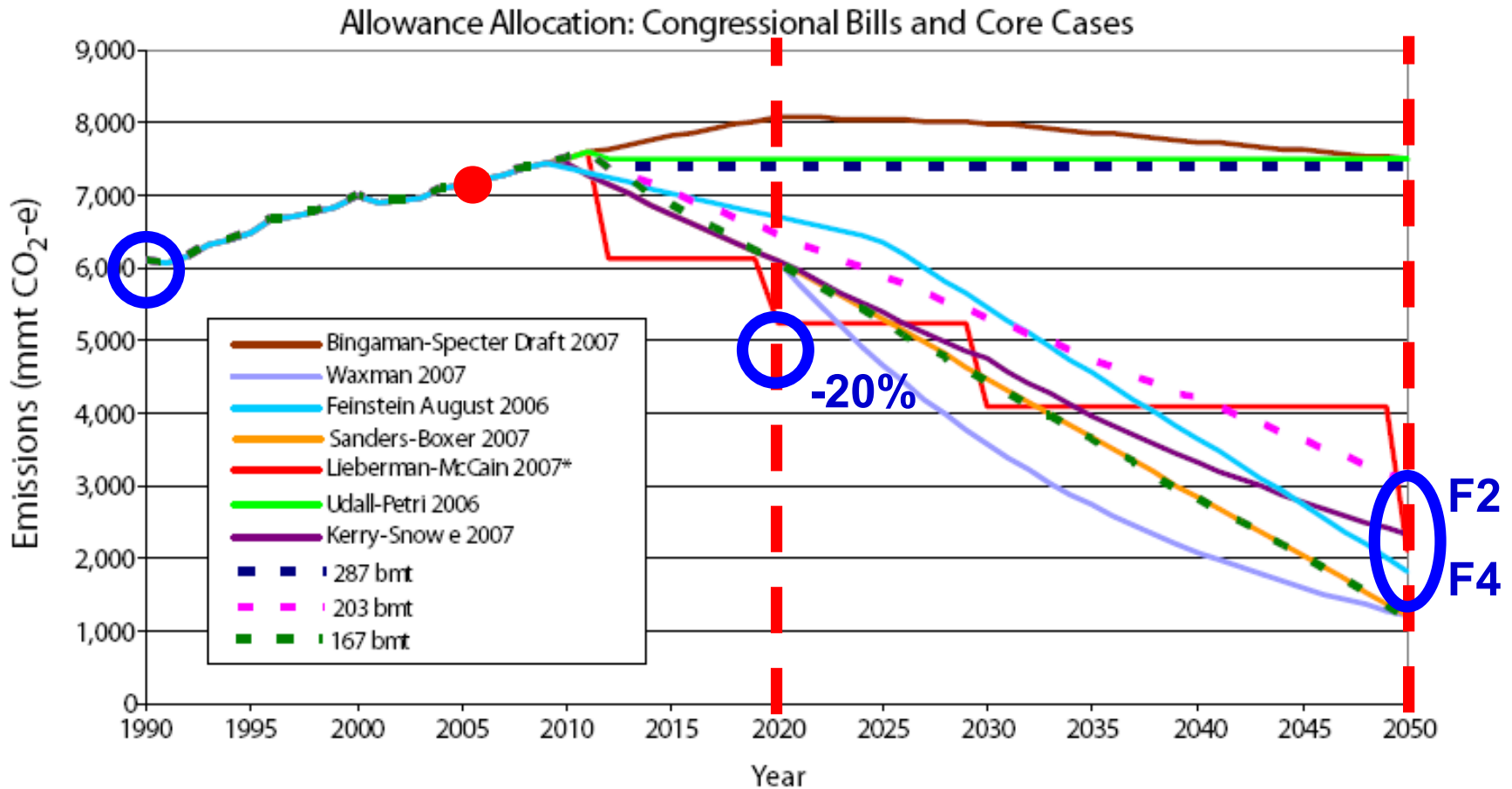
- ◆ L'objectif de limitation de l'augmentation attendue de la température moyenne (pas plus de 2°C selon l'UE) imposera un effort significatif de réduction des émissions

Profil d'émission	Augmentation temp. / pré-ind. (pour sensibilité climatique médiane)	Objectifs 2050 comparés aux émiss. 1990	
		Annexe I	Non Annexe I
<b>S650e</b> <b>S550 CO2</b>	+ 2.5°C / pre-ind. + 1.9 °C / 2000	<b>/ Facteur 2</b>	<b>x 2</b> pays émergents <b>x 5</b> pays moins avancés
<b>S550e</b> <b>S450 CO2</b>	+ 1.6°C / pre-ind. + 1.0 °C / 2000	<b>/ Facteur 4</b>	<b>x 1</b> pays émergents <b>x 3</b> pays moins avancés

# Les objectifs européens 2020, en ligne avec le F4



# Les propositions au congrès US (source MIT, 2007)



**Figure 1.** Scenarios of allowance allocation of Congressional Bills and core cases over time.  
 [Note: for Lieberman-McCain, this is the allowance path for covered sectors only.]

# **Transitions énergétiques et environnementales au XXIème siècle**

- ◆ **La projection de Référence,  
ou “le monde tel qu’il va”**
- ◆ **Energie: la demande et l’offre**
- ◆ **La contrainte climatique**
- ◆ **Quelles solutions ?**

# Four key technology portfolios for S450-F4 scenarios

*(From J. Pershing, March 2003)*

## The Technology Approach



Hydrogen Fuel Cell



ULCOS

Deep cuts in emissions require advanced technologies **SOON**

no single technology can do it all



Renewable Energy Technologies



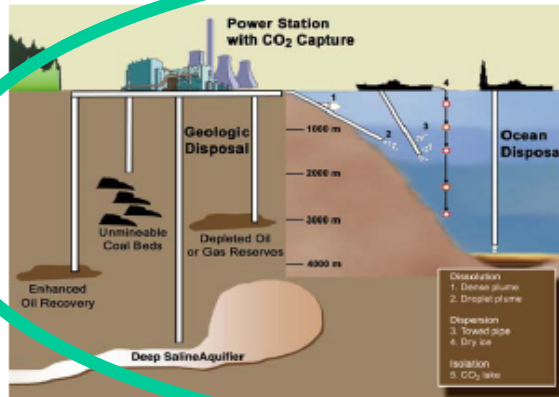
Bio-refinery and Power



Zero Net Emission Buildings



Nuclear Power Generation IV



Carbon (CO<sub>2</sub>) Sequestration



Vision 21: Zero-Emission Power Plant

# Politiques publiques: comment « inciter » aux bons changements de comportement ?

## TAXES

Pigou (1920)

Sol: taxes / puiss. publ.

Pb: évaluation des coûts

## PERMIS

Coase (1960)

Sol: droits de propr. +  
négoc.

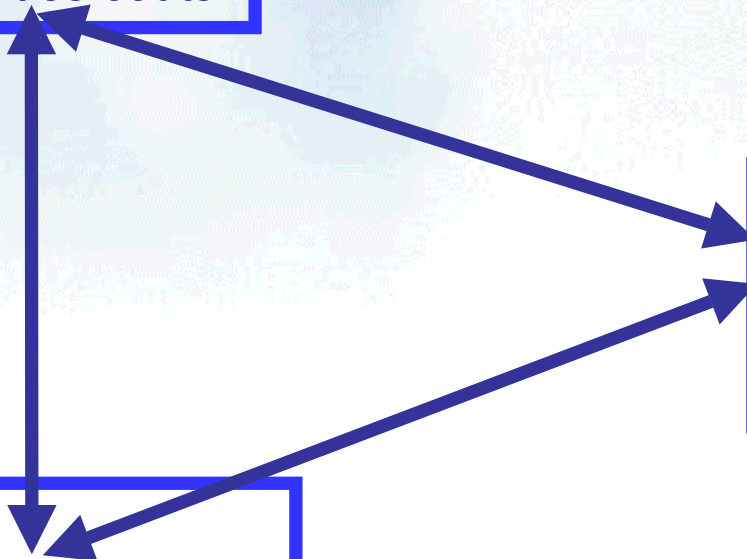
Pb: coûts de transaction

## POLITIQUES & MESURES

Commande & Contrôle

Sol: normes et stdds.

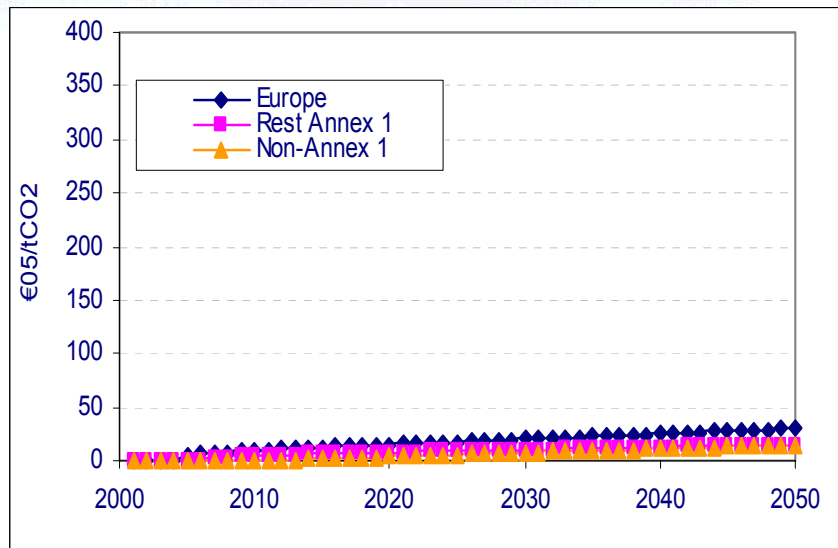
Pb: efficacité éco.



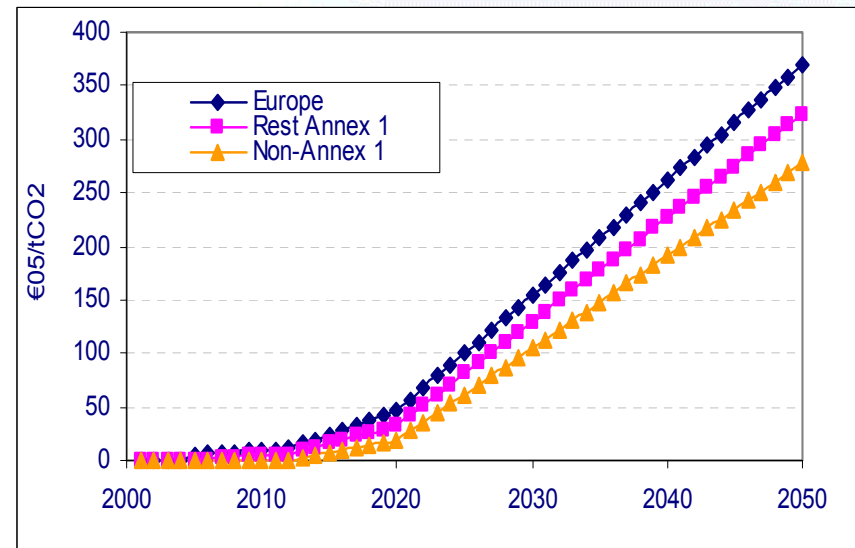
# Signaux « Valeurs du Carbone » perçus par les secteurs

- ◆ Enveloppe d'émission mondiale exogène (stab en 2020, 15 GtCO<sub>2</sub> en 2050)
- ◆ Signal prix identique pour tous les secteurs, mais avec une faible différenciation régionale
- ◆ Profil temporel du prix linéaire (non optimal) mais *crédible et connu*, correspondant à une « action précoce »
- ◆ Pas de mesures de « compensation »

REF

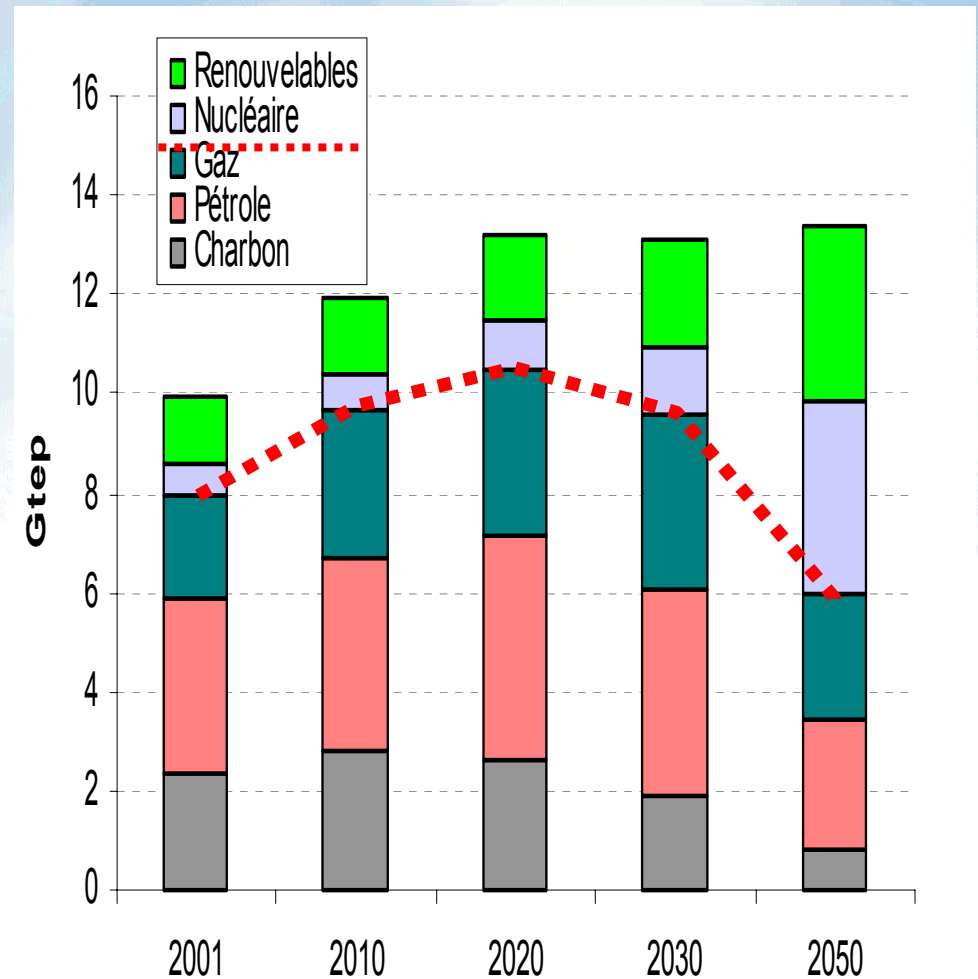


F4



# Un scénario mondial de stabilisation 450 ppm CO2 (modèle POLES2005)

- ◆ La consommation mondiale d'énergie baisse de 22 à 14 Gtep
- ◆ 55% de l'approvisionnement provient maintenant des renouvelables et du nucléaire

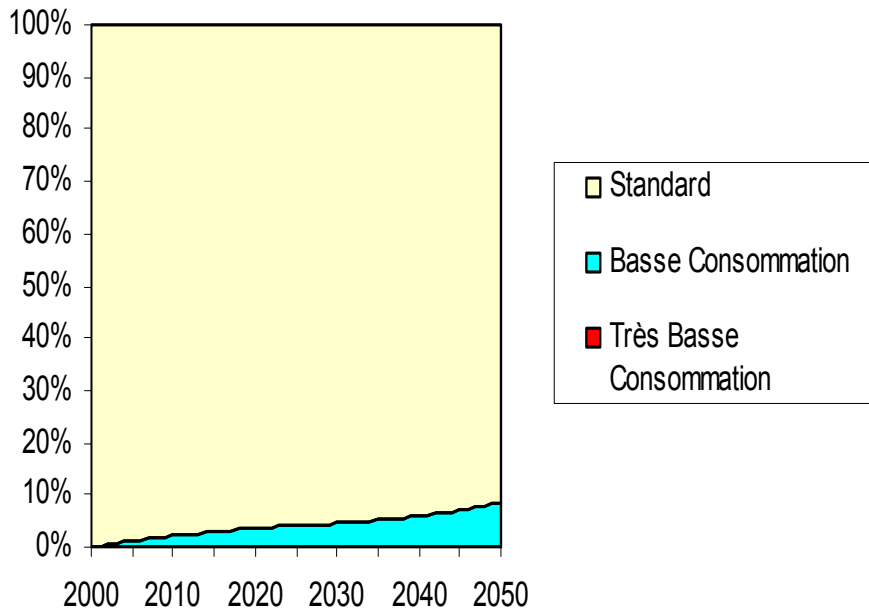




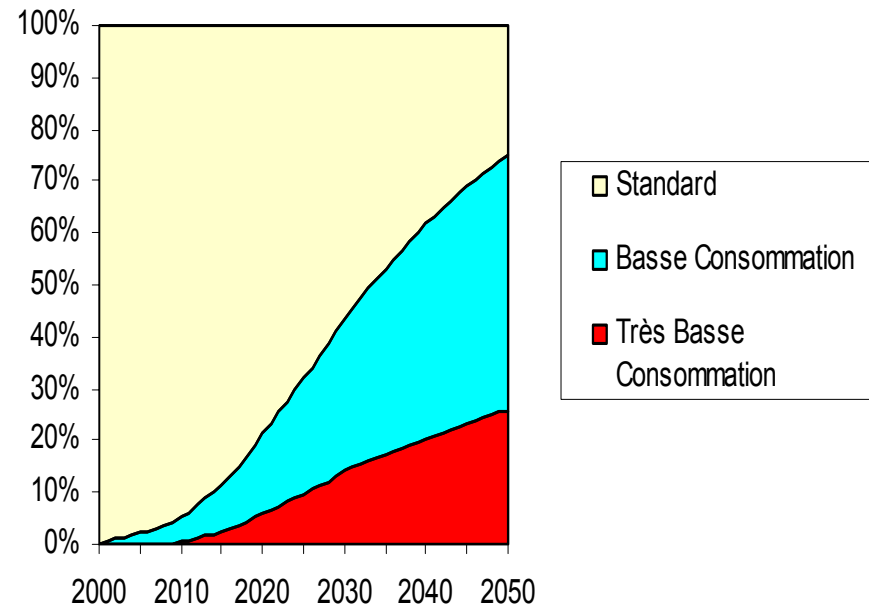
# Diffusion des Bâtiments Basse Energie dans le Facteur 4

- ◆ Le Facteur 4 impose la diffusion des bâtiments à énergie zéro ou positive ...
- ◆ ainsi qu'une réhabilitation thermique profonde de l'existant

## Référence



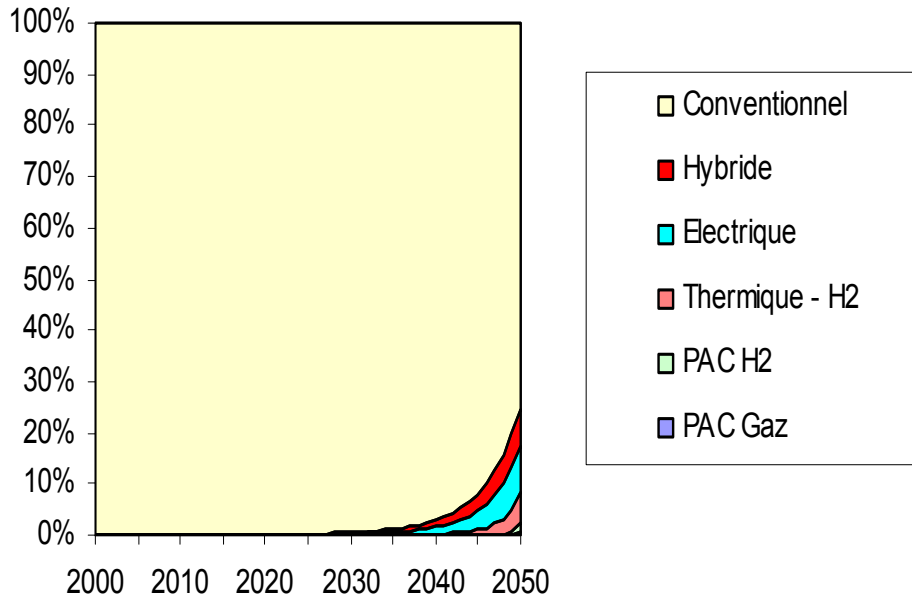
## Facteur 4



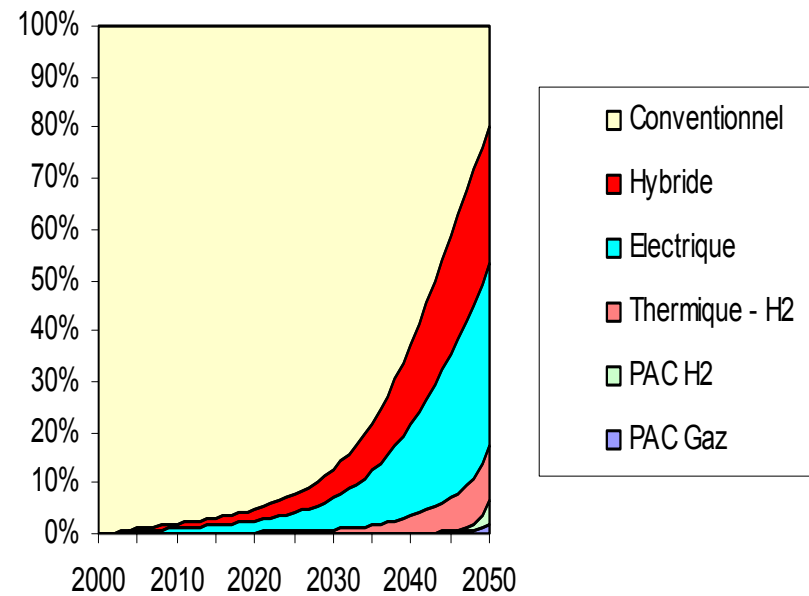
# Diffusion des Véhicules Basse Energie dans le Facteur 4

- ◆ Le développement des véhicules Très Basses Emissions devient un enjeu industriel ...
- ◆ mais ne préjuge pas des changements d'infrastructures et de comportement

Référence



Facteur 4



## Plug-in Vehicles and Renewable Energy

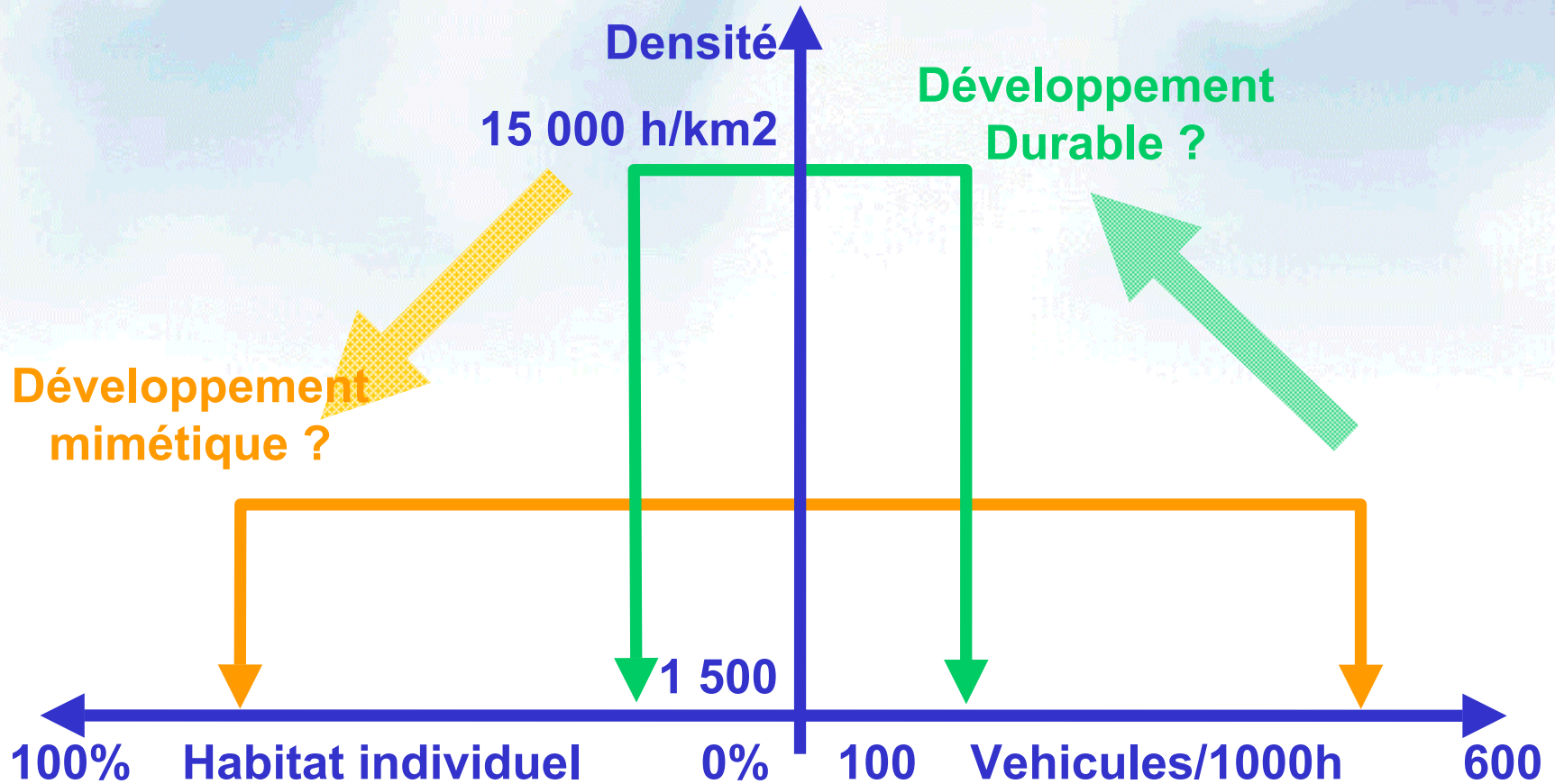


- Plug-in Vehicles are the only practical vehicles that can be charged from renewable energy produced at home

- A 2 kW rooftop solar array provides all the electricity for typical 12,000 mi/yr
  - \$12 - 15,000 upfront cost
  - 180 - 260 square feet
  - 6 - 8 year payback
  - >30-year life

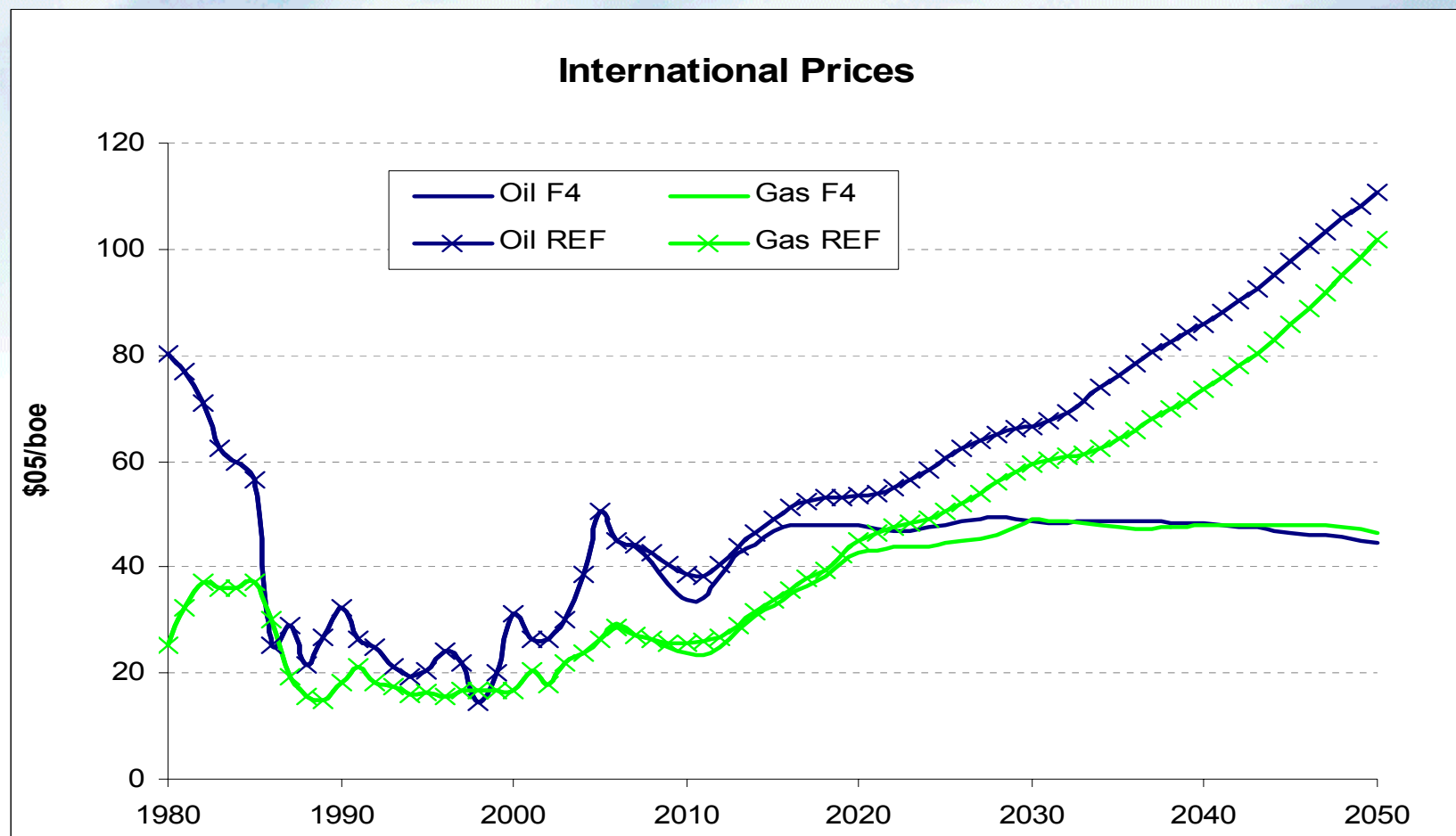


# Le noeud gordien: urbanisation – bâtiment – transports



# Impacts des scénarios de forte contrainte CO2

- ◆ La forte contrainte imposée aux consommations de fossiles se traduit par une demande et des prix plus faibles, une gestion plus durable des ressources rares



# Conclusions

# Gérer deux transitions

- ◆ **Il y a une dissymétrie dans les modes de gestion des deux transitions « énergie-climat » :**
  - Le fait de laisser la rareté sur les marchés gérer le problème énergétique nous conduira de Charybde en Scylla, en aggravant le problème climatique
  - Alors que l'investissement dans les politiques de maîtrise du changement climatique nous apportera le double dividende d'une gestion plus durable, et moins porteuse de crises, des ressources rares pétrole et gaz

# Conclusions pour les technologues

- ◆ **On peut s'attendre aujourd'hui à des "valeurs du carbone" et à des prix de l'énergie au consommateur très élevés:**
  - En effet il n'y a pas à horizon 2050 de technologie-miracle permettant de recréer l'abondance énergétique
  - Toutes les options devront être mobilisées, dans des proportions variables en fonction de leurs coûts de développement à long terme
- ◆ **Il faut donc s'appréter à développer des innovations plus radicales qu'incrémentales**



- ◆ 2004-2005: World Energy Technology Outlook 2050 (WETO-H2, DG-RTD) with ENERDATA, FPB-Belgium, IPTS (on-going)  
[http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/weto-h2\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/weto-h2_en.pdf)
- ◆ 2003-2004: Emission reduction scenario for France (Factor 4 scenario, Min. of Ind.-F) with ENERDATA  
<http://www.industrie.gouv.fr/energie/prospect/pdf/oe-facteur-quatre.pdf>
- ◆ 2002-2004: Endogenous technical change in a world energy model (SAPIENT + SAPIENTIA, DG-RTD) with NTUA, IIASA, ECN, KUL ...
- ◆ 2001-2003: Greenhouse emission Reduction Pathways and international endowments in the post-Kyoto perspective (GRP, DG-ENV) with NTUA, RIVM, KUL  
[http://europa.eu.int/comm/environment/climat/pdf/pm\\_summary2025.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/climat/pdf/pm_summary2025.pdf)
- ◆ 2001-2003: Economic analysis of the linking of the European EQTS with the international market (Kyoto Protocol Implementation, DG-ENV)  
<http://europa.eu.int/comm/environment/climat/pdf/kyotoprotocolimplementation.pdf>
- ◆ 2001-2003: World energy technology and climate policy framework scenario to 2030 (WETO, DG-RTD) with ENERDATA, FPB-Belgium, IPTS  
[http://europa.eu.int/comm/research/energy/gp/gp\\_pu/article\\_1257\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/research/energy/gp/gp_pu/article_1257_en.htm)
- ◆ 2000-2002: Multi-gas assessment of greenhouse gas emission reduction strategies (GECS, DG-RTD) with NTUA, RIVM, KUL, IPTS
- ◆ 2000-2001: Economic assessment of climate negotiation options, before and after COP-6 (Blueprints for International Negotiation, DG-ENV)  
<http://europa.eu.int/comm/environment/climat/pdf/blueprints.pdf>
- ◆ 1999-2001: ASPEN a software for the analysis of emission quota trading systems with MAC curves from the POLES model (Min. of Env.-F)  
<http://www.upmf-grenoble.fr/iepe/Recherche/Aspen.html>