

L'énergie nucléaire peut elle limiter le réchauffement climatique?

Hervé Nifenecker
Président fondateur de
Sauvons Le Climat

Les scénarios du GIEC

<http://www.iiasa.ac.at/web-apps/ene/geadb/dsd?Action=htmlpage&page=about>

Problématique

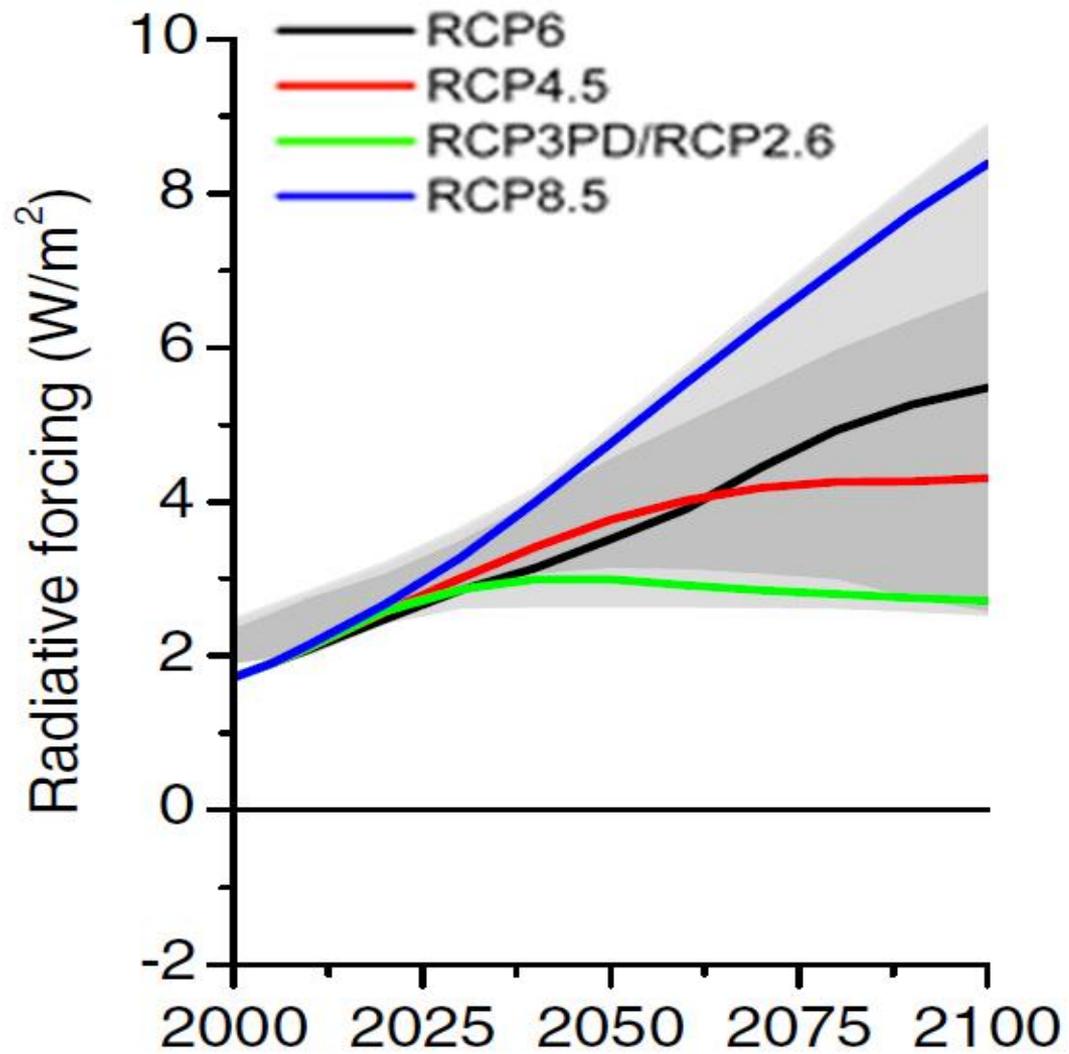
- Les données: démographie
- Valeurs initiales: PIB, Mix électrique par pays
- Objectifs:
 - Climatiques
 - Energétiques
 - Economiques: croissance?
 - Sociaux: réduction des inégalités?
- A quoi ça sert?
 - Eventail des possibles

Les scénarios GIEC

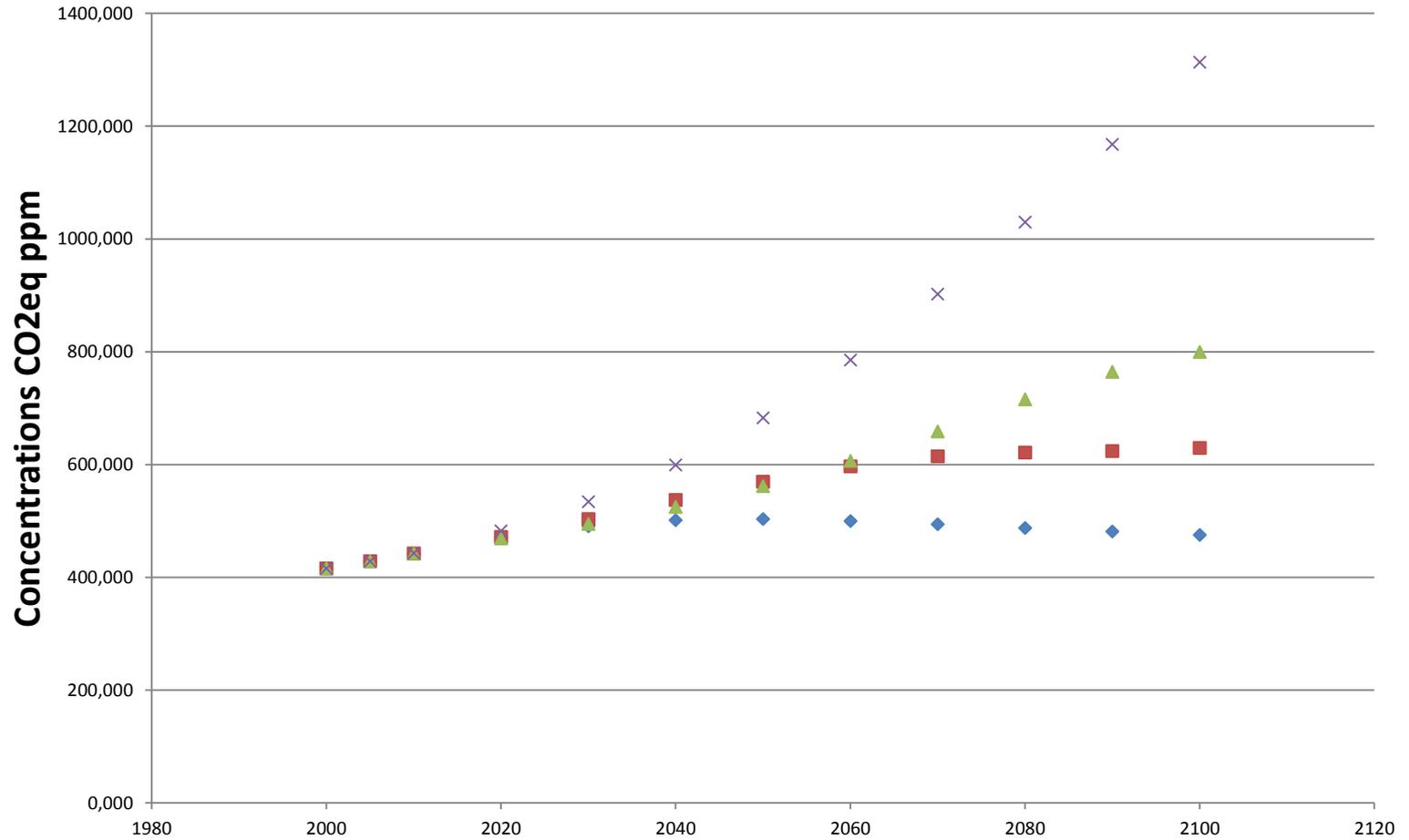
- 4 groupes officiels de « scénaristes » IAMC
- Netherlands Environmental Assessment Agency (NEAA)
- Pacific Northwest National Laboratory's Joint Global Change Research Institute (JGCRI)
- National Institute for Environmental Studies (NIES), Japan
- International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Austria

Les RCP

- Le GIEC demande aux « scénaristes » de respecter des trajectoires caractérisées par la valeur du forçage radiatif en 2100



◆ RCP 2,6 ■ RCP 4,5 ▲ RCP 6 × RCP 8,5



Forcing	conc CO2	conc CO2eq	temp inc	cumulative	
W/m2	ppm	ppm	°C	Gt CO2	
2,5-3	350-400	445-490	2-2,4	350-950	
3-3,5	400-440	490-535	2,4-2,8	950-1500	
3,5-4	440-485	535-590	2,8-3,2	1500-1950	
4-5	485-570	590-710	3,2-4	1950-2600	
5-6	570-660	710-855	4-4,9	2600-3250	
6-7,5	670-790	855-1130	4,9-6,1	3250-5250	

Budget CO₂

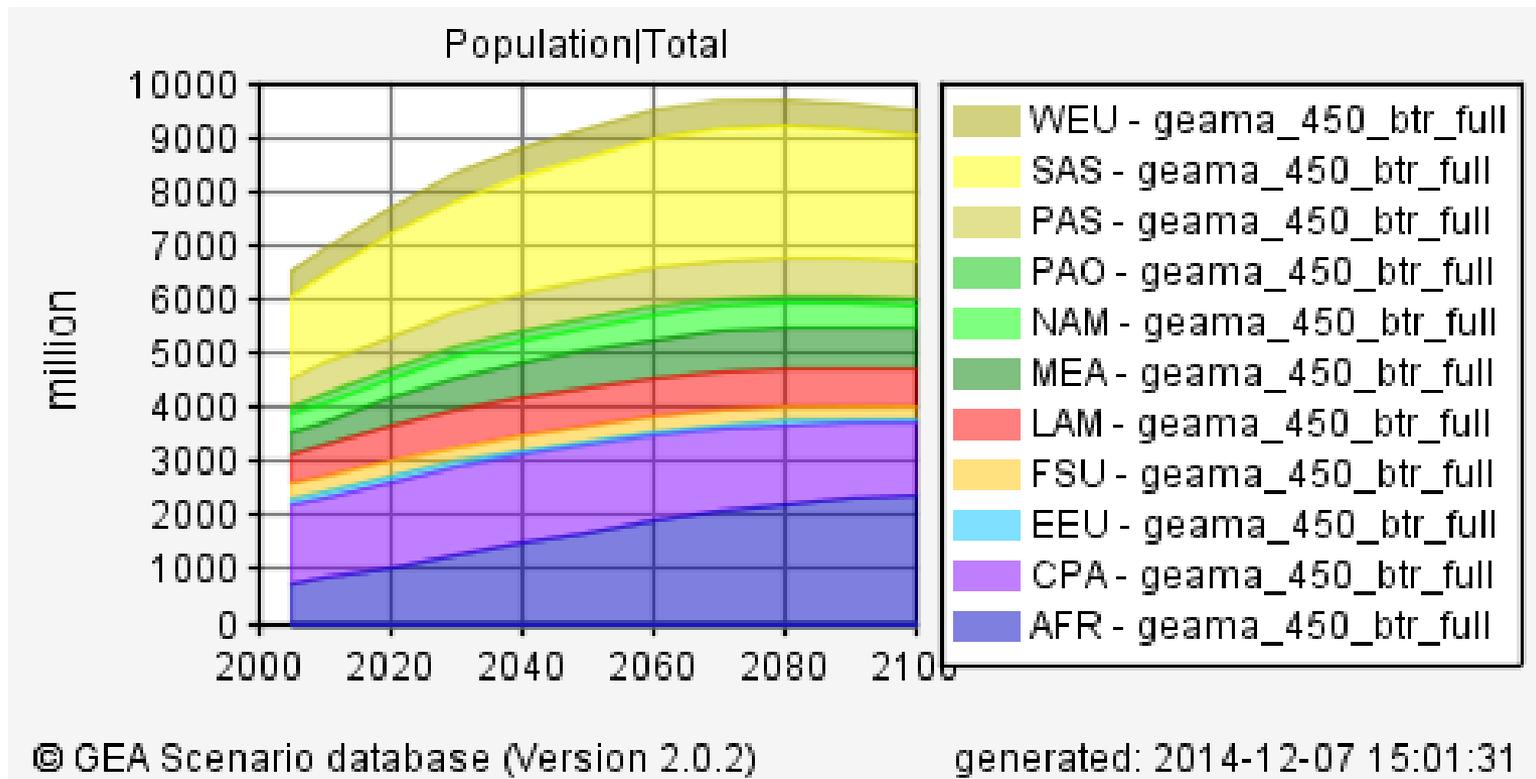
Budget total 1000 GtCO₂ , Budget par tête : 143 tCO₂

Pays	Nombre d'année disponibles	Réduction en % 2030	Réduction en % 2050	Année pour laquelle les émissions doivent s'annuler	Membre du G7	CO ₂ /hab. Tonnes 2011
Monde	63,0	28	60			4,50
OCDE	28,7	63				9,95
Australie	16,4	100	100	2030		17,43
Etats Unis	16,9	100	100	2030	oui	16,94
Canada	18,6	98	100	2032	oui	15,37
Russie	24,5	95	100	2039		11,65
Pays Bas	27,4	66	100	2042		10,45
Japon	30,8	58	100	2046	oui	9,28
Allemagne	31,3	58	100	2047	oui	9,14
Danemark	38,2	47	99	2053		7,48
Grand Bretagne	40,5	44	94	2055	oui	7,06
Italie	44,2	41	92	2059	oui	6,47
Chine	48,3	37	79	2063		5,92
Espagne	48,8	37	78	2064		5,86
France	56,4	32	67	2071	oui	5,04
Suisse	56,5	32	67	2072		5,06
Suède	60,2	30	63	2075		4,65
Brésil	138,1	13	28	2153		2,07
Indonésie	138,1	13	28	2153		1,76
Inde	202,8	9	19	2217		1,41
Nigéria	866,7	2	4	2882		0,33
Ethiopie	4085,1	0	1	6100		0,07

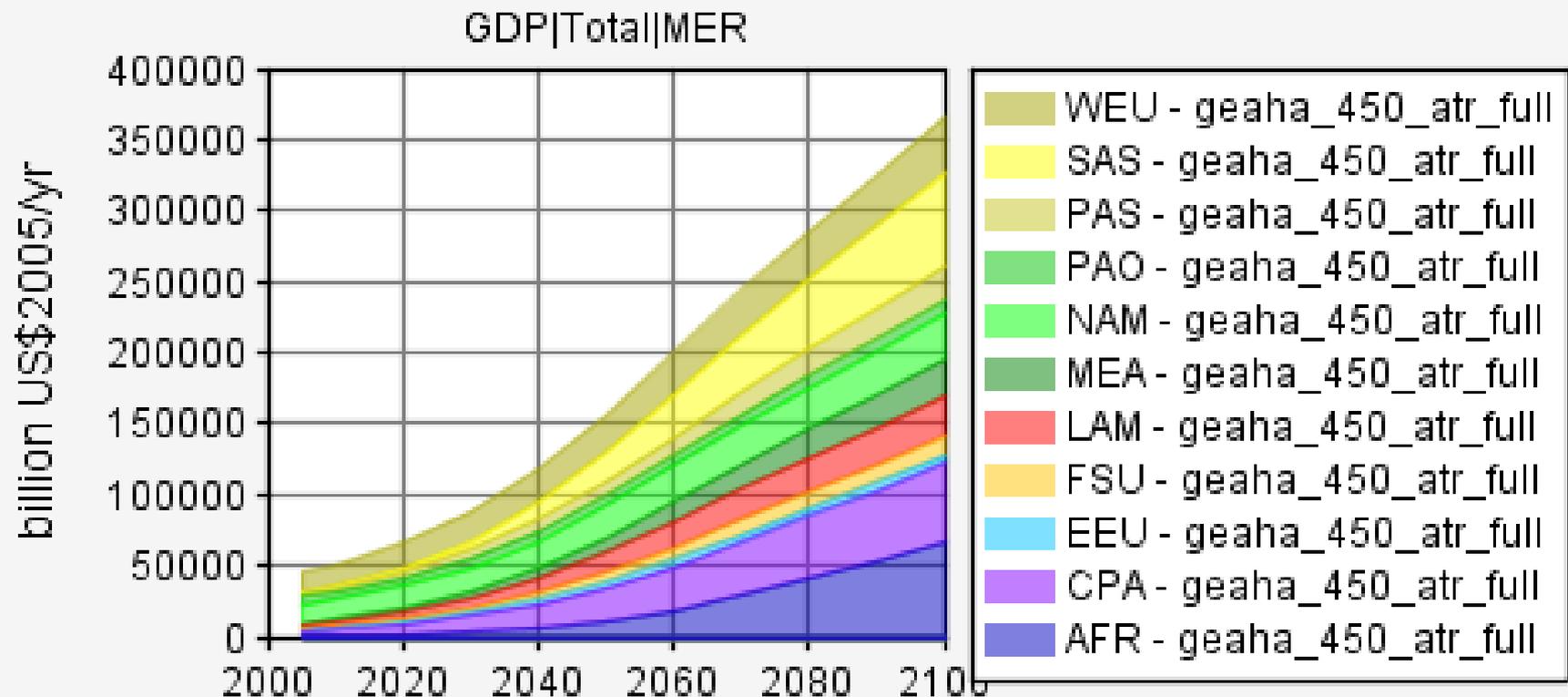
Les scénarios RCP 2,6

- IMAGE piloté par NEAA
- MESSAGE piloté par IIASA.

<http://www.iiasa.ac.at/web-apps/ene/geadb/dsd?Action=htmlpage&page=about>



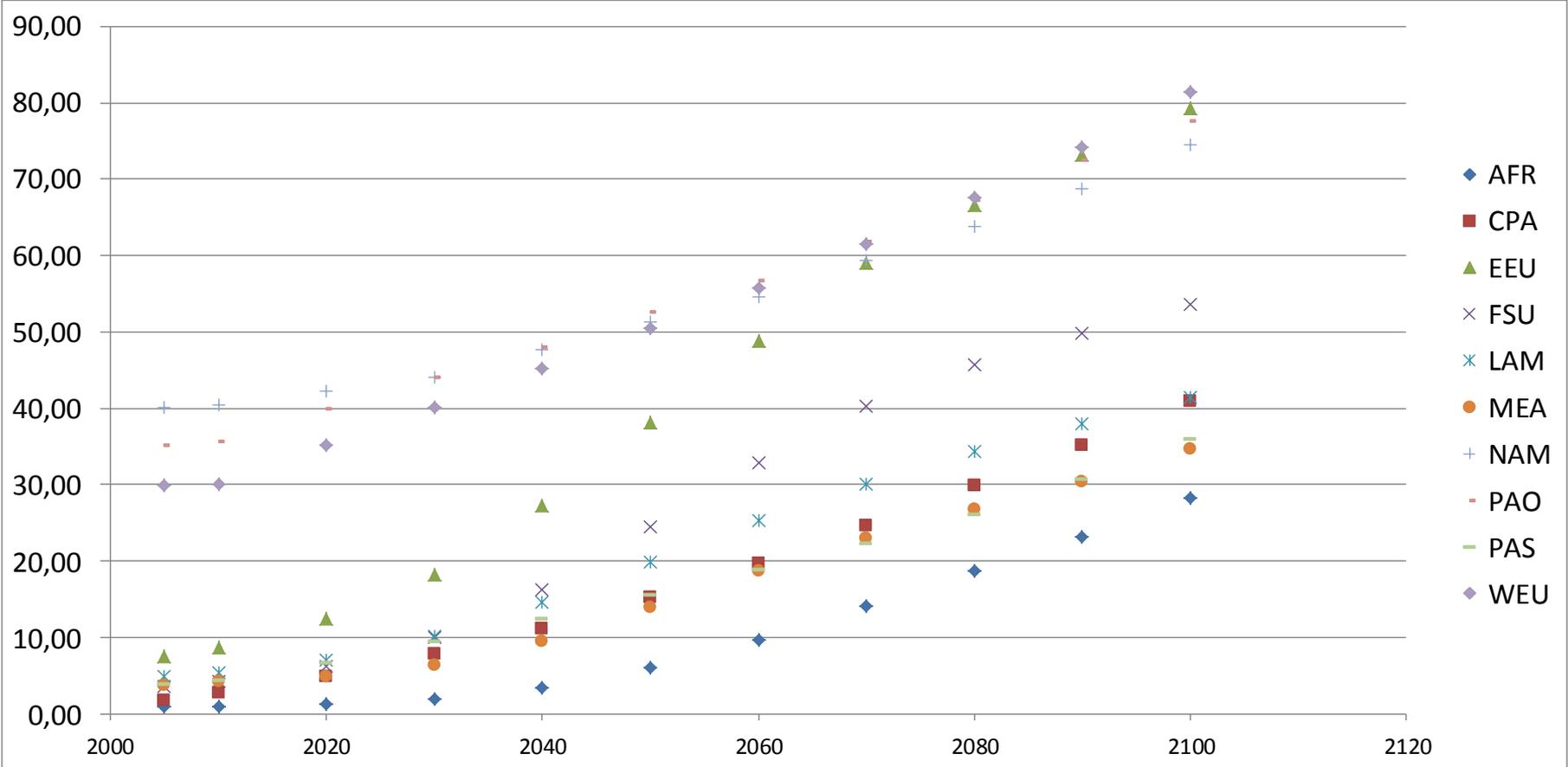
Produit Mondial Brut pour les 3 scénarios



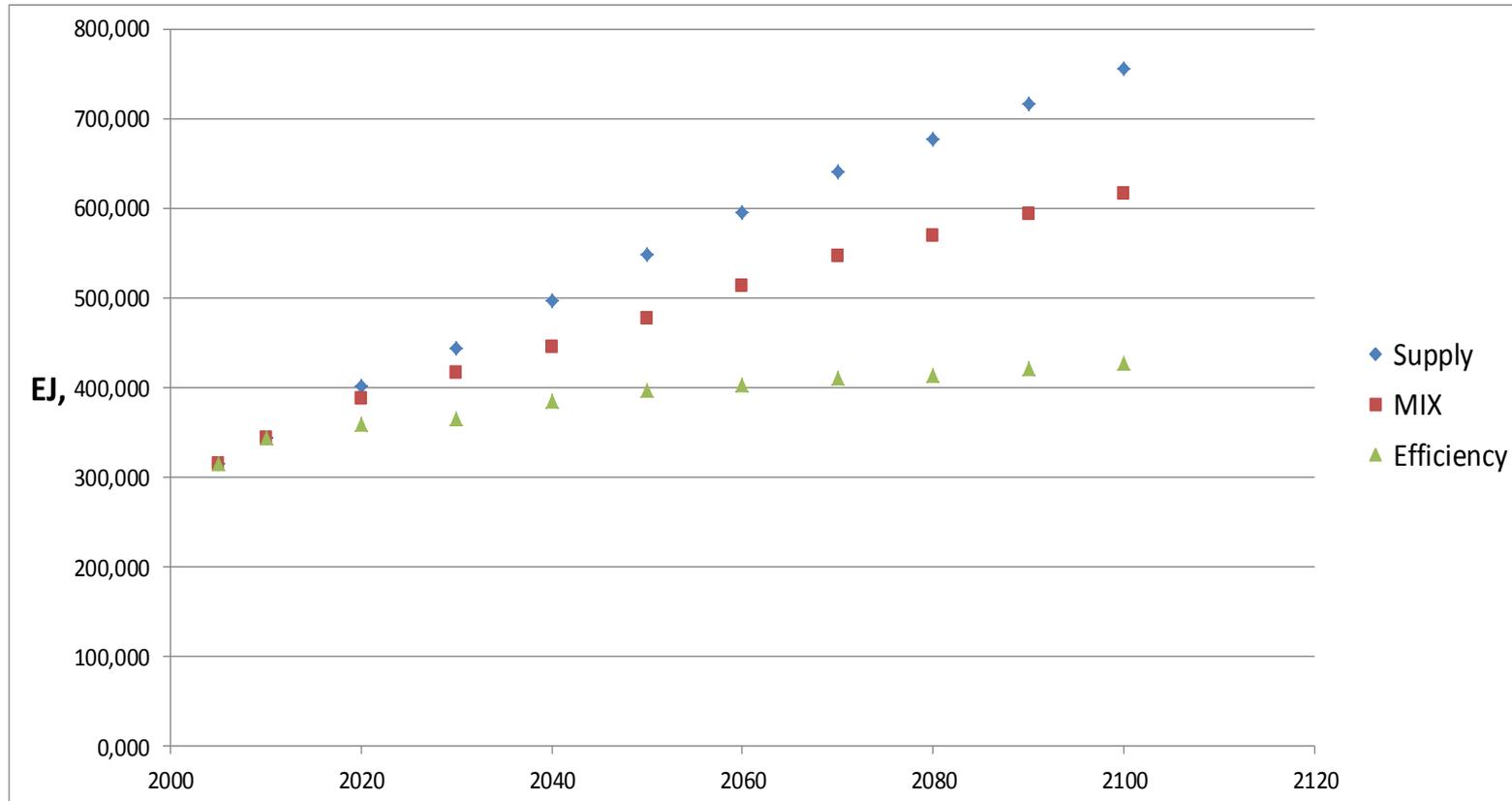
© GEA Scenario database (Version 2.0.2)

generated: 2014-12-07 15:24:05

PIB/hab k\$



Consommation d'énergie finale



Consommation d'énergie

2 catégories de scénarios:

IMAGE	MESSAGE
Supply	Supply
MIX	MIX
Efficiency	Efficiency

1 EJ= 1 exajoule= 10^{18} Joules =277 TWh =24 Mtep

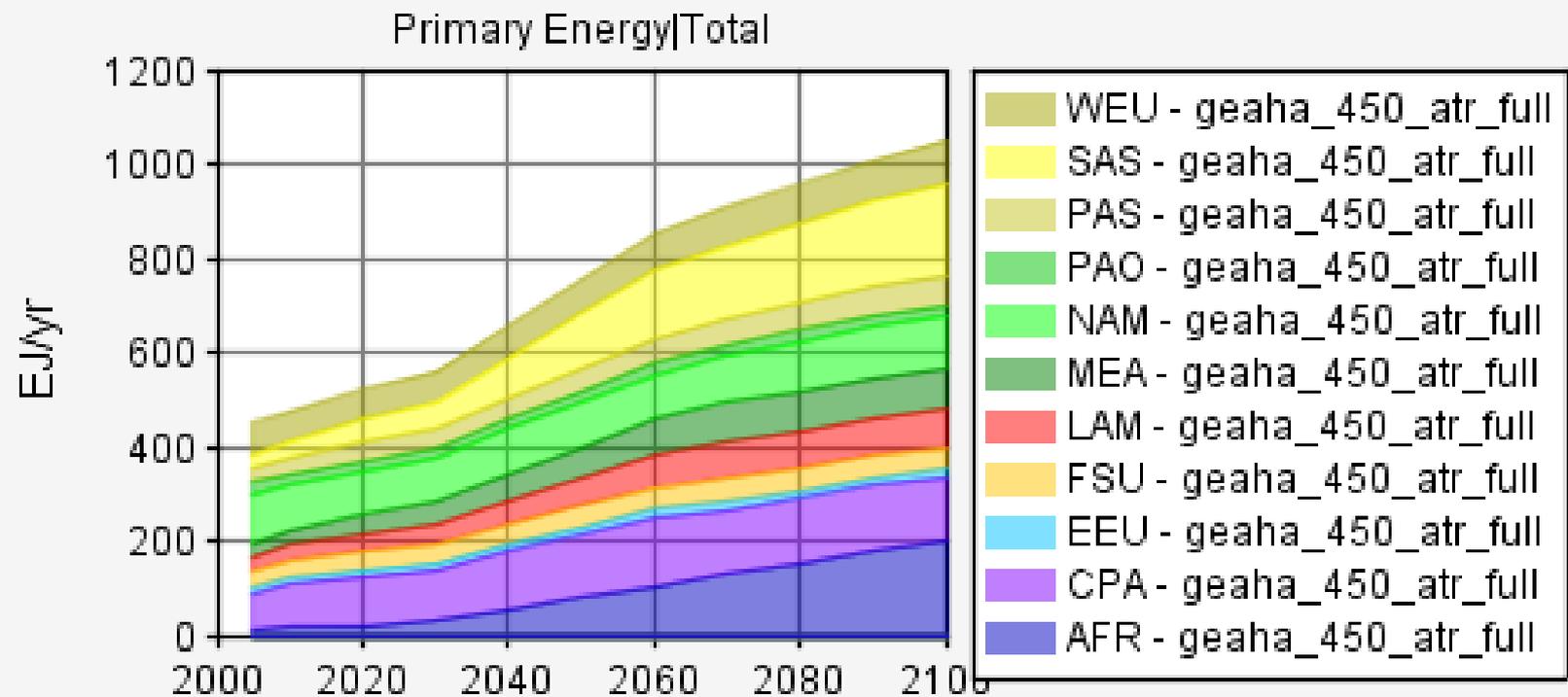
Variante « Nucléaire »

How much can nuclear energy do about Global Warming?

André Berger, Francois-Marie Breon, Barry Brook, Philippe Hansen, Ravi Grover, Claude Guet Frederic Livet , Herve Nifenecker, Michel Petit, Gérard Pierre, Henri Prévot, Sébastien Richet , Henri Safa, Michael Schneeberger. Weiping Liu, Suyan Zhou

Comparaison Energies Primaires

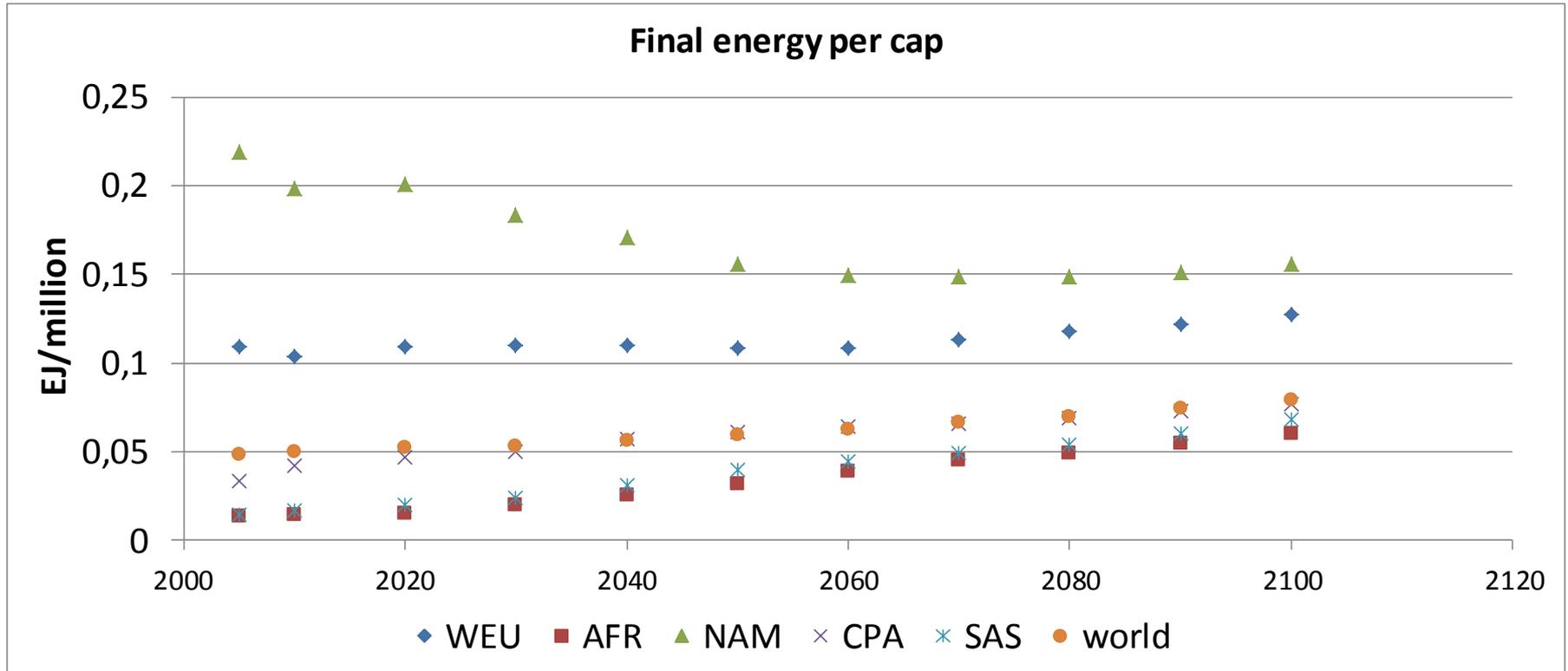
Scénario Supply	Méthode par substitution		Méthode directe		Rapport Substitution /directe	Electricité	
	EJ		EJ				
	2005	2100	2005	2100		2005	2100
Fossiles	386	141	386	141	1	45	3
Biomasse	42	221	42	221	1	0,6	4,4
Nucléaire	28	715	10	251	2,8	10	250
Hydro	30	96	10	33	2,9	10	33
Eolien	1,1	255	0,38	89	2,9	0,38	89
Solaire	0,45	870	0,33	326	2,7	0,03	289
Total	488	2300	450	1051		65	677



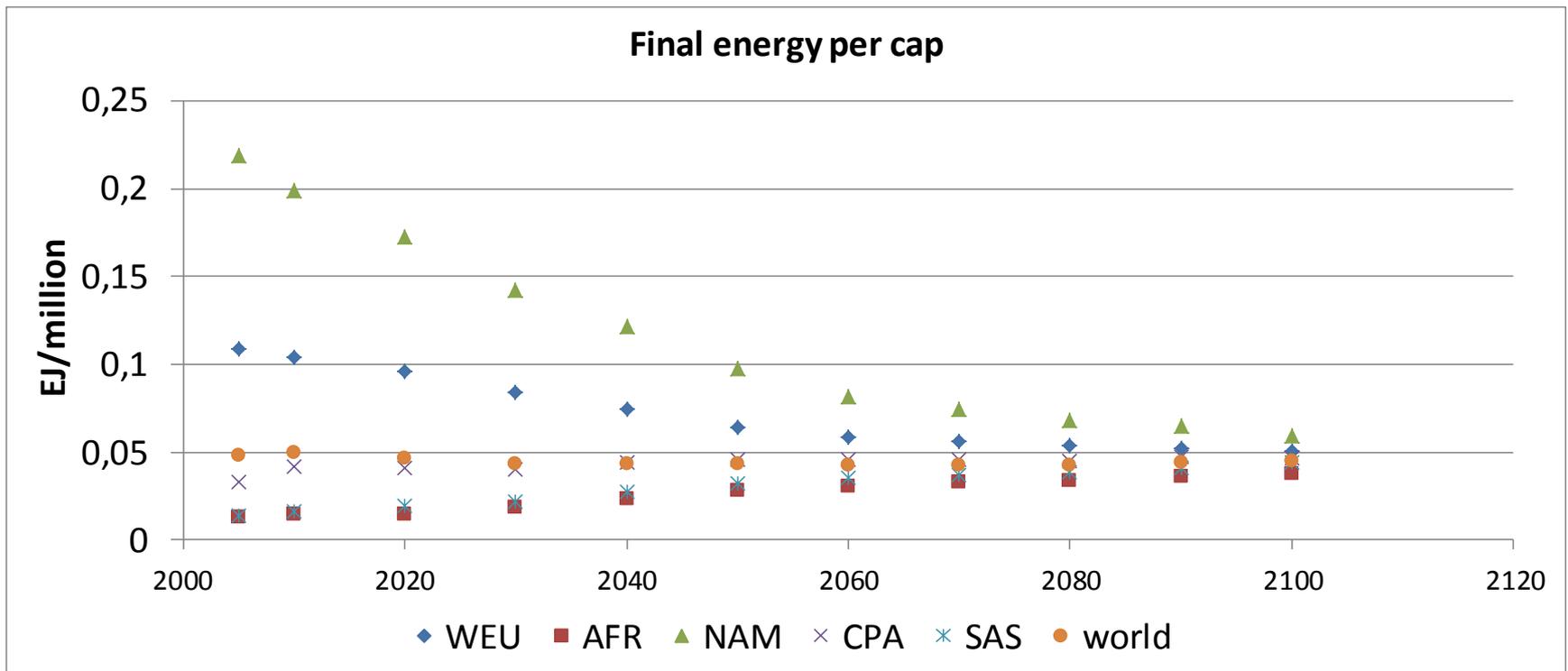
© GEA Scenario database (Version 2.0.2)

generated: 2014-12-08 18:53:03

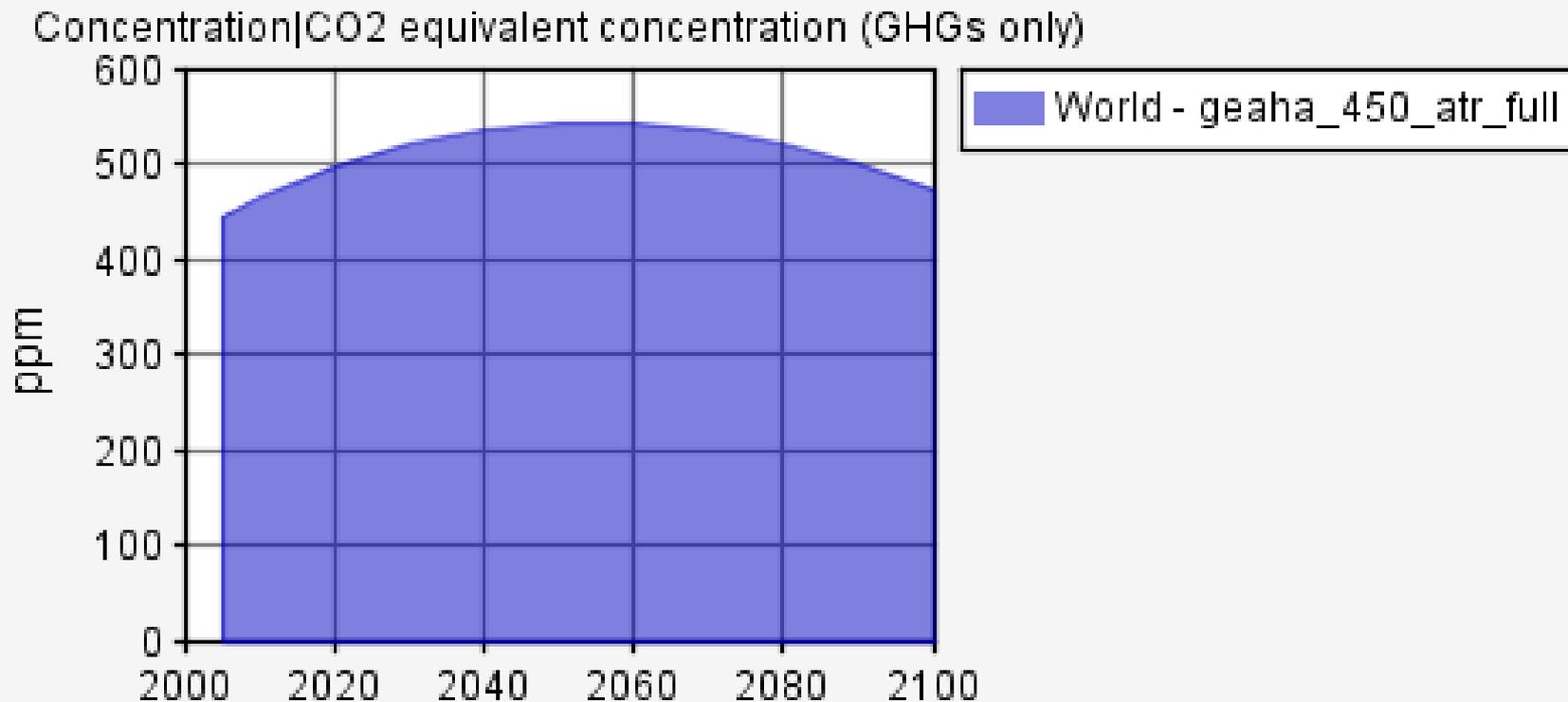
Energie finale/hab Supply régions



Energie finale/hab Efficiency régions



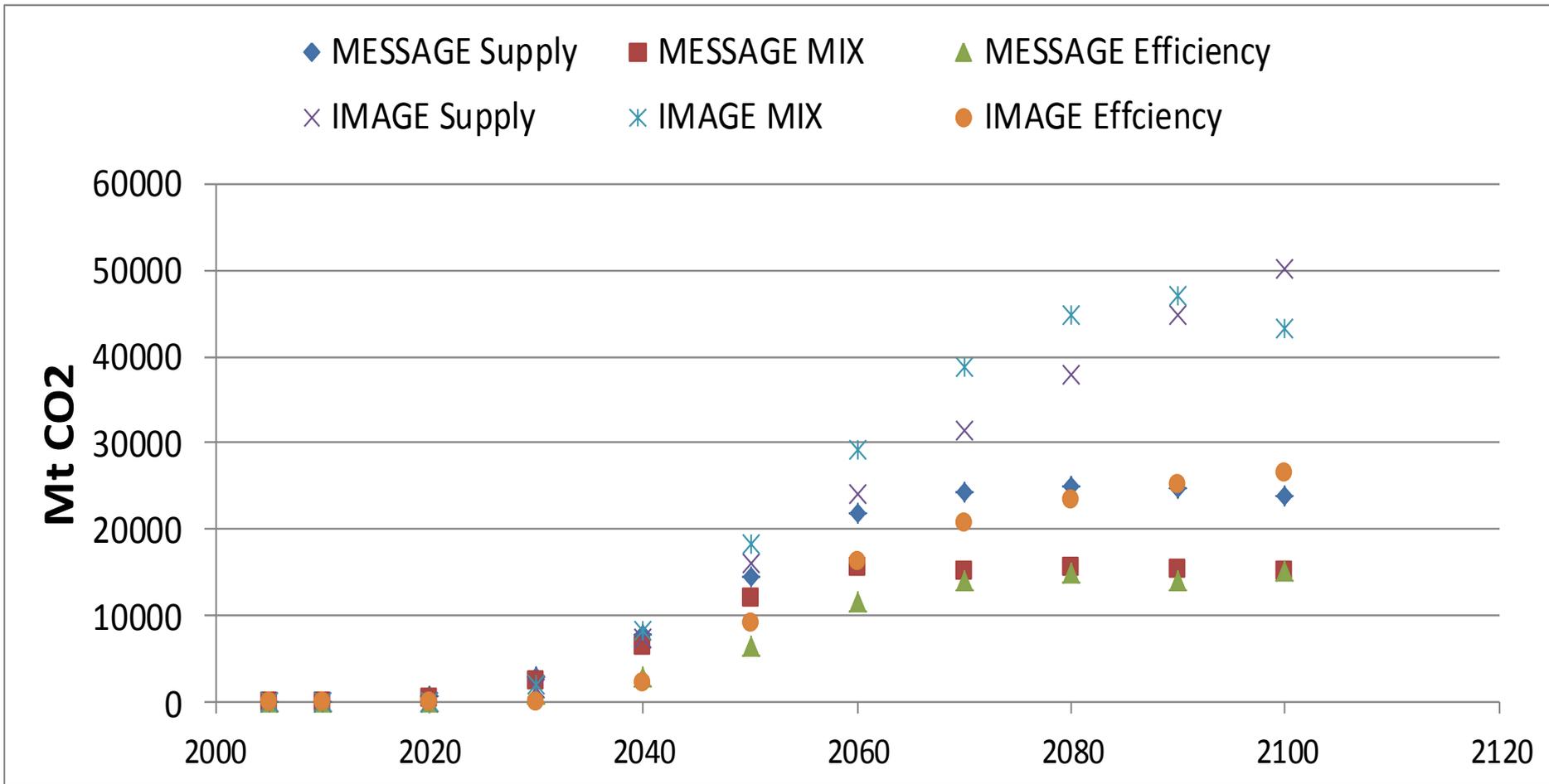
Concentration de CO2 équivalent



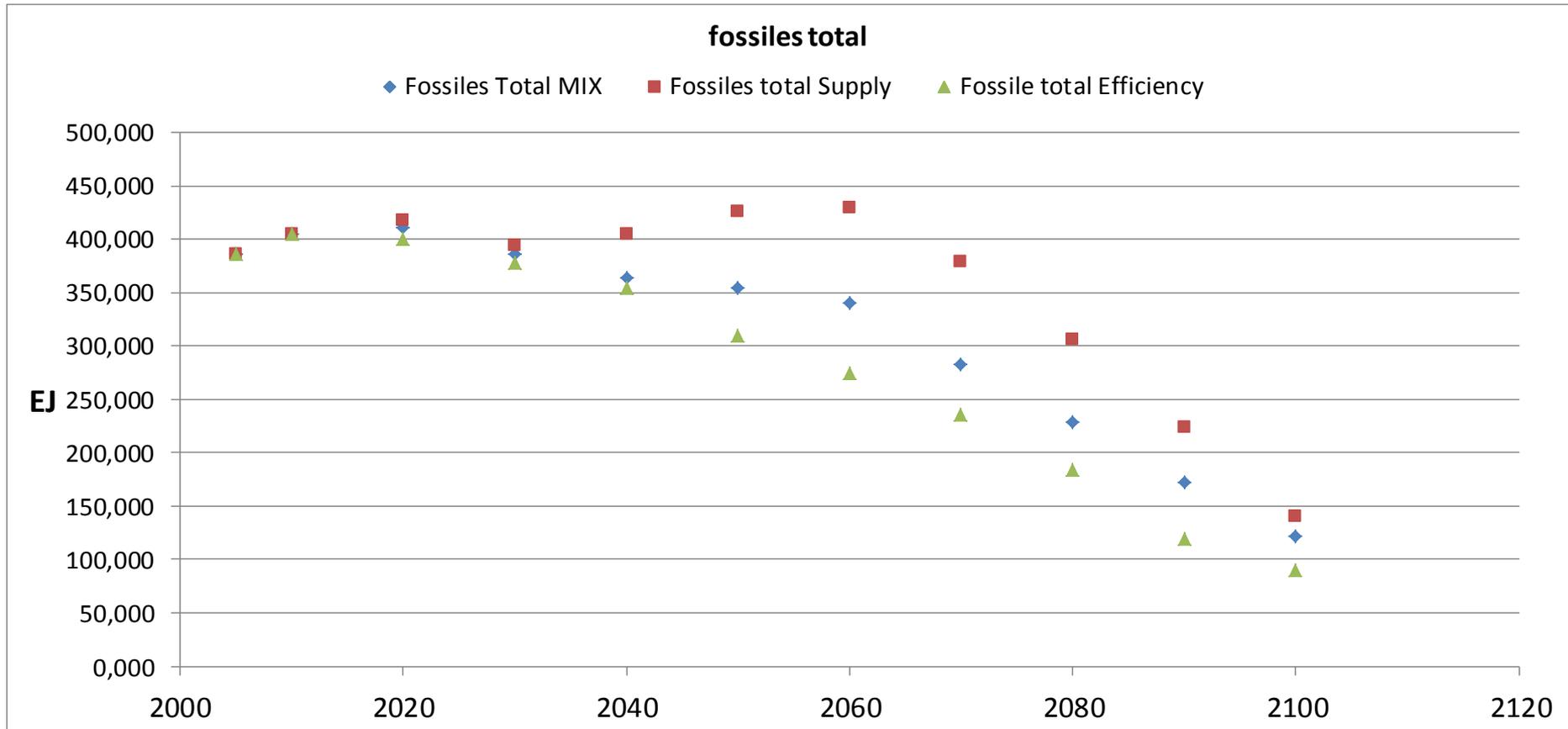
© GEA Scenario database (Version 2.0.2)

generated: 2014-12-07 20:25:26

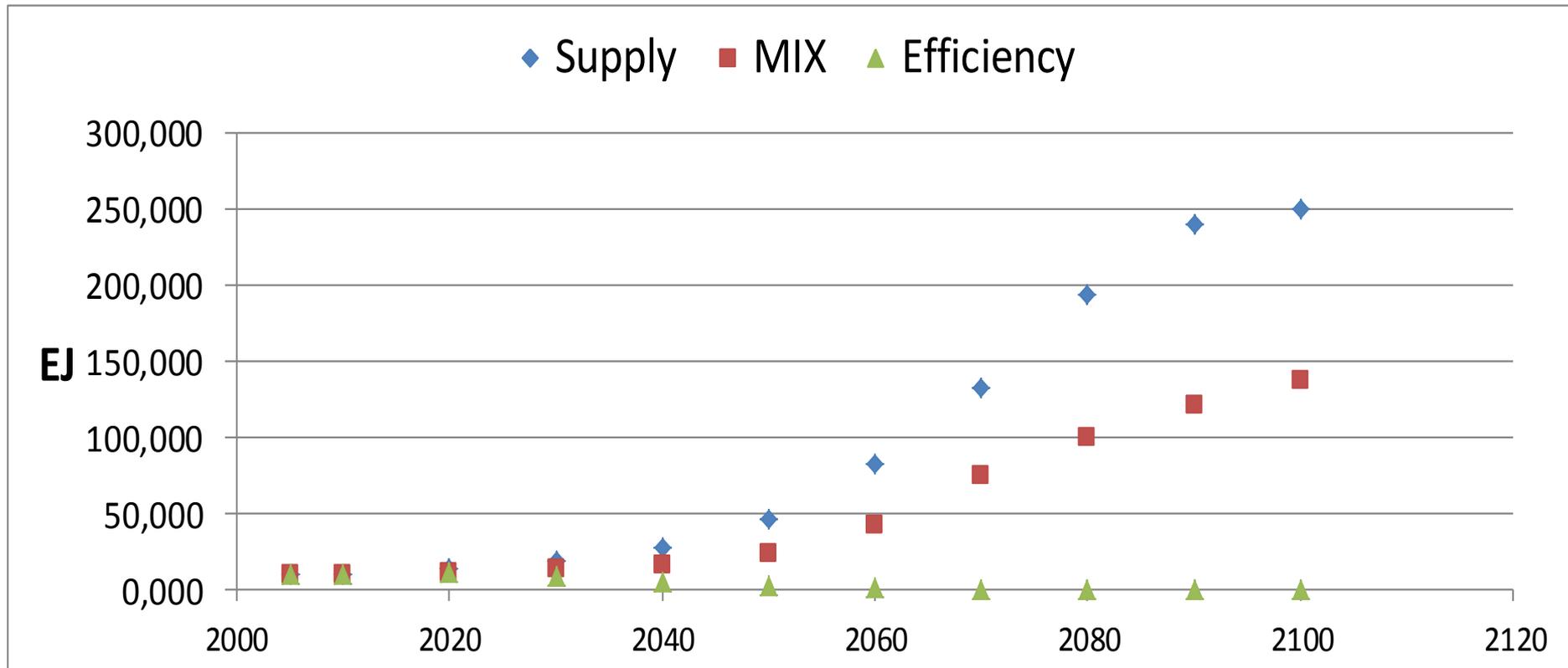
CSC des scénarios



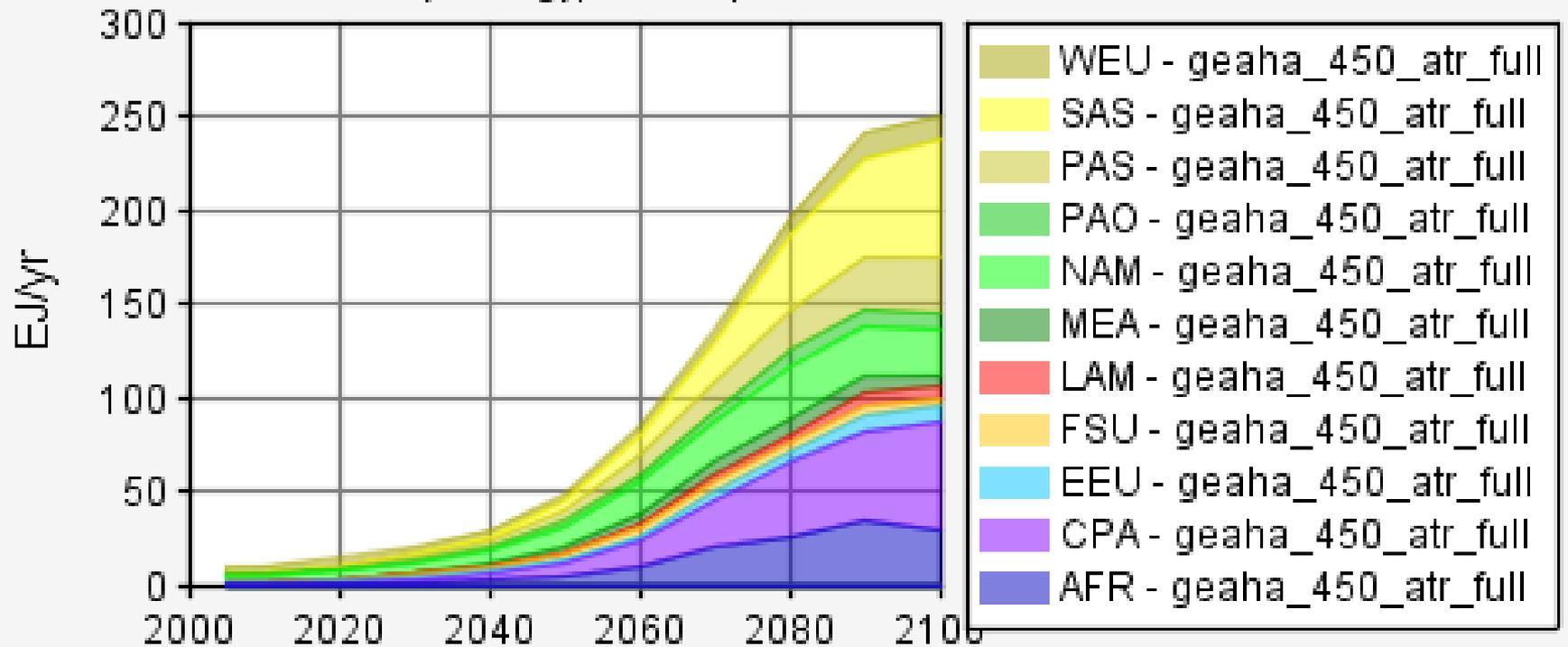
Fossiles de MESSAGE



Nucléaire de MESSAGE



Primary Energy|Nuclear|Total



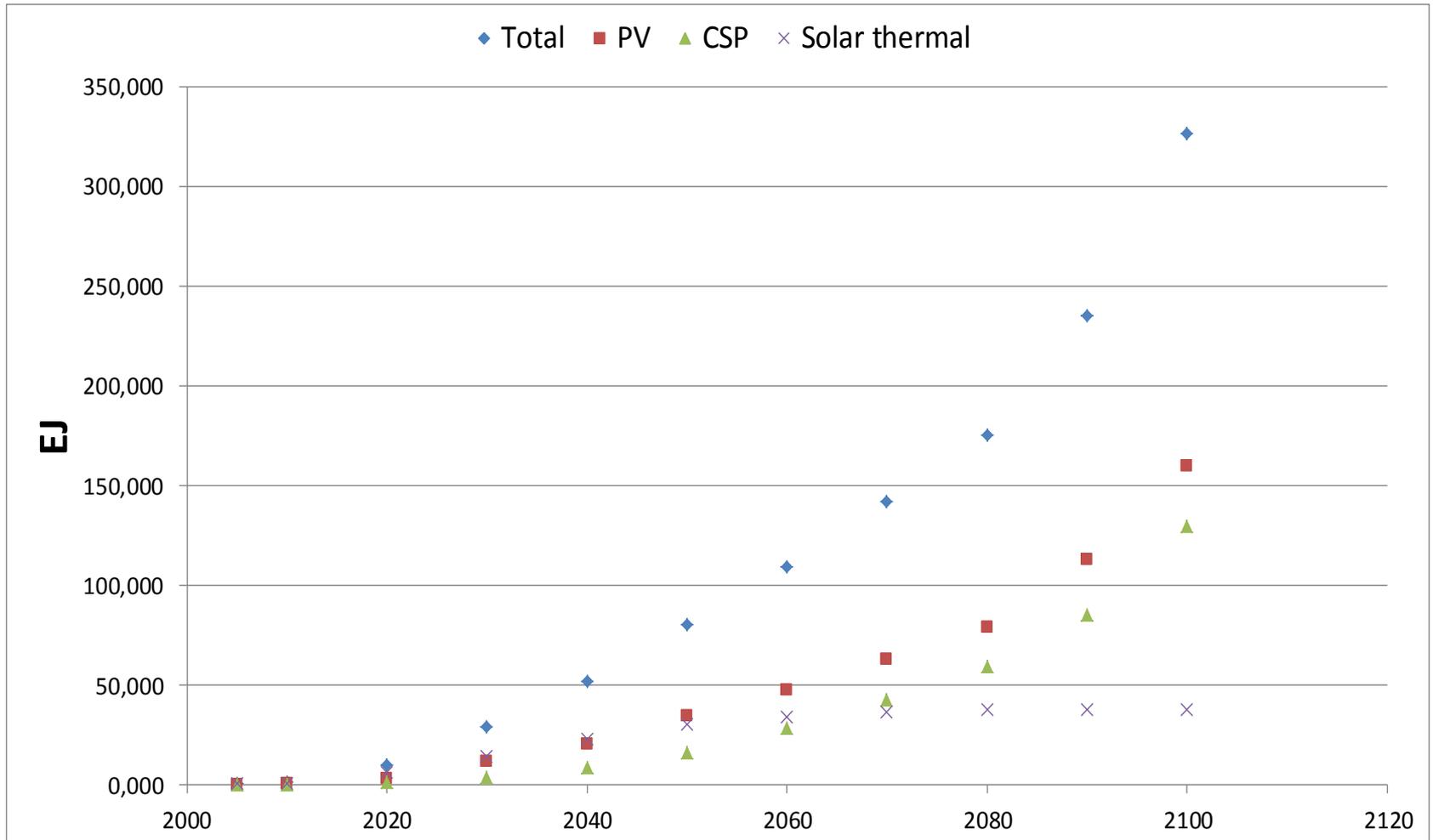
© GEA Scenario database (Version 2.0.2)

generated: 2014-12-08 18:49:15

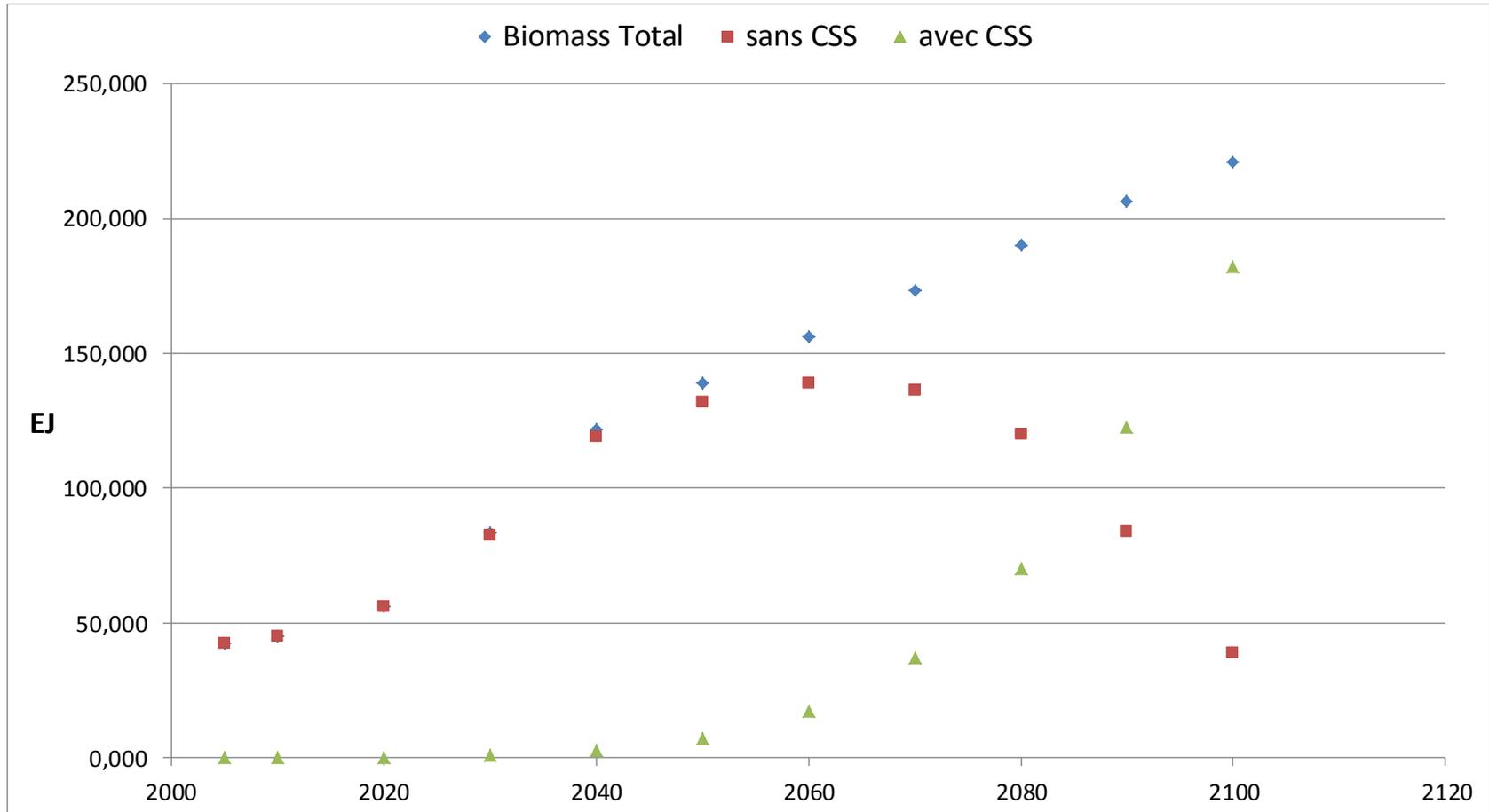
Importance des ENR 2100

	biomasse	hydro	éolien	PV	CSP	Thermique
Supply	221	33	89	159	129	38
MIX	221	33	70	111	123	38
Efficiency	221	23	34	136	84	29

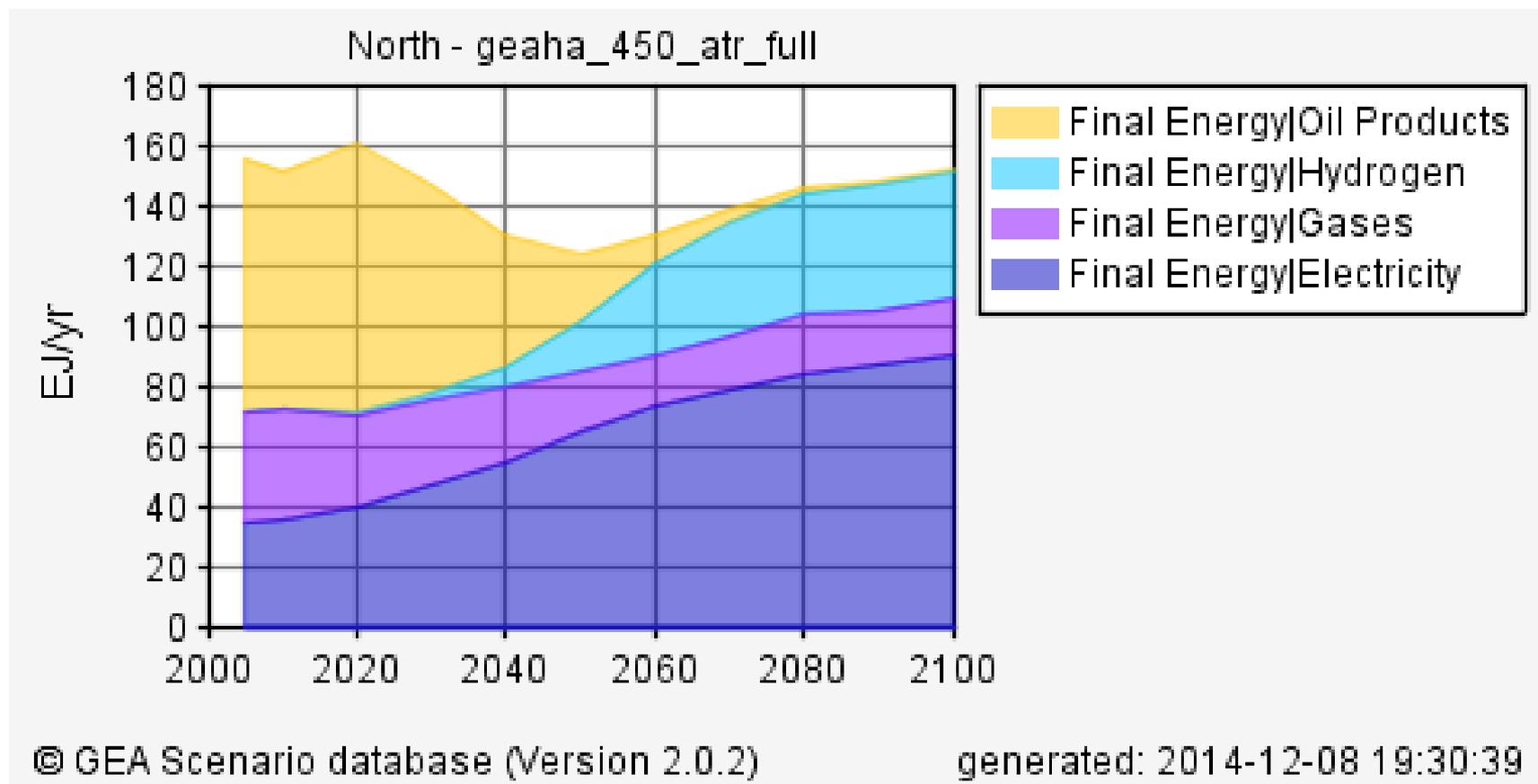
MESSAGE Solar energy



Biomasse



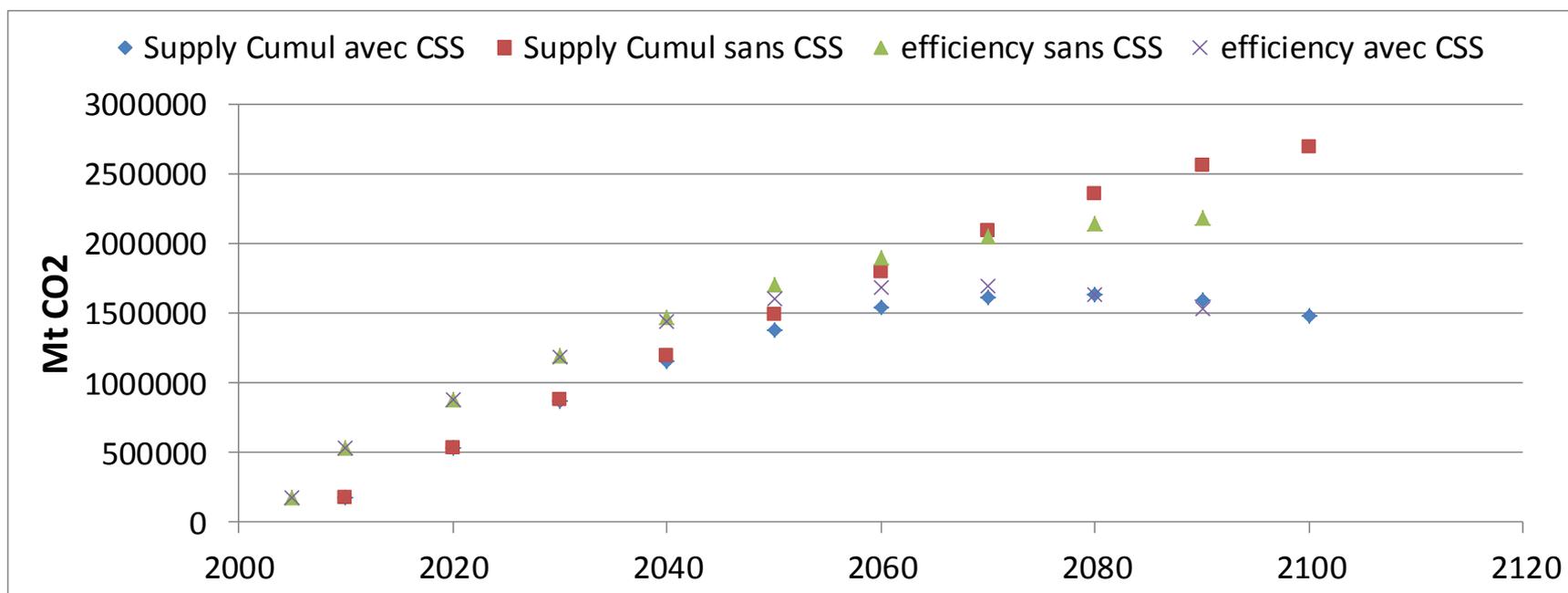
Evolution des usages: transports



Caractéristiques

- Disparition des fossiles
- Augmentation de l'électricité
- Augmentation des ENR
- Importance du CSC
- Forte augmentation du nucléaire après 2050
- Scénario de sortie du nucléaire:
 baisse de la consommation=nucléaire

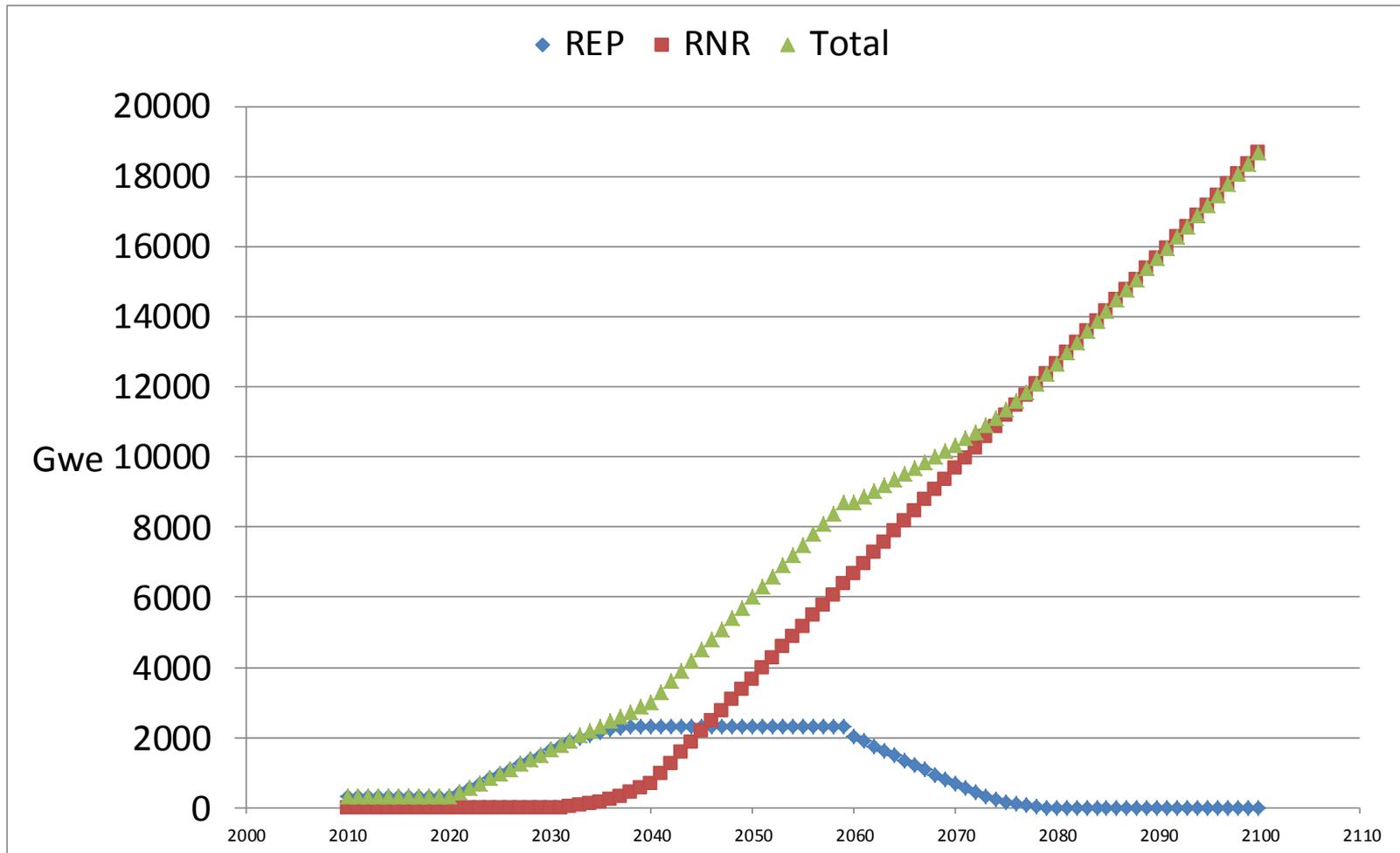
Effet de la CCS sur le cumul de CO2



Faut-il oser le nucléaire pour Sauver le Climat?

- Partir du scénario MESSAGE Supply
- Qui contient une rapide accélération du nucléaire à partir de 2060
- Décaler ce démarrage en 2020
- Commencer avec des réacteurs REP (REB) et CANDU pour fournir de l'énergie et le Plutonium nécessaire à la construction des Surgénérateurs RNR
- Utiliser le nucléaire pour remplacer les fossiles pour la production d'électricité, puis de chaleur, enfin dans les transports (véhicules électriques et hydrogène)

Un scénario nucléaire



Production Nucléaire Supply-N

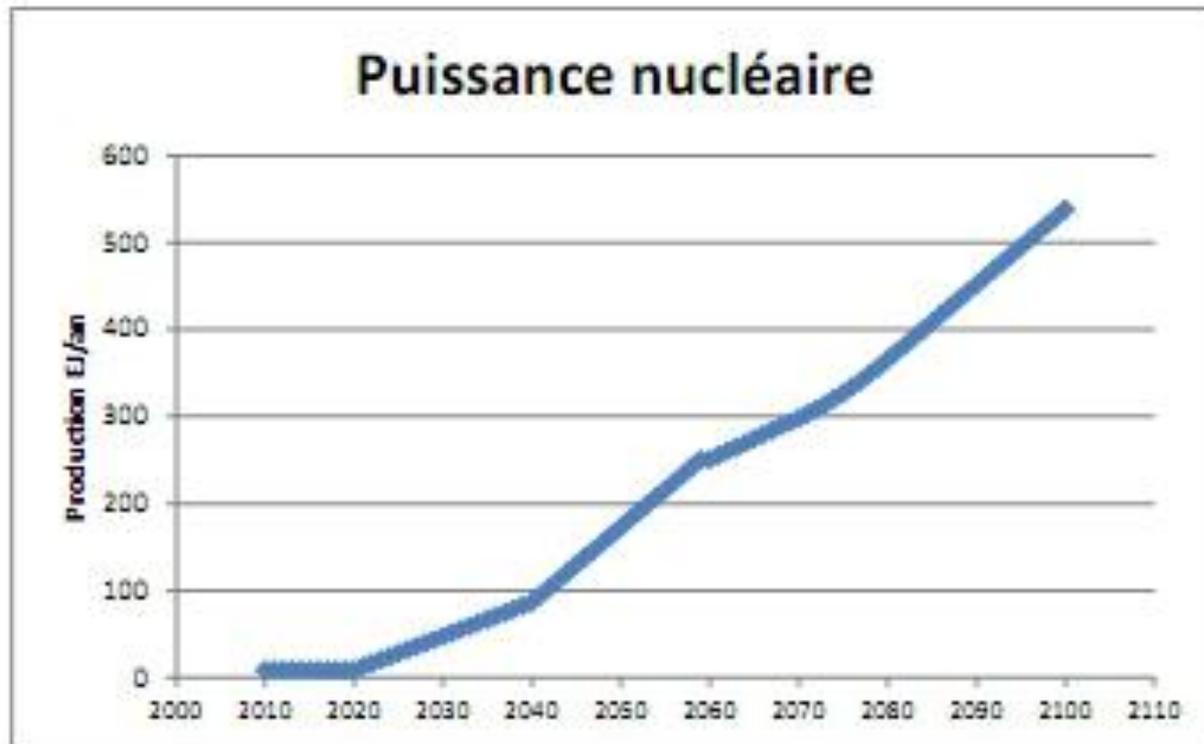


Figure 7

Evolution de la production annuelle par le parc nucléaire

Consommation Uranium

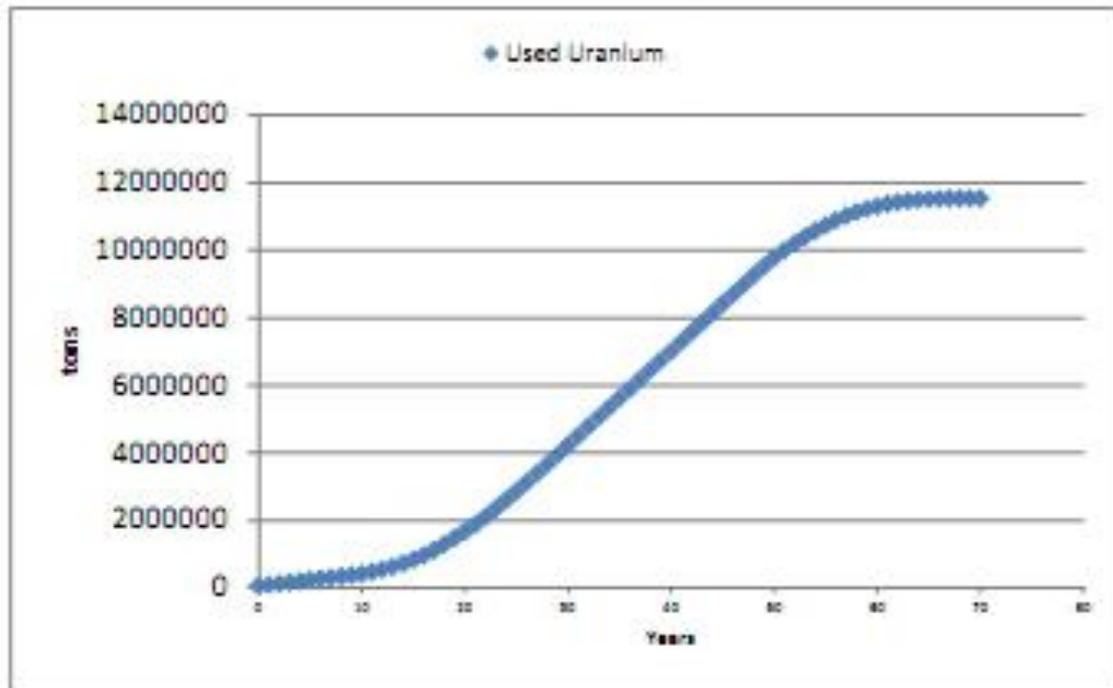
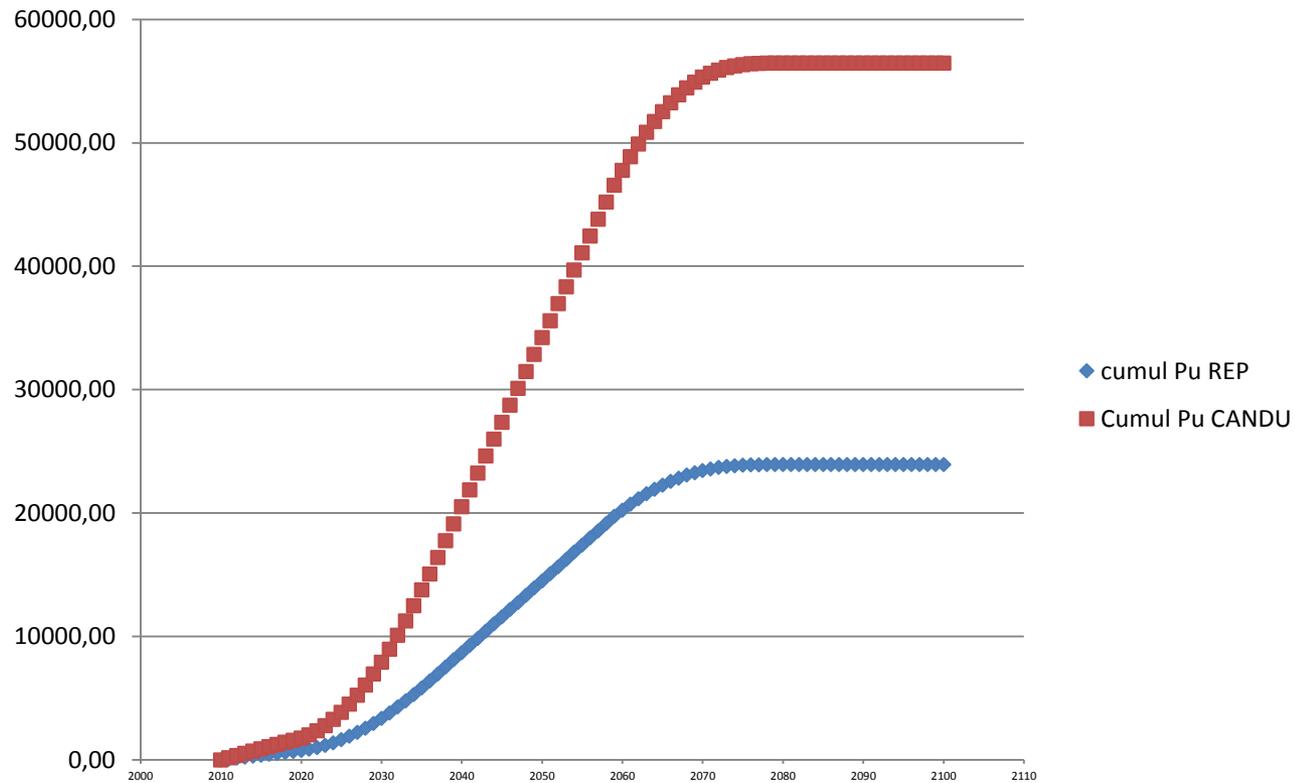


Figure 8

Consommation cumulée d'uranium pour le scénario "Supply nucléaire" dans le cas d'un parc ERP-RNR

Production Pu CANDU vs REP

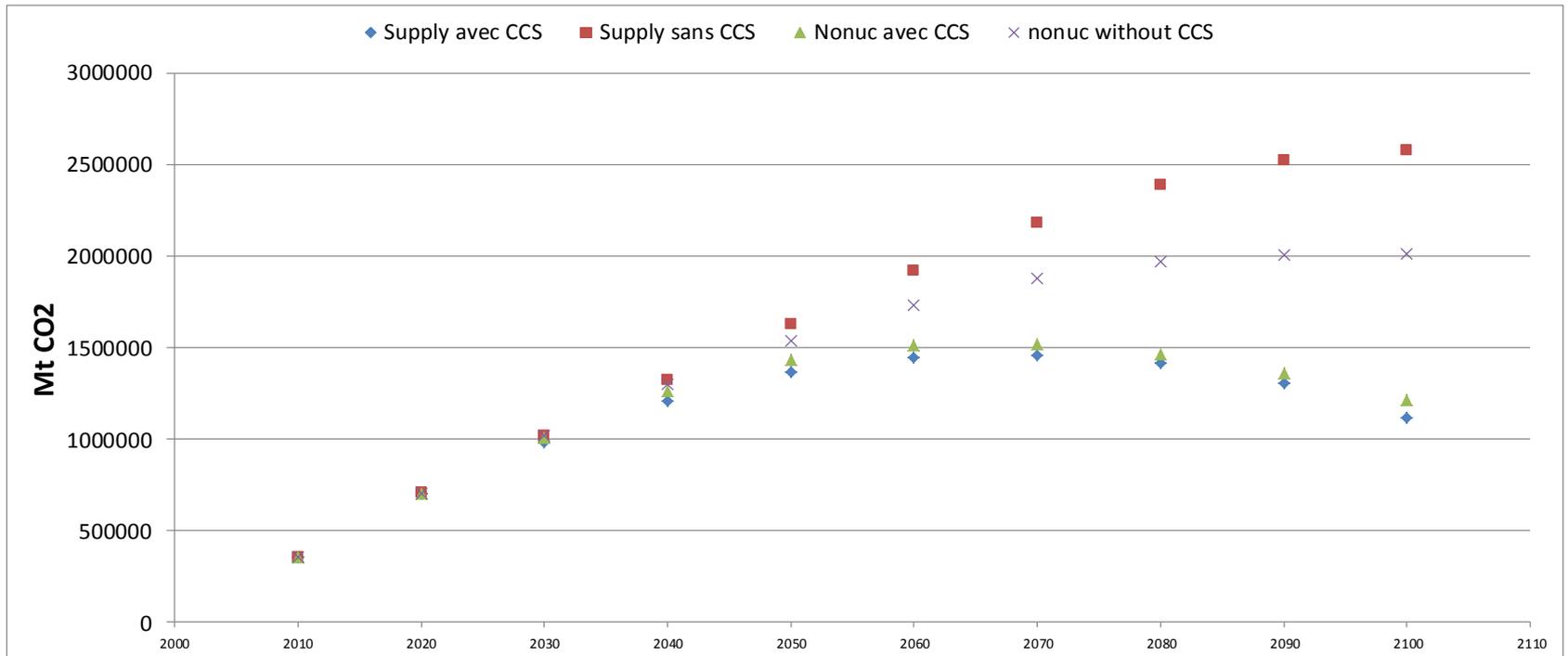


CANDU ou Integral Fast Neutron R

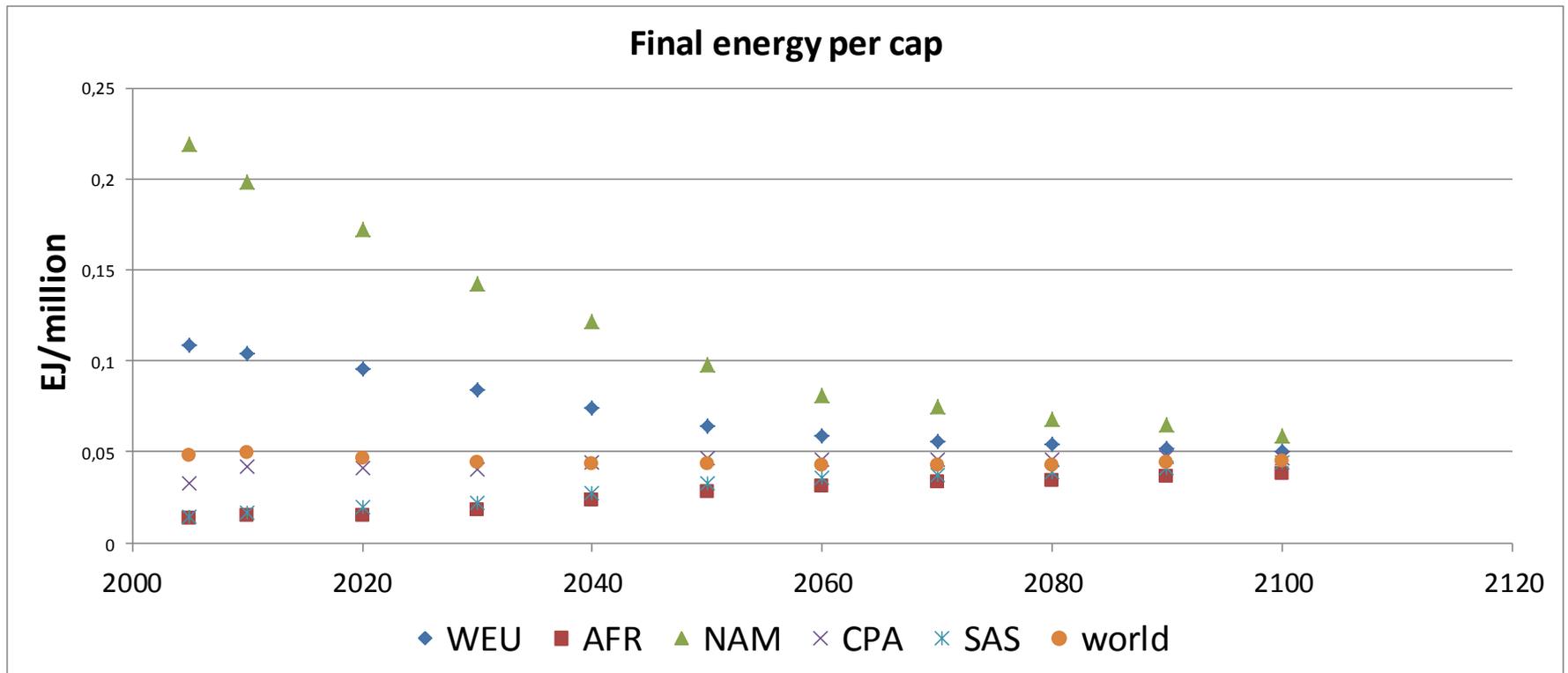
Inventaire Pu total/réacteur tonnes	Fraction de CANDU dans le parc thermique %
No CANDU	Inventory Pu 8 tons
5,5(INFR)	50
6	37
7	14
8(standard)	0

Equivalence entre l'inventaire total de plutonium nécessaire au démarrage d'un RNR de 1 GWe et le pourcentage de CANDU dans le parc thermique nécessaire pour revenir à la pratique habituelle de retraitement du combustible

Nécessité de la CSC?

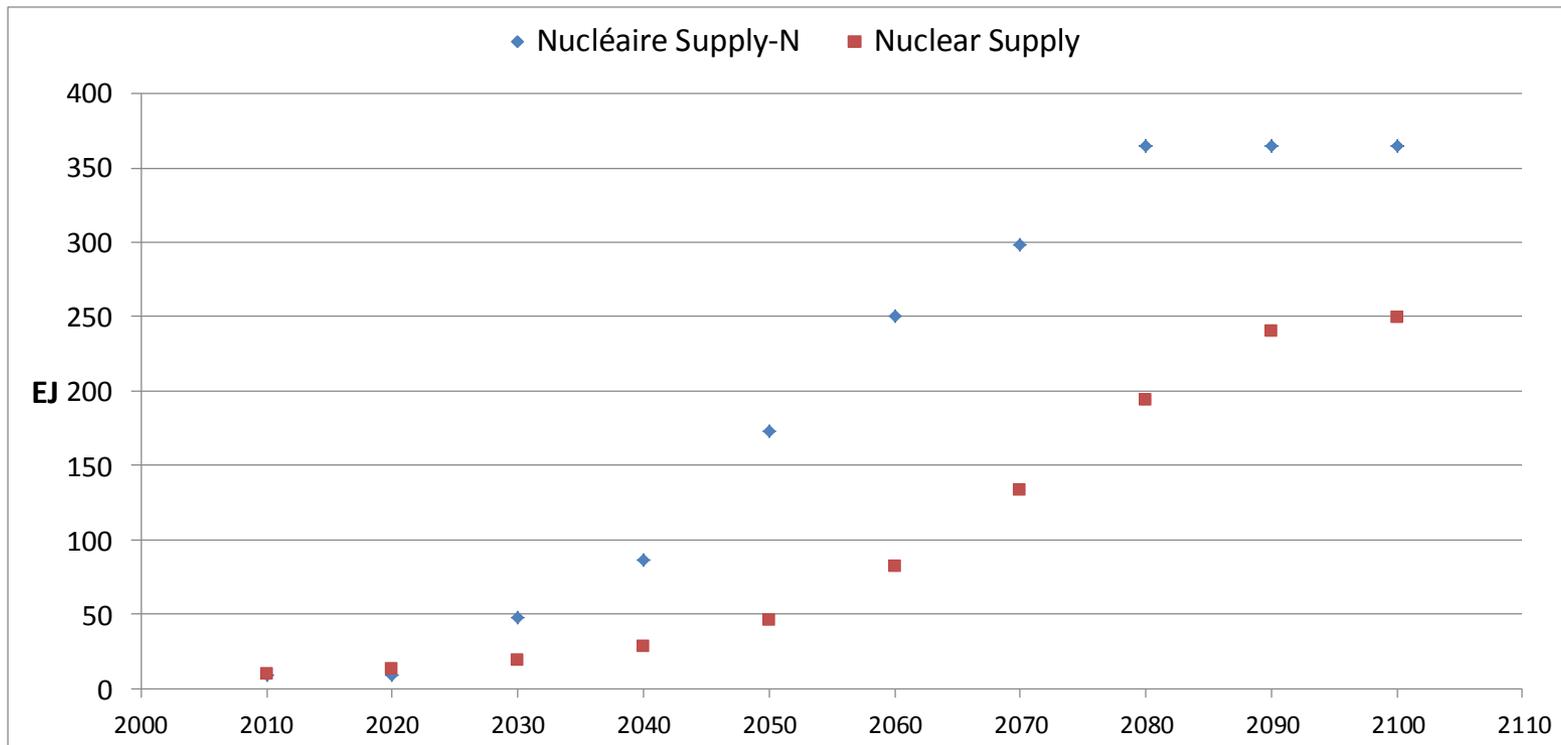


Peut on encore diminuer la FEC?

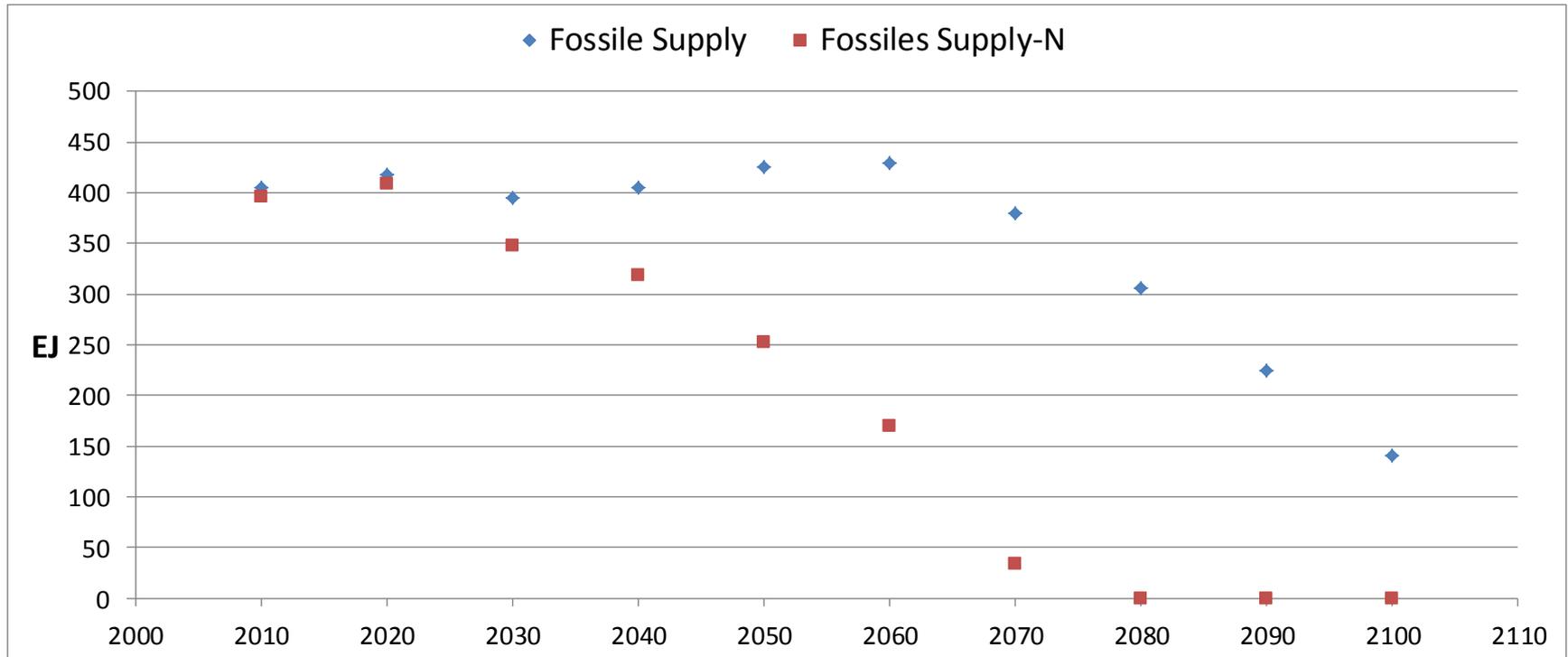


40% diminution FEC= 20% diminution CCS
40% diminution CCS= 80% diminution FEC?

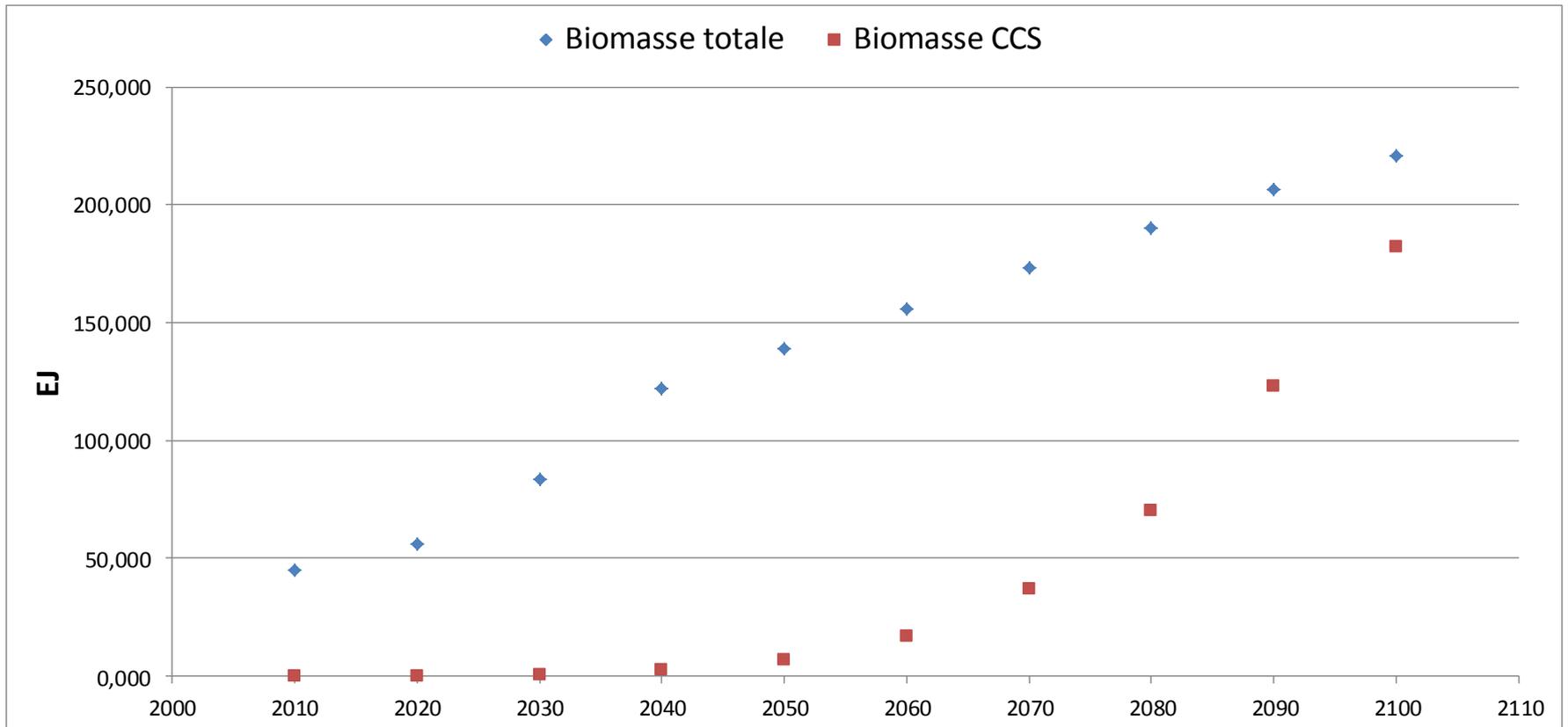
Nucléaire Supply Supply-N



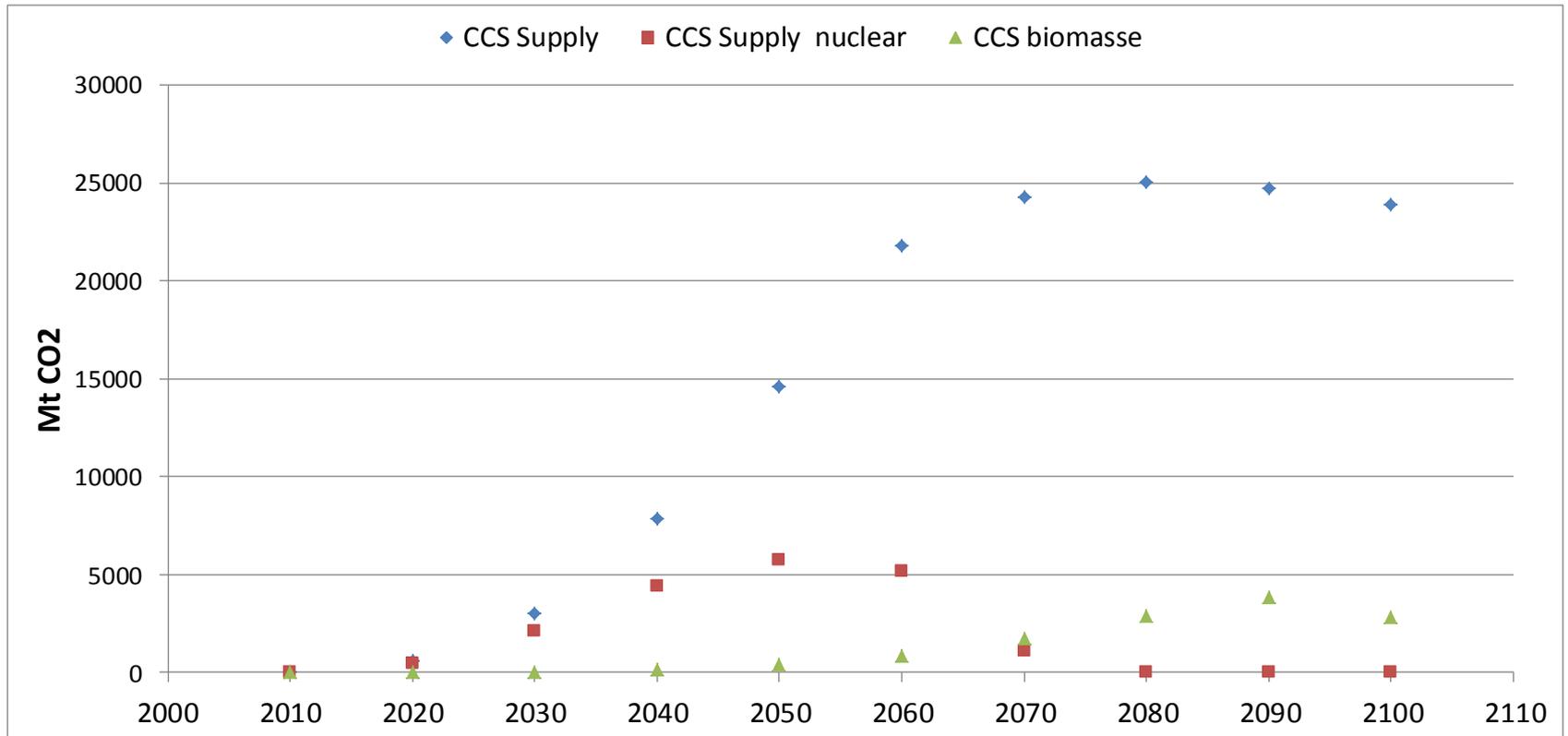
Fossiles Supply Supply-N



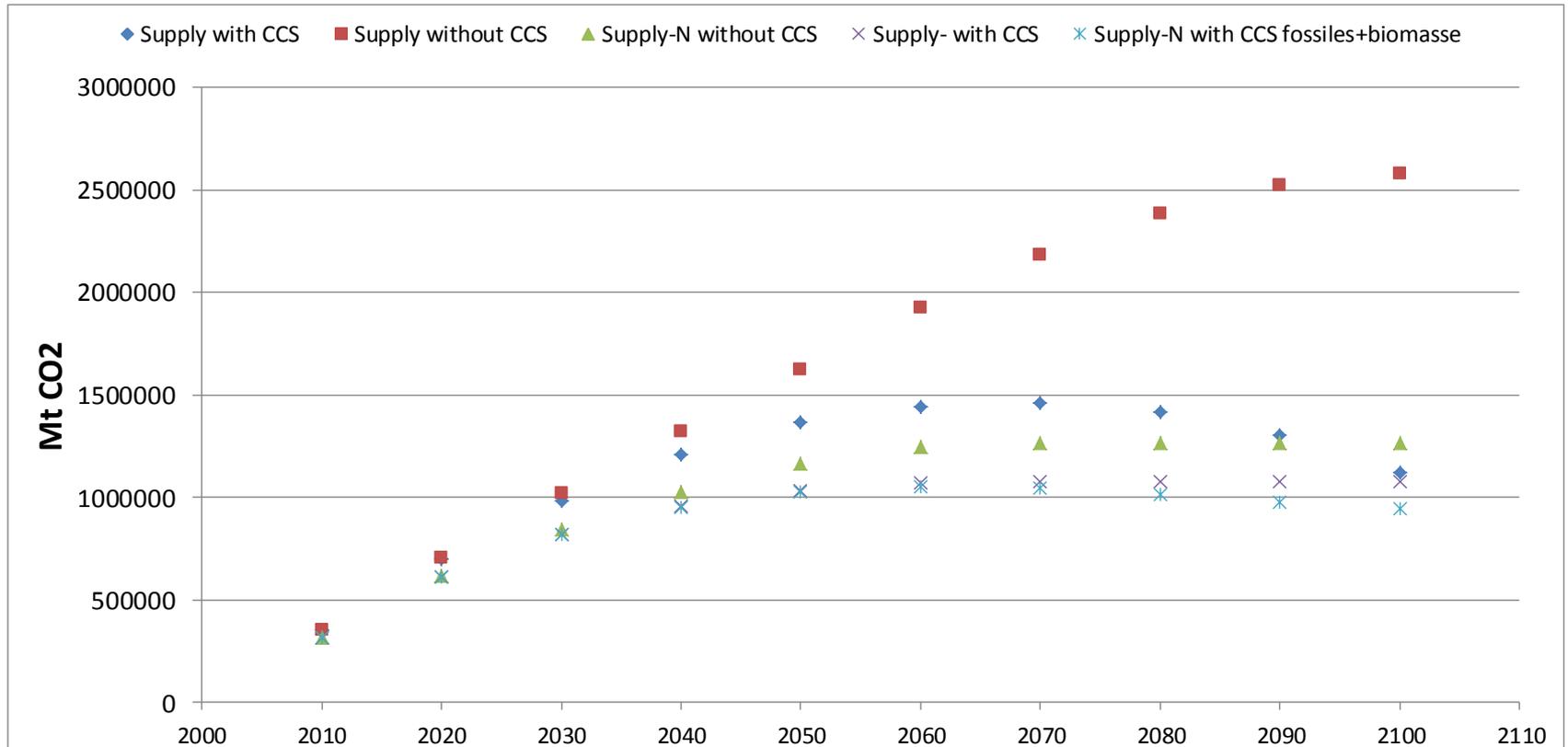
Biomasse



Capture CSC



Cumul CO2



Importance d'une action rapide

Températures

	Cumul CO2	DT	RCP
Supply sans CCS	2600	4	4,5
Supply avec CCS	1100	2,5	3,2
Supply-N sans CCS	1250	2,6	3,5
Supply-N avec CCS	1075	2,4	3

Coûts des filières (OCDE)

Techniques	OCDE	Chine
	US \$/MWh	US \$/MWh
Nucléaire	50-82	30-36
Charbon avec CSC	85	(54)
Charbon sans CSC	54	34
Eolien on shore	90-146	51-86
Eolien off shore	138-188	
Photovoltaïque	287-410	123-186

Coûts actualisés du kWh de l'électricité pour les pays de l'OCDE et la Chine.

Calcul fait avec un taux d'actualisation de 5%.

La taxation des rejets de CO₂ se traduit par un surcoût d'environ

23 \$/MWh, évidemment très réduit lorsque l'installation est équipée de CSC.

Conclusions

- Rôle capital de la CSC dans les scénarios MESSAGE et (encore plus) IMAGE
- Accélérer la production nucléaire dès 2020
- Taux de construction: 250 GW/an (France 2080, 10 GW/an, Chine 2010, 50 GW charbon/an)
- Passage REP vers RNR: 2040
- 50% Nucléaire en 2100 pour des milliers d'années