



Février 2019

Fiche pédagogique

CONTENU CARBONE DES ÉNERGIES



La lutte contre les émissions de gaz à effet de serre s'est inscrite au cœur des enjeux énergétiques internationaux depuis la signature de l'Accord de Paris en décembre 2015. La Loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV), adoptée en 2015, a fixé à la France un objectif ambitieux de réduction de 40 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030 par rapport à 1990.

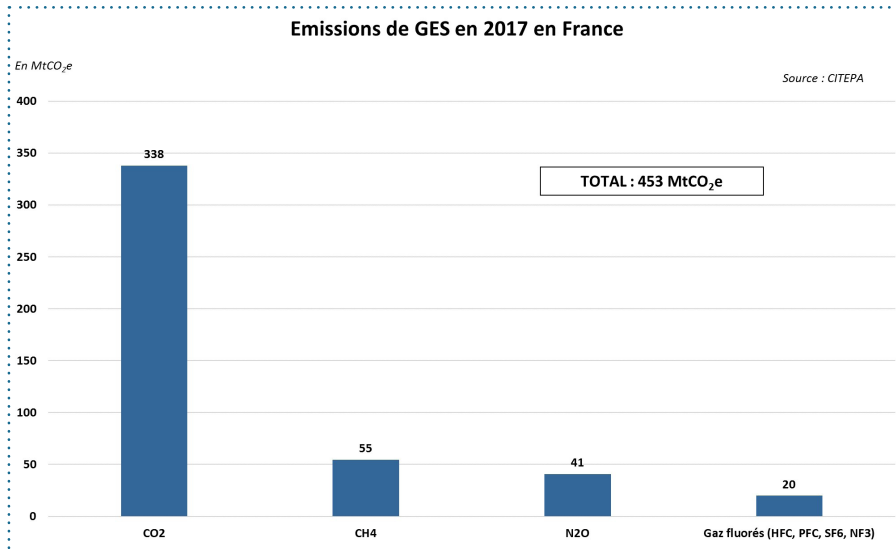
A l'heure où, à travers le Plan Climat et la Stratégie Nationale Bas Carbone, le gouvernement français a annoncé sa volonté d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050, l'OIE revient sur les liens entre les émissions de GES et l'énergie sur le territoire national.



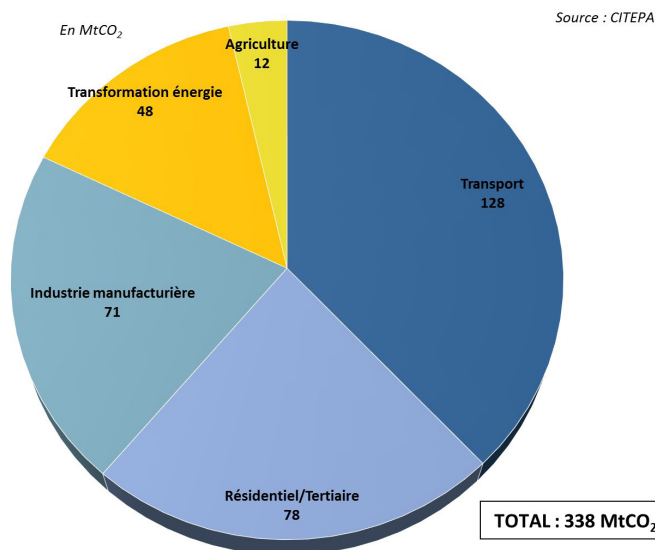
COMPTABILITÉ CARBONE : DE QUOI PARLE-T-ON ?

Les gaz à effet de serre (GES) sont des gaz qui contribuent au réchauffement climatique en absorbant une partie du rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre. L'augmentation de la concentration de ces gaz a un fort impact climatique. En 2017, la répartition des émissions de GES¹ en France est décrite dans le graphique ci-contre.

Le dioxyde de carbone (CO₂) représente plus de 70 % des émissions de GES en France. Les émissions de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O) sont en grande majorité issues de deux secteurs d'activité spécifiques : 80 % des émissions de ces deux GES proviennent de l'agriculture/sylviculture, tandis que 15 % sont issues de process dans l'industrie manufacturière. Les gaz fluorés représentent eux 4 % des émissions nationales.



Emissions sectorielles de CO₂ en 2017 en France



Afin de pouvoir comparer l'impact environnemental des émissions de GES, la comptabilité carbone fait généralement le choix de les caractériser grâce à un indicateur commun : le **Potentiel de Réchauffement Global (PRG)**. Il permet de quantifier la contribution de chacun des GES au réchauffement global sur une période donnée, qui est généralement de 100 ans. A l'image de ce qui est réalisé dans les traités internationaux, on peut faire le choix d'exprimer le PRG en « Millions de tonnes équivalent CO₂ » (MtCO₂e).

Cette note, qui s'intéresse aux liens entre énergies et carbone, traitera par la suite plus particulièrement des émissions de CO₂. Ces dernières sont en effet directement liées à la combustion d'énergie (plus de 90 % des émissions de CO₂ en France sont issues de la combustion d'énergie²).

Le graphique ci-contre indique les émissions de CO₂ sur le territoire national de chaque secteur d'activité économique.

C'est le secteur des transports, consommateur à plus de 95 % d'énergies fossiles, qui est le plus émetteur de CO₂. Les émissions liées à la transformation d'énergie sont principalement celles associées à la production d'électricité, de chaleur ainsi qu'au raffinage du pétrole.

Emissions nationales et empreinte carbone, quelle différence ?

Les émissions « nationales » de gaz à effet de serre de la France sont celles associées aux biens et aux services produits sur le territoire français. Il s'agit des émissions pour lesquelles la France a la capacité juridique de réglementer. L'objectif de réduction d'émissions de gaz à effet de serre fixé par la LTECV s'applique ainsi à ces émissions nationales.

L'empreinte carbone de la France représente les émissions de gaz à effet de serre associées à la consommation de la population française. Cet indicateur intègre les émissions indirectes, c'est-à-dire celles générées par la production et le transport des biens et des services consommés, y compris les importations. Dans la même logique, cet indicateur ne comptabilise pas les émissions liées à la production des biens et services exportés par la France.

1. Le périmètre retenu ici ne comprend pas le secteur UTCATF (Utilisation des Terres, Changement d'Affectation des Terres et Foresterie). Ce dernier a représenté un puits carbone de 40 MtCO₂e en 2016.
2. CITEPA, Inventaire SECTEN des émissions de gaz à effet de serre, 2018



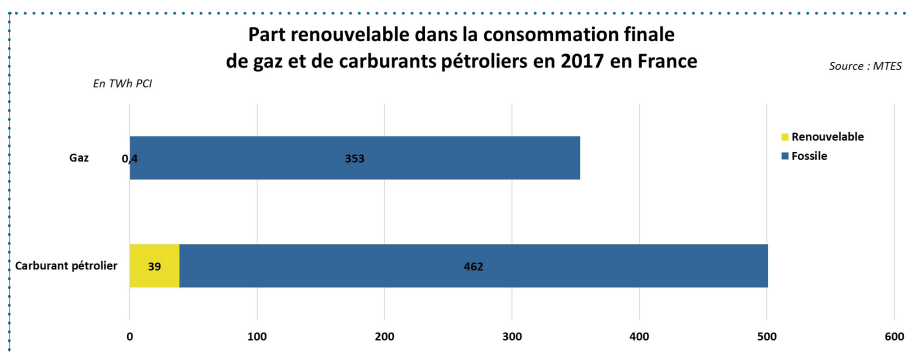
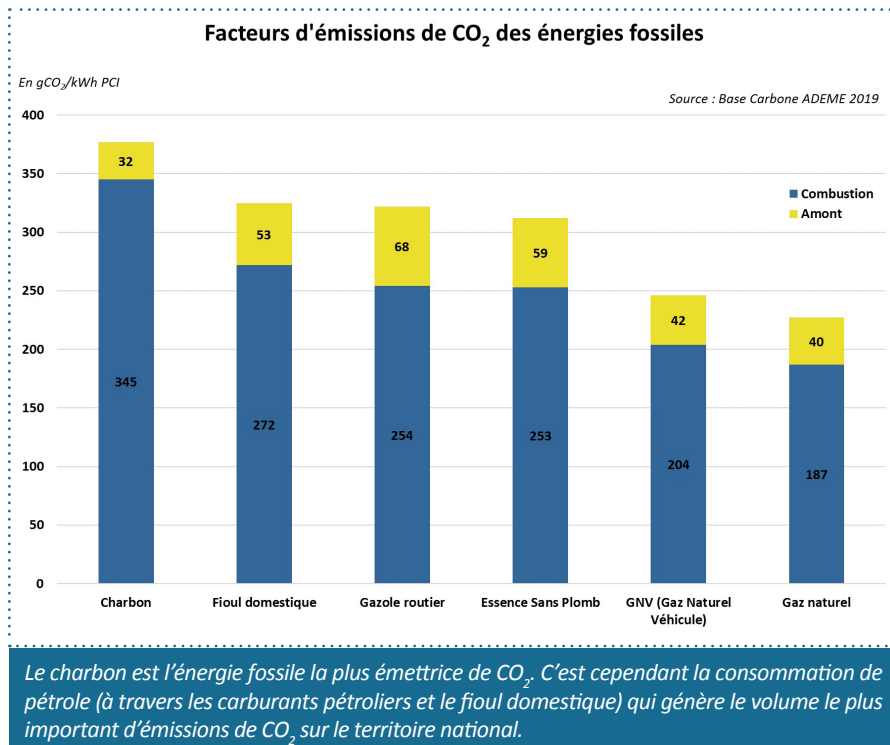
CO₂, ÉNERGIES FOSSILES ET ÉNERGIES RENOUVELABLES (ENR)

L'importance prise par le dioxyde de carbone dans les émissions de GES nationales conduit à s'intéresser plus précisément au contenu carbone des énergies. **Les émissions de CO₂ sont en effet le résultat assez direct de la multiplication du volume d'énergie consommé par leur facteur d'émission de CO₂ de ladite énergie, et ce pour chacune des énergies.**

Dans le cas des combustibles, les facteurs d'émissions sont divisés en deux parties :

- **L'amont** : il concerne les émissions liées à la phase de production et au transport du combustible (activités d'extraction, de transport, de raffinage et de distribution)
- **La combustion** : elle correspond aux émissions directes liées à la phase de combustion du combustible.

Pour les combustibles fossiles, les valeurs disponibles dans la Base Carbone de l'ADEME, document de référence en la matière, sont reportées ci-contre.



Ces contenus carbonés peuvent être amenés à diminuer dans le cas où l'énergie considérée intègre une composante renouvelable (biocarburants, biogaz).

En 2017, la part du gaz renouvelable en France était de 0,1 %. Celle des biocarburants représentait près de 8 % des consommations de carburants pétroliers (hors soutes maritimes et aériennes internationales³).

Les contenus carbone à la pompe de l'essence E85⁴ ou du gazole B30⁵ seront ainsi plus faibles que ceux de l'essence Sans Plomb ou du gazole routier, car ils intègrent une part de biocarburants plus forte dans leur composition.

Les facteurs d'émissions de ces carburants à la pompe sont les suivants :

- L'essence E85, qui intègre une part importante de bioéthanol, a un contenu carbone total de 247 gCO₂/kWh PCI⁶, contre 312 gCO₂/kWh PCI pour le Sans Plomb ;
- Le diesel B30, qui intègre une part de biodiesel, a un contenu carbone total de 297 gCO₂/kWh PCI, contre 322 gCO₂/kWh PCI pour le gazole routier.

Le cas de la biomasse

Dans la plupart des facteurs d'émissions de la biomasse, **l'hypothèse de la neutralité carbone est faite**⁷. On suppose ainsi que les émissions de la combustion de la biomasse sont compensées par une séquestration en amont. Cette hypothèse constitue une simplification méthodologique et n'est valable que dans le cas d'une "gestion durable" de la ressource.

En réalité, l'augmentation des prélèvements de biomasse forestière par rapport à un scénario tendanciel est responsable d'une moindre séquestration de carbone et donc dans un premier temps d'une « dette carbone » qui n'est compensée qu'après un « temps de retour » carbone qui peut être de plusieurs dizaines d'années⁸. C'est pourquoi, cette notion doit faire l'objet d'une attention particulière lors de la réalisation des bilans GES.

En ce qui concerne **l'électricité et les réseaux de chaleur et de froid**, vecteurs énergétiques pour lesquels **les émissions de CO₂ se produisent sur le lieu de production plutôt que sur le lieu de consommation**, les analyses se font suivant un cadre légèrement différent.

3. Les soutes maritimes et aériennes internationales représentent les consommations d'énergie des navires et avions assurant des liaisons internationales.
 4. La proportion de bioéthanol dans l'essence E85 varie entre 65 % en hiver et 85 % en été.
 5. Le gazole B30, qui comporte une part de 30 % de biocarburants, n'est réservé qu'à des flottes captives car il n'est pas compatible avec les moteurs de nombreux véhicules diesel déjà mis en circulation.
 6. Le PCI désigne le pouvoir calorifique inférieur d'un combustible, soit la quantité de chaleur libérée au moment de sa combustion.
 7. ADEME, *Base Carbone*, 2019
 8. ADEME, *Forêt et atténuation du changement climatique*, 2015



ÉLECTRICITÉ : UN CONTENU CARBONE MOYEN FAIBLE...

A l'image d'un réseau de chaleur (voir encadré ci-contre), la production électrique française est issue de différentes sources d'énergies. Le contenu carbone moyen d'un kWh électrique sera celui des émissions de CO₂ engendrées par les combustibles utilisés pour le produire.

Pour l'électricité, la segmentation du facteur d'émission réalisée est la suivante :

- **La combustion** : elle correspond à la phase de combustion du combustible (gaz naturel, fioul lourd, charbon...) dans la centrale de production d'électricité
- **L'amont** : ce terme générique comprend notamment l'amont des combustibles utilisés et les émissions annexes de fonctionnement
- **Les pertes** : ce sont les consommations associées aux pertes sur les réseaux de transport et de distribution

L'illustration ci-contre fournit les valeurs du contenu moyen du mix de production électrique lors des cinq dernières années, d'après la Base Carbone de l'ADEME disponible en ligne¹⁰.

Évalués par l'ADEME, ces contenus sont calculés en réalisant des moyennes glissantes sur 4 ans et prennent en compte les émissions associées aux soldes exportateur et importateur.

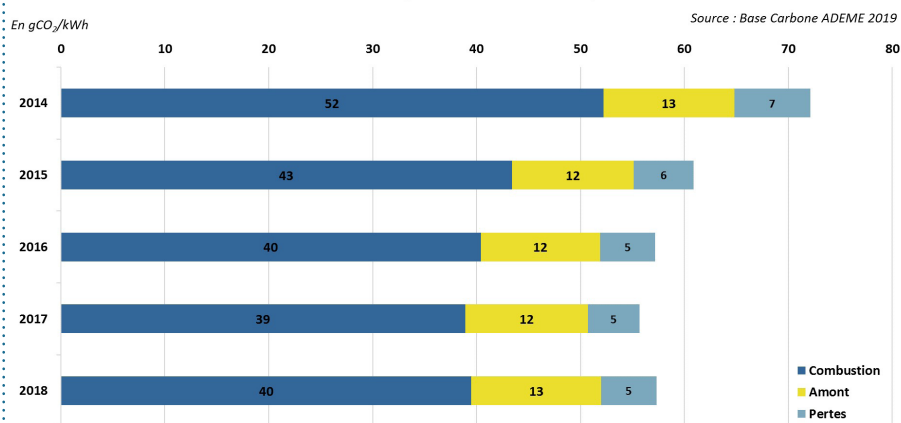
En comparaison avec les contenus carbone des énergies fossiles vus précédemment (325 gCO₂/kWh pour le fioul domestique, par exemple), ces valeurs mettent en lumière le caractère largement décarboné de l'électricité produite en France. Au cours de

Réseaux de chaleur : un contenu carbone en baisse

Un réseau de chaleur est une installation distribuant à des clients la chaleur produite par une ou plusieurs chaufferies : le contenu carbone d'un tel réseau sera donc directement associé aux énergies utilisées pour produire la chaleur dans les chaufferies. Depuis une décennie, les réseaux de chaleur ont fait des efforts particulièrement importants pour « verdier » leur mix énergétique initial, notamment grâce au soutien du Fonds Chaleur géré par l'ADEME.

Si l'énergie majoritairement utilisée pour alimenter les réseaux de chaleur reste le gaz naturel, la part de la biomasse et des énergies de récupération est en forte augmentation. La dernière valeur moyenne donnée pour le contenu carbone des réseaux de chaleur en France était ainsi de 116 gCO₂/kWh, ce qui représente une baisse de 33 % par rapport à 2012⁹.

Contenu carbone moyen du mix électrique en France



Le contenu carbone moyen de l'électricité française en 2018 était de 57 gCO₂/kWh.

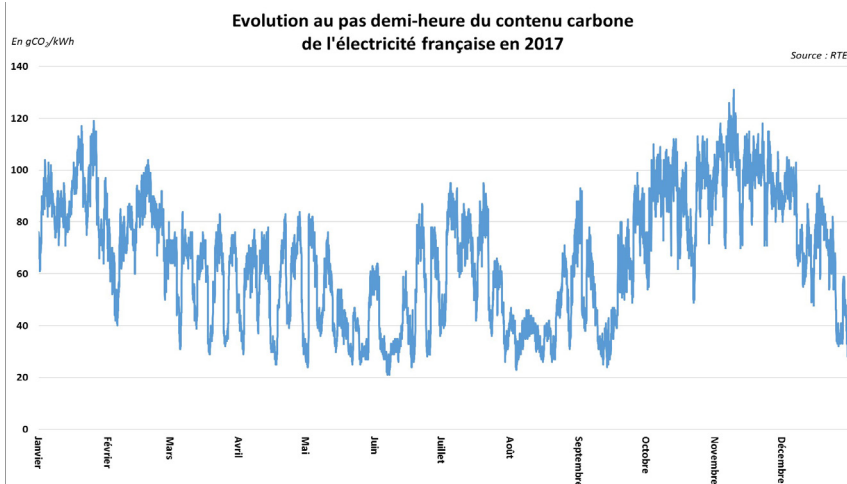
ces dernières années, la part de la production liée aux centrales thermiques à combustible fossile n'a en effet jamais excédé 10 %.

Ceci explique la valeur très faible du contenu carbone moyen du kWh électrique produit

en France, en comparaison à d'autres pays européens tels que l'Allemagne. Le contenu carbone français est ainsi 6 fois moins important que le contenu de l'Union Européenne, estimé à 350 gCO₂/kWh¹¹.

... ET UNE DIFFÉRENCIATION PAR USAGES

Le mix de production électrique variant tout au long de l'année, ce contenu carbone n'est cependant pas constant sur une période donnée, comme l'illustre l'évolution détaillée du contenu carbone de l'électricité produite en France en 2017 :



9. SNCU / FEDENE, Enquête annuelle sur les réseaux de chaleur et de froid, 2018

10. ADEME, <http://www.bilans-ges.ademe.fr/>

11. Datalab, Chiffres clés du climat, 2018



C'est pourquoi, dans les documents de référence de la comptabilité carbone tels que la Base Carbone de l'ADEME, l'électricité fait l'objet d'un traitement de son contenu carbone différent, lié à la temporalité de ses usages.

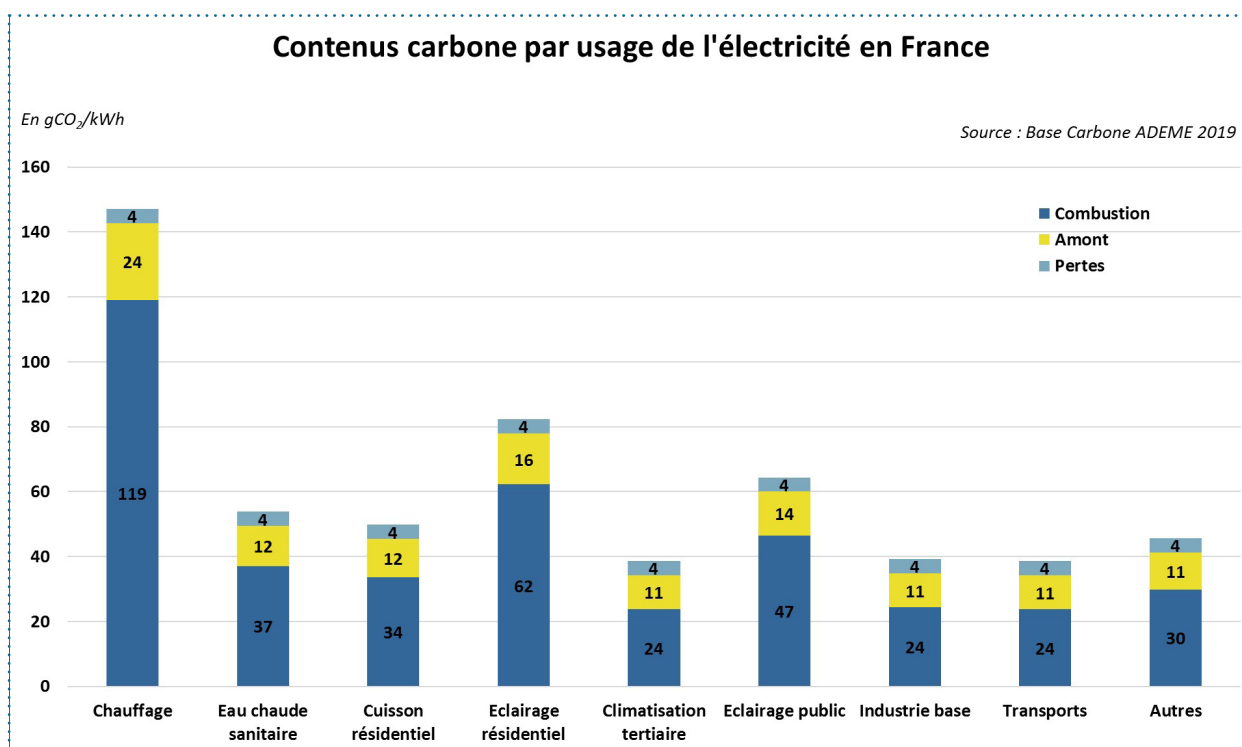
Cette méthode de l'ADEME ne considère pas seulement le contenu carbone moyen associé au mix de production de l'électricité, mais différencie celui-ci en fonction de l'usage qui est fait de l'électricité. Elle conduit à ce que les usages de l'électricité soient plus ou moins

carbonés selon qu'ils se produisent à des périodes de l'année où le mix de production est lui-même plus ou moins carboné.

La méthode utilisée actuellement consiste à retenir un pas de temps saisonnalisé. Elle consiste, dans un premier temps, à séparer chaque type de production en une fraction « base » et en une fraction « saisonnalisée » (cette saison étant supposée correspondre à l'hiver), et de calculer le contenu CO₂ associé à ces deux composantes. Du côté de

la consommation, la même répartition est effectuée avec chaque usage, afin de lui associer un coefficient de saisonnalisation. **L'application de ces coefficients aux contenus CO₂ « base » et « saisonnalisés » de la production permet de calculer un contenu moyen pour l'usage considéré.**

En appliquant cette méthode par usage, l'ADEME évalue les contenus suivants pour les différents usages de l'électricité :



Cette méthode présente en premier lieu l'avantage de l'additivité sur une année : la somme des émissions de CO₂ des différents usages électriques est égale au total des émissions du parc de production d'électricité. Elle demeure en revanche sommaire sur le pas de temps utilisé (« base » et « hiver »), alors que les données disponibles aujourd'hui pourraient permettre de procéder à une répartition des émissions à des pas de temps horaires, voire inférieurs, qui se rapprocheraient plus des profils de consommation réellement observés.

Ce découpage présente également le désavantage de ne pas traiter les consommations présentant un autre profil de « saisonnalité » (à l'image des consommations de froid et des exports d'électricité, qui ont majoritairement lieu en été en France), ni

celles programmées ou pilotées en temps réel pour réduire leurs émissions ou apporter de la flexibilité au système électrique.

Enfin, la simplification proposée par la méthode de diviser la production en deux composantes

« base » et « pointe » rend de moins en moins compte du fonctionnement du système électrique et de la montée en puissance des énergies renouvelables variables et de leurs spécificités en termes d'énergie produite sur l'année.

Réglementation environnementale et carbone

Dans le cadre du label E+C-, l'expérimentation qui préfigure la prochaine réglementation environnementale des bâtiments neufs, les facteurs d'émission suivants ont été choisis :

- Electricité, usage chauffage : 210 gCO₂/kWh
- Electricité, usage eau chaude sanitaire : 66 gCO₂/kWh
- Gaz naturel : 243 gCO₂/kWh
- Fioul domestique : 314 gCO₂/kWh

Ces valeurs sont sensiblement différentes de celles de la Base Carbone de l'ADEME, qui note que ces facteurs d'émission ne sont donc à utiliser que dans le cadre très précis du label E+C-.