

Exercice 01 : Les biocarburants

La diminution inéluctable des réserves d'énergie fossile et le changement climatique rendent nécessaire le développement de nouvelles sources d'énergie. Outre son usage alimentaire, la biomasse joue un rôle énergétique majeur dans les sociétés humaines, à travers par exemple le bois de chauffage, et ce depuis longtemps. Ce rôle s'étend aujourd'hui au domaine des transports.

Trois générations de biocarburants ont été élaborées. La première exploite la partie « consommable » de plantes terrestres riches soit en sucres (betterave, canne à sucre...), soit en huiles (soja, palme...). Les sucres sont transformés en bioéthanol et les huiles en biodiesel.

Le bilan environnemental de ces carburants de première génération étant contesté, la recherche sur les biocarburants de deuxième et troisième générations est privilégiée. Ces filières du futur utilisant des sources de biomasse non destinées à l'alimentation humaine ou animale.

Les biocarburants de « deuxième génération » sont issus de la transformation de la lignocellulose contenue dans les résidus agricoles (paille) et forestiers (bois), ou dans des plantes provenant de cultures dédiées (taillis à croissance rapide). Les biocarburants de « troisième génération » sont obtenus à partir d'algues.

a. Pourquoi développer les biocarburants ?

Le développement de biocarburants a pour objectifs principaux de réduire les émissions de gaz à effet de serre (les biocarburants participent à la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans la mesure où le CO₂ dégagé lors de leur combustion est compensé par le CO₂ absorbé par les végétaux lors de leur croissance) et d'anticiper l'épuisement des réserves mondiale de pétrole.

b. Pour quelles raisons le bilan environnemental des carburants de première génération est-il contesté ?

Les biocarburants entrent en compétition avec l'alimentation et sont donc une menace pour la sécurité alimentaire. Leur production nécessite une agriculture intensive, consommatrice d'énergie (pour labourer, semer, irriguer, transporter ...), d'engrais, de pesticides ... le développement des plantations de palmiers à huiles est, par exemple, responsable de la déforestation.

c. Quels sont les avantages des biocarburants de deuxième et de troisième génération par rapport aux biocarburants de première génération ?

Les biocarburants de deuxième et de troisième génération proviennent de sources qui ne compromettent pas la production alimentaire.

Exercice 02 : Voiture/Airbus A319

Un véhicule essence consomme en moyenne un volume de 5.8 L d'essence pour 100 km. L'essence est un mélange complexe d'alcane que l'on peut modéliser par de l'octane. Un airbus A319 consomme en moyenne un volume de 2.4×10^4 L de kérosène pour parcourir 6850 km. Le kérosène est un mélange complexe d'hydrocarbures que l'on peut modéliser par un alcane comportant 12 atomes de carbone (dodécane).

Données : masses volumiques : $\rho_{octane} = 0.70 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$; $\rho_{dodécane} = 0.75 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$

Masses molaires : $M_{CO_2} = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M_{octane} = 114 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M_{dodécane} = 170 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

a. Ecrire l'équation de la réaction de combustion complète de l'octane, puis celle du dodécane.



b. Calculer la quantité de matière n_1 d'octane consommé par kilomètre par le véhicule à essence, puis la quantité de matière n_2 de dodécane consommé par kilomètre par l'Airbus.

Le volume d'octane consommé par kilomètre est : $V_1 = \frac{5.8}{100} = 5.8 \times 10^{-2} \text{ L}$.

Ce volume V_1 correspond à une masse d'octane m_1 telle que $m_1 = \rho_{octane} \times V_1$

La quantité de matière d'octane consommée par km est donc : $n_1 = \frac{m_1}{M_{octane}} = \rho_{octane} \times \frac{V_1}{M_{octane}}$

$$n_1 = 0.7 \times 10^3 \times \frac{5.8 \times 10^{-2}}{114} = 0.36 \text{ mol}$$

Le volume de dodécane consommé par kilomètre est $V_2 = \frac{2.4 \times 10^4}{6850} = 3.5 \text{ L}$

Ce volume V_2 correspond à une masse de dodécane m_2 telle que $m_2 = \rho_{dodécane} \times V_2$

La quantité de matière de dodécane consommée par km est donc : $n_2 = \frac{m_2}{M_{dodécane}} = \rho_{dodécane} \times \frac{V_2}{M_{dodécane}}$

$$n_2 = 0.75 \times 10^3 \times \frac{3.5}{170} = 15 \text{ mol}$$

c. En déduire la quantité de matière n'_1 puis la masse m'_1 de CO_2 produit par kilomètre par le véhicule essence.

Le tableau d'avancement de la combustion de la quantité de matière n_1 d'octane :

		$2\text{C}_8\text{H}_{18}(\text{g}) + 25\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 16\text{CO}_2(\text{g}) + 18\text{H}_2\text{O}(\text{g})$			
		Quantités de matière (mol)			
	Avancement (mol)				
Etat initial	0	0.36	Excès	0	0
En cours de transformation	x	$0.36 - 2x$	Excès	$16x$	$18x$
Etat final	x_{max}	$0.36 - 2x_{max}$	Excès	$16x_{max}$	$18x_{max}$

A l'état final, $0.36 - 2x_{max} = 0$, soit : $x_{max} = \frac{0.36}{2} = 0.18 \text{ mol}$.

La quantité de de CO_2 formé est : $n'_1 = 16 \times x_{max} = 16 \times 0.18 = 2.9 \text{ mol}$.

La masse de de CO_2 formé est : $m'_1 = n'_1 \times M_{\text{CO}_2} = 2.9 \times 44 = 127,6 \text{ g}$.

d. En déduire la quantité de matière n'_2 puis la masse m'_2 de CO_2 produit par kilomètre par l'Airbus.

Le tableau d'avancement de la combustion de la quantité de matière n_2 de dodécane :

		$2\text{C}_{12}\text{H}_{26}(\text{l}) + 37\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 24\text{CO}(\text{g}) + 26\text{H}_2\text{O}(\text{g})$			
		Quantités de matière (mol)			
	Avancement (mol)				
Etat initial	0	15	Excès	0	0
En cours de transformation	x	$15 - 2x$	Excès	$24x$	$26x$
Etat final	x_{max}	$15 - 2x_{max}$	Excès	$24x_{max}$	$26x_{max}$

A l'état final, $15 - 2x_{max} = 0$, soit : $x_{max} = \frac{15}{2} = 7.5 \text{ mol}$.

La quantité de de CO_2 formé est : $n'_2 = 24 \times x_{max} = 24 \times 7.5 = 1,8 \times 10^2 \text{ mol}$.

La masse de de CO_2 formé est : $m'_2 = n'_2 \times M_{\text{CO}_2} = 1,8 \times 10^2 \times 44 = 7920 \text{ g}$.

e. Sachant qu'un airbus A319 peut transporter 124 passagers, et que le taux de remplissage moyen des voitures européennes est de 1.8 personne par voiture, calculer la masse de CO_2 produit par kilomètre et par passager. Conclure.

Pour la voiture, la masse de dioxyde de carbone formé par passager et par kilomètre est donc $\frac{127.6}{1.8} \approx 71 \text{ g}$

Pour l'Airbus, la masse de dioxyde de carbone formé par passager et par kilomètre est donc $\frac{7920}{124} \approx 64 \text{ g}$

Les calculs nous permettent de conclure que, un vol longue distance, en avion est comparable à une voiture en terme d'émissions de gaz à effet de serre. Cependant, nous avons considéré un avion plein (ce n'est pas toujours le cas) et une voiture presque vide. De plus, sur un trajet court (dans les 500 km), l'avion est beaucoup plus polluant que la voiture, car le décollage et l'atterrissage sont très consommateurs de carburant.

f. Quels problèmes environnemental particuliers présentent ces rejets de CO₂ ?

Les rejets importants de dioxyde de carbone sont responsables du réchauffement climatique observé depuis quelques années.