

L'énergie nucléaire peut elle limiter le réchauffement climatique?

Dédié à Georges Vendryes

Pionnier des RNR et de la Fusion au CEA

Hervé Nifenecker
Président fondateur de
Sauvons Le Climat

Références

- Revue de l'Énergie 623 Janvier-Février 2015
Oser le Nucléaire pour trouver la solution au
problème climatique
Hervé Nifenecker

Et:

A paraître (Novembre 2016) dans « International
Journal of Global Energy Issues)

<http://www.sauvonsleclimat.org/how-much-can-nuclear-energy-do-about-global-warming/35-fparticles/1912-how-much-can-nuclear-energy-do-about-global-warming.html>

Conférence déjà produite à la SFEN

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

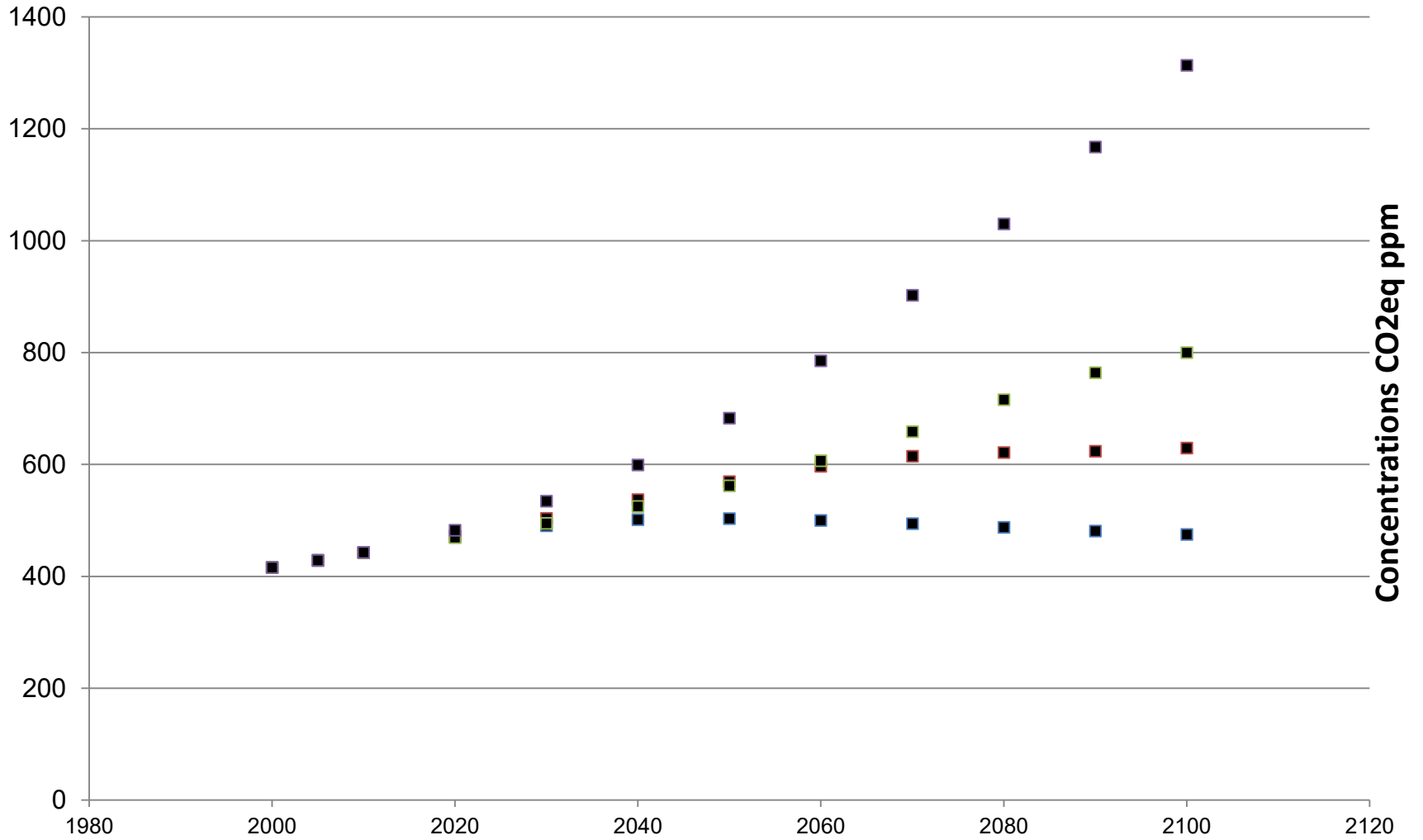
Les scénarios GIEC

- 4 groupes officiels de « scénaristes » IAMC (Integrated Assessment Modeling Consortium):
- 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

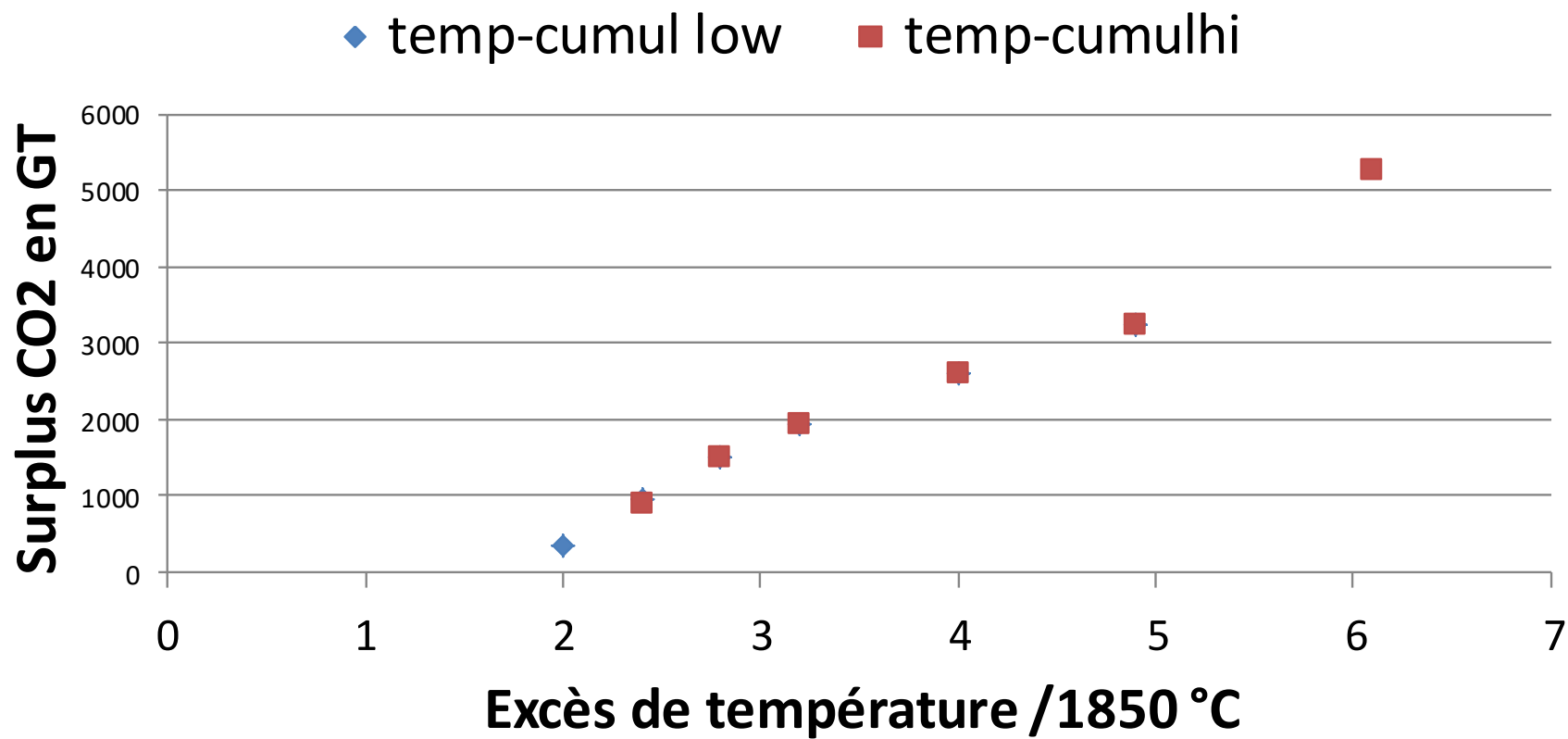
■ RCP 2,6 ■ RCP 4,5 ■ RCP 6 ■ RCP 8,5



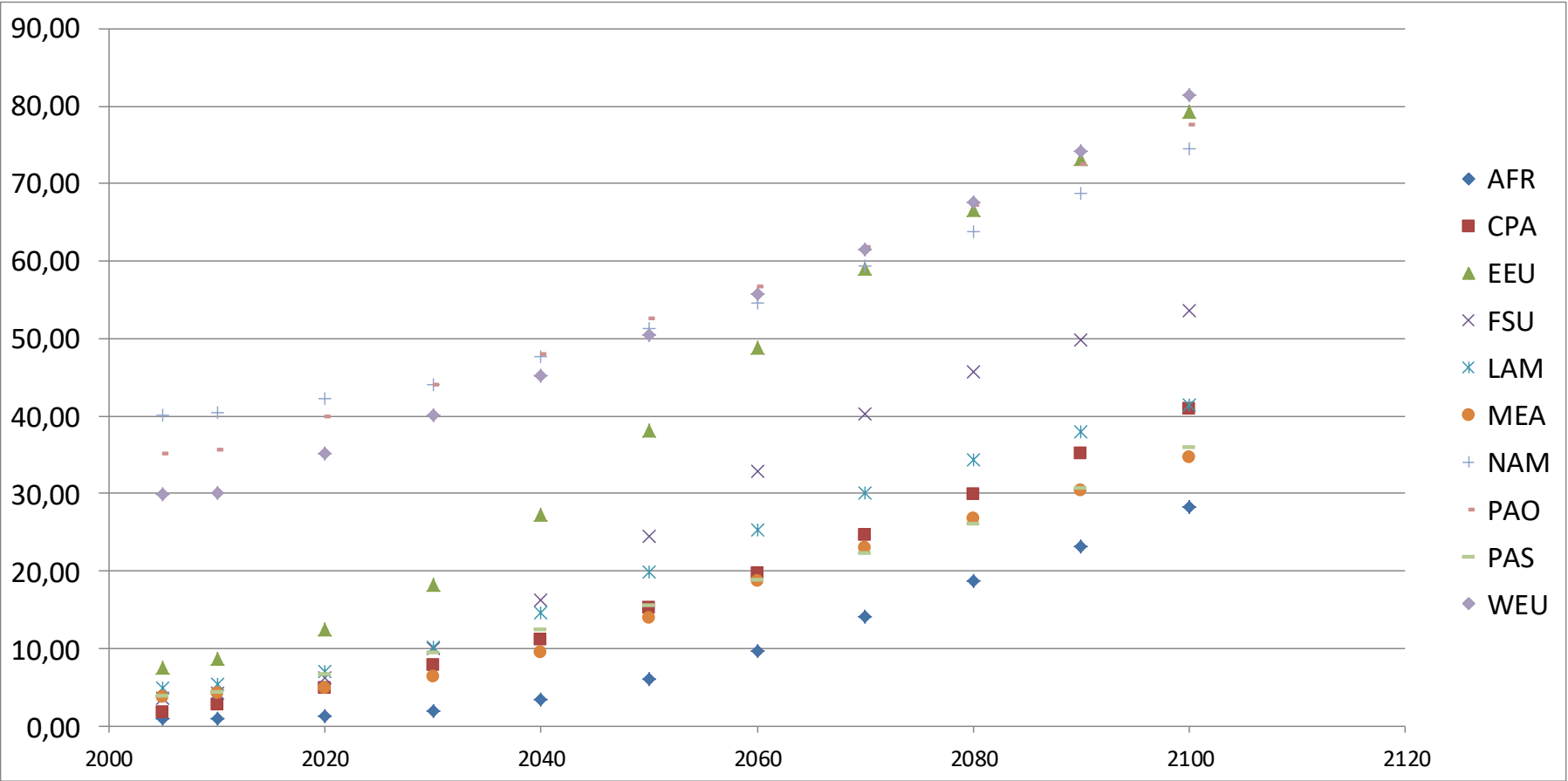
H.Nifenecker U.E SLC 22/09/2016

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

RCP	conc
W/m2	CO2 equ
2.6	475
4.5	630
6	800
8.5	1313



PIB/hab k\$

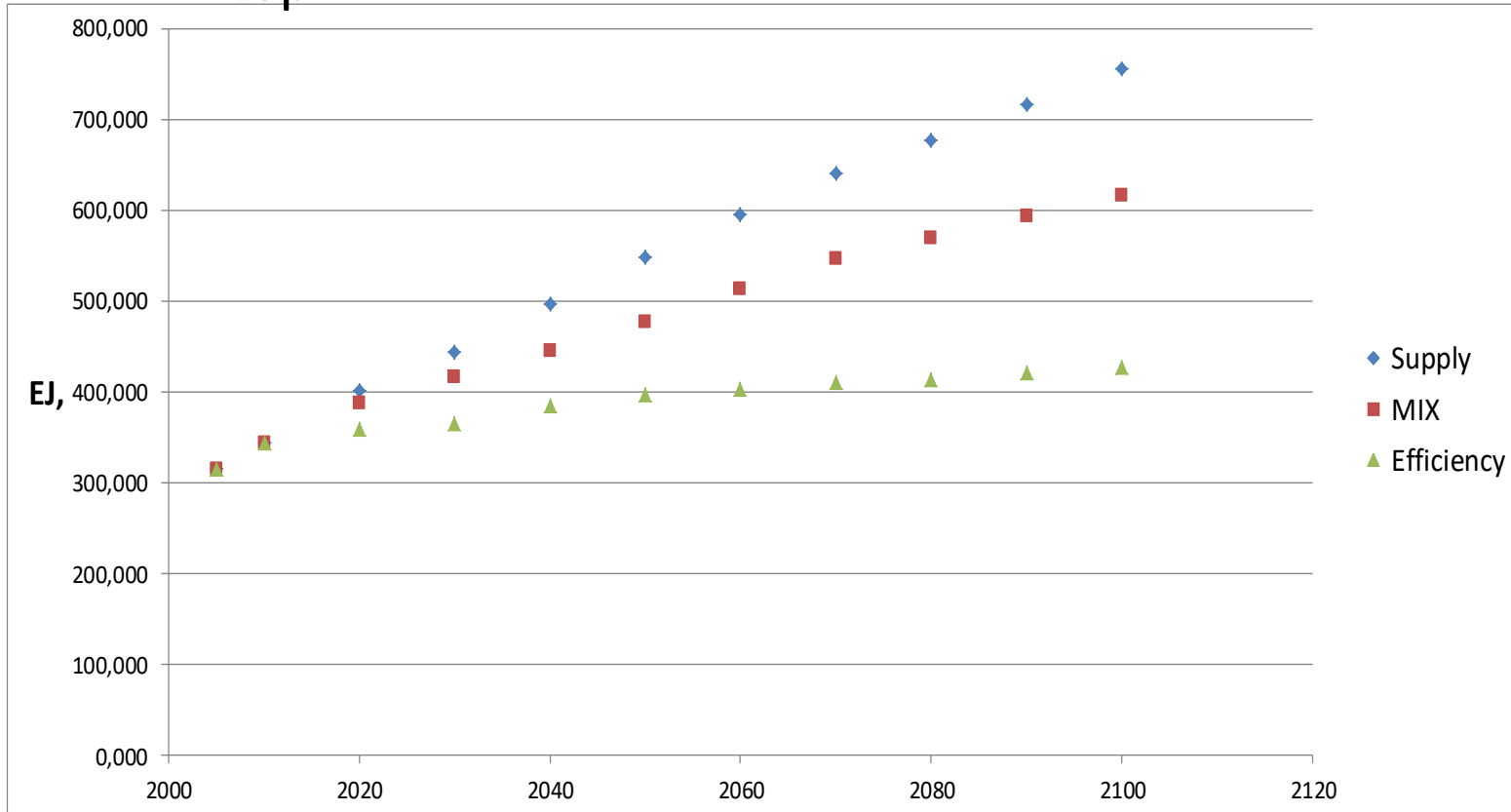


H.Nifenecker U.E SLC 22/09/2016

Consommation d'énergie finale

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

Mtep



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

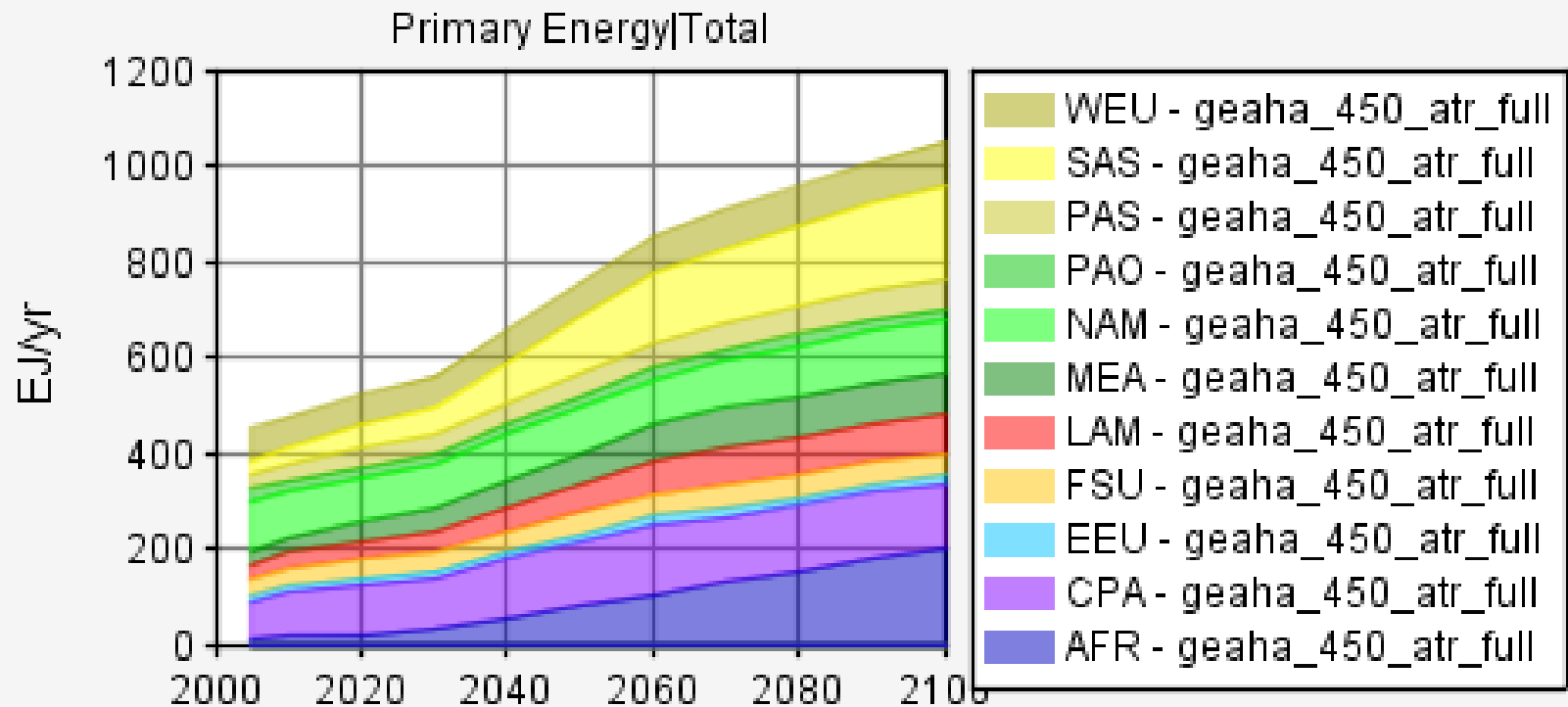
Variante « Nucléaire »

How much can nuclear energy do about Global Warming?

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

H.Nifenecker U.E SLC 22/09/2016

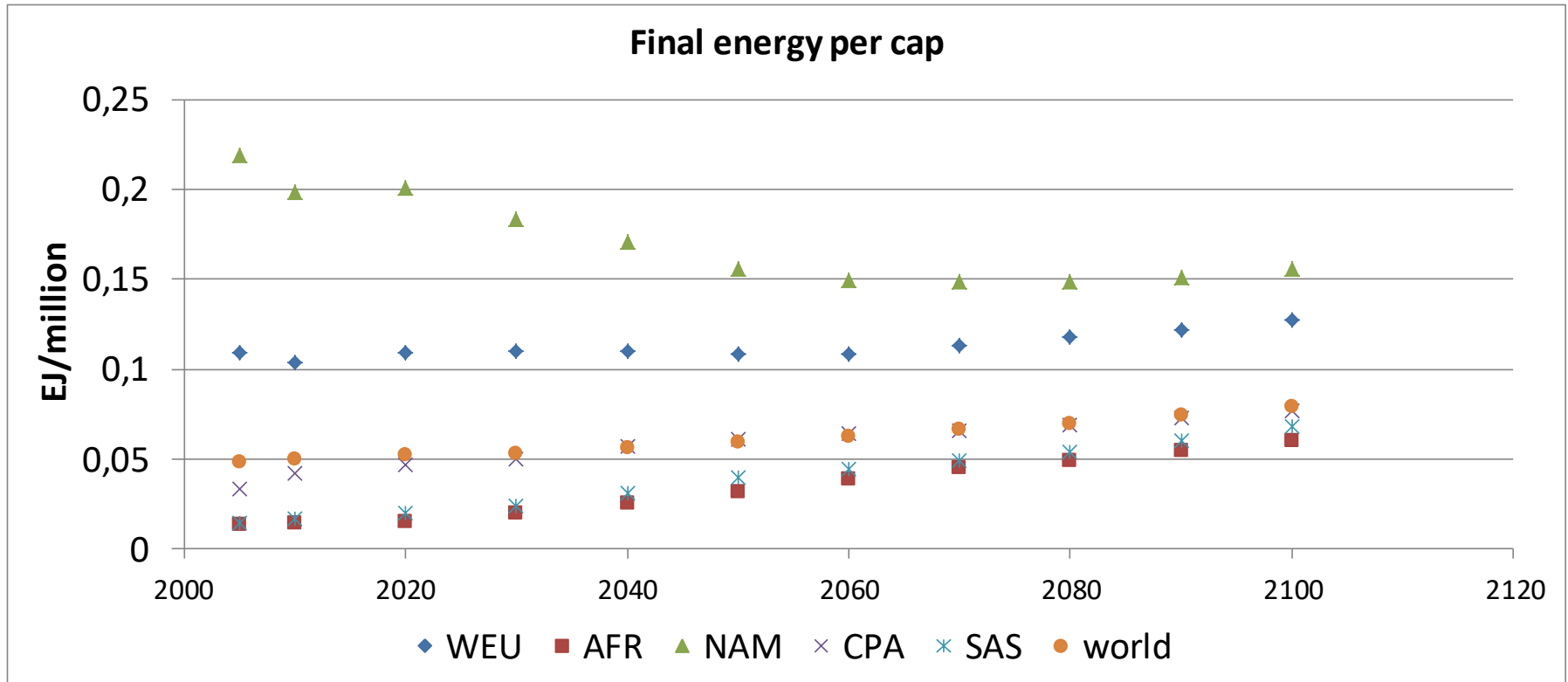
MESSAGE Supply



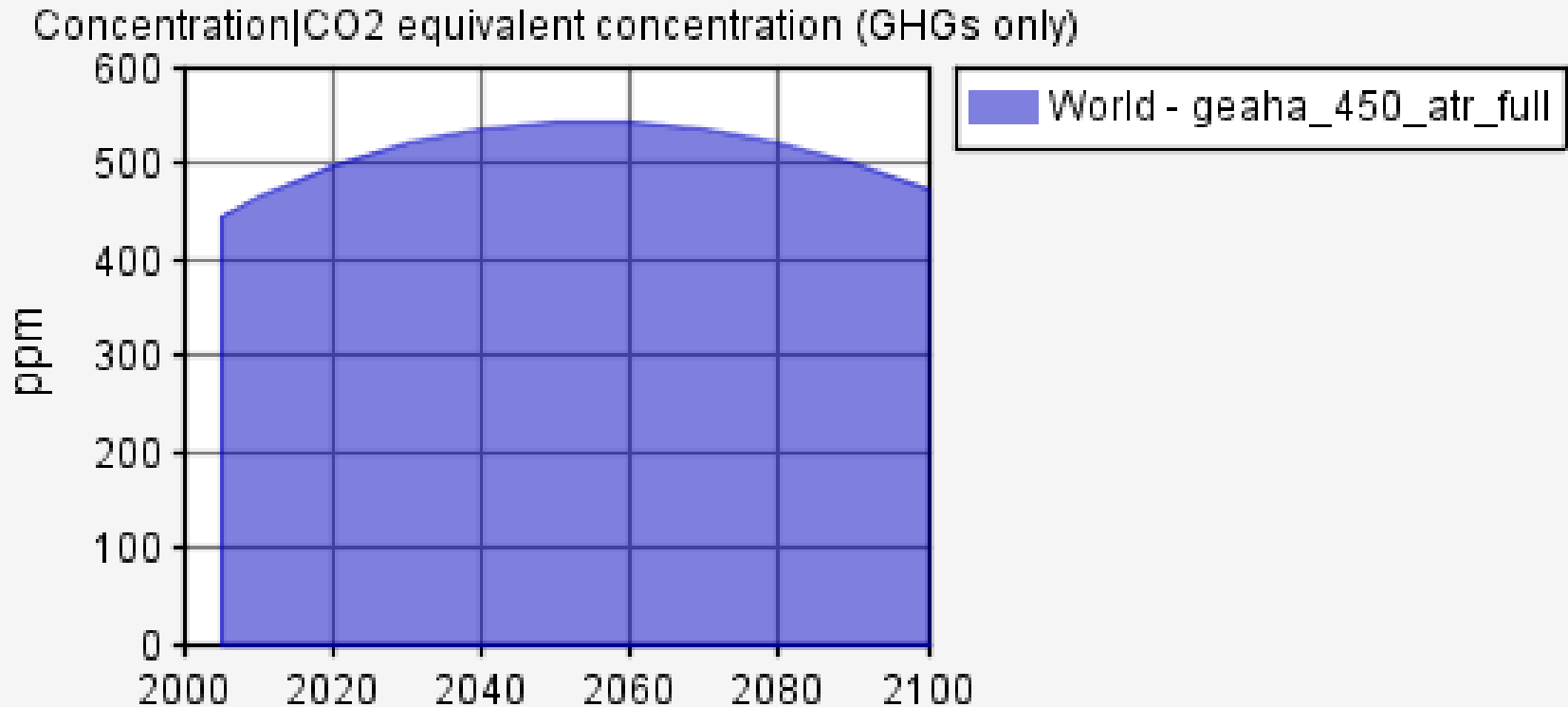
© GEA Scenario database (Version 2.0.2)

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

Energie finale/hab Supply régions



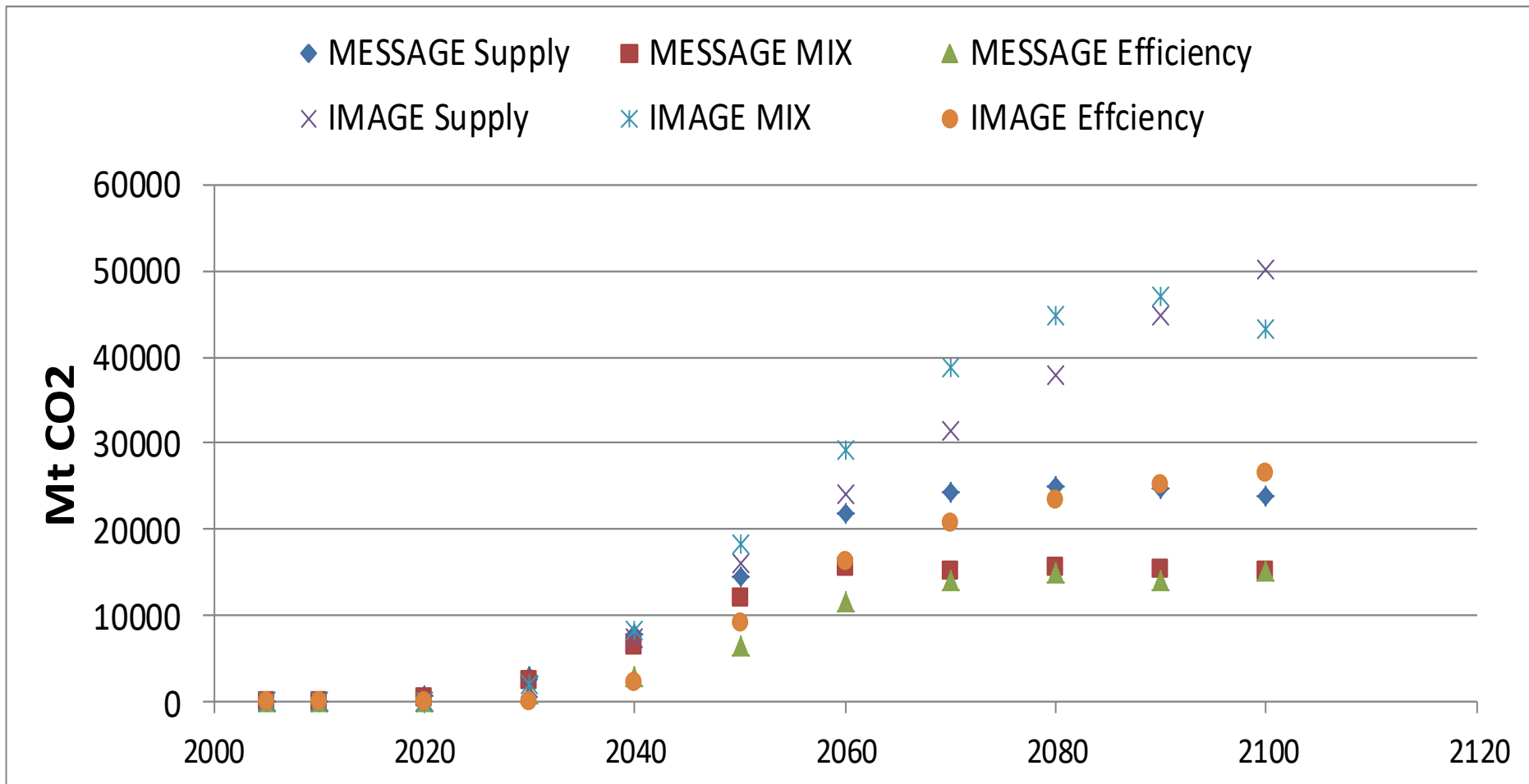
Concentration de CO2 équivalent



© GEA Scenario database (Version 2.0.2)

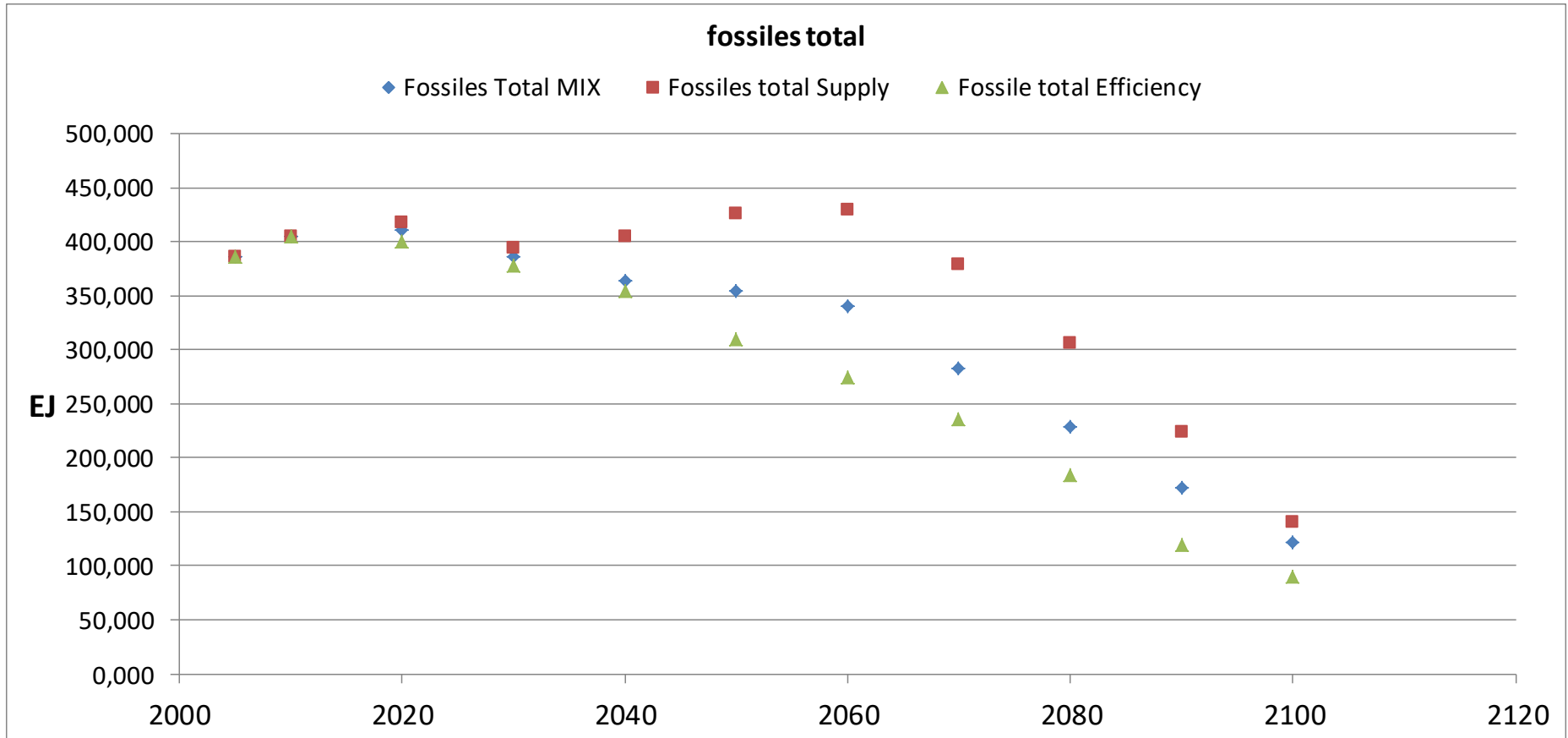
generated: 2014-12-07 20:25:26

CSC des scénarios

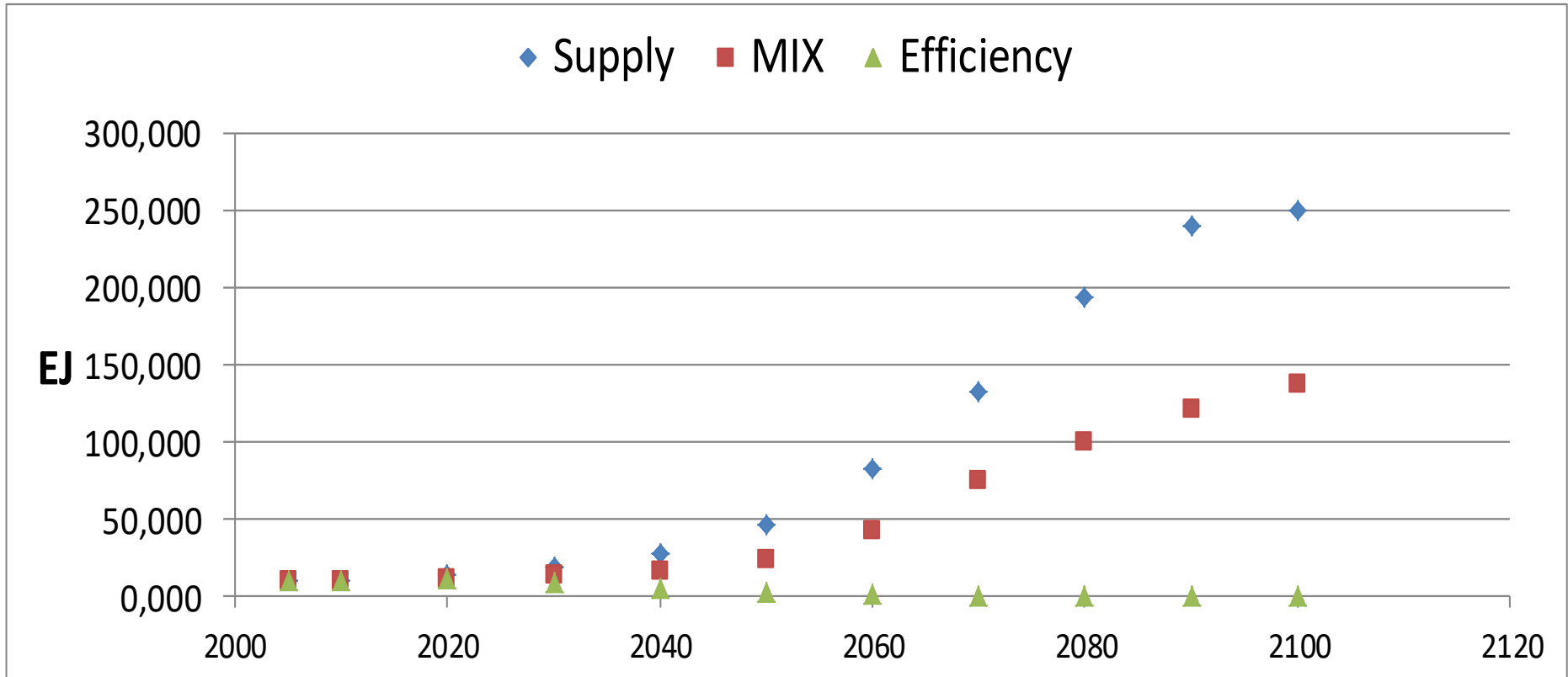


H.Nifenecker U.E SLC 22/09/2016

Fossiles de MESSAGE



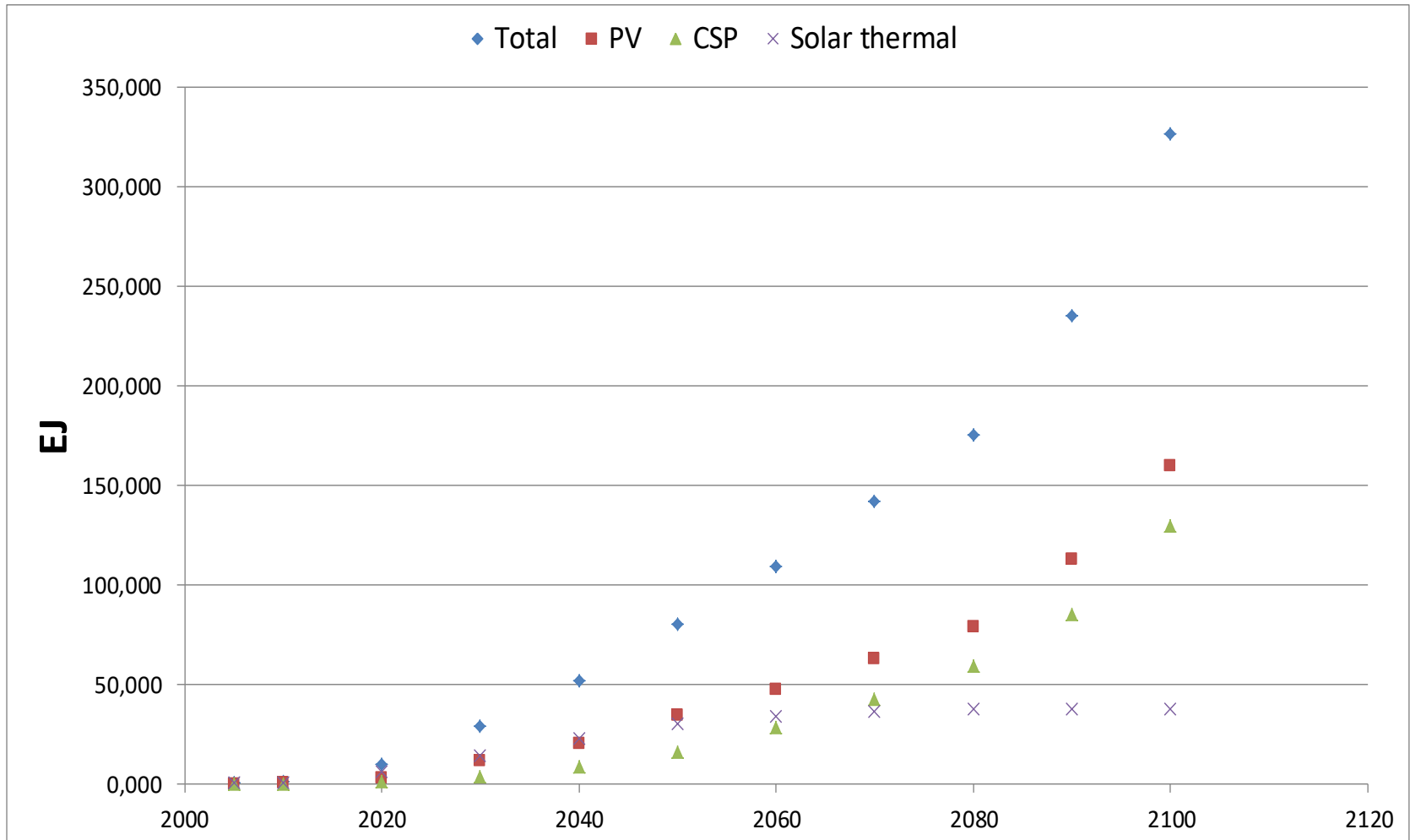
Nucléaire de MESSAGE



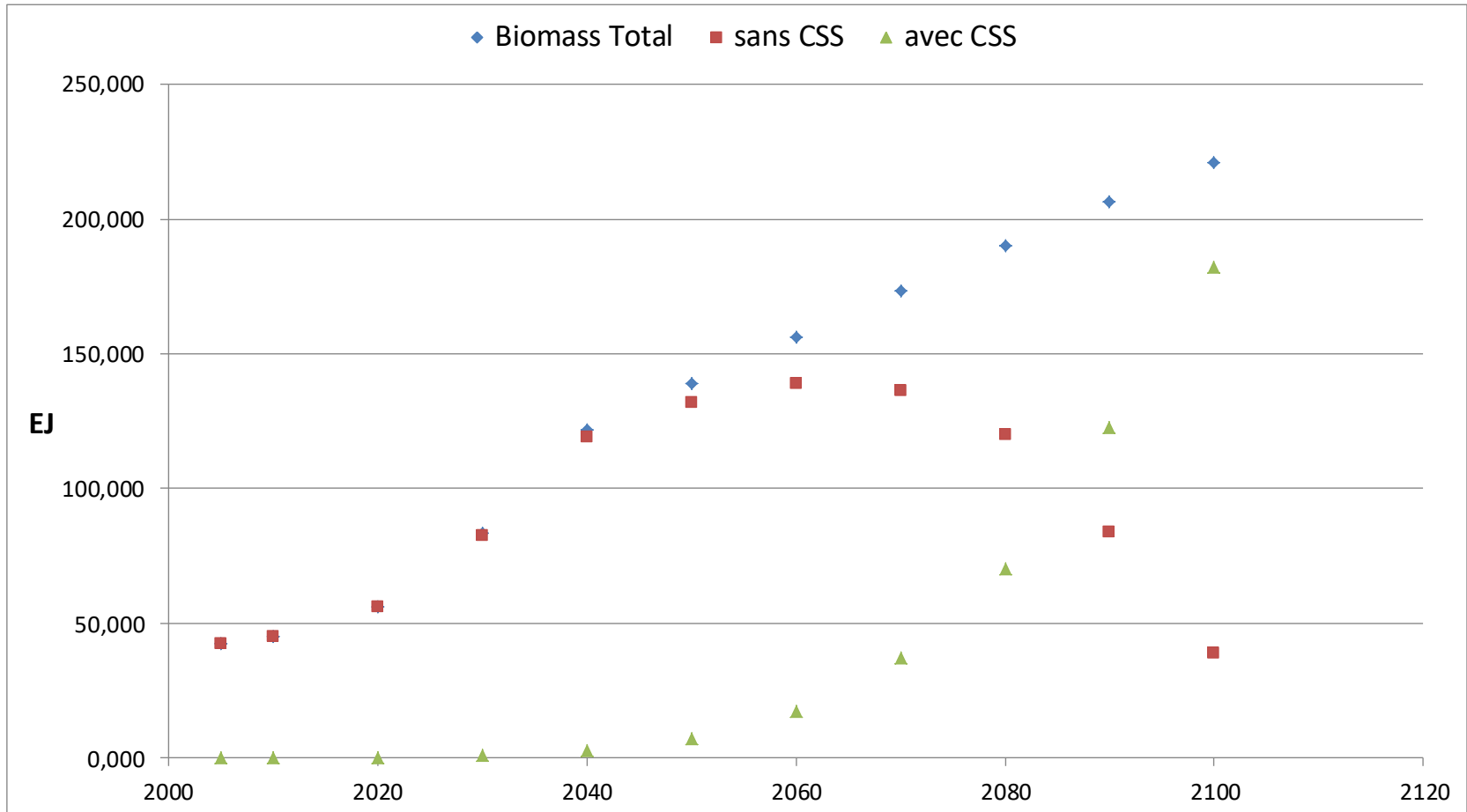
Importance des ENR 2100

	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

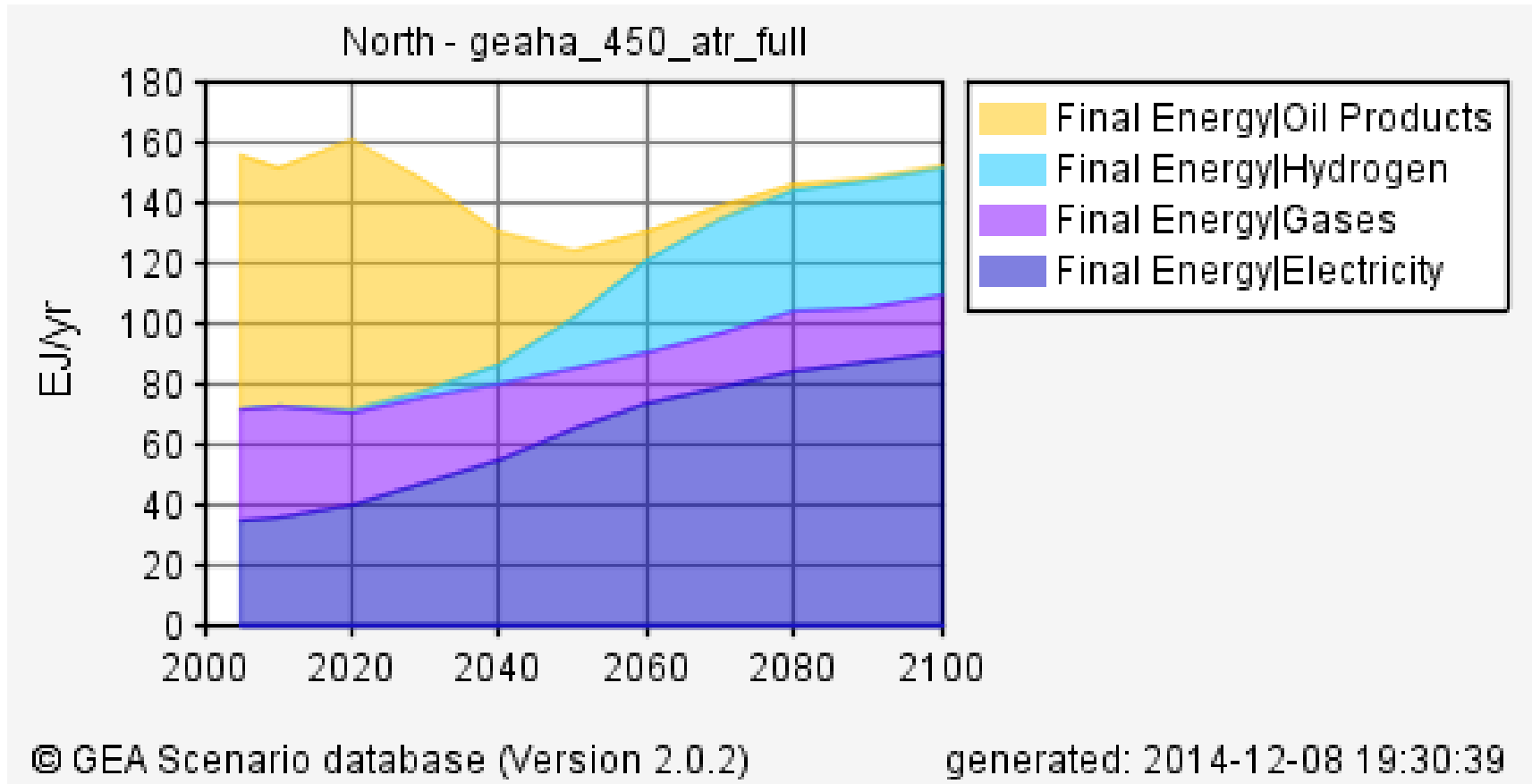
MESSAGE Supply Solar energy



Biomasse Supply



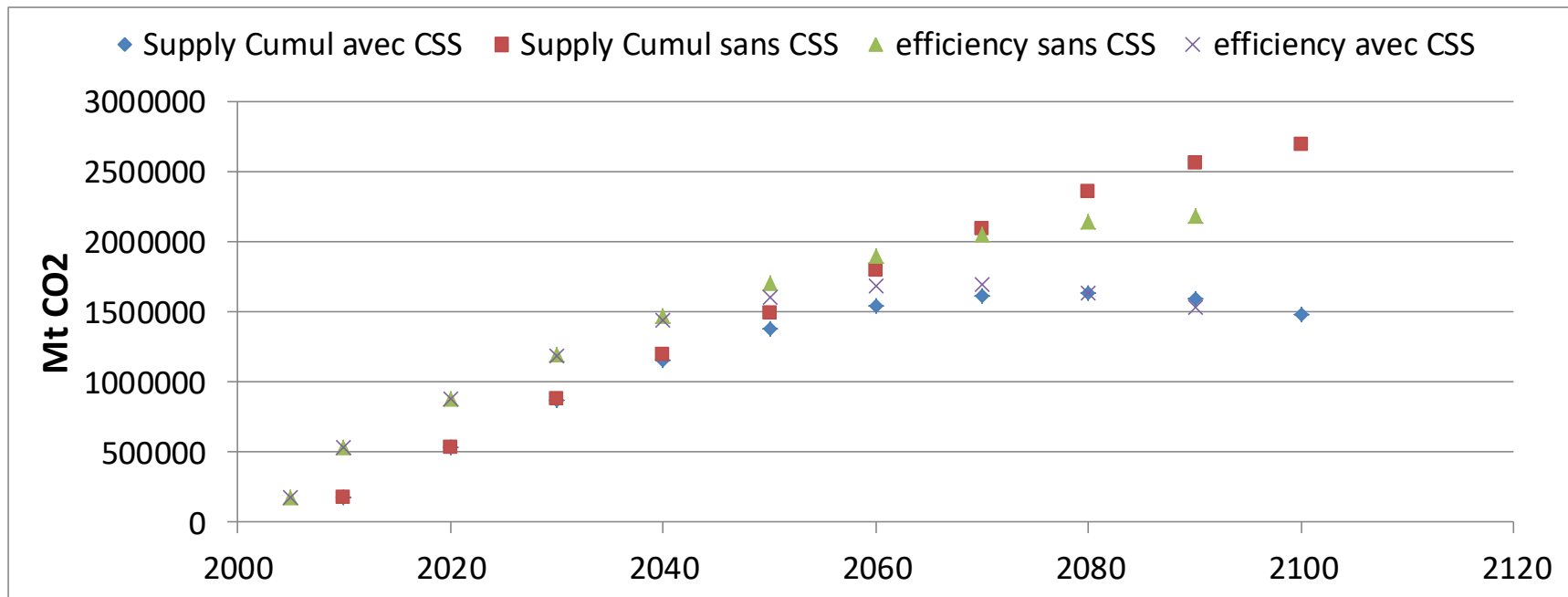
Evolution des usages: transports



Caractéristiques

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

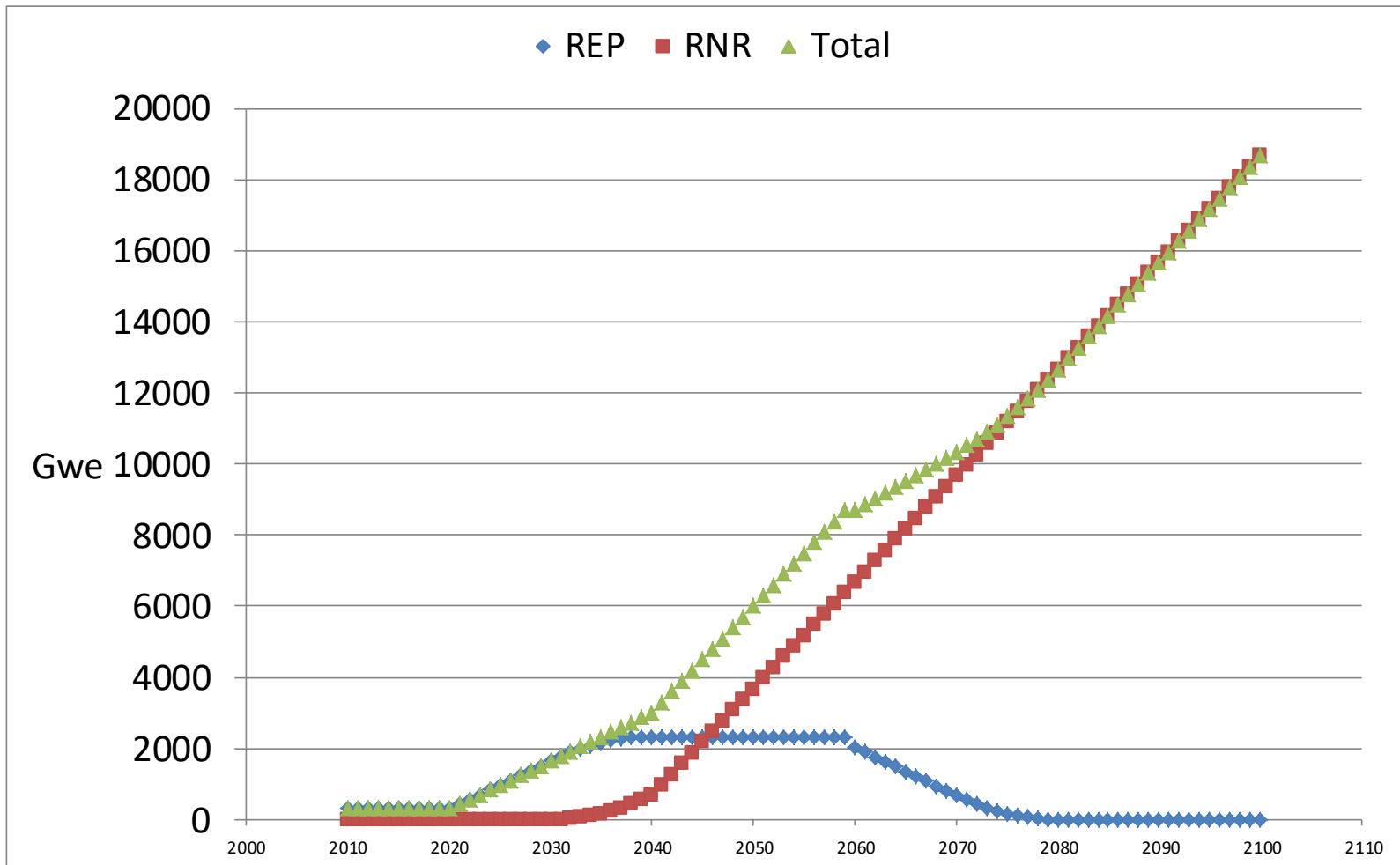
Effet de la CSS sur le cumul de CO2



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



Puissance Nucléaire Supply-N

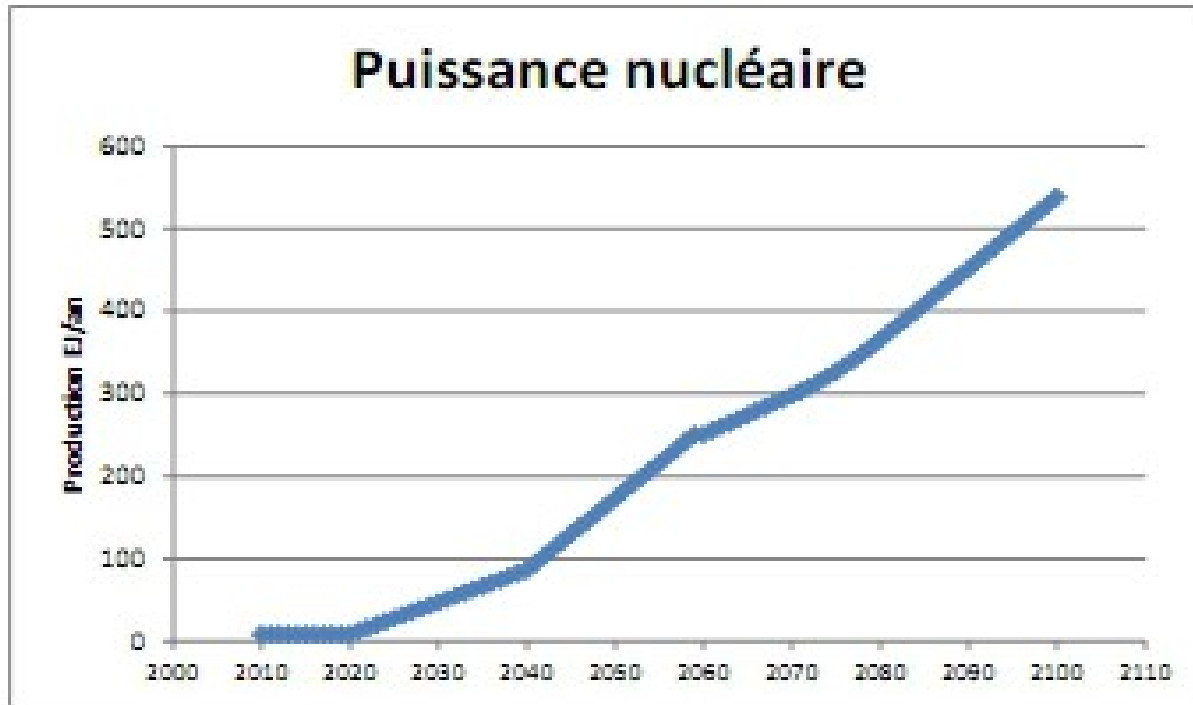


Figure 7

Evolution de la production annuelle par le parc nucléaire

Consommation Uranium

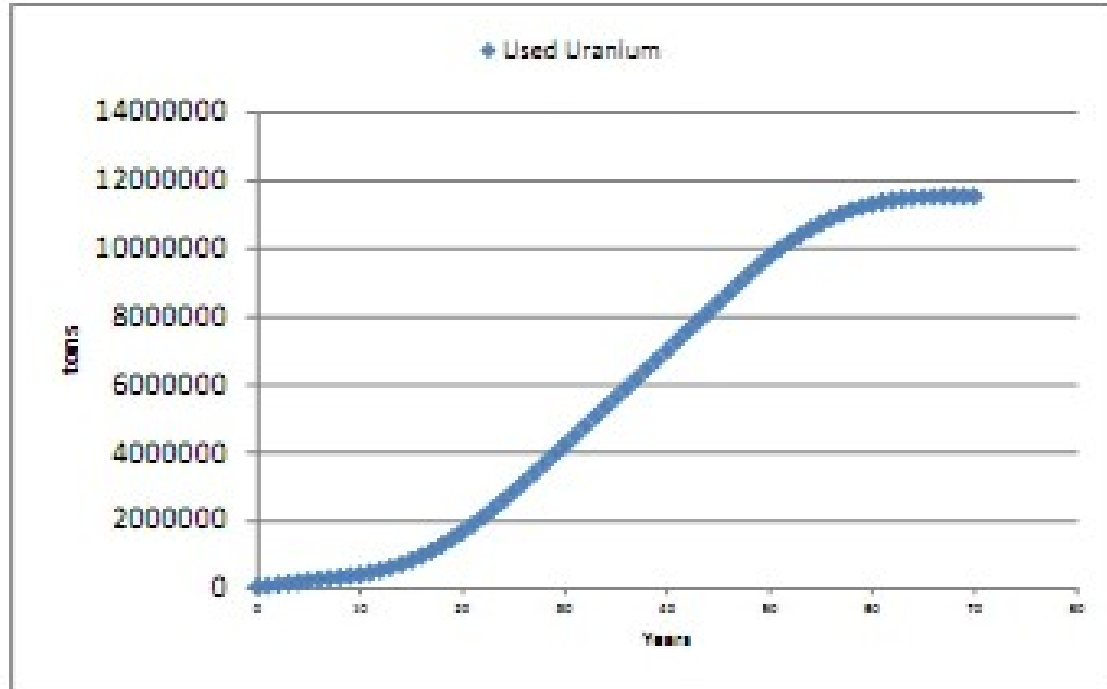
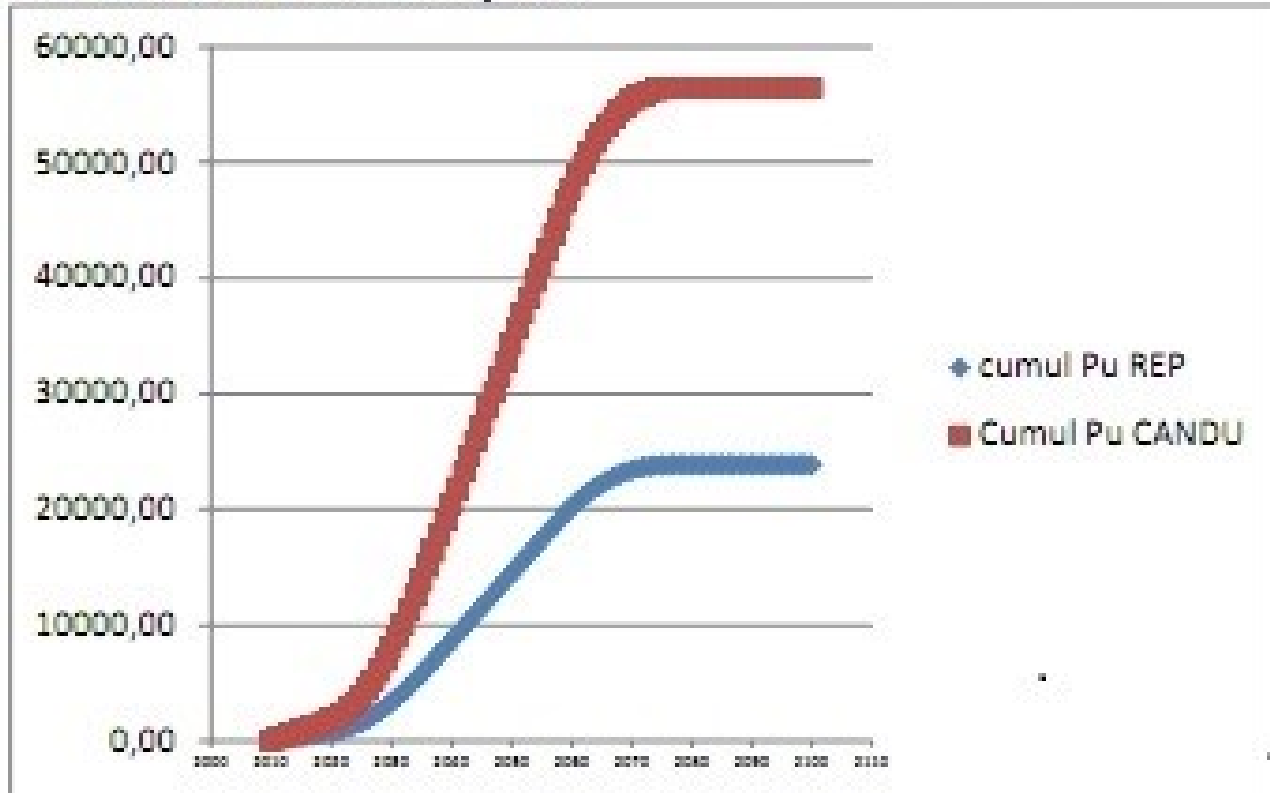


Figure 8

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

Production Pu CANDU vs REP

6 YEARS WAS ASSUMED TO BE 57 YEARS.

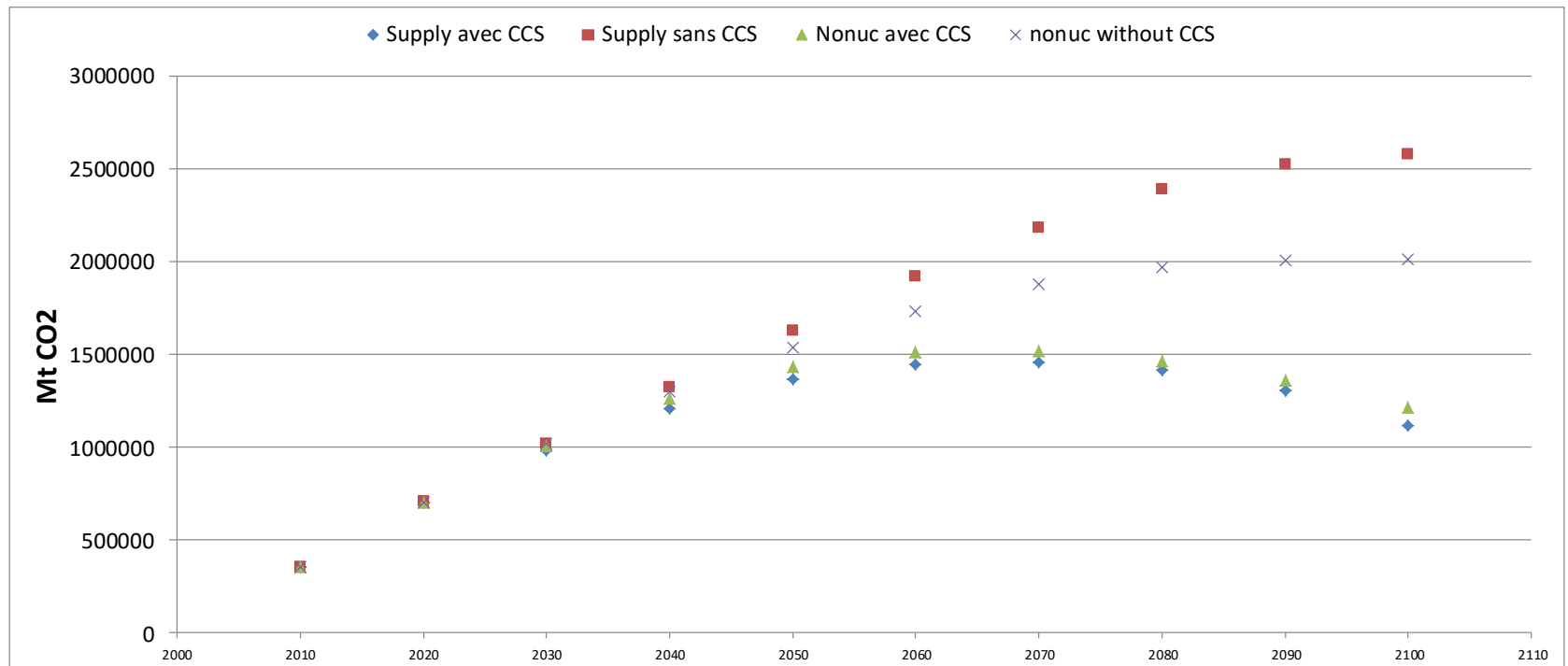


CANDU ou Integral Fast Neutron R

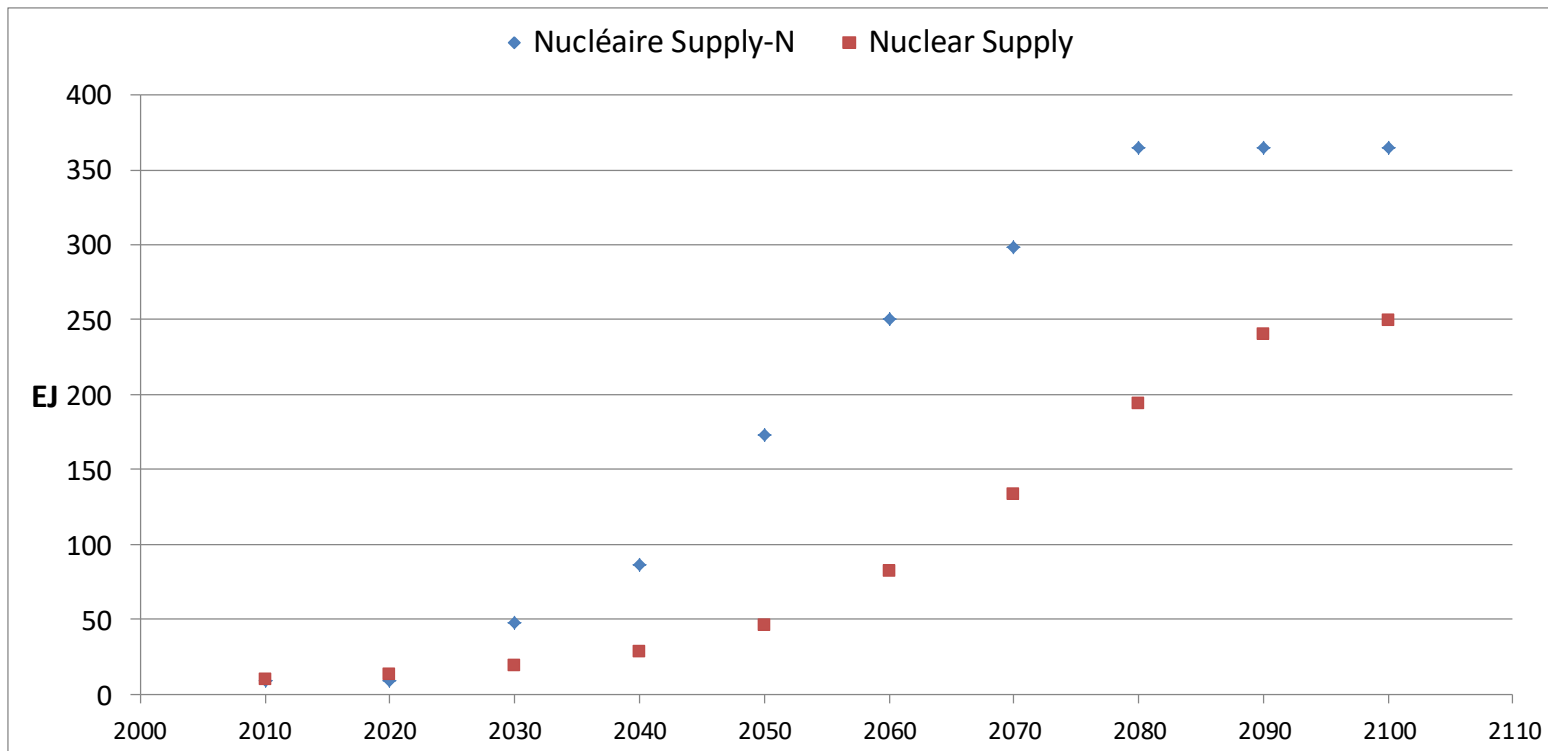
Inventaire Pu total/réacteur tonnes	Fraction de CANDU dans le parc thermique %
No CANDU	Inventory Pu 8 tons
5,5(INFR)	50
6	37
7	14
8(standard)	0

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?

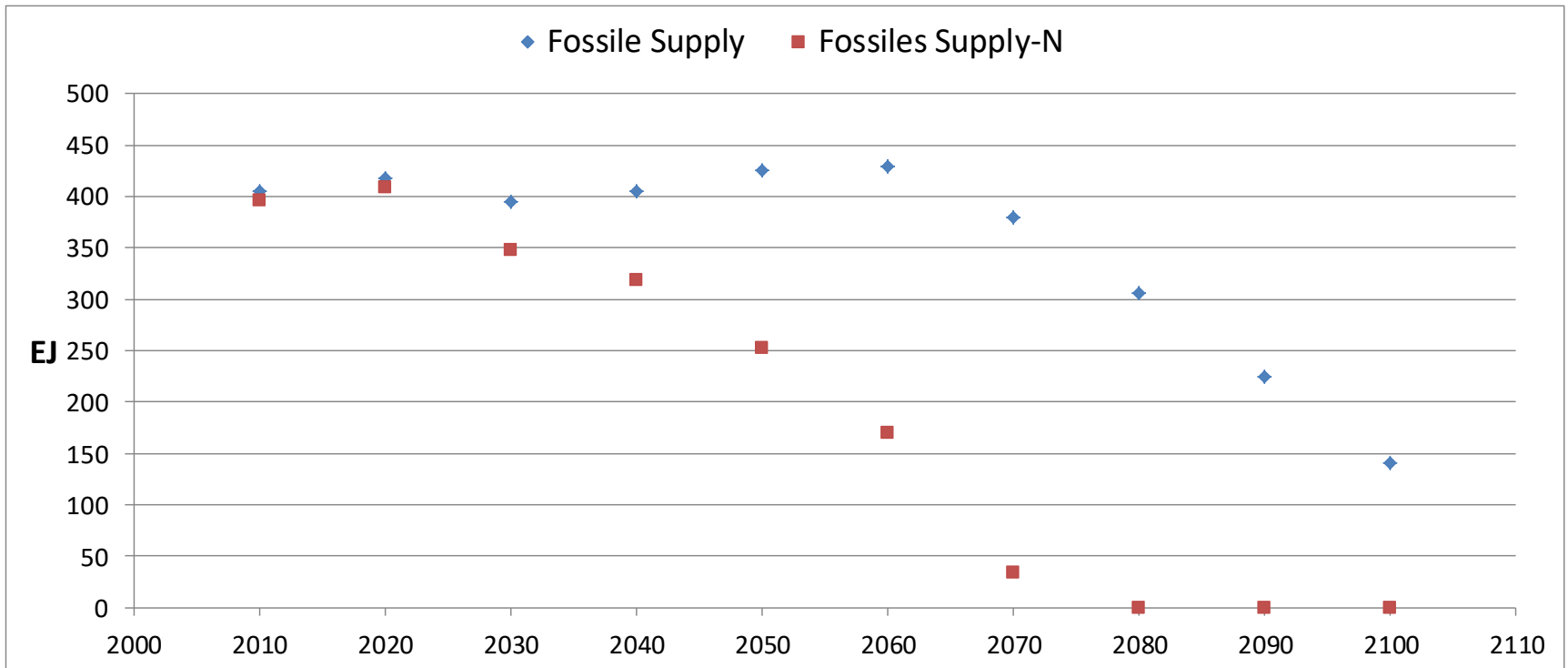


Nucléaire Supply Supply-N

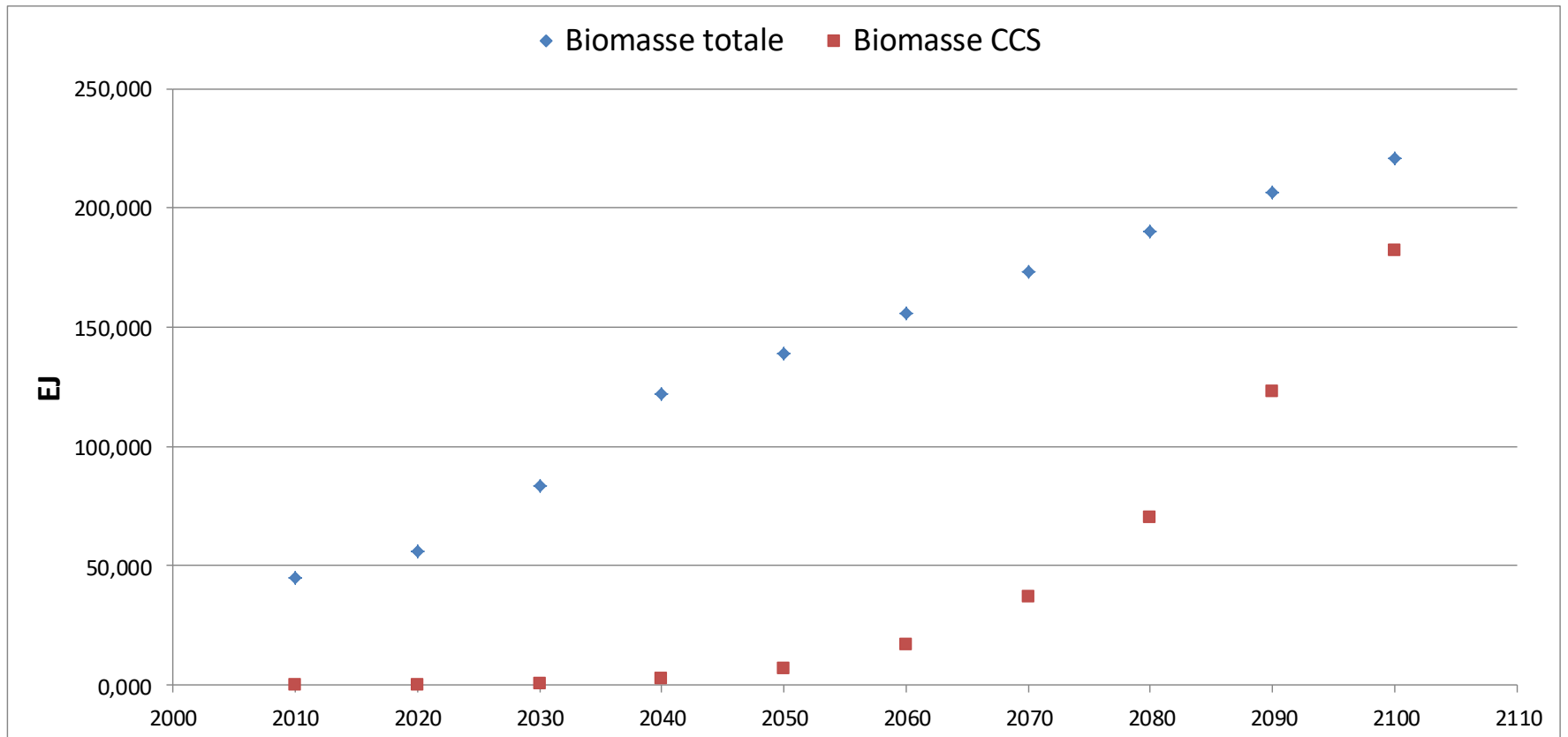


H.Nifenecker U.E SLC 22/09/2016

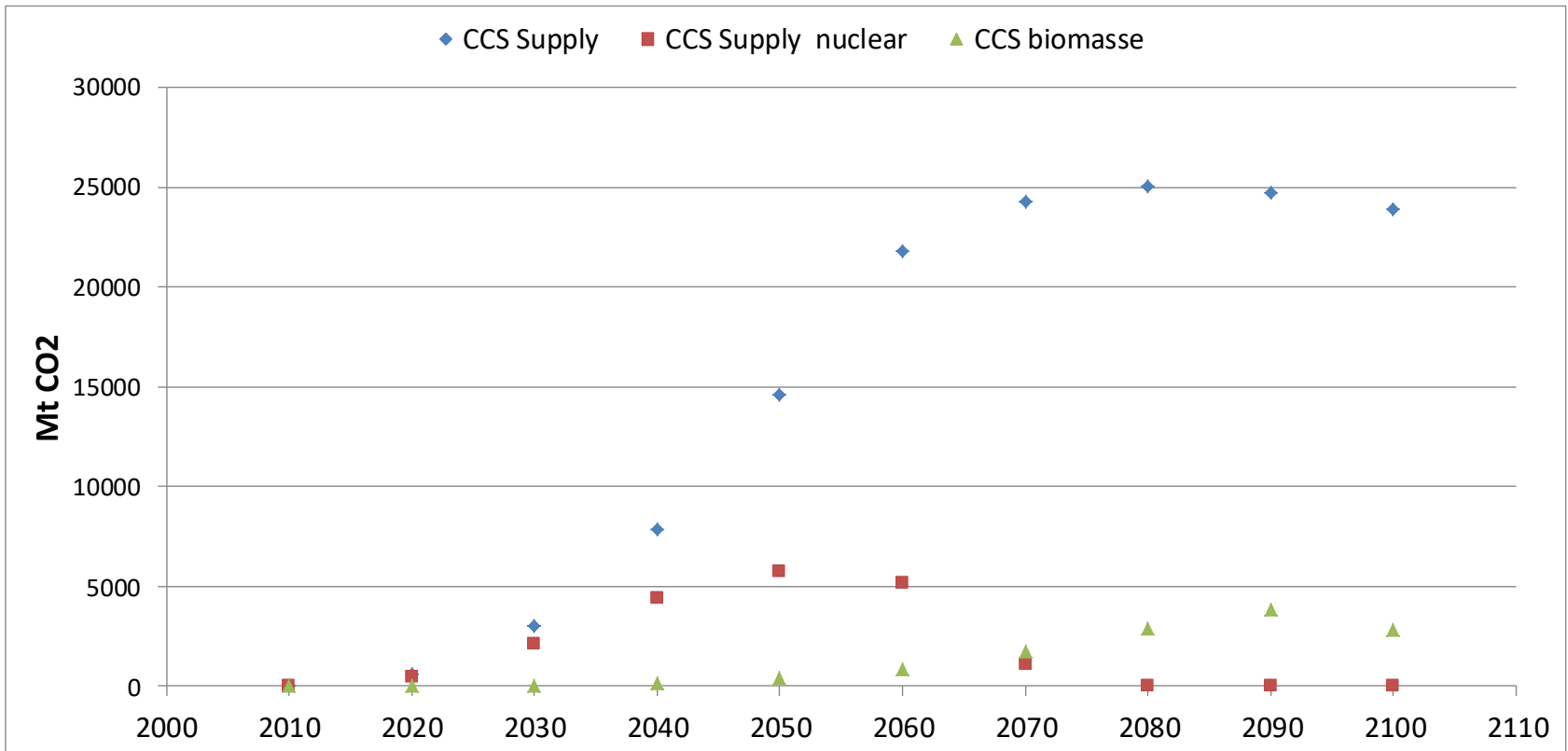
Fossiles Supply Supply-N



Biomasse

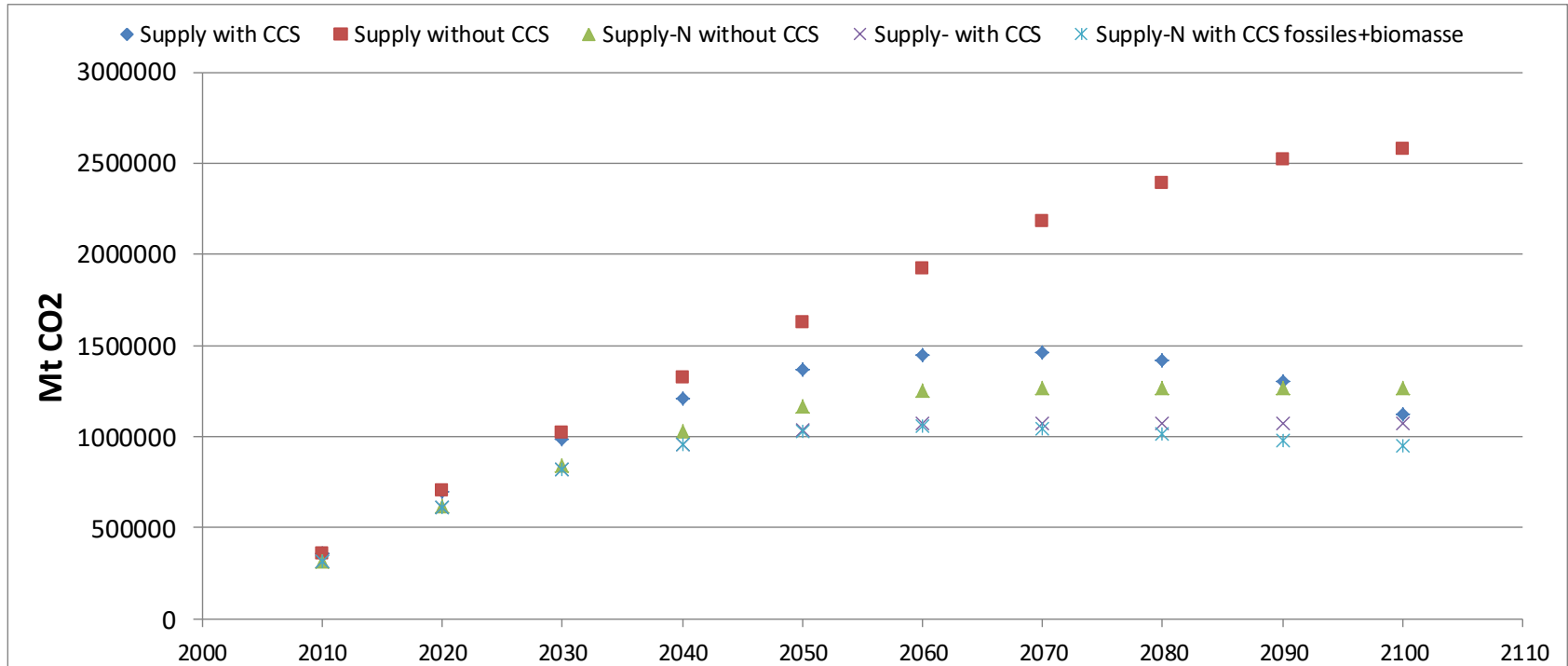


Capture CSC



H.Nifenecker U.E SLC 22/09/2016

Cumul CO2



Importance d'une action rapide

Coûts des filières (OCDE)

	US \$/MWh	US \$/MWh
	50-82	30-36
	85	(54)
	54	34
	90-146	51-86
	138-188	
	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

- Accélération de la production nucléaire dès 2020:
 - 2000 GW en 2035
- Démarrage RNR 2035
 - 400 GW/an
- Extraction de 12 millions de tonnes d'Uranium

	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

- CCS 1500 GtCO2 avec Supply !!
- Pas besoin de CCS avec Supply-N

Georges Vendryes

- Entrée au CEA 1952
- Démarrage de G1 –Marcoule 1955. Il était responsable de la neutronique
- Lancement du programme RNR en 1956
- Création du Département de Recherches Physique
- 1959 Je suis embauché à la Section de Mesures Neutroniques Fondamentales
Responsable: René Joly, sous les ordres de Georges Vendryes
- 1960 création du centre de Cadarache et lancement du programme Rapsodie
- Collaboration avec Euratom pour la réalisation de Masurca,
réacteur maquette rapide à puissance nulle
- Choix du combustible MOx pour Rapsodie
- Divergence Rapsodie 1957
- 1959 Lancement du programme Fusion à Fontenay aux Roses
- Programme Phénix: CEA (Georges Vendryes) EDF (Rémy Carle)
- Prix Enrico Fermi
- Indian Nuclear Society Eminent Scientist Award 2007
- Prix du Japon de la Fondation du Japon pour la science et la technologie

Le temps est venu pour que les idées de
Georges Vendryes soient concrétisées