

3

ÉNERGIE & ENVIRONNEMENT



- Qualité de l'air 58
- Énergie 62
- Effet de serre 66

> Emissions globales en France

Le Citepa, qui constitue l'organisme de référence en la matière, calcule chaque année les émissions de polluants qu'émettent sur l'ensemble du territoire national les différents secteurs de l'économie (industrie, résidentiel, tertiaire, agriculture, transports, etc.). Ces calculs sont conduits conformément au protocole dit "Coralie/Secten" (pour SECTeurs économiques et ENergie). Comme l'indique le Citepa, les séries sont « *régulièrement révisées et complétées afin de tenir compte de l'amélioration permanente des connaissances, des méthodes d'estimation et des règles de restitution* ».

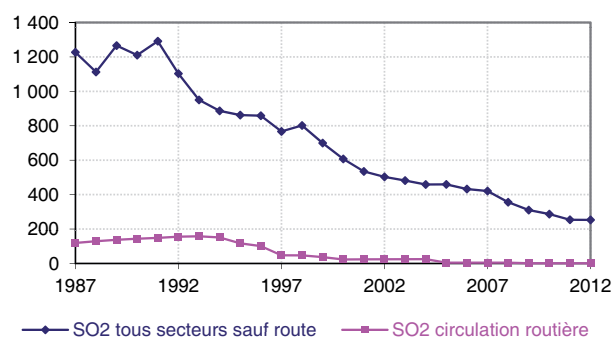
Les séries publiées par le Citepa correspondent à des **calculs** (conduits selon des protocoles rigoureux et réglementaires). Il ne s'agit donc pas de mesures in situ. Cette précision apparaît utile car la confusion est parfois faite entre les deux types d'évaluation, l'une concernant les émissions calculées, l'autre

les concentrations mesurées dans l'air. Il va de soi que les émissions et les concentrations évoluent dans le même sens, en considérant des territoires étendus et des périodes suffisamment longues.

Le secteur économique désigné ici par « circulation routière » concerne les émissions de tous les véhicules (voitures, poids lourds, deux-roues, immatriculations françaises et étrangères) sur le territoire français métropolitain (dans le système Secten, ce secteur est désigné par « transport routier », terme ambigu car il est généralement réservé au transport routier de marchandises).

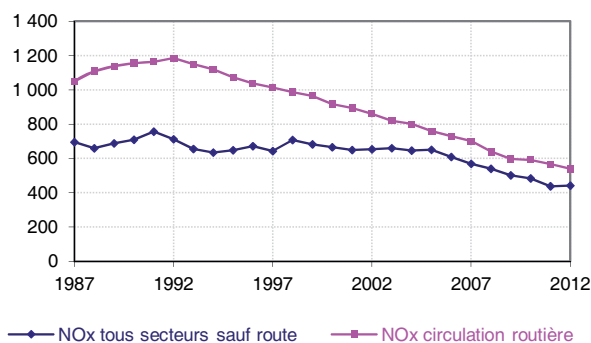
Les graphiques ci-après permettent de comparer les masses émises et leurs évolutions, respectivement par la circulation routière et par tous les autres secteurs économiques (production d'énergie, industrie, résidentiel et tertiaire, agriculture, etc.).

→ Emissions de SO₂ (milliers de tonnes)



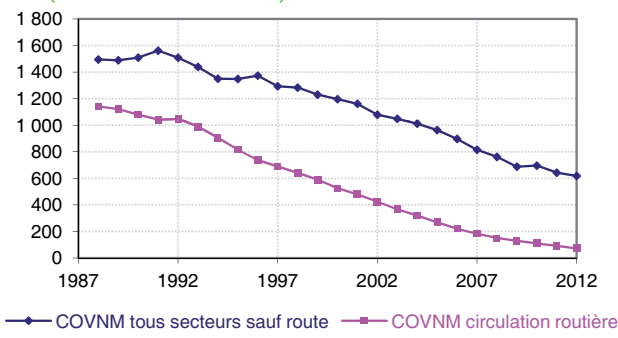
Source : CITEPA / format SECTEN-avril 2013

→ Emissions de NOx (milliers de tonnes)



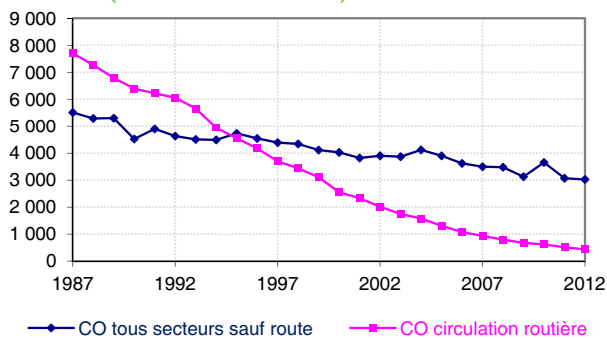
Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2013

→ Emissions de COV non méthaniques (milliers de tonnes)



Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2013

→ Emissions de CO (milliers de tonnes)



Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2013

Les plafonds d'émissions nationaux imposés aux Etats au titre de la pollution transfrontière à longue distance (protocole dit « de Göteborg ») ont été revus en mai 2012, sous forme d'une réduction en 2020 par rapport à l'année de référence 2005. Le tableau ci-dessous indique l'évolution des émissions pendant

les dix dernières années ainsi que les nouveaux objectifs fixés à la France. Ces objectifs, déjà atteints en termes de COVNM et particules, paraissent atteignables, au vu des évolutions récentes, en termes de SO₂ et NOx, le plafond en NOx demeurant cependant le plus dur à respecter.

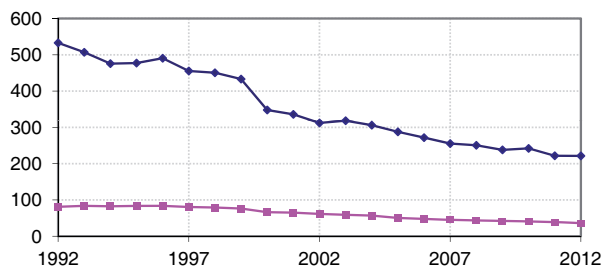
→ Emissions totales et plafonds d'émissions pour 2020 (millions de tonnes)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2020
SO ₂	527	506	483	463	436	425	360	311	287	255	254	210
NOx	1 514	1 480	1 447	1 410	1 338	1 271	1 180	1 099	1 075	1 005	982	715
COVNM	1 503	1 414	1 331	1 231	1 118	997	912	816	805	734	689	702
PM 2,5	274	275	262	242	225	209	204	194	198	173	170	222

Sources : CITEPA ; Commission européenne

> Emissions globales en France

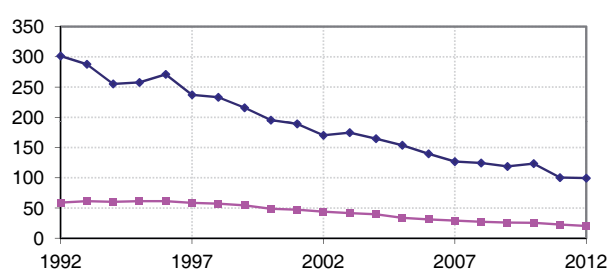
→ Emissions de PM 10 (milliers de tonnes)



— PM 10 tous secteurs sauf route — PM 10 circulation routière

Source : CITEPA / format SECTEN 2013

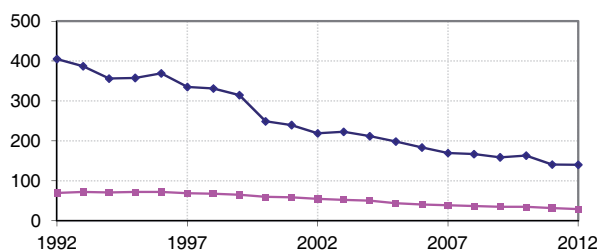
→ Emissions de PM 2,5 (milliers de tonnes)



— PM 1,0 tous secteurs sauf route — PM 1,0 circulation routière

Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2013

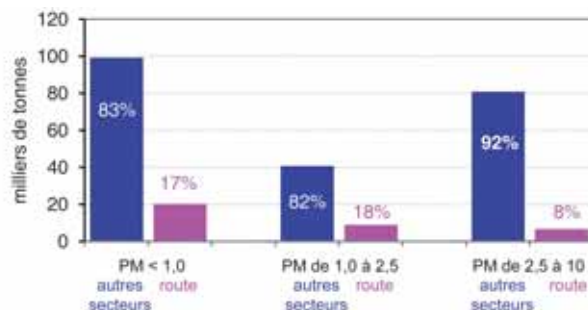
→ Emissions de PM 1,0 (milliers de tonnes)



— PM 2,5 tous secteurs sauf route — PM 2,5 circulation routière

Source : CITEPA / format SECTEN 2013

→ Masses de particules émises en 2011 par fractions granulaires et répartition entre route et autres secteurs pour chaque fraction



Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2013

Les graphiques précédents sont relatifs :

- aux quatre principaux **polluants chimiques** : dioxyde de soufre (SO₂), oxydes d'azote (NO_x, somme pondérée du monoxyde NO et du dioxyde NO₂), composés organiques volatils hors méthane (COVNM), monoxyde de carbone (CO) ;
- aux **particules** (PM, en anglais particulate matter), parmi lesquelles on distingue les PM10 de « diamètre » inférieur à 10 micromètres, les PM2,5 de diamètre inférieur à 2,5 micromètres et les PM1,0 de diamètre inférieur à 1 micromètre. *Les masses de ces trois catégories ne doivent pas être additionnées, puisque la masse des PM10 englobe celles des catégories de dimensions inférieures, et ainsi de suite.*

Quels que soient les polluants considérés (chimiques ou particulaires), les émissions totales et celles de la circulation routiè-

re sont en décroissance depuis près de vingt ans. Pour la circulation routière, cette décroissance est due à la sévèrisation progressive des normes « euro » (voir pages 51 à 54), et notamment à la généralisation des dispositifs de capture ou de retraitement des particules des moteurs diesel (dont les filtres à particules).

L'histogramme ci-dessus illustre la masse des émissions de particules pour les trois classes granulaires, ainsi que leur répartition en pourcentages entre la circulation routière et les autres secteurs. Les émissions de la circulation routière résultent de la combustion du gazole ainsi que des phénomènes d'attrition et d'usure (chaussées, pneus, freins, etc.). Les particules inférieures à 1 micromètre sont pratiquement toutes issues de la combustion du gazole.

→ Pourcentage des émissions de la circulation routière dans le total des émissions

	1995	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
SO ₂	12%	5%	5%	5%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%
NO _x	62%	57%	55%	55%	54%	55%	55%	54%	54%	55%	56%	55%
COVNM	38%	28%	26%	24%	22%	20%	18%	17%	16%	14%	12%	10%
CO	49%	34%	31%	28%	25%	23%	21%	19%	18%	14%	14%	13%
PM 10	15%	16%	16%	16%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	14%
PM 2,5	17%	20%	19%	19%	18%	18%	19%	18%	18%	18%	18%	17%
PM 1,0	19%	21%	19%	19%	18%	18%	19%	18%	18%	17%	18%	17%

Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2013

A l'exception des NO_x, la route est très minoritaire dans les émissions comme l'indique le tableau ci-dessus. Le SO₂ routier

a pratiquement disparu en 2005, du fait des nouvelles teneurs en soufre des carburants.

> Concentrations en polluants Exemple de l'Ile-de-France

L'association Airparif mesure depuis 1979 les concentrations en polluants sur l'ensemble de la région Ile-de-France. Le réseau comporte une soixantaine de stations, réparties en stations : "trafic", "urbaines et périurbaines", "rurales", plus quelques stations "industrielles" et "d'observation". Airparif dispose en France des plus longues séries de mesures de qualité de l'air, c'est pourquoi l'Ile-de-France est ici choisie comme exemple.

Les tableaux et graphiques ci-dessous retracent l'évolution des

concentrations des principaux polluants (moyennes arithmétiques des concentrations annuelles des différentes stations).

Les oxydes d'azote comportent le monoxyde NO, polluant « primaire » (90% des oxydes d'azote à la sortie des pots d'échappement), et le dioxyde NO₂, produit de l'oxydation de NO par l'ozone de l'air. On les consolide sous l'expression NOx qui équivaut à : NO₂ + 46/30 x NO (46/30 étant le rapport des masses moléculaires).

→ Stations trafic (pollution de proximité)

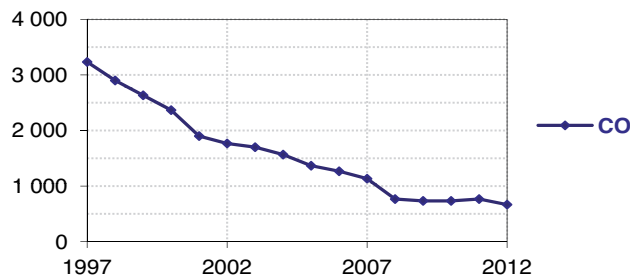
Les stations « trafic » ou « de proximité automobile » sont disposées en bordure immédiate d'axes de circulation très fréquentés et mesurent donc les concentrations de polluants avant leur dispersion dans l'air. Les concentrations en

monoxydes de carbone CO et d'azote NO, polluants primaires, sont donc révélatrices des progrès des moteurs. Le NOx est l'un des critères pris en compte dans les normes « euro », (voir les pages 51 à 54).

	1995	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Concentration en monoxyde de carbone (moyennes horaires annuelles) (microg / m³)												
CO	4 033	1 767	1 700	1 567	1 367	1 267	1 133	767	733	733	767	667
Nombre de stations	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Concentration en monoxyde d'azote et en oxydes d'azote (moyennes horaires annuelles) (microg / m³)												
NO	242	136	147	143	128	115	114	107	110	94	98	102
NOx	450	284	312	300	279	259	257	245	255	224	228	227
Nombre de stations	5	6	6	6	6	6	6	6	6	8	8	8

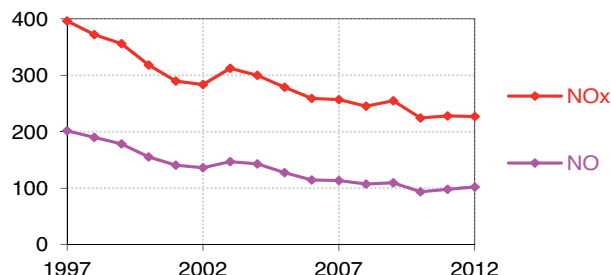
Source : Airparif

→ Ile-de-France : stations de proximité : concentrations en monoxyde de carbone (microg/m³)



Source : Airparif

→ Ile-de-France : stations de proximité : concentrations en oxydes d'azote (microg/m³)



Source : Airparif

→ Stations urbaines et périurbaines (pollution de fond) agglomération parisienne

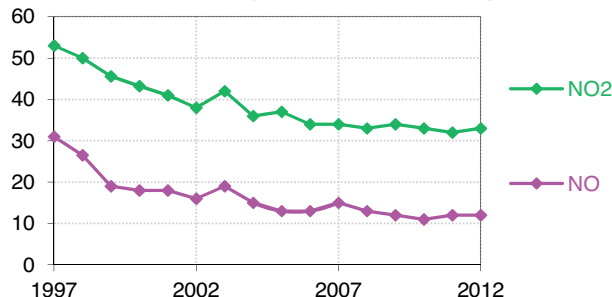
Les stations « urbaines et périurbaines » ou « de fond » mesurent la qualité de l'air ambiant, tel que nous le respirons habi-

tuuellement. Le NO est en grande partie oxydé par l'ozone de l'air et transformé en dioxyde d'azote NO₂.

	1995	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Concentration en oxydes d'azote (moyennes horaires annuelles) (microg / m³)												
NO ₂	54	38	42	36	37	34	34	33	34	33	32	33
NO	31	16	19	15	13	13	15	13	12	11	12	12
NOx (soit NO ₂ + 46/30 NO)	102	63	70	59	57	54	57	54	53	50	51	52
Nombre de stations	18	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24

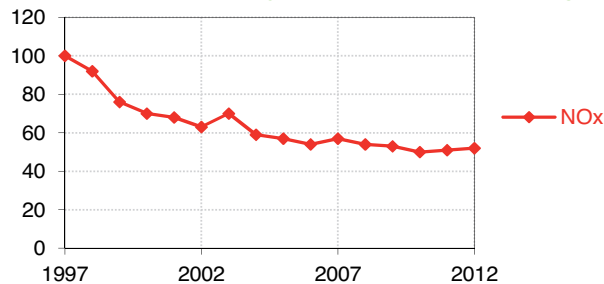
Source : Airparif

→ Ile-de-France : agglomération parisienne : concentrations en oxydes d'azote (microg/m³)



Source : Airparif

→ Ile-de-France : agglomération parisienne : concentrations en oxydes d'azote NOx (microg/m³)



Source : Airparif

> Concentrations en polluants Exemple de l'Ile-de-France

→ Stations urbaines et périurbaines (pollution de fond) agglomération parisienne

Concentration en benzène (moyennes horaires annuelles) (microg / m ³)												
	1995	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Benzène	5,4	1,7	1,7	1,3	1,2	1,4	1,4	1,4	1,2	1,3	1,4	1,1
<i>Nombre de stations</i>	5	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10	10
Concentration en particules (moyennes horaires annuelles) (microg / m ³)												
Particules (fumées noires)	19	16	18	17	18	17	17	14	13	12	12	11
<i>Nombre de stations (*)</i>	29	10	1	3	4	4	3	4	4	4	4	4
Particules (PM 10)		22	24	21	20	21	28	24	28	26	27	25
<i>Nombre de stations</i>		7	10	13	13	13	13	13	13	13	12	12
Particules (PM 2,5)		15	16	14	14	14	21	16	20	18	17	16
<i>Nombre de stations</i>		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Concentration en dioxyde de soufre (moyennes horaires annuelles) (microg / m ³)												
SO₂	14	8	8	7	6	6	4	3	3	2	1	1
<i>Nombre de stations (**)</i>	30	18	15	7	8	8	8	8	7	5	3	3

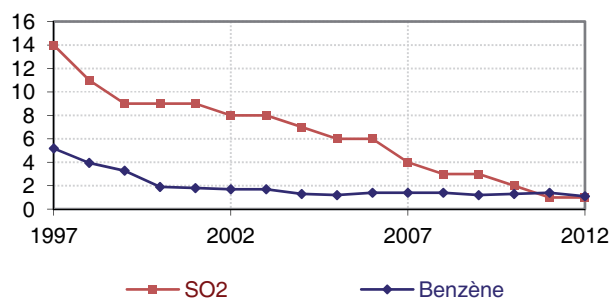
PM 10 et PM 2,5 : changement de méthode de mesure en 2007

(*) les stations de mesures par la méthode des "fumées noires" ont presque toutes été fermées en 2003, puis 4 ont été remises en service

(**) 8 stations de mesure ont été fermées en mars 2004

Source : Airparif

→ Ile-de-France, agglomération parisienne : concentrations en **benzène** et en **dioxyde de soufre** (microg/m³)



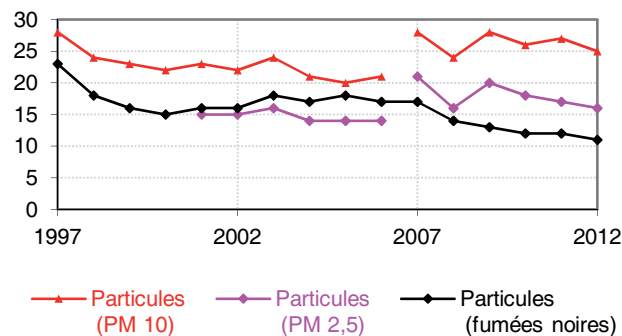
Source : Airparif

Ces quelques aperçus mettent en évidence la tendance à une décroissance généralisée des concentrations en polluants en Ile-de-France.

En remontant plus loin dans le passé, et quoique les dispositifs et les protocoles de mesure aient évolué, on verrait que les concentrations en CO, SO₂ et particules diminuent régulièrement depuis plusieurs décennies.

Les concentrations en oxydes d'azote (émis principalement par la circulation routière) diminuent depuis 1997 conjointement aux émissions unitaires des véhicules, au fur et à mesure de l'entrée en vigueur des normes « euro » successives et du renouvellement du parc, alors que la circulation est stabilisée à

→ Ile-de-France, agglomération parisienne : concentrations en **particules** (microg/m³)



Source : Airparif

Paris depuis vingt-cinq ans et n'augmente pratiquement plus dans le reste de l'Ile-de-France.

Le décret n° 2002-213 du 15 février 2002 a fixé comme objectifs de qualité les valeurs suivantes (moyennes annuelles en microg/m³) :

NO₂ : 40
PM10 : 30
SO₂ : 50
Benzène : 2

Ces objectifs sont tous respectés en 2012 en pollution de fond.

> Consommation d'énergie

→ Energie, définitions, méthodes et unités

Les définitions, méthodes d'évaluation, unités de mesure et coefficients d'équivalence entre les différentes formes d'énergie sont régies par des conventions internationales. Des « bilans énergétiques » annuels sont établis par chaque Etat selon une méthodologie conventionnelle de comptabilité énergétique du type « ressources-emplois » analogue à celui utilisés en comptabilité nationale. En France, ces bilans sont établis par le SOeS, qui les a révisés significativement à plusieurs reprises, mais publie des séries homogénéisées.

L'unité de mesure la plus utilisée dans les bilans énergétiques nationaux et les comparaisons internationales est la **tonne équivalent pétrole (tep)**, le pétrole étant la source d'énergie la plus utilisée. La conversion en tep de l'énergie électrique issue des centrales (exprimée en MWh) résulte de conven-

tions internationales, auxquelles la France se conforme depuis 2001. C'est ainsi que le mégawatt-heure (MWh) vaut conventionnellement 0,086 tep (ou encore 1 tep = 11,6 MWh).

→ Consommation d'énergie en France

On distingue la consommation d'**énergie primaire** (ou ressources) et la consommation d'**énergie finale** (emplois par les utilisateurs finals). La différence entre les deux provient de la consommation propre de la « branche énergie » (usages internes, conversions de rendement, pertes).

La consommation finale se décompose elle-même en consommation finale énergétique et consommation finale non-énergétique (ressources incorporées dans des produits finis).

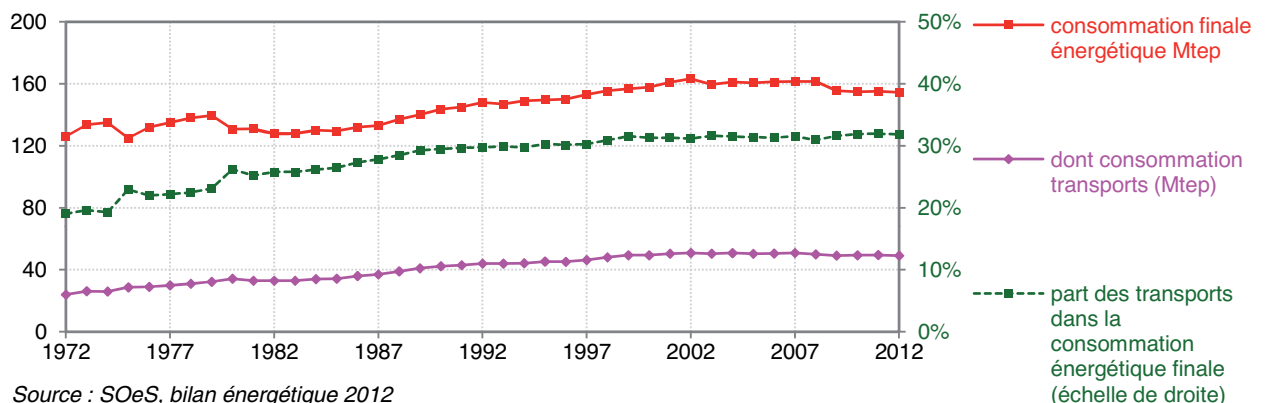
La **consommation d'énergie finale** représente environ **60%** de la **consommation d'énergie primaire**.

→ Consommation d'énergie et ratios

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Energie primaire (millions de tep)	275	273	276	277	274	274	273	261	263	265	259
Energie finale (millions de tep)											
Energie finale "énergétique"	163	160	161	161	161	161	162	156	155	155	154
<i>dont E finale transports (tous types d'énergies)</i>	51	50	51	50	51	51	50	49	49	50	49
<i>dont E finale circulation routière</i>	43	42	43	42	42	43	42	42	42	42	42
Energie finale "non énergétique"	16	15	15	15	15	15	14	12	12	12	12
Energie finale, produits pétroliers (millions de tep)											
Produits pétroliers, E finale "énergétique"	75	73	73	72	71	72	70	68	65	66	65
<i>dont produits pétroliers, E finale transports</i>	50	49	49	49	48	48	47	46	46	46	45
Produits pétroliers, E finale "non énergétique"	13	13	14	13	14	13	12	11	11	11	10
Ratios (pourcentages)											
E finale énergétique / E primaire	59%	58%	58%	58%	59%	59%	59%	60%	59%	58%	60%
E finale transports / E finale énergétique	31%	32%	32%	31%	31%	31%	31%	32%	32%	32%	32%
E finale circulation routière / E finale énergétique	26%	27%	26%	26%	26%	27%	26%	27%	27%	27%	27%
E finale transports / E primaire	19%	18%	18%	18%	18%	19%	18%	19%	19%	19%	19%
prod. pétroliers transports / prod. pétroliers total	66%	67%	68%	68%	68%	67%	66%	67%	70%	69%	70%

Source : SOeS, bilan énergétique 2012

→ Consommation d'énergie finale (millions de tep)



Source : SOeS, bilan énergétique 2012

La consommation d'énergie finale des transports représente environ 32% de la consommation totale. Elle est pratiquement

stabilisée depuis dix ans à environ 50 millions de tep.

> Consommation d'énergie

Le tableau et le graphique ci-dessous concernent la consommation d'énergies fossiles. Celles-ci ne représentent en France qu'environ la moitié de l'énergie primaire, le reste étant

constitué pour l'essentiel d'énergie hydraulique et d'énergie nucléaire.

→ Consommations d'énergies fossiles (millions de tep)

	1990 (*)	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Approvisionnements												
Pétrole	89	92	92	93	92	91	90	88	85	82	81	78
Gaz	25	37	39	40	41	39	38	40	38	42	37	38
Charbon	19	13	14	13	13	12	13	12	11	12	10	11
Total	133	142	144	146	146	143	142	140	134	136	128	127
Dont consommation non énergétique	12	15	15	15	15	16	15	14	12	12	12	12
Consommation d'énergie primaire énergétique												
Pétrole	81	81	79	79	78	78	78	77	74	70	72	68
Gaz	24	38	38	38	39	39	39	39	37	39	39	37
Charbon	19	13	13	13	13	12	13	12	11	11	10	11
Total	124	132	130	131	131	129	129	128	123	120	120	116

(*) 1990, année de référence du "protocole de Kyoto".

Source : SOeS, bilan énergétique 2012

→ Répartition des émissions de CO₂ entre les combustibles fossiles (approximativement) (**) (pourcentages)

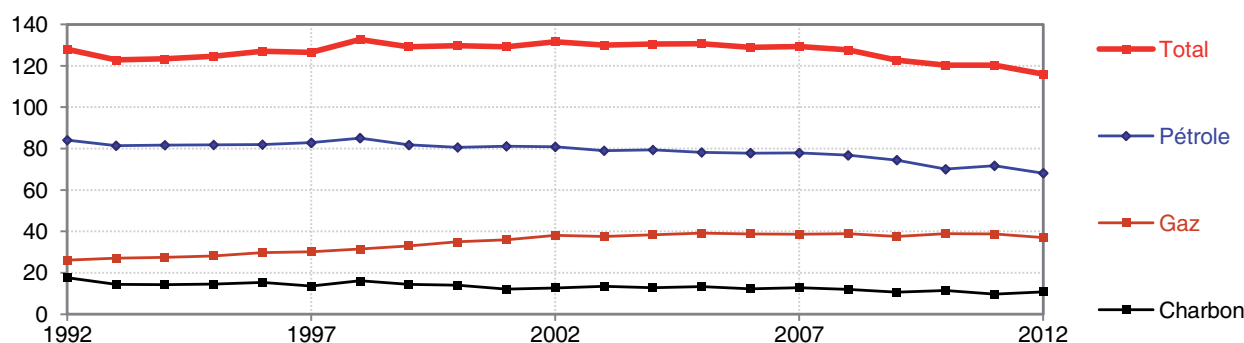
	1990 (*)	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Pétrole	65%	64%	63%	63%	62%	63%	63%	63%	64%	61%	63%	62%
Gaz	15%	23%	23%	23%	24%	24%	24%	24%	24%	26%	26%	26%
Charbon	20%	13%	14%	13%	14%	13%	14%	13%	12%	13%	11%	13%
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

(*) 1990, année de référence du "protocole de Kyoto".

(**) ces estimations indicatives ne sauraient se substituer à celles du Citepa, organisme officiel chargé d'estimer les émissions annuelles.

Source : calculs URF d'après SOeS

→ Combustibles fossiles : consommations d'énergies primaires hors usages non-énergétiques (millions de tep)



Source : SOeS, bilan énergétique 2012

La consommation d'énergies fossiles n'avait pratiquement pas évolué depuis 1990, le gaz se substituant progressivement au charbon et le pétrole restant stable. L'année 2009 avait connu une baisse significative du fait de la crise économique ; cette

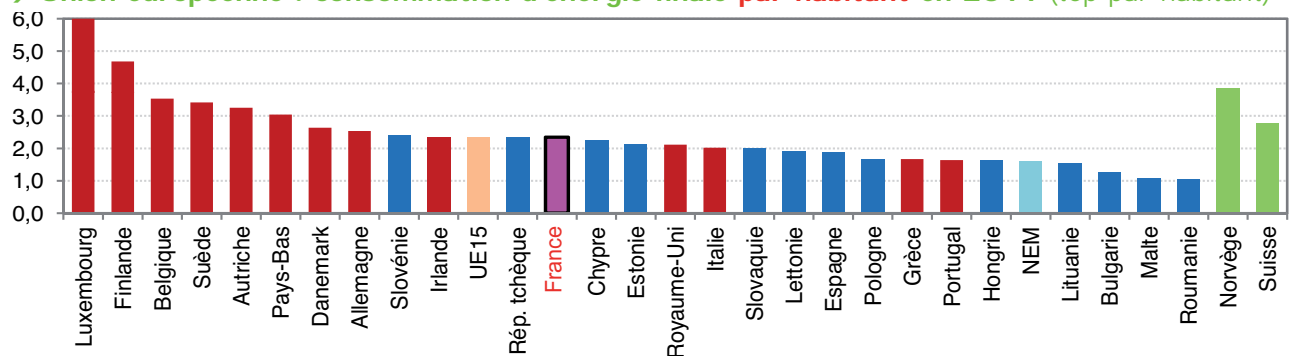
baisse qui s'est poursuivie en 2010 et 2011, s'est accentuée en 2012, du fait principalement de la baisse du transport routier de marchandises.

Consommation d'énergie finale en fonction de la population et du PIB

	sigle		Population (millions d'habitants)	Consommation d'énergie finale (millions de tep)	PIB en 2011 (milliards d'euros)	Energie (tep par habitant)	Energie (tep par M€ de PIB)
UE15	BE	Belgique	11,0	39	370	3,5	105
NEM	BG	Bulgarie	7,4	9	39	1,3	241
NEM	CZ	République tchèque	10,5	25	155	2,3	158
UE15	DK	Danemark	5,6	15	240	2,6	61
UE15	DE	Allemagne	81,8	207	2 593	2,5	80
NEM	EE	Estonie	1,3	3	16	2,1	178
UE15	IE	Irlande	4,6	11	159	2,4	68
UE15	EL	Grèce	11,3	19	209	1,7	90
UE15	ES	Espagne	46,2	87	1 063	1,9	81
UE15	FR	France	63,1	148	2 001	2,3	74
UE15	IT	Italie	60,6	122	1 578	2,0	77
NEM	CY	Chypre	0,8	2	18	2,3	105
NEM	LV	Lettonie	2,1	4	20	1,9	197
NEM	LT	Lituanie	3,1	5	31	1,5	152
UE15	LU	Luxembourg	0,5	4	43	8,4	100
NEM	HU	Hongrie	10,0	16	100	1,6	163
NEM	MT	Malte	0,4	0	7	1,1	68
UE15	NL	Pays-Bas	16,7	51	602	3,0	84
UE15	AT	Autriche	8,4	27	301	3,3	91
NEM	PL	Pologne	38,5	65	371	1,7	174
UE15	PT	Portugal	10,6	17	171	1,6	101
NEM	RO	Roumanie	21,4	23	131	1,1	172
NEM	SI	Slovénie	2,1	5	36	2,4	137
NEM	SK	Slovaquie	5,4	11	69	2,0	156
UE15	FI	Finlande	5,4	25	189	4,7	133
UE15	SE	Suède	9,4	32	388	3,4	83
UE15	UK	Royaume-Uni	62,5	132	1 747	2,1	76
	UE 15	Union européenne à 15	398	936	11 654	2,4	80
	NEM	Nouveaux Etats membres (12)	103	167	993	1,6	168
	UE 27	Union européenne à 27	500	1103	12 647	2,2	87
	NO	Norvège	4,9	19	353	3,9	54
	CH	Suisse	7,9	22	476	2,8	46

Source : Eurostat, traitements URF

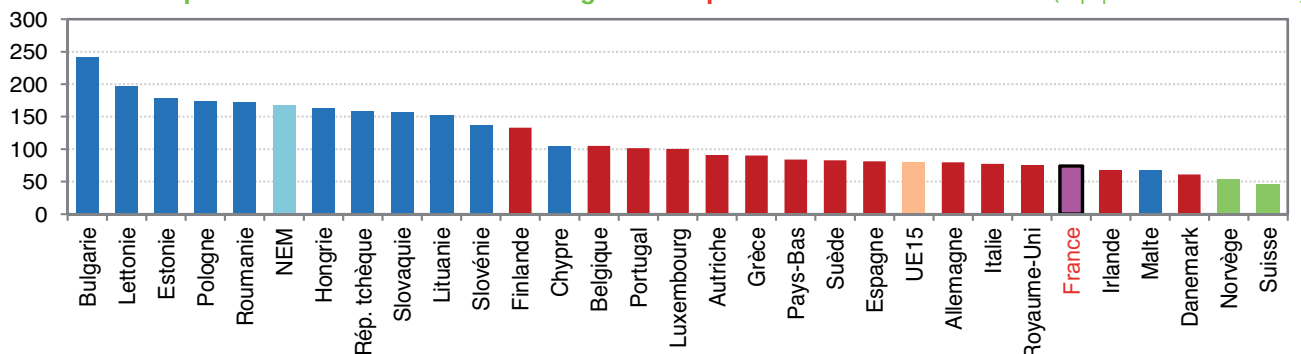
→ Union européenne : consommation d'énergie finale par habitant en 2011 (tep par habitant)



Source : Eurostat, traitements URF

(Le Luxembourg est hors échelle)

→ Union européenne : consommation d'énergie finale par unité de PIB en 2011 (tep par million d'euros)



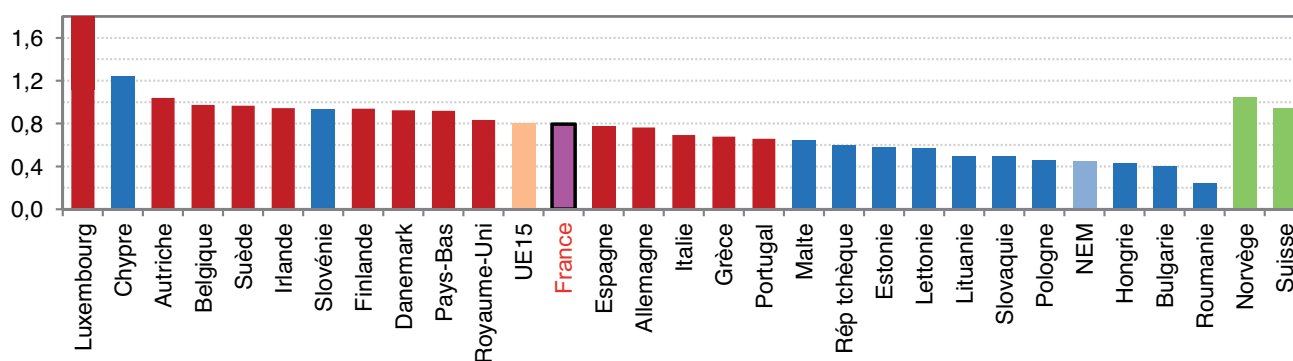
Source : Eurostat, traitements URF

Consommation d'énergie finale dans les transports

	sigle		Population (millions d'habitants)	Consommation d'énergie finale en transports (millions de tep)	PIB en 2011 (milliards d'euros)	Energie en transports (tep par habitant)	Energie en transports (tep par M€ de PIB)	Energie transport / énergie totale
UE15	BE	Belgique	11,0	11	370	1,0	29	28%
NEM	BG	Bulgarie	7,4	3	39	0,4	76	32%
NEM	CZ	République tchèque	10,5	6	155	0,6	41	26%
UE15	DK	Danemark	5,6	5	240	0,9	21	35%
UE15	DE	Allemagne	81,8	62	2 593	0,8	24	30%
NEM	EE	Estonie	1,3	1	16	0,6	49	28%
UE15	IE	Irlande	4,6	4	159	0,9	27	40%
UE15	EL	Grèce	11,3	8	209	0,7	37	41%
UE15	ES	Espagne	46,2	36	1 063	0,8	34	42%
UE15	FR	France	63,1	50	2 001	0,8	25	34%
UE15	IT	Italie	60,6	42	1 578	0,7	27	34%
NEM	CY	Chypre	0,8	1	18	1,2	58	55%
NEM	LV	Lettonie	2,1	1	20	0,6	59	30%
NEM	LT	Lituanie	3,1	2	31	0,5	50	32%
UE15	LU	Luxembourg	0,5	3	43	5,3	64	64%
NEM	HU	Hongrie	10,0	4	100	0,4	43	26%
NEM	MT	Malte	0,4	0	7	0,6	41	60%
UE15	NL	Pays-Bas	16,7	15	602	0,9	25	30%
UE15	AT	Autriche	8,4	9	301	1,0	29	32%
NEM	PL	Pologne	38,5	18	371	0,5	48	27%
UE15	PT	Portugal	10,6	7	171	0,7	41	40%
NEM	RO	Roumanie	21,4	5	131	0,2	39	23%
NEM	SI	Slovénie	2,1	2	36	0,9	53	39%
NEM	SK	Slovaquie	5,4	3	69	0,5	39	25%
UE15	FI	Finlande	5,4	5	189	0,9	27	20%
UE15	SE	Suède	9,4	9	388	1,0	23	28%
UE15	UK	Royaume-Uni	62,5	52	1 747	0,8	30	39%
	UE 15	Union européenne à 15	398	318	11 654	0,8	27	34%
	NEM	Nouveaux Etats membres (12)	103	46	993	0,4	46	27%
	UE 27	Union européenne à 27	500	364	12 647	0,7	29	33%
	NO	Norvège	4,9	5	353	1,0	15	27%
	CH	Suisse	7,9	7	476	0,9	16	34%

Source : Eurostat ; traitements URF

→ Union européenne : consommation d'énergie finale en transports par habitant en 2011 (tep par habitant)



Source : Eurostat, traitements URF

(Le Luxembourg est hors échelle)

L'énergie finale est l'énergie effectivement livrée aux consommateurs (carburant, électricité, gaz, etc.). Elle se distingue de l'énergie primaire, ensemble des produits énergétiques avant transformation, issus de ressources nationales ou importées (pétrole, charbon, énergies renouvelables, énergie nucléaire). L'unité de mesure la plus courante est la tonne-équivalent-pétrole (tep).

La consommation d'énergie d'un Etat dépend de la population et du niveau de vie, c'est pourquoi il est habituel de l'exprimer en

tep par habitant et en tep par unité de PIB (ici le million d'euro). Les disparités entre Etats sont évidentes, notamment entre l'Union à 15 et les nouveaux Etats membres. Si les PIB étaient exprimés en SPA (standard de pouvoir d'achat), les différences seraient atténuées.

Par rapport à l'énergie finale, l'énergie consommée dans les transports représente 34% dans l'UE 15 et 27% dans les NEM, cette différence tenant essentiellement au taux de motorisation.

> Emissions globales en France

La communauté internationale cherche à limiter l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère, considérée comme responsable d'un « changement climatique ». Elle organise périodiquement des rencontres au cours desquelles sont examinés l'état des connaissances et les dispositions à prendre. Lors de celle de 1997 à Kyoto a été établi un protocole qui prévoit - entre autres dispositions - l'engagement des pays industrialisés de diminuer leur production globale de GES, soient six gaz : CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC et SF₆.

L'année de référence est l'année 1990, et l'objectif de réduction porte sur la moyenne de la période 2008-2012. Chaque pays s'est vu fixer un objectif de réduction. **L'objectif fixé à la France est de maintenir ses propres émissions de GES (tous gaz confondus) à leur niveau de 1990 (objectif 0 %).**

Le Citepa (voir page 58) calcule les émissions annuelles de GES selon le « format » Coralie-Secten, exprimées en tonnes de CO₂ équivalent. Les tableaux ci-dessous et les graphiques ci-contre fournissent un aperçu des valeurs ainsi calculées. On a distingué ici les émissions dues à la circulation routière et celles dues à tous les autres secteurs d'activité.

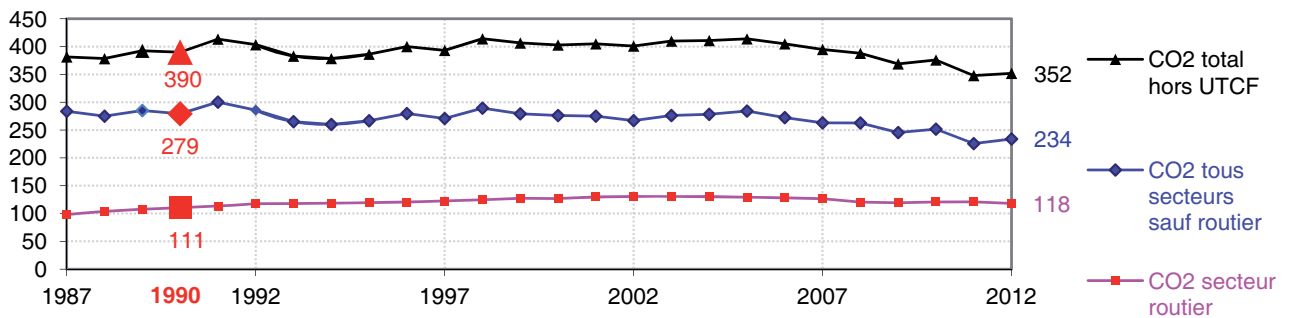
Le nouveau format de calcul « Secten » utilisé depuis 2007 correspond sensiblement au périmètre technique des engagements internationaux de la France (dont le protocole de Kyoto). C'est ainsi que les émissions et les absorptions (puits de carbone) résultant, selon la formule officielle, de l'« utilisation des terres, leurs changements et la forêt » (UTCF) ont été exclus des bilans.

→ Emissions de CO₂ hors UTCF

	1990	1995	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Emissions totales (millions de tonnes de CO ₂)	390	386	401	410	411	414	405	395	388	369	376	348	352
Emissions de la circulation routière (millions de tonnes de CO ₂)	111	120	131	130	131	129	128	127	120	119	121	121	118
Pourcentage des émissions de la circulation routière	28%	31%	33%	32%	32%	31%	32%	32%	31%	32%	32%	35%	34%

Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2013

→ Emissions de CO₂ hors UTCF (millions de tonnes de CO₂)



Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2013

en rouge, valeurs en 1990, année de référence du protocole dit "de Kyoto".

La circulation routière émet presque exclusivement du CO₂ (et accessoirement du HFC, gaz réfrigérant utilisé pour la climatisation).

Les émissions de CO₂ sont directement proportionnelles à la consommation de carburants pétroliers, constitués en quasi-totalité par des hydrocarbures saturés (alcane) qui comportent dans leur masse 75% à 84% de carbone. A l'issue de la combustion, le carbone des carburants se retrouve presque intégralement dans les gaz d'échappement, combiné à l'oxygène de l'air sous forme de dioxyde de carbone CO₂, ou de monoxyde de carbone CO qui se transforme en CO₂.

On peut donc considérer qu'un moteur émet autant de carbo-

ne qu'il en consomme sous forme de carburant (et 3,67 fois plus de CO₂, rapport des masses moléculaires).

Les consommations de carburants étant généralement exprimées en litres/100 km, et compte tenu des masses volumiques (densités) respectives :

- 1 litre d'essence consommé produit environ 2,35 kg de CO₂
- 1 litre de gazole consommé produit environ 2,60 kg de CO₂

Les émissions de CO₂ de la circulation routière avaient augmenté entre 1990 et 2001 ; elles diminuent régulièrement depuis lors. Leur proportion dans les émissions globales est en 2012 d'environ 34% (26% par rapport à l'ensemble des GES).

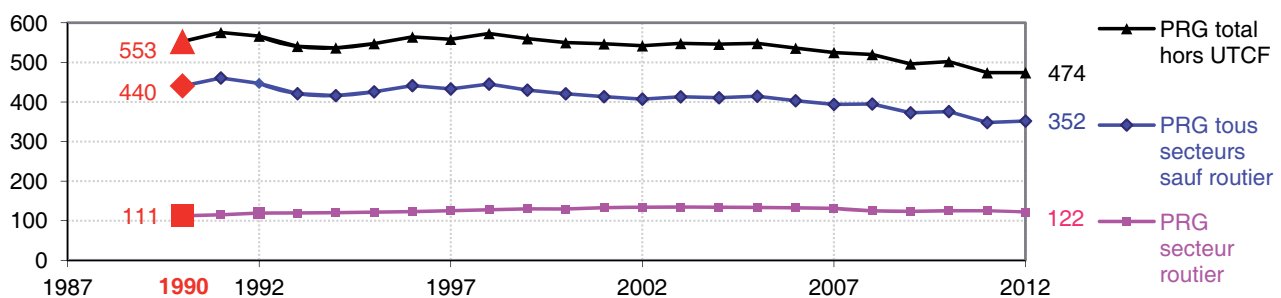
> Emissions globales en France

→ Emissions de GES hors UTCF

	1990	1995	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Emissions totales (millions de tonnes de CO ₂ équivalent)	553	547	542	548	546	548	536	525	520	496	502	474	474
Emissions de la circulation routière (millions de tonnes de CO ₂ équivalent)	112	122	134	134	135	133	132	131	125	124	125	125	122
Pourcentage des émissions de la circulation routière	20%	22%	25%	24%	25%	24%	25%	25%	24%	25%	25%	26%	26%

Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2013

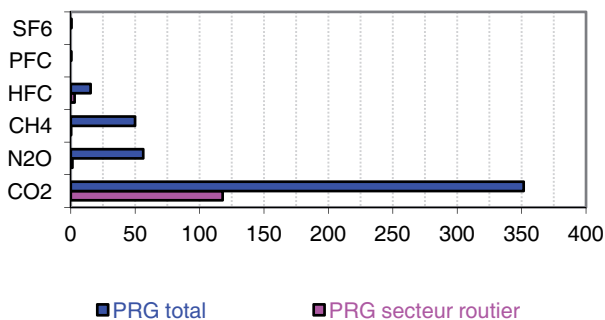
→ Emissions de GES hors UTCF (millions de tonnes de CO₂ équivalent)



Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2013

en rouge, valeurs en 1990, année de référence du protocole dit "de Kyoto."

→ Emissions de gaz à effet de serre : potentiels de réchauffement global (PRG) en 2012 (hors UTCF) (millions de tonnes d'équivalent CO₂)

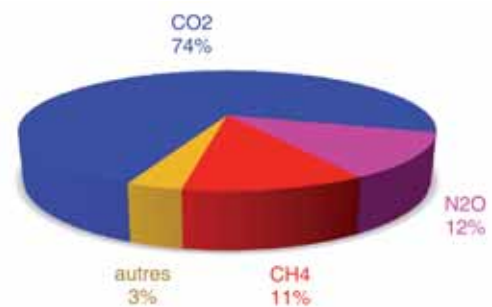


Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2013

Les graphiques ci-dessus indiquent dans quelles proportions interviennent les différents GES au sein du « potentiel de réchauffement global » (PRG). Les émissions en volume de chacun des GES sont exprimées en « CO₂ équivalent ». Elles sont pondérées par leur PRG calculés sur une période conventionnelle de cent ans : en effet, le potentiel de réchauffement dépend à la fois de l'activité du gaz et de sa durée de présence dans l'atmosphère.

Le choix d'une période conventionnelle plus courte renforcerait l'importance des autres GES par rapport au CO₂. En effet, ces

→ Contributions des gaz à effet de serre au PRG en 2012 (hors UTCF) (pourcentages)



Source : CITEPA / format SECTEN - avril 2013

gaz, en particulier le méthane CH₄, sont beaucoup plus actifs que le CO₂ mais leur durée de présence est réputée plus courte.

L'ensemble de ces données démontrent que **la France fait nettement mieux que ses engagements du protocole de Kyoto** : hors UTCF, depuis 1990, les émissions de CO₂ ont **diminué de 10%**, et les émissions de tous GES ont **diminué de 14%**.

Emissions globales en Europe

Au terme du protocole dit « de Kyoto », l'Union européenne à 15 s'était engagée collectivement à réduire de 8% ses émissions de GES entre la date de référence de 1990 et la moyenne de la période 2008-2012. Une répartition interne a ensuite été opérée entre les 15 États membres (« burden sha-

ring » ou partage du fardeau), chacun d'eux s'étant vu assigner un objectif particulier. Pour les nouveaux États membres, on se réfère à titre indicatif à l'objectif collectif de - 8%.

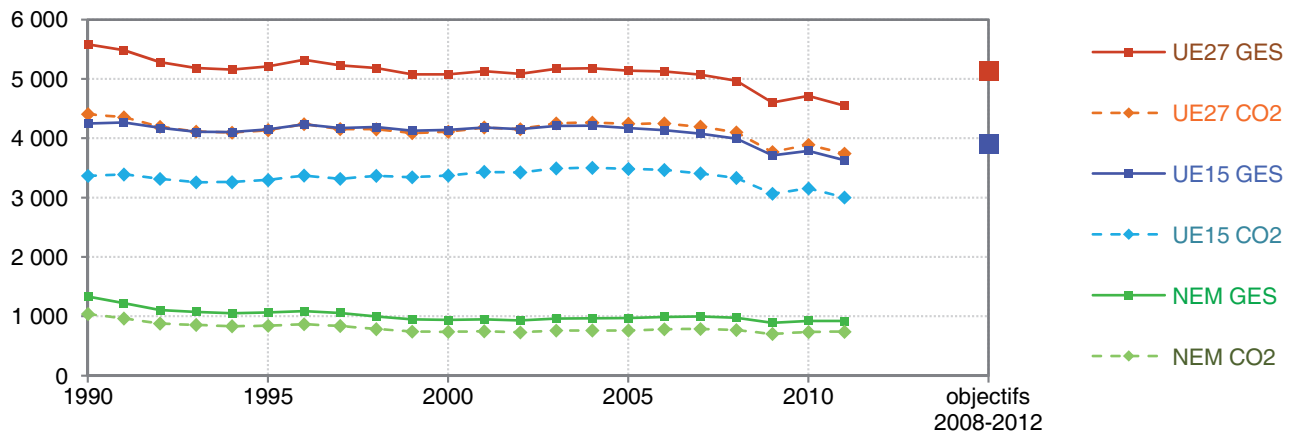
Les tableaux et graphiques ci-dessous montrent que l'UE dans son ensemble respectera bien l'objectif de Kyoto.

→ Union européenne : émissions globales de GES et de CO₂

	1990	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	objectif 2008-2012
(millions de tonnes de GES : potentiel de réchauffement global en CO₂ équivalent)												
Union européenne (15 Etats)	4 249	4 156	4 209	4 212	4 180	4 142	4 083	3 999	3 719	3 798	3 631	3 906
Nouveaux Etats membres (12)	1 334	930	963	966	968	990	996	975	891	923	920	
Union européenne (27 Etats)	5 583	5 086	5 172	5 178	5 149	5 132	5 079	4 974	4 610	4 721	4 550	5 122
(millions de tonnes de CO₂)												
Union européenne (15 Etats)	3 362	3 420	3 487	3 499	3 480	3 459	3 404	3 328	3 062	3 147	3 003	
Nouveaux Etats membres (12)	1 058	741	772	774	774	795	800	781	710	744	741	
Union européenne (27 Etats)	4 420	4 161	4 259	4 273	4 255	4 255	4 204	4 108	3 773	3 891	3 743	

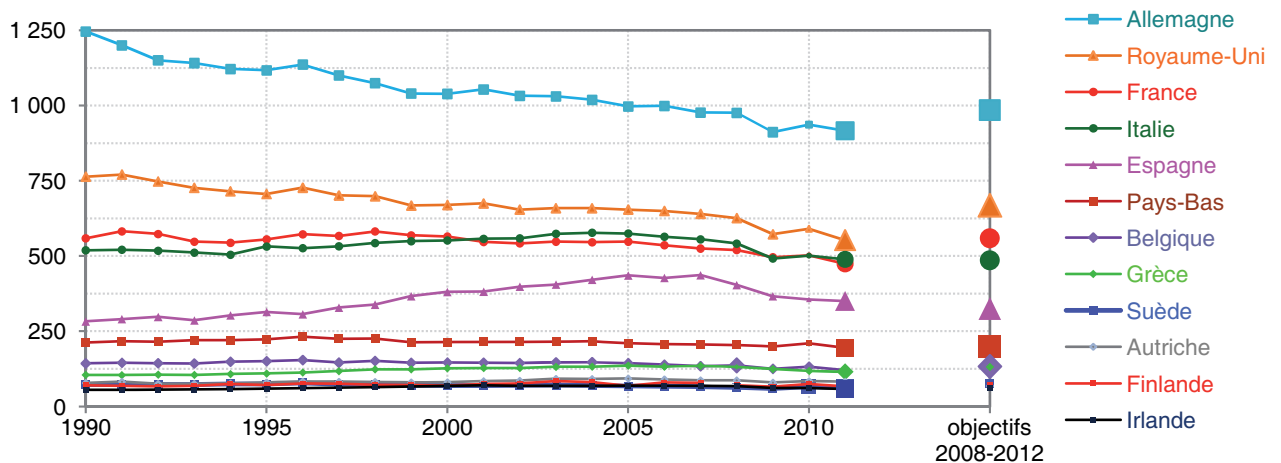
Source : AEE, traitements URF

→ Union européenne : émissions de gaz à effet de serre GES et de CO₂ et objectif 2008-2012 (potentiel de réchauffement global en millions de tonnes de CO₂ équivalent)



Source : AEE, traitements URF

→ Union européenne à 15 : émissions de gaz à effet de serre et objectif 2008-2012 (potentiel de réchauffement global en millions de tonnes de CO₂ équivalent)



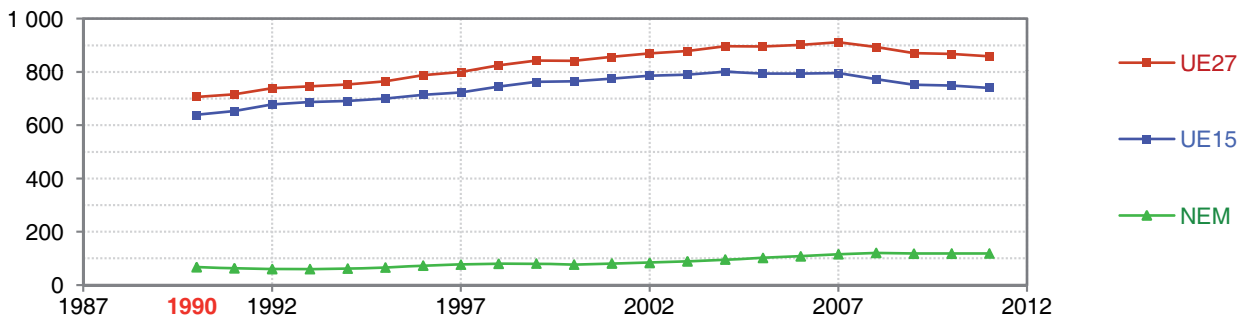
Source : AEE, traitements URF

Emissions de CO₂ de la circulation routière en Europe

Les graphiques ci-dessous indiquent l'évolution des émissions de CO₂ par la circulation routière dans l'ensemble de l'Union européenne, et dans un certain nombre d'États de l'UE15. Les émissions se stabilisent ou décroissent dans l'UE15. Par contre, elles continuent à augmenter légèrement dans les nouveaux États membres, en raison de la croissance de la motorisation.

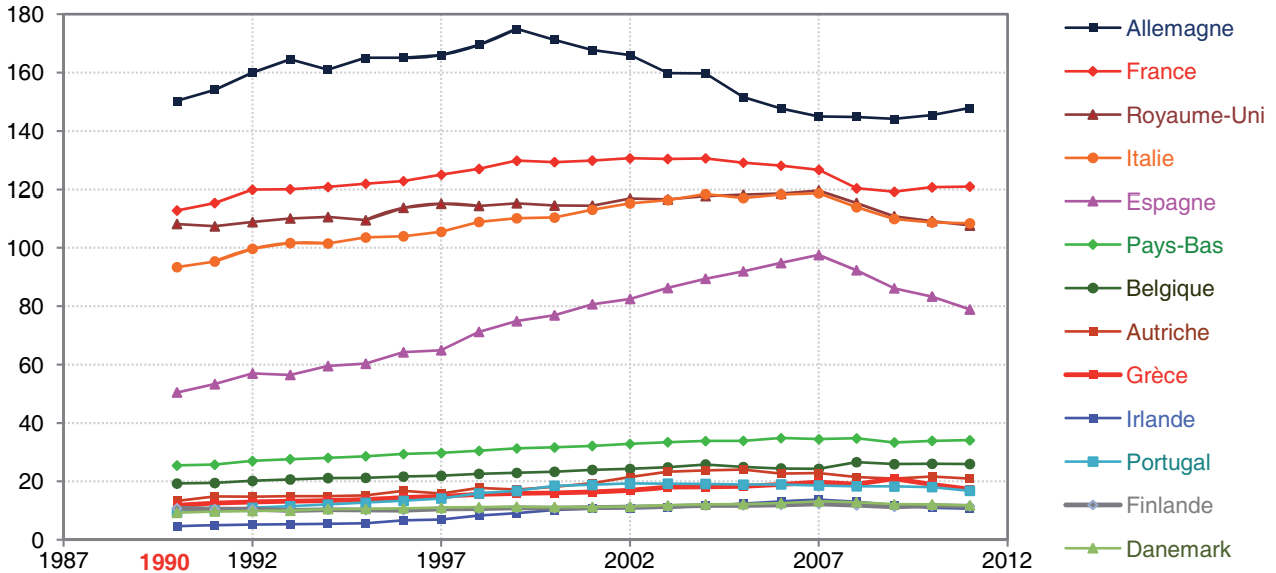
Le tableau de la page 70 fournit le détail, État par État, des émissions globales de CO₂ et de celles dues à la circulation routière en 2011. Il indique aussi quelques ratios (émissions par rapport à la population, au PIB, aux véhicules).

→ Union européenne : émissions de CO₂ de la circulation routière (millions de tonnes de CO₂)



Source : AEE, traitements URF

→ Union européenne à 15 : émissions de CO₂ de la circulation routière (millions de tonnes de CO₂)



Source : AEE, traitements URF

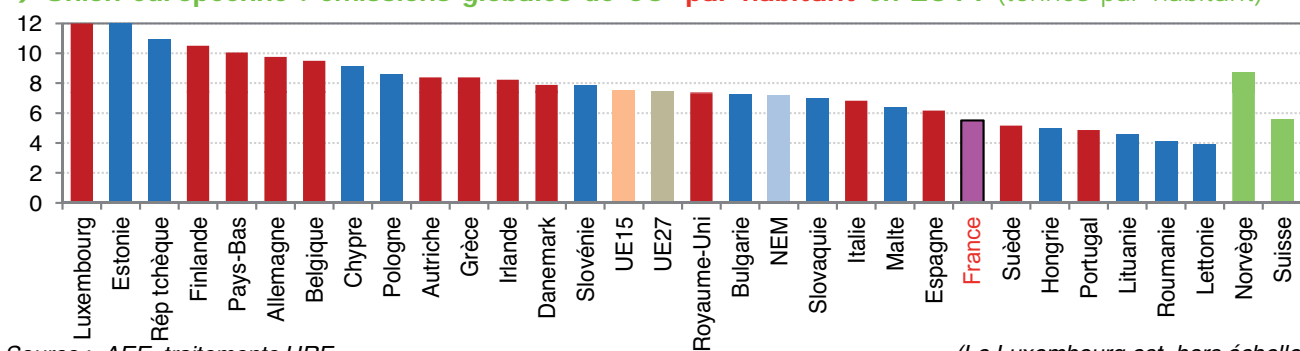
Effet de serre

Emissions de CO₂

	sigle		Population (millions d'habitants)	Emissions totales				Emissions de la circulation routière seule			
				Emissions de CO ₂ (millions de tonnes)	PIB en 2011 (milliards d'euros)	Emissions de CO ₂ (tonnes par habitant)	Emissions de CO ₂ (tonnes par M€ de PIB)	Emissions de CO ₂ (millions de tonnes)	Véhicules (millions)	Emissions de CO ₂ (tonnes par habitant)	Emissions de CO ₂ (tonnes par véhicule)
UE15	BE	Belgique	11,0	104	370	9,5	282	26	6,2	2,4	4,2
NEM	BG	Bulgarie	7,4	53	39	7,2	1 383	7	3,1	1,0	2,4
NEM	CZ	Rép. tchèque	10,5	114	155	10,9	735	16	5,1	1,5	3,1
UE15	DK	Danemark	5,6	44	240	7,9	183	12	3,1	2,1	3,8
UE15	DE	Allemagne	81,8	798	2 593	9,8	308	148	47,5	1,8	3,1
NEM	EE	Estonie	1,3	19	16	14,1	1 181	2	0,7	1,6	3,2
UE15	IE	Irlande	4,6	38	159	8,2	237	11	2,2	2,3	4,8
UE15	EL	Grèce	11,3	95	209	8,4	455	17	6,5	1,5	2,6
UE15	ES	Espagne	46,2	284	1 063	6,2	267	79	27,6	1,7	2,9
UE15	FR	France	63,1	348	2 001	5,5	174	121	37,9	1,9	3,2
UE15	IT	Italie	60,6	414	1 578	6,8	262	108	42,1	1,8	2,6
NEM	CY	Chypre	0,8	8	18	9,1	427	2	0,6	2,7	3,8
NEM	LV	Lettonie	2,1	8	20	3,9	400	3	0,7	1,4	4,1
NEM	LT	Lituanie	3,1	14	31	4,6	453	4	1,9	1,3	2,2
UE15	LU	Luxembourg	0,5	11	43	21,7	261	7	0,4	13,2	17,9
NEM	HU	Hongrie	10,0	50	100	5,0	498	11	3,4	1,1	3,2
NEM	MT	Malte	0,4	3	7	6,4	404	0	0,3	1,2	1,7
UE15	NL	Pays-Bas	16,7	168	602	10,1	278	34	9,0	2,0	3,8
UE15	AT	Autriche	8,4	70	301	8,4	234	21	4,9	2,5	4,3
NEM	PL	Pologne	38,5	330	371	8,6	891	47	21,3	1,2	2,2
UE15	PT	Portugal	10,6	52	171	4,9	301	17	6,1	1,6	2,7
NEM	RO	Roumanie	21,4	88	131	4,1	670	13	5,0	0,6	2,6
NEM	SI	Slovenie	2,1	16	36	7,9	447	6	1,2	2,7	4,8
NEM	SK	Slovaquie	5,4	38	69	7,0	545	6	2,0	1,1	3,0
UE15	FI	Finlande	5,4	56	189	10,5	298	11	3,5	2,1	3,3
UE15	SE	Suède	9,4	49	388	5,2	126	18	4,9	2,0	3,8
UE15	UK	Royaume-Uni	62,5	461	1 747	7,4	264	108	35,5	1,7	3,0
	UE 15	UE15	398	3 003	11 654	7,6	258	738	237	1,9	3,1
	NEM	NEM	103	741	993	7,2	746	118	45	1,2	2,6
	UE 27	UE27	500	3 743	12 647	7,5	296	856	283	1,7	3,0
	NO	Norvège	4,9	43	353	8,7	121	10	2,9	2,0	3,3
	CH	Suisse	7,9	44	476	5,6	92	16	4,6	2,0	3,5

Source : AEE, traitements URF

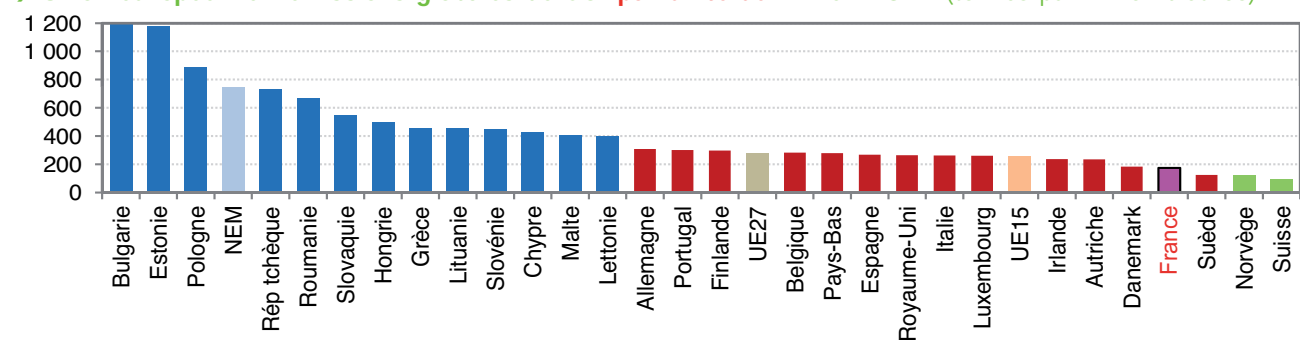
→ Union européenne : émissions globales de CO₂ par habitant en 2011 (tonnes par habitant)



Source : AEE, traitements URF

(Le Luxembourg est hors échelle)

→ Union européenne : émissions globales de CO₂ par unité de PIB en 2011 (tonnes par million d'euros)



Source : AEE, traitements URF

(La Bulgarie est hors échelle)

Marché des quotas d'émissions de CO₂

La directive européenne 2003/87 du 13 octobre 2003 transposée par l'ordonnance 2004-330 du 15 avril 2004 a institué à compter du 1er janvier 2005 un système communautaire d'échanges de quotas d'émission de CO₂ (seul GES actuellement coté). **Un « quota » correspond à 1 tonne de CO₂**. Ce marché s'adresse pour le moment à des industriels et à des producteurs d'énergie (environ 1 100 installations concernées en France) qui peuvent s'échanger des quotas en fonction de

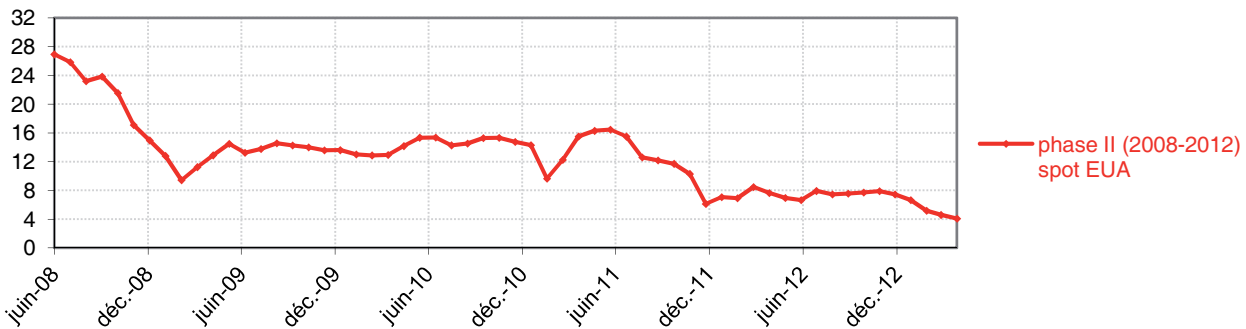
leurs besoins ou de leurs excédents par rapport à leur allocation annuelle. Il a été initialisé par le premier plan national d'allocation de quotas (PNAQ) pour la 1re phase 2005-2007. La 2e phase est 2008-2012 (se poursuivant début 2013), référence des engagements de Kyoto. Les cours de clôture moyens mensuels du marché au comptant sont retracés sur le tableau et le graphique ci-dessous.

→ Marché à terme : cours de clôture moyens (euros par "quota" ou tonne de CO₂)

	mars 2008	juin 2008	nov. 2008	févr. 2009	juin 2009	févr. 2010	juin 2010	oct. 2010	févr. 2011	juil. 2011	nov. 2011	févr. 2012	oct. 2012	déc. 2012	mars 2013
phase II - Spot EUA	21,3	27,0	17,0	9,5	13,1	12,9	15,2	15,3	14,6	13,0	9,4	8,5	7,9	6,6	4,1

Source : BlueNext

→ Marché du dioxyde de carbone : cours de clôture moyens (euros par "quota" ou tonne de CO₂)



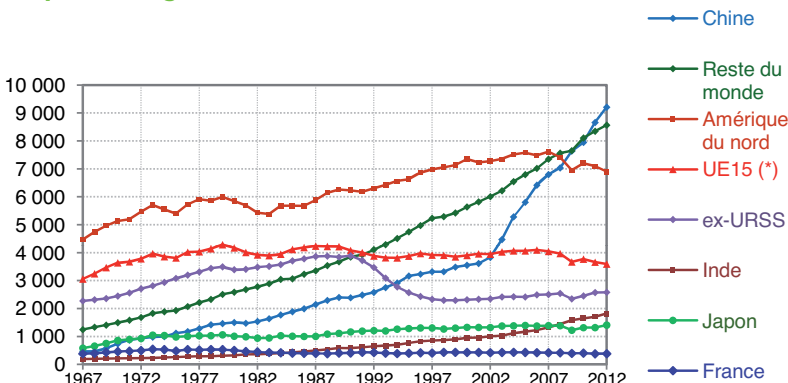
Source : BlueNext

Emissions mondiales de CO₂

La répartition entre États et régions du monde des émissions de CO₂ dues à la combustion des combustibles fossiles est retracée sur les graphiques ci-dessous : évolution depuis 1965 et répartition en 2012 (« puits » non compris). Ces chiffres peuvent différer légèrement des données officielles rassemblées et publiées par l'ONU, mais les ordres de grandeur et les tendances sont claires. On voit notamment que la part de l'Union

européenne des quinze (France comprise), qui représentait 23% des émissions en 1965, n'en représente plus que 12% en 2012. Cette proportion est appelée à diminuer progressivement. **La France seule émet 1,1% des émissions mondiales de CO₂**. La Chine émet 27% des émissions mondiales de CO₂, plus que l'ensemble de l'Amérique du nord (USA, Canada, Mexique).

→ Monde : émissions de CO₂ dues aux combustibles fossiles (pétrole, gaz et charbon) (millions de tonnes de CO₂)



Source : BP statistical review world energy 2013

(*) moins France

→ Répartition des émissions de CO₂ en 2012



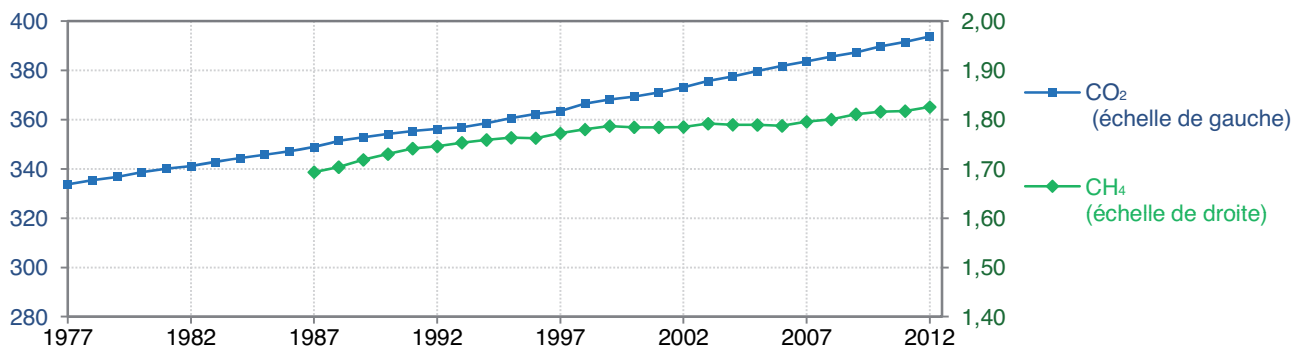
Source : BP statistical review world energy 2013

Concentrations de GES dans l'air

Les concentrations de gaz à effet de serre dans l'air ambiant sont mesurées par différentes stations dispersées dans le monde entier. Parmi celles-ci, la plus connue est l'observatoire du Earth System Research Laboratory (ESRL) du National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) situé au sommet du volcan Mauna Loa (altitude 3 400 m) sur une île de l'archipel d'Hawaï. Cet emplacement est éloigné de l'influence de la végétation et des activités humaines ; il fonction-

ne depuis cinquante ans et procède notamment à des mesures de concentrations de GES dans l'air ambiant. Les concentrations des deux principaux GES sont mesurées depuis 1959 pour le CO₂ et 1987 pour le CH₄. L'évolution des concentrations en moyennes annuelles, exprimées en parties par million en volume (ppmv), sont retracées dans le graphique ci-dessous.

→ Concentrations en gaz à effet de serre mesurées à Mauna Loa (parties par million en volume ppmv)



Source : NOAA, MLO (Mauna Loa Observatory)

Températures globales

Il est intéressant de mettre en regard des évolutions précédentes l'évolution de la température moyenne de la basse troposphère (c'est-à-dire au voisinage du sol ou de la surface des océans). On dispose maintenant d'une série homogène de trente années grâce à la NASA et à ses satellites dédiés, complétés par des ballons sondes. Les données sont traitées presque en temps réel notamment par trois organismes officiels qui font référence :

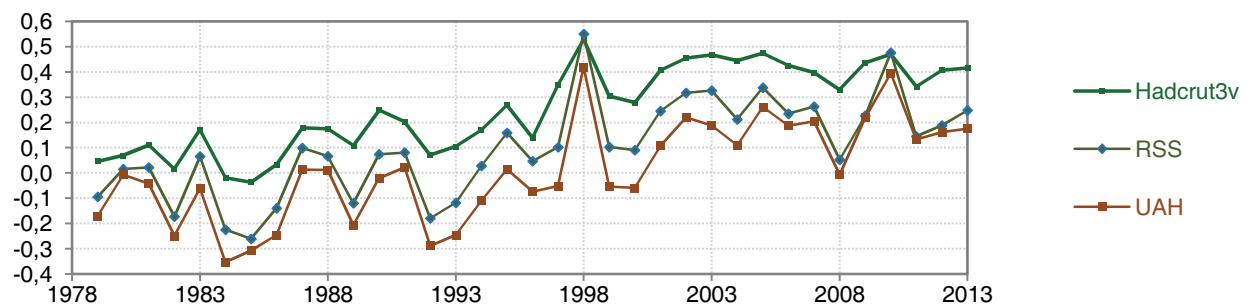
- L'Université d'Alabama à Huntsville (UAH) ; National Space Science and Technology Center (NSSTC) ;
- Le Remote Sensing System (RSS) à Santa Rosa (Californie), dont les recherches sont essentiellement soutenues par la NASA ;

- Le Hadley Center à Londres (qui complète avec des stations au sol).

Le graphique ci-dessous indique l'évolution de la température globale depuis 1979, selon ces trois organismes. Les zéros de référence sont les moyennes de températures sur des périodes différentes pour UAH (1981-2010), RSS (1979-1998) et Hadley (1961-1990), ce qui explique le décalage entre les courbes. Mais les tendances observées sont analogues.

Les écarts annuels à ces moyennes sont exprimés en degrés Celsius. Les deux pics de 1998 et 2010 sont généralement attribués au phénomène périodique dit « El Nino Southern Oscillation, ENSO » particulièrement intense ces années-là.

→ Températures globales (écarts par rapport à la moyenne d'une période de référence) (degrés celsius)



Sources : University of Alabama, Remote Sensing System (Californie), Hadley Center (UK) (pour 2013 : les 9 premiers mois de l'année)