

Énergies & Climat

Effet de serre et climat, deux enjeux majeurs du XXI^e siècle

Les énergies émettrices de gaz à effet de serre

Les énergies non émettrices

L'électricité

Émissions de gaz à effet de serre dans la vie courante

Jeu
je calcule
ma production
de CO₂

Aimer,
c'est protéger !



Effet de serre et climat, les deux enjeux du XXI^e siècle

Le climat de la planète, qui a présenté de grandes variations depuis sa création, est lié aux échanges d'énergie auxquels la terre est soumise.

La principale source d'énergie incidente est le rayonnement solaire, équilibré par l'énergie réémise par la terre sous la forme de rayonnement infrarouge.

En l'absence d'atmosphère, la température moyenne à la surface du globe serait de l'ordre de -18° Celsius, alors qu'elle est de +15°C.

Cette différence est due à « l'effet de serre » induit par certains gaz présents dans l'atmosphère dont les principaux sont le gaz carbonique, le méthane, les oxydes d'azote et la vapeur d'eau.

Ces gaz ont pour effet de provoquer un réchauffement de l'atmosphère à l'image des vitres d'une serre.

Cet effet a permis à l'humanité de se développer, mais l'équilibre thermique de notre planète est étroitement dépendant de la concentration de ces gaz dans l'atmosphère.

Le recours croissant à des sources d'énergie fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel...) a eu pour effet de libérer dans l'atmosphère de plus en plus de gaz carbonique. Sa concentration a augmenté de 35% environ depuis le début de la révolution industrielle.

Sous peine de subir les effets difficiles à quantifier, mais ceci dit désastreux, il faudrait arriver à réduire les émissions de gaz carbonique à l'échelle mondiale pour espérer limiter l'augmentation de la température moyenne.

Le protocole de Kyoto qui prévoit une diminution moyenne des émissions de 8 % par rapport à 1990 pour les pays développés (une simple stabilisation pour la France) est largement insuffisant.

La France, s'est engagée à réduire d'un facteur 4 d'ici 2050 ses rejets de gaz carbonique pour les ramener à la valeur moyenne mondiale.



Le gaz à effet de serre

“

Le gaz carbonique (CO₂) n'est pas le seul gaz à effet de serre (GES) produit par les activités humaines. Les principaux sont le méthane (CH₄) produit par les ruminants, la riziculture, la décomposition des déchets organiques et les fuites à la production et au transport du gaz naturel, le protoxyde d'azote (N₂O) provenant des engrais azotés et les chlorofluorocarbones (CFC).

On parle « d'équivalent CO₂ » voire « d'équivalent Carbone », lorsqu'on cumule l'effet de l'ensemble des gaz à effet de serre. Parce qu'il met deux siècles à se résorber, le CO₂ se répand dans l'atmosphère, son effet sur le climat est planétaire et indépendant de son lieu d'émission.

”

Énergies émettrices de gaz à effet de serre

LE CHARBON

Sa combustion entraîne une émission importante de gaz carbonique et aussi de poussières, d'oxydes de soufre et d'azote ainsi que des éléments radioactifs.

En France, la production et la consommation de charbon ont décliné considérablement au cours des 40 dernières années et sont marginales actuellement.

Les réserves de charbon sont très importantes – environ 2 siècles au rythme actuel de consommation – et sont situées à plus de 50 % aux USA, en Chine et en Russie alors que l'Union Européenne n'en a que 8 %.

Actuellement, de nombreux pays tels l'Allemagne, le Danemark, les USA, la Chine... utilisent à grande échelle du charbon pour produire de l'électricité. Malgré ses conséquences néfastes, le charbon fournira une part importante des énormes besoins en énergie des pays émergents et des pays industrialisés.

Des techniques, dites de charbon propre, permettent de réduire les émissions de poussière et d'oxydes de soufre et d'azote.

Pour les grosses unités industrielles, la technique de séquestration du gaz carbonique est encore en développement ; elle permettrait de diminuer notablement les rejets de gaz carbonique.

LE PÉTROLE

Au cours du 20^e siècle, le pétrole s'est imposé en raison de sa commodité de transport, de stockage et d'emploi aussi bien dans les secteurs domestique et industriel, des transports et de la production d'électricité.

Par son utilisation pour le chauffage et dans le secteur des transports, il couvre encore 40 % des besoins énergétiques français.

Le pétrole est un des principaux responsables de la pollution de l'atmosphère des villes et de l'augmentation des gaz à effet de serre. C'est un produit dont les ressources, situées à 65 % au Moyen-Orient, se sont notablement amenuisées, alors que la demande des pays émergents augmente très rapidement.

En raison de la pénurie envisagée par les experts, de l'élévation inéluctable de son prix, de ses nuisances et de la nécessité de garder un produit noble essentiel pour la pétrochimie, la recherche de solutions pour réduire la consommation de pétrole est une urgente nécessité.

LE GAZ

À énergie produite égale, il émet moins de gaz carbonique que le charbon et le pétrole et il est moins polluant. Il faut toutefois tenir compte des pertes de gaz à la production, pendant le transport et à l'utilisation. En effet des pertes de 5 % amènent à un doublement approximatif de son effet de serre.

Il a représenté, en 2000, 25 % d'une consommation mondiale d'énergie toujours en augmentation et, celle de la France a été multipliée par 15 entre 1960 et 2000.

La récente croissance de l'utilisation du gaz, a tenu à la fois à son prix peu élevé et à la mise en œuvre du « cycle combiné » associant une turbine à gaz et une turbine à vapeur ce qui permettait des prix du kWh très compétitifs grâce à un très bon rendement, et à des coûts de construction moins élevés des centrales.

Le prix du gaz étant indexé sur celui du pétrole, celui-ci augmente, sa compétitivité s'amenuise et il peut être, par ailleurs, l'objet de manœuvres de chantage de la part de pays exportateurs.

Les énergies **NON** émettrices de gaz à effet de serre

L'HYDRAULIQUE

Une centrale hydroélectrique en fonctionnement n'émet pas de CO₂, – s'il y a émission – c'est seulement lors de la construction et de la mise en eau et elle est globalement faible. Actuellement, pour la France, l'électricité produite par les énergies renouvelables est très largement dominée par l'hydraulique (14 % de l'électricité). L'hydraulique est caractérisée par des coûts d'investissement élevés mais par des coûts de fonctionnement faibles. Au niveau mondial il existe encore de nombreuses possibilités de grands barrages qui posent toutefois des problèmes écologiques et humains. L'hydro-électricité de barrage est une forme de stockage d'énergie particulièrement souple. C'est un des moyens pour répondre à la demande pendant les heures de pointe.



LA BIOMASSE

La biomasse est constituée de la végétation et des déchets organiques. La croissance de la végétation absorbe du gaz carbonique qui est rejeté lorsqu'elle est brûlée. Le bilan global est intéressant comparativement à l'utilisation des combustibles fossiles.

- Le bois connaît un nouvel essor dans le cadre du programme Bois-énergie pour le chauffage et la cogénération d'électricité et de chaleur dans les secteurs industriels et tertiaires.
- Les déchets urbains, ménagers, les déjections animales, les boues (filtration des eaux usées) peuvent servir à la production de méthane, analogue au gaz naturel.
- Les biocarburants – d'origine agricole – constituent un apport intéressant dans le domaine des transports sous la forme de mélanges soit avec l'essence (éthanol) soit avec le gazole (diester).

La biomasse est appelée à devenir la première source d'énergie renouvelable en France. Cependant, les volumes de biocarburants produits seront limités par des considérations de prix de revient, de surfaces agricoles disponibles et d'énergie nécessaire (du gazole à ce jour) pour leur production.

LE NUCLÉAIRE

Les seules émissions de gaz carbonique sont liées à la construction des installations et au transport des matières.

L'énergie nucléaire permet la production d'électricité à tout moment disponible et à un faible coût.

Son « combustible », l'uranium, est facilement stockable et offre donc une bonne garantie d'approvisionnement.

On connaît deux inconvénients à cette énergie :

- Les risques de relâchement de radioactivité par les réacteurs. Or en moyenne, l'irradiation due au fonctionnement des réacteurs et des usines est dix mille fois plus faible que celle due à la radioactivité naturelle. L'existence d'une enceinte de confinement empêche la dissémination de radioactivité et la contamination de la population.
 - Actuellement, les déchets nucléaires, dont la radioactivité décroît avec le temps, sont stockés dans des conditions sûres et ne menacent pas les populations.
- Mise en œuvre dans 440 réacteurs qui fournissent 17 % de l'électricité dans le monde, l'énergie nucléaire peut connaître des développements importants concernant :

- La surrégénération qui portera les réserves de combustible à plusieurs millénaires,
- La production d'hydrogène et le dessalement de l'eau de mer.

Les énergies **NON** émettrices de gaz
à effet de serre

LE SOLAIRE THERMIQUE

Les seules émissions de gaz carbonique sont liées à la réalisation de l'installation et à la source d'énergie d'appoint.

C'est l'application la plus simple de l'énergie solaire pour chauffer un fluide et en extraire la chaleur à l'aide ou non d'un échangeur, chaleur qui permet de produire de l'eau chaude sanitaire ou d'alimenter des radiateurs et des planchers chauffants.

Pour capter l'énergie solaire, des plaques noires à doubles parois dans lesquelles circule un fluide sont généralement placées sur le toit des habitations.

Un système de chauffage d'appoint reste cependant nécessaire car c'est une énergie intermittente disponible uniquement de jour.

L'utilisation domestique de l'énergie solaire est fortement encouragée, par l'intermédiaire de subventions, en France par les pouvoirs publics, car elle se substitue la plupart du temps à une utilisation de combustibles fossiles.

Les pompes à chaleur permettent d'utiliser l'hiver la chaleur solaire stockée dans le sol pendant l'été avec un bon rendement électrique.

LE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

Les seules émissions de gaz carbonique sont liées aux procédés de fabrication des cellules.

Par l'intermédiaire d'un matériau semi-conducteur, le rayonnement solaire est converti en courant électrique continu, avec un rendement de 3 à 25 % à ce jour.

Le solaire photovoltaïque permet d'obtenir une énergie décentralisée, bien adaptée à de faibles exigences de puissance dans des endroits isolés, mais c'est une énergie intermittente qui nécessite des moyens de stockage. Malgré un coût d'installation important, le prix de revient est toutefois plus rentable et moins polluant que les groupes électrogènes.

Le photovoltaïque est encouragé actuellement par des subventions.

ÉNERGIE ÉOLIENNE

Les seules émissions de gaz carbonique sont liées à la construction du site et de l'éolienne.

L'utilisation de l'énergie du vent connaît depuis plusieurs années une croissance spectaculaire dans le monde et plus particulièrement dans l'UE. La forte croissance du marché s'accompagne, chaque année, d'une augmentation de la puissance unitaire des éoliennes et dans le même temps d'une baisse des coûts de production. L'éolien a un potentiel important dans notre pays, mais limité cependant à environ 10-15 % de la production d'électricité. Une éolienne ne fournit en moyenne sur l'année que 20 % seulement de sa puissance. C'est une énergie intermittente, qui nécessite un raccordement à un réseau électrique capable de prendre le relais, quand le vent est défilant. L'éolien est une énergie au coût d'investissement élevé dont le financement est assuré grâce à des subventions et une contribution des usagers d'EDF sur leurs consommations.



L'ÉLECTRICITÉ

S'il y a des émissions de CO₂, ce sont celles des énergies primaires utilisées pour sa production.

L'électricité est une forme d'énergie d'utilisation très commode. Elle s'est imposée dans de nombreuses applications industrielles et domestiques: l'éclairage, l'électroménager, l'audiovisuel,...

Au niveau mondial, la demande est en forte hausse, notamment dans les pays comme la Chine et l'Inde.

Emissions de CO₂ par kWh électrique

Énergie primaire utilisée	g/kWh
Charbon	962
Pétrole	800
Cycle combiné gaz	440
Diesels	854
Nucléaire	5
Hydraulique	5
Photovoltaïque	97
Éolienne	3

Structure d'énergies primaires utilisées par EDF en 2005

Nucléaire	85,8 %
Hydraulique	4,2 %
Charbon	4,1 %
Fioul	1,8 %
Gaz	3,2 %
Solaire et éolien	0,5 %
Autres	0,4 %

En moyenne, en 2005, pour produire 1 kWh électrique EDF a émis 42 g de CO₂

A Grenoble, la régie GEG s'approvisionne auprès d'EDF, mais aussi auprès d'autres fournisseurs et a ses productions propres.

Energies primaires utilisées par GEG

Hydraulique	16 %
Cogénération au gaz naturel	17 %
Thermique (charbon, fioul)	7 %
Nucléaire	60 %
En moyenne, pour produire 1 kWh électrique, GEG émet 146 g de CO ₂	

Dans d'autres pays qui utilisent massivement le charbon, l'émission de CO₂ en g/kWh est beaucoup plus importante.

CO₂ en g/kWh électrique

France	42
Allemagne	518
Italie	509
Royaume-Uni	454
Pays-Bas	440
Danemark	666

Ceci explique que pour satisfaire les directives du protocole de Kyoto, les solutions adoptées soient différentes d'un pays à l'autre.

Association des Retraités du CEA
CEA - Grenoble
17 rue des Martyrs - 38054 Grenoble Cedex 9

Association «Sauvons le climat»
49 rue Séraphin Guimet 38220 Vizille - Tél. 04 76 68 08 10 - contact@sauvonsleclimat.org
www.sauvonsleclimat.org



Je calcule la quantité de CO2 émise par an

Mes déplacements (ceux de ma famille)

Mes déplacements (ceux de ma famille)

Mode de transport	CO2 (g/km passager)	x	km passager parcourus	=	CO2 émis (kg)
Train (TGV)	2,6				
TER électrique	5,1				
TER diesel	94,8				
Tram	22,0				
Bus	73,0				
Avion moyen courrier	134,0				
Avion court courrier	148,0				

Km parcourus en voiture(s)/an	Conso. moyenne (l/100 km)	Conso. totale (litres)	CO2 (kg/litre)	CO2 émis (kg)
Essence	2,425			
Diesel	2,662			

Mon habitation

Énergies	CO2 (g/kWh)	x	KWh consommés/an	=	CO2 émis (kg)
Électricité					
- Base (réfrigérateur)	40				
- Lavage, cuisson...	60				
- éclairage	100				
- chauffage en base	40				
- chauffage en pointe	180				
Gaz	224				

	CO2 (kg/litre)	consommés (l)	CO2 émis (kg)
Fioul domestique	2,9		

Total déplacements :

Total habitation :

TOTAL :

Les plus gros postes d'émission de CO2 :

Les remèdes envisageables :

ÉMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DANS LA VIE COURANTE

Dans l'habitat

Émissions de gaz à effet de serre dans la vie courante

Émission de CO₂ liée à la consommation d'électricité

Pour 1 kWh électrique produit, l'émission de CO₂ n'est pas la même selon que la consommation a lieu en heures creuses (base) ou en pointe.
Par convention, alors que la valeur moyenne est d'environ 50 g/kWh, les valeurs ci-dessous, données comme exemples, ont été retenues par l'ADEME et l'EDF pour les différents usages :

Réfrigérateurs	40 g/kWh (base)
Lavage, cuisson	60 g/kWh
Éclairage	100 g/kWh
Chauffage	180 g/kWh (en pointe) 40 g/kWh (en base avec accumulation)

Émission de CO₂ liée à la consommation de flouil domestique

Pour le chauffage et l'eau chaude
Selon le rendement de l'installation de chauffage (avec 50%)=510g par kWh

Émission de CO₂ liée à la consommation de gaz

Pour la cuisson, le chauffage et l'eau chaude
Selon le rendement de l'installation (avec 50%)=390g/kWh

Émission de CO₂ liée à l'utilisation du bois

Pour le chauffage et l'eau chaude
Avec replantation, les seules émissions à prendre en compte sont celles, très variables, dues au bûcheronnage et au transport du bois (50 km)=5 g/kWh

Solaire thermique

Pour l'eau chaude
Pas d'émission de CO₂ sauf celle du système d'appoint électrique (20 %)= 36 g/kWh

Dans l'électroménager (Comparaison avec l'Allemagne)

Appareil	Consommation en kWh/an	émission de CO ₂ (EDF) en kg/an	émission de CO ₂ (Allemagne) en kg/an
Téléviseur	150	9	78
Lave-vaisselle	350	21	180
Réfrigérateur	400	16	207
Éclairage :			
ampoule 100 W (3 h/j)	100	10	50
Ampoule basse consommation	20	2	10

À équipement et usages équivalents, l'électroménager, en Allemagne, émet environ 5 fois plus de CO₂ qu'en France. Les mesures d'économie d'énergie électrique y sont donc d'autant prioritaires.

NB : L'énergie consommée (la somme de tous ces kWh) par ces appareils et les autres, se dissipe en chaleur dans l'habitation. En hiver, elle n'est pas perdue, elle réduit les besoins de chauffage.

Dans les transports

Déplacements	voiture essence	2 425 CO ₂ g/litre consommé
	voiture diesel	2 662 CO ₂ g/litre consommé

La consommation des voitures particulières dépend de la puissance du véhicule et des conditions de circulation.

Avec une consommation d'essence de 8 l/100 km, sur route, l'émission de CO₂ est d'environ 195 g/km, avec une consommation de gasoil de 7 l/100 km, l'émission de CO₂ est de 186 g/km. Sur route, les émissions de CO₂ des véhicules fonctionnant au GPL, sont équivalentes à celles des véhicules diesel.

Consommation de CO₂ g/km passager selon le mode de déplacements

Train (TGV)	2,6	Avion moyen courrier	134
Train (TER électrique)	5,1	Avion court courrier	148
Train (TER diesel)	95	Voiture (route)	
Tram	22	- 1 personne à bord	200
Bus	70	- 4 personnes à bord	50
		Voiture (ville)	
		- 1 personne à bord	200
		- 4 personnes à bord	75

Devant les graves conséquences environnementales des rejets de gaz à effet de serre, il est important de faire un geste pour **sauver le climat**.

Tout le monde est concerné et encouragé à envisager en s'aidant des informations comparatives données sur les différentes énergies.

Pour son habitat, des transformations ou remplacements d'équipements qui génèrent le plus de CO₂, voire un changement d'énergie pour le chauffage.

Pour ses transports, des modifications dans ses habitudes en privilégiant les modes qui émettent le moins de CO₂.

POUR EN SAVOIR PLUS

Jean-Marc Jancovici
L'avenir climatique, quel temps ferons-nous ?
Éditions du Seuil,
collection science ouverte, 2002

ADEME/DICOF/CPF
EDF : www.edf.fr

Sauvons Le Climat
www.sauvonsleclimat.org

Association des retraités du groupe
CEA : www.energethique.com

Voyages-sncf.com

Association **Sauvons le climat**
49 rue Séraphin Guimet
38220 Vizille
Tél. 04 76 68 08 10
contact@sauvonsleclimat.org
www.sauvonsleclimat.org

Manifeste

SAUVONS LE CLIMAT

“

La concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère de notre planète atteint aujourd'hui un niveau supérieur à tout ce qu'elle a connu depuis plus d'un demi million d'années. Démarrée au début de l'ère industrielle, vers les années 1880, cette hausse est essentiellement due à l'accumulation des émissions croissantes de gaz carbonique et de méthane résultant de l'activité humaine. Si nous ne faisons rien, cette hausse va se poursuivre.

En très grande majorité les experts qui observent et étudient ces phénomènes sont formels : sauf à réduire les émissions, notamment celles de gaz carbonique, d'un facteur au moins égal à 2, notre globe verra sa température moyenne augmenter de plusieurs degrés au cours du présent siècle. Une telle augmentation de température, comparable en ordre de grandeur à celles qui ont suivi les périodes glaciaires, mais qui se produira de façon beaucoup plus rapide, aura des conséquences majeures sur le climat. Les conséquences qui en résulteraient sur notre santé, la végétation et les productions agricoles, le niveau des mers, les espèces vivantes, etc. sont évidemment plus difficiles à cerner mais nul ne peut exclure que des évolutions irréversibles catastrophiques, allant jusqu'à mettre en cause les conditions de vie de l'espèce humaine, puissent se produire. Qu'attendons nous, face au réchauffement climatique qui nous menace, pour mettre en œuvre le principe de précaution ? Il nous faut limiter les émissions de gaz à effet de serre par tous les moyens à notre disposition.

Si des économies d'énergie importantes sont possibles et souhaitables dans les pays développés, il est impossible d'exiger des efforts similaires de la part des pays en voie de développement. Sauf ré-

cession économique catastrophique la consommation énergétique mondiale va continuer à croître. Il est donc capital de mettre en œuvre, chaque fois que cela est possible, des techniques de production d'énergie ne faisant pas appel aux combustibles fossiles. De telles techniques existent dans le domaine de la production d'électricité pour les réseaux centralisés : énergie nucléaire, hydroélectricité, éolien. Le solaire photovoltaïque est particulièrement bien adapté aux sites isolés et aux pays dont le réseau de distribution électrique est peu développé. Le solaire thermique, la géothermie, la biomasse bien gérée, les pompes à chaleur doivent prendre davantage de place pour le chauffage des locaux et la production d'eau chaude. Les transports demeureront encore longtemps les plus tributaires des combustibles fossiles ; il n'en est que plus important de rechercher d'autres solutions : développement des transports en commun, véhicules électriques, utilisation de l'hydrogène produit par électrolyse ou décomposition thermochimique de l'eau.

Face aux grands pays en émergence qui vont, par nécessité et comme nous l'avons fait au cours des deux siècles passés, fonder leur développement sur le charbon et le pétrole, et donc (sauf aboutissement, bien difficile à prévoir, des études en cours sur la séquestration du gaz carbonique) voir croître leurs rejets de gaz carbonique, les pays développés doivent démontrer que la limitation des émissions de gaz à effet de serre grâce aux technologies modernes est possible, sans handicap économique majeur et sans diminution de qualité de vie. La France (qui, grâce au nucléaire, a déjà une position enviée, avec des émissions de 6 tonnes de gaz carbonique par tête et par an, contre 10 en Allemagne et 20 aux USA) doit continuer à

montrer l'exemple.

Il est temps que les Français se convainquent que l'objet du débat énergétique n'est pas de savoir s'il faut ou non «sortir du nucléaire», un nucléaire qui, maîtrisé comme il l'est dans le pays, ne présente que des risques minimes comparés à ceux des gaz à effet de serre... mais plutôt (non pas «sortir des combustibles fossiles», car ce serait totalement irréaliste) de savoir comment «limiter le plus possible ces combustibles fossiles qui menacent notre climat». Nous appelons nos concitoyens et nos dirigeants à engager une politique volontariste et décidée, à la fois d'économie d'énergie et de développement de l'énergie nucléaire et des énergies renouvelables. Une telle politique est la seule qui puisse raisonnablement garantir à notre génération et aux générations futures le maintien de conditions climatiques acceptables et prévisibles.

Le texte de ce manifeste est disponible sur le site : www.sauvonsleclimat.org

où vous pouvez le signer et adhérer à l'association «Sauvons le Climat» si vous le désirez.

”

Association «Sauvons le Climat»
49 rue Séraphin Guimet
38220 Vizille
Tél. 04 76 68 08 10
contact@sauvonsleclimat.org
www.sauvonsleclimat.org