

Chapitre C₄ : Les hydrocarbures

Activités préparatoires

1. Recherche documentaire

Thème : Faire des recherches portant sur

1. la chimie des composés organiques et médicaments,
2. le pétrole, le gaz naturel et les matières plastiques,
3. la pétrochimie, pétrochimie.

Lexique : Faire des recherches sur le vocabulaire spécifique de : hydrocarbure, familles d'hydrocarbures, formules brutes, formule générale, combustion complète, combustion incomplète et distillation fractionnée.

2. Travail personnel

Le butane est un gaz utilisé pour préparer les aliments dans certaines cuisines.

Lors de sa combustion, quels sont les réactifs en présence ?

Quels sont les produits formés lors de sa combustion complète ?

Quel est le nom du produit dangereux lors de sa combustion incomplète ?



Utilisation domestique des hydrocarbures venant des pétroles et gaz

Objectifs spécifiques

- Identifier la famille à laquelle appartient un hydrocarbure à partir de sa formule brute.
- Ecrire et utiliser l'équation-bilan de la combustion complète d'un hydrocarbure dans le dioxygène.
- Prendre conscience :
 - de l'importance des hydrocarbures dans la vie courante.
 - des risques liés à l'utilisation domestique des hydrocarbures et de la pollution.

Prérequis

Equation bilan d'une réaction chimique.

Texte introductif

On n'y fait pas très attention, mais chaque jour nous consommons de l'énergie. Beaucoup d'énergie ! Il suffit de prendre sa voiture, et aussitôt, ce sont quelques litres de pétrole qui sont brûlés. Imaginez ! Chacun de nous brûle en une seule année l'équivalent de quelques tonnes de pétrole... Et pendant ce temps, l'effet de serre augmente, la planète se réchauffe et les énergies fossiles, elles, diminuent. Si rien n'est fait, nous allons non seulement vider les

réerves de pétrole de la Terre, mais nous risquons aussi de changer dangereusement le climat de notre planète. De tous les moyens d'obtenir de la chaleur, ce sont les hydrocarbures qui polluent le plus : particules de carbone, gaz toxiques, dioxyde de carbone.

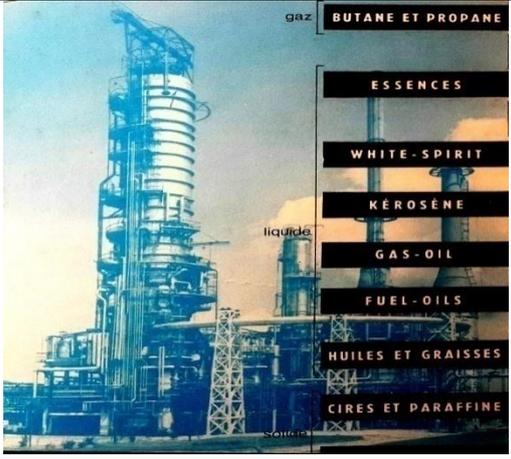
Quels sont les constituants majoritaires du pétrole ?

Quelles sont leurs propriétés ?

L'utilisation des hydrocarbures a-t-elle des risques et des dangers ?

Sécurité : attention aux risques de brûlure.

Situations problèmes

<p>La chimie organique est la chimie de certains composés du carbone, que ces composés soient naturels ou artificiels : hydrocarbure, alcool. . .</p> <p>Outre le carbone, ces composés contiennent un nombre limité d'éléments chimiques : hydrogène, oxygène, azote. . .</p> <p>Qu'est-ce qu'un hydrocarbure ?</p> <p>Quelles sont les familles d'hydrocarbure ?</p>	 <p>The diagram shows a distillation column with several trays. Labels on the right indicate the products collected at different heights: BUTANE ET PROPANE (gaz), ESSENCES, WHITE-SPIRIT, KÉROSENE, GAS-OIL, FUEL-OILS, HUILES ET GRAISSES, and CIRES ET PARAFFINE. The word 'liquide' is also visible near the middle of the column.</p>
<p>En 1892 Mendeleïev disait : ce matériel est trop précieux pour être brûlé. Quand nous brûlons du pétrole, nous brûlons de l'argent. Il faut l'utiliser comme matière première de synthèse chimique.</p> <p>Comment obtenir les hydrocarbures (ce matériel) ?</p> <p>Quels sont les produits de leur combustion ?</p>	 <p>The left image shows a close-up of a blue flame on a gas burner. The right image shows a yellow flame on a camping stove burner.</p>

Contenus

I. Hydrocarbures, familles d'hydrocarbure

Activité 1

Travail sur documents

Nous disposons d'une boîte de modèles atomiques et d'un tableau de classification périodique.

- ✓ Recherchons, en les construisant à l'aide des modèles atomiques les formules brutes des modèles moléculaires photographiés ci-contre.
- ✓ Quand la recherche est terminée, donnons le nom de chaque molécule identifiée, sa famille et la formule générale de la famille.
- ✓ Catégorisons ces molécules en hydrocarbures saturés et en hydrocarbures insaturés.

Peut-on construire des modèles différents avec seulement ces deux types d'atomes ?

Qu'est-ce qu'un hydrocarbure ?

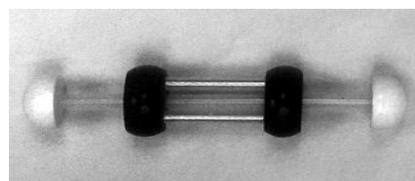
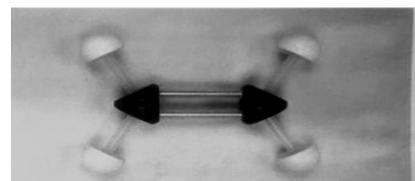
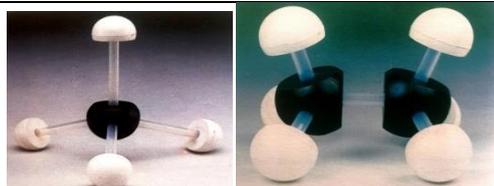


Photo 1 : Modèles moléculaires

Réponses

- Avec ces deux modèles atomiques, on peut construire les modèles moléculaires des molécules tels que le méthane, l'éthane, le propane, le butane, l'éthène et l'éthyne.
- Un hydrocarbure est formé à partir uniquement d'atomes de carbone et d'atomes d'hydrogène.

Conclusion

Les hydrocarbures sont des corps moléculaires composés uniquement d'atomes de carbone et d'atomes d'hydrogène. Il y a trois familles d'hydrocarbure : les alcanes, les alcènes et les alcynes.

Remarque

Il existe plusieurs familles d'hydrocarbures parmi lesquelles on peut citer :

Les alcanes de formule générale C_nH_{2n+2} avec $n \geq 1$. Leurs noms se terminent par « ane ».

Les alcènes de formule générale C_nH_{2n} avec $n \geq 2$. Leurs noms se terminent par « ène ».

Les alcynes de formule générale C_nH_{2n-2} avec $n \geq 2$. Leurs noms se terminent par « yne ».

Ce qu'il faut retenir

Définition, familles et formules générales des hydrocarbures

- ☞ Les hydrocarbures sont des corps moléculaires formés uniquement d'atomes de carbone et d'atomes d'hydrogène.
- ☞ On trouve des hydrocarbures :
 - Solides (la paraffine...)
 - Liquides (l'essence, le pétrole lampant, le gazole...)
 - Gazeux (le propane, le butane...)
- ☞ Il existe plusieurs familles d'hydrocarbure. On peut citer entre autres :
 - Les alcanes ont pour formule générale C_nH_{2n+2} avec $n \geq 1$ et un nom se terminant par **ane**. Le méthane (CH_4), l'éthane (C_2H_6), le propane (C_3H_8) et le butane (C_4H_{10}) sont les premiers hydrocarbures de cette famille.
 - Les alcènes ont pour formule générale C_nH_{2n} avec $n \geq 2$ et un nom se terminant par **ène**. L'éthylène (C_2H_4) est un hydrocarbure de cette famille.
 - Les alcynes ont pour formule générale C_nH_{2n-2} avec $n \geq 2$ avec un nom se terminant par **yne**. L'acétylène ou éthyne (C_2H_2) est un hydrocarbure de cette famille.

II. Propriétés chimiques des hydrocarbures

Activité 2

Expérience

Nous disposons du carbure d'aluminium, du carbure de calcium, de deux tubes à dégagement, d'un tube coudé, de deux flacons avec des bouchons à deux trous et d'un entonnoir à robinet.

- ✓ Réalisons le montage schématisé ci-dessous pour préparer le méthane et l'éthyne.

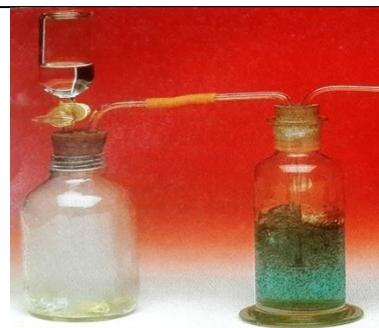


Photo 2 : Préparation d'un hydrocarbure

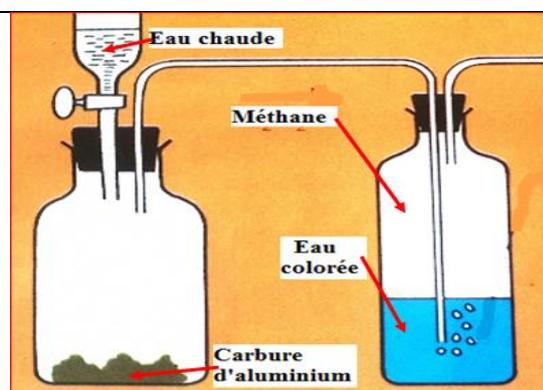


Figure 1 ; Préparation du méthane.

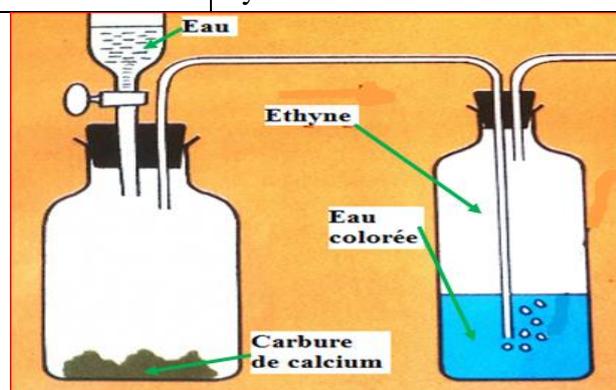


Figure 2 ; Préparation de l'acétylène

L'action de l'eau sur un carbure peut-elle produire un gaz ?

Ces deux gaz sont-ils solubles dans l'eau ?

Quels sont les constituants essentiels du pétrole et du gaz naturel ?

Nous disposons d'un brûleur à gaz, de deux verres à pied, de l'eau de chaux, d'une soucoupe et des allumettes.

- ✓ Réalisons le montage schématisé ci-contre pour identifier les produits de la combustion du butane.

- ✓ Plaçons au-dessous de la flamme la soucoupe.

Que constatons-nous ?

Quels sont les produits de la combustion complète du butane dans le dioxygène de l'air ?

La combustion du butane donne-t-elle toujours ces deux produits ?

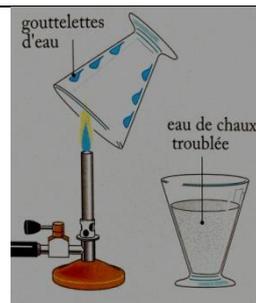


Figure 3 ;
Combustion complète du butane



Photo 3 ;
Combustion incomplète du butane

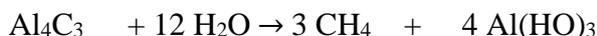
Observation

- On peut préparer certains hydrocarbures à partir d'un carbure.
- Des gouttelettes d'eau se forment sur les parois internes du verre à pied et l'eau de chaux devient troublee.
- Du carbone se dépose sur la soucoupe.

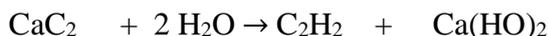
Interprétation

- On peut préparer du méthane (CH₄) par action de l'eau (H₂O) chaude sur du carbure d'aluminium (Al₄C₃).

Il se forme en même temps de l'hydroxyde d'aluminium (Al(OH)₃)



- On peut préparer de l'éthyne (C₂H₂) par action de l'eau (H₂O) sur du carbure de calcium (CaC₂). Il se forme en même temps de l'hydroxyde de calcium (Ca(OH)₂)



- Le produit de la combustion complète du butane qui se liquéfie sur les parois du verre est de l'eau (H₂O) et le produit de la combustion complète du butane identifié avec l'eau de chaux est du dioxyde de carbone (CO₂)

L'équation bilan de la réaction est : $\text{C}_4\text{H}_{10} + \frac{13}{2} \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{CO}_2 + 5 \text{H}_2\text{O}$

- La combustion du butane donne dans certaines conditions entre autres du carbone pur.

Conclusion

- Les pétroles et les gaz naturels sont des mélanges complexes d'hydrocarbures.

On peut préparer des hydrocarbures à partir des carbures de métaux.

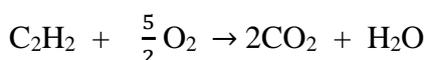
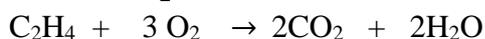
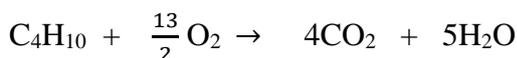
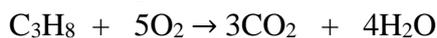
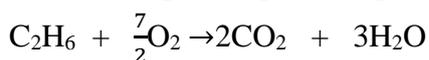
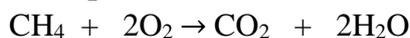
- La combustion complète d'un hydrocarbure, par exemple le butane, produit de l'eau et du dioxyde de carbone.
- La combustion incomplète d'un hydrocarbure produit du carbone et d'autres produits dont certains sont toxiques comme le monoxyde de carbone CO.

Ce qu'il faut retenir

Propriétés chimiques

- ☞ Les hydrocarbures proviennent essentiellement des pétroles et des gaz. On peut aussi préparer des hydrocarbures à partir des carbures de métaux et à partir des alcools.
- ☞ La combustion complète des hydrocarbures dans le dioxygène donne du dioxyde de carbone CO_2 et de l'eau H_2O .

Exemples



- ☞ La combustion incomplète des hydrocarbures dans le dioxygène produit un dépôt noir de carbone et du monoxyde de carbone CO , un gaz extrêmement toxique qui provoque l'asphyxie en agissant sur l'hémoglobine du sang.

Document

Les hydrocarbures et la synthèse organique

☞ Du pétrole brut aux grands intermédiaires

C'est à partir du pétrole brut (et du gaz naturel) que sont extraits certains hydrocarbures. Ceux-ci sont obtenus par distillation fractionnée du pétrole brut dans une raffinerie où se déroulent des opérations très variées dont le but est de fournir l'hydrocarbure le mieux adapté à l'usage envisagé. L'importance économique de ces produits est énorme, leurs utilisations multiples : combustibles ou carburants (méthane, butane, essence, fioul...), solvants (white-spirit...), lubrifiants (huiles, graisses...), matières de base de l'industrie chimique (éthylène, propène, butadiène, benzène, styrène, ...).

Avant 1940 la grande industrie chimique organique produisait des colorants, parfums, médicaments à partir des hydrocarbures dits aromatiques comme le benzène, principalement obtenus par pyrogénéation de la houille ; les besoins en hydrocarbures tels que l'éthylène ou le propène étaient inexistantes.

La Seconde Guerre mondiale suscita des besoins accrus en hydrocarbures aromatiques, comme le toluène, destiné à la fabrication d'explosifs. L'éthylène, le propène, le butadiène... devinrent nécessaires à la fabrication de nouveaux polymères comme le polyéthylène et les caoutchoucs synthétiques etc. Il fallut demander au pétrole ce que le charbon n'arrivait plus à fournir en quantité suffisante et mettre au point des procédés nouveaux.

Des grands intermédiaires aux produits finis.

L'industrie pétrochimique transforme les produits de base en produits intermédiaires comme l'éthylène, le propène, le butadiène, le styrène, le cyclohexane, les acrylates. Ces produits sont utilisés directement dans la fabrication des produits finis : matières plastiques, textiles synthétiques, colles, peintures, détergents, insecticides... L'éthylène se polymérise en polyéthylène et le butadiène sert à fabriquer du caoutchouc synthétique. Le benzène est transformé en styrène

qui se polymérise en polystyrène (servant de matériaux d'emballage ou d'isolation thermique). Le propène réagit avec l'ammoniac pour donner l'acrylonitrile dont la polymérisation fournit des fibres textiles comme le crylor, l'orlon ou la courtelle. L'altuglass ou plexiglass est obtenu par diverses réactions à partir du propène. Le polychlorure de vinyle ou PVC avec lequel on fabrique des tubes, des gouttières et de très nombreuses matières plastiques. La plupart des peintures et vernis, les antigels qui empêchent l'eau des radiateurs d'automobiles de geler en hiver, les similicuirs, les films, les colles, les pare-chocs d'automobiles sont des produits de synthèse.

Depuis 1940, la pétrochimie n'a cessé de se développer, répondant à une demande sans cesse accrue et à des besoins nouveaux suscités par la mise au point de produits jusque-là inconnus. Elle fabrique de très nombreux produits utilisés en médecine et en médecine vétérinaire : l'Aspirine, les antibiotiques... ou même ces tristes célèbres hormones que l'on donne aux animaux pour accélérer leur croissance. Mais ces substances créées par l'homme posent aussi des problèmes nouveaux de sécurité et de pollution.

Exercices

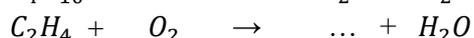
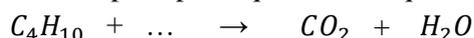
Contrôle des acquis

Exercice 1

1.1 Complète les phrases suivantes :

Les hydrocarbures sont des composés ne contenant que les éléments..... et Le composé de formule brute C_4H_{10} appartient à la famille des Son nom est le La combustion complète d'un ... produit de l'eau et du dioxyde de carbone. Sa combustion incomplète produit du carbone ... et d'autres produits dont certains sont toxiques comme le monoxyde de Les alcènes sont des On peut citer entre autres l'... de formule brute Leur formule générale est ... L'acétylène ou éthyne (C_2H_2) appartient à la famille des ...

1.2 Complète puis équilibre les équations des combustions complètes ci-dessous :



Exercice 2 : Réponds par vrai ou faux :

2.1 Un hydrocarbure est formé uniquement d'atomes de carbone et d'atomes de d'hydrogène.

2.2 A la température ordinaire tous les hydrocarbures sont gazeux.

2.3 La combustion complète d'un hydrocarbure produit de l'eau et du dihydrogène.

2.4 On peut préparer du méthane par action de l'eau chaude sur du carbure d'aluminium.

2.5 Les alcynes ont pour formule générale C_nH_{2n-2}

Exercice 3 :

3.1 Complète en choisissant le mot ou le groupe de mots en italique qui convient :

3.1.1 Les hydrocarbures sont des corps *moléculaires/atomiques* constitués uniquement de carbone et d'hydrogène.

3.1.2 Les alcanes ont pour formule brute/générale C_nH_{2n+2}

3.2 Choisis la bonne réponse :

3.2.1 Les alcènes ont pour formule générale :

a) C_nH_{2n+2} b) C_nH_{2n} c) C_nH_{2n-2}

3.2.2 Les alcynes sont des hydrocarbures :

a) saturés b) non saturés c) insaturés

Application

Exercice 4

Un hydrocarbure a pour formule brute C_4H_{10}

4.1 Donne son nom et sa famille.

4.2 Ecris l'équation-bilan de sa combustion complète dans le dioxygène de l'air.

4.3 Une bouteille de cuisine contient 13 kg de cet hydrocarbure. Calcule la quantité de matière (nombre de mole) contenue dans ces 13 kg.

4.4 La cuisinière brûle 25 moles de cet hydrocarbure, chaque jour, pour préparer les repas. Calcule la durée d'utilisation en jours de cette bouteille.

Exercice 5 : Le chalumeau oxyacétylénique

Le chalumeau oxyacétylénique est un outil utilisé dans les ateliers de chaudronnerie, dans les chantiers navals, pour effectuer des soudures ou découper des métaux. Le combustible utilisé

dans ce chalumeau est l'acétylène. La molécule d'acétylène est formée de deux atomes de carbone et de deux atomes d'hydrogène.

5.1 Ecris la formule brute de la molécule d'acétylène.

5.2 La combustion complète de l'acétylène produit de l'eau et du dioxyde de carbone.

Ecris l'équation-bilan de la réaction.

5.3 Lors d'une combustion de l'éthyne ou acétylène (C_2H_2) qui consomme 80 g de dioxygène (O_2), il se forme 88 g de dioxyde de carbone (CO_2) et 18 g d'eau (H_2O).

5.3.1 Quelle est la masse de l'éthyne qui est brûlée ?

5.3.2 Grâce à quelle loi as-tu pu calculer cette masse ?

Exercice 6

Un alcane A est utilisé pour le chauffage domestique.

La masse molaire moléculaire de A est de $M = 58\text{g/mol}$.

6.1 Rappelle la formule générale des alcanes en fonction de n.

6.2 Trouve la formule brute de A et donne son nom.

6.3 La combustion complète d'une masse m de l'alcane A produit 4 moles de dioxyde de carbone.

6.3.1 Ecris l'équation- bilan de la réaction.

6.3.2 Trouve la masse m d'alcane utilisée.

Exercice 7 : On donne $V_M = 25\text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$

La molécule d'un alcane possède 6 atomes d'hydrogène.

7.1 Ecris la formule brute de cet alcane et donne son nom.

7.2 La combustion complète de cet alcane a nécessité 2,5 L de dioxygène.

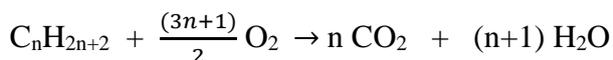
7.2.1 Ecris l'équation-bilan de cette réaction de combustion

7.2.2 Calcule la masse d'alcane qui a réagi au cours de cette combustion.

7.2.3 Trouve le volume de dioxyde de carbone formé.

Exercice 8 : On prendra : volume molaire $V_M = 24\text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$

Les alcanes brûlent à l'air ou dans le dioxygène pur en dégageant beaucoup de chaleur. Ils sont ainsi utilisés comme combustibles. L'équation-bilan de la combustion complète d'un alcane s'écrit :



8.1 La combustion complète de 1,16 g d'un alcane produit 3,52 g de dioxyde de carbone et 1,8 g d'eau.

8.1.1 Vérifie que la formule de l'alcane est C_4H_{10}

8.1.2 Comment mettre en évidence qualitativement le dioxyde de carbone lors de la combustion d'un alcane ?

8.2 Une bouteille de cuisine contient 13 kg de cet alcane. Calcule le volume de dioxygène nécessaire à la combustion complète de l'alcane contenu dans cette bouteille.

Exercice 9

Calcule la masse et le volume (dans les CNTP) de méthane que l'on obtient en décomposant 26 g de carbure d'aluminium (Al_4C_3) par de l'eau (H_2O).

Exercice 10

On fait brûler complètement 2,6 L de méthane (CH_4) dans le dioxygène. Calcule :

10.1 Le volume dans les CNTP de dioxygène (O_2) nécessaire à cette combustion.

10.2 Le volume dans les CNTP et la masse du dioxyde de carbone (CO_2) obtenu.

10.3 La masse de l'eau formée (H_2O).

Exercice 11

On fait agir de l'eau (H_2O) en excès sur 48 g de carbure de calcium (CaC_2). Calcule :

11.1 Le volume de l'éthylène (C_2H_2) dans les CNTP obtenu.

11.2 La masse de la chaux éteinte (Ca(OH)_2) formée.

Situation d'intégration

Exercice 12 : Le volume molaire des gaz est de $24 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$

Le gaz de pétrole liquéfié (GPL) utilisé par certaines voitures est un mélange de deux hydrocarbures qui ont pour formules : C_3H_8 et C_4H_{10} .

12.1 Donne le nom de chacun de ces deux hydrocarbures ? A quelle famille d'hydrocarbures appartiennent-ils ?

12.2 Ecris l'équation-bilan de la combustion complète de chacun des deux hydrocarbures qui constituent le GPL

12.3 Une voiture a une consommation moyenne de 10,5 L de GPL (liquide) aux 100 km. La masse volumique du GPL liquide est de $0,56 \text{ Kg}\cdot\text{L}^{-1}$. On considère que le GPL est constitué, en masse, de 50% de C_3H_8 et de 50% de C_4H_{10} .

Calcule, pour un kilomètre parcouru et pour chacun de ces deux hydrocarbures, le volume de dioxyde de carbone produit.

12.4 La même voiture fonctionnant à l'essence a une consommation de 8,5 L aux 100 km et, pour 1 km parcouru, dégage dans l'atmosphère un volume de dioxyde de carbone de 108 L. Compare la pollution au dioxyde de carbone produit par le GPL et par l'essence.