



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 ».

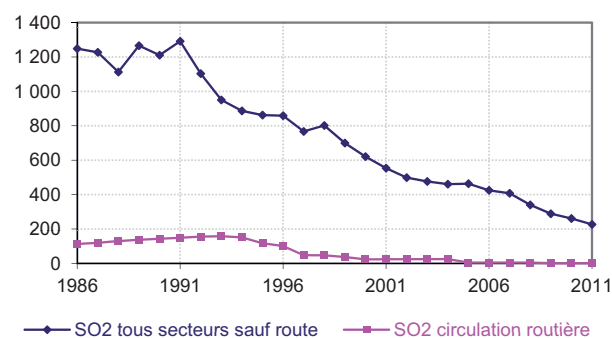
Les séries publiées par le Citepa correspondent à des **calculs** (conduits selon des protocoles rigoureux et réglementaires). Il ne s'agit donc pas de mesures in situ. Cette précision apparaît utile car la confusion est parfois faite entre les deux types d'évaluation, l'une concernant les émissions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

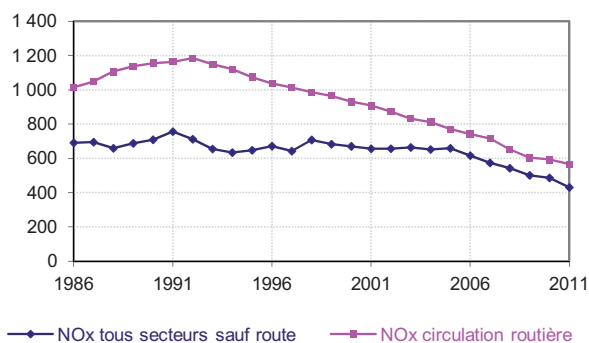
Les graphiques ci-après permettent de comparer les masses émises et leurs évolutions, respectivement par la circulation routière et par tous les autres secteurs économiques (production d'énergie, industrie, résidentiel et tertiaire, agriculture, etc.).

→ Emissions de SO₂ (milliers de tonnes)



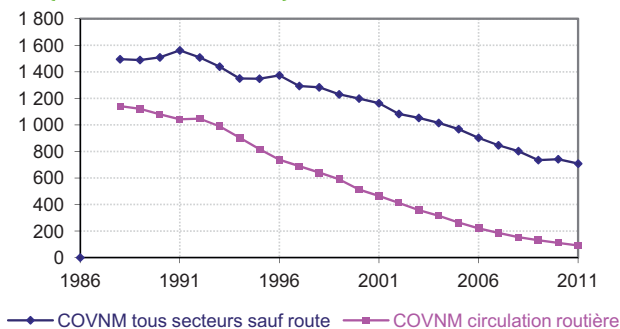
Source : CITEPA (Coralie format secten, mai 2012)

→ Emissions de NO_x (milliers de tonnes)



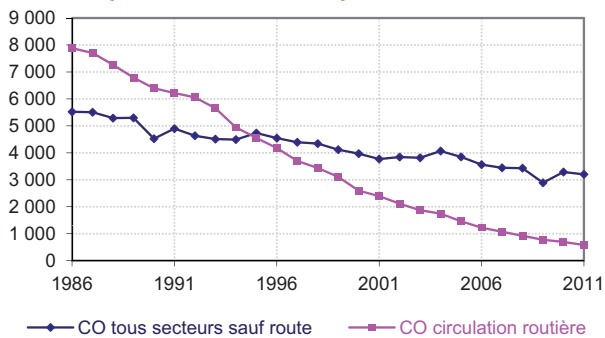
Source : CITEPA (Coralie format secten, mai 2012)

→ Emissions de COV non méthaniques (milliers de tonnes)



Source : CITEPA (Coralie format secten, mai 2012)

→ Emissions de CO (milliers de tonnes)



Source : CITEPA (Coralie format secten, mai 2012)

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 paraissent atteignables au vu des évolutions récentes.

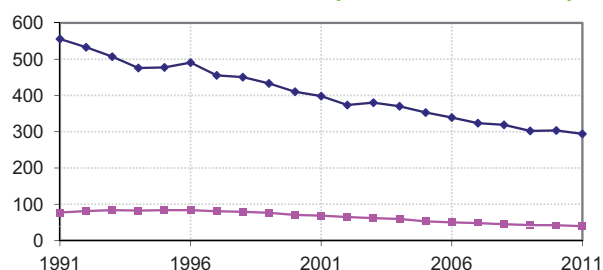
→ Emissions totales et plafonds d'émissions pour 2020 (millions de tonnes)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2020
SO	577	523	501	485	467	429	412	344	289	262	227	210
NO _x	1 565	1 530	1 496	1 464	1 430	1 358	1 289	1 194	1 106	1 080	997	715
COVNM	1 628	1 495	1 410	1 329	1 232	1 123	1 032	957	866	852	799	702
PM 2,5	357	333	334	321	304	288	273	267	251	255	245	222

Source : Commission européenne

> Emissions globales en France

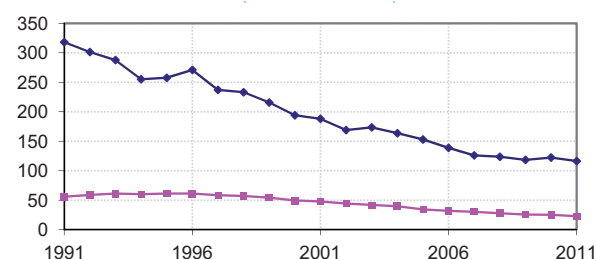
→ Emissions de PM 10 (milliers de tonnes)



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

Source : CITEPA (Coralie format secten, mai 2012)

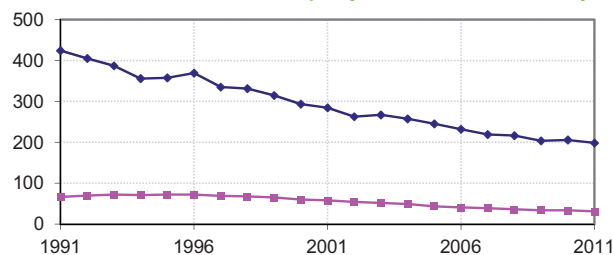
→ Emissions de PM 1,0 (milliers de tonnes)



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

Source : CITEPA (Coralie format secten, mai 2012)

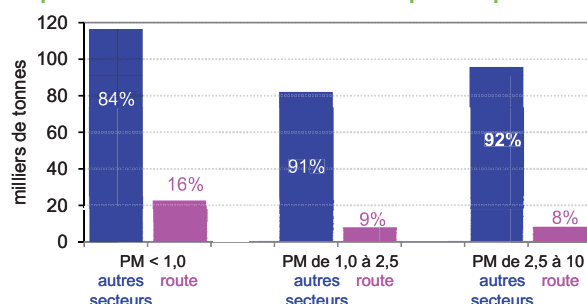
→ Emissions de PM 2,5 (milliers de tonnes)



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

Source : CITEPA (Coralie format secten, mai 2012)

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



Source : CITEPA (Coralie format secten, mai 2012)

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 PM_{2,5} de diamètre inférieur à 2,5 micromètres et les PM_{1,0} 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 routière

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	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
SO ₂	12%	4%	5%	5%	5%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	0%
NO _x	62%	58%	57%	56%	55%	54%	55%	56%	55%	55%	55%	57%
COVNM	38%	29%	28%	25%	24%	21%	20%	18%	16%	15%	13%	11%
CO	49%	39%	35%	33%	30%	28%	26%	24%	21%	21%	17%	15%
PM 10	15%	15%	15%	14%	14%	13%	13%	13%	12%	12%	12%	12%
PM 2,5	17%	17%	17%	16%	16%	15%	15%	15%	14%	14%	14%	14%
PM 1,0	19%	20%	21%	19%	20%	18%	19%	19%	18%	18%	17%	16%

Source : CITEPA (Coralie format secten, mai 2012)

A l'exception des NO_x, la route est désormais 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 NO_x qui équivaut à : NO₂ + 46/30 x NO (46/30 étant le rapport des masses moléculaires).

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

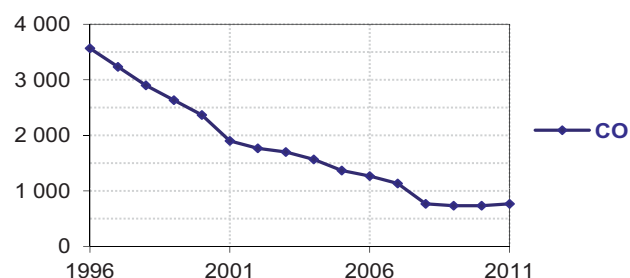
→ Stations trafic (pollution de proximité)

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

	1995	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Concentration en monoxyde de carbone (moyennes horaires annuelles) (microg / m³)												
CO	4 033	1 900	1 767	1 700	1 567	1 367	1 267	1 133	767	733	733	767
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	141	136	147	143	128	115	114	107	110	94	98
NO _x	450	290	284	312	300	279	259	257	245	255	224	228
Nombre de stations	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	8

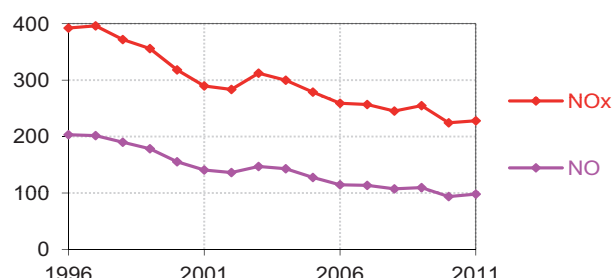
Source : Airparif

→ 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

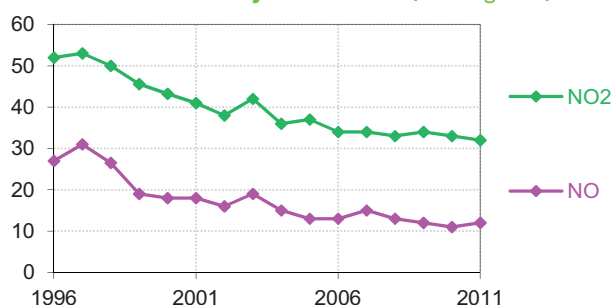
Les stations « urbaines et périurbaines » ou « de fond » mesurent la qualité de l'air ambiant, tel que nous le respirons habi-

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

	1995	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Concentration en oxydes d'azote (moyennes horaires annuelles) (microg / m³)												
NO ₂	54	41	38	42	36	37	34	34	33	34	33	32
NO	31	18	16	19	15	13	13	15	13	12	11	12
NO _x (soit NO ₂ + 46/30 NO)	102	68	63	70	59	57	54	57	54	53	50	51
Nombre de stations	18	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24

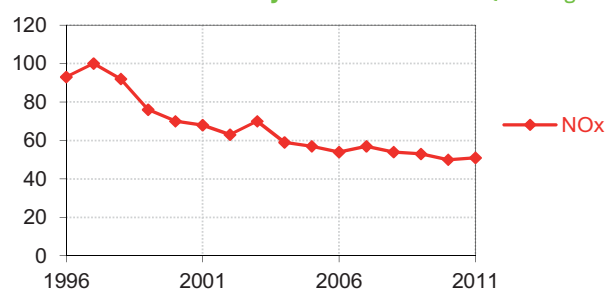
Source : Airparif

→ 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	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Benzène	5,4	1,8	1,7	1,7	1,3	1,2	1,4	1,4	1,4	1,2	1,3	1,4
<i>Nombre de stations</i>	5	7	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10
Concentration en particules (moyennes horaires annuelles) (microg / m ³)												
Particules (fumées noires)	19	16	16	18	17	18	17	17	14	13	12	12
<i>Nombre de stations (*)</i>	29	11	10	1	3	4	4	3	4	4	4	4
Particules (PM 10)		23	22	24	21	20	21	28	24	28	26	27
<i>Nombre de stations</i>		7	7	10	13	13	13	13	13	13	13	13
Particules (PM 2,5)		15	15	16	14	14	14	21	16	20	18	17
<i>Nombre de stations</i>		1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Concentration en dioxyde de soufre (moyennes horaires annuelles) (microg / m ³)												
SO₂	14	9	8	8	7	6	6	4	3	3	2	1
<i>Nombre de stations (**)</i>	30	18	18	15	7	8	8	8	8	7	5	3

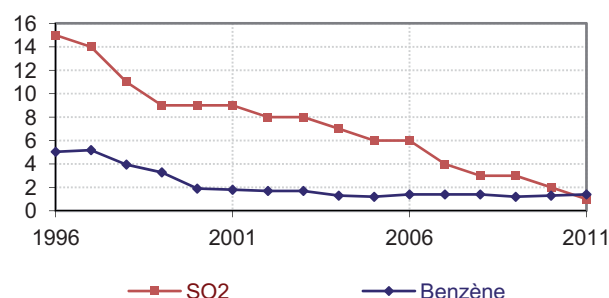
PM 10 et PM 2,5 : changement de méthode de mesure en 2007

(*) 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)



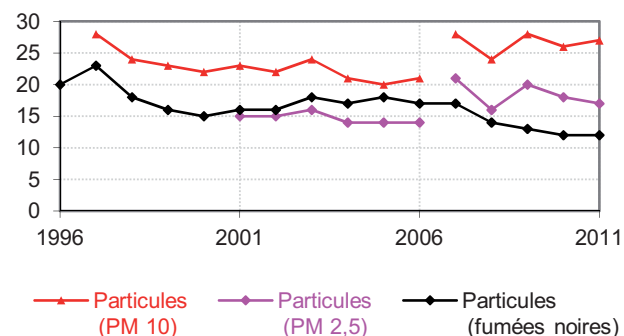
Source : Airparif

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 2011 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).

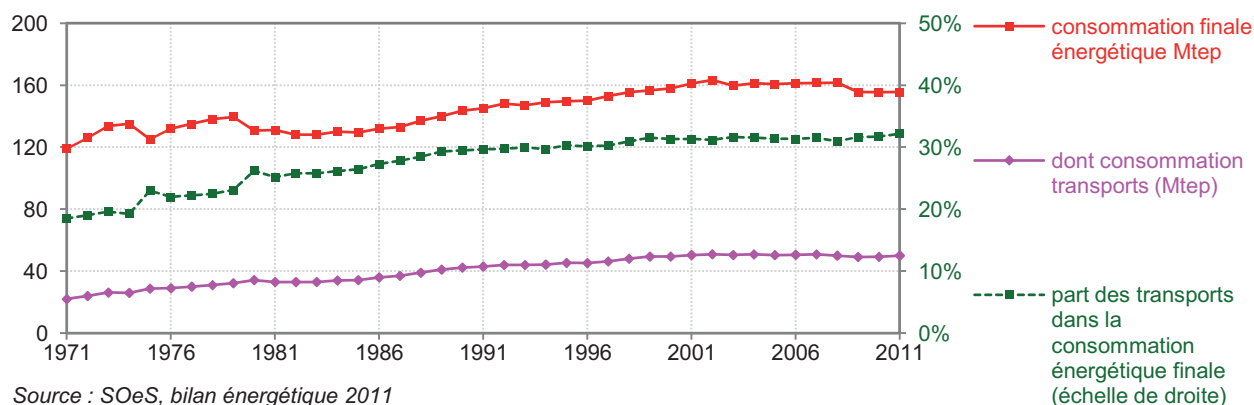
La **consommation d'énergie finale** représente environ **60%** de la **consommation d'énergie primaire**.

→ Consommation d'énergie et ratios

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Energie primaire (millions de tep)	270	275	273	276	277	274	274	273	261	264	266
Energie finale (millions de tep)											
Energie finale "énergétique"	161	163	160	161	161	161	161	162	156	155	156
dont E finale transports (tous types d'énergies)	50	51	50	51	50	51	51	50	49	49	50
dont E finale circulation routière	43	43	42	43	42	42	43	42	42	42	42
Energie finale "non énergétique"	16	16	15	15	15	15	15	14	12	12	13
Energie finale, produits pétroliers (millions de tep)											
Produits pétroliers, E finale "énergétique"	75	75	73	73	72	71	72	70	68	66	67
dont produits pétroliers, E finale transports	49	50	49	49	49	48	48	47	46	46	46
Produits pétroliers, E finale "non énergétique"	14	13	13	14	13	14	13	12	11	11	11
Ratios (pourcentages)											
E finale énergétique / E primaire	60%	59%	58%	58%	58%	59%	59%	59%	60%	59%	58%
E finale transports / E finale énergétique	31%	31%	32%	32%	31%	31%	31%	31%	32%	32%	32%
E finale circulation routière / E finale énergétique	27%	26%	27%	26%	26%	26%	27%	26%	27%	27%	27%
E finale transports / E primaire	19%	19%	18%	18%	18%	18%	19%	18%	19%	19%	19%
prod. pétroliers transports / prod. pétroliers total	65%	66%	67%	68%	68%	68%	67%	66%	67%	70%	70%

Source : SOeS, bilan énergétique 2011

→ Consommation d'énergie finale (millions de tep)



La consommation d'énergie finale des transports représente un peu plus de 30% de la consommation totale. Elle est pra-

tiquement stabilisée depuis neuf 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 (*)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Approvisionnements												
Pétrole	89	95	92	92	93	92	91	90	88	85	82	81
Gaz	25	37	37	39	40	41	39	38	40	38	42	37
Charbon	19	12	13	14	13	13	12	13	12	11	12	10
Total	133	144	142	144	146	146	143	142	140	134	136	128
Dont consommation non énergétique	12	16	15	15	15	15	16	15	14	12	12	13
Consommation d'énergie primaire énergétique												
Pétrole	81	81	81	79	79	78	78	78	77	74	70	71
Gaz	24	36	38	38	38	39	39	39	39	37	39	39
Charbon	19	12	13	13	13	13	12	13	12	11	11	10
Total	124	129	132	130	131	131	129	129	128	123	121	120

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

Source : SOeS, bilan énergétique 2011

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

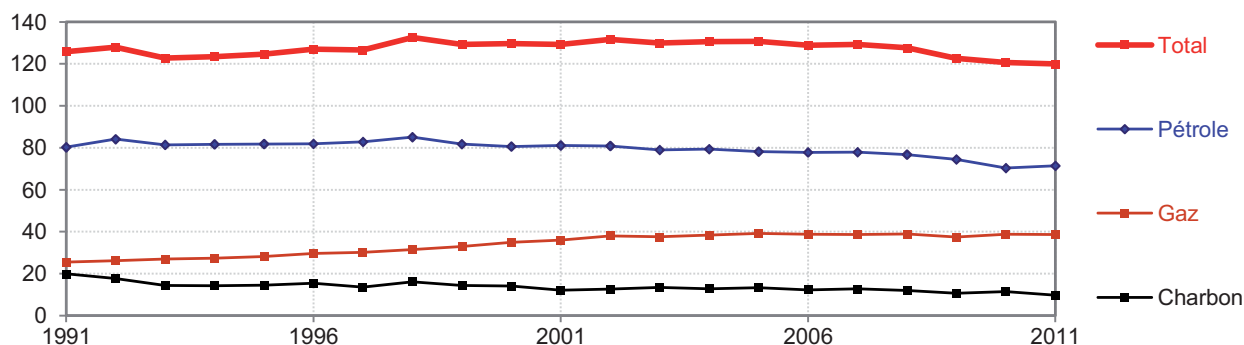
	1990 (*)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Pétrole	65%	65%	64%	63%	63%	62%	63%	63%	63%	64%	61%	63%
Gaz	15%	22%	23%	23%	23%	24%	24%	24%	24%	24%	26%	26%
Charbon	20%	13%	13%	14%	13%	14%	13%	14%	13%	12%	13%	11%
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

(*) 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 2011

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

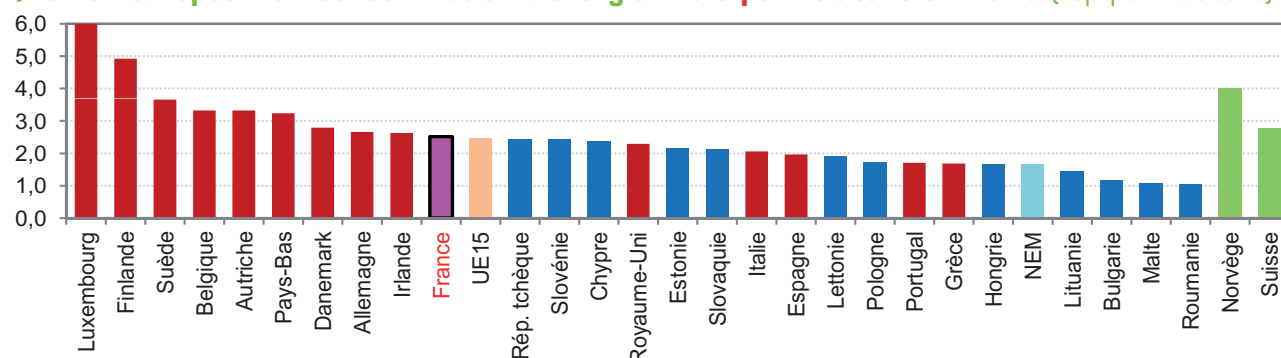
une baisse significative du fait de la crise économique ; cette baisse s'est poursuivie en 2010 et 2011.

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 2010 (milliards d'euros)	Energie (tep par habitant)	Energie (tep par M€ de PIB)
UE15	BE	Belgique	11,0	36	354	3,3	103
NEM	BG	Bulgarie	7,5	9	36	1,2	245
NEM	CZ	République tchèque	10,5	26	149	2,4	172
UE15	DK	Danemark	5,6	16	236	2,8	66
UE15	DE	Allemagne	81,8	217	2 477	2,7	88
NEM	EE	Estonie	1,3	3	14	2,2	203
UE15	IE	Irlande	4,5	12	156	2,6	76
UE15	EL	Grèce	11,3	19	227	1,7	84
UE15	ES	Espagne	46,2	91	1 051	2,0	86
UE15	FR	France	63,1	159	1 933	2,5	82
UE15	IT	Italie	60,6	125	1 553	2,1	80
NEM	CY	Chypre	0,8	2	17	2,4	111
NEM	LV	Lettonie	2,2	4	18	1,9	238
NEM	LT	Lituanie	3,2	5	28	1,5	173
UE15	LU	Luxembourg	0,5	4	40	8,4	107
NEM	HU	Hongrie	10,0	17	97	1,7	172
NEM	MT	Malte	0,4	0	6	1,1	74
UE15	NL	Pays-Bas	16,7	54	588	3,2	92
UE15	AT	Autriche	8,4	28	286	3,3	98
NEM	PL	Pologne	38,2	66	354	1,7	187
UE15	PT	Portugal	10,6	18	173	1,7	105
NEM	RO	Roumanie	21,4	22	124	1,0	181
NEM	SI	Slovénie	2,1	5	35	2,4	140
NEM	SK	Slovaquie	5,4	12	66	2,1	176
UE15	FI	Finlande	5,4	26	180	4,9	147
UE15	SE	Suède	9,4	34	349	3,7	99
UE15	UK	Royaume-Uni	62,4	143	1 706	2,3	84
	UE 15	Union européenne à 15	397	983	11 310	2,5	87
	NEM	Nouveaux Etats membres (12)	103	171	945	1,7	181
	UE 27	Union européenne à 27	501	1153	12 255	2,3	94
	NO	Norvège	4,9	20	315	4,0	62
	CH	Suisse	7,9	22	399	2,8	55

Source : Eurostat, traitements URF

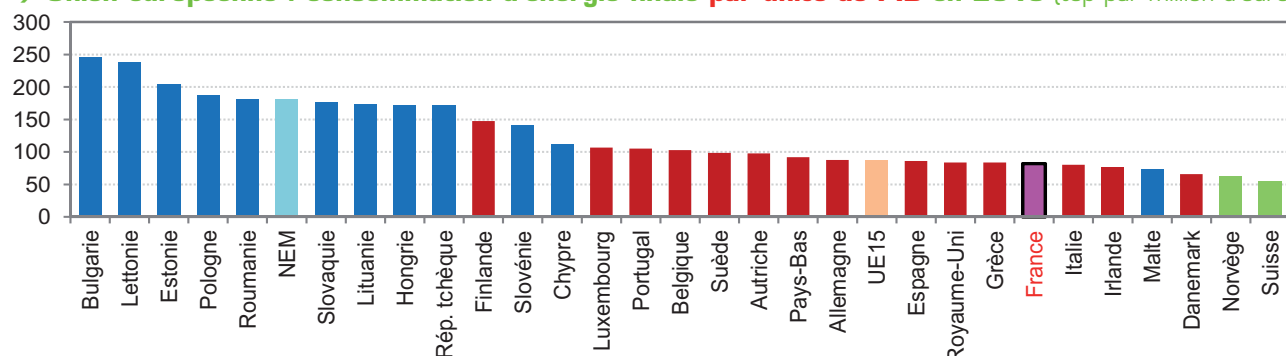
→ Union européenne : consommation d'énergie finale par habitant en 2010 (tep par habitant)



Source : Eurostat, traitements URF

(Le Luxembourg est hors échelle)

→ Union européenne : consommation d'énergie finale par unité de PIB en 2010 (tep par million d'euros)



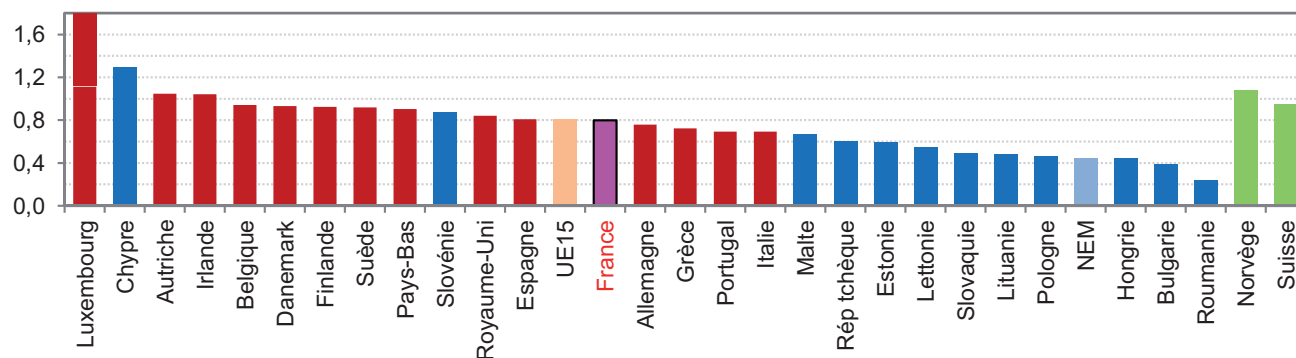
Source : Eurostat, traitements URF

Consommation d'énergie finale dans les transports

	sigle		Population (millions d'habitants)	Consommation d'énergie finale en transports (millions de tep)	PIB en 2010 (milliards d'euros)	Energie en transports (tep par habitant)	Energie en transports (tep par M€ de PIB)	Energie transport / énergie totale
UE15	BE	Belgique	10,8	10	354	1,0	29	28%
NEM	BG	Bulgarie	7,6	3	36	0,4	80	33%
NEM	CZ	République tchèque	10,5	6	149	0,6	42	25%
UE15	DK	Danemark	5,5	5	236	0,9	22	33%
UE15	DE	Allemagne	81,8	62	2 477	0,8	25	28%
NEM	EE	Estonie	1,3	1	14	0,6	55	27%
UE15	IE	Irlande	4,5	5	156	1,0	30	40%
UE15	EL	Grèce	11,3	8	227	0,7	36	43%
UE15	ES	Espagne	46,0	37	1 051	0,8	35	41%
UE15	FR	France	62,8	50	1 933	0,8	26	32%
UE15	IT	Italie	60,3	42	1 553	0,7	27	34%
NEM	CY	Chypre	0,8	1	17	1,3	60	54%
NEM	LV	Lettonie	2,3	1	18	0,5	67	28%
NEM	LT	Lituanie	3,3	2	28	0,5	56	33%
UE15	LU	Luxembourg	0,5	3	40	5,2	65	61%
NEM	HU	Hongrie	10,0	4	97	0,4	45	26%
NEM	MT	Malte	0,4	0	6	0,7	46	62%
UE15	NL	Pays-Bas	16,6	15	588	0,9	26	28%
UE15	AT	Autriche	8,4	9	286	1,0	31	31%
NEM	PL	Pologne	38,2	18	354	0,5	50	27%
UE15	PT	Portugal	10,6	7	173	0,7	43	41%
NEM	RO	Roumanie	21,5	5	124	0,2	40	22%
NEM	SI	Slovénie	2,1	2	35	0,9	51	36%
NEM	SK	Slovaquie	5,4	3	66	0,5	40	23%
UE15	FI	Finlande	5,4	5	180	0,9	28	19%
UE15	SE	Suède	9,3	9	349	0,9	25	25%
UE15	UK	Royaume-Uni	62,0	53	1 706	0,8	31	37%
	UE 15	Union européenne à 15	396	320	11 310	0,8	28	33%
	NEM	Nouveaux Etats membres (12)	103	45	945	0,4	48	27%
	UE 27	Union européenne à 27	499	365	12 255	0,7	30	32%
	NO	Norvège	4,9	5	315	1,1	17	27%
	CH	Suisse	7,8	7	399	1,0	19	34%

Source : Eurostat ; traitements URF

→ Union européenne : consommation d'énergie finale en transports par habitant en 2010 (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 33% 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.

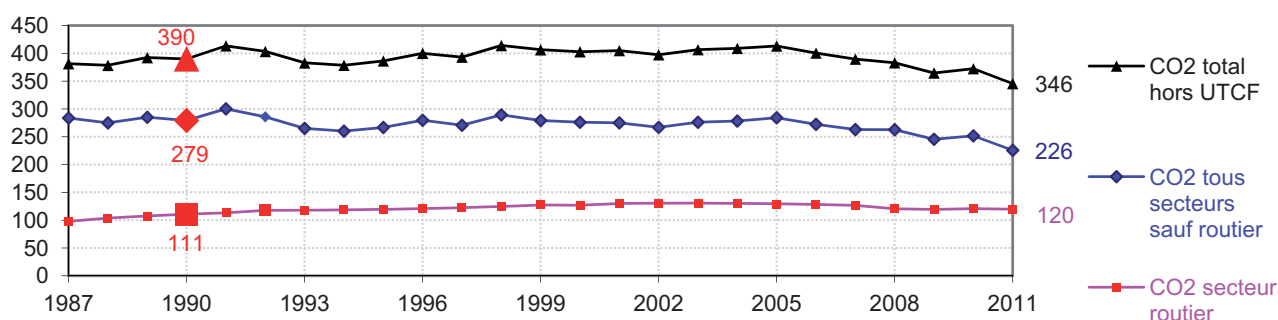
Le nouveau format de calcul « Secten » utilisé depuis 2007 correspond sensiblement au périmètre technique des engagements internationaux de la France (dont le protocole de Kyoto). C'est ainsi que les émissions et les absorptions (puits de carbone) résultant, selon la formule officielle, de l'« utilisation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

→ Emissions de CO₂ hors UTCf

	1990	1995	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Emissions totales (millions de tonnes de CO ₂)	390	386	405	398	407	409	413	401	390	383	365	372	346
Emissions de la circulation routière (millions de tonnes de CO ₂)	111	120	130	131	130	131	129	128	127	120	119	121	120
Pourcentage des émissions de la circulation routière	28%	31%	32%	33%	32%	32%	31%	32%	33%	31%	33%	32%	35%

Source : CITEPA (Coralie format secten, mai 2012)

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



Source : CITEPA (Coralie format secten, mai 2012)

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 2011 d'environ 35% (26% par rapport à l'ensemble des GES).

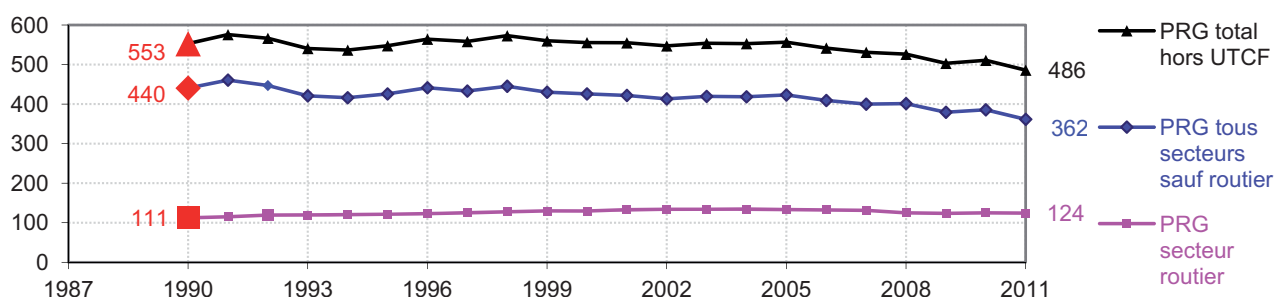
> Emissions globales en France

→ Emissions de GES hors UTCF

	1990	1995	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Emissions totales (millions de tonnes de CO ₂ équivalent)	553	547	555	547	554	553	556	542	531	526	503	511	486
Emissions de la circulation routière (millions de tonnes de CO ₂ équivalent)	112	122	133	134	134	135	133	132	131	125	124	125	124
Pourcentage des émissions de la circulation routière	20%	22%	24%	25%	24%	24%	24%	24%	25%	24%	25%	25%	26%

Source : CITEPA (Coralie format secten, mai 2012)

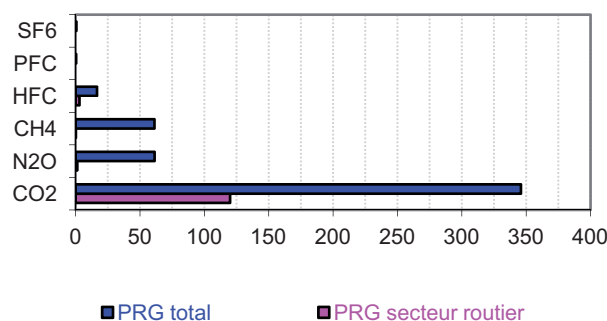
→ Emissions de GES hors UTCF (millions de tonnes de CO₂ équivalent)



Source : CITEPA (Coralie format secten, mai 2012)

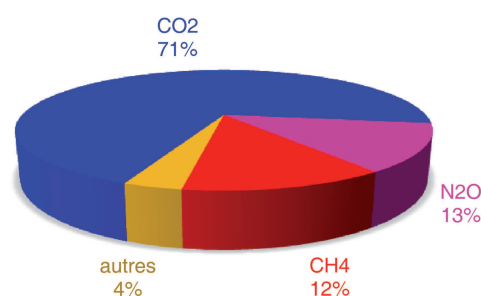
en rouge, valeurs en 1990, année de référence du protocole dit "de Kyoto".

→ Emissions de gaz à effet de serre : potentiels de réchauffement global (PRG) en 2011 (hors UTCF) (millions de tonnes d'équivalent CO₂)



Source : CITEPA (Coralie format secten, mai 2012)

→ Contributions des gaz à effet de serre au PRG en 2011 (hors UTCF) (pourcentages)



Source : CITEPA (Coralie format secten, mai 2012)

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

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 11%**, et les émissions de tous GES ont **diminué de 12%**.

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 Etats membres (« burden sha-

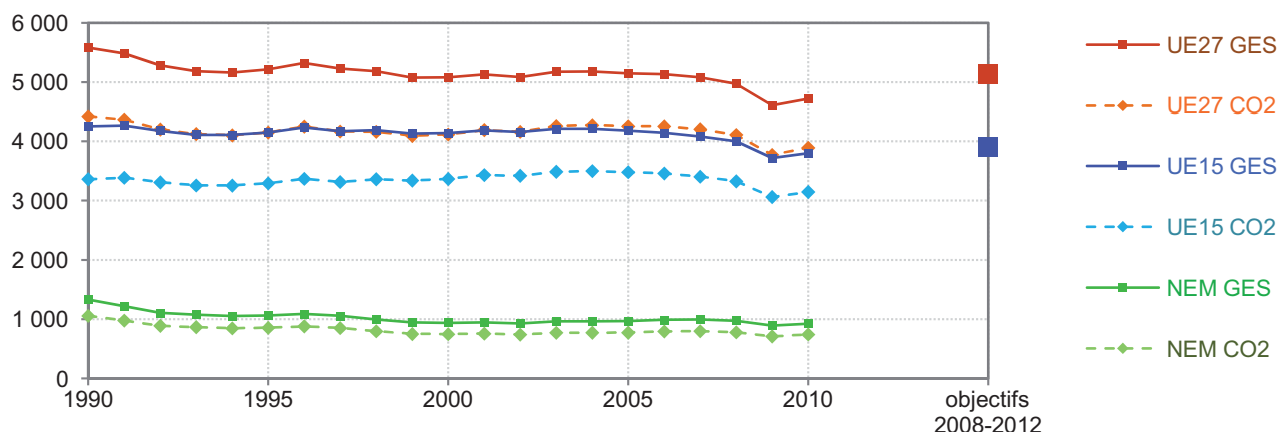
ring » ou partage du fardeau), chacun d'eux s'étant vu assigner un objectif particulier. Pour les nouveaux Etats membres, on se réfère à titre indicatif à l'objectif collectif de - 8%. Les tableaux et graphiques ci-dessous montrent que l'UE dans son ensemble respectera bien l'objectif de Kyoto.

→ Union européenne : émissions globales de GES et de CO₂

	1990	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	objectif 2008-2012
(millions de tonnes de GES : potentiel de réchauffement global en CO ₂ équivalent)												
Union européenne (15 Etats)	4 249	4 183	4 156	4 209	4 212	4 180	4 142	4 083	3 999	3 719	3 798	3 906
Nouveaux Etats membres (12)	1 334	949	930	963	966	968	990	996	975	891	923	
Union européenne (27 Etats)	5 583	5 131	5 086	5 172	5 178	5 149	5 132	5 079	4 974	4 610	4 721	5 122
(millions de tonnes de CO ₂)												
Union européenne (15 Etats)	3 362	3 432	3 420	3 487	3 499	3 480	3 459	3 404	3 328	3 062	3 147	
Nouveaux Etats membres (12)	1 058	758	741	772	774	774	795	800	781	710	744	
Union européenne (27 Etats)	4 420	4 190	4 161	4 259	4 273	4 255	4 255	4 204	4 108	3 773	3 891	

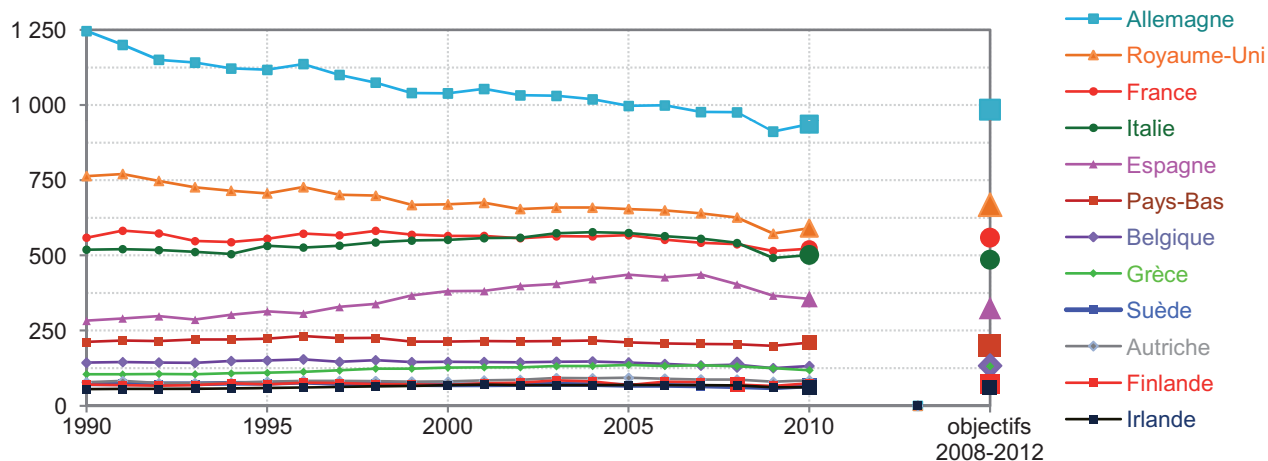
Source : AEE, traitements URF

→ 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)



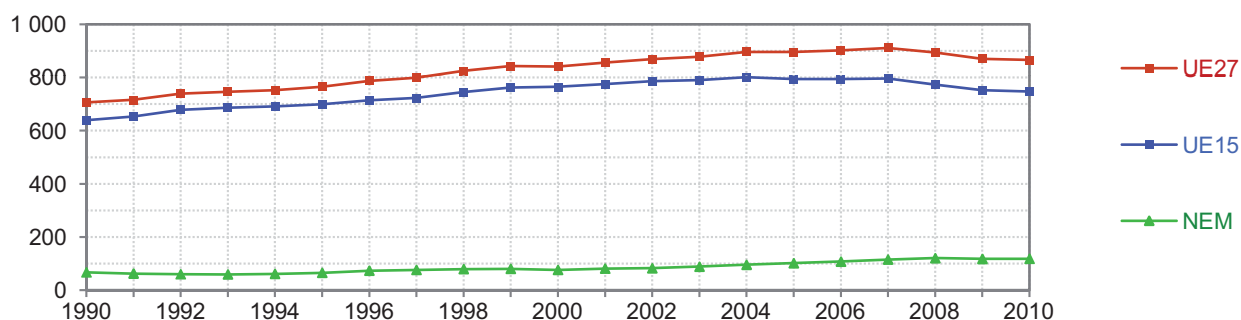
Source : AEE, traitements URF

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'Etats de l'UE 15. Les émissions se stabilisent ou décroissent dans l'UE15. Par contre, elles continuent à augmenter légèrement dans les nouveaux Etats membres, en raison de la croissance de la motorisation.

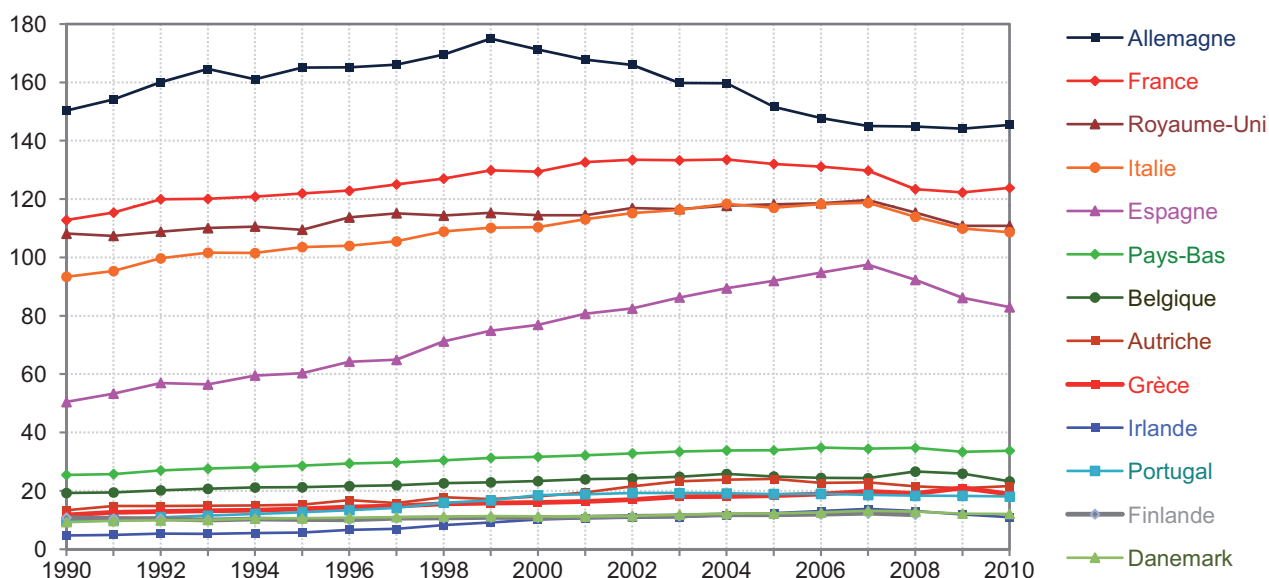
Le tableau de la page 70 fournit le détail, Etat par Etat, des émissions globales de CO₂ et de celles dues à la circulation routière en 2010. Il indique aussi quelques ratios (émissions par rapport à la population, au PIB, aux véhicules).

→ 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

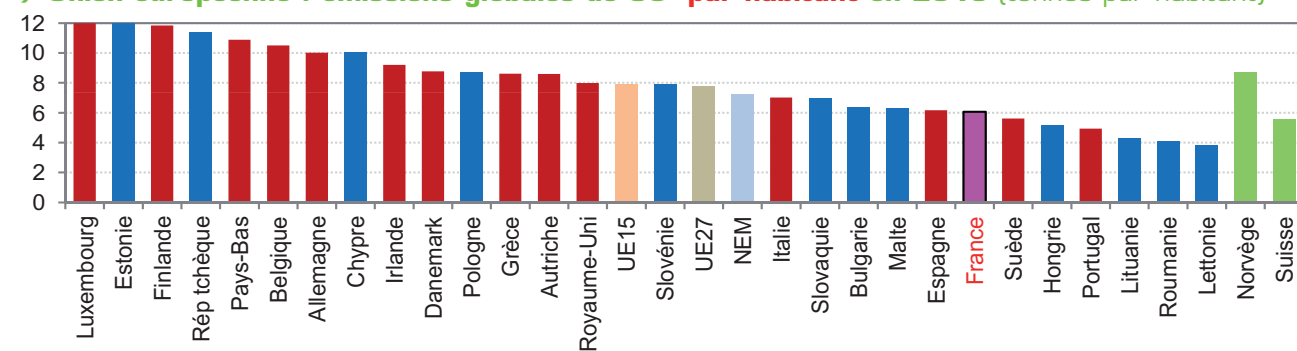
Effet de serre

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 2010 (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	115	354	10,5	325	23	6,1	2,1	3,8
NEM	BG	Bulgarie	7,5	48	36	6,4	1 332	7	3,0	1,0	2,5
NEM	CZ	Rép. tchèque	10,5	120	149	11,4	803	16	5,1	1,5	3,2
UE15	DK	Danemark	5,6	49	236	8,8	207	12	2,7	2,2	4,5
UE15	DE	Allemagne	81,8	819	2 477	10,0	331	145	46,9	1,8	3,1
NEM	EE	Estonie	1,3	18	14	13,6	1 274	2	0,6	1,5	3,2
UE15	IE	Irlande	4,5	41	156	9,2	265	11	2,3	2,4	4,8
UE15	EL	Grèce	11,3	97	227	8,6	429	19	6,5	1,7	2,9
UE15	ES	Espagne	46,2	284	1 051	6,2	271	83	27,5	1,8	3,0
UE15	FR	France	63,1	383	1 933	6,1	198	124	37,7	2,0	3,3
UE15	IT	Italie	60,6	426	1 553	7,0	274	109	41,6	1,8	2,6
NEM	CY	Chypre	0,8	8	17	10,0	465	2	0,6	2,9	3,8
NEM	LV	Lettonie	2,2	8	18	3,8	472	3	0,7	1,3	4,1
NEM	LT	Lituanie	3,2	14	28	4,3	503	4	1,8	1,3	2,2
UE15	LU	Luxembourg	0,5	11	40	21,6	275	6	0,4	12,1	16,4
NEM	HU	Hongrie	10,0	51	97	5,1	529	11	3,4	1,1	3,3
NEM	MT	Malte	0,4	3	6	6,3	431	1	0,3	1,2	1,8
UE15	NL	Pays-Bas	16,7	181	588	10,9	308	34	8,8	2,0	3,8
UE15	AT	Autriche	8,4	72	286	8,6	253	22	4,8	2,6	4,5
NEM	PL	Pologne	38,2	332	354	8,7	937	46	20,0	1,2	2,3
UE15	PT	Portugal	10,6	53	173	4,9	305	18	5,8	1,7	3,1
NEM	RO	Roumanie	21,4	87	124	4,1	702	13	5,0	0,6	2,7
NEM	SI	Slovénie	2,1	16	35	7,9	455	5	1,2	2,5	4,4
NEM	SK	Slovaquie	5,4	38	66	7,0	578	6	2,0	1,2	3,3
UE15	FI	Finlande	5,4	64	180	11,8	354	12	3,3	2,2	3,5
UE15	SE	Suède	9,4	53	349	5,6	151	19	4,9	2,0	3,9
UE15	UK	Royaume-Uni	62,4	499	1 706	8,0	293	111	35,5	1,8	3,1
	UE 15	UE15	397	3 147	11 310	7,9	278	747	235	1,9	3,2
	NEM	NEM	103	744	945	7,2	787	118	44	1,1	2,7
	UE 27	UE27	501	3 891	12 255	7,8	318	866	279	1,7	3,1
	NO	Norvège	4,9	45	315	9,1	142	10	2,7	2,0	3,6
	CH	Suisse	7,9	45	399	5,7	113	16	4,4	2,0	3,7

Source : AEE, traitements URF

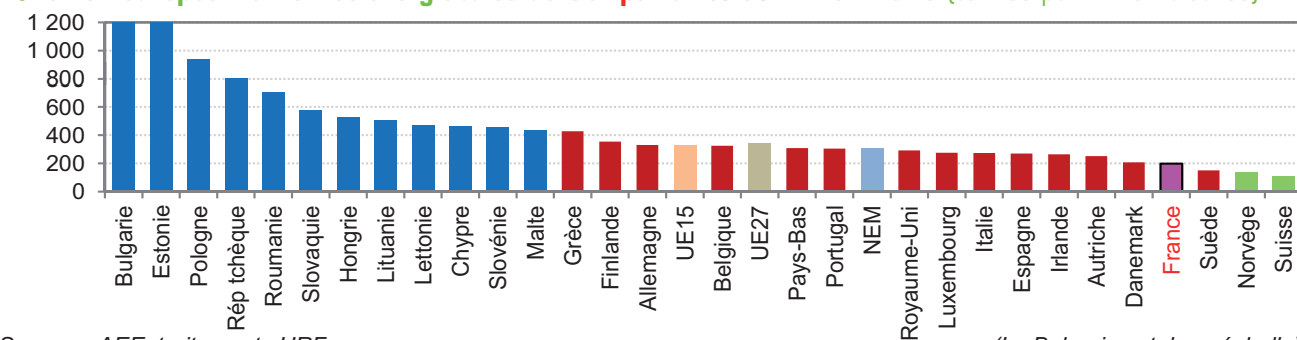
→ Union européenne : émissions globales de CO₂ par habitant en 2010 (tonnes par habitant)



Source : AEE, traitements URF

(Le Luxembourg est hors échelle)

→ Union européenne : émissions globales de CO₂ par unité de PIB en 2010 (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 1^{er} 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

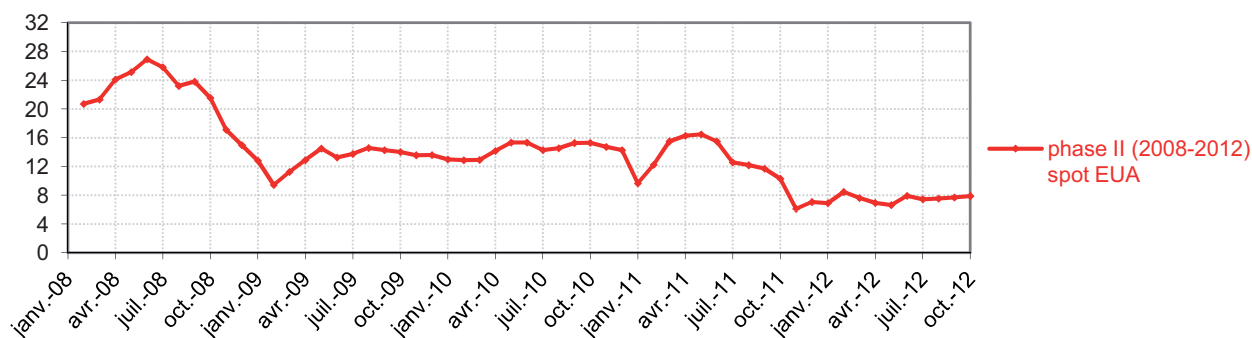
leurs besoins ou de leurs excédents par rapport à leur allocation annuelle. Il a été initialisé par le premier plan national d'allocation de quotas (PNAQ) pour la 1^{re} phase 2005-2007. La 2^e phase est 2008-2012, référence des engagements de Kyoto. Les cours de clôture moyens mensuels du marché au 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	août 2012	oct. 2012
phase II (2008-2012) 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	7,6	7,9

Source : Bluenext

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



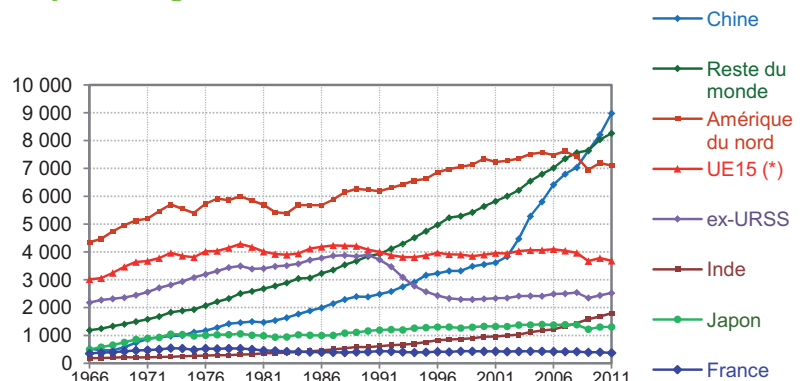
Source : BlueNext

Emissions mondiales de CO₂

La répartition entre Etats 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 2011 (« 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 2011. Cette proportion est appelée à diminuer progressivement. **La France seule émet 1,1% des émissions mondiales de CO₂.** La Chine émet 26% des émissions mondiales de CO₂, plus que l'ensemble de l'Amérique du nord (USA, Canada, Mexique).

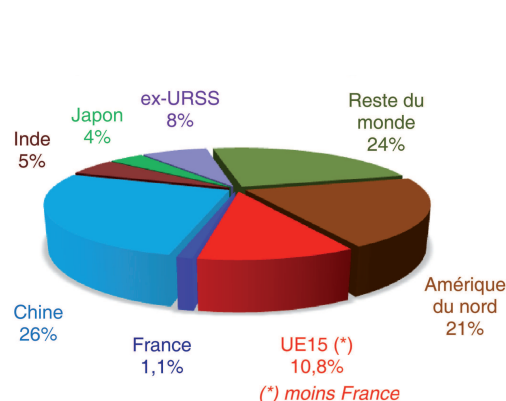
→ Monde : émissions de CO₂ dues aux combustibles fossiles (pétrole, gaz et charbon) (millions de tonnes de CO₂)



Source : BP statistical review world energy 2012

(*) moins France

→ Répartition des émissions de CO₂ en 2011



Source : BP statistical review world energy 2012

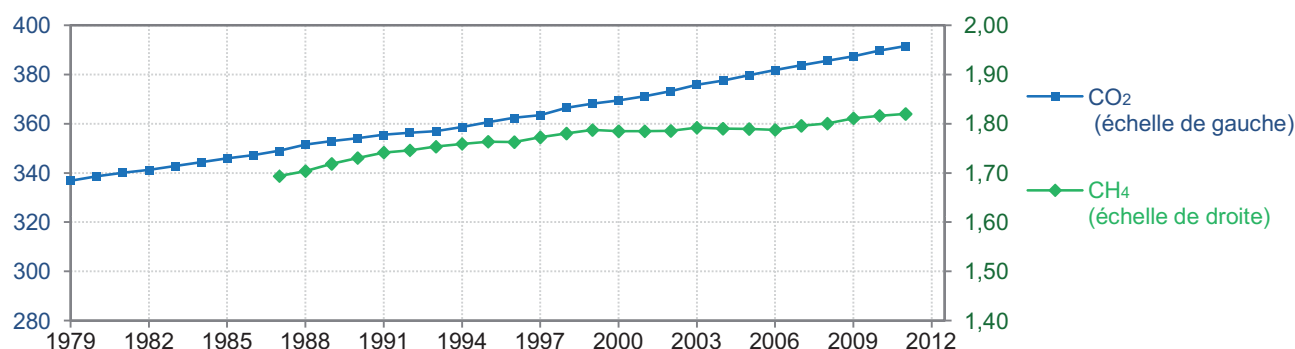
Concentrations de GES dans l'air

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 :

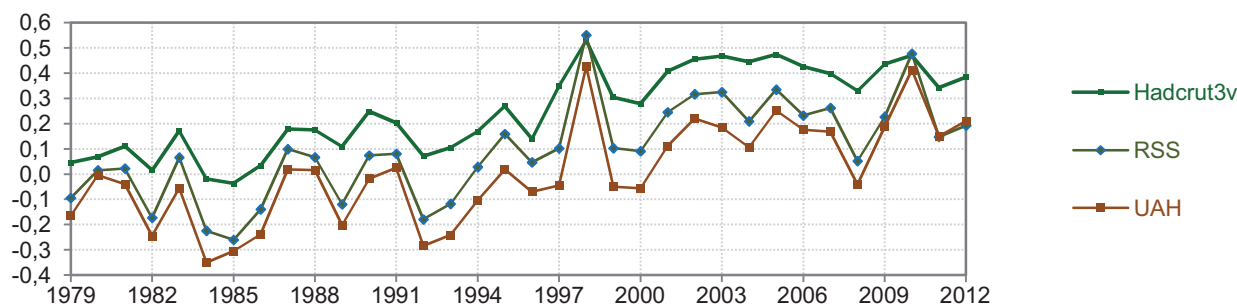
- L'Université d'Alabama à Huntsville (UAH) ; National Space Science and Technology Center (NSSTC) ;
- Le Remote Sensing System (RSS) à Santa Rosa (Californie), dont les recherches sont essentiellement soutenues par la NASA ;

- 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 2012 : les 9 premiers mois de l'année)