

Les impacts de la combustion sur l'environnement et la santé

Enseignement scientifique Terminale

Durée 1h – 10 points – Thème « Le futur des énergies »

La combustion de carburants fossiles et de la biomasse libère du dioxyde de carbone qui a un impact environnemental majeur.

Il est également reconnu par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) que la santé publique est impactée par la pollution de l'air. Le Ministère des Solidarités et de la Santé estime qu'environ 48 000 personnes décèdent chaque année des effets de la pollution de l'air en France.

On se propose d'étudier la part et les impacts de la combustion de carburants fossiles et de biomasse sur la santé humaine.

Document 1 : production de dioxyde de carbone lors de la combustion de carburants fossiles et de la biomasse

| Combustible | Equation de la réaction |
|---|---|
| Gaz naturel méthane CH ₄ | CH ₄ + 2 O ₂ → CO ₂ + 2 H ₂ O |
| Essence modélisée par l'octane C ₈ H ₁₈ | 2 C ₈ H ₁₈ + 25 O ₂ → 16 CO ₂ + 18 H ₂ O |
| Biomasse (bois) modélisée par C ₆ H ₁₀ O ₅ | C ₆ H ₁₀ O ₅ + 6 O ₂ → 6 CO ₂ + 5 H ₂ O |

Énergie massique libérée par kg de combustible brûlé :

| Combustible | Gaz naturel | Essence | Biomasse |
|---------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Energie massique libérée | 50 MJ.kg ⁻¹ | 45 MJ.kg ⁻¹ | 17 MJ.kg ⁻¹ |

Masse de CO₂ produite pour 1 MJ d'énergie obtenue :

| Combustible | Gaz naturel | Essence | Biomasse |
|---|-------------|--------------------------|----------|
| Masse de CO₂ produite | 56 g | À calculer en question 5 | 95 g |

Source : d'après J.- C Guibet, Publications de l'Institut français du pétrole, 1997 et W. – M. Haynes, CRC Handbook of Chemistry and Physics, 2012

1- Indiquer le (ou les) combustible(s) mentionnés dans le document 1 pouvant être utilisés comme source(s) d'énergie renouvelable.

La Biomasse (bois) est le combustible mentionné dans le document 1 pouvant être utilisés comme source d'énergie renouvelable.

2- Calculer la masse d'essence, notée m_{essence}, nécessaire pour obtenir une énergie de valeur 1 MJ.

D'après le document 1 :

1 kg d'essence libère 45 MJ

| | |
|---------------|-------|
| 1 Kg | 45 MJ |
| $m_{essence}$ | 1 MJ |

$$m_{essence} = \frac{1 \times 1}{45}$$

$$m_{essence} = 0,022Kg = 22g$$

Il faut $m_{essence} = 22 g$ pour obtenir une énergie de valeur 1 MJ.

3- Sachant que la masse d'une mole d'essence est égale à 114 g, vérifier que la quantité de matière, notée $n_{essence}$, présente dans la masse d'essence nécessaire pour obtenir une énergie de valeur 1MJ vaut environ : $n_{essence} = 0,2 mol$.

| | |
|---------------|-------|
| 1 mole | 114 g |
| $n_{essence}$ | 22 g |

$$n_{essence} = \frac{22 \times 1}{114}$$

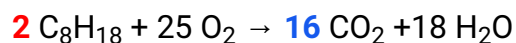
$$n_{essence} = 0,19mol$$

Il faut $n_{essence} = 0,19 mol$ pour obtenir une énergie de valeur 1 MJ soit environ : $n_{essence} = 0,2 mol$.

4- À l'aide de l'équation de la réaction modélisant la combustion de l'essence, vérifier que la quantité de matière de dioxyde de carbone produite n_{CO_2} est telle que $n_{CO_2} = 8n_{essence}$. Calculer n_{CO_2} .

D'après le document 1 :

| Combustible | Equation de la réaction |
|---|---|
| Gaz naturel méthane CH ₄ | CH ₄ + 2 O ₂ → CO ₂ + 2 H ₂ O |
| Essence modélisée par l'octane C₈H₁₈ | 2 C₈H₁₈ + 25 O₂ → 16 CO₂ + 18 H₂O |
| Biomasse (bois) modélisée par C ₆ H ₁₀ O ₅ | C ₆ H ₁₀ O ₅ + 6 O ₂ → 6 CO ₂ + 5 H ₂ O |



Pour **2** molécules d'essence C₈H₁₈, la combustion produit **16** molécules de dioxyde de carbone CO₂

| | |
|---|---|
| 2 molécules d'essence C ₈ H ₁₈ | 16 molécules de dioxyde de carbone CO ₂ |
| 1 molécules d'essence C ₈ H ₁₈ | x molécules de dioxyde de carbone CO ₂ |

$$x = \frac{1 \times 16}{2}$$

$$x=8$$

Pour 1 molécule d'essence C₈H₁₈, la combustion produit 8 molécules de dioxyde de carbone CO₂

$$\text{Ainsi : } n_{\text{CO}_2} = 8n_{\text{essence}}$$

5- La masse d'une mole de dioxyde de carbone étant égale à 44 g, déterminer la masse de CO₂ libérée dans l'atmosphère par la combustion de l'essence pour obtenir une énergie de valeur 1 MJ.

D'après la question 3 : Il faut $n_{\text{essence}}=0,20$ mol pour obtenir une énergie de valeur 1 MJ.

D'après la question 4 :

$$n_{\text{CO}_2} = 8n_{\text{essence}}$$

$$n_{\text{CO}_2} = 8 \times 0,20$$

$n_{\text{CO}_2} = 1,6$ mol pour obtenir une énergie de valeur 1 MJ.

Or la masse d'une mole de dioxyde de carbone étant égale à 44 g :

$$m_{\text{CO}_2} = 44 \times n_{\text{CO}_2}$$

$$m_{\text{CO}_2} = 44 \times 1,6$$

$$m_{\text{CO}_2} = 70,4 \text{ g}$$

Ainsi, une masse de CO_2 $m_{\text{CO}_2} = 70,4 \text{ g}$ est libérée dans l'atmosphère par la combustion de l'essence pour obtenir une énergie de valeur 1 MJ.

6- Comparer la masse de dioxyde de carbone émise par MJ produit pour chaque combustible du document 1 et indiquer quel est l'impact environnemental majeur du dioxyde de carbone.

D'après le document 1 :

Masse de CO_2 produite pour 1 MJ d'énergie obtenue :

| Combustible | Gaz naturel | Essence | Biomasse |
|---|-------------|--|----------|
| Masse de CO_2 produite | 56 g | À calculer en question 5 $m_{\text{CO}_2} = 70,4 \text{ g}$ | 95 g |

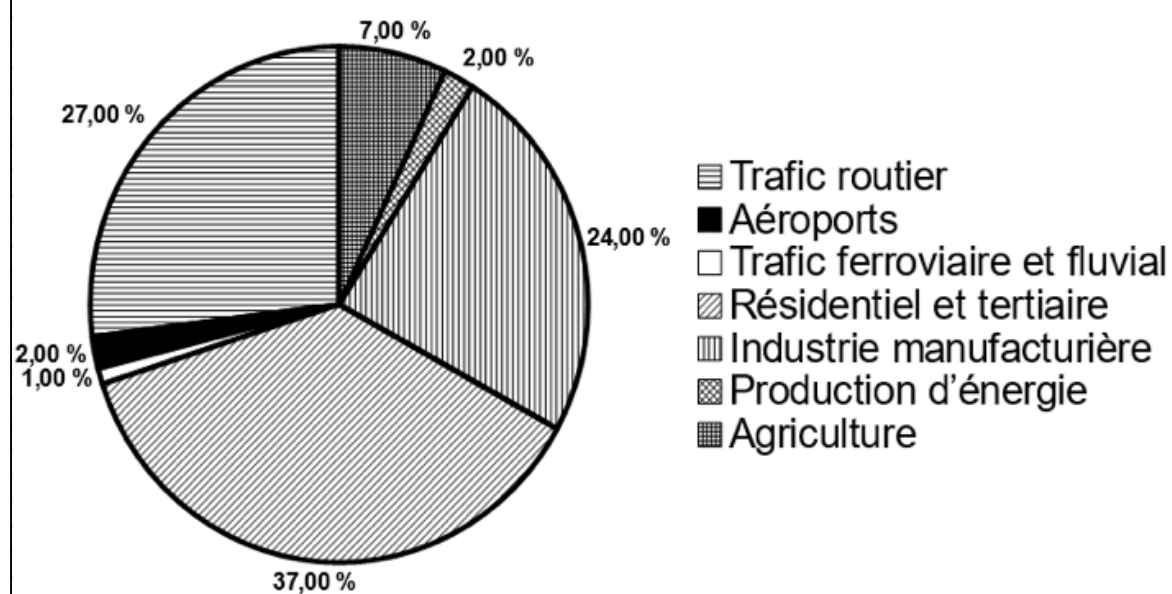
Le gaz naturel produit la plus petite masse de CO_2 pour 1 MJ d'énergie.

La biomasse produit la plus grande masse de CO_2 pour 1 MJ d'énergie.

L'essence produit une masse de CO₂ entre celle produite par le gaz naturel et la biomasse pour 1 MJ d'énergie.

7- Identifier les 3 secteurs d'activité émettant le plus de particules fines, à partir du document 2 (page suivante).

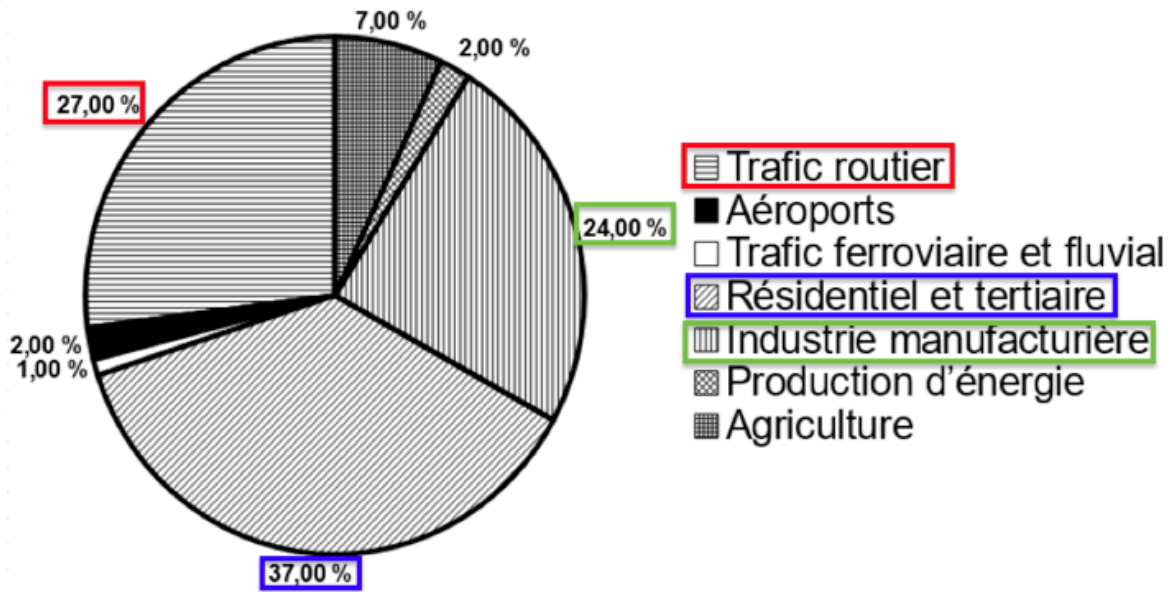
Document 2 : Répartition (en %) par grands secteurs d'activité des émissions annuelles de particules fines de dimensions inférieures à 2,5 µm (PM 2,5) en Ile-de-France.



Source d'après Airparif 2007

D'après le document 2 : les 3 secteurs d'activité émettant le plus de particules fines sont :

- Le secteur résidentiel et tertiaire pour 37,00 %
- Le secteur du trafic routier pour 27,00 %
- Le secteur de l'industrie manufacturière pour 24,00 %



8- À partir de l'étude présentée dans le document 3, rédiger un texte argumenté expliquant la signification du chiffre : « 48000 décès par an en France sont dus à la pollution ».

Document 3 : impacts sanitaires de la pollution de l'air en France (rapport de 2016)

La plupart des sources de pollution atmosphériques émettent des particules fines de diamètre inférieur à 2,5 micromètres (PM_{2,5}) : transports, résidentiel/tertiaire, agriculture, industrie. Leur contribution relative à la pollution atmosphérique varie cependant selon le lieu.

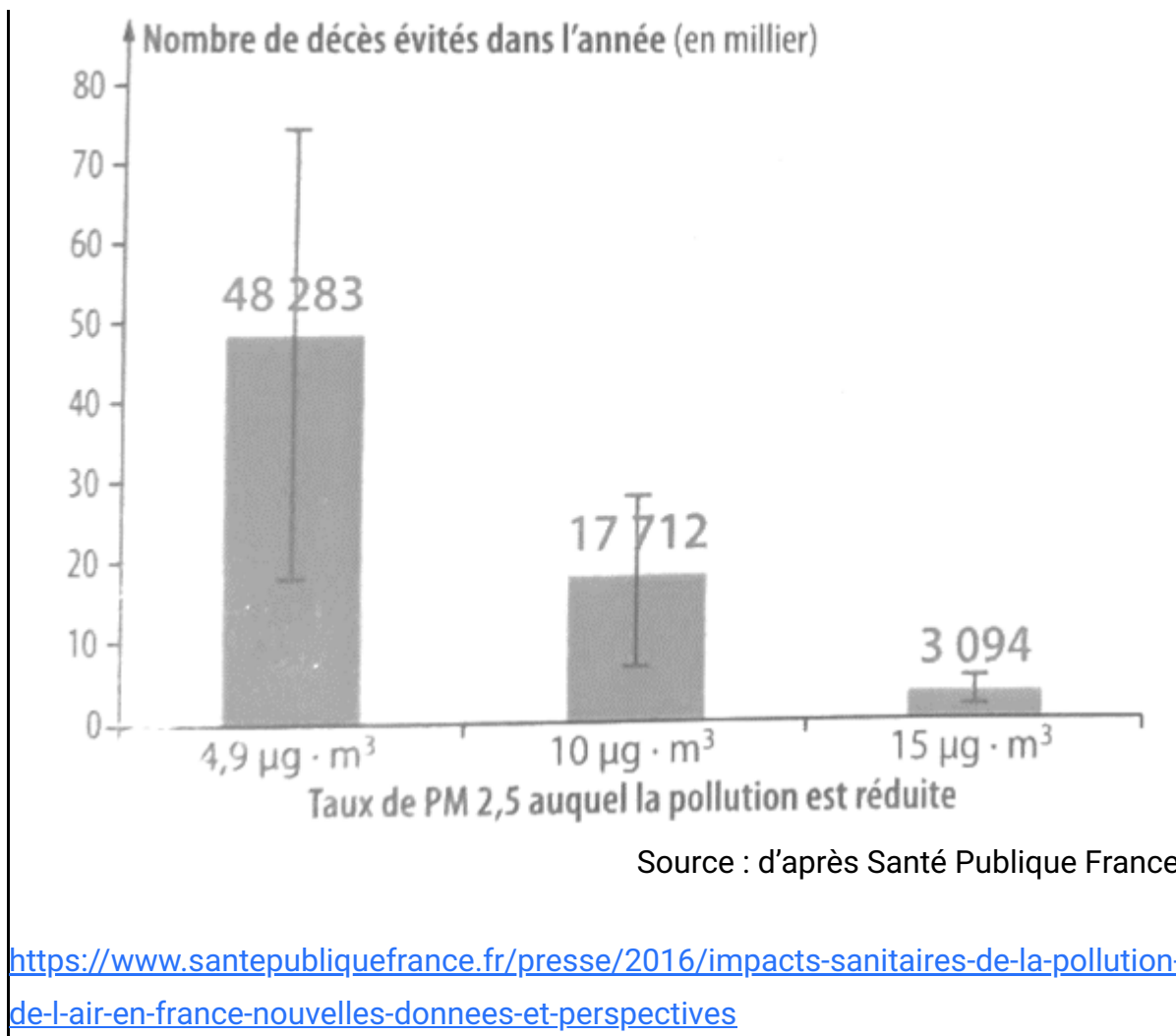
Désirant déterminer l'effet qu'une réduction de pollution aurait sur la mortalité prématurée en France, les chercheurs ont recueilli pour l'année 2007 les mesures de concentrations moyennes en particules fines PM_{2,5} et le nombre total de décès.

Ils ont ensuite appliqué une relation mathématique, établie dans des études précédentes, afin de calculer l'effet de différents scénarios :

- réduction à 4,9 µg.m⁻³, valeur que l'on peut mesurer dans des villages de haute montagne à faible activité économique ;
- réduction à 10 µg.m⁻³, valeur recommandée par l'OMS ;
- réduction à 15 µg.m⁻³, objectif fixé par le Plan national santé-environnement de 2009.

La population française en 2019 est de 65 millions d'habitants.

Nombre de morts qui auraient été évités dans l'année selon la modélisation réalisée par les chercheurs



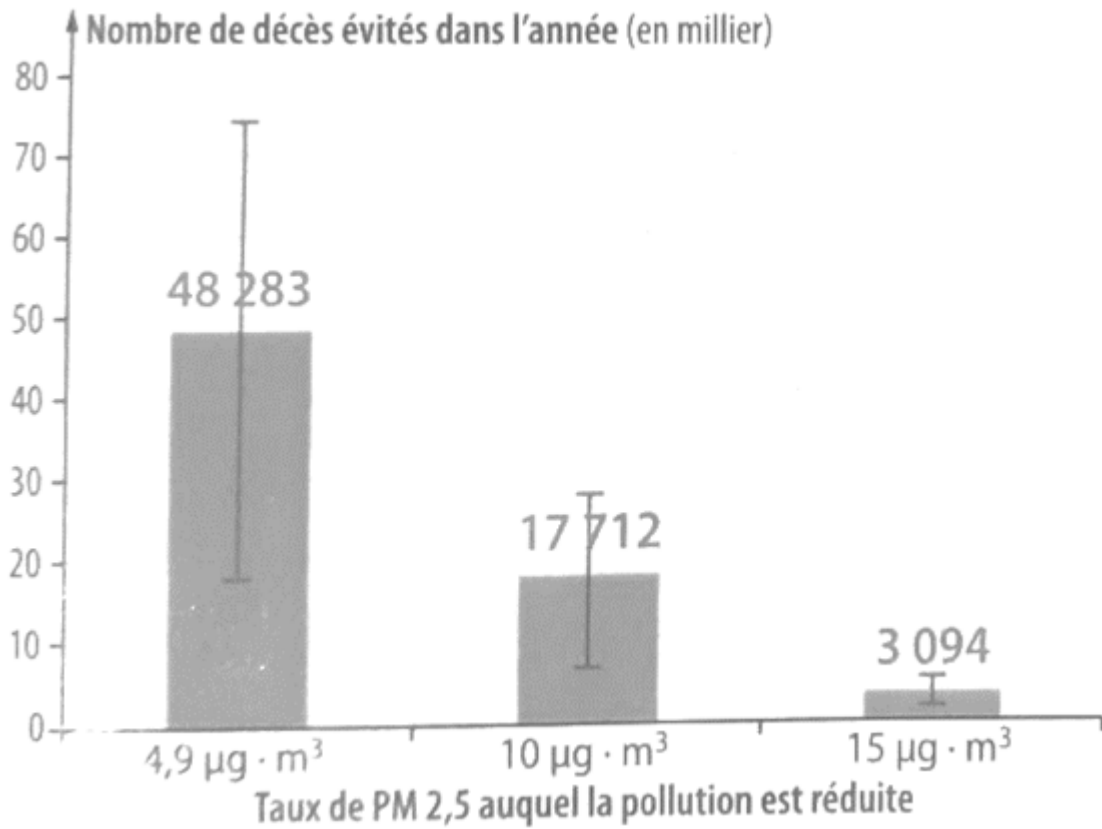
D'après le document 3 :

Les chercheurs ont recueilli pour l'année 2007 les mesures de concentrations moyennes en particules fines PM_{2,5} et le nombre total de décès.

A l'aide d'une relation mathématique, établie dans des études précédentes, ils ont faits des projections avec plusieurs scénarios possibles :

- réduction à 4,9 µg.m⁻³, valeur que l'on peut mesurer dans des villages de haute montagne à faible activité économique ;
- réduction à 10 µg.m⁻³, valeur recommandée par l'OMS ;
- réduction à 15 µg.m⁻³, objectif fixé par le Plan national santé–environnement de 2009.

En se basant sur la plus faible concentration moyenne en particules fines $PM_{2.5}$ basé sur la valeur que l'on peut mesurer dans des villages de haute montagne à faible activité économique, la projection mathématique nous permet d'estimer qu'on pourrait éviter 48283 morts dans l'année. Ces morts sont dus à cette pollution.



Ainsi, on peut dire que « 48000 décès par an en France sont dus à la pollution ».