

Le rôle du charbon dans les scénarios énergétiques sous contrainte carbone

Patrick Criqui
LEPII-EPE

(avec P. Menanteau LEPII-EPE et Alban Kitous ENERDATA)

- ◆ **Les trois dimensions de l'incertitude dans la compétition inter-technologies**
- ◆ **Le secteur électrique dans la projection énergétique de Référence WETO-H2**
- ◆ **L'impact d'une forte contrainte d'émission sur le devenir du charbon**

Increasing uncertainties in power generation costs

- ◆ In the past twenty years, power generation “reference cost studies” (e.g. NEA-IEA, Min. de l’ Industrie-Fr) have focussed on a limited number of technologies (Coal, GTCC, Nuclear) in a context of low energy prices
- ◆ The range for generation costs was relatively stable at 30-40 €/MWh
- ◆ Today uncertainty is growing along three directions:
 - Technologies are more diverse, complex and novel (e.g. H2 and Fuel-Cells, CCS, distributed power systems...)
 - The price of primary fuels are higher and more unstable
 - Carbon tax/permits may have significant impacts (e.g. a 25 €/tCO₂ almost doubles the price of coal)

The TECHPOL database: Power Generation

Large Scale Power Generation

Hydroelectricity

Light-water nuclear reactor (including EPR)

New nuclear design (Generation 4)

Pulverised coal, supercritical, with/without CO2 capture

Integrated coal gasification in combined cycle, with/without CO2 capture

Coal conventional thermal

Lignite conventional thermal

Gas conventional thermal

Gas turbine

Gas turbine in combined cycle, with/without CO2 capture

Oil conventional thermal

Oil gas turbine in combined cycle

Renewable Energy Sources

Small hydro power (<10 MWe)

Onshore wind power

Offshore wind power

Solar thermal power

Biomass (woodfuels, electricity from wastes, biofuels)

Biomass gasification for power generation

A case study:

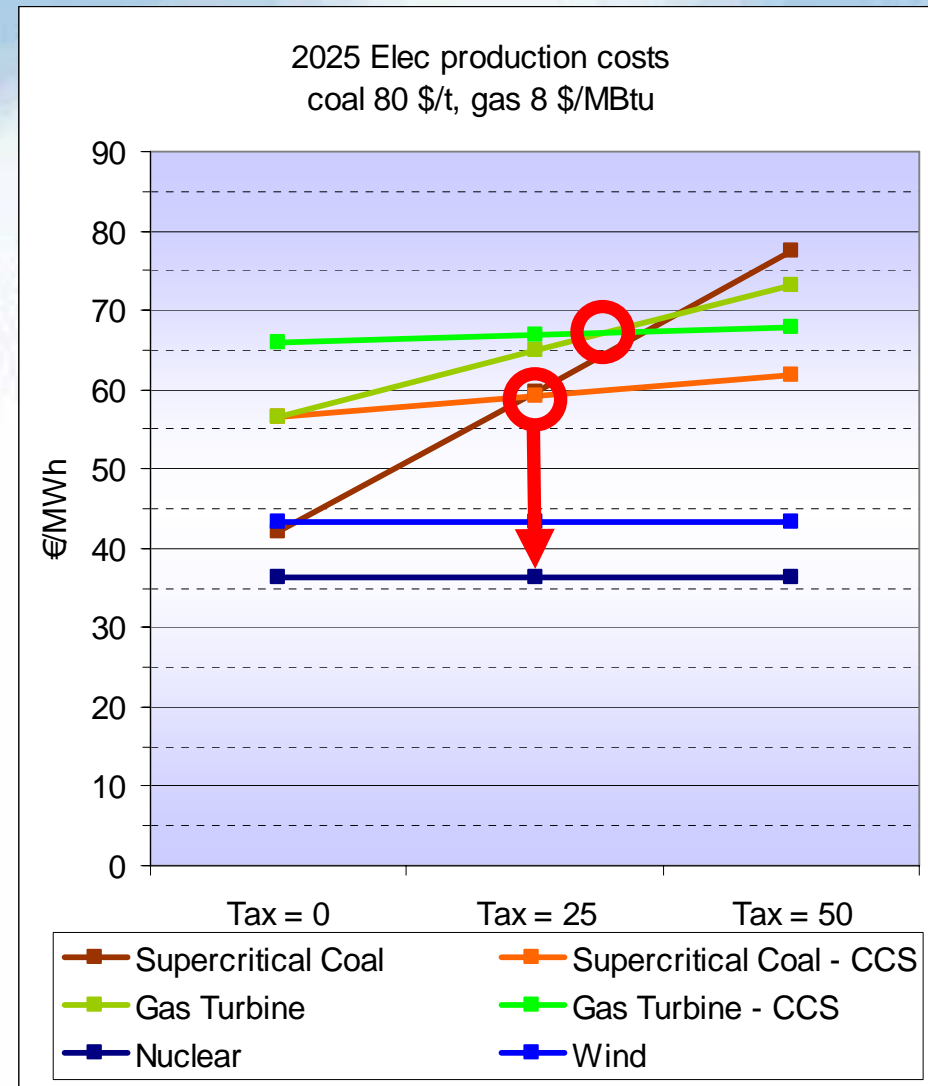
HYP		2000	2025	2050
Nat Gas	\$/MBTU	3	8	12
Oil	\$/bl	25	50	75
Coal	\$/t	40	80	120
Carbon	€/tCO ₂	0	25	50

- ◆ Total investment decreases by 25 % in 2050, but CCS is an extra investment of 50 %
- ◆ Fuel costs are multiplied by almost 3 between 2000 and 2050
- ◆ In the no-CCS option, carbon costs represent almost half of 2050 cost
- ◆ Supercritical coal with CCS in 2050 is still about twice the current generation cost

SUPERCRITICAL COAL		Without CCS			With CCS		
99€ - 95\$		2000	2025	2050	2000	2025	2050
Overn. Inv. Cost	€/kW	1200	1050	900	2153	1717	1328
Technical lifetime	Years	35	35	35	35	35	35
Construction time	Years	3	3	3	4	4	4
Interest rate	%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Decommission share	%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Discount rate (%)	%	8%	8%	8%	8%	8%	8%
Total investment Cos	€/kW	1330	1164	997	2443	1948	1507
Fixed annual cost	€/kW _y	114	100	86	210	167	129
FOM cost	€/kW _y	40	38	36	47	44	42
Load. Factor	%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
Uncertainty 1							
Fixed cost	€/MWh	21	19	16	34	28	23
Fuel price	€/toe	57	114	171	57	114	171
Carbon content	tCO ₂ /toe	4	4	4	4	4	4
Carbon price	€/tCO₂	0	25	50	0	25	50
Fuel efficiency	%	44%	48%	50%	35%	40%	42%
Fuel input	toe/kW	1,5	1,3	1,3	1,8	1,6	1,5
C&C rate	%				85,0%	88,0%	90,0%
Uncertainty 2							
Fuel cost	€/MWh	11	20	29	14	25	35
Carbon cost	€/MWh	0	18	34	0	3	4
Uncertainty 3							
Variable cost	€/MWh	14	41	66	17	31	41
Capture cost	€/tCO ₂				27	24	21
Production cost	€/MWh	35	60	82	52	59	64

Power generation costs, 2025 - Europe

- ◆ The breakeven point for CCS is at 25 €/tCO₂ for coal technologies, 30 €/tCO₂ for gas
- ◆ A 25 €/tCO₂ tax/permit increases the cost of coal-based power by 50 %



◆ Les trois dimensions de l'incertitude dans la compétition inter-technologies

◆ Le secteur électrique dans la projection énergétique de Référence WETO-H2

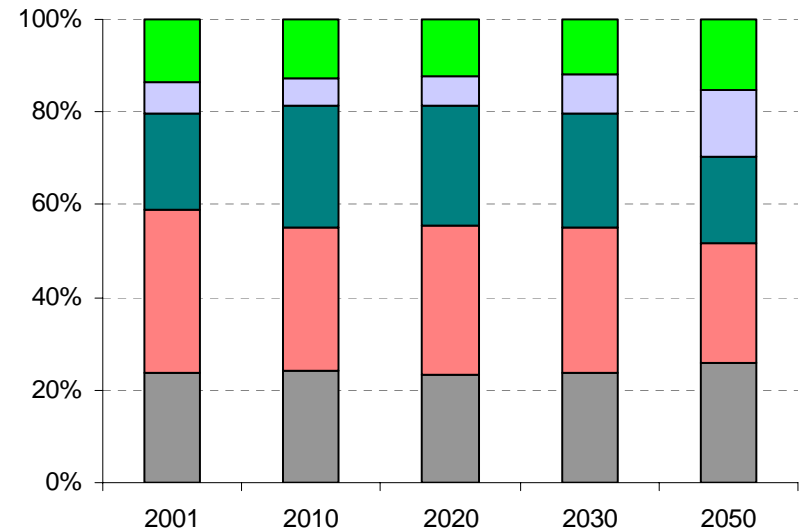
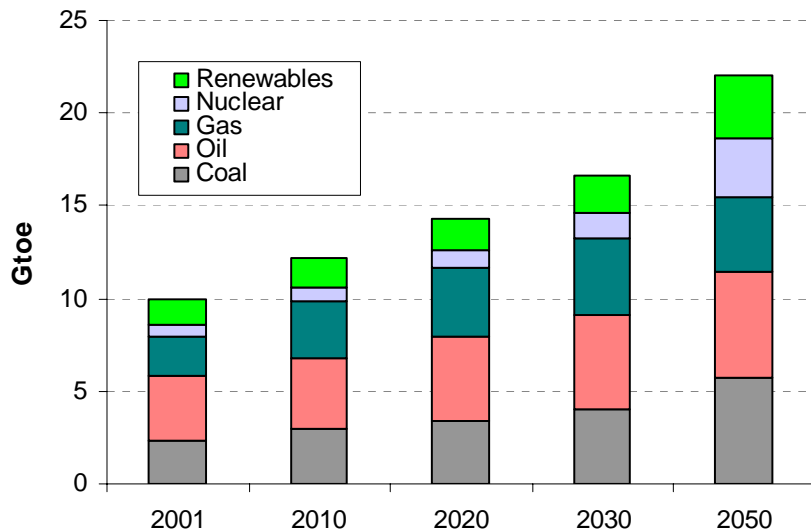
◆ L'impact d'une forte contrainte d'émission sur le devenir du charbon

WETO-H2

- ◆ L'étude WETO-H2 pour la DG Recherche (ENERDATA, LEPII-EPE, IPTS, BFP ...) permet d'explorer le futur énergétique à 2050
- ◆ En décrivant les fondamentaux de la compétition inter-technologies pour apprécier les conditions d'une percée de l'hydrogène
- ◆ La projection de Référence comporte déjà des contraintes d'émission « a minima »
- ◆ Une projection alternative étudie une contrainte carbone renforcée (stabilisation à 500 ppmv)

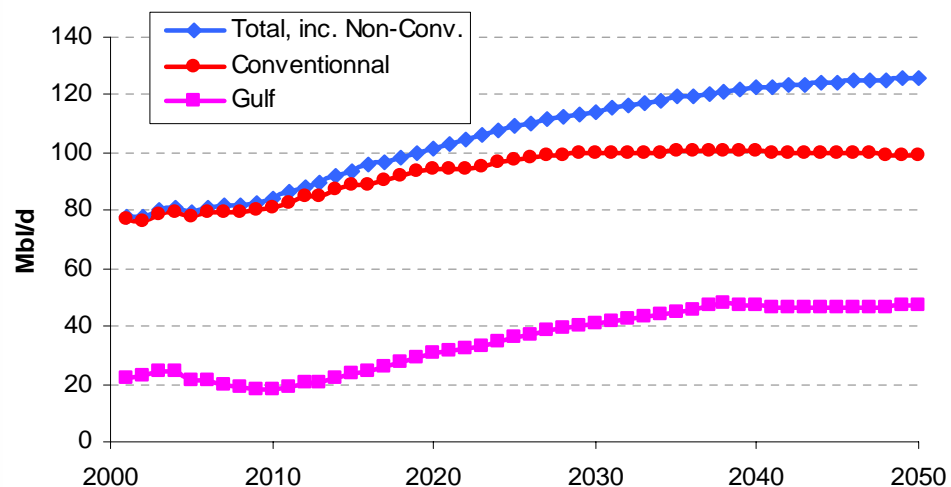
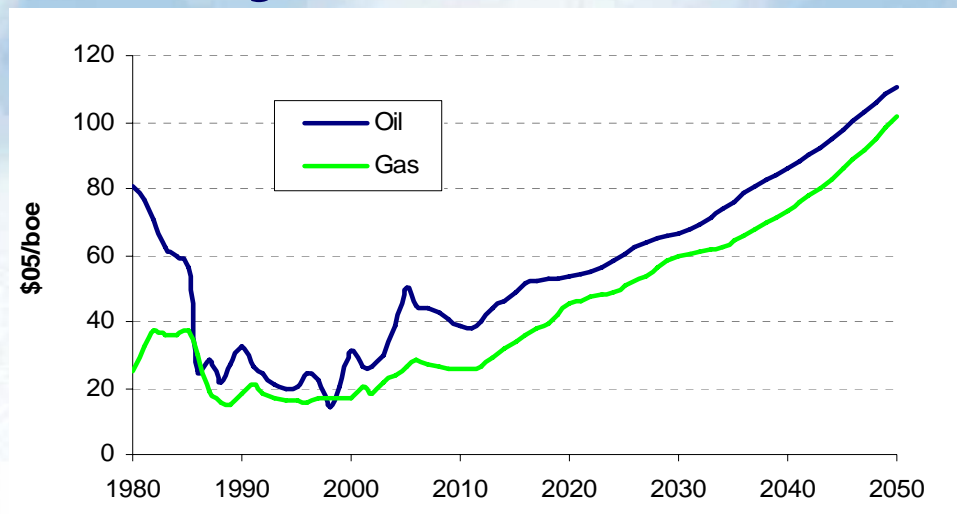
La projection énergétique « Référence WETO »

- ◆ Avec une population mondiale multipliée par 1,5 et un PIB multiplié par 4 (+3%/an sur 2010-30, +2%/an sur 2030-50), la consommation mondiale d'énergie passe de 10 à 22 Gtep
- ◆ A partir de 2030, le déclin du pétrole et du gaz naturel entraine une confirmation du retour du charbon (6 Gtep) et une forte progression du nucléaire et des renouvelables



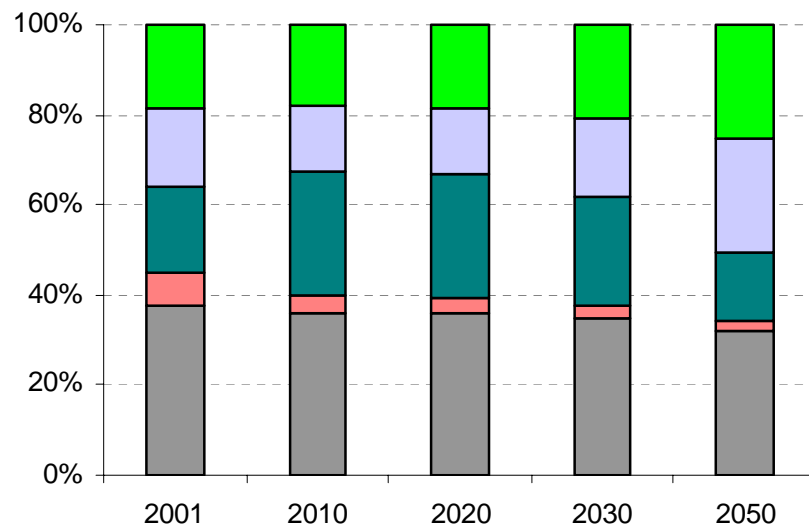
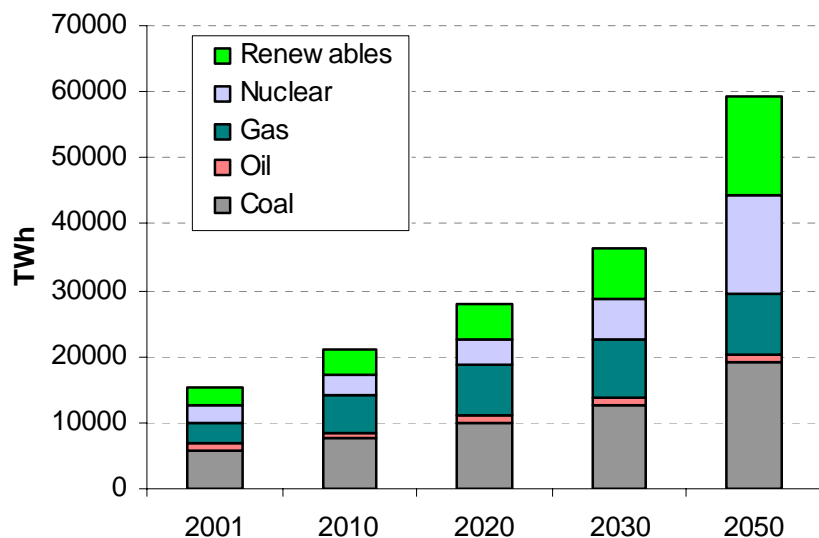
Prix et consommation des hydrocarbures

- ◆ Après une accalmie, le prix directeur de l'énergie ré-augmente fortement après 2010 et atteint de manière structurelle plus de 100 \$/bl en 2050
- ◆ La production pétrolière conventionnelle connaît un plateau après 2030 et seule la production conventionnelle permet l'augmentation des volumes



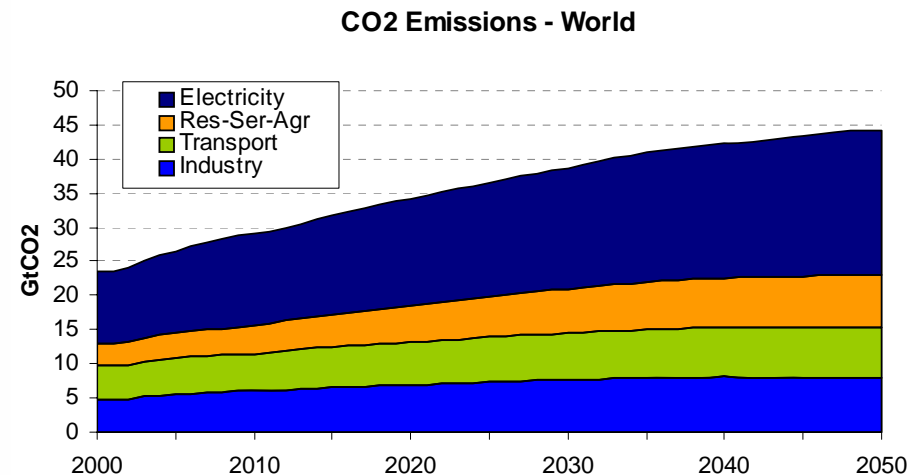
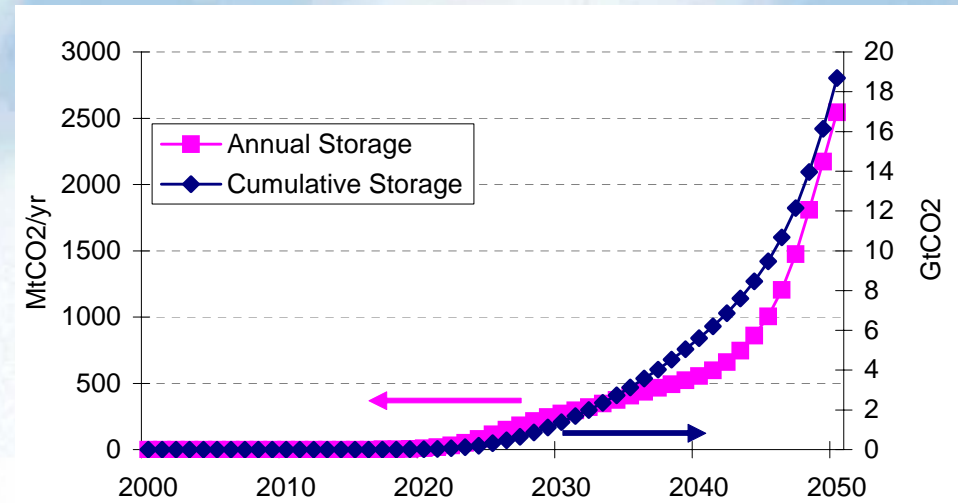
La production d'électricité

- ◆ Comme le PIB mondial, la production d'électricité est multipliée par quatre
- ◆ En 2050 les renouvelables et le nucléaire représentent plus de la moitié de la production et le charbon un tiers
- ◆ 20 000 TWh/an sont alors produits dans des centrales à charbon



Les émissions de CO2 énergétique

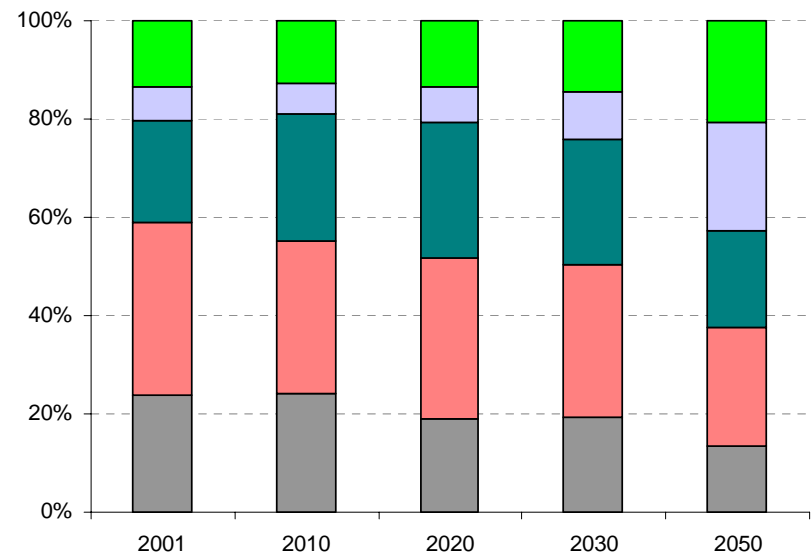
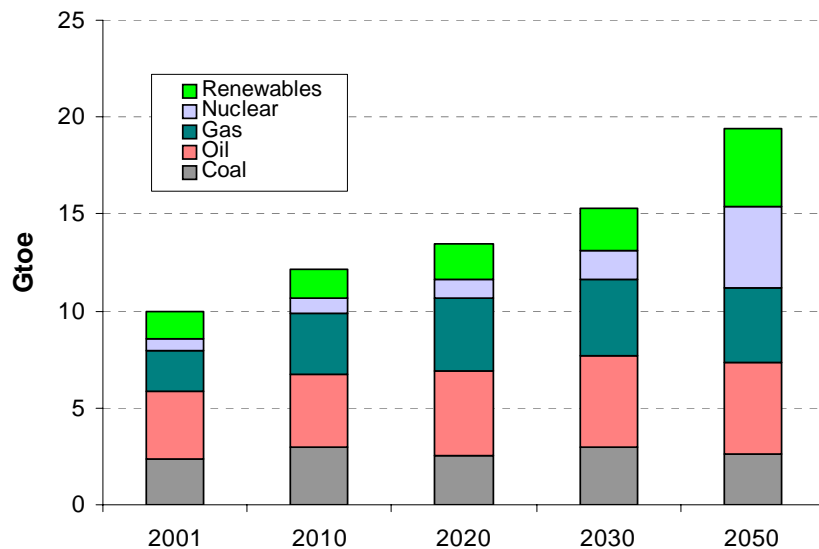
- ◆ La faible pénalité carbone (30 €/tCO2 en 2050 en Europe, 15 dans le RdM) n'entraîne qu'un développement modeste de la CSC (6% des émissions brutes)
- ◆ Les émissions nettes du système énergétique croissent néanmoins un peu plus lentement que l'énergie totale



- ◆ **Les trois dimensions de l'incertitude dans la compétition inter-technologies**
- ◆ **Le secteur électrique dans la projection énergétique de Référence WETO-H2**
- ◆ **L'impact d'une forte contrainte d'émission sur le devenir du charbon**

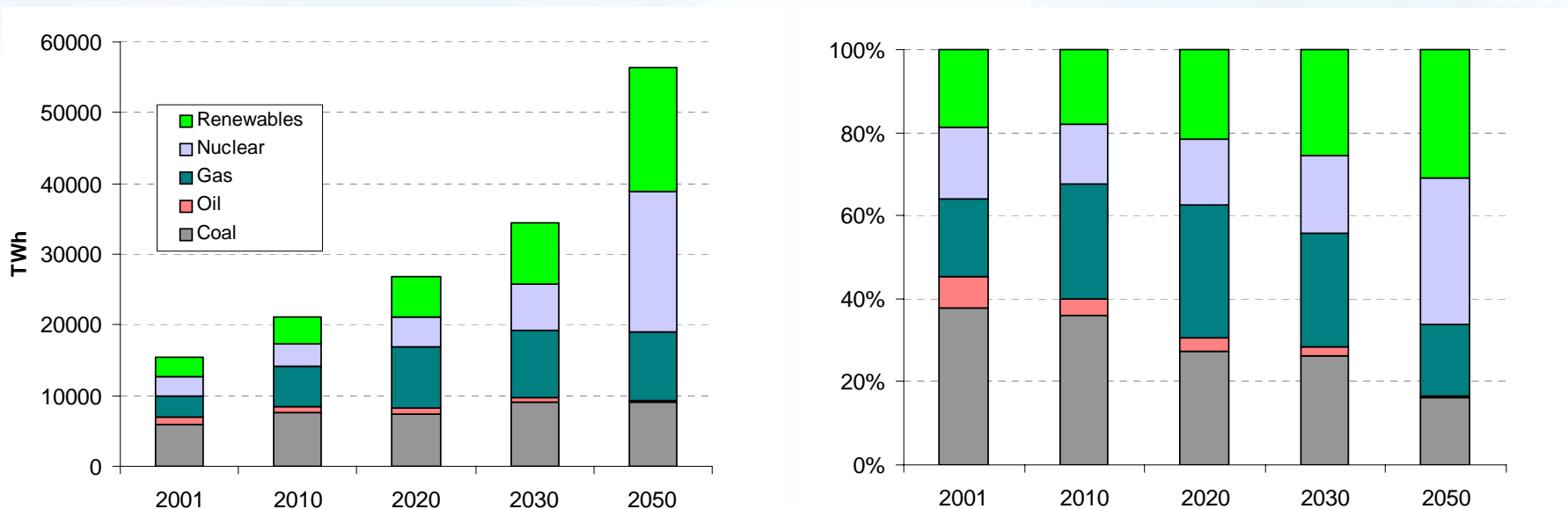
La projection énergétique « Contrainte Carbone »

- ◆ L'introduction d'une forte contrainte carbone (Facteur 2 dans l'Annexe 1, 200 €/tCO₂ en 2050) impacte la croissance de la consommation totale (de 22 à 19 Gtep)
- ◆ Mais surtout le fuel-mix, avec une pénétration accélérée des renouvelables et du nucléaire et un recul de la part des marché du charbon



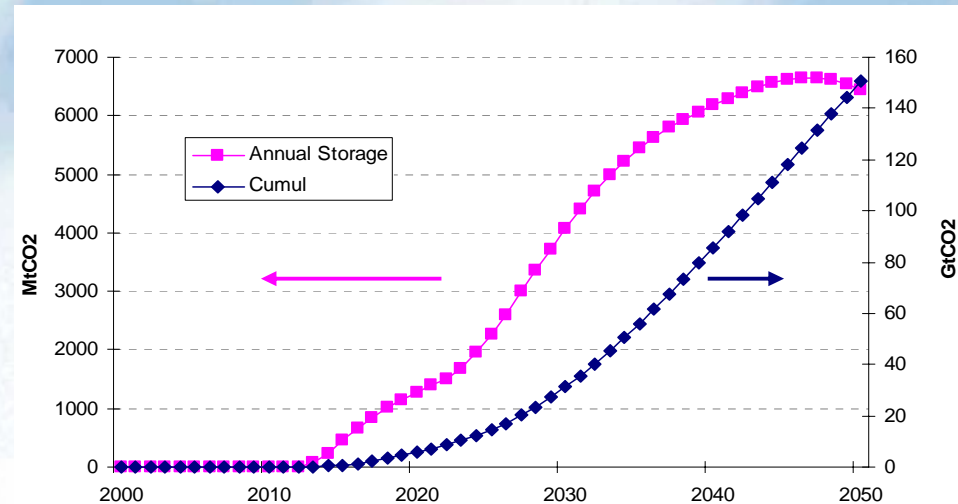
La production d'électricité

- ◆ Le phénomène est accentué dans le secteur électrique avec un net recul de la part de marché du charbon, alors que nucléaire et renouvelables représentent maintenant plus de 60 % du total

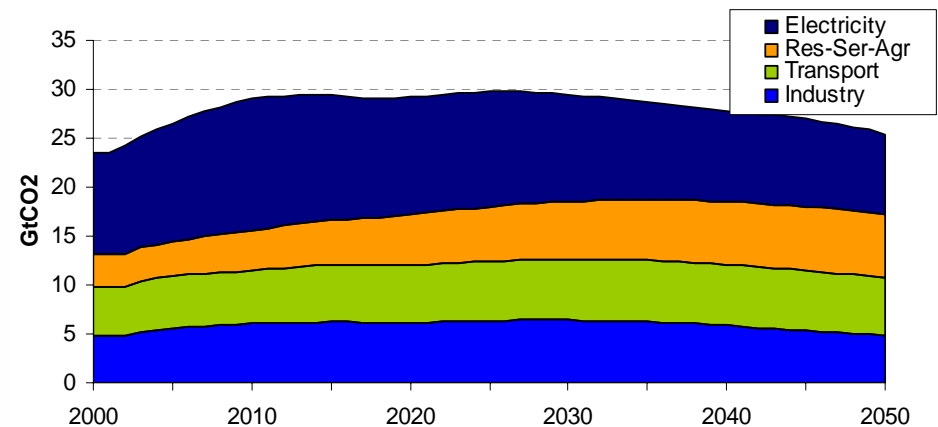


Les émissions de CO2 énergétique

- ◆ Dans le scénario de forte contrainte carbone la CSC connaît pourtant un développement massif
- ◆ ... notamment après 2020 lorsque la valeur du carbone devient élevée dans les PVD
- ◆ En 2050 le stockage annuel représente 6.5 GtCO2 soit 20 % des émissions brutes
- ◆ Le stockage cumulé représente 150 GtCO2 ...

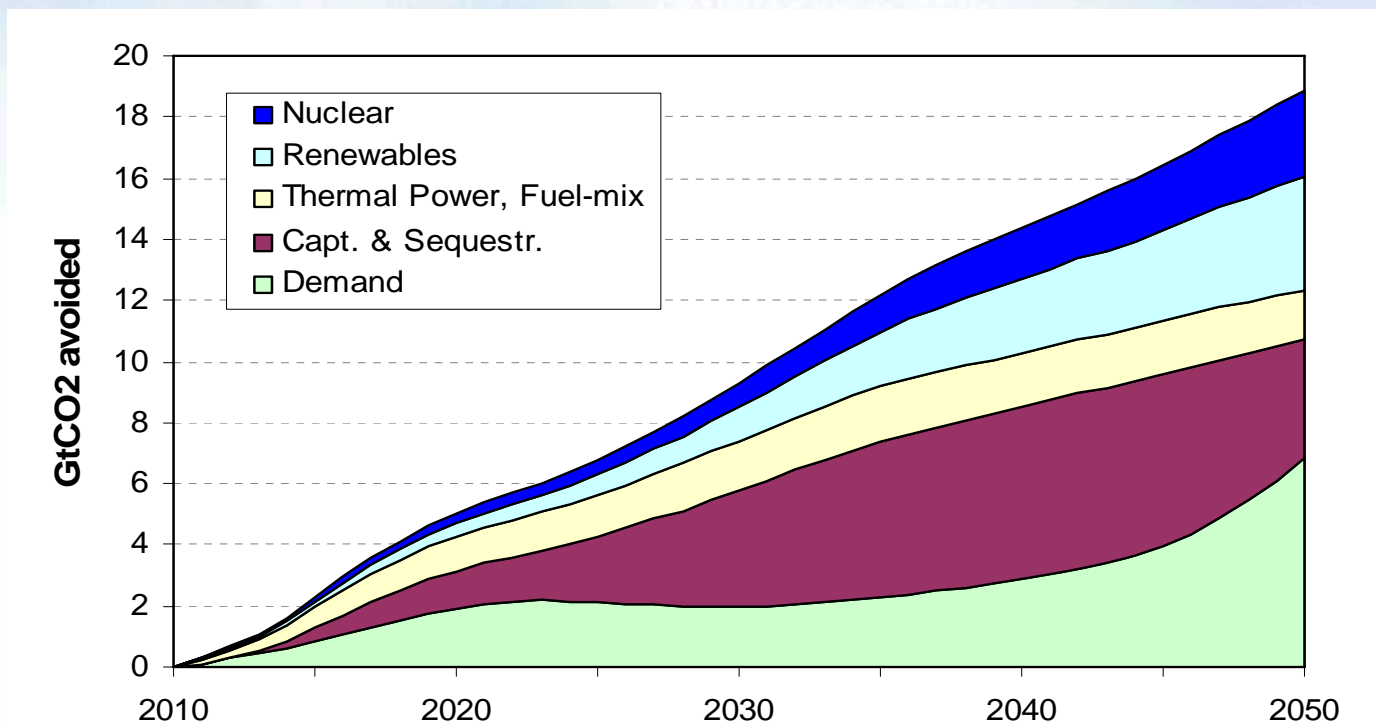


CO2 Emissions - World



Un bilan dynamique des réductions d'émission

- ◆ En 2050 les réductions/REF s'élèvent à 19 GtCO₂ (45 %) dont plus d'un tiers au total par la CSC, mais à terme les possibilités de cette option semblent s'épuiser du fait des coûts relatifs ...



Retour sur les résultats :

- ◆ La projection “Référence” fait apparaître un retour du charbon déjà tempéré par une contrainte carbone minimale, mais encore très problématique du point de vue des émissions
- ◆ La projection “Contrainte Carbone” permet un profil d’émission plus acceptable (500 pmmv) avec une contribution très significative du charbon en CSC, mais néanmoins un freinage marqué de sa contribution au bilan mondial
- ◆ L’appréciation du “réalisme” et de la cohérence interne de ces scénarios renvoie à l’appréciation des conditions du bouclage énergétique mondial dans un contexte de fortes contrainte et incertitudes

Merci de votre attention ...

- ◆ 2004-2005: World Energy Technology Outlook 2050 (WETO-H2, DG-RTD) with ENERDATA, FPB-Belgium, IPTS (on-going)
- ◆ 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
- ◆ 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
- ◆ 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>