

# Thème 01 - Science, climat et société

## Chapitre 04 - Energie, choix de développement et futur climatique

### 1 L'énergie dans le monde

L'unité officielle de l'énergie est le joule (J). Selon les quantités d'énergie, on utilise d'autres unités (Fig. 1), comme le kilowatt-heure (kWh) dans le cas de la consommation électrique d'un foyer ou la tonne équivalent pétrole (TEP) à l'échelle de la consommation d'énergie d'un pays.

La puissance correspond à l'énergie par unité de temps, son unité est le watt (W) (Fig. 2).

L'énergie finale est l'énergie consommée par un utilisateur, tandis que l'**énergie primaire** correspond à l'énergie totale nécessaire pour fournir l'énergie finale à l'utilisateur, incluant ainsi les pertes d'énergie entre sa production et son utilisation.

**Exemple :** En France, la production d'un kWh d'électricité consommée par un foyer (énergie finale) à partir d'uranium nécessite 2,5 kWh (énergie primaire), sans même compter l'extraction du minerai d'uranium, son transport et son enrichissement.

#### Les ressources

Les énergies primaires sont disponibles sous forme de stocks ou de flux.

Les stocks sont constitués d'énergies non renouvelables comme les combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel et charbon) et l'uranium. Les flux sont les énergies renouvelables comme le flux radiatif solaire, le flux géothermique et la puissance gravitationnelle à l'origine des marées.

L'énergie utilisée dans le monde provient d'une diversité de ressources parmi lesquelles les **combustibles fossiles** dominent (Fig. 3).

#### La consommation

La consommation d'énergie est très inégalement répartie selon la richesse des individus et des pays.

La consommation mondiale d'énergie primaire moyenne est de 1,9 TEP par habitant en 2017, mais cette valeur cache de grandes disparités selon la richesse des pays : un habitant du Qatar a consommé en moyenne 16,35 TEP d'énergie primaire, un Américain 6,6 TEP, un Français 3,7 TEP et un Sénégalais seulement 0,3 TEP.

La consommation d'énergie (tant primaire que finale) a doublé dans les 40 dernières années. Sa croissance est directement liée au modèle industriel de production et de consommation des sociétés.

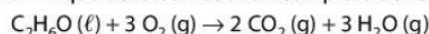
En moyenne mondiale, cette énergie est utilisée à parts comparables par le secteur industriel, les transports, le secteur de l'habitat et, dans une très faible mesure, par le secteur agricole (Fig. 4).

### 2 Conséquences de son utilisation

#### La combustion de carburants fossiles et de biomasse

Une **combustion** complète est la transformation chimique exothermique modélisée par la réaction entre un combustible et un comburant, le dioxygène, et produisant de l'eau et du dioxyde de carbone.

**Exemple :** L'équation chimique de la combustion complète de l'éthanol  $C_2H_5O$  s'écrit :



La quantité d'énergie et la masse de dioxyde de carbone dégagées par la combustion d'un kilogramme de combustible varient selon sa nature. Pour comparer

Unité	Conversion en joules
kWh	1 kWh = $3,60 \times 10^6$ J
TEP	1 TEP = $4,1868 \times 10^{10}$ J

Fig. 1 : Unités d'énergie et facteurs de conversions.

Corps humain au repos	$10^2$ W
Flux radiatif solaire moyen sur 1 m <sup>2</sup> de surface terrestre	$10^2$ W
Centrale hydroélectrique (barrage)	$10^6$ W
Réacteur nucléaire	$10^9$ W

Fig. 2 : Ordres de grandeur de puissances mises en jeu.

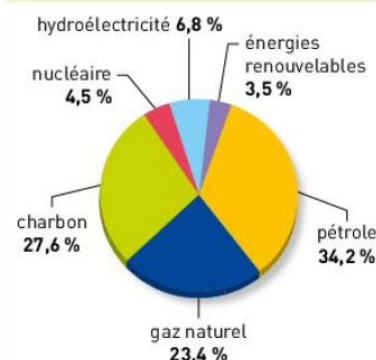


Fig. 3 : Origine de l'énergie primaire consommée en 2017 dans le monde.

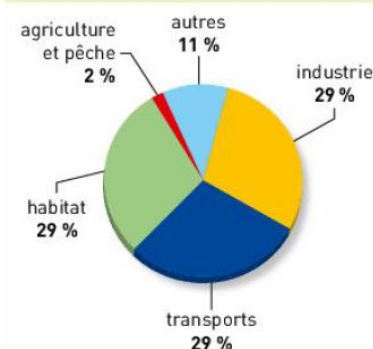


Fig. 4 : Répartition par secteurs de la consommation mondiale d'énergie finale en 2017.



des combustibles, on peut déterminer pour chacun la masse de dioxyde de carbone par unité d'énergie dégagée (Fig. 5).

En pratique, les combustions de **carburants** fossiles et de **biomasse** ne sont pas toujours complètes et rejettent d'autres espèces chimiques.

La combustion de carburants fossiles et de biomasse libère du dioxyde de carbone et également des **aérosols** et d'autres substances (protoxyde d'azote  $N_2O$ , ozone  $O_3$ , suies, produits soufrés), qui affectent la qualité de l'air respiré et la santé.

Les conséquences de ces rejets sur la santé sont nombreuses : irritations des yeux, affections respiratoires, bronchiolites, rhinopharyngites, asthme...

Les particules fines mesurent au plus quelques micromètres de diamètre et pénètrent en profondeur dans les poumons. Leur trop forte concentration dans l'air entraîne une hausse de la mortalité à court terme due à des affections respiratoires ou cardio-vasculaires et à long terme à cause de cancers.

### ● L'empreinte carbone

L'**empreinte carbone** d'une activité ou d'une personne est la masse de dioxyde de carbone  $CO_2$  produite directement ou indirectement par sa consommation d'énergie et/ou de matière première.

Le dioxyde de carbone étant le principal gaz à effet de serre, l'empreinte carbone permet de comparer l'impact d'activités ou de personnes sur le réchauffement climatique et ainsi de trouver des moyens de le réduire.

**Exemple :** Sur chaque véhicule neuf vendu en France est apposée une étiquette indiquant l'empreinte carbone par kilomètre parcouru (liée à son utilisation).

### ● La transition écologique

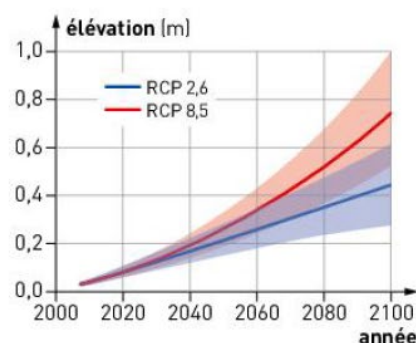
Les scénarios de **transition écologique** font différentes hypothèses sur la quantité de GES émise dans le futur. Ils évaluent les changements prévisibles, affectant les écosystèmes et les conditions de vie des êtres humains, principalement les plus fragiles.

Les projections fournies par les modèles permettent de définir les aléas et peuvent orienter les prises de décision. Les mesures d'adaptation découlent d'une analyse des risques et des options pour y faire face.

**Exemple :** Le niveau moyen mondial des mers continuera à s'élever au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, quel que soit le scénario (Fig. 6), à un rythme probablement plus rapide que celui observé jusqu'à maintenant. Des millions de personnes, notamment en Asie, devront changer de lieu de vie car leur domicile actuel sera sous le niveau de la mer.

Combustible	Masse de $CO_2$ (en g)
Méthane	55,0
Butane	67,0
Octane	69,3
Dodécane	70,5

**Fig. 5 :** Masse de  $CO_2$  dégagée pour libérer une énergie égale à 1 MJ par combustion en fonction du combustible.



**Fig. 6 :** Élévation du niveau des mers à l'échelle du globe selon plusieurs scénarios.

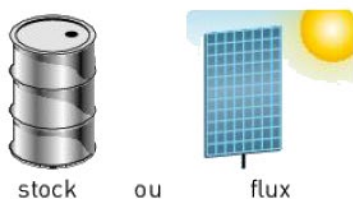
## Le vocabulaire à retenir

- **Aérosols** : particules solides ou liquides en suspension dans un mélange gazeux.
- **Biomasse** : ensemble de la matière organique d'origine végétale ou animale.
- **Carburant** : combustible utilisé dans un moteur.
- **Combustion** : transformation chimique exothermique modélisée par la réaction entre une espèce chimique appelée combustible et une autre appelée comburant.
- **Combustible fossile** : combustible issu d'êtres vivants enfouis dans le sol depuis des millions d'années.
- **Empreinte carbone** : masse de dioxyde de carbone  $CO_2$  produite directement ou indirectement par la consommation d'énergie et/ou de matière première liée à une activité ou une personne.
- **Énergie primaire** : énergie disponible dans la nature sans transformation.
- **Transition écologique** : passage vers un modèle de production et de consommation répondant aux enjeux suivants : le changement climatique, la rareté des ressources, la diminution de la biodiversité et l'augmentation des risques sanitaires et environnementaux.

## Résumé

### 1 L'énergie dans le monde

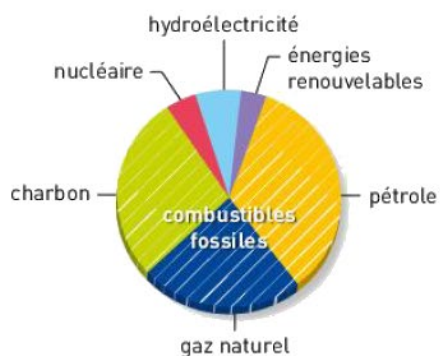
#### Énergie primaire



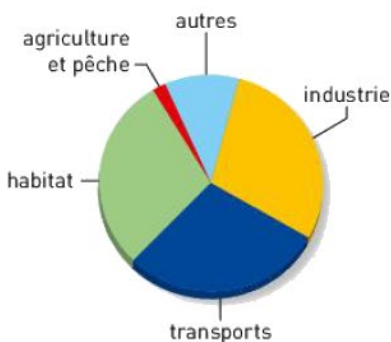
#### Consommation par habitant



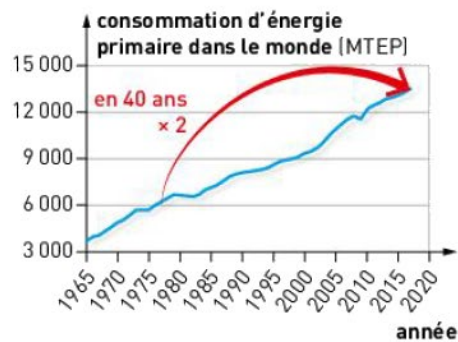
#### Les ressources



#### La consommation finale

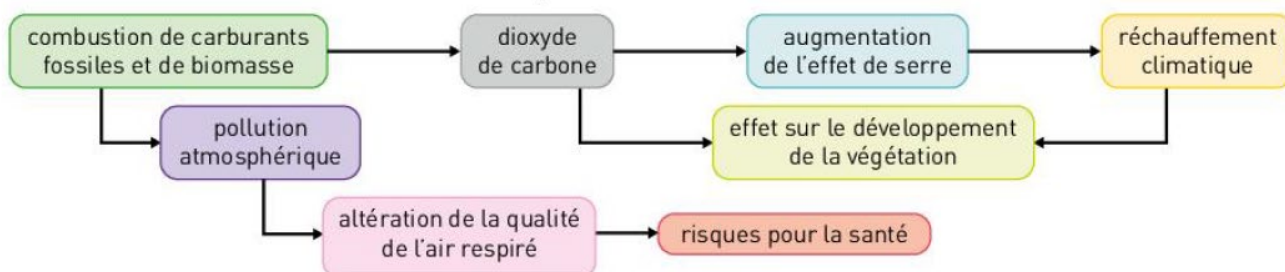


#### L'évolution de la consommation

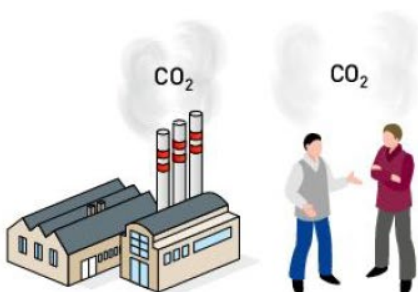


### 2 Les conséquences et leur évaluation

#### Conséquences des combustions



#### Évaluation l'empreinte carbone



#### Prévoir pour s'adapter élévation du niveau des mers

populations dont le domicile serait sous le niveau de la mer en fonction de l'augmentation de température (millions d'habitants en 2010)





## Exercices

### 1 Questions à choix multiples

Pour chaque question, choisir la ou les bonnes réponses.

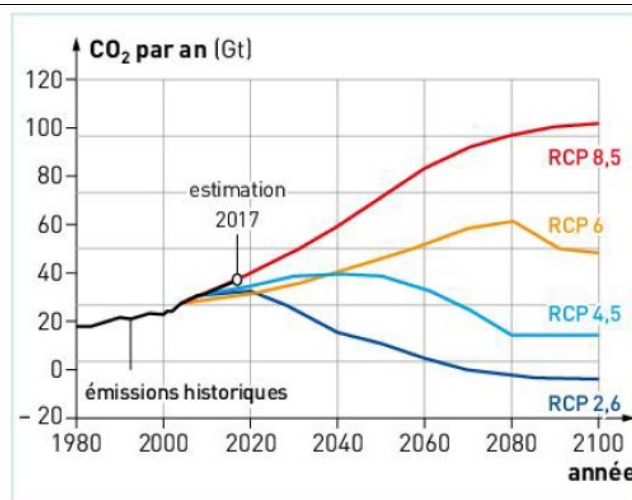
	1	2	3
<b>A</b> - L'ordre de grandeur de la puissance du corps humain au repos est :	1 MW.	0,1 kW.	100 mW.
<b>B</b> - L'énergie peut être exprimée en :	$\text{kW} \cdot \text{h}^{-1}$ .	J.	Tep.
<b>C</b> - L'énergie utilisée dans le monde provient principalement :	de l'uranium.	des combustibles fossiles.	des énergies renouvelables.
<b>D</b> - En moyenne mondiale, l'énergie est utilisée à parts comparables par :	les transports.	le secteur agricole.	le secteur industriel.

### 3 Restituer le cours

1. Qu'est-ce qui permet d'expliquer la croissance de la consommation d'énergie durant les dernières décennies ?
2. Citer deux ressources d'énergie primaire disponibles sous forme de stock et deux autres sous forme de flux.
3. a. Citer des espèces chimiques pouvant être produites par la combustion de carburants fossiles ou de biomasse.  
b. Quelles sont les conséquences de l'émission de ces espèces ?
4. Donner la définition de l'empreinte carbone d'une activité.

### 4 Émissions liées aux énergies fossiles

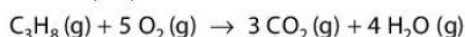
Ce document issu d'un rapport du GIEC indique des projections suivant les quatre profils d'évolution de GES :



1. Expliquer pourquoi les émissions de dioxyde de carbone sont liées aux énergies fossiles.
2. Commenter l'évolution des émissions liées aux énergies fossiles jusqu'en 2017.
3. Citer des conséquences probables si ces émissions suivaient le profil RCP 8,5.
4. Proposer deux exemples de comportement permettant de réduire les émissions de dioxyde de carbone.

### 5 Dioxyde de carbone produit par la combustion du propane

Le gaz propane est un combustible fossile de formule  $\text{C}_3\text{H}_8$ . Il est l'un des deux principaux composants du gaz de pétrole liquéfié qui alimente les voitures GPL. Il est aussi utilisé pour les cuisinières et les barbecues. L'équation de la réaction qui modélise la combustion du propane est :



Données : Énergie massique de combustion du propane :  $E_m = 46,3 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$  ; Masses atomiques :  $m_{\text{C}} = 1,99 \times 10^{-23} \text{ g}$ ,  $m_{\text{O}} = 2,66 \times 10^{-23} \text{ g}$ ,  $m_{\text{H}} = 1,67 \times 10^{-24} \text{ g}$ .

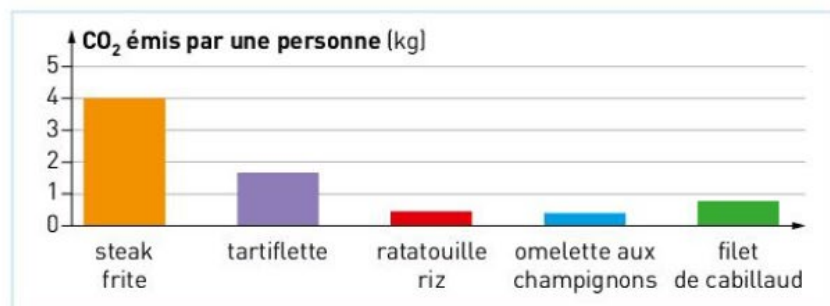
1. Calculer le nombre de molécules contenues dans un gramme de propane.
2. En déduire le nombre de molécules de dioxyde de carbone produites par la combustion d'un gramme de propane, puis la masse correspondante.
3. Calculer la masse de dioxyde de carbone produite par unité d'énergie libérée par la combustion du propane.



## 7 L'empreinte carbone de l'alimentation

L'empreinte carbone liée à l'alimentation représente 1/4 de l'empreinte carbone totale des ménages en France (en 2012).

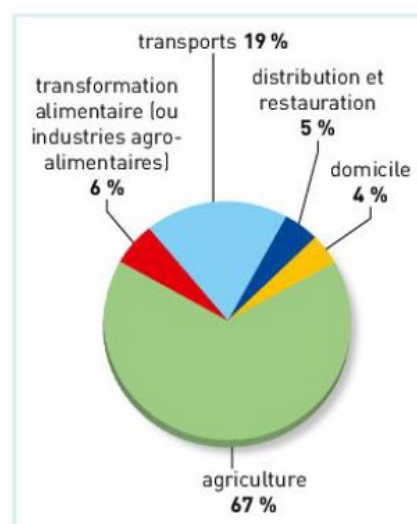
1. Définir l'empreinte carbone de l'alimentation d'un individu.
2. Pour un plat donné, proposer quelques exemples de comportements permettant de minimiser l'empreinte carbone dans les domaines de la figure a.
3. De manière générale, citer deux comportements permettant de minimiser l'empreinte carbone liée à notre alimentation.



« Logiquement, le steak frites est le mauvais élève de la bande, avec plus de 4 kg de CO<sub>2</sub> émis pour une portion. Il faut dire que si les pommes de terre sont écolo-compatibles, le bœuf est un des pires aliments quand on parle émissions de gaz à effet de serre. Mais alors que l'on pourrait croire que le poisson arriverait juste après, le filet de cabillaud est finalement moins « polluant » que la tartiflette. Ce plat d'hiver, [...] contient des lardons, mais surtout du fromage et de la crème. Bref, des produits laitiers issus d'animaux ruminants. »

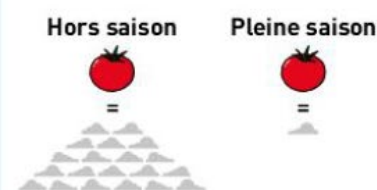
Grégory Rozières, « Combien de CO<sub>2</sub> dans vos assiettes ? », *HuffPost*, 14 novembre 2017

b Empreinte carbone de quelques plats.



a Répartition de l'empreinte carbone liée à l'alimentation des ménages en France.

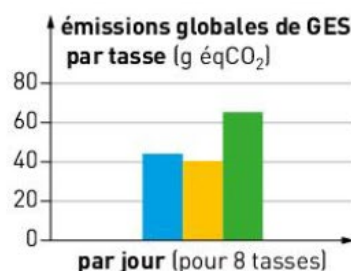
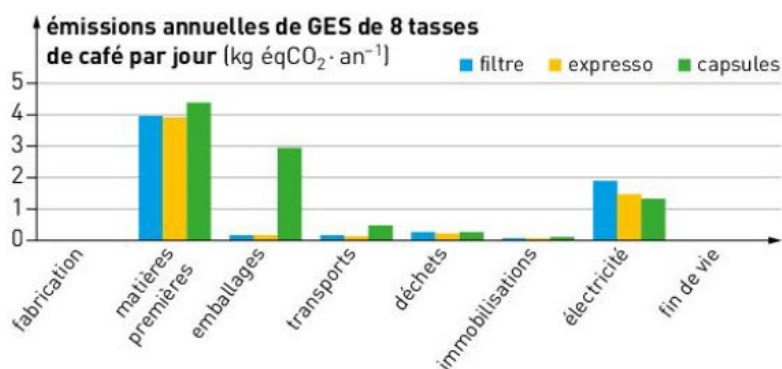
1 tomate en hors saison produit 20 fois plus de CO<sub>2</sub> qu'une tomate en pleine saison



c Empreinte carbone liée à la production d'une tomate.

## 9 Impact environnemental de cafetières

Les documents suivants ont pour but d'analyser l'impact environnemental de trois types de cafetières : cafetière à filtre papier utilisant du café moulu dite « Filtre », machine expresso utilisant aussi du café moulu dite « Expresso » et machine utilisant des capsules individuelles rigides hermétiques, dite « Capsules ».



1. Quel type de cafetière permet de minimiser les émissions des GES par tasse de café ? Dans quelle proportion par rapport aux deux autres types de cafetières ?
2. Proposer des explications aux écarts d'émissions liées à l'emballage et à la consommation d'électricité.

### Coup de pouce

1. Pour trouver dans quelle proportion une grandeur A est plus grande ou petite qu'une autre grandeur B, on peut calculer l'écart relatif (en %) :

$$\frac{|A - B|}{B} \times 100$$