

Activité 1 : Consommation d'énergie à différentes échelles.

1 Consommation d'énergie à différentes échelles

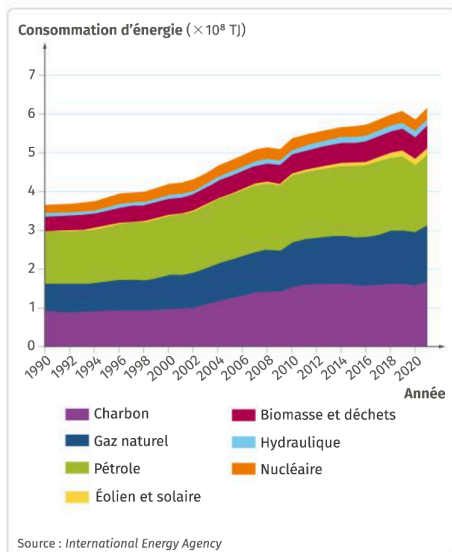
La production et la consommation d'énergie sont au cœur des enjeux scientifiques, économiques et politiques actuels. L'humanité fait face à de multiples défis, et doit limiter voire cesser l'utilisation de certaines ressources trop émettrices de gaz à effet de serre.

→ Comment évolue la consommation mondiale d'énergie ? Quels sont les ordres de grandeur de consommation d'énergie ? À quoi correspondent-ils ?

Ce que j'ai déjà vu

- Ressources en énergie fossiles
- Ressources en énergie renouvelables
- Gaz à effet de serre
- Énergie et puissance

Doc. 1 Évolution de la consommation d'énergie dans le monde selon les ressources en énergie



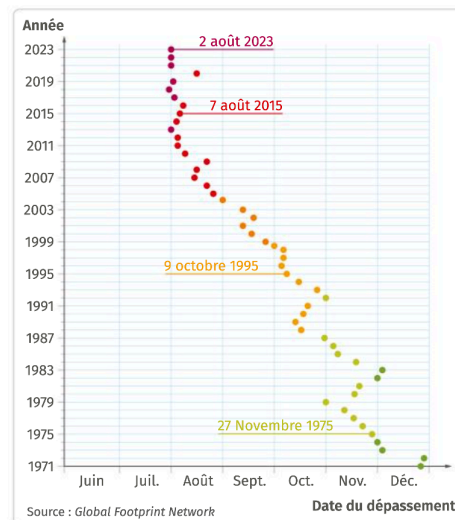
Doc. 3 Consommation énergétique de quelques pays en 2021

Pays	Consommation d'énergie en 2021 (TW-h)	Population
Chine	34 700	1 400 000 000
États-Unis	25 800	330 000 000
Indonésie	5 300	270 000 000
France	1 500	68 000 000
Canada	6 400	38 000 000

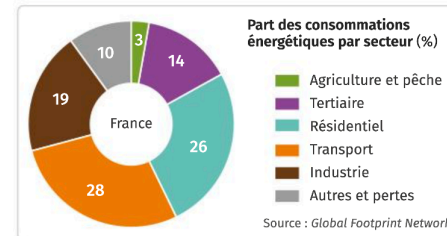
Source : International Energy Agency

Doc. 2 Jour du dépassement

Le jour du dépassement est un indicateur qui a été inventé par l'ONG étasunienne *Global Footprint Network* pour alerter le grand public sur la consommation excessive des ressources naturelles, notamment énergétiques. Il correspond au jour de l'année à partir duquel l'humanité a consommé plus de ressources que la Terre n'est capable d'en renouveler en une année.

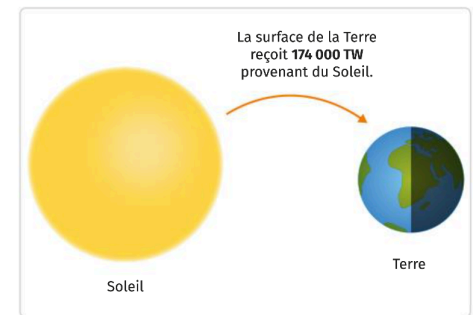


Doc. 4 Consommation d'énergie par secteur en France



► Consommation énergétique française en fonction des secteurs d'activité en 2021

Doc. 5 Rayonnement du Soleil reçu par la Terre



Doc. 6 Énergie d'un être humain

Pour pouvoir se déplacer, se réchauffer, travailler ou encore réfléchir, le corps d'un être humain produit de l'énergie qu'il tire de son alimentation.

Un être humain peut délivrer 100 W de puissance moyenne pour effectuer une tâche physique. Cette puissance peut être maintenue pendant environ 12 h par jour.



Données

- Conversion d'unités d'énergie : 1 kW-h = $3,6 \times 10^6$ J
- Valeurs des préfixes unitaires (tera, giga et mega) : 1 T = 10^{12} ; 1 G = 10^9 et 1 M = 10^6
- Estimation du nombre d'êtres humains sur Terre en 2024 : 8 milliards

Formulaire

$$E = P \cdot \Delta t$$

E : énergie (J)
 P : puissance (W)
 Δt : durée (s)

Questions ?

1. **Doc. 1** Relever la valeur de la consommation mondiale en énergie en 2021, toutes ressources confondues. Convertir cette énergie en joule (J).
2. **Doc. 1** Évaluer la consommation énergétique en combustibles fossiles mondiale en 2021. Donner le résultat en joule (J).
3. **Doc. 3 et 4** Convertir l'énergie consommée en 2021 par la population française en joule (J). Estimer l'énergie consommée par les transports en France cette même année.
4. **Doc. 6** Calculer l'énergie que tous les êtres humains sur Terre pourraient fournir en une année et l'exprimer en joule (J).
5. Classer l'ensemble des énergies évoquées précédemment dans l'ordre croissant.
6. **Doc. 5** L'énergie solaire E reçue par la Terre peut être calculée à partir de la puissance P reçue et la durée d'exposition Δt . En déduire l'équivalence en durée d'exposition solaire pour chaque énergie classée.
7. **Doc. 1** Une baisse mondiale de la production d'énergie a eu lieu en 2020. Proposer une explication.
8. **Doc. 1 et 2** Formuler une corrélation entre l'évolution de la consommation d'énergie mondiale et l'évolution du jour du dépassement. À quels risques s'expose l'humanité ? Quelles solutions peuvent être envisagées ?

2 Énergie et émission de dioxyde de carbone

Les réactions de combustion sont utilisées depuis la Préhistoire pour produire de l'énergie thermique et de l'énergie lumineuse. À partir du XVIII^e siècle, elles ont permis de produire de l'énergie mécanique nécessaire aux révolutions industrielles à travers le monde.

→ Comment peut-on estimer l'énergie produite par la combustion des combustibles fossiles ? Quelle masse de dioxyde de carbone libère-t-elle ?

Ce que j'ai déjà vu

- Équations de réaction
- Combustions complètes et incomplètes

Doc. 1 Combustion et production de dioxyde de carbone

La combustion est une réaction chimique **exothermique**, c'est-à-dire qu'elle libère de l'énergie. Elle met en jeu un combustible (ou carburant) et un comburant, généralement du dioxygène O₂ provenant de l'air. Cette réaction, lorsqu'elle est complète, produit essentiellement deux molécules : de l'eau H₂O et du dioxyde de carbone CO₂.

Il peut parfois arriver que la quantité de comburant apporté par l'air soit insuffisante. Dans ce cas, la réaction de combustion est incomplète et conduit à la formation d'espèces chimiques toxiques et polluantes, comme le monoxyde de carbone CO gazeux.

Combustible	Équation de combustion complète	Exemple d'application	Émission de dioxyde de carbone
Charbon C(s)	$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$	La production d'énergie électrique se situe à hauteur de 2 kW-h par kilogramme de charbon consommé.	1 g de charbon produit 3,67 g de dioxyde de carbone.
Méthane CH ₄ (g)	$CH_4(g) + \dots \rightarrow \dots + \dots$	Le gaz de ville est essentiellement constitué de méthane. Il peut être utilisé pour chauffer des habitations.	1 g de méthane produit 2,75 g de dioxyde de carbone.
Éthanol C ₂ H ₆ O(l)	$C_2H_6O(l) + \dots O_2(g) \rightarrow 2 CO_2(g) + 3 H_2O(g)$	L'éthanol est la principale espèce chimique composant le carburant E85.	1 g d'éthanol produit 1,91 g de dioxyde de carbone.

Doc. 2 Moteur thermique et rendement

Un moteur thermique est un convertisseur d'énergie permettant de convertir l'énergie chimique d'un carburant en énergie mécanique.

L'énergie chimique contenue dans le carburant est libérée à l'aide d'une combustion. Le rendement de la conversion est de 36 %, le reste étant dissipé dans l'air sous forme d'énergie thermique.



Doc. 3 Carburant E85

Le superéthanol E85 est un carburant qui contient essentiellement de l'éthanol, le complément étant de l'essence issue de la **distillation** du pétrole.



L'éthanol utilisé est qualifié d'agrocaburant (ou de biocarburant) lorsqu'il est issu de la fermentation des sucres et de l'amidon contenus dans les betteraves sucrières ou les céréales. Les voitures équipées d'un moteur à superéthanol E85 consomment en moyenne 8,75 L tous les 100 km.

Doc. 4 Production d'électricité avec des combustibles fossiles

Les centrales thermiques à charbon, à gaz naturel ou à pétrole sont les infrastructures de production d'électricité les plus répandues sur Terre. Du fait de la production de dioxyde de carbone CO₂ au cours de la combustion, ces centrales sont fortement émettrices de gaz à effet de serre.

En 2024, en France, il subsiste encore deux centrales thermiques à charbon : Cordemais, en Loire-Atlantique, et Émile-Huchet, en Moselle. Elles sont uniquement destinées à une production d'électricité d'appoint afin d'assurer la sécurité d'approvisionnement du réseau français.



Centrale thermique de Cordemais

Doc. 6 Pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique est une grandeur permettant d'estimer l'énergie thermique libérée par une réaction de combustion.

$$E_{\text{libérée}} = PC \cdot m$$

$E_{\text{libérée}}$: énergie libérée sous forme thermique (J)
 PC : pouvoir calorifique (J·kg⁻¹)
 m : masse du combustible (kg)

Données

- Pouvoirs calorifiques : $PC_{\text{charbon}} = 32,5 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, $PC_{\text{méthane}} = 50,0 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ et $PC_{\text{éthanol}} = 28,9 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
- Masse volumique de l'éthanol : $\rho_{\text{éthanol}} = 0,79 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$
- Unités d'énergie : $1 \text{ kW}\cdot\text{h} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$



Doc. 5 Tableau comparatif de l'empreinte carbone des combustibles

Combustible	Masse consommée pour produire 1 kW-h d'énergie thermique	Masse de dioxyde de carbone produit
Charbon		
Méthane		
Éthanol		

Vocabulaire

Distillation : méthode de séparation d'espèces chimiques miscibles.

Exothermique : relatif à une transformation qui libère de l'énergie thermique vers l'extérieur.

Questions ?

1. **Doc. 1** En s'aidant éventuellement de la simulation sur [LLS.fr/24ESTmethane](https://lls.fr/24ESTmethane), écrire l'équation de réaction de combustion du méthane CH₄.
2. **Doc. 1** Équilibrer l'équation de combustion de l'éthanol en ajustant le nombre de molécules de dioxygène O₂(g) mises en jeu.
3. **Doc. 3 et 6** Calculer l'énergie thermique libérée par la combustion de l'éthanol du carburant E85 sur 100 km.
4. **Doc. 2 et 3** Évaluer l'énergie mécanique produite grâce à la combustion d'éthanol lorsqu'une voiture à moteur thermique se déplace sur 100 km.
5. **Doc. 2** Schématiser la chaîne énergétique du moteur thermique en précisant les formes d'énergie mises en jeu.
6. **Doc. 6** Évaluer la masse de chaque combustible à consommer pour produire 1 kW-h d'énergie thermique.
7. **Doc. 1, 4 et 5** Compléter le tableau pour déterminer la masse de dioxyde de carbone CO₂ produite par le charbon, le méthane et l'éthanol lors de leur combustion, lorsqu'ils sont consommés pour produire 1 kW-h d'énergie thermique. Identifier le combustible le plus émetteur de dioxyde de carbone CO₂ par unité d'énergie et commenter.