

## Analyse comparative des émissions de GES entre scénarios

Version

Rédaction

310513g

Thierry SALOMON

### Note préalable

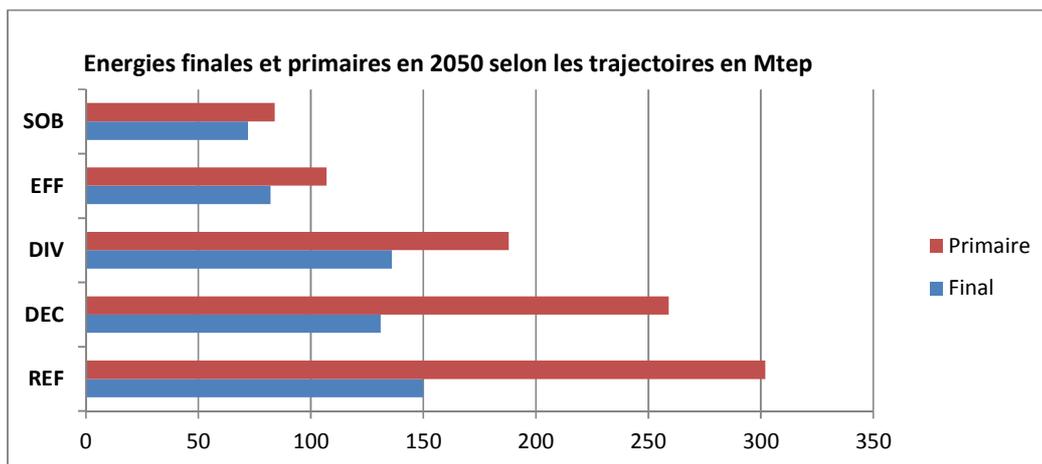
Ce document a été réalisé dans le cadre des travaux menés par le « Groupe des Experts » lors du Débat National sur la Transition Energétique. Comme pour tous les autres documents produits par les membres de ce Groupe, ce document a été réalisé sous la pleine responsabilité de son ou de ses auteurs. Il ne constitue donc pas un avis de l'ensemble du « Groupe des Experts » et ne saurait engager celui-ci à quelque titre que ce soit.

## Rappel du contexte

Dans le cadre du Débat National sur le Transition Energétique (DNTE), les principales données de sortie de 11 scénarios portant sur l'ensemble des usages de l'énergie et allant jusqu'à 2050 ont été exploitées<sup>1</sup> par le « Groupe Expert » puis regroupées en 4 « trajectoires » :

Sigle	Caractéristiques	Valeurs référence
DEC	Electrification et décarbonation	NégaTEP
DIV	Demande stable et diversification	Ancre DIV
EFF	Efficacité et diversification	Ademe
SOB	Sobriété et sortie nucléaire	négaWatt

Les consommations en 2050 des 4 trajectoires auxquelles s'ajoute la « trajectoire de référence » REF sont les suivantes :



La présente note a pour objet d'analyser ces scénarios et ces trajectoires au regard des émissions de gaz à effet de serre (GES) et de l'objectif du « facteur 4 » en 2050.

<sup>1</sup> Les données en énergie finale, énergie primaire et émissions de CO2 utilisées ici sont celles issues du fichier « Analyse Template pour le Groupe Experts » (version 11) résultant de l'exploitation des résultats des scénarios. Auteurs : Esther Finidori, Patrick Criqui et Michel Colombier.

# 1 - Méthodologie

Les émissions de CO<sub>2</sub> des 11 scénarios et des 4 trajectoires ont été recalculées à partir des consommations en énergies primaires fossiles (pétrole, gaz, charbon) et de leurs facteurs d'émission respectifs.

Afin d'éviter tout biais :

- les facteurs d'émission en MtCO<sub>2</sub>/Mtep utilisés pour chaque type d'énergie ont été pris identiques pour tous les scénarios<sup>2</sup>.
- Le périmètre géographique du calcul est la France Métropolitaine<sup>3</sup>.

A partir des données les plus récentes du CITEPA (mars 2013), les émissions ont été agrégées en 3 catégories :

1. les émissions « CO<sub>2</sub> combustion » dues à la combustion des produits fossiles (pétrole, charbon, gaz fossile)
2. les émissions « Agriculture + déchets » dues aux pratiques agricoles et aux déchets.
3. les émissions « Process industriels » imputables au secteur de l'industrie, regroupant le CO<sub>2</sub> « non-énergétique » émis lors des opérations de décarbonatation ou de fabrication des solvants, les émissions de CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O issus des process et toutes les émissions des gaz fluorés<sup>4</sup> HFC, PFC et SF<sub>6</sub>.

Afin de pouvoir comparer les scénarios entre eux sur le périmètre des émissions de GES « tous gaz et tous secteurs », il a été nécessaire pour ceux qui se limitent au « CO<sub>2</sub> combustion » de reconstituer un indicateur « tous GES » sur les bases suivantes :

1. calcul du « CO<sub>2</sub> combustion » à partir des consommations en énergies primaires,
2. sur « Agriculture et Déchets » et « Process Industriels », prise en compte des résultats issus des scénarios lorsque ces secteurs ont été abordés et détaillés.
3. pour tous les autres cas, recours à une fourchette de calcul entre une amélioration *a minima* découlant de progrès techniques considérés comme inéluctables et *a maxima* reprenant les résultats des scénarios qui intègrent les GES hors CO<sub>2</sub> combustion.

---

<sup>2</sup> Les facteurs d'émissions retenus sont ceux du CITEPA dans la méthode dite de « référence simplifiée » : 26 GgC/PJ (3,981 MtCO<sub>2</sub>eq/Mtep) pour le charbon, 21 GgC/PJ (3,062 MtCO<sub>2</sub>eq/Mtep) pour le pétrole et 15,3 GgC/PJ (2,343 MtCO<sub>2</sub>eq/Mtep) pour le gaz fossile. Ces coefficients diffèrent très légèrement de ceux, plus approximatifs, de la v11 de l'« Analyse Template » des scénarios (respectivement 4,00, 3,00 et 2,30 MtCO<sub>2</sub>eq/Mtep).

<sup>3</sup> Le périmètre des inventaires au format CCUNCC (Convention-Cadre des Nations unies sur les Changements Climatiques) comprend les émissions de GES en France Métropolitaine (MT), départements d'Outre-Mer et Collectivités d'Outre-Mer (DOM-COM, dans l'Union Européenne) et des Pays et Territoires d'Outre-Mer (PTOM, hors Union Européenne). Le périmètre Protocole de Kyoto ne comprend que les émissions de GES en France Métropolitaine et Départements d'Outre-Mer (MT + DOM-COM).

<sup>4</sup> HFC : hydrofluorocarbures - PFC : Perfluorocarbures - SF<sub>6</sub> : Hexafluorure de soufre.

## 2 – Rappels concernant le « facteur 4 »

### Situations 1990 et 2011

L'analyse de l'inventaire du CITEPA (mars 2013)<sup>5</sup> permet d'établir de manière précise les bases de comparaison d'une part avec l'année de référence 1990, d'autre part avec l'année 2011, point de départ de la plupart des scénarios examinés :

		CITEPA 1990			CITEPA 2011			Grenelle 1
		Combustion CO2	Pratiques agricoles + déchets	CO2 hors combustion + process	Combustion CO2	Pratiques agricoles + déchets	CO2 hors combustion + process	
<b>CO2</b>	Energie	371,2	371,2		342,6	342,6		
	Agriculture	0,0	0,0		0,0	0,0		
	Process	24,5		24,5	18,3		18,3	
	Déchets	1,7	1,7		1,4	1,4		
<b>CH4</b>	Energie	10,5		10,5	2,7		2,7	
	Agriculture	39,3	39,3		38,4	38,4		
	Process	0,1		0,1	0,1		0,1	
	Déchets	9,4	9,4		10,3	10,3		
<b>NO2</b>	Energie	3,7		3,7	4,0		4,0	
	Agriculture	60,8	60,8		53,3	53,3		
	Process	24,5		24,5	1,2		1,2	
	Déchets	1,6	1,6		1,3	1,3		
<b>HFC PFC SF6</b>	Energie	0,0			0,0			
	Agriculture	0,0			0,0			
	Process	10,1		10,1	16,8		16,8	
	Déchets	0,0			0,0			
<b>Sous-total par secteur</b>	Energie	385,4	371,2	0,0	349,4	342,6	0,0	6,7
	Agriculture	100,1	0,0	100,1	91,7	0,0	91,7	0,0
	Process	59,1	0,0	0,0	36,4	0,0	0,0	36,4
	Déchets	12,7	0,0	12,7	12,9	0,0	12,9	0,0
<b>Sous-total par gaz</b>	CO2	397,4	371,2	1,7	362,3	342,6	1,4	18,3
	CH4	59,3	0,0	48,7	51,5	0,0	48,7	2,8
	NO2	90,6	0,0	62,3	59,9	0,0	54,6	5,3
	HFC SFC SF6	10,1	0,0	0,0	16,8	0,0	0,0	16,8
<b>Total GES France hors UTCF</b>	<b>557,3</b>	<b>371,2</b>	<b>112,8</b>	<b>73,4</b>	490,5	342,6	104,7	43,2
<b>%</b>	<b>100%</b>	<b>67%</b>	<b>20%</b>	<b>13%</b>	100%	70%	21%	9%
Contrôle	0,0				0,0			
<b>Objectif facteur 4 tous GES</b>	<b>139,3</b>							<b>140</b>
Emissions DOM-COM	6,1	5,0	1,1	0,0	11,5	9,7	1,4	0,4
Emissions PTOM	3,0	2,5	0,5	0,0	6,0	5,3	0,7	0
<b>Total GES France Métropolitaine</b>	<b>548,2</b>	<b>363,7</b>	<b>111,2</b>	<b>73,4</b>	<b>473,0</b>	<b>327,6</b>	<b>102,6</b>	<b>42,8</b>
					100%	69%	22%	9%
<b>Objectif facteur 4 tous GES France métropolitaine hors DOM-COM et UTCF</b>	<b>137,1</b>	<b>90,9</b>						<b>138,5</b>

<sup>5</sup> « Rapport national d'inventaire pour la France au titre de la Convention-Cadre des Nations unies sur les Changements Climatiques (CNUCC) et du protocole de Kyoto », CITEPA, mars 2013.

## Le facteur 4 est cohérent avec une répartition équitable des émissions mondiales

Le facteur 2 préconisé par le GIEC au niveau mondial et le facteur 4 pour la France aboutissent en 2050, dans une logique dite de « contraction - convergence », au même niveau d'émissions par habitant, soit 1,8 tonne d'équivalent CO<sub>2</sub> par an.

Monde		1990	2050	Facteur
Emissions	GtCO <sub>2</sub> eq	34	17	2,0
Population	Ghab	6	9,5	
Emission par personne	tCO <sub>2</sub> eq/hab	5,7	1,8	3,2
France		1990	2050	Facteur
Emissions	MtCO <sub>2</sub> eq	557	139	4,0
Population	Mhab	58,6	75,8	
Emission par personne	tCO <sub>2</sub> eq/hab	9,5	1,8	5,2

Un tel niveau est donc la traduction d'une double exigence : physique vis-à-vis de la problématique du changement climatique, et éthique à travers une répartition équitable entre les nations et les individus des efforts pour y parvenir.

A noter que l'on parle du « facteur 4 pour la France » mais, du fait de l'augmentation prévisible de la population, ce niveau correspond en réalité à une réduction du niveau d'émissions de chaque Français d'un facteur 5,2 en moyenne en 2050 par comparaison avec 1990.

## Les engagements de la France

Le facteur 4, directement issu de la position de la France au sein du protocole de Kyoto, a été inscrit dans la loi française dès 2005 (loi POPE), clairement réaffirmé en 2009 (loi Grenelle 1) puis transposé dans le Code de l'énergie sous la forme d'un objectif de division par 4 par rapport à 1990 des émissions des six principaux gaz à effet de serre pour la France métropolitaine et les DOM-COM, soit un rythme moyen de - 3,0 % par an entre 2005 et 2050.

*Loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique (dite Loi POPE)*

### Titre Premier : Stratégie énergétique nationale

#### Article 2

Modifié par Ordonnance n°2011-504 du 9 mai 2011 - art. 4

(...)

La lutte contre le changement climatique est une priorité de la politique énergétique qui vise à diminuer de 3 % par an en moyenne les émissions de gaz à effet de serre de la France. En conséquence, l'Etat élabore un "plan climat", actualisé tous les deux ans, présentant l'ensemble des actions nationales mises en œuvre pour lutter contre le changement climatique.

*Loi « Grenelle 1 » n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement*

### Titre Premier : Lutte contre le changement climatique

#### Article 2

I. — La lutte contre le changement climatique est placée au premier rang des priorités. Dans cette perspective, est confirmé l'engagement pris par la France de diviser par quatre ses émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050 en réduisant de 3 % par an, en moyenne, les rejets de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, afin de ramener à cette échéance ses émissions annuelles de gaz à effet de serre à un niveau inférieur à 140 millions de tonnes équivalent de dioxyde de carbone.

## Indice, facteur et % de réduction

Afin de faciliter la comparaison des chiffres, le tableau ci-dessous donne la correspondance entre indice d'émission sur une base 100 en 1990, taux et facteur de réduction.

Indice	Réduction	Facteur
100		
80	20%	1,3
70	30%	1,4
50	50%	2,0
40	60%	2,5
33,3	67%	3,0
25	75%	4,0
20	80%	5,0
15	85%	6,7
12,5	88%	8,0
10	90%	10,0
5	95%	20,0

Ainsi, le passage d'un facteur 2,5 au facteur 4 revient à passer d'un indice 40 à un indice 25, soit une réduction de 37,5 % (15/40) de toutes les émissions résiduelles.

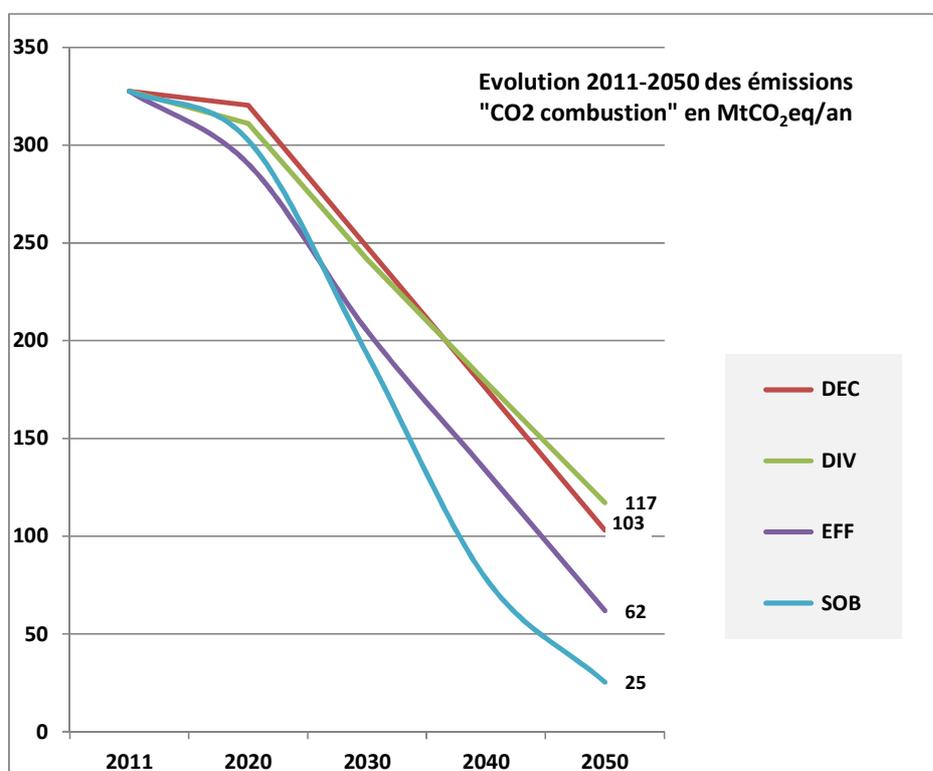
## 3 - Analyse comparative des émissions de CO<sub>2</sub> et de GES

### Seuls 4 scénarios sur 11 atteignent le facteur 4 « CO<sub>2</sub> combustion »

Sur le périmètre des émissions « CO<sub>2</sub> combustion France Métropolitaine », les scénarios s'inscrivant dans un objectif facteur 4 n'atteignent en réalité pas tous ce niveau de réduction : seuls les scénarios Ademe (facteur 5,9), négaWatt (14,3), Greenpeace (7,1) et GrDF (5,5) dépassent le facteur 4 sur les émissions liées à la combustion des énergies fossiles.

		Mt CO2 combustion	Facteur sur CO2 combustion
		MtCO2eq CO2 comb	F CO2 comb
Greenpeace	[Greenpeace]	51	7,1
ADEME	[Ademe 2050]	62	5,9
Négawatt	[négaWatt]	25	14,3
GRDF	[GrDF]	66	5,5
Négatep	[négaTep]	103	3,5
CIREN Acceptable renforcé	[CIREN renf]	111	3,3
CIREN Acceptable nucl haut	[CIREN nucl haut]	126	2,9
CIREN Acceptable nucl bas	[CIREN nucl bas]	172	2,1
CIREN Acceptable reference	[CIREN ref]	337	1,1
ANCRE SOB avec CSC	[Ancre SOB + CSC]	174	2,1
ANCRE SOB sans CSC	[Ancre SOB - CSC]	214	1,7
ANCRE ELE	[Ancre ELE]	141	2,6
ANCRE DIV	[Ancre DIV]	117	3,1
Trajectoire référence	[REF]	337	3,1
Trajectoire DEC	[DEC]	103	3,5
Trajectoire DIV	[DIV]	117	3,1
Trajectoire EFF	[EFF]	62	5,9
Trajectoire SOB	[SOB]	25	14,3

Sur la base des scénarios qui en constituent les références, seules 2 des 4 trajectoires étudiées y parviennent nettement – SOB (14,3) et EFF (5,9) – tandis que les deux autres – DEC (3,5) et DIV (3,1) – s’en approchent sans y parvenir.



## Les émissions « CO<sub>2</sub> combustion » ne recouvrent que 69 % des émissions totales

Par ailleurs le calcul sur le seul périmètre « CO<sub>2</sub> combustion » est insuffisant pour déduire le niveau du facteur de réduction sur l'ensemble des GES.

L'analyse de l'inventaire du CITEPA montre en effet pour la France métropolitaine la répartition suivante :

- 69 % des émissions de GES relèvent du « CO<sub>2</sub> combustion »,
- 22 % des émissions concernent les pratiques agricoles et les déchets,
- 9 % des émissions ont pour origine un process industriel ou technologique hors combustion.

## Un facteur 2 à 3 au maximum semble possible sur les postes « Agriculture » et « déchets »

La réduction des émissions de GES est soumise à de fortes contraintes dans le secteur agricole : alors que l'INSEE prévoit une augmentation sensible de la population d'ici 2050, il semble en effet difficile, même en faisant évoluer très sensiblement les productions et les pratiques, d'atteindre plus qu'un facteur de réduction de l'ordre de 2 à 3.

Cette limite est confirmée par l'analyse « Agriculture et facteur 4 » de l'ADEME et du Ministère de l'Agriculture, de l'Agro-alimentaire et de la Forêt (MAAF) qui envisage 3 scénarios pour 2050 dont les facteurs de réduction de GES vont de 1,7 à 3,2 par rapport à 1990<sup>6</sup>.

Seuls deux scénarios ont proposé et explicité, en complément de l'analyse sur le secteur énergétique, des évolutions significatives des pratiques agricoles ainsi que du volume et de la gestion des déchets : ils parviennent à un facteur 2,0 (Ademe) et 2,6 (négaWatt) sur ces deux secteurs.

L'estimation des émissions sur les autres scénarios a été faite en prenant une fourchette de variation de - 10 % (facteur 1,1) à - 50 % (facteur 2) en 2050, correspondant pour le premier chiffre au tendanciel et pour le second à l'objectif envisagé dans le scénario Ademe.

## Des baisses significatives ont été enregistrées depuis 1990 sur le poste « Process industriels »

Ce secteur a déjà réduit très fortement ses émissions entre 1990 et 2011, passant de 73,4 à 42,8 MtCO<sub>2</sub>eq, soit un facteur 1,7. Cette baisse a porté surtout sur la réduction du N<sub>2</sub>O et du CH<sub>4</sub> dans les process, alors que les émissions de CO<sub>2</sub> diminuaient et que celles des gaz fluorés augmentaient considérablement (+ 66 %).

Une forte baisse supplémentaire des émissions de CO<sub>2</sub> paraît difficile : la majeure partie de ces émissions sont en effet dues à la décarbonatation pour la fabrication de la chaux et du ciment.

Seul le scénario Ademe quantifie dans ses bilans en 2030 et 2050 les évolutions sur les process industriels, mais uniquement pour CO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O : il ne tient pas compte dans son bilan 2050 des émissions des gaz HFC+PFC+SF<sub>6</sub>, considérant qu'à cette date les produits de substitution sans émissions de GES seront systématiquement employés.

---

<sup>6</sup> « Agriculture et Facteur 4 », synthèse d'étude, septembre 2012. Les facteurs 1,7 à 3,2 sont des facteurs de réduction par rapport à 1990 au format CITEPA. A noter que ce rapport indique cependant pour le scénario « Gamma » à 3,2 que « ce scénario, en transformant une partie des surfaces agricoles en forêt, peut, dans certains cas, avoir un impact négatif sur les paysages et la biodiversité remarquable. ». Le scénario « Béta » à 2,5, quant à lui « répondrait dans une large mesure aux enjeux environnementaux en offrant une meilleure résilience des systèmes et en réduisant significativement les impacts sur la qualité de l'eau, les sols, la biodiversité fonctionnelle et la qualité de l'air ».

Tous les scénarios sont donc très peu ou pas explicites sur ce secteur qui représente pourtant 42,8 MtCO<sub>2</sub>eq en 2011. Afin d'estimer tout de même un bilan complet en GES, les émissions de ce secteur ont été évaluées en supposant des niveaux de réduction identiques pour tous les scénarios, correspondant à une fourchette de diminution de - 30 % à - 55 % entre 2011 et 2050. La valeur de réduction des émissions la plus élevée (- 55 %) correspond au niveau retenu dans le scénario Ademe (19,5 MtCO<sub>2</sub>eq), c'est-à-dire avec l'hypothèse qu'il n'y ait plus aucune émission sur les gaz fluorés en 2050.

En retenant cette fourchette, le facteur de réduction sur ce secteur « Process industriels » entre l'année de référence 1990 et 2050 est de 2,4 à 3,8 : il est donc inférieur à l'objectif global « facteur 4 ». Comme il en est de même, on vient de le voir, pour le secteur « Agriculture et déchets », le « **facteur 4 tous GES – tous secteurs** » ne peut donc être atteint que par une réduction nettement supérieure à 4 sur le secteur du « CO<sub>2</sub> combustion ».

## Seuls 2 scénarios sur 11 et 2 trajectoires sur 4 atteignent ou dépassent le « facteur 4 tous GES »

En intégrant les plages de variations explicitées ci-dessus, le tableau suivant évalue les émissions et facteur de réduction par rapport à 1990, pour la France métropolitaine :

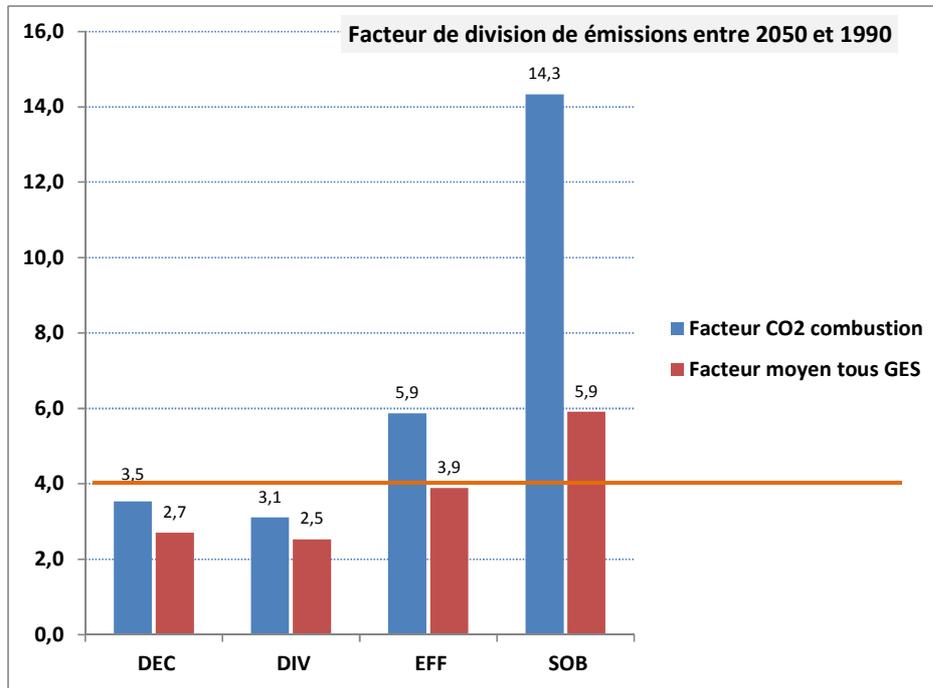
		GES en MtCO <sub>2</sub> eq			Facteur sur GES 1990		
		MtCO <sub>2</sub> eq GES mini	MtCO <sub>2</sub> eq GES max	MtCO <sub>2</sub> eq GES moy	F mini	F max	F
Greenpeace	[Greenpeace]	132	173	153	3,2	4,2	3,7
ADEME	[Ademe 2050]	136	146	141	3,7	4,0	3,9
Négawatt	[négaWatt]	88	98	93	5,6	6,2	5,9
GRDF	[GrDF]	147	188	167	2,9	3,7	3,3
Négatep	[négaTep]	184	225	205	2,4	3,0	2,7
CIREN Acceptable renforcé	[CIREN renf]	192	233	212	2,4	2,9	2,6
CIREN Acceptable nucl haut	[CIREN nucl haut]	207	248	228	2,2	2,6	2,4
CIREN Acceptable nucl bas	[CIREN nucl bas]	253	294	273	1,9	2,2	2,0
CIREN Acceptable reference	[CIREN ref]	482	482	482	1,1	1,1	1,1
ANCRE SOB avec CSC	[Ancre SOB + CSC]	255	296	275	1,9	2,2	2,0
ANCRE SOB sans CSC	[Ancre SOB - CSC]	295	336	315	1,6	1,9	1,7
ANCRE ELE	[Ancre ELE]	222	263	242	2,1	2,5	2,3
ANCRE DIV	[Ancre DIV]	198	239	219	2,3	2,8	2,5
Trajectoire référence	[REF]	482	482	482	1,1	1,1	1,1
Trajectoire DEC	[DEC]	184	225	205	2,4	3,0	2,7
Trajectoire DIV	[DIV]	198	239	219	2,3	2,8	2,5
Trajectoire EFF	[EFF]	146	146	146	3,7	4,0	3,9
Trajectoire SOB	[SOB]	88	98	93	5,6	6,2	5,9

Au final, seuls deux scénarios atteignent ou frôlent le facteur 4 tous GES : négaWatt (facteur 5,6 à 6,2) et Ademe<sup>7</sup> (facteur 3,7 à 4,0). Deux autres scénarios s'en approchent : Greenpeace (3,2 à 4,2 - moyenne 3,7) et GrDF (2,9 à 3,7 – moyenne 3,3).<sup>8</sup>

<sup>7</sup> L'Ademe présente un bilan 2050 à 4,02 contre un facteur moyen à 3,89 dans cette étude. L'écart vient de la prise en compte de PRG (Pouvoir de Réchauffement Global) différents de l'inventaire CITEPA (plus haut pour le CH<sub>4</sub> - 25 au lieu de 21 - et plus bas pour le N<sub>2</sub>O – 298 au lieu de 230) et de la non prise en compte des émissions des gaz fluorés dans leur bilan, considérés comme réduits à zéro en 2050.

Tous les autres scénarios aboutissent, en valeur moyenne, à un facteur très inférieur à 3.

Pour ce qui est des trajectoires étudiées, la trajectoire EFF atteint le facteur 4 (plage 3,7 - 4,0) et la trajectoire SOB le dépasse sensiblement (plage 5,6 - 6,2) mais les deux autres en sont sensiblement éloignés : DEC se situe entre 2,4 et 3,0, et DIV entre 2,3 et 2,8.



L'analyse montre donc que si l'on veut atteindre un « facteur 4 tous GES – tous secteurs », il faut nécessairement atteindre un facteur très nettement supérieur à 4 sur le seul « CO<sub>2</sub> combustion », de l'ordre de 6 à 10 et plus suivant les hypothèses retenues par les différents scénarios.

On notera qu'un tel niveau de réduction est cohérent avec la «*Feuille de route vers une économie compétitive à faible intensité de carbone à l'horizon 2050*» de la Commission Européenne qui préconise l'objectif de réduire les émissions de gaz à effet de serre de l'Union de 80 à 95 % à échéance 2050, soit d'un facteur 5 à 20.

## 4 – Emissions et demande d'énergie

### Sans action très volontariste sur la consommation d'énergie aucun scénario n'est en mesure d'atteindre le facteur 4 tous GES

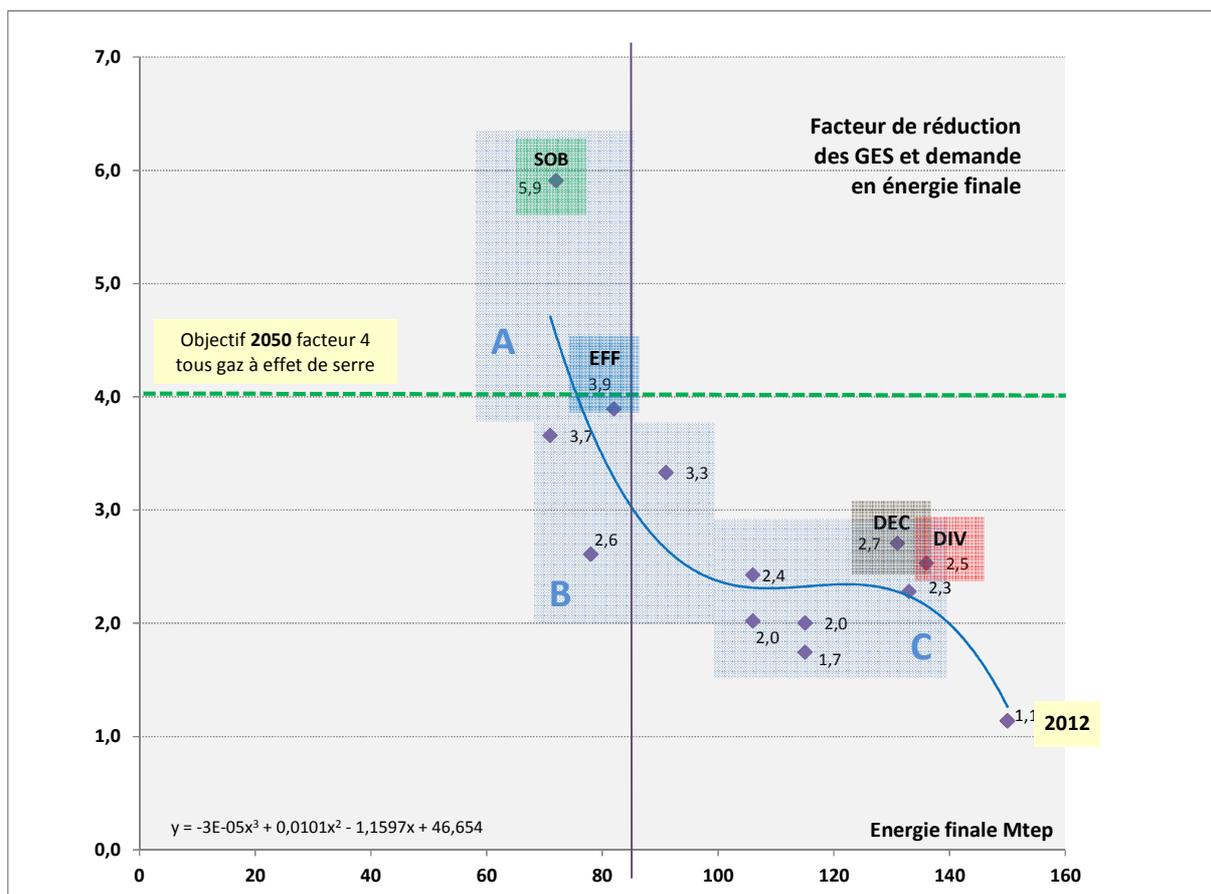
Une des questions essentielles qui est posée au DNTE est de savoir s'il est possible d'approcher ou de dépasser l'objectif du facteur 4 tous GES :

1. En agissant principalement sur la production d'énergie grâce à un mix fortement décarboné d'origine renouvelable et nucléaire.
2. ou en agissant principalement sur la réduction de la demande en énergie finale, quitte à avoir un mix moins décarboné,

<sup>8</sup> Ces 2 scénarios pourraient vraisemblablement atteindre le facteur 4 avec pour Greenpeace un mix un peu moins carboné et pour GrDF une prolongation de la phase des efforts sur la demande sur 2035-2045.

3. ou bien encore s'il convient à la fois de réduire la demande et d'avoir un mix très décarboné.

L'analyse de la relation au sein de chacun des scénarios entre la consommation en énergie finale évaluée en Mtep/an et le facteur de réduction des émissions de GES 1990/2050 permet de répondre à cette question en visualisant la corrélation entre les différents paramètres :



On voit clairement en **Zone C** que les scénarios qui ont une consommation d'énergie finale supérieure à 100 Mtep, quel que soit leur mix énergétique, sont loin d'atteindre le facteur 4 puisqu'ils se limitent à un facteur de réduction des GES tous secteurs allant de 1,7 à 2,7.

On note par ailleurs que les scénarios à faible demande mais qui conservent un mix insuffisamment décarboné (**Zone B**) n'y parviennent pas non plus : c'est le cas des scénarios Greenpeace à 3,7, GrDF à 3,3 et « CIRED renforcé » à 2,6.

Seuls les scénarios et les trajectoires SOB et EFF de la **Zone A** parviennent au facteur 4, voire au-delà, en agissant à la fois sur la demande et tous les secteurs d'émission.

## 5 - Conclusions

### Deux conditions pour parvenir au facteur 4 tous GES : une forte baisse de la demande et une action sur toutes les sources d'émissions

A la lumière des analyses précédentes, deux conditions apparaissent donc conjointement impératives pour parvenir à l'objectif facteur 4 :

- 1) Une forte réduction de la demande d'un facteur au moins 1,7 par rapport à la demande finale actuelle soit une baisse d'au minimum 40%,
- 2) Une forte réduction des émissions de tous les GES dans tous les secteurs, et non uniquement sur le seul CO<sub>2</sub> émis lors des combustions.

### Le rythme d'engagement de réduction des émissions pour respecter le facteur 4 ne doit plus être de - 3,0 %/an mais de - 3,6 %/an

En 2012, les émissions tous GES étaient à l'indice 93 par rapport à 1990, soit une réduction d'un facteur 1,08, alors que le rythme de -3% par an depuis 2005 tel que prévu dans les lois POPE et Grenelle aurait dû mener à l'indice 80, soit un facteur 1,26 :

	Objectif loi POPE			Actuel	Si maintien de - 3 % par an			Objectif actualisé facteur 4		
	Réduction GES %/an	Indice	Facteur		Réduction GES %/an	Indice	Facteur	Réduction GES %/an	Indice	Facteur
1990		100		100		100		100		
2005		100	1,00	100		100	1,00		100	1,00
2010		85	1,18	93		93	1,07		93	1,07
2012		80	1,26	93		93	1,08		93	1,08
2015	-3,0 %	73	1,38			91	1,02		90	1,12
2020		62	1,60			78	1,19		75	1,34
2030		54	1,87		-3,0 %	58	1,61	-3,6 %	52	1,93
2040		34	2,95			43	2,18		36	2,78
2050		25	4,00			31	2,96		25	4,00

Du fait de ce retard, le rythme annuel de baisse des émissions devrait donc être porté au minimum à - 3,6 % par an en moyenne sur la période 2013-2050 pour espérer respecter le facteur 4.

### L'objectif facteur 4 est d'autant plus nécessaire ... qu'il est insuffisant !

On sait aujourd'hui que facteur 4 est insuffisant pour au moins cinq raisons :

1. Le prochain rapport du GIEC attendu à l'automne 2013 va très certainement appeler au renforcement des objectifs mondiaux de réduction du fait de l'accélération et de l'aggravation des effets déjà constatés des changements climatiques ;
2. Les effets à court et moyen termes du méthane mesurés en PRG sont bien plus importants que ne l'indiquent les conventions actuelles<sup>9</sup> ;
3. Les émissions des transports aériens et maritimes internationaux ne sont pas comptabilisées dans cette analyse alors qu'elles sont en forte croissance ;
4. Les émissions des DOM-COM et des PTOM ne sont non plus comptabilisées. Elles aussi se sont très fortement accrues : + 92 % entre 1990 et 2011 ;
5. Enfin ce calcul ne tient compte que des émissions domestiques et non de l'empreinte carbone réelle liée aux biens, équipements et services dont la production est délocalisée. Ce poste a fait l'objet d'estimation récente de l'ordre de 15 % des émissions en 1990 et 21 % en 2010 pour les pays de l'UE<sup>10</sup>.

<sup>9</sup> Le PRG du CH<sub>4</sub> à 100 ans a été pris par convention à 21, et c'est cette valeur qui est pris en compte dans les inventaires CITEPA. Elle aujourd'hui estimée à 25.

<sup>10</sup> Voir étude du RAC-France « Les émissions importées, le passager clandestin du commerce mondial » (novembre 2012) qui indique : « les émissions incorporées dans les importations des pays industrialisés sont en augmentation constante. En Europe, elles se sont accrues de 37% entre 1990 et 2008. Leur part dans le total des émissions européennes a augmenté de 6% sur cette même période, atteignant 21% des émissions de l'UE ».

On notera qu'à l'inverse le bilan sur les sols et forêts peut être un peu plus positif qu'aujourd'hui selon la modification des pratiques culturales envisagées par certains scénarios, mais l'effet de ce « bénéfique » n'est en tout état de cause pas en mesure de compenser les biais négatifs.

Une estimation des émissions effectives (domestiques + importées) peut être reconstituée dans le tableau suivant :

	en MtCO <sub>2</sub> eq	1990	2011	
Emissions GES France Métropolitaine		548,2	473,0	Selon CITEPA inventaire mars 2013 Métropole
Emissions GES DOM-COM		6,1	11,5	Selon CITEPA inventaire mars 2013 DOM-COM
<b>Total Métropole + DOM-COM</b>		<b>554,3</b>	<b>484,5</b>	Emissions périmètre Kyoto (zone UE)
Emissions GES PTOM		3,0	6,0	Selon CITEPA inventaire mars 2013 PTOM (Pays et Territoires Outre-Mer)
Solde net des échanges Terres et Forêts		-22,8	-44,6	"Puits de carbone" liés à l'Utilisation des Terres, leur Changement et la Forêt (UTFC)
Emissions hors bilan CCNUCC		15,0	27,0	Selon convention CCNUCC, sont hors bilans nationaux les émissions de CO <sub>2</sub> liées aux transports maritimes et aériens internationaux et les émissions non-anthropiques
GES "émissions importées" par délocalisation de la production des biens et des services		83,6	103,0	Estimation selon ratio UE21 : 15 % en 1990 et 21 % en 2010 appliqué au bilan France hors UTFC
<b>Total estimatif GES "empreinte carbone" France</b>		<b>633,1</b>	<b>575,8</b>	GES Métropole + DOM-COM + PTOM + UTFC + (Hors-bilan CCNUCC) + GES "émissions importés"
CO <sub>2</sub> combustion France		363,7	327,6	Périmètre des scénarios analysés au DNTE
GES "empreinte carbone" hors CO <sub>2</sub> combustion		269,4	248,2	
% CO <sub>2</sub> combustion sur "empreinte carbone"		57%	57%	

On voit que le bilan d'émissions est donc nettement moins favorable que le seul périmètre métropolitain (+ 100 MtCO<sub>2</sub>eq) et surtout que la prise en compte de la seule combustion du CO<sub>2</sub> ne reflète que 57 % des émissions totales, domestiques et importées, occultant de l'ordre de 250 millions de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>.

L'atteinte d'un facteur 4 tous GES prenant en compte la réalité des émissions implique donc un facteur nettement supérieur à 4 sur les seules émissions du périmètre retenu dans les lois POPE et Grenelle 1.

Thierry SALOMON

*Energéticien.*

*Membre du Groupe des Experts du GT1*

*Expert référent du GT1 "Sobriété et efficacité" du CNDTE.*