

Quelques réflexions
sur
les scénarios énergétiques mondiaux
à long terme

Bernard Lachal

Cuepe

17 novembre 2005

Plan

- Introduction
- Quelques aspects méthodologiques
- Quelques scénarios « tendances »
- 3 exemples de scénarios prospectifs
 - CME / IIASA : 2020 – 2050 - 2100
 - NOE : 2050 – 2100
 - FETTER : 2050
- Conclusions

Scénario de très long terme

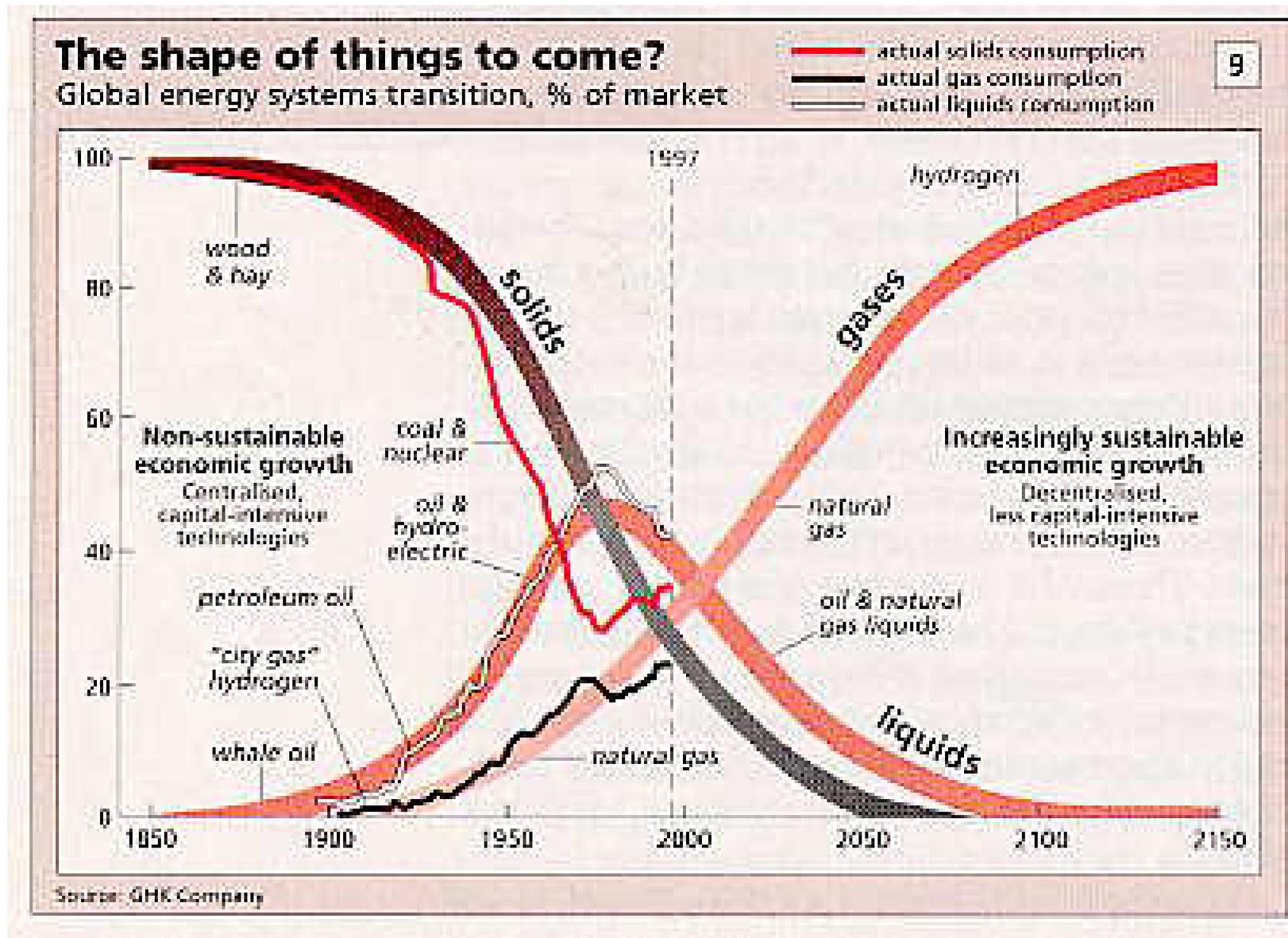
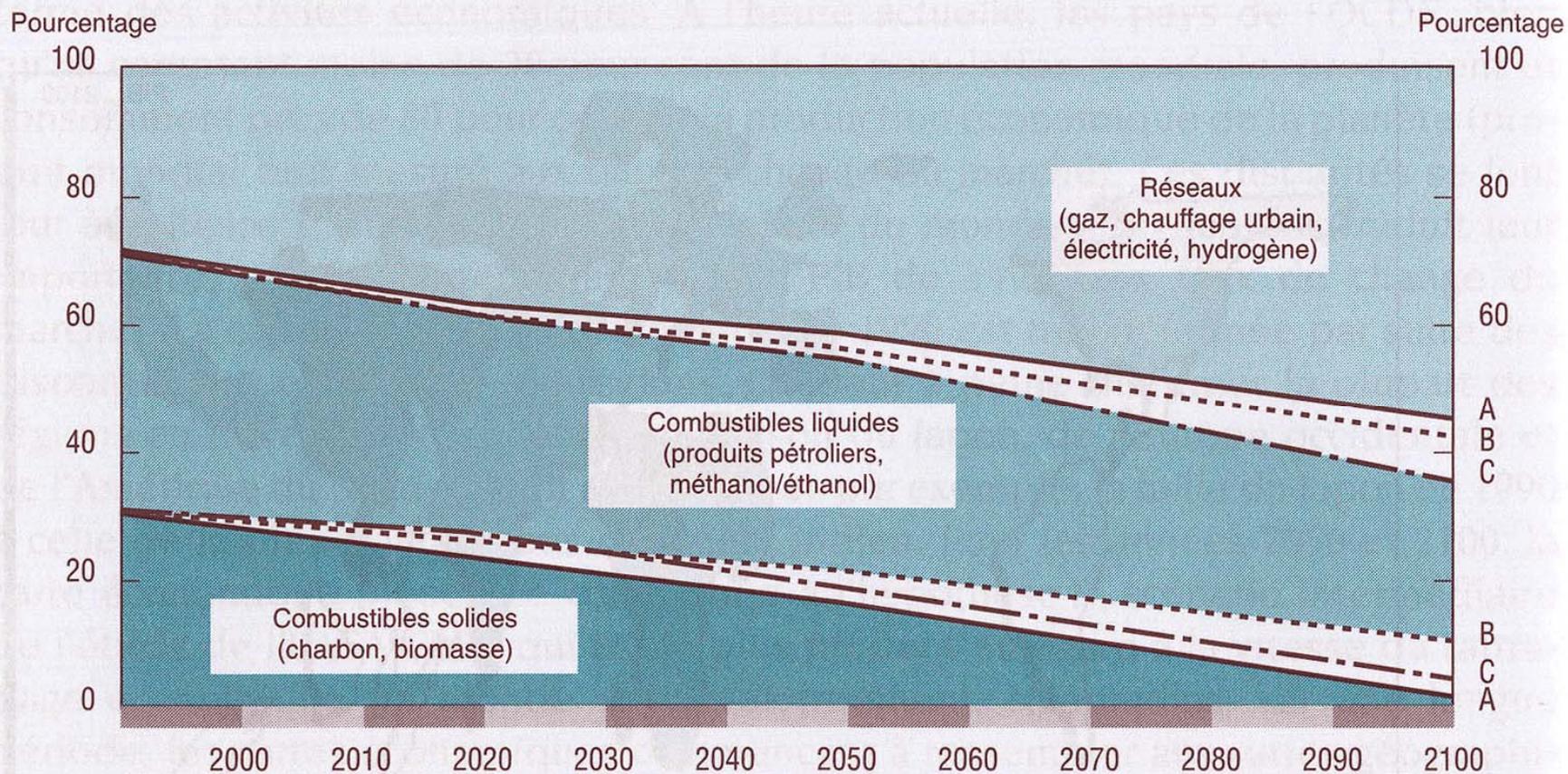


Figure 2. Consommation finale mondiale d'énergie sous forme de combustibles solides et liquides, et par réseaux



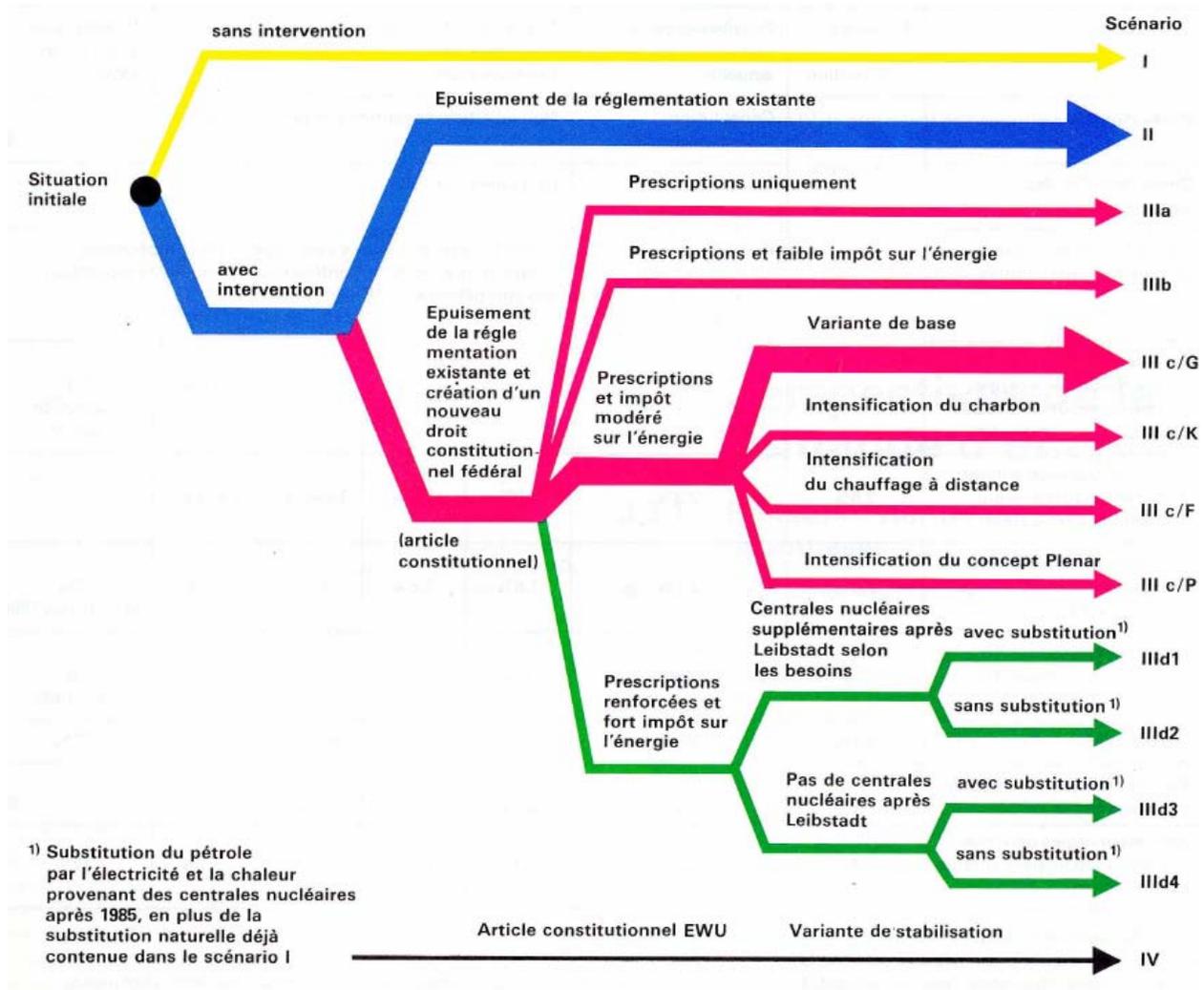
Note : Les parties grisées qui se superposent correspondent aux variantes dans les hypothèses A, B et C.
Source : Auteur.

D'après : Arnulf Gröbler, Energie les 50 prochaines années, OCDE, 1999, page 54

Quelques aspects méthodologiques

- Deux modes d'envisager le futur :
« l'un qui suppose ce qui sera dans le prolongement de ce qui a été, la prévision ;
l'autre, qui explore le futur comme une terre inconnue, la prospective » (Massé)
- Techniques :
 - extrapolations des tendances du passé
 - méthodes statistiques
 - méthodes économétriques
 - méthodes technico-économiques
 - définition de scénarios

Scénarios



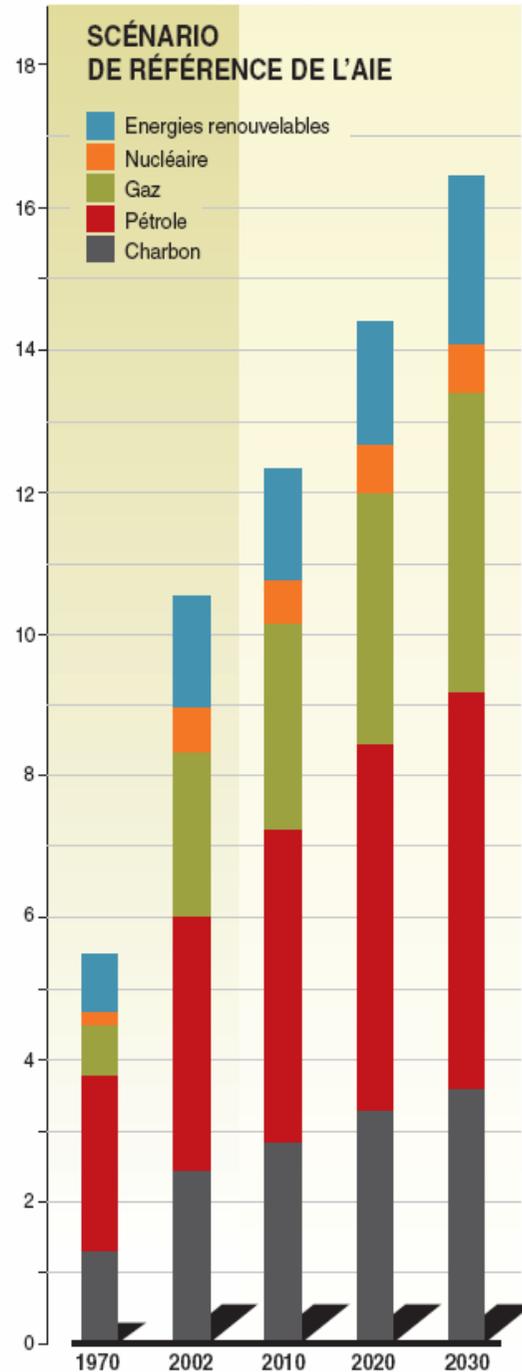
L'art de remplacer l'ignorance par l'incertitude ?

- Les données:
 - Disponibilités de séries temporelles
 - Homogénéité – compatibilité entre pays, régions ..
- Avis d'experts
- Chaîne linéaire dont la précision / pertinence est donnée par le maillon le plus faible
- Agrégation des énergies (retour aux énergies primaires)
- Aspects peu/pas discutés dans la littérature des « scénarios » à usage « public »

« Méfions-nous des scénarii dans la mesure où on les enchaîne, où on les passe aux économistes, qui les passeront aux politiques, où on ne retient que les valeurs moyennes. J'ai travaillé dessus d'un point de vue épistémologique : c'est un état d'hypnose généralisée. Quand il se produit un accident, il n'est pas rare d'entendre dire : »Ah, je n'avais par du tout imaginé ça! ». La scénarisation finit par se superposer à la réalité »

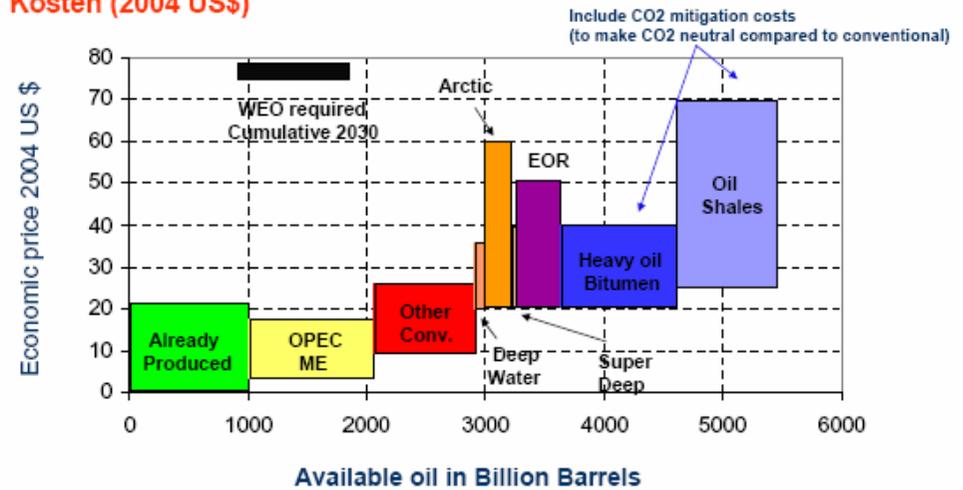
Philippe Roqueplo, à propos des scénarios climatiques,

Milliards de tonnes équivalent pétrole



Scénario tendanciel AIE 2030

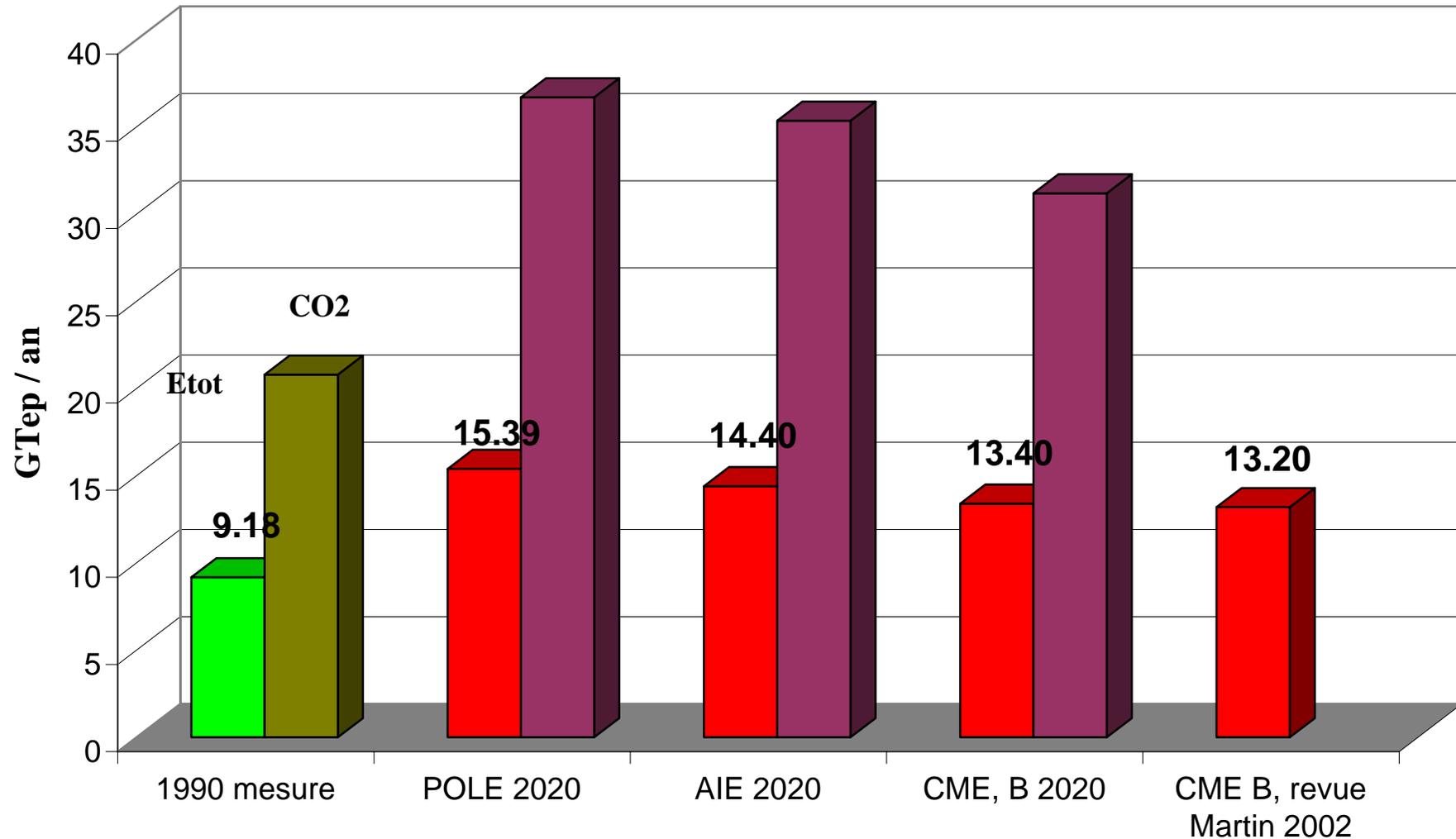
Ölpreise: Langfristige Optik
 Technische Potenziale der Erdölförderung in Abhängigkeit der Preise/
 Kosten (2004 US\$)



Quelle: IEA (2005); draft report „Resources to Reserves“ (to be published, Sept. 2005)

Comparaison de scénarios « tendances » 2020

Consommation d'énergie mondiale ET Émission CO2, tendance, Gtep



Scénarios « tendances » 2020 POLES, différences de consommation par capita Nord/Sud

	Tep/hab	
	1990	2030
Amérique Nord	7.9	8.6
Europe OCDE	3.3	4.2
Amérique Latine	1	1.7
Afrique (Tep/hab)	0.6	0.5
Monde	1.7	2.1

1990-2000 : le scénario CME B à l'épreuve des faits

Tableau 3.
Comparaison des déterminants des trajectoires de consommation anticipée et observée

	Consommation = %/an	population + %/an	PIB/habitant + %/an	intensité du PIB %/an
Europe Ouest	0,6	0,2	2,2	-1,8
	1	0,5	1,5	-1,0
Europe Est	0,2	0,5	1,9	-2,2
	- 3,3	0	-3,0	-0,3
Amérique Nord	0,3	0,6	1,8	-2,1
	1,6	1,2	1,9	-0,3
Amérique Latine	3	1,6	2,7	-1,3
	2,9	1,6	1,5	-0,4
Moyen Orient/ Afrique Nord	3,3	2,4	2	-1,1
	4,1	2,3	1,5	0,3
Afrique subsaharienne	3,2	2,9	2	-1,7
	2,2	2,5	0	-0,3
Asie Sud	2,8	1,8	2,2	-1,2
	3,2	1,9	3,4	-2,1
Asie planifiée	2,5	0,9	4	-2,4
	2,3	1,1	8,1	-6,9
Pacifique	1,7	1	2,2	-1,5
	3,3	1,4	1,3	0,6
Monde	1,4	1,4	1,8	-1,8
	1,4	1,4	1,6	-1,6

CME / B
 Observé

Note : La première ligne de chaque région correspond aux déterminants de la trajectoire du cas B du CME et la seconde à ceux de la trajectoire observée entre 1990 et 2000.

Scénario de la CME

Le conseil mondial de l'énergie (CME) est une organisation qui rassemble depuis 75 ans les grands acteurs de la scène énergétique (compagnies privées et publiques, gouvernements, institutions académiques, personnalités).

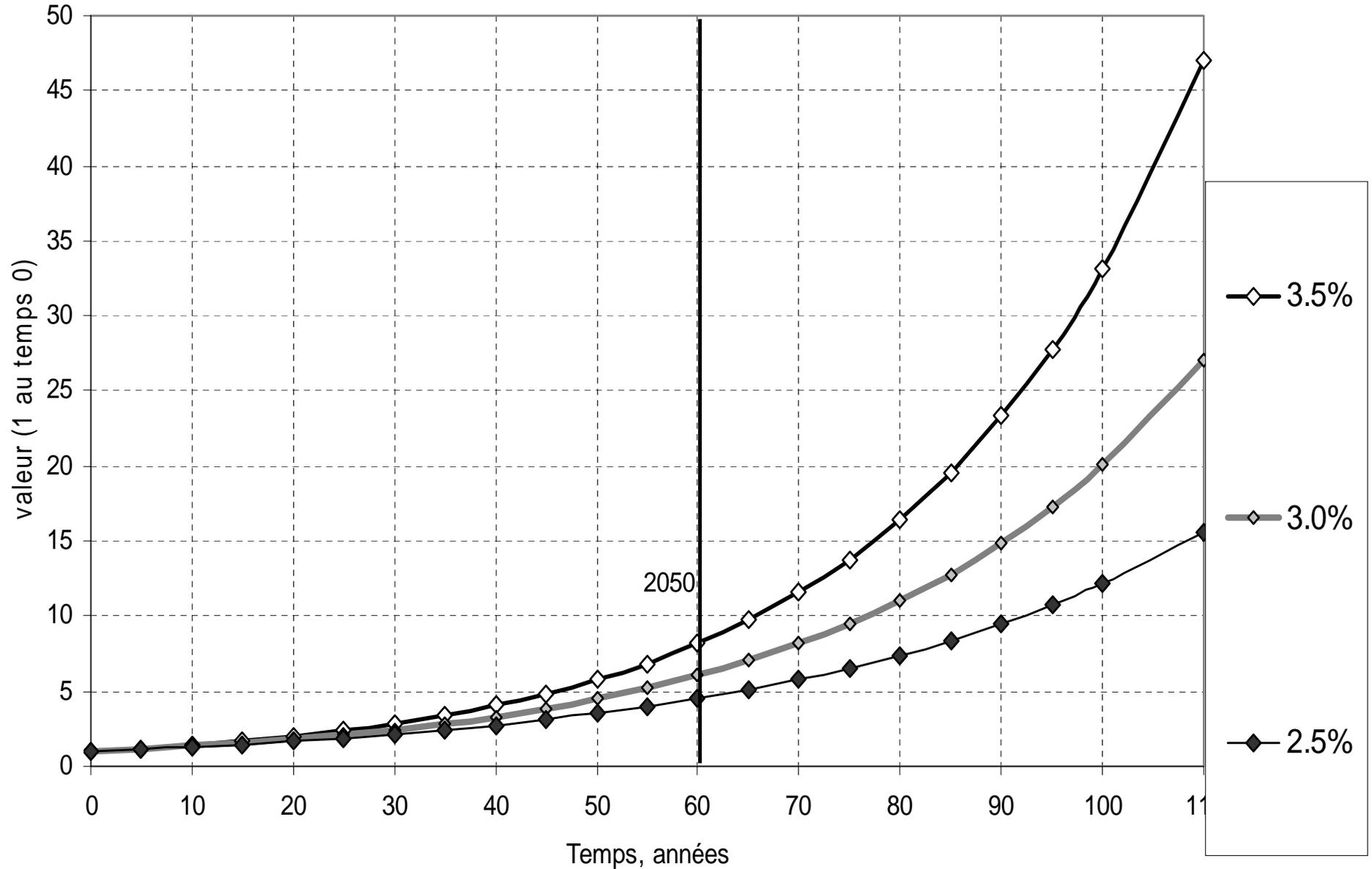
Les scénarios ci-dessous ont été réalisés pour la CME par un institut (IIASA) et publiés en 2000.

Figure 1
Summary of the three cases in 2050 and 2100 compared with 1990

	Case		
	A High growth	B Middle course	C Ecologically driven
Population, billion			
1990	5.3	5.3	5.3
2050	10.1	10.1	10.1
2100	11.7	11.7	11.7
GWP, trillion US (1990) \$			
1990	20	20	20
2050	100	75	75
2100	300	200	220
Global primary energy intensity improvement, percent per year			
1990 to 2050	Medium -0.9	Low -0.8	High -1.4
1990 to 2100	-1.0	-0.8	-1.4
Primary energy demand, Gtoe			
1990	9	9	9
2050	25	20	14
2100	45	35	21
Resource availability			
Fossil	High	Medium	Low
Non-fossil	High	Medium	High
Technology costs			
Fossil	Low	Medium	High
Non-fossil	Low	Medium	Low
Technology Dynamics			
Fossil	High	Medium	Medium
Non-fossil	High	Medium	High
Environmental taxes	No	No	Yes
CO ₂ emission constraint	No	No	Yes
Net carbon emissions, GtC			
1990	6	6	6
2050	9-15	10	5
2100	6-20	11	2
Number of scenarios	3	1	2

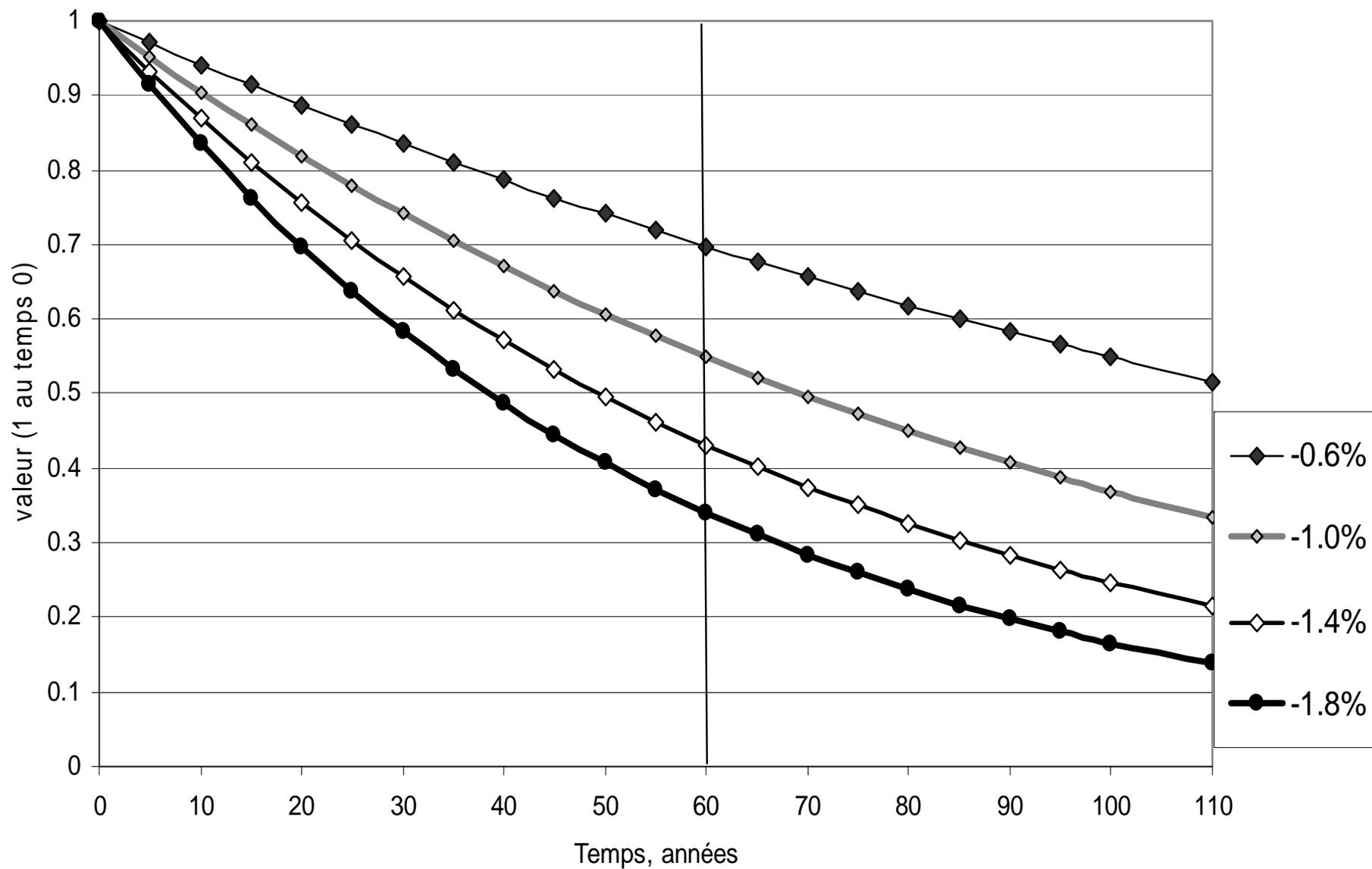
Abbreviations: GWP = gross world product; Gtoe = gigatons oil equivalent; CO₂ = carbon dioxide; GtC = gigatons of carbon

croissance autour de 3%/an



observation 1990 – 2000 : 3% (1.4% Pop + 1.6% PIB/pop)

décroissance autour de 1%/an



observation 1990 – 2000 : -1.6 %

Figure 2
Characteristics of the three cases for the world in 2050 compared with 1990

	Base year:	A			B	C	
	1990	(A1)	(A2)	(A3)		(C1)	(C2)
Primary energy, Gtoe	9	25	25	25	20	14	14
Primary energy mix, percent							
Coal	24	15	32	9	21	11	10
Oil	34	32	19	18	20	19	18
Gas	19	19	22	32	23	27	23
Nuclear	5	12	4	11	14	4	12
Renewables	18	22	23	30	22	39	37
Resource use 1990 to 2050, Gtoe							
Coal		206	273	158	194	125	123
Oil		297	261	245	220	180	180
Gas		211	211	253	196	181	171
Energy sector investment, trillion US\$	0.2	0.8	1.2	0.9	0.8	0.5	0.5
US\$/toe supplied	27	33	47	36	40	36	37
As a percentage of GWP	1.2	0.8	1.1	0.9	1.1	0.7	0.7
Final energy, Gtoe	6	17	17	17	14	10	10
Final energy mix, percent							
Solids	30	16	19	18	23	20	20
Liquids	39	42	36	33	33	34	34
Electricity	13	17	18	18	17	18	17
Other ^a	18	25	27	31	28	29	29
Emissions							
Sulfur, MtS	59	54	64	45	55	22	22
Net carbon, GtC ^b	6	12	15	9	10	5	5

Note: Subtotals may not add up due to independent rounding

^aDistrict Heat, gas and hydrogen.

^bNet carbon emissions do not include feedstocks and other non-energy emissions or CO₂ used for enhanced oil recovery.

Figure 4
Global Primary Energy Use, Historical Development from 1850 to 1990 and in the three cases to 2100, in Gtoe. The insert shows global population growth, 1850 to 1990 and projections to 2100, in billion people. Source: Bos et al. 1992.

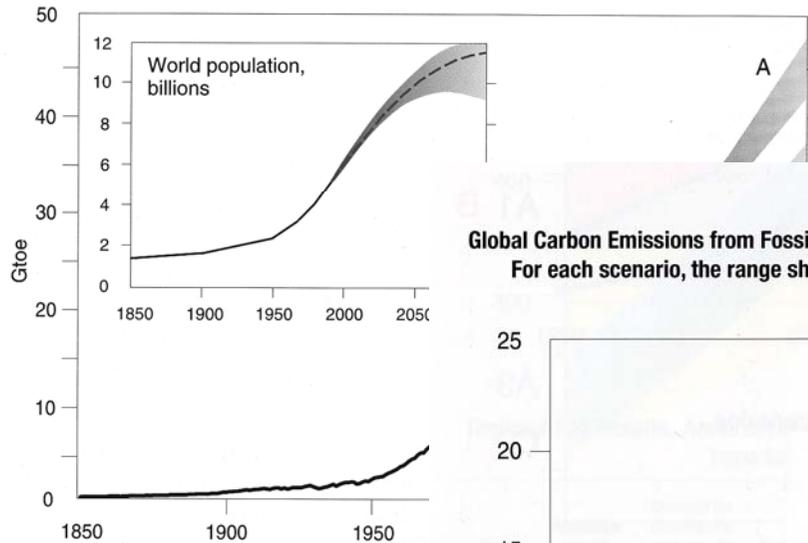


Figure 9
Global Carbon Emissions from Fossil Fuel Use, 1850 to 1990, and for scenarios to 2100, in GtC. For each scenario, the range shows the difference between gross and net emissions.

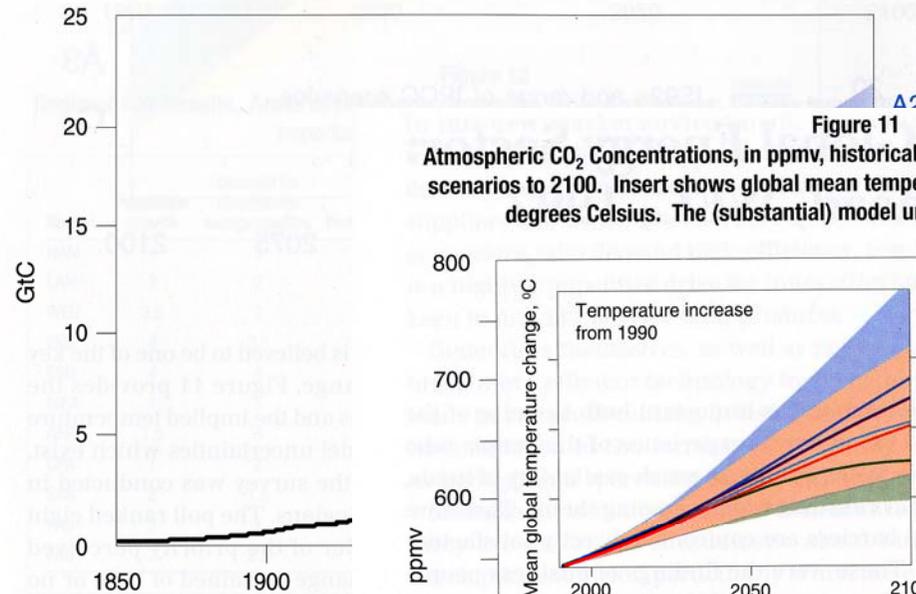
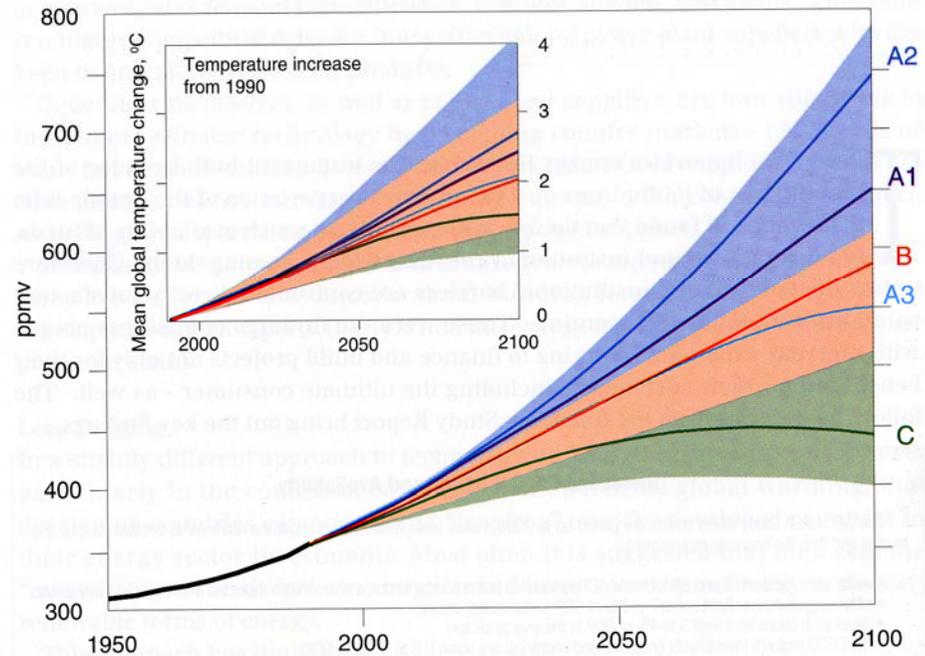
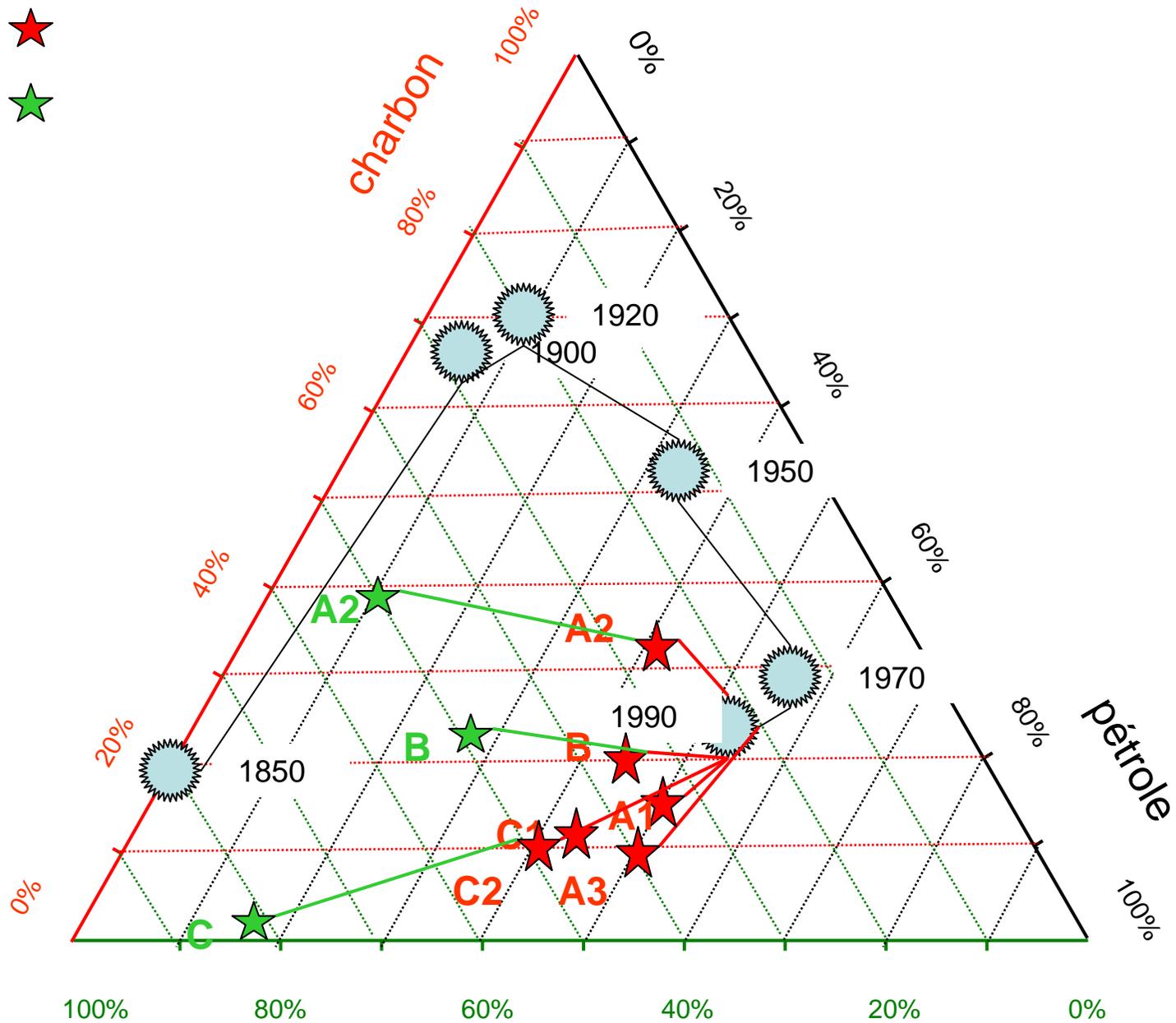


Figure 11
Atmospheric CO₂ Concentrations, in ppmv, historical development from 1950 to 1990 and in scenarios to 2100. Insert shows global mean temperature change compared with 1990, in degrees Celsius. The (substantial) model uncertainties are also indicated.



2050 ★

2100 ★

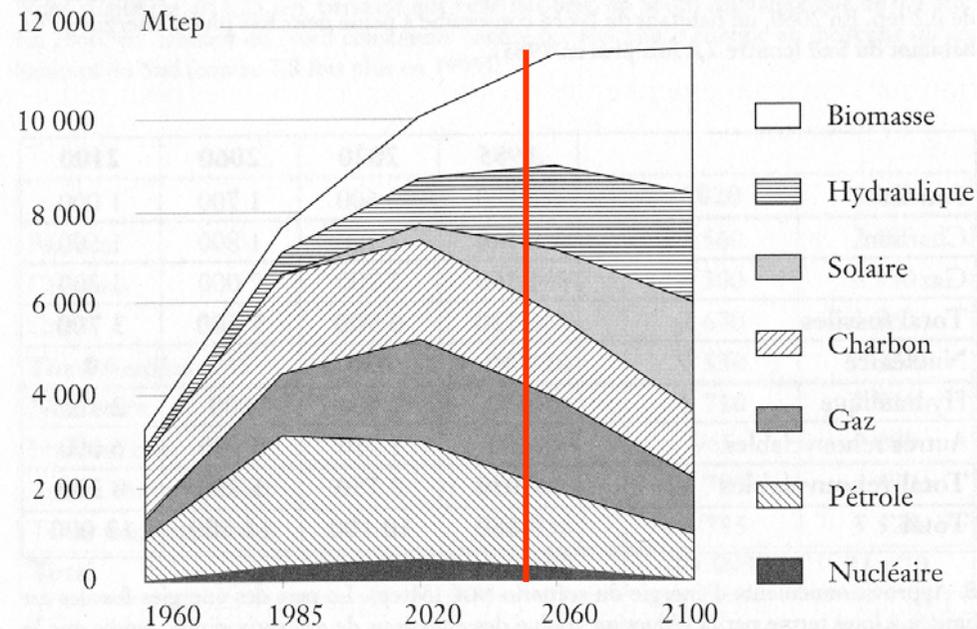


Renouvelables et nucléaire

Scénario NOE

Les hypothèses retenues sont :

- Même démographie que le CME
- Déconnexion entre le PIB et la consommation énergétique: entre 1990 et 2050, **le PIB par habitant des pays riches X par 2.6 la consommation énergétique : par 2 -2%/an Ener/PIB au niveau mondial**
- Système productif basé sur le renouvelable et abandon progressif du nucléaire.
- Limitation du CO2 émis.



Les approvisionnements énergétiques du scénario NOE. En 2100, le recours aux énergies fossiles est moitié moindre qu'en 1985 et l'énergie nucléaire n'est plus utilisée.

Scénario de Fetter

Ce scénario de Steve Fetter est paru dans « The Bulletin of the Atomic Scientists ».

demande en 2050 double de celle de 2000 (soit 20 GTep au lieu de 10)

une limitation des émissions de CO₂.

Les contributions sont les suivantes :

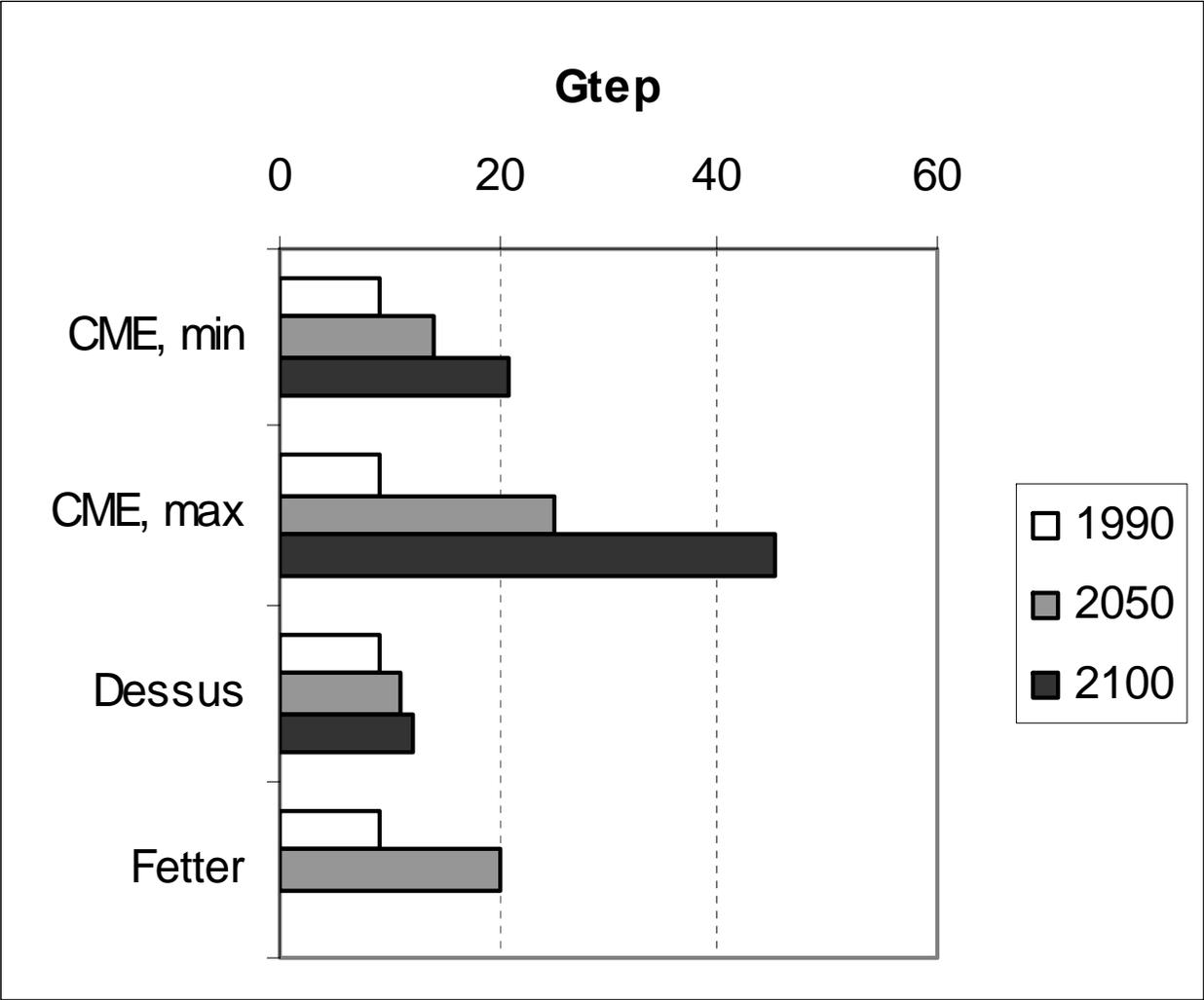
Charbon :10%, soit 2 GTep

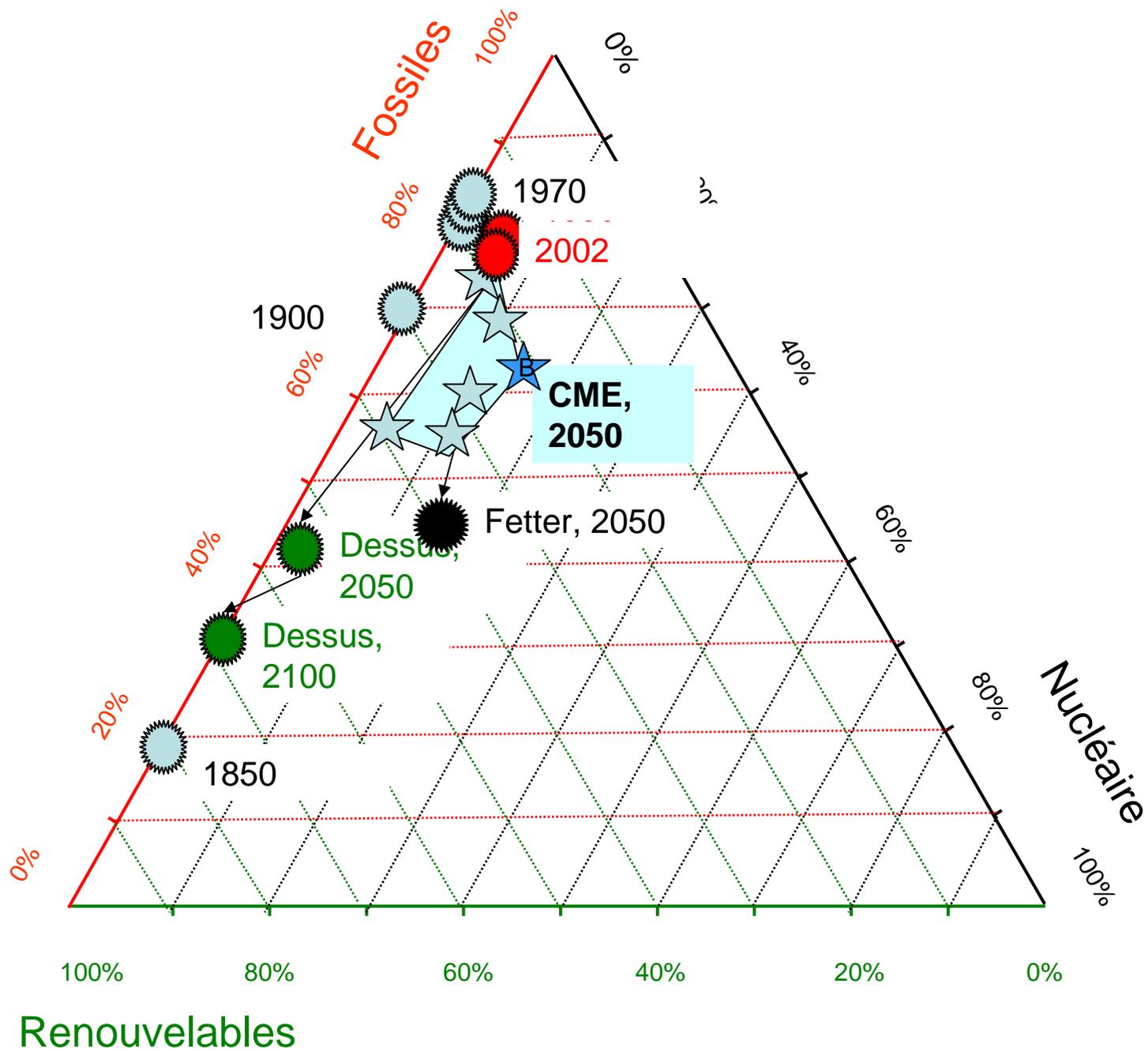
Pétrole :15%, soit 3 GTep

Gaz :20%, soit 4 GTep, (soit au total pour le fossile 9 GTep,
actuellement : 8GTep)

Nucléaire :15%, soit 3 GTep (environ 2000 réacteurs au lieu de 400
actuellement)

Renouvelable : 40%, soit 8 GTep (5 fois la production actuelle)

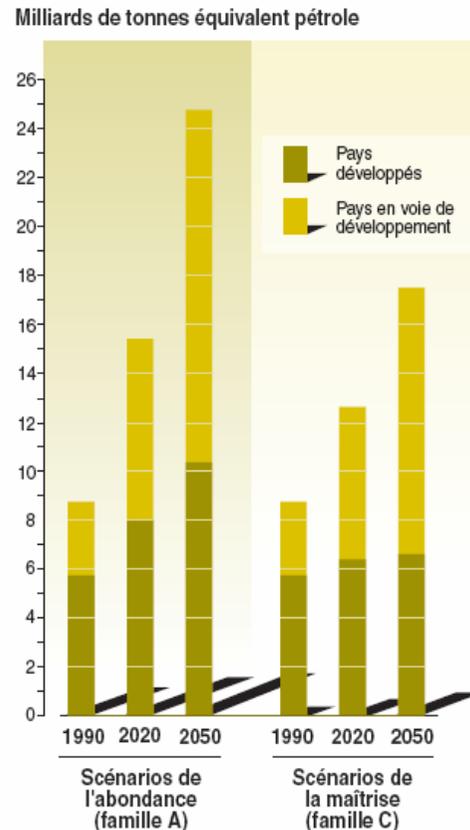
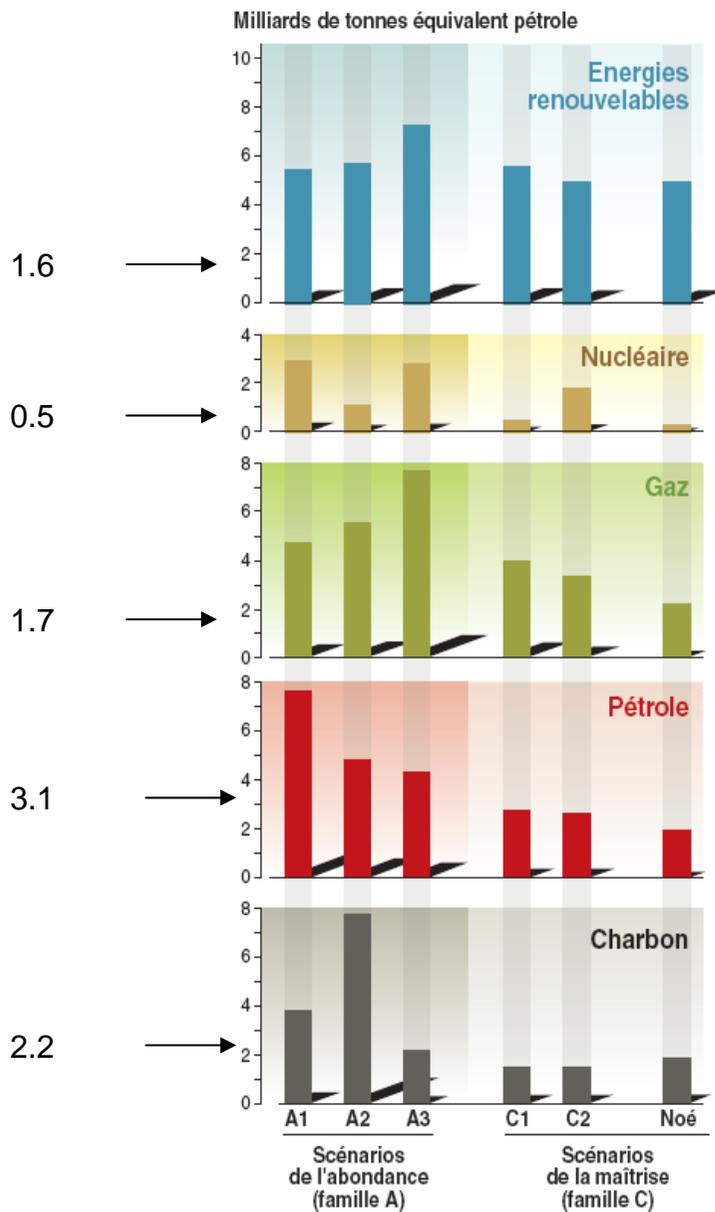




1990

2050

SCÉNARIOS PROSPECTIFS DE L'IIASA



SOURCES ET RÉFÉRENCES

Enerdata, base de données, en ligne, et *Enerdata Yearbook* Edition 2004, <http://www.enerdata.fr> ; Benjamin Dessus et Hélène Gassin, *So watt ? L'énergie : une affaire de citoyens*, Editions de l'Aube, La Tour-d'Aigues, à paraître en février 2005 ; Benjamin Dessus, *Atlas des énergies pour un monde vivable*, Syros, Paris, 1994 ; Agence internationale de l'énergie (AIE), *World Energy Outlook 2004*, Paris ; Jean-Marc Jancovici, *L'Homme et l'énergie, les amants terribles*, revue *La Jaune et la Rouge*, Energie et environnement, 2004 ; Stéphane His, « Quelle alternative énergétique à moyen et long termes ? », *Revue de l'Energie*, n° 554, Paris, février 2004 ; *Transports et changements climatiques : un carrefour à haut risque*, Réseau action climat-France (RAC-F), Montreuil, avril 2004.

NB : Pour la famille des scénarios A, les besoins énergétiques mondiaux cumulés représentent environ 25 milliards de tonnes équivalent pétrole (tep) pour 2050, et entre 15 et 17 milliards de tep pour la famille des scénarios C et Noé.

Discussion / Conclusions

- La tendance actuelle (« laisser-faire ») n'est pas durable
- Importance fondamentale de l'utilisation rationnelle de l'énergie
 - Intensité énergétique, un paramètre clé
 - Importance des infrastructures (réseaux) et des interventions « en amont », dans un environnement de plus en plus complexe
- Peu de sensibilité aux prix de l'énergie ???
- Développement nécessaire des renouvelables
- Place modeste du nucléaire, beaucoup d'incertitudes
- Le besoin d'intervention de la part des collectivités publiques et de financement (16'500 milliard \$ cumulés en 2030, AIE, budgets militaires : 1'000 milliards \$/an)
 - L'idée d'une nouvelle économie basée sur les économies d'énergies et le renouvelable : proposée par NOE (Dessus, 1996), repris au niveau européen à partir des scénarios 2030
 - A-t-on les moyens d'investir à la fois dans l'URE, les renouvelables et le nouveau nucléaire?

Bibliographie des scénarios

- Energy for tomorrow, Acting now!, (CME), WEC statement 2000
- Energie, un déficit planétaire (NOE), B. dessus, débats, Belin, 1996
- Energy 2050, S. Fetter, the Bulletin of the Atomic Scientists, july 2000
- World Energy Outlook, parait chaque année, AIE
- European energy and transport trends to 2030, (POLES)
http://www.europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/figures/trends_2030/index_en.htm
- European energy and transport scenarios on key drivers, Commission Européenne, CE, 2004,
http://www.europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/figures/scenarios/doc/2005_flyer_scenarios_on_key_drivers.pdf
- Voir aussi: Energy for a sustainable world, Goldemberg et al, World energy institute, 1987