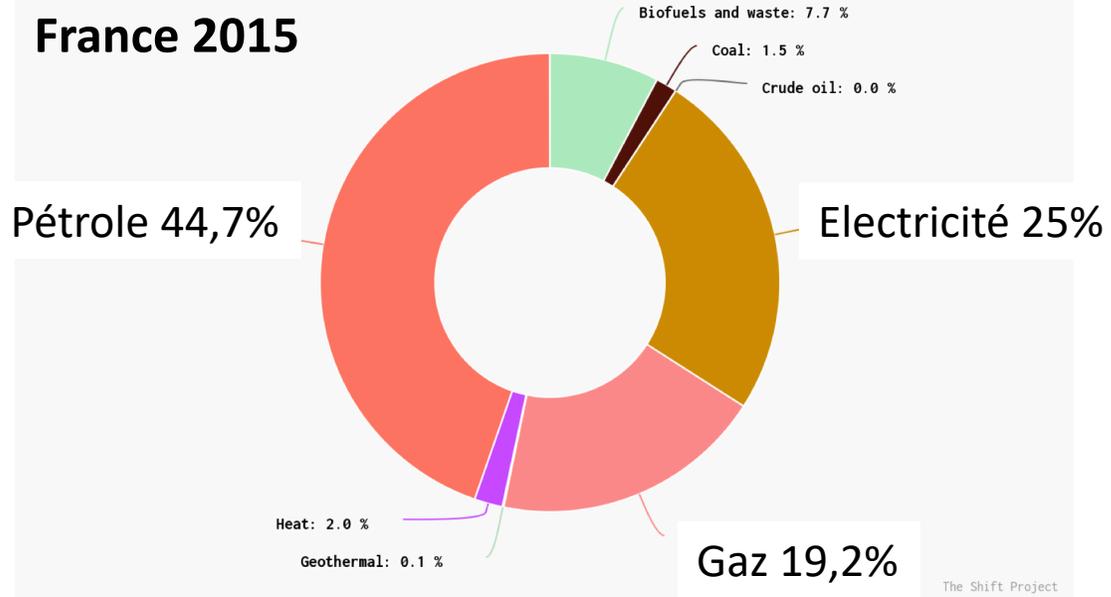


Énergie finale par source

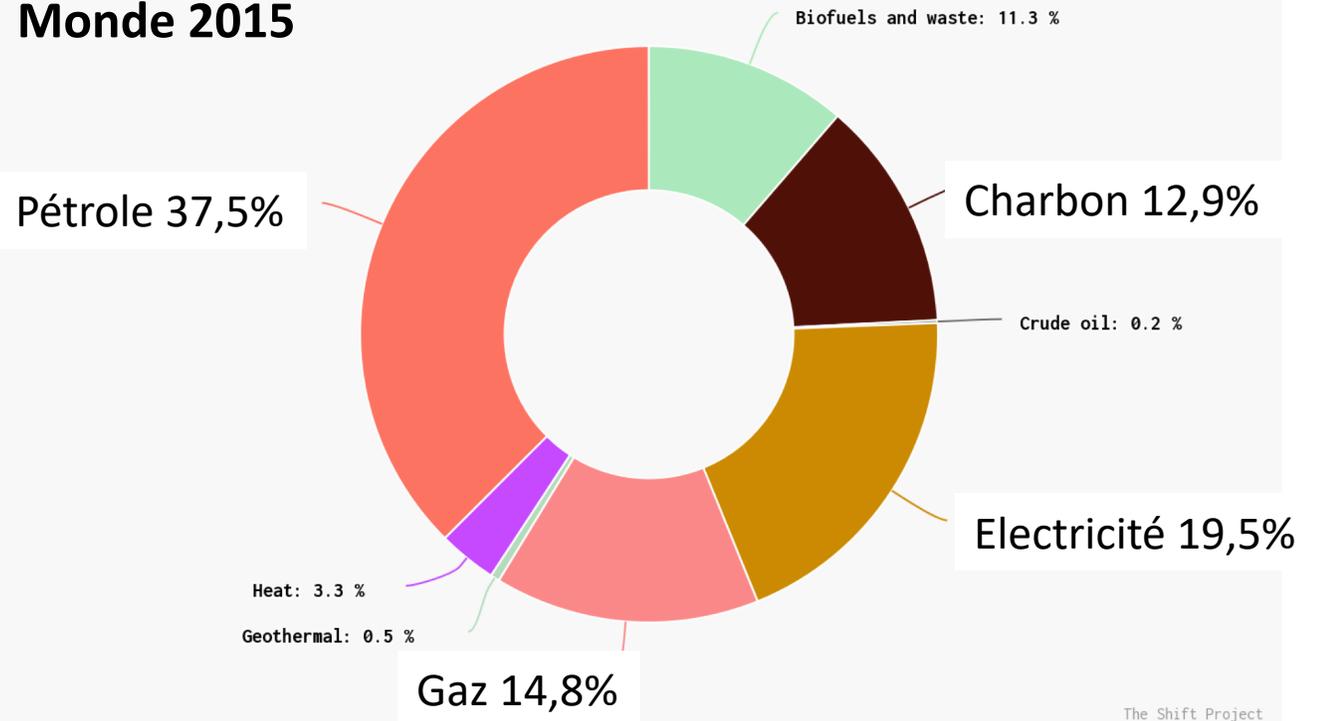
Final Energy by source, France, 2015

France 2015



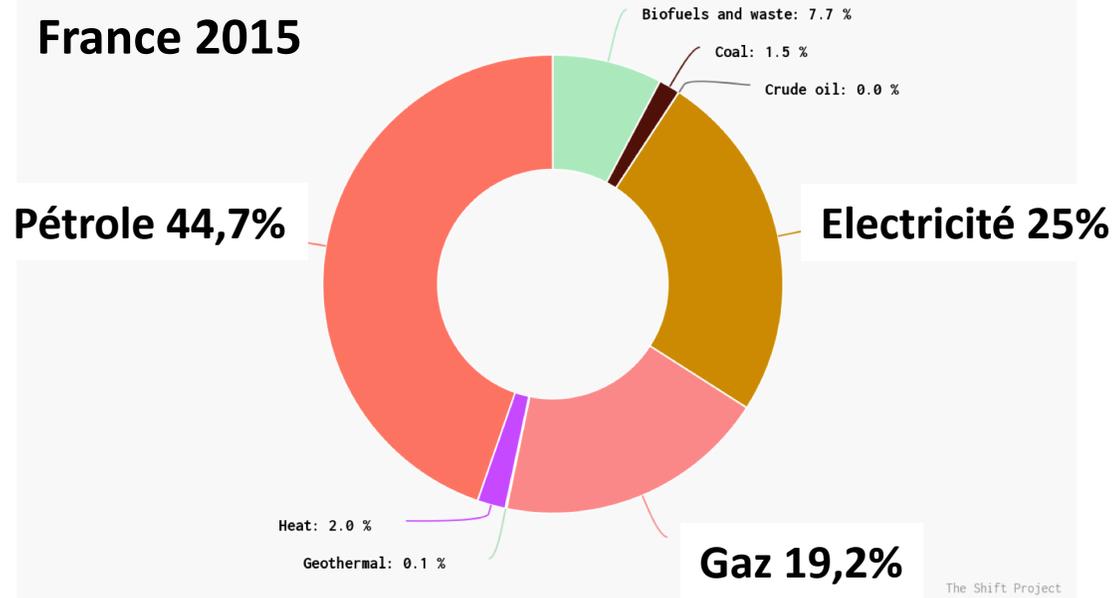
Final Energy by source, World, 2015

Monde 2015



Final Energy by source, France, 2015

France 2015

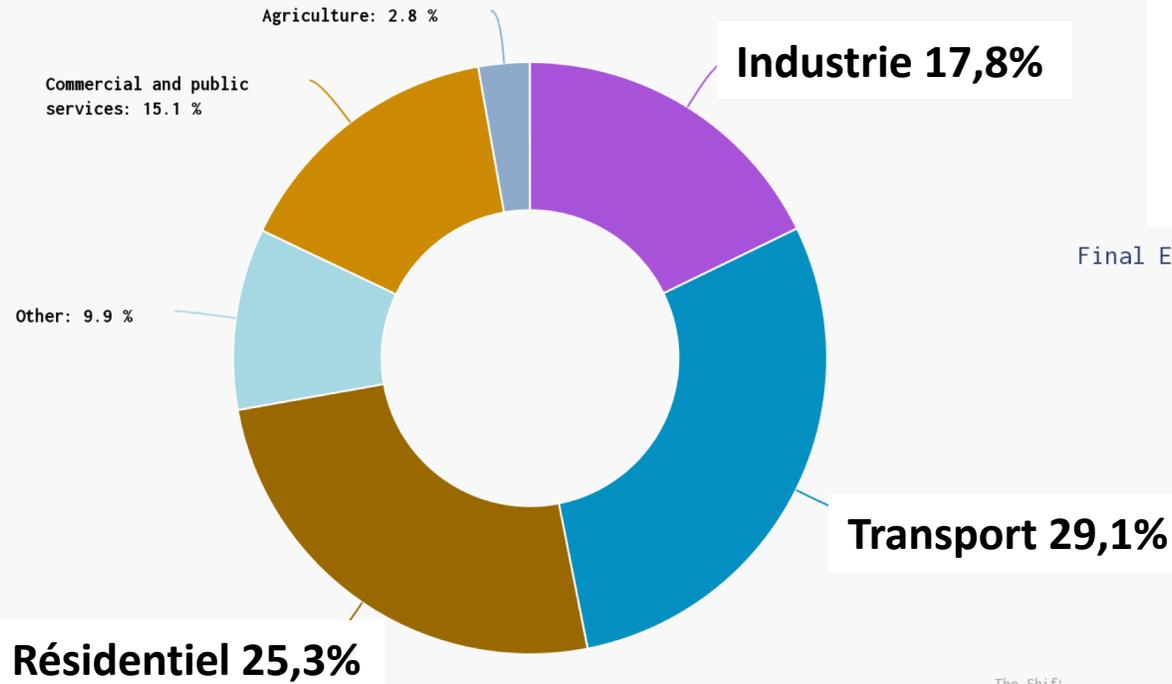


Objectif PPE : Augmentation de la part d'électricité de 25% à 50% dans la part d'énergie finale en 2050

Utilisation de l'énergie finale par secteur

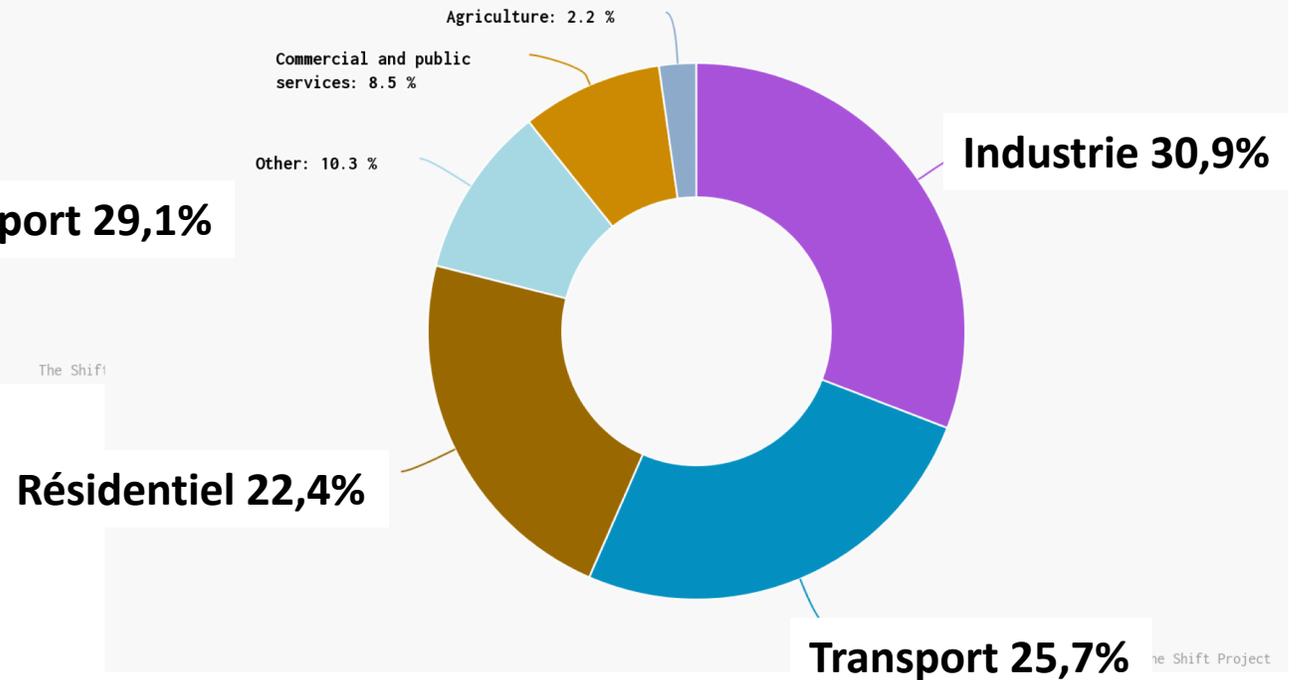
Final Energy by sector, France, 2015

France 2015



Final Energy by sector, World, 2015

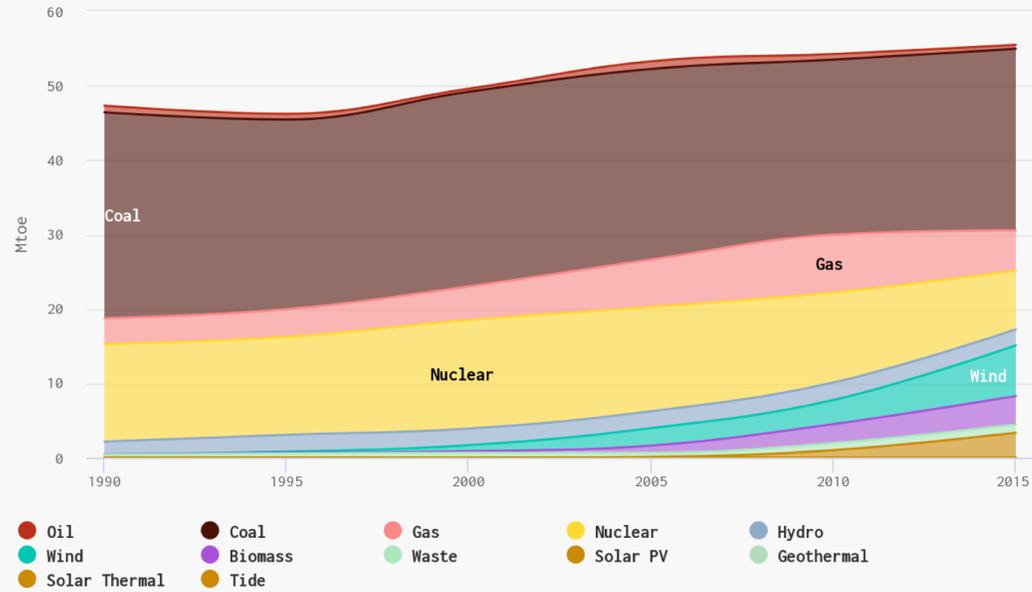
Monde 2015



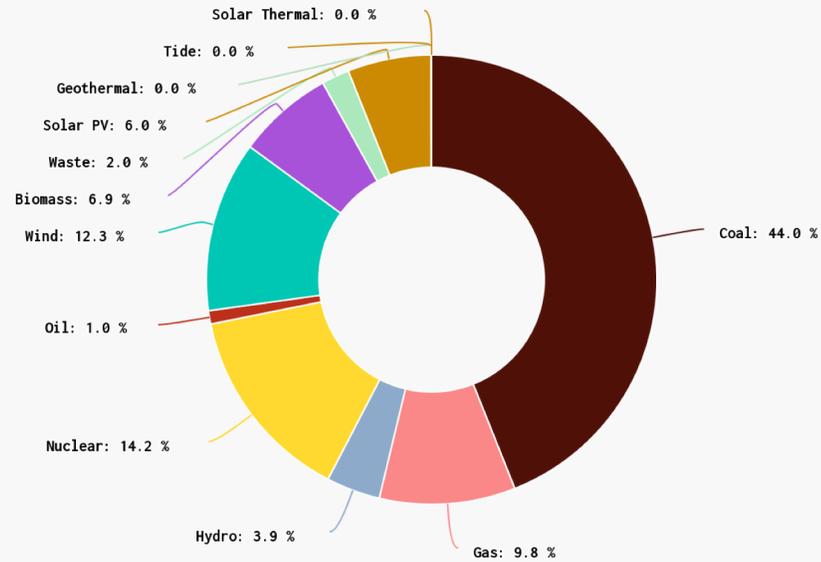
Allemagne

Electricité par source

Electricity Generation by source, Germany, 1990-2015



Electricity Generation by source, Germany, 2015



Évolution : 45% d'Énergies Renouvelables en 2020
Baisse de 40% des émissions de GES en 2020 par rapport à 1990
Objectif 2050 : 60% d'ENR dans l'énergie finale
Et Neutralité Carbone pour l'électricité

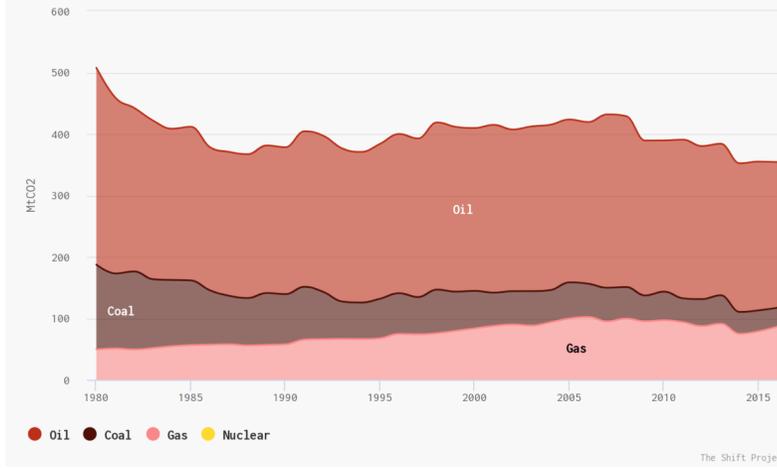
Comparaison France / Allemagne

Emissions de CO₂

CO2 emissions from fossil fuels, 1850-2016



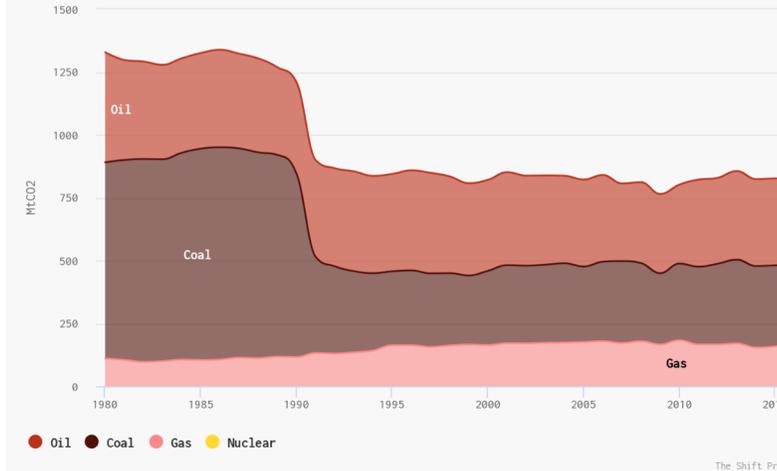
CO2 emissions from fossil fuels by source, France, 1980-2016



France

Pétrole 66,9%
Charbon 8,7%

CO2 emissions from fossil fuels by source, Germany, 1980-2016



Allemagne

Charbon 38%
Pétrole 41,6%

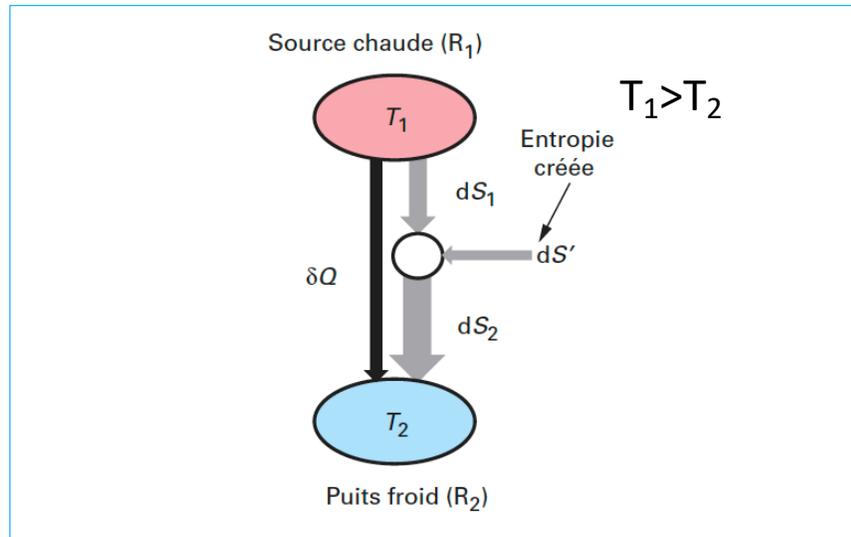
Puissance des installations électriques

- Puissance de différentes installations – ordres de grandeur

source	Puissance installée	utilisation	f	Puissance moyenne	Prod annuelle /an
réacteur nucléaire	900 - 1450 MW	base	80%	700 - 1150 MW	7000 GWh
centrale charbon/gaz	100 - 500 MW	base	85%	85 – 425 MW	750 – 3700 GWh
centrale charbon/gaz	100 - 500 MW	pointe	~35%	35 - 175 MW	300 - 150 GWh
barrage hydraulique	50 - 2000 MW	pointe	~25%	12 - 500 MW	100 - 400 GWh
éolienne onshore	1 - 3 MW	intermittent	~20%	0,2 - 0,6 MW	1,7 – 5 GWh
éolien offshore	5 – 8 MW	intermittent	~35%	1,75 – 2,8 MW	15 – 25 GWh
panneau PV	3000 W (indiv.) 300 MW (centrale)	intermittent	~10% ~10%	300 W 30 MW	2600 kWh 260 GWh

Théorème de Clausius

Entre deux systèmes en contact thermique, la chaleur s'écoule naturellement du système dont la température est la plus élevée vers celui dont la température est la moins élevée.



$$dS_1 = \frac{\delta Q_1}{T_1} < 0$$

$$dS_2 = \frac{\delta Q_2}{T_2} = -\frac{\delta Q_1}{T_2} > 0$$

Création d'entropie = Irreversibilité

$$dS_1 + dS_2 = \delta Q_1 \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) = \delta Q_2 \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) = \delta Q_2 \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1 T_2} \right) = dS' > 0$$

La création d'entropie est plus faible à haute température (pour un ΔT donné).

Sens inverse : pompe à chaleur ou réfrigérateur : l'énergie électrique permet de faire passer l'entropie et la chaleur d'une source froide vers un puits chaud → dans ce cas un générateur monotherme est possible : création d'entropie.

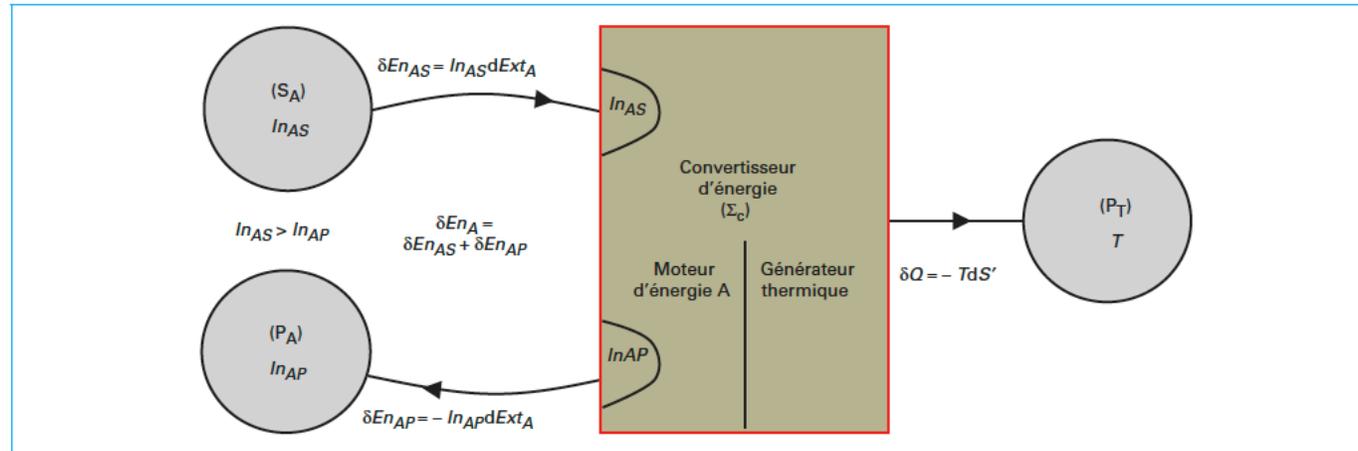


Figure 25 - Générateur thermique monotherme

$$|\delta Q| = T |dS'| = \delta En_A = (ln_{AS} - ln_{AP}) |dExt_A|$$