

L'économie CO2 de l'installation d'un système TURBOSOL en France et en Europe

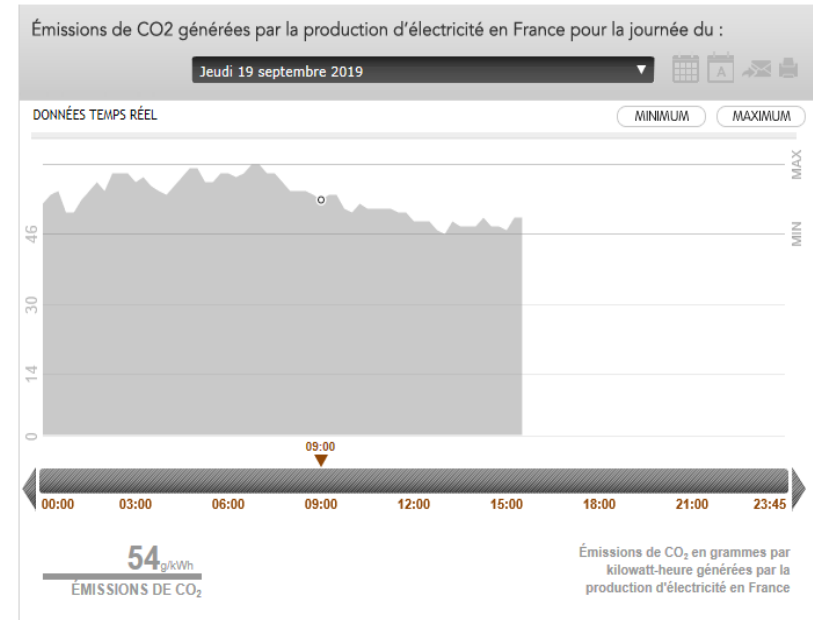
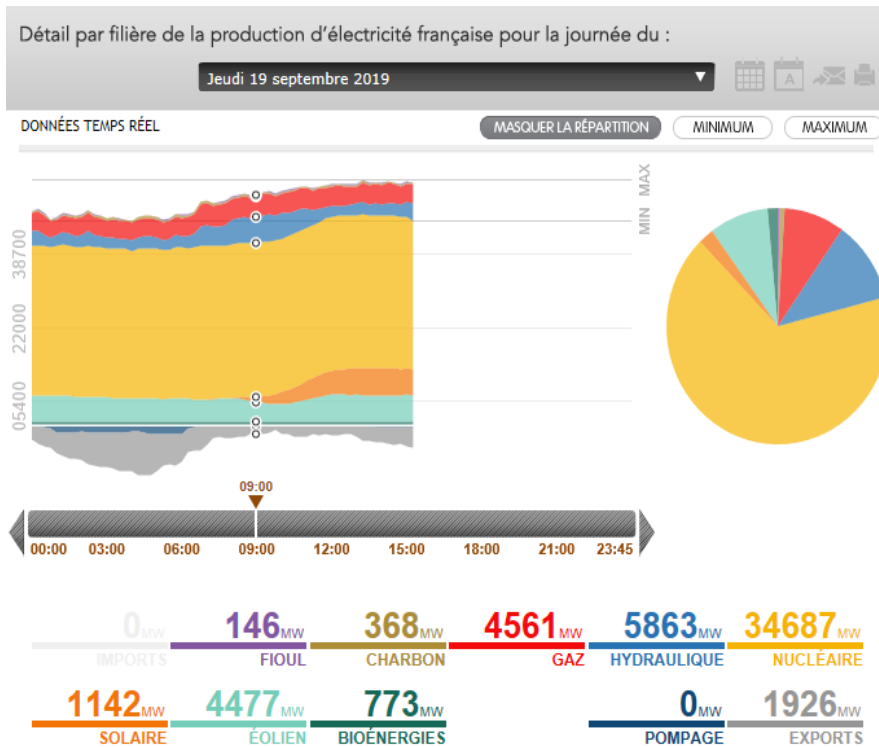


En résumé :

- Le procédé TURBOSOL produit de l'électricité à partir de chaleur perdue,
- L'électricité est autoconsommée sur le site client, d'où un gain économique sur la facture énergétique et une réduction des émissions de CO² correspondant au contenu carbone de l'électricité non consommée sur le réseau,
- Le gain en émission de CO² dépend du contenu carbone de l'électricité dans le pays concerné et du mix énergétique à chaque instant,
- En Europe, les disparités du mix énergétique et du contenu carbone de l'électricité sont très importantes et vont de 30 gCO²eq/kWh (Suède - hydraulique) à 1000 gCO²eq/kWh (Pologne – charbon))
- La France a un contenu carbone faible du fait du mix énergétique nucléaire et hydraulique (40 gCO²/kWh pour la production EDF, 66 gCO²/kWh pour l'ensemble de la production, voire 97 gCO²/kWh si on prend en compte l'acheminement),
- La moyenne européenne (EU28) est de 340 gCO²/kWh (production) et 417 gCO²/kWh (livré)
- On peut donc estimer le gain en émission de CO² par la mise en place d'un système TURBOSOL.
- Avec les hypothèses de puissance 200 kWe, utilisation 7000 h/an (80%), durée de vie 15 ans, on obtient ;
 - **Un gain moyen en Europe (EU28) de 8757 T CO² avec une forte disparité de 1000 T CO² à 22000 T CO²**
 - **Un gain de 2037 T CO² en France**
- Il convient d'affiner ce calcul suivant les pays en prenant en compte la **méthode marginale** (ADEME RTE) qui prend en compte le fait que la réduction de consommation permet de réduire la production d'équilibrage réseau (gaz, fioul, charbon, hydraulique, biomasse) mais pas le nucléaire, le solaire et l'éolien.
- Si l'impact est quasi nul sur des pays au mix très carboné (ex Pologne), il devient souvent considérable
 - **En France le gain passe ainsi de 2037 T CO² à 16000 T CO²**

CONTENU CARBONE DE L'ÉLECTRICITÉ EN FRANCE – VISION GLOBALE

Exemple du mix de production d'électricité en France et émissions de CO² associées
Le contenu carbone de l'électricité en France est très faible du fait de la prépondérance nucléaire

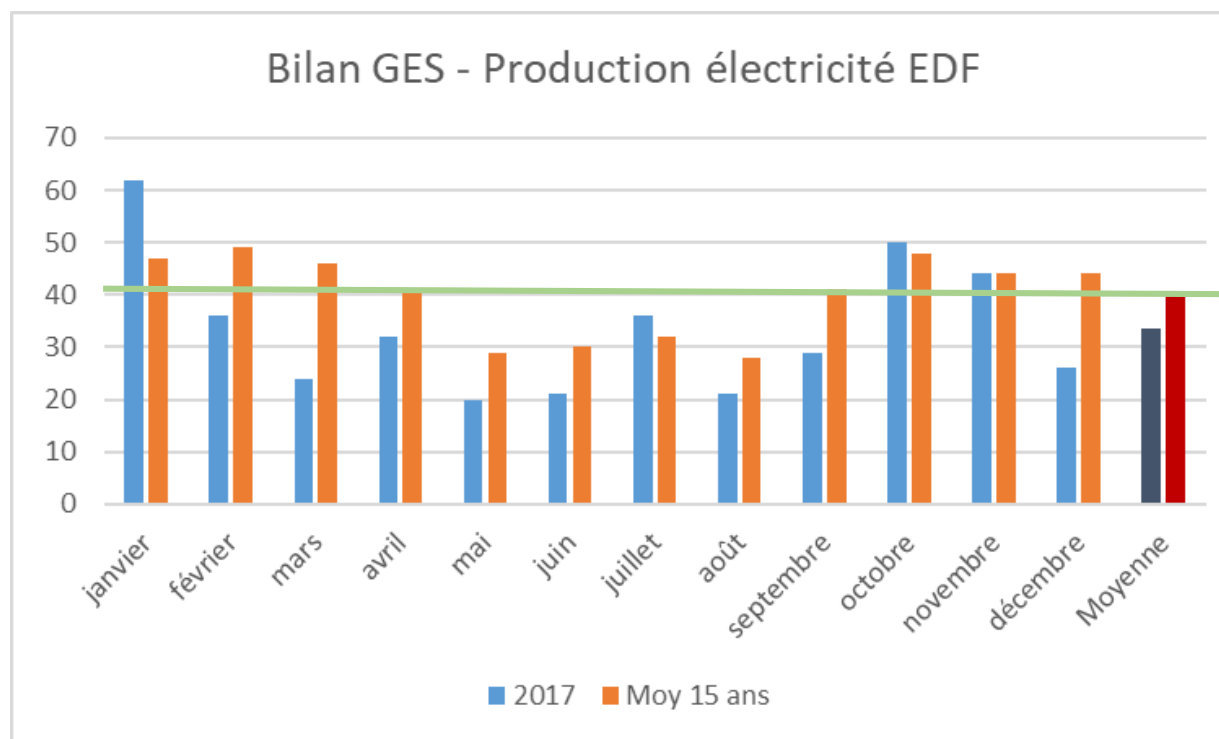


Source RTE
Site ECO2MIX

En moyenne
66 g CO₂/kWh

Variabilité des émissions GES de la production d'électricité d'origine EDF (2017 par rapport à la moyenne sur 15 ans) en gCO²eq/kWh

(attention, les données EDF ne concernent que la production d'origine EDF d'où une sous-estimation du contenu carbone)

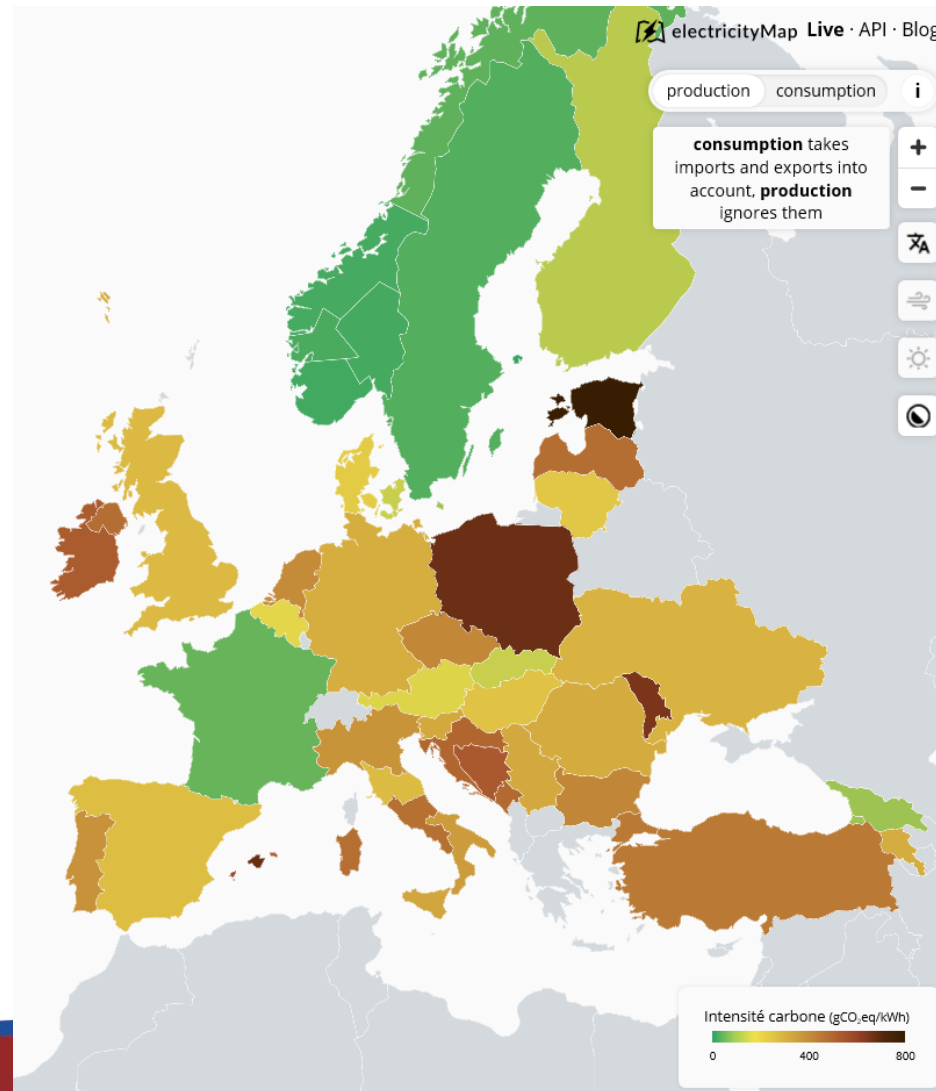
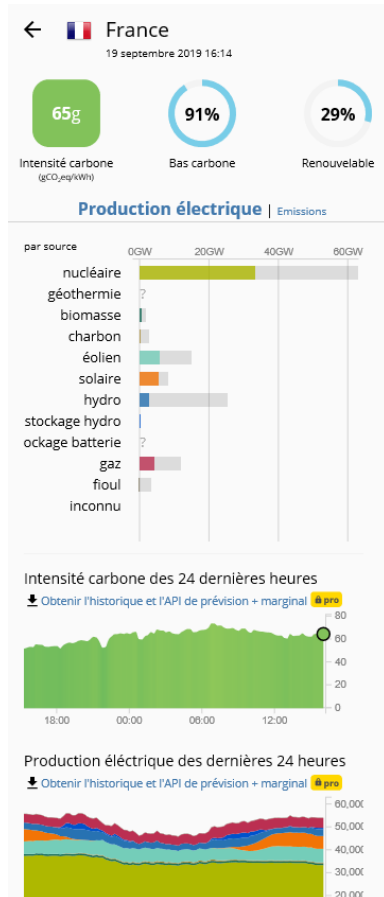


En moyenne
40 gCO₂/kWh

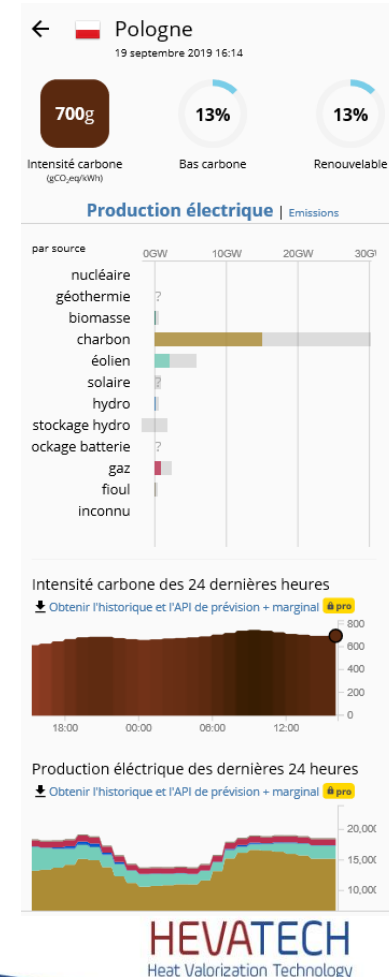
Source EDF

CONTENU CARBONE DE L'ÉLECTRICITÉ EN EUROPE – VISION GLOBALE

Disparité du contenu CO² instantané du kWh en Europe (de 30 g/CO² à 1000 g/CO²)



Source electricity map



IMPACT CO2 DE L'INSTALLATION D'UN SYSTÈME TURBOSOL EN FRANCE ET EUROPE

Economie de CO² par mise en place d'un système TURBOSOL (prise en compte du contenu carbone moyen du kWh livré)

Carbon intensities of electricity for EU Member States.

Country	CI of gross electricity production (combustion only)	CI of gross electricity production (with upstream)	CI of net electricity production (with upstream emissions)	CI of electricity traded (with upstream)	CI of electricity supplied (with upstream)
	[g/kWh]	[g/kWh]	[g/kWh]	[g/kWh]	[g/kWh]
Austria	133	151	156	170	315
Belgium	188	224	233	239	257
Bulgaria	507	532	585	601	589
Croatia	231	273	282	285	465
Cyprus	646	737	773	773	773
Czech Republic	518	545	587	596	640
Denmark	316	368	386	386	356
Estonia	1020	1022	1152	1152	840
Finland	171	200	209	209	204
France	66	88	92	93	97
Germany	485	534	567	574	588
Greece	655	695	755	757	712
Hungary	310	340	368	368	369
Ireland	459	533	555	568	570
Italy	358	427	444	448	402
Latvia	134	173	185	185	1075
Lithuania	204	246	262	315	358
Luxembourg	236	283	283	585	505
Malta	731	831	868	868	910
Netherlands	479	559	582	582	547
Poland	770	847	929	934	911
Portugal	295	346	355	365	357
Romania	356	379	413	416	425
Slovakia	173	199	211	215	407
Slovenia	315	329	351	361	302
Spain	248	295	305	312	309
Sweden	16	24	25	25	44
United Kingdom	469	555	584	591	576
EU 28 average	340	387	407	413	417

En moyenne sur l'Europe des 28 pays
340 g CO²/kWh (production)
417 g CO²/kWh (livré)

Hypothèses:

- Puissance TURBOSOL 200 kWe
- Fonctionnement 7000 h/an (80%)
- Durée de vie 15 ans

Economie de CO² moyenne en Europe:
8757 T CO²eq par système

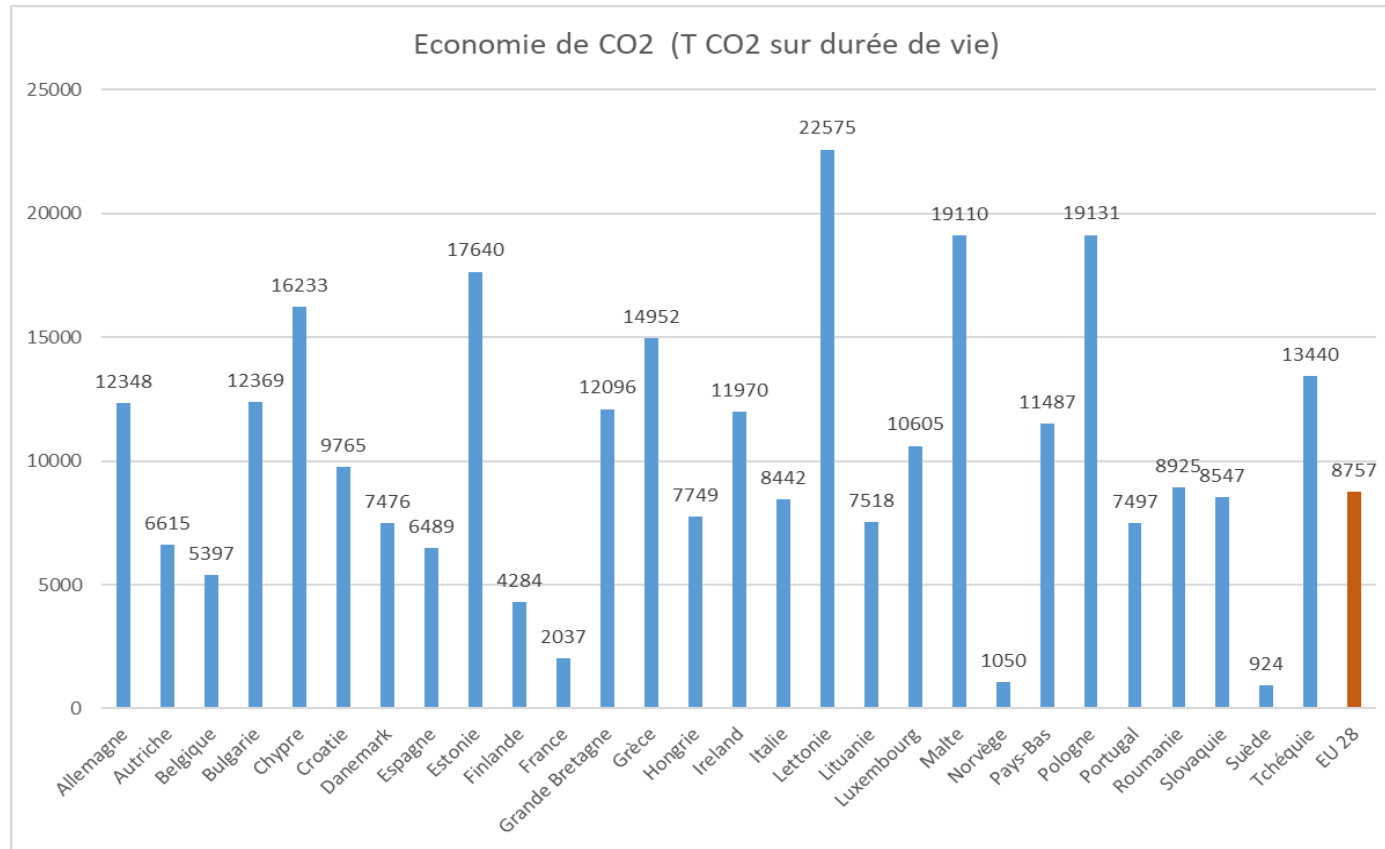
Economie de CO² en France :
2037 T CO²eq par système

Source Moro, Lonza 2018



IMPACT CO2 DE L'INSTALLATION D'UN SYSTÈME TURBOSOL EN FRANCE ET EUROPE

Economie de CO² par mise en place d'un système TURBOSOL (prise en compte du contenu carbone moyen du kWh livré)
(hypothèses 200 kWe, 7000 h, 15 ans)



**Economie de
1000 T CO₂ à
22000 T CO₂
suivant les
pays**

- La méthode de calcul du contenu en CO₂ du kWh électrique utilisée est simple et consiste à diviser le nombre de tonnes de Co₂ émises par le nombre de kWh produits ou consommés.
- Suivant les études, les importations/exportations d'électricité peuvent être prises en compte ainsi que les pertes d'acheminement.
- D'où des valeurs en France allant de 40 g (production EDF) à 66 g (global) et à 97 g CO₂eq/kWh en prenant en compte l'acheminement. C'est le calcul utilisé précédemment.
- Une approche plus fine consiste à utiliser **la méthode dite marginale** qui permet de quantifier l'impact CO₂ d'une évolution de la consommation d'électricité; ce qui est le cas de l'installation d'un système TURBOSOL
- La méthode marginale prend en compte le contenu CO₂ par mode de production et l'impact sur ces modes de production d'une réduction de consommation. Ainsi, l'économie de kWh par la mise en place d'un système TURBOSOL en autoconsommation ne va pas impacter les modes de production de base (nucléaire) et les productions prioritaires (éolien, solaire) mais les modes de production réactifs, utilisés à la marge pour équilibrer production/consommation (gaz, fioul, charbon, hydraulique, biomasse) dont le contenu carbone est très différent.
- **Ainsi en France, le contenu marginal en CO₂ est estimé à 450 à 550 g CO₂/kWh pour une économie liée à un usage en base (industrie).** Source ADEME et RTE

**En France, l'impact d'économie en CO₂ est donc à majorer d'un facteur proche de x8
Soit un impact de 16 000 T CO₂ par système TURBOSOL mis en place**

Le résultat est bien entendu dépendant du mix électrique du pays et n'a pas d'effet sur le pays très carbonés comme la Pologne.
La méthode marginale qui représente mieux la réalité a un effet de lissage et augmente la moyenne européenne à des gains du même ordre (16 000 T CO₂) à l'exception des pays scandinaves qui bénéficie de moyens de production souples à base d'hydraulique.

Emission de CO₂ par filière d'équilibrage

- 0,986 t/MWh pour les groupes charbon,
- 0,777 t/MWh pour les groupes fioul,
- 0,429 t/MWh pour les groupes gaz,
- 0,494 t/MWh pour les Bioénergies (déchets)