

# Les combustibles fossiles et l'effet de serre

## Emissions de gaz carbonique lors de la combustion

La combustion des combustibles fossiles produit du gaz carbonique  $\text{CO}_2$ . La quantité de  $\text{CO}_2$  produit par une tep de combustible fossile dépend de sa composition chimique, plus précisément des proportions de carbone, d'hydrogène et d'oxygène de ses molécules.

L'Observatoire de l'énergie a retenu les coefficients d'émission moyens suivants (en tonne de carbone par tep<sup>1</sup>) pour le charbon, le pétrole et le gaz naturel.

Emissions de carbone associées aux combustibles fossiles

Emissions unitaires	Charbon	Pétrole	Gaz naturel
Tonne de carbone/tep*	1,123	0,83	0,653

Ce tableau montre des différences importantes entre ces différents produits : la combustion d'une tep de gaz naturel n'émet que 58% du  $\text{CO}_2$  produit par une tep de charbon. Ces produits énergétiques subissent des transformations avant leur utilisation finale. Ces transformations, en particulier en électricité, sont effectuées à travers des technologies dont les efficacités de conversion sont très variables. Le contenu en émission de carbone de l'énergie finale produite dépend donc à la fois du combustible employé et de la technologie de conversion.

## Emissions lors de la production centralisée d'électricité

Le tableau suivant indique les ordres de grandeur des émissions unitaires des principales technologies de production électriques de grande puissance actuelles et en développement à partir des combustibles fossiles.

Production d'électricité dans des installations de puissance (100 à 1000 MW)

Emissions en grammes de carbone par kWh électrique (gC/kWh)	2000		2020	
	Rendement	gC/kWh	Rendement	gC/kWh
<b>Production centralisée</b>				
Centrales à charbon pulvérisé	42%	230	45%	215
Centrales charbon à lit fluidisé	40%	240	40%	240
Centrales charbon gazéifié	45%*	215	50%	195
Centrales à fioul lourd	40%	180	40%	180
Turbine à combustion simple fioul domestique ou gaz	40%	140 à 180	45%	125 à 160
Turbines cycle combiné gaz	55%	100	60%	94

Source: Etude économique prospective de la filière électrique nucléaire.

Les rendements élevés déjà obtenus sur les turbines à cycle combiné gaz naturel et les perspectives de progrès technique envisagées à horizon de 20 ans renforcent l'intérêt d'une production d'électricité au gaz naturel. Le kWh électrique ex gaz naturel produit aujourd'hui 2,3 à 2,4 fois moins de  $\text{CO}_2$  que le kWh ex charbon.

Il existe donc en Europe et dans le monde des marges de manœuvre importantes d'amélioration du bilan  $\text{CO}_2$  du système électrique. Le recours aux énergies non carbonées (nucléaire et énergies renouvelables) n'est donc pas l'unique solution possible à la réduction des émissions du système électrique.

## Emissions lors de la production décentralisée d'électricité

La production d'électricité dans des unités de petite taille (de quelques dizaines de kW à quelques MW électriques), très souvent associée à une production de chaleur utilisée localement, s'est développée

depuis une dizaine d'années. Le progrès technique, l'abaissement des coûts des outils de production et la valorisation locale de la chaleur justifient des perspectives de développement importantes dans les décennies qui viennent pour les différentes technologies déjà sur le marché ou en développement. On donne ci-dessous les caractéristiques de quelques unes de ces technologies.

#### Caractéristiques de quelques technologies existantes ou en développement

Emissions en grammes de carbone par kWh électrique (gC/kWh)	2000		2020	
	Rendement	gC/kWh	Rendement	gC/kWh
Production centralisée				
Moteurs à gaz	37%	150	45%	125
Turbine à combustion (fioul)	33%	215	45%	160
Mini et microturbinés	0,3	185	37%	150
Piles à combustibles	40 à 50%	110 à 200*	45 à 60%	90 à 180*

\* Dans le cas des PAC les émissions dépendent à la fois du rendement de la pile et du rendement de production du carburant de la pile (CH<sub>4</sub>, hydrogène, méthanol, etc.).

Les chiffres d'émission de ce tableau ne concernent que la production d'électricité. Dans le cas d'une cogénération électricité chaleur, le bilan des émissions doit prendre en compte le fait que la chaleur produite, si elle est utilisée, ne produit pas d'émissions supplémentaires puisqu'elles sont déjà comptabilisées dans la production d'électricité. On en trouve deux exemples ci dessous :

#### Rendements caractéristiques en cogénération chaleur électricité

Rendements	Electricité	Chaleur	Total
Moteur à gaz	37%	37%	74%
Turbine à gaz	33%	40%	73%

Dans le cas du moteur à gaz par exemple, la fourniture simultanée de 1 kWh d'électricité et de 1 kWh de chaleur sera accompagnée d'une émission de 150 grammes de carbone (la même que pour la fourniture d'électricité seule).

La mesure de l'intérêt de la cogénération ne peut se faire que par comparaison avec des solutions concurrentes de production séparée d'électricité et de chaleur : production, transport et distribution d'électricité au point d'utilisation et production locale de chaleur dans une chaudière. Si par exemple l'électricité de réseau est produite par un à cycle combiné à gaz et la chaleur produite localement par une chaudière à fioul de rendement 90%, on obtiendra le bilan suivant pour 1 kWh d'électricité :

#### Bilans comparés d'une cogénération et de productions séparées de chaleur et d'électricité

	Productions séparées		Cogénération
Rendement électricité	49,5%*		37%
Rendement chaleur		90%	37%
Production de chaleur			1 kWh
Consommation	2,02 kWh (gaz)	1,11 kWh (fioul)	2,70 (gaz)
Grammes carbone	113	79	151
Total carbone	192		151

Source : Ademe. \* en tenant compte des pertes du réseau de transport d'électricité.

Dans ce cas, la cogénération aura permis une économie de 41 grammes de carbone (-22%). Ce ne serait pas le cas si l'électricité était d'origine nucléaire ou hydraulique (+79 g).

1 Les émissions de gaz carbonique sont données soit en tonnes de CO<sub>2</sub> par tep, soit en tonnes de carbone par tep, çà d'en tonnes de carbone contenu dans le CO<sub>2</sub> émis. Une tonne de CO<sub>2</sub> contient 12/44 = 0,27 tonne de carbone.