

# Vers des sociétés sobres en carbone

Patrick Criqui

21-22 novembre 2011



***Introduction: Prospective Energie Climat***

***Scénarios à l'horizon 2050 et au delà***

***Problématiques du Développement Urbain Durable***

***Quelles évaluations des choix énergétiques ?***



# ***Introduction: Prospective Energie Climat***

***Scénarios à l'horizon 2050 et au delà***

***Problématiques du Développement Urbain Durable***

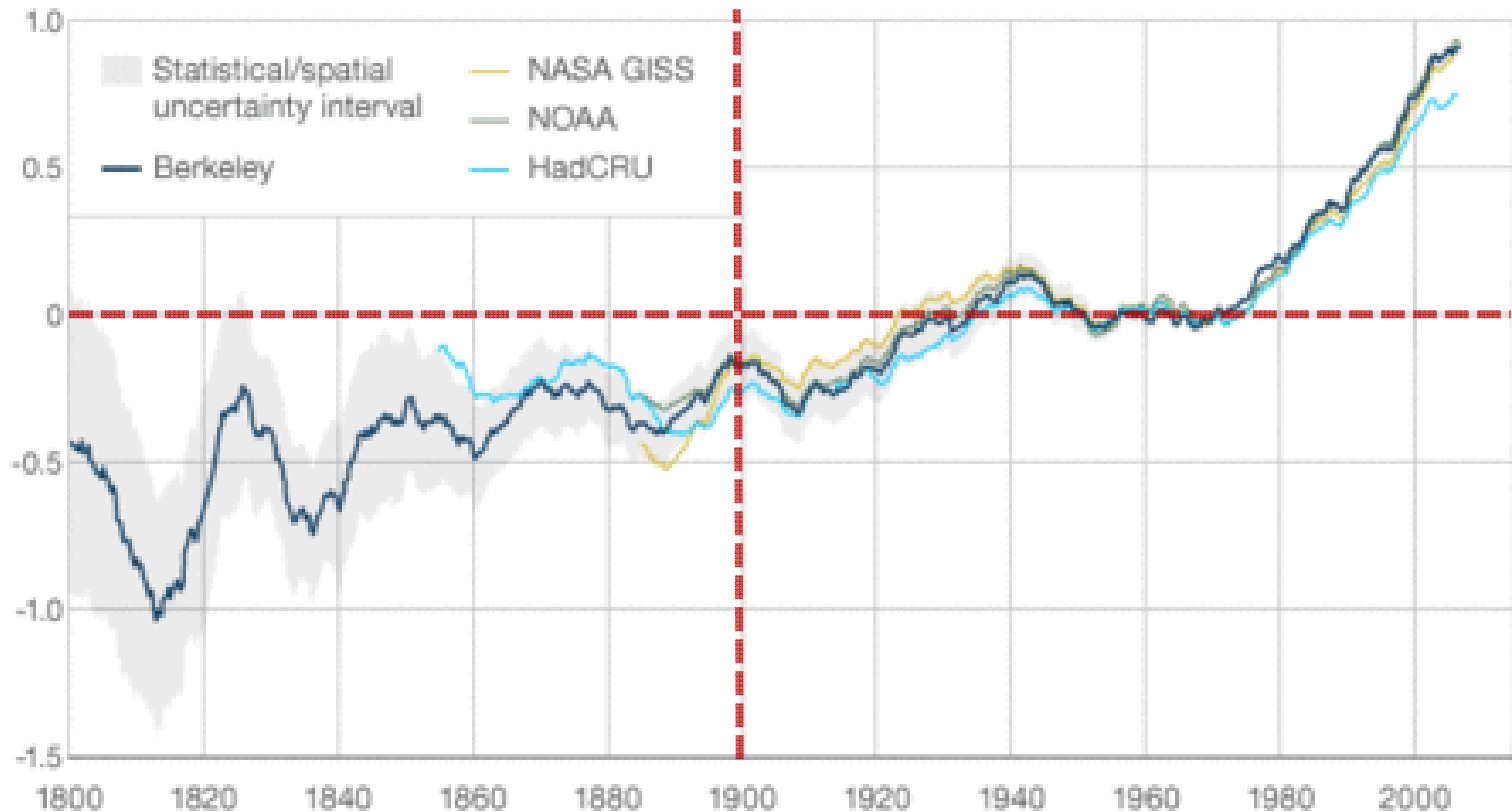
***Quelles évaluations des choix énergétiques ?***



# Changement climatique: ce qui est mesuré

## Decadal land-surface average temperature

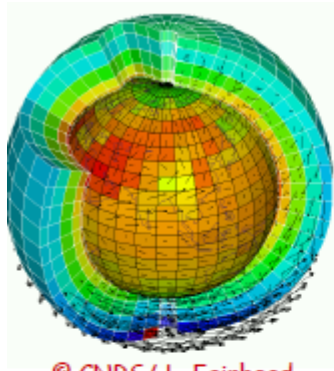
Temperature anomaly (°C)



Source: Berkeley Earth Project

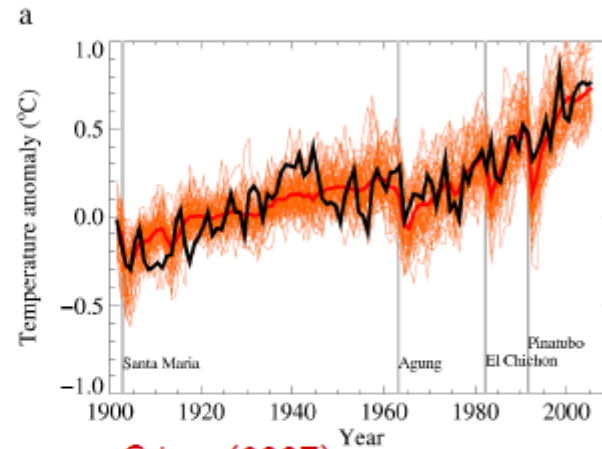


# Source: Sylvie Joussaume SLC 17/09/2011

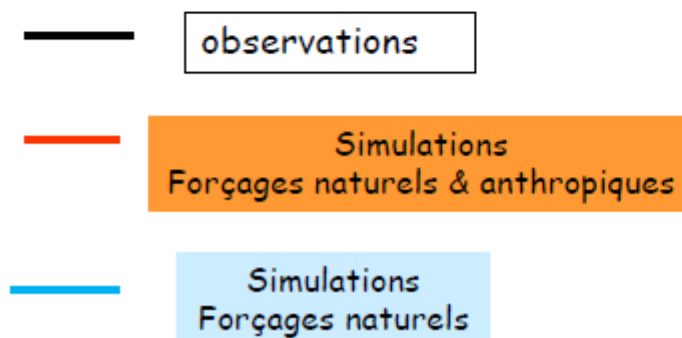
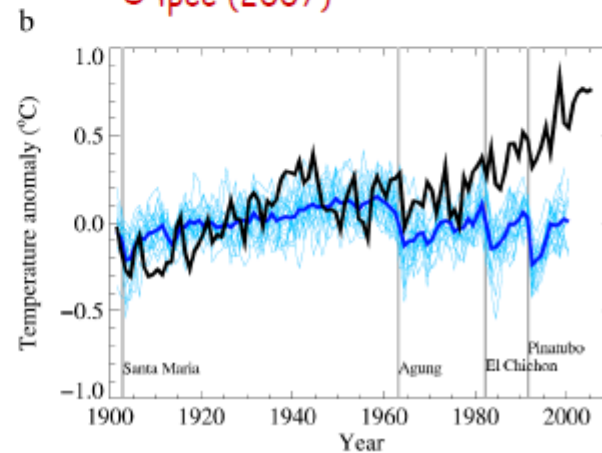


© CNRS/ L. Fairhead

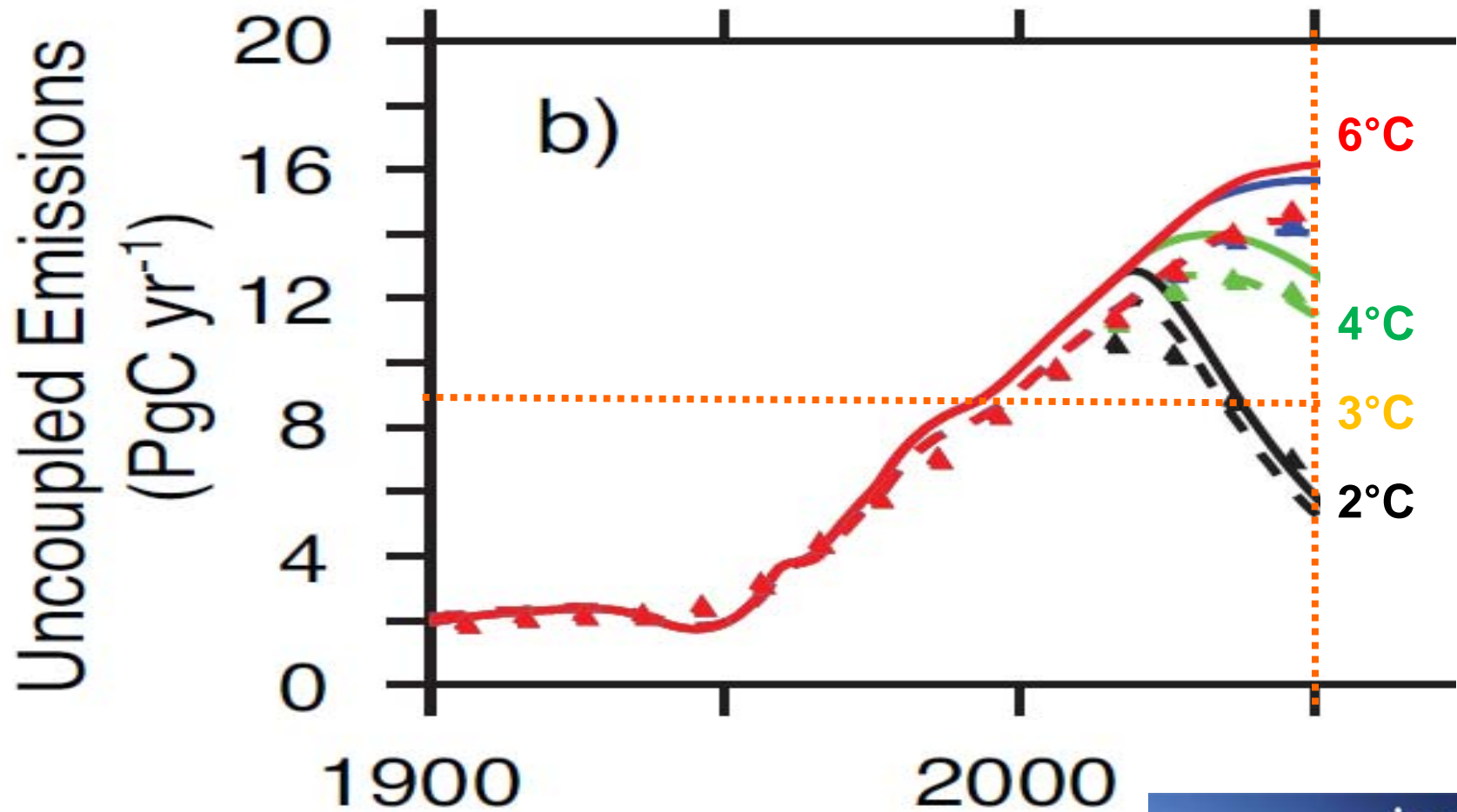
Impact des activités humaines sur le réchauffement global ?



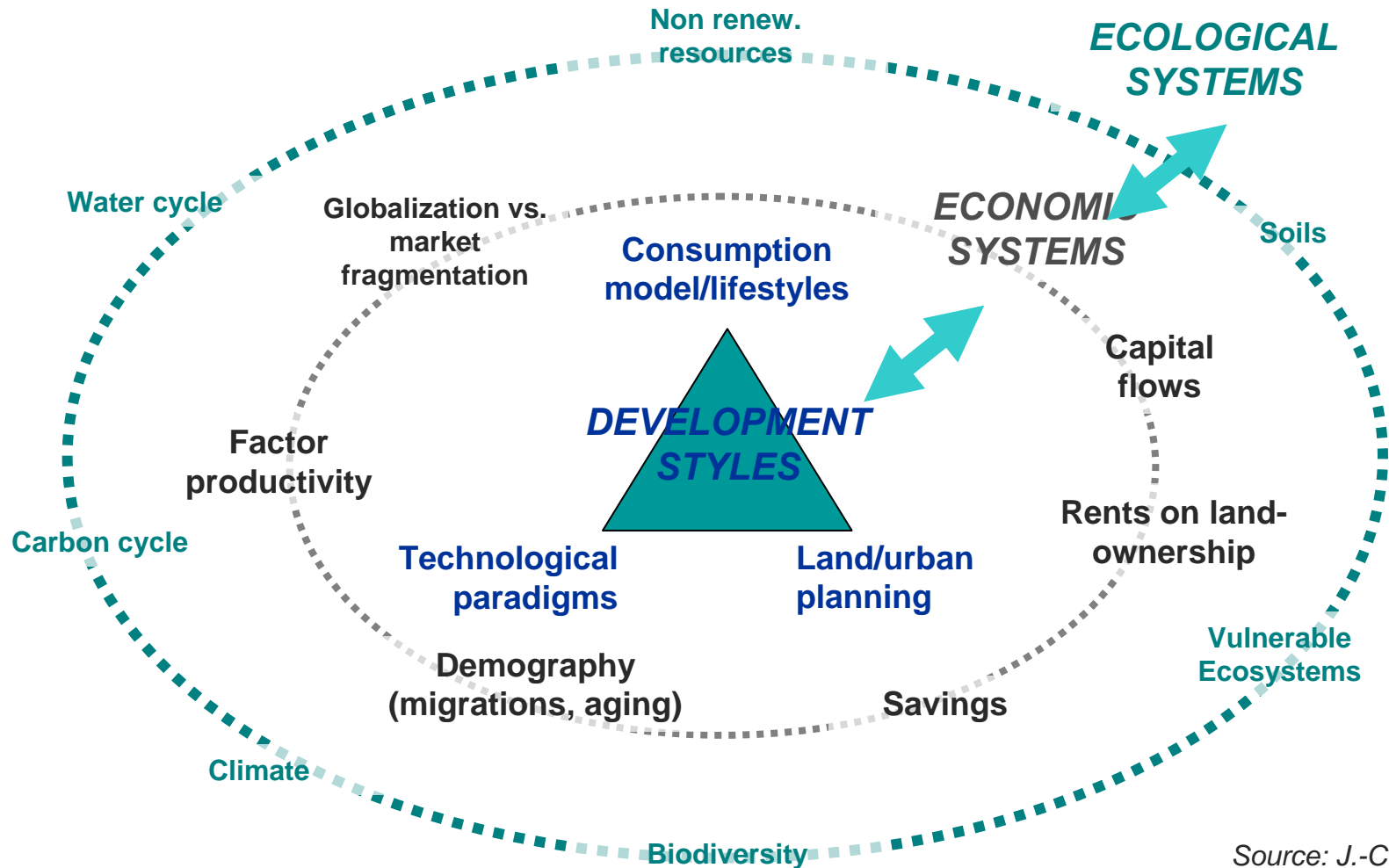
© ipcc (2007)



# Changement climatique: ce qui est projeté



# Models and scenarios: how to describe complexity?



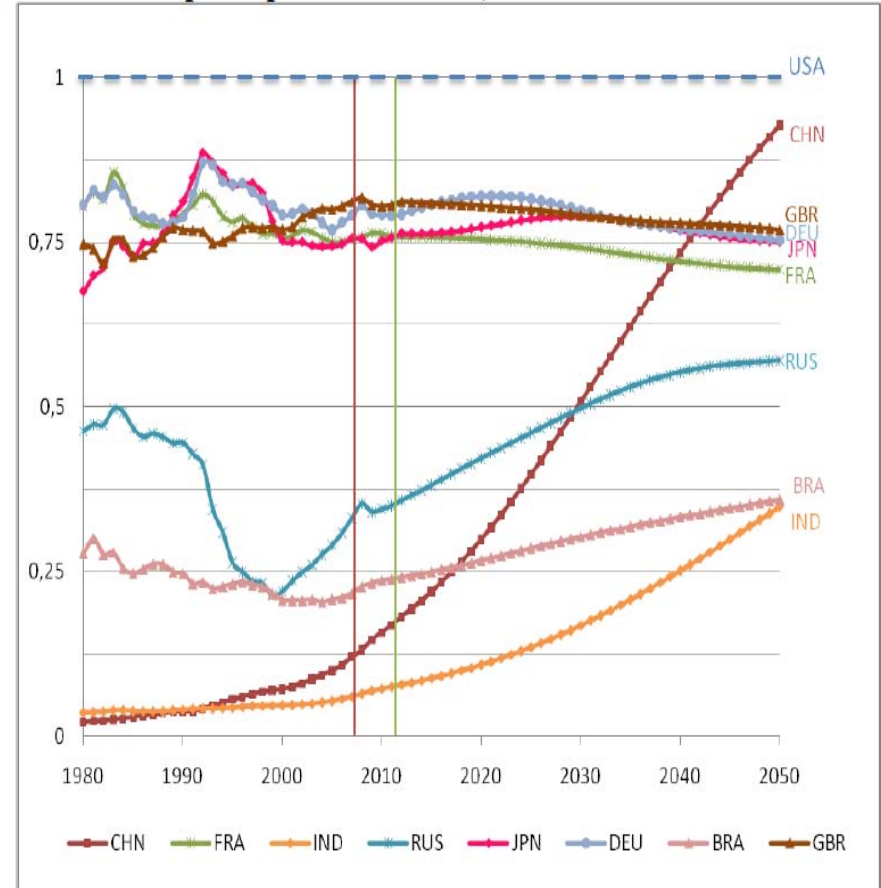
Source: J.-C. Hourcade



# The « Great Convergence »

- ◆ CEPII's economic projection to 2050 for world GDP: 148 T\$ in 2050 / 48 in 2010
- ◆ The catch-up of China with the US might be almost achieved in 2050, with Europe overtaken by 2040 (also see Robert Fogel's forecasts)...
- ◆ This, notwithstanding a pervasive international crisis or political collapse in China

Figure 25 – GDP per capita, 1980-2050 (2005 PPP USD, in % of USA level)

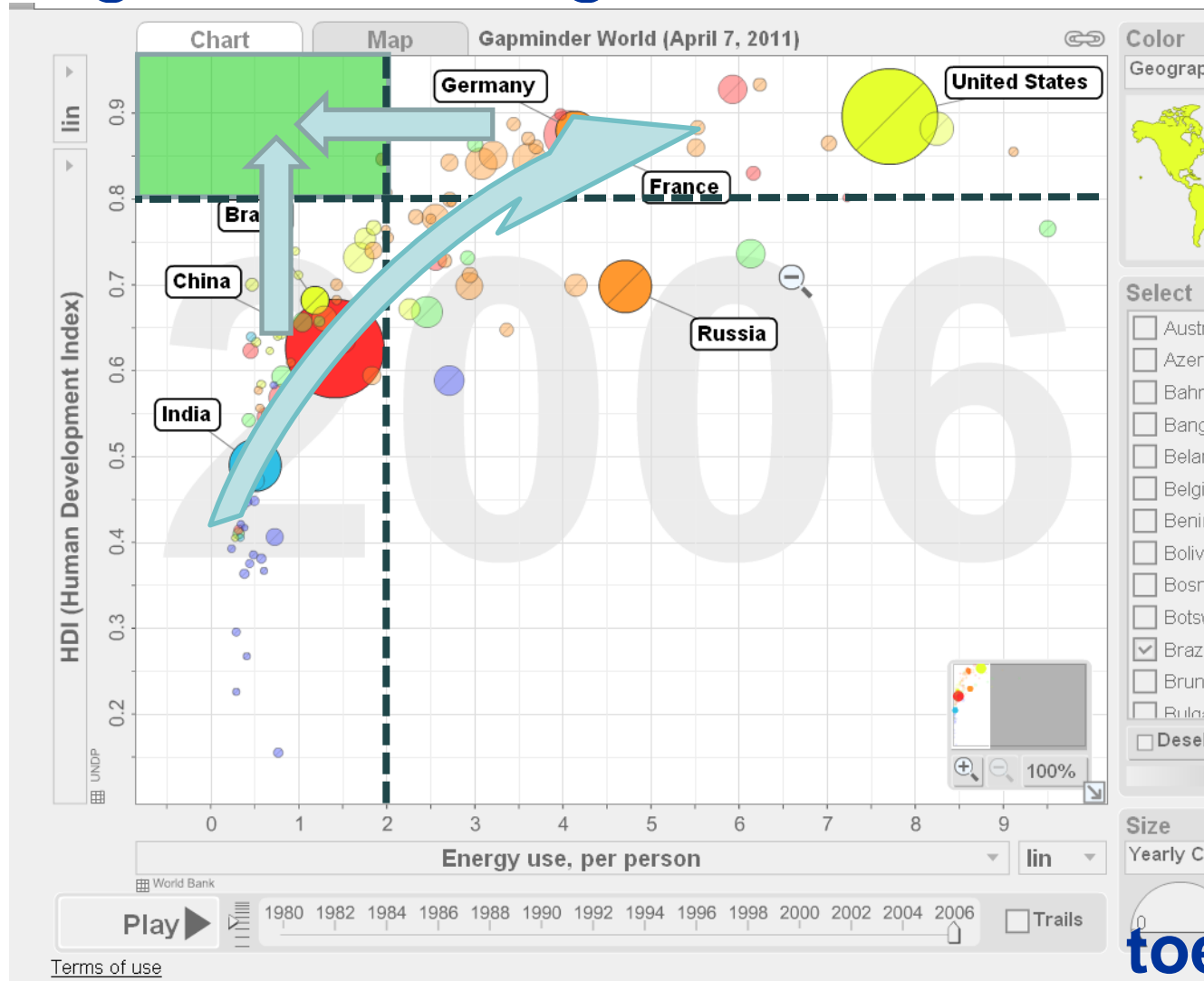


Source: Jean FOURE, Agnès BENASSY-QUERE & Lionel FONTAGNE (2010), The world economy in 2050: a tentative picture, CEPII Working paper 2010-27



# The window of sustainability: what « great convergence » ? (from Gapminder)

HDI



toe/cap



***Introduction: Prospective Energie Climat***

***Scénarios à l'horizon 2050 et au delà***

***Problématiques du Développement Urbain Durable***

***Quelles évaluations des choix énergétiques ?***



# FP7 *Secure* project: Security of Supply and Climate Policy

## ◆ Scenarios

1. The **BaseLine** case is a counter-factual, no climate policy scenario, used mostly for benchmarking
2. The **Muddling Through** scenario describes the consequences of non-coordinated, low profile climate policies
3. The **Europe Alone** case represents the outcome of a scenario in which only the European Union commits to strong targets (-80%)
4. The **Global Regime** explores a new world energy system, under strong emission constraint, consistent with the 2°C target

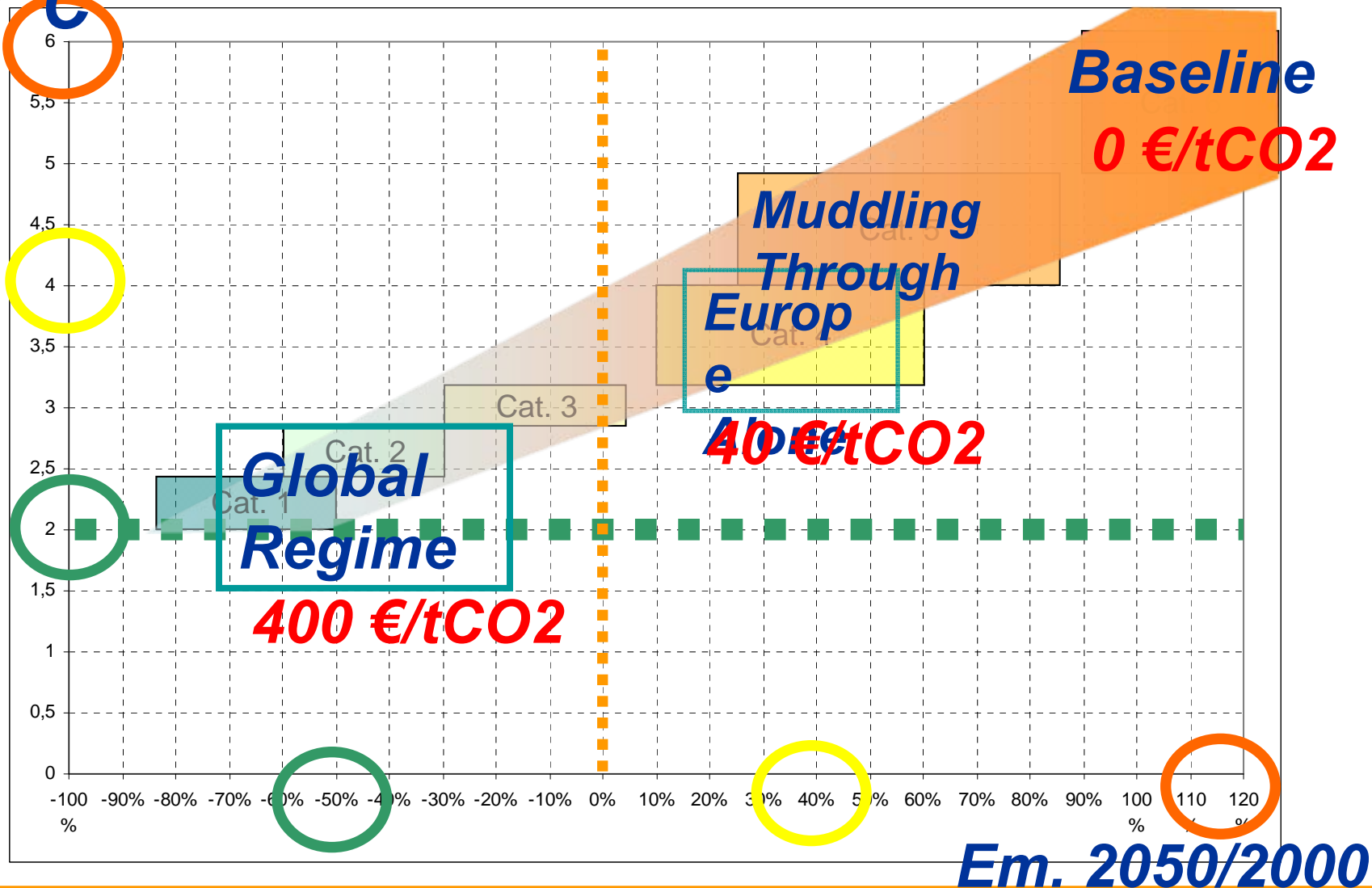
## ◆ Sensitivity studies and shocks

1. Oil and gas shocks
2. Major nuclear accident + phase out
3. Delayed industrial take-off for CCS

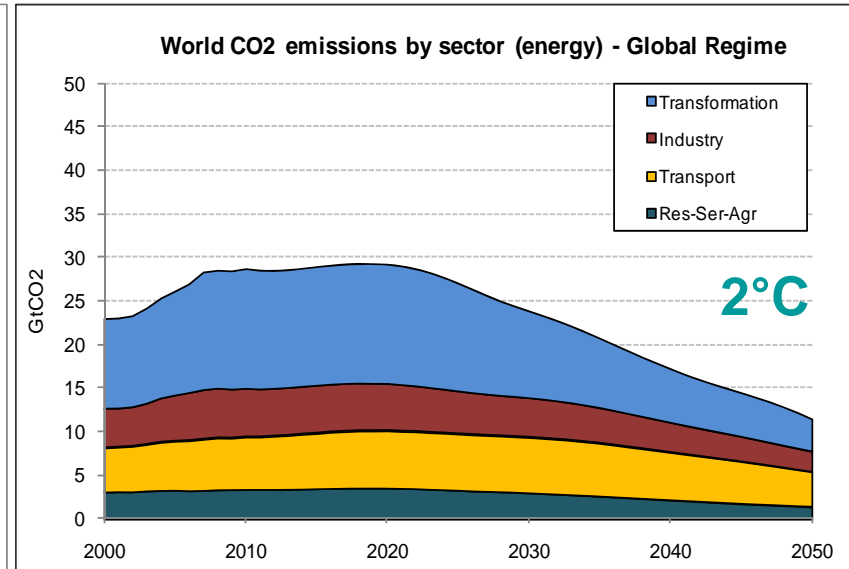
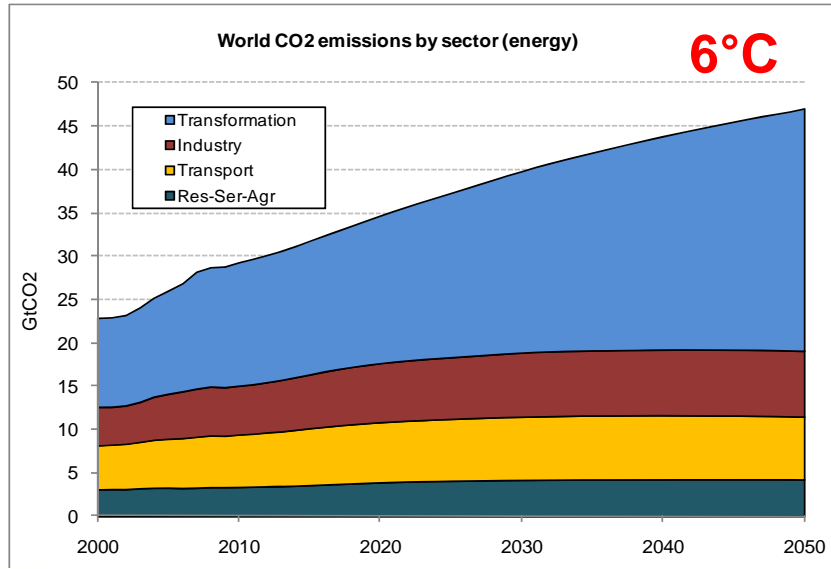
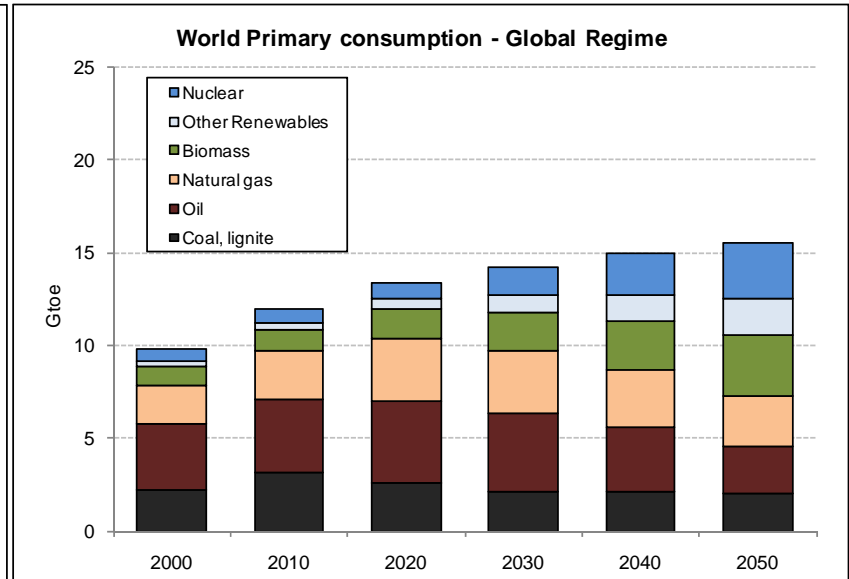
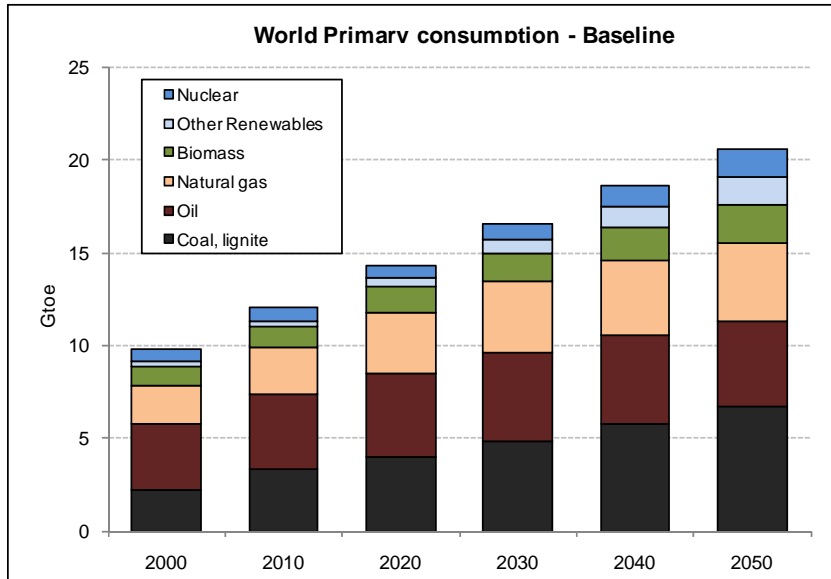


# Secure scenarios viewed from SPM T5 of IPCC-AR4

$\Delta T^{\circ}C$



# Two extreme scenarios up to 2050



# ADAM, FP7 July 2008

- ◆ Similarly the ADAM project explores 3 scenarios with 4 models
- ◆ It also shows a wide range of solutions...
- ◆ and focuses on the necessary conditions for Very Low Stabilization cases (CCS, biomass and renewables)

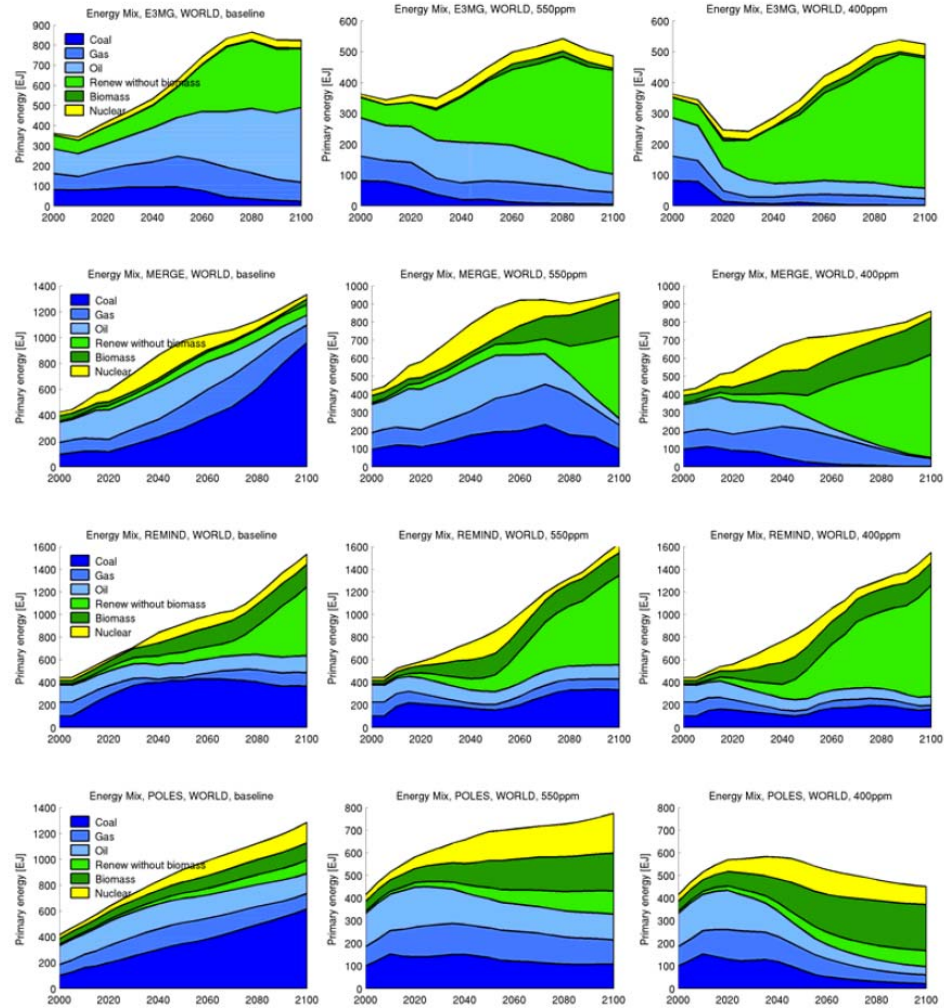


Figure 17: Energy mix for baseline, 550ppm and 400ppm (from left to right) for the different models (from top to bottom: E3MG, MERGE, REMIND, POLES).

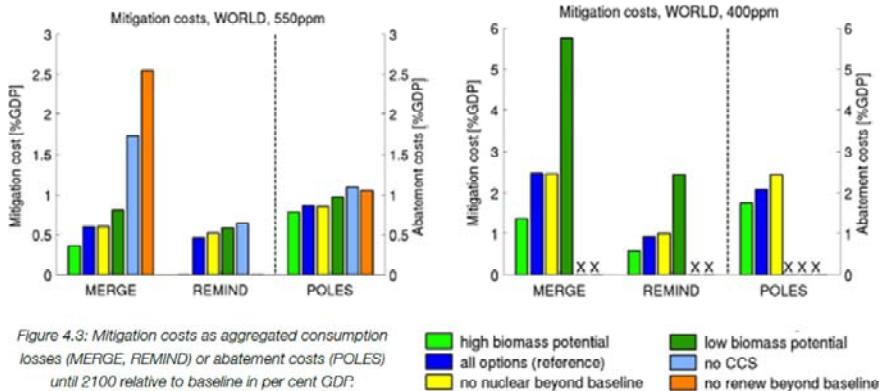


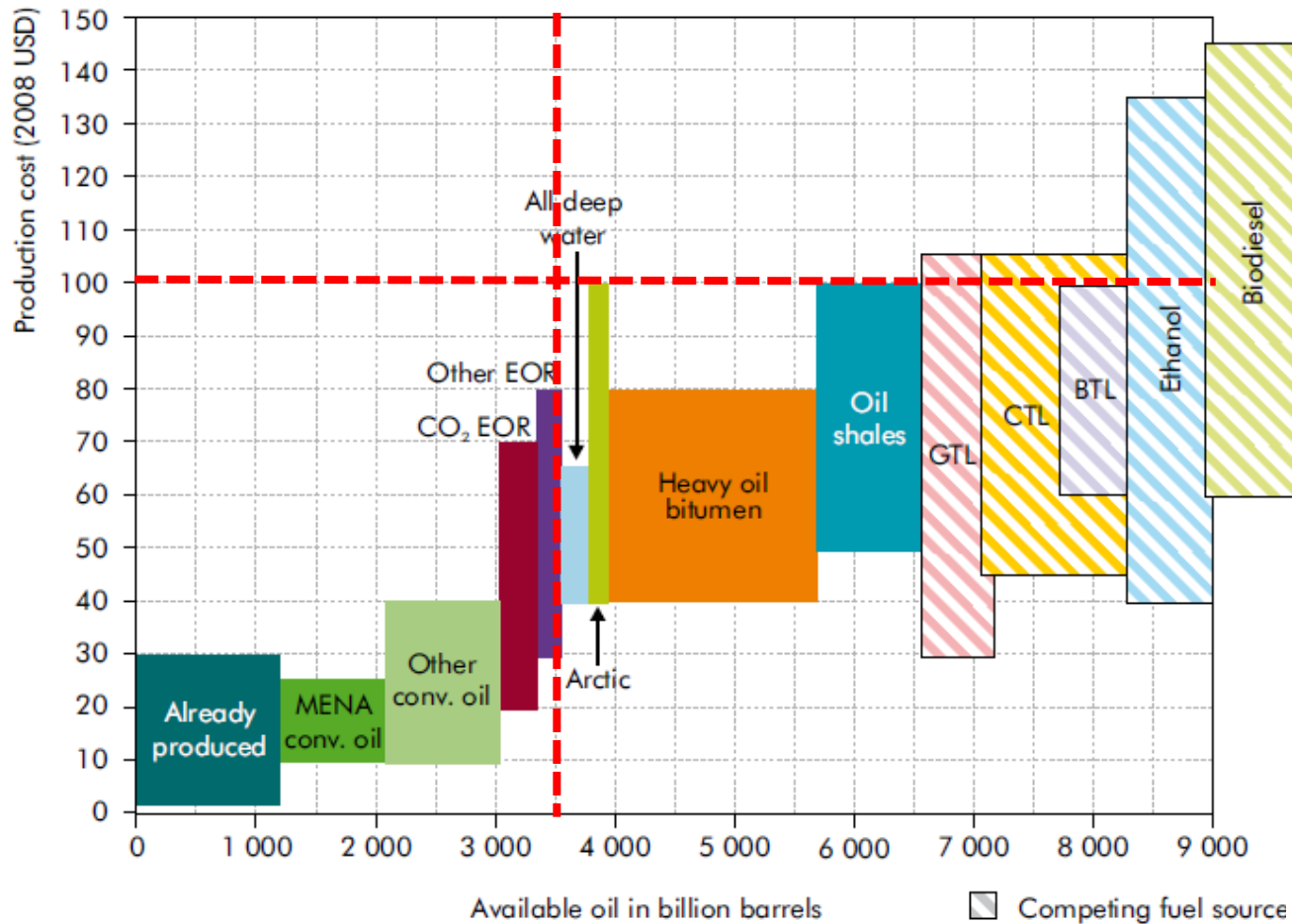
Figure 4.3: Mitigation costs as aggregated consumption losses (MERGE, REMIND) or abatement costs (POLES) until 2100 relative to baseline in per cent GDP.

■ high biomass potential  
■ low biomass potential  
■ all options (reference)  
■ no CCS  
■ no nuclear beyond baseline  
■ no renew beyond baseline



# Des liquides chers mais abondants ...

Production cost curve (not including carbon pricing)



Source: AIE



# Des ressources abondantes... et sales!





*Introduction: Prospective Energie Climat*

*Scénarios à l'horizon 2050 et au delà*

***Problématiques du Développement Urbain Durable***

*Quelles évaluations des choix énergétiques ?*

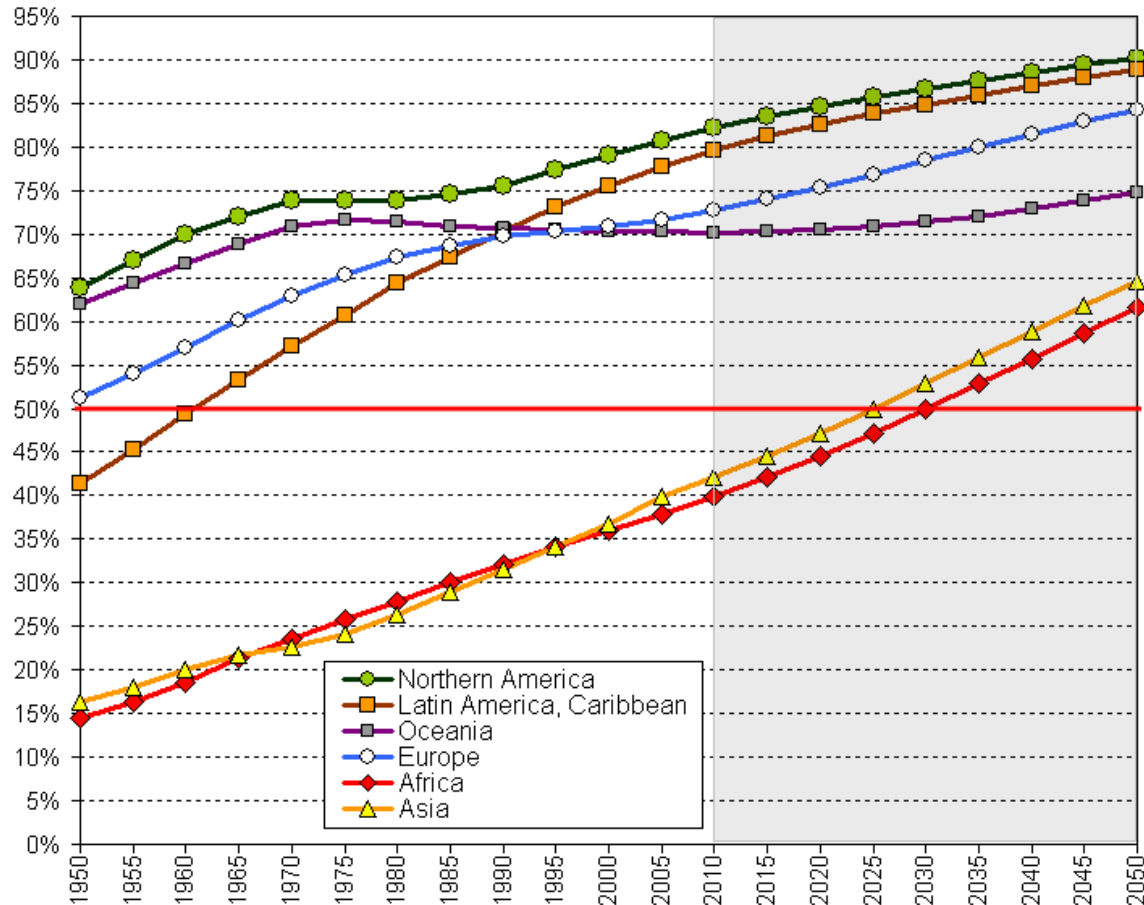


# Paradigms for the second half of the century

- ◆ Technology will surely be part of the solution
- ◆ But the post-carbon paradigm will also be structured by new patterns in:
  - material use, recycling, « circular economy »
  - urban and territory planning
  - behaviours and lifestyles
- ◆ In a context of:
  - catch-up of the western economies by emerging countries
  - and of massive urbanization

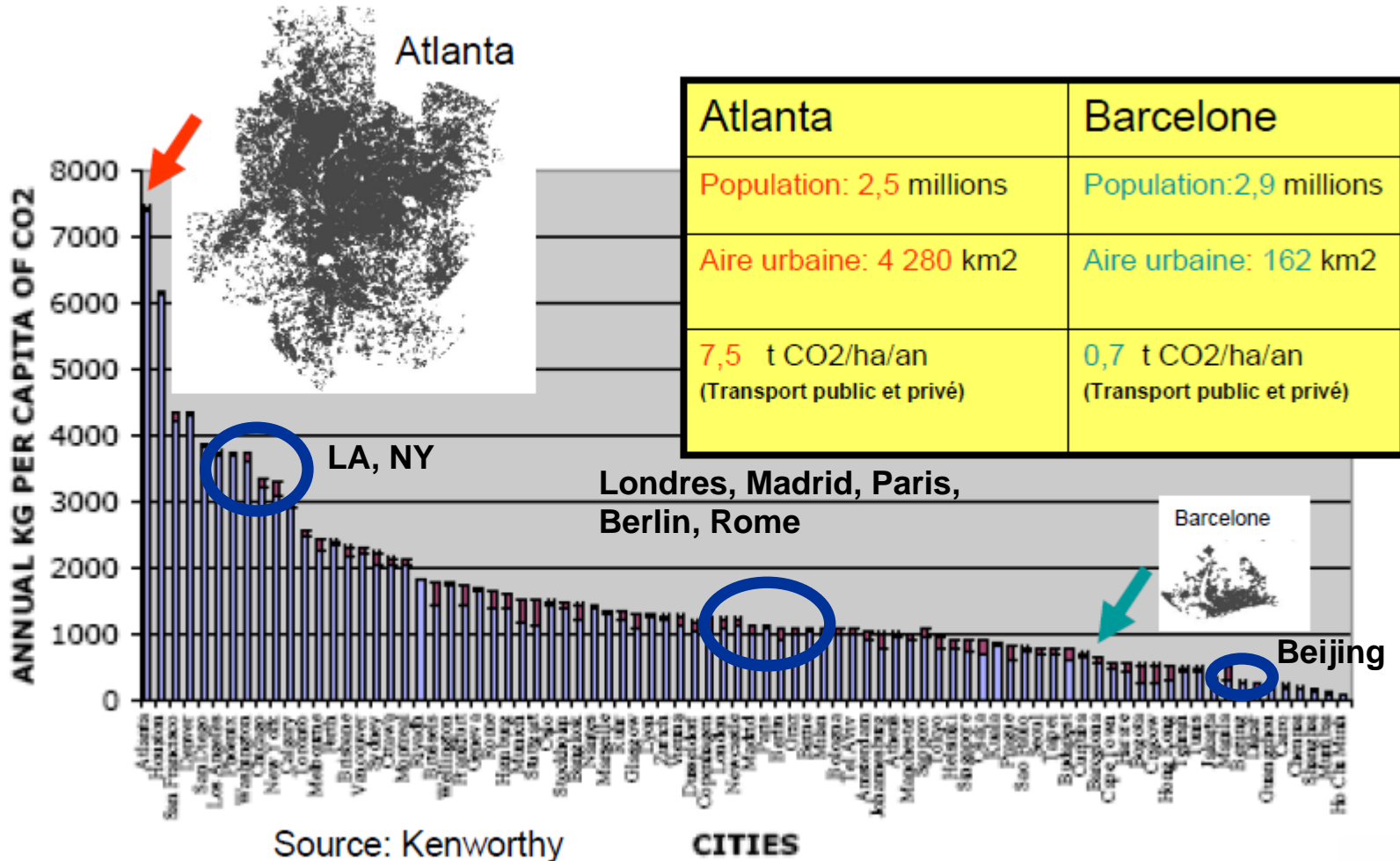


# Un monde urbanisé: les projections ONU 2009

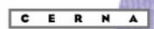


# Densités urbaines et émissions transports

Figure 6: Quel avenir pour les villes du sud: Atlanta ou Barcelone?



Source: PN Giraud, B Lefevre



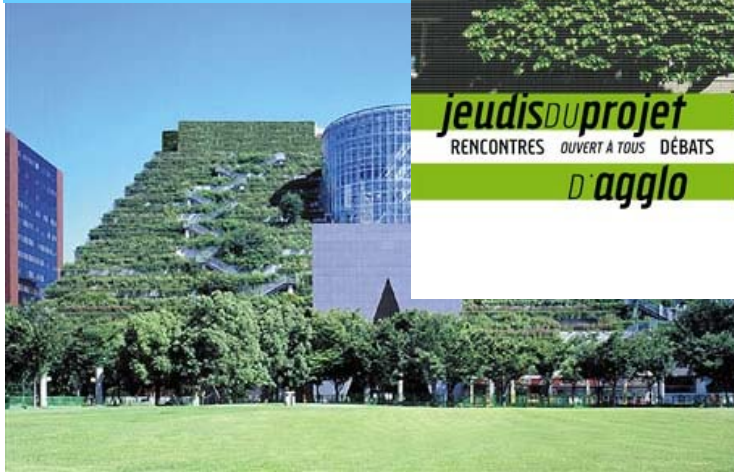
# La dimension systémique: Bâtiments Energie POSitive, Smartgrids et Ville Bas Carbone

## Integration Bâtiment-Transport



chemar du CATO

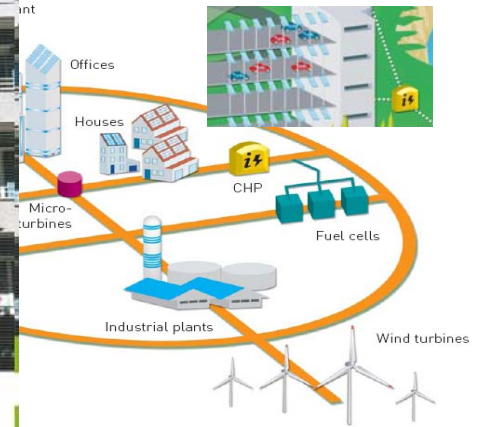
## La nature da



## Technologique

17 déc. 09  
18 à 21 h  
Amphithéâtre de  
l'Institut de Géographie  
Alpine / Vigny Musset  
14 bis av. Marie Reynoard  
Grenoble  
**La nature  
en ville**

**jeudis DU projet**  
RENCONTRES OUVERT À TOUS DÉBATS  
**D'agglo**



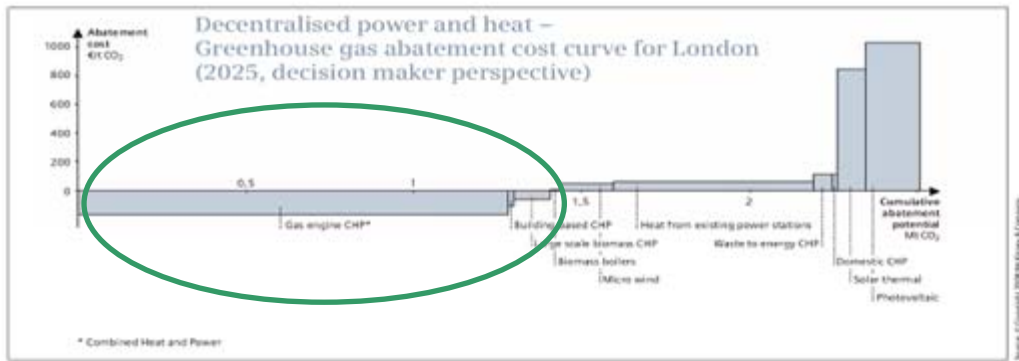
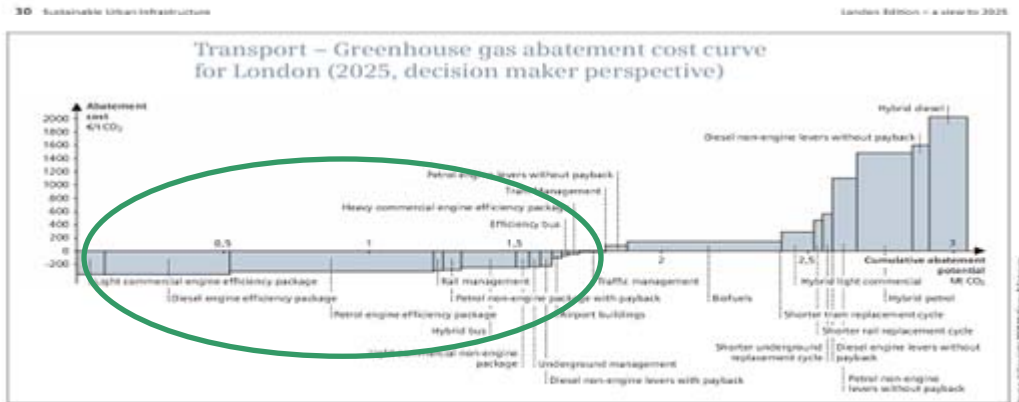
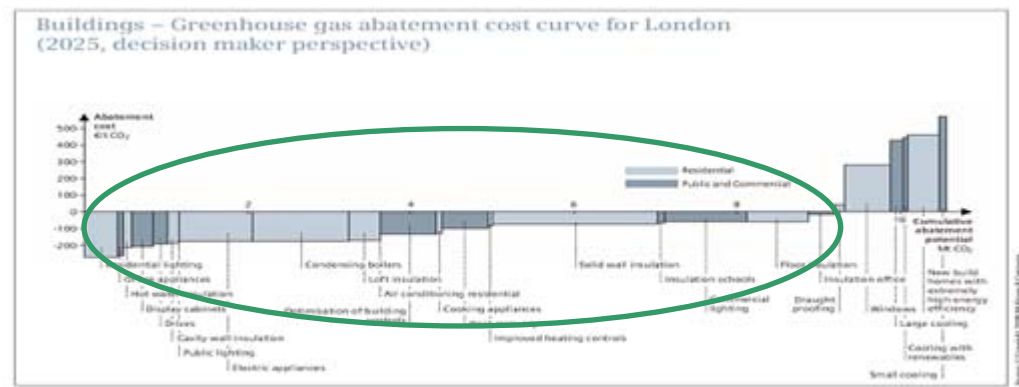
based between central and distributed generators. Control of distributed in microgrids or 'virtual' power plants to facilitate their integration both in



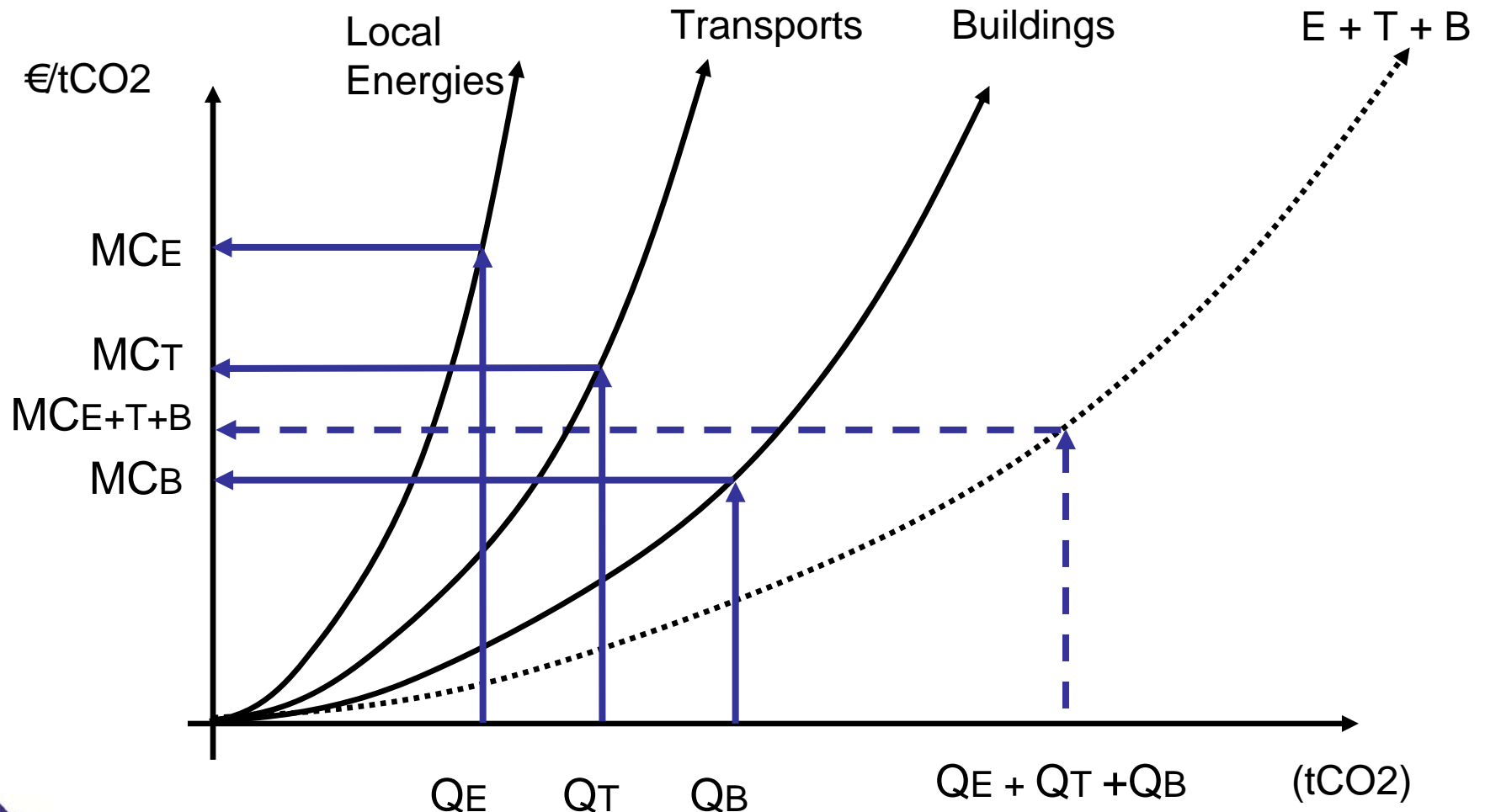
# The SIEMENS-McKinsey study for London

- ◆ Three main areas for incremental improvements and abatements:
  - Buildings
  - Transport
  - Local energy systems

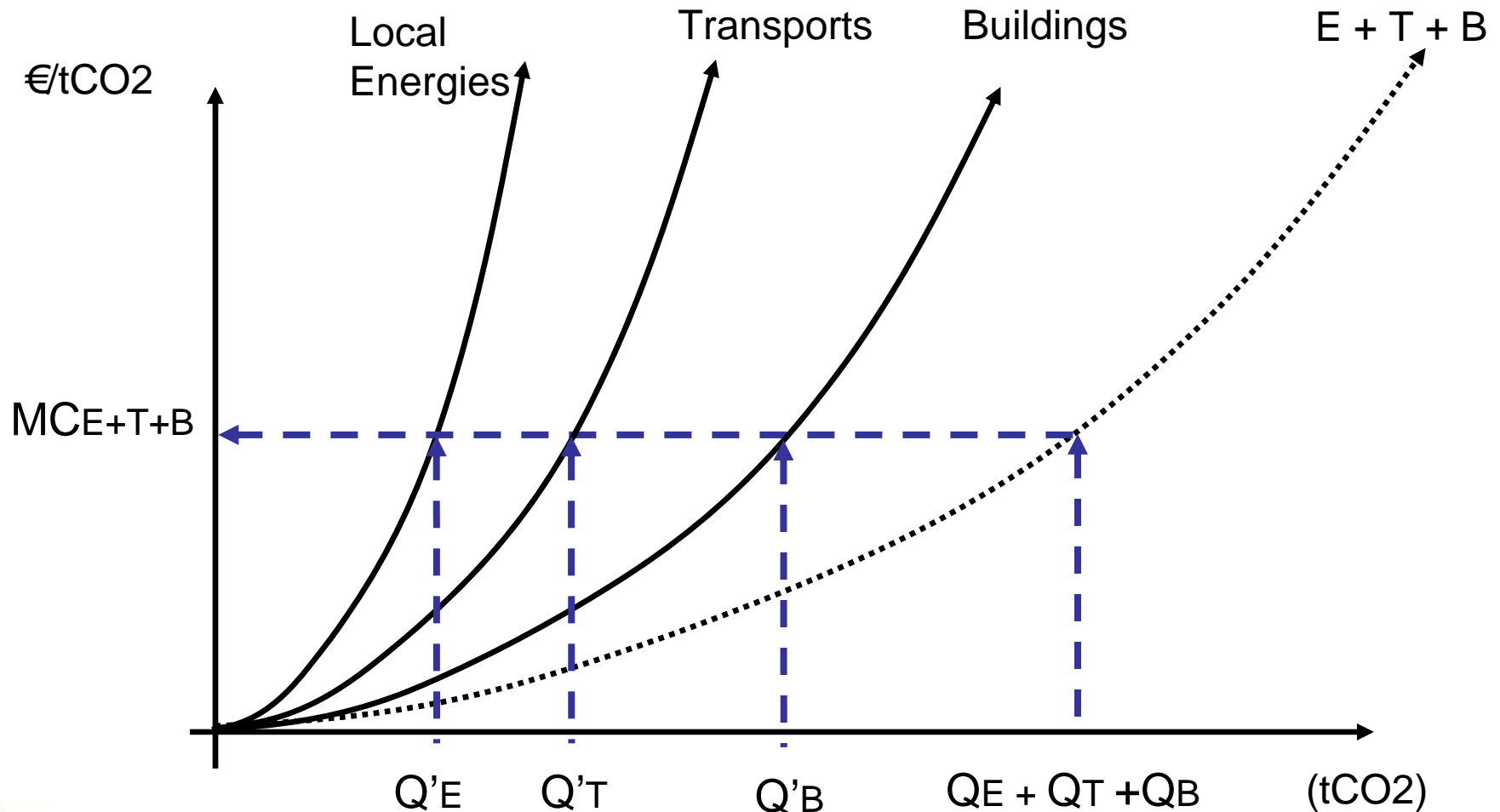
- ◆ Negative costs or transaction costs ?



# MACCs: 1/ connect reductions and costs

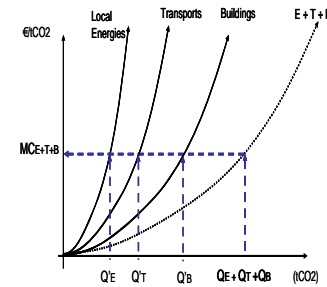
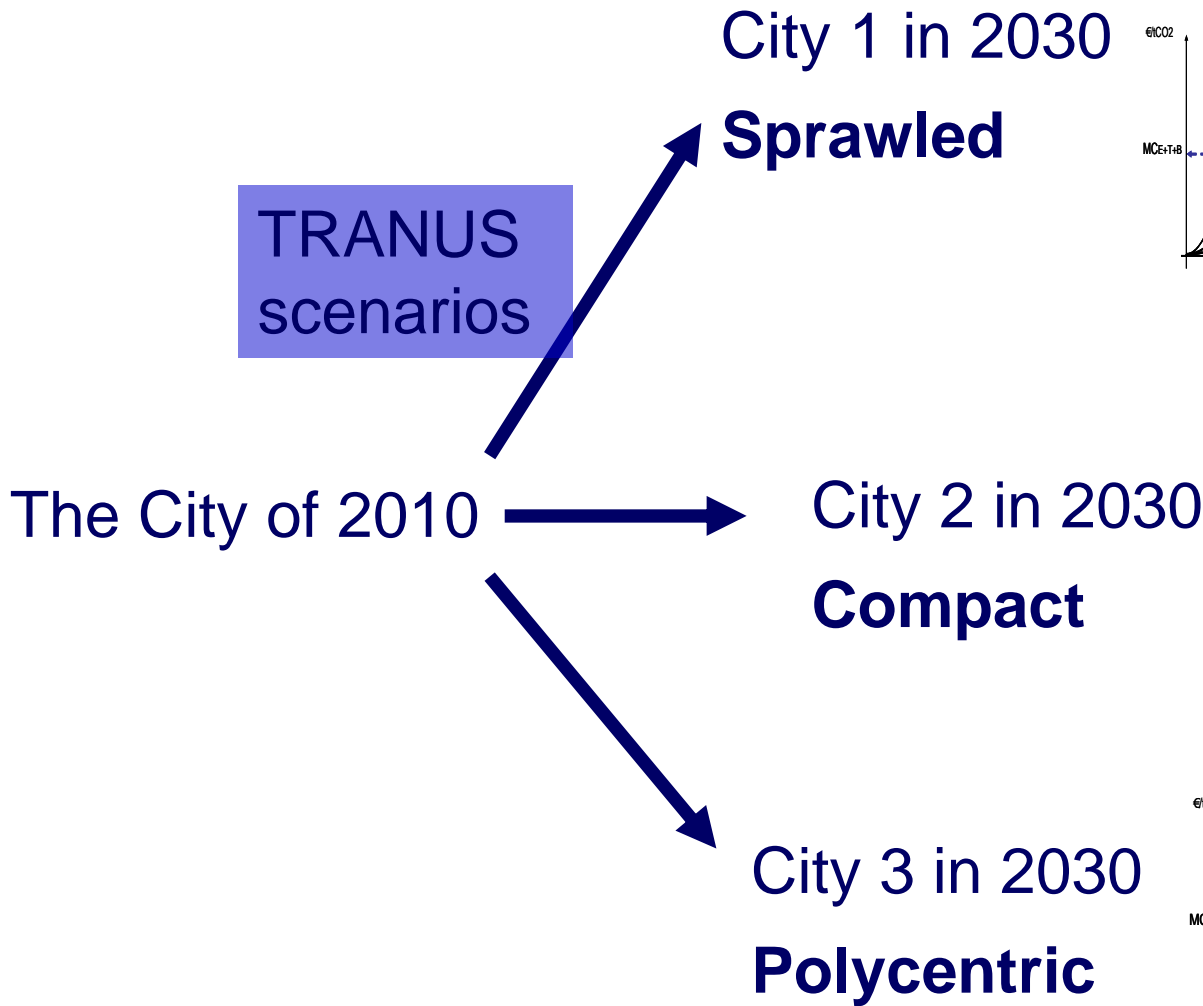


## 2/ define cost-effective abatement programs

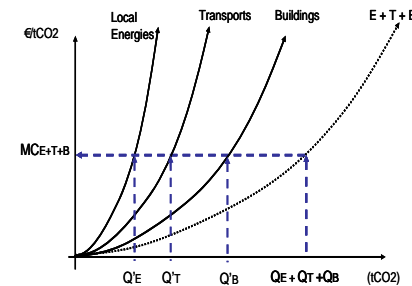
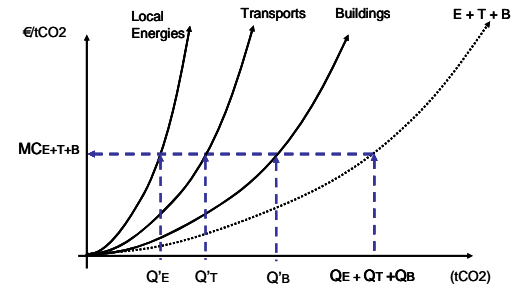




# Combining scenarios and cost-effectiveness analysis



MAC  
Curves



*Introduction: Prospective Energie Climat*

*Scénarios à l'horizon 2050 et au delà*

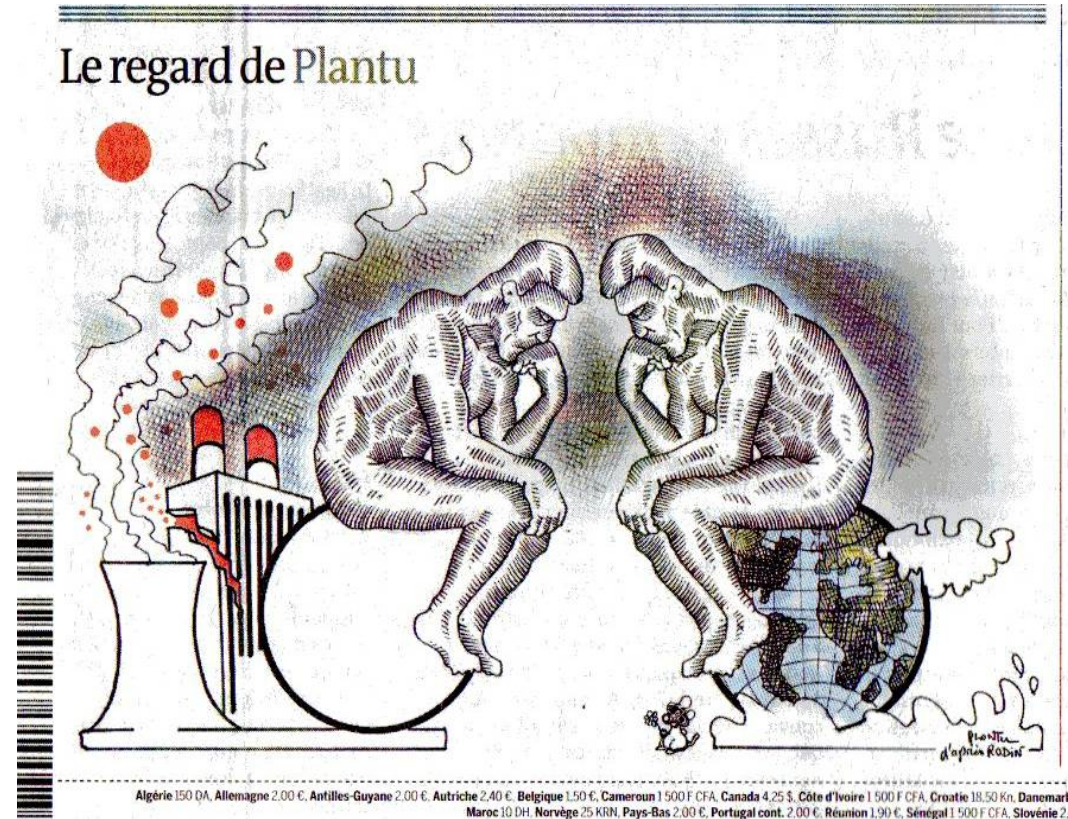
*Problématiques du Développement Urbain Durable*

***Quelles évaluations des choix énergétiques ?***



# Entre Charybde et Sylla ?

- ◆ La démarche économique doit-elle conduire à une comparaison raisonnée des risques (au besoin de manière monétaire)...
- ◆ ou l'application de principes éthiques stricts au refus pur et simple de certains risques ?



Source: *Le Monde*

# Two challenges, a limited set of solutions

- ◆ In the implementation of a sustainable energy system beyond 2050, no option can be left aside
- ◆ The development of every energy paradigm – efficiency, renewable, nuclear, fossil – will depend on “*the endless struggle of nature versus knowledge*”:
  - **increasing returns**: economies of scale, learning by doing and by searching will reduce the cost of each technological option
  - **decreasing returns**: exhaustion of natural resources or of physical potentials, social acceptability (risks, impacts...)
- ◆ In that situation there is **no silver bullet**

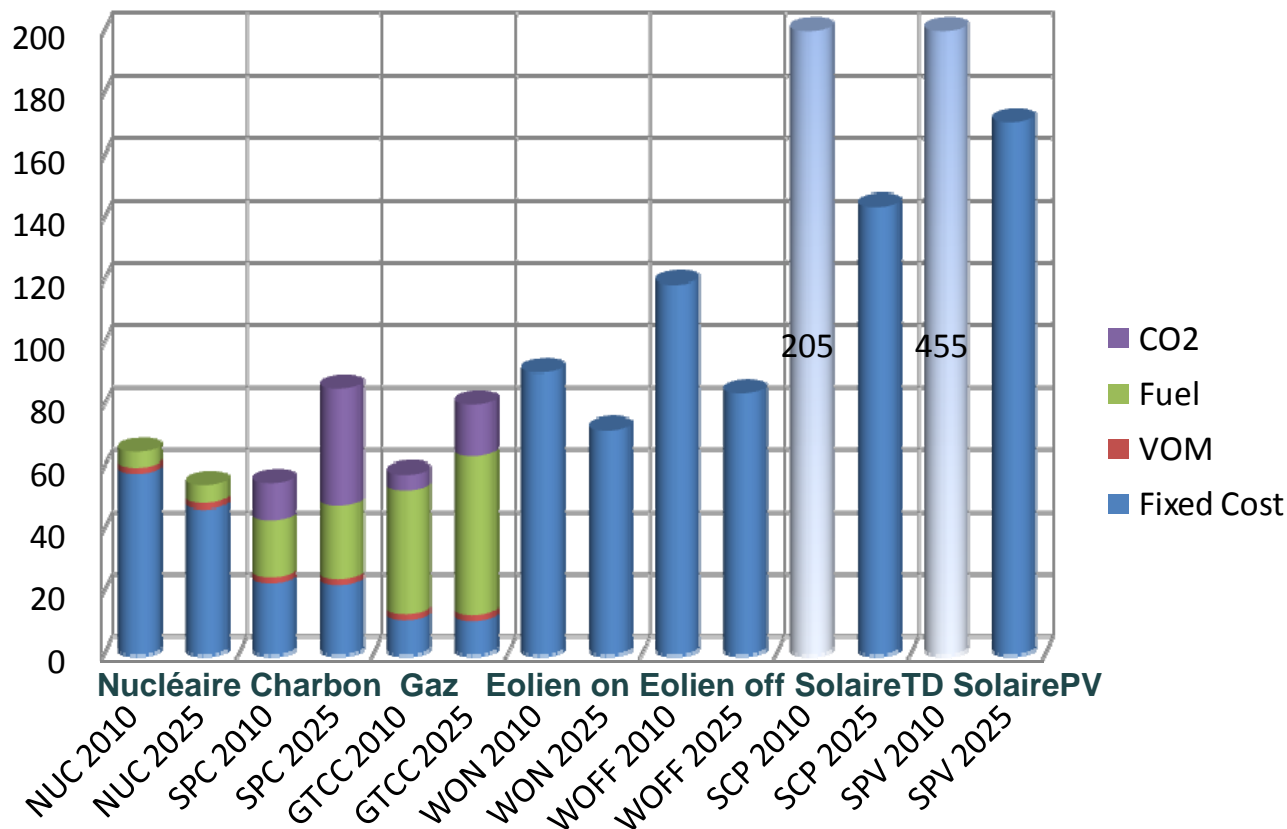


# Investissement, combustible, carbone: trois dimensions des coûts de production (Source TECHPOL, laboratoire EDDEN)

	2010	2025	2010	2025	2010	2025
	Uranium \$/MWh		Charbon \$/t		Gaz \$/Mbtu	
Fuel price	7,0	8,0	90	120	9	12
Carbon price €/tCO2			15	50	15	50

TECHPOL db Power Technologies		Nuclear GEN-3 1600 MWe		Super Pulver: 900 MWe
Euros 2010		2010	2025	2010
Overn. Inv. Cost	€/kW	3000	2500	1500
Technical lifetime	Years	40	40	40
Construction time	Years	8	6	3
Interest rate	%	5%	5%	5%
Decommission share	%	75%	75%	10%
Discount rate (%)	%	8%	8%	8%
<b>Total investment Cost</b>	<b>€/kW</b>	<b>3827</b>	<b>3046</b>	<b>1659</b>
Fixed cost	€/kW	321	255	139
FOM cost	€/kW	60	50	30
Load. Factor	%	75%	75%	85%
<b>Fixed cost</b>	<b>€/MWh</b>	<b>58</b>	<b>46</b>	<b>23</b>
Fuel price	€/toe	19,2	22,3	92
Carbon content	tCO2/toe			4,0
Carbon price	€/tCO2			15
Electrical efficiency	%	33%	33%	43%
CO <sup>2</sup> emissions	tCO2/MWh			0,79
Fuel cost incl. Carbon	€/MWh	5,0	5,8	30
VOM cost	€/MWh	2,0	2,0	2,0
<b>Variable cost</b>	<b>€/MWh</b>	<b>7,0</b>	<b>7,8</b>	<b>32</b>
<b>Production cost</b>	<b>€/MWh</b>	<b>65</b>	<b>54</b>	<b>55</b>

Production Costs from TECHPOL-db (€/MWh, 2010-2025)



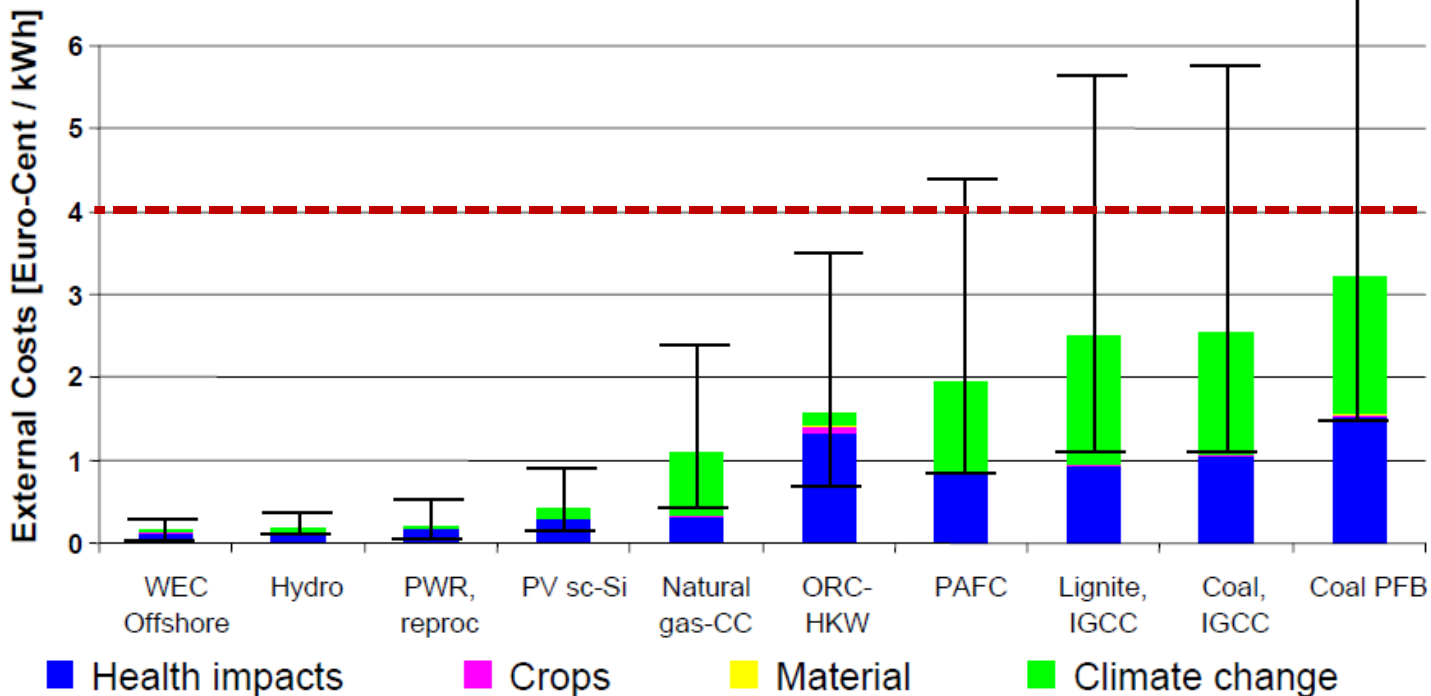
# L'approche ExternE (R. Friedrich, IER, 2005)

**IER**

**Externe**

## External Costs of Power Stations [Euro-Cent / kWh]

19 Euro/t CO<sub>2</sub>, Nitrates = 0.5 PM<sub>10</sub>, YOLL<sub>chronic</sub> = 50.000 Euro

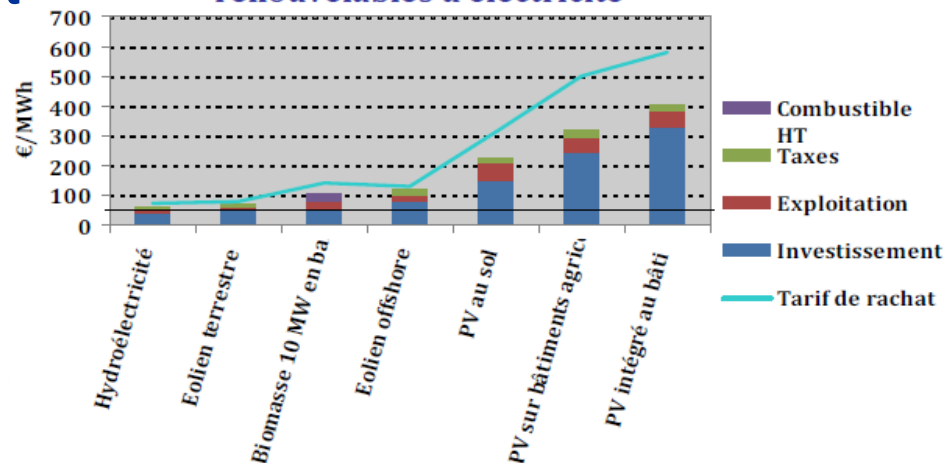


# Le débat sur les tarifs de rachat en France

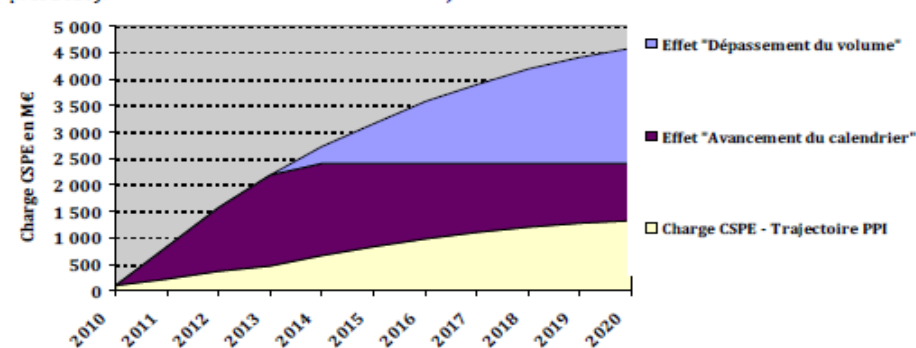
Le rapport Charpin pointe les difficultés soulevées par:

1. L'écart entre les tarifs et les couts
2. Les montants financiers impliqués par une diffusion accélérée
3. Les conséquences potentielles pour les ménages via la CSPE
4. L'impact négatif des importations de panneaux sur le commerce extérieur

Écart entre le tarif de rachat et le coût de production pour différentes sources renouvelables d'électricité

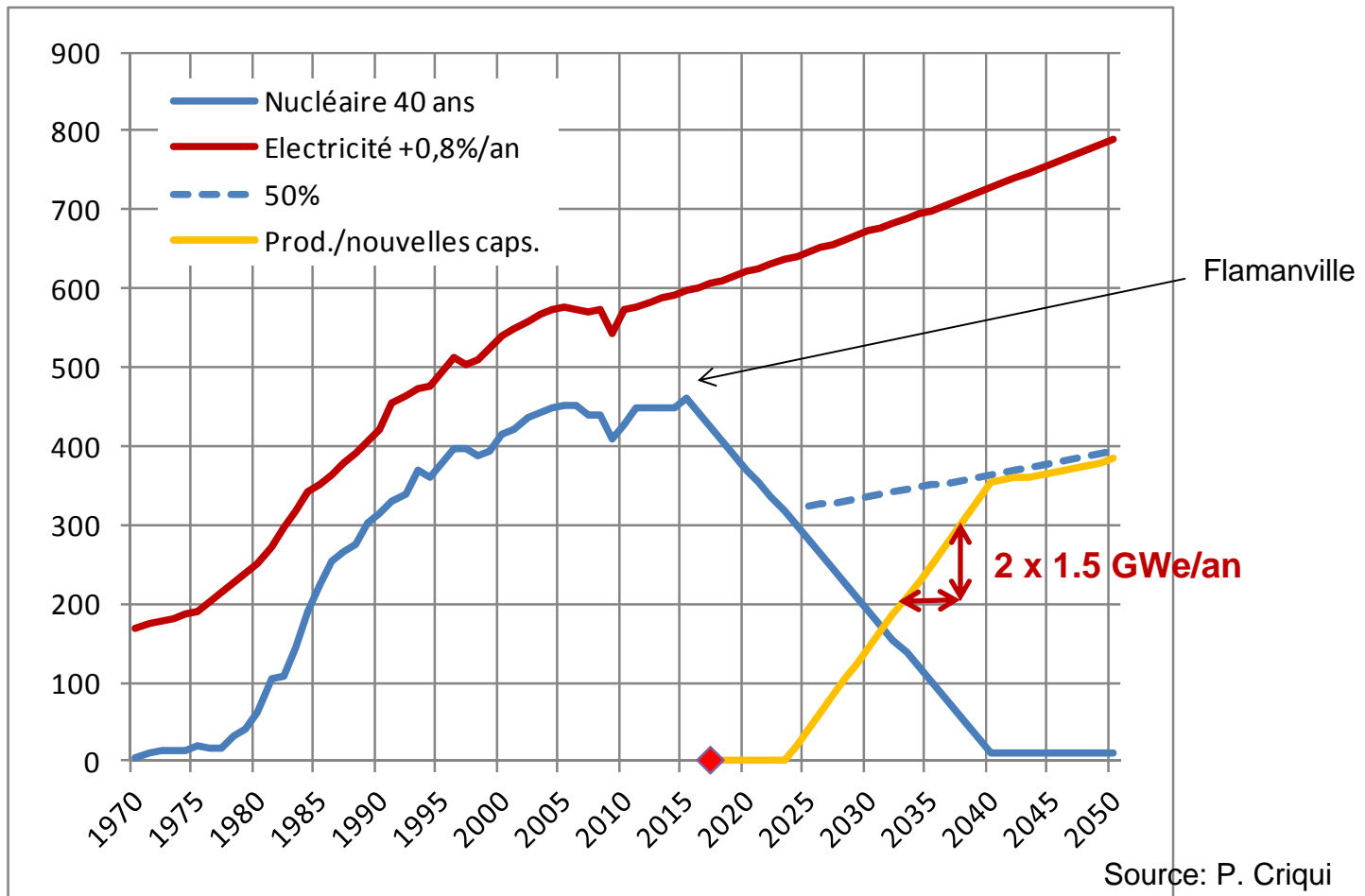


Évolution des charges pour la CSPE entre 2010 et 2020 pour la trajectoire « 17GW en 2020 »



- Des conséquences sur la facture des consommateurs d'électricité : pour fixer des ordres de grandeur, une charge de 5Md€ par an pour la CSPE à horizon 2020 correspond à un coût de :
  - +200€ par an pour un ménage se chauffant à l'électricité (facture annuelle de 1900€ en 2009 pour une consommation de 17MWh) ;
  - +50€ par an pour un ménage moyen (facture annuelle de 500€ en 2009 pour une consommation de 4,5MWh).
- Le tarif de rachat de l'électricité photovoltaïque n'est pas le seul facteur d'augmentation de la CSPE (éolien, biomasse...). Des effets globalement anti-redistributifs (investisseurs/consommateurs)

# Production totale et nucléaire « Génération Messmer » + besoins d'investissement / 50%: des décisions à prendre vers... 2017





# Conclusion / introduction au débat

	<b>Bénéfices sociaux</b>	<b>Risques / Limites</b>	<b>Coûts économiques</b>
Sobriété et efficacité énergétique	Solution non polluante (pour impacts directs) coût faible... au début de la courbe de réduction	Aucun risque, mais contrainte croissante sur les comportements	Coût progressivement croissant par mobilisation d'options plus complexes
Electricité renouvelable éolien et solaire	Solution peu polluante (pour impacts directs)	Peu de risques directs, mais contrainte de diffusion due à l'intermittence (au-delà de 30% => stockage de masse)	Coût progressivement croissant par mobilisation d'options et de potentiels plus difficiles
Biomasse	Source renouvelable stockable, potentiel théorique important (pompe à CO2 dans l'atm. si + CSC)	GEN1: concurrence avec alimentation GEN2 => technos de transformation GEN3: ?	Elevés, mais en partie indépendants des quantités
Nucléaire	Coûts maîtrisés dans certaines conditions Diversification énergétique	Risques en fonctionnement normal Risques en situation d'accidents Gestion des déchets Problème des ressources fissiles	GEN2 < GEN3 < GEN4 GEN2 < Sûreté < Ressources
Capture et Stockage du CO2	Mobilisation possible de l'énorme potentiel de ressource charbon	Emissions résiduelles et pertes Problème de sûreté des stockages Sites à coûts croissants	80 €/tCO2 pour la capture mais croissants pour le transport-stockage
Substitutions Charbon par Gaz	400 gCO2/kWh en TGCC contre 800 gCO2/kWh en charbon supercritique	Ressource limitée, pic à 2040 sauf si gaz non conventionnels (gaz de schistes)	Maîtrisés tant que le prix du gaz n'augmente pas de manière significative
UTCATF (LULUCF) et REDD+	---	---	---

