

Chimie et mobilités

Les biocarburants

Lycée professionnel

Éric Bausson

Ce dossier s'appuie sur le colloque « Chimie et mobilités » du 11 février 2026, plus précisément sur les conférences de *M. Flament Jérôme* lors de la table ronde « Innovation et challenges industriels des mobilités »  et de clôture de *M. Chevet Pierre-Franck* intitulée « La chimie, ça roule ! » .

- Programme spécifique de **physique-chimie** pour tous les groupes de spécialité en classes de **première** et de **terminale** du baccalauréat professionnel sur le thème « Thermique : Comment utiliser et contrôler les transferts thermiques ? ».
- Programmes spécifiques de **physique-chimie** pour la classe de **terminale** du baccalauréat professionnel propres au groupement de spécialité 5 sur le thème « Chimie : Comment analyser, transformer ou exploiter les matériaux dans le respect de l'environnement ? » et des notions complémentaires à aborder dans le cadre d'une préparation à la poursuite d'études.

RAPPEL Le groupement 5 rassemble les spécialités des baccalauréats professionnels mobilisant des compétences professionnelles qui nécessitent de solides connaissances dans le domaine de la chimie. Il réunit les spécialités de secteurs professionnels variés : industrie chimique, bio-industrie, cosmétologie, teinturerie, textiles, plasturgie, esthétique, gestion des pollutions et protection de l'environnement, verrerie, plastique et composite...

MOTS-CLÉS :

mobilités, biocarburants, bioéthanol, bioesters, combustion, BioButterfly.

ANGLE CHOISI :

Comment produit-on des biocarburants et quelles sont ses applications pour notre mobilité ?

*Bioraffinerie
de La Mède (13)*



A. INTRODUCTION

Le **bioéthanol**, alcool d'origine végétale obtenu par fermentation des sucres, s'inscrit à la croisée de l'histoire de la chimie et des enjeux énergétiques actuels. L'éthanol a été identifié et étudié dès le XIX^{ème} siècle, notamment par le chimiste français *Antoine Lavoisier*, qui a contribué à trouver sa composition et son rôle dans les réactions de combustion. Aujourd'hui, le bioéthanol présente plusieurs intérêts majeurs car il constitue une source d'énergie renouvelable et permet de valoriser les déchets agricoles et contribue à réduire les émissions nettes de CO₂ par rapport aux carburants fossiles. Les biocarburants ne se limitent pas au bioéthanol car nous en utilisons d'autres comme le biométhane et les bioesters présents dans le biodiesel.

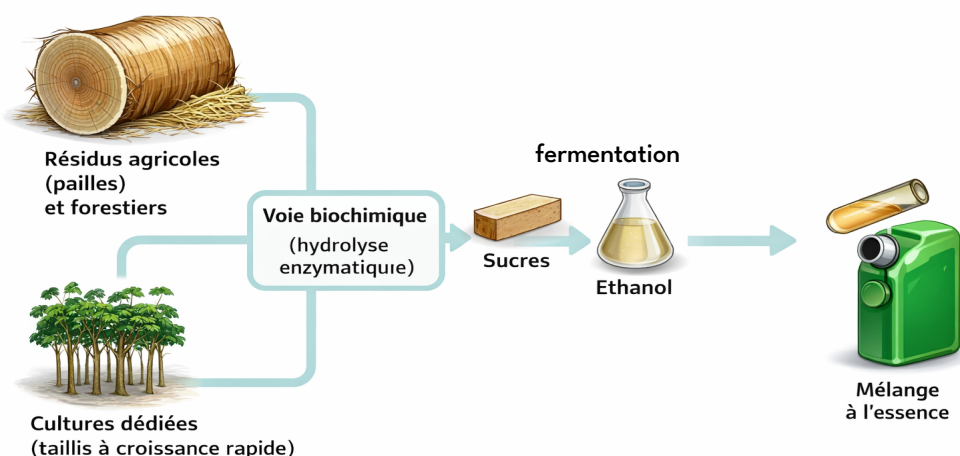
Le bioéthanol joue aussi un rôle croissant dans la chimie verte car il peut aussi être transformé en éthylène biosourcé, puis en polymères et en caoutchoucs synthétiques. En France, le procédé BioButterfly, développé notamment par Michelin, IFP Energies nouvelles et Axens, vise à produire un hydrocarbure, dénommé butadiène d'origine renouvelable à partir du bioéthanol, ouvrant la voie à des pneumatiques plus durables.

Dans ce dossier, nous allons étudier quelques aspects de certains de ces composés chimiques dont leurs productions et usages.

B. PRODUCTION DE BIOÉTHANOL ET DE BIOESTERS

L'**éthanol**, qu'il soit d'origine naturelle (bioéthanol) ou artificielle (fabriqué par l'Homme) a bien entendu la même structure moléculaire. Il s'agit d'un alcool de formule brute C₂H₆O.

Voici une des illustrations projetées lors de la conférence de *M. Chevet Pierre-Franck* intitulée « La chimie, ça roule ! » :



1. D'où proviennent les atomes présents dans le bioéthanol ?

Comment est dénommée cette synthèse effectuée en plein jour ?

- 2. Pourquoi privilégie-t-on actuellement les biocarburants de « deuxième génération » issus par exemple de résidus agricoles et non ceux issus de la culture de betteraves, de la canne à sucre, etc. ?
- 3. Comme tout alcool, quel groupement caractéristique contient l'éthanol ?
- 4. Donner les formules développées et semi-développées de l'éthanol.
- 5. Proposer l'équation chimique ajustée concernant la fermentation du glucose $C_6H_{12}O_6$ donnant comme produits de l'éthanol et du CO_2 .

Antoine Lavoisier (1743 - 1794) dans son ouvrage « Traité élémentaire de chimie » paru en 1789 (une autre révolution !) décrit diverses expériences dont celle concernant la fermentation alcoolique des sucres. Voici un court extrait de cet ouvrage :

Cette opération est une des plus frappantes et des plus extraordinaires de toutes celles que la chimie nous présente, et nous avons à examiner d'où vient le gaz acide carbonique qui se dégage, d'où vient l'esprit inflammable qui se forme, et comment un corps doux, un oxyde végétal, peut se transformer ainsi en deux substances si différentes, dont l'une est combustible, l'autre éminemment incombustible.

- 6. Quel est le nom officiel correspondant à l'« acide carbonique » ?
- 7. Dans votre équation chimique précédente, celle de la fermentation du glucose, quelles sont les substances « combustible » et « incombustible » ?



Antoine Lavoisier et sa femme Marie-Anne collaboraient en associant leurs compétences. Antoine réalisait les expériences et Marie-Anne les dessinait de façon très précise, traduisait les publications scientifiques étrangères et publiait les écrits de son mari dans le Monde.

<http://>

Le couple Lavoisier © AB Art



Les biocarburants ne se résument pas à la production de bioéthanol comme nous le montre *M. Flament Jérôme* lors de la table ronde « Innovation et challenges industriels des mobilités ». Les industriels développent depuis quelques années des procédés dans le but de produire des molécules

d'intérêt à partir de la biomasse et de nos déchets car « rien ne se perd, rien ne se crée, mais tout se transforme ! » (*Antoine Lavoisier*).

Des raffineries, initialement dédiées au pétrole, ont même été modifiées pour permettre la production de molécules à partir de nos déchets et productions agricoles dédiées. Ces bioraffineries permettent, par exemple, de produire un carburant durable d'aviation dénommé « SAF ». La production de ces carburants reste actuellement très limitée, faute de filières industrielles suffisamment développées, et en raison de leur prix trois à quatre fois plus élevé que celui du kérosène fossile.

Voici une illustration simplifiée permettant d'établir l'origine, les procédés chimiques d'obtention du biométhanol et du bioéthanol et leurs présences dans des biocarburants :

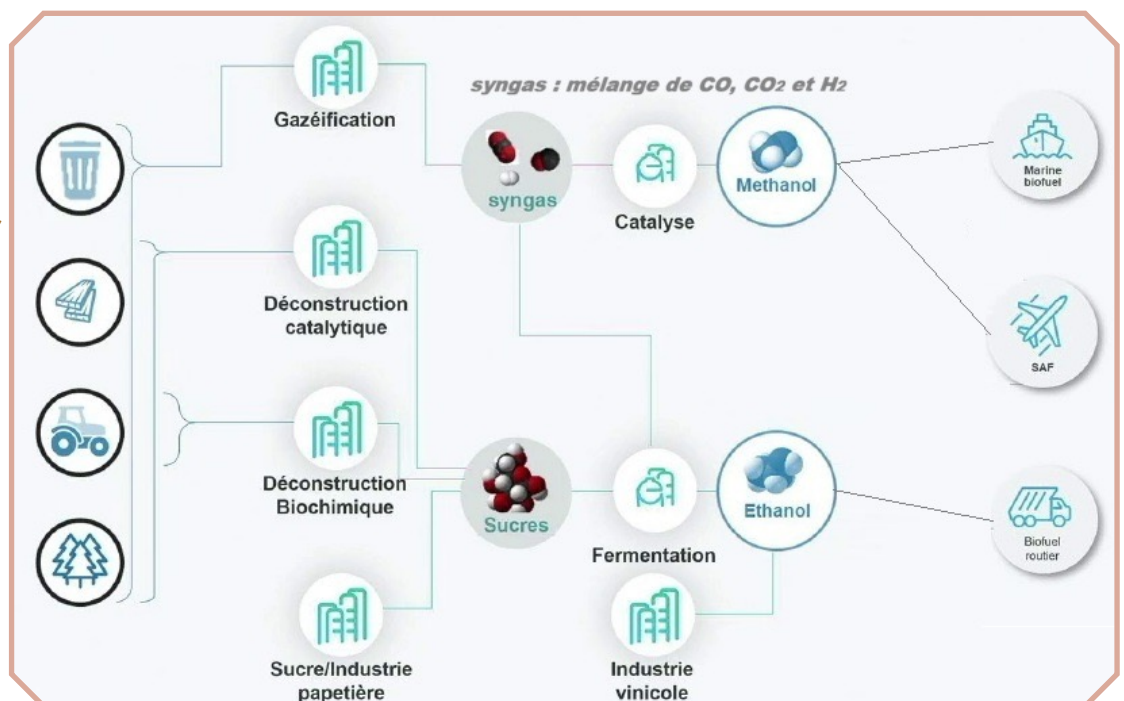


Illustration modifiée et simplifiée © conférence FLAMENT

► 8. Donner les noms des composés chimiques présents dans le « syngas ».

Le **procédé Fischer-Tropsch** (1923) tel que découvert par ses deux inventeurs permet de passer d'un mélange de H_2 et CO à divers hydrocarbures et d'autres composés organiques.

Voici l'équation chimique d'une des transformations possibles :



9. Écrire l'équation chimique correspondant à la production de (bio)éthanol.

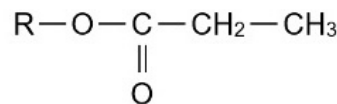
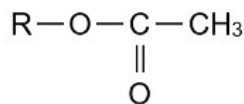
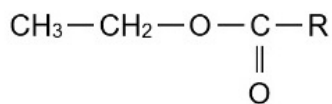
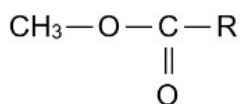
Le **biodiesel** est aussi un biocarburant très utilisé en France pour limiter la combustion de gazole fossile. Le biodiesel résulte d'une réaction de transestérification entre un corps gras (huiles ou graisses issues de végétaux) et un alcool (méthanol ou éthanol) pour obtenir un ester d'acide gras. Concrètement un corps gras est constitué de triglycérides. Le glycérol a pour formule $HOH_2C-CHOH-CH_2OH$. Un triglycéride est un triester du glycérol où chaque groupe OH du glycérol est estérifié. Ce sont tous des composés naturels. Une réaction de transestérification entre un ester et un alcool, de formule R_2OH , a pour bilan général : $RCOOR_1 + R_2OH \rightarrow RCOOR_2 + R_1OH$. Lorsqu'on fait une transestérification d'un triglycéride, les 3 fonctions esters sont concernées simultanément.



Si l'alcool utilisé pour la réaction est du méthanol, on obtient un ester méthylique d'acide gras (EMAG). C'est actuellement la voie la plus utilisée.

<http://>

10. Parmi les composés chimiques représentés ci-dessous, entourer celui qui peut être présent dans les EMAG sachant que R- est un long groupement alkyle.



C. POURQUOI AJOUTE-T-ON DU BIOÉTHANOL DANS CERTAINS CARBURANTS ?

En France, les quatre essences vendues à la pompe sont, par ordre de volumes vendus, le SP95-E10, le SP98, le SP95 et le superéthanol E85.

L'essence sans plomb est issue du raffinage du pétrole, formant un mélange d'hydrocarbures, auxquels viennent s'ajouter différents additifs : environ 30 à 45 % d'alcènes, 30 à 45 % d'hydrocarbures aromatiques, 20 et 30 % d'alcane (dont l'octane, de formule brute C_8H_{18} , qui a pour rôle de freiner l'auto-inflammation, appelée également auto-allumage) et de 5 % de cycloalcane.

Les supercarburants SP95 et le SP98 sont tous les deux composés de 85 % à 95 % d'essence sans plomb et jusqu'à 5 % de bioéthanol.

Rappel de vocabulaire :

Les molécules qui ne contiennent que des atomes de carbone et d'hydrogène sont des hydrocarbures, comme par exemple les alcanes.

Les hydrocarbures non cycliques, qui possèdent une double liaison $C=C$, forment la famille des alcènes.

Le SP95-E10, ayant les mêmes caractéristiques que le SP95, est très majoritairement composé d'essence sans plomb et jusqu'à 10 % de bioéthanol.

Le superéthanol-E85 est pour sa part composé de 15 % à 40 % d'essence sans plomb et de 60 % à 85 % de bioéthanol. Sa teneur en bioéthanol varie d'une saison à l'autre car le taux d'essence est plus élevé en hiver afin de garantir une meilleure combustion.

On définit pour chaque essence son indice d'octane. Celui-ci correspond à un mélange octane / heptane qui aurait les mêmes caractéristiques que cette essence.

Par exemple, le SP95 a un indice d'octane valant 95 et équivaut donc à un mélange d'hydrocarbures à hauteur de 95 % d'octane et 5 % d'heptane.

► 1. Donner la définition d'un hydrocarbure.

.....

► 2. L'octane est-il un hydrocarbure saturé ou insaturé ? Justifier.

.....

► 3. Quelle est la particularité des hydrocarbures dénommés « alcènes » ?

.....

► 4. Donner la composition équivalente en octane / eptane pour le superéthanol-E85.

.....

► 5. Donner l'équation ajustée de la combustion complète de l'octane.

.....

► 6. En déduire la quantité de matière de CO_2 produite lors de la combustion complète de 10 mol d'octane.

Sur le plan énergétique, le pouvoir calorifique inférieur de l'éthanol ($29,7 \text{ MJ.kg}^{-1}$) est plus faible que celui de l'essence ($47,3 \text{ MJ.kg}^{-1}$).

► 7. Cocher la bonne proposition.

- ☐ Il faut une masse plus faible en éthanol par rapport à l'essence pour produire la même énergie après combustion complète.
- ☐ Il faut la même masse en éthanol par rapport à l'essence pour produire la même énergie après combustion complète.
- ☐ Il faut une masse plus importante en éthanol par rapport à l'essence pour produire la même énergie après combustion complète.

L'indice d'octane du bioéthanol est compris entre 100 et 106. Son ajout dans le carburant SP-95 améliore la qualité de la combustion et autorise des moteurs plus performants et moins émetteurs de polluants.

► 7. Cocher la bonne proposition.

- ☐ L'indice d'octane du bioéthanol est inférieur à celui des carburants traditionnels (SP-95 et SP-98)
- ☐ L'indice d'octane du bioéthanol est égal à celui des carburants traditionnels (SP-95 et SP-98).
- ☐ L'indice d'octane du bioéthanol est supérieur à celui des carburants traditionnels (SP-95 et SP-98).

POUR ALLER PLUS LOIN

D. DU BIOÉTHANOL AU CAOUTCHOUC SYNTHÉTIQUE BIOSOURCÉ

La production de **buta-1,3-diène**, souvent plus simplement appelé « butadiène », à partir de l'éthanol est connu depuis longtemps suivant divers procédés dont celui de Lebedev.

Voici l'équation chimique de la formation du butadiène selon le mécanisme de Lebedev (où « x » est une molécule dont il vous faudra trouver la formule brute) :



Le butadiène est ensuite polymérisé pour former du polybutadiène qui est un caoutchouc synthétique pouvant être incorporé dans la gomme de nos pneumatiques.

Depuis 2012, le procédé BioButterfly lancé par trois partenaires français (Michelin, Ifp-énergies nouvelles et Axens) vise à produire du biobutadiène à partir de bioéthanol en limitant le coût énergétique tout en assurant un très bon rendement.

Voici les différentes étapes mises en jeu pour passer de la biomasse aux pneumatiques :

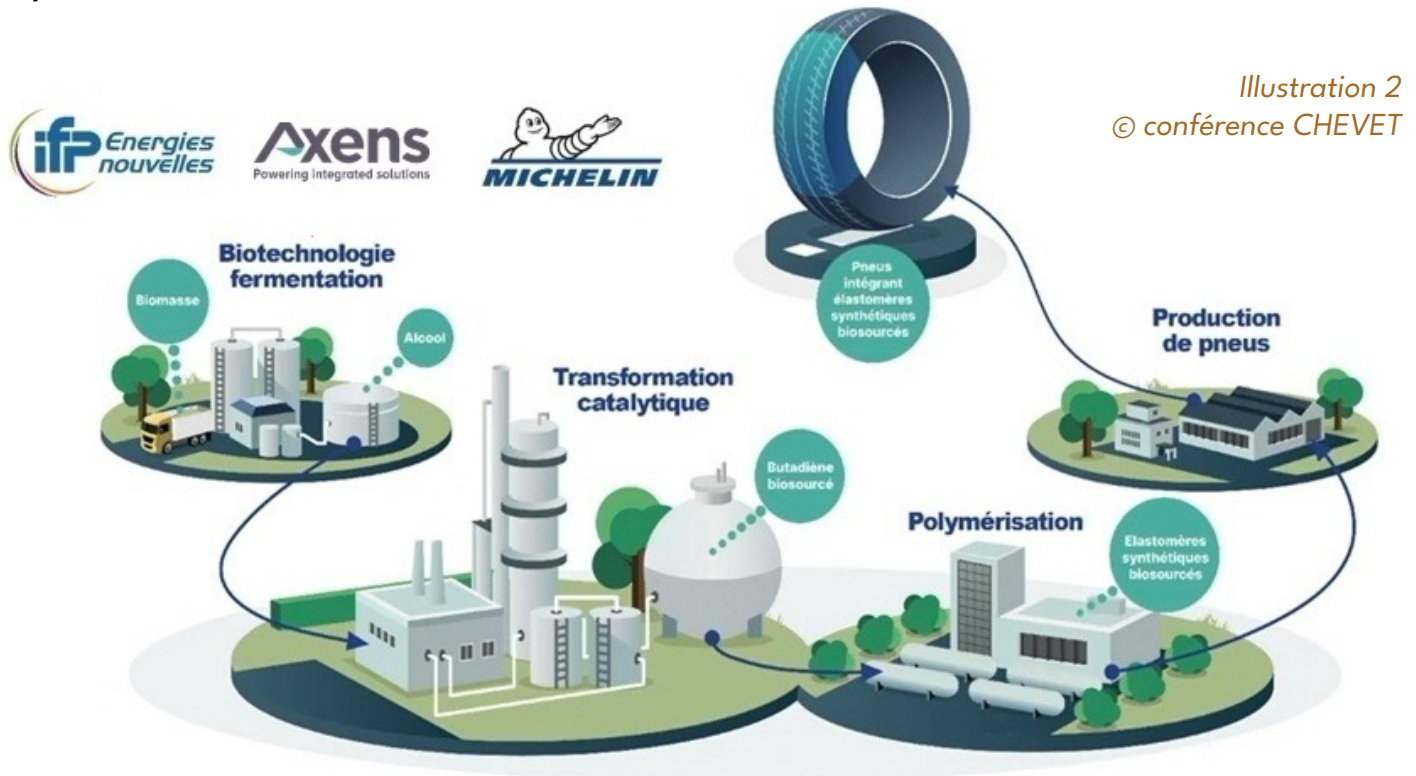


Illustration 2

© conférence CHEVET

Il s'agit d'un procédé très complexe car il met en jeu énormément de transformations chimiques avec des catalyseurs spécifiques, ayant pour rôle d'accélérer les réactions. Il est impossible de présenter tout ceci ici, mais vous pourrez satisfaire votre curiosité en consultant : <http://>

Lors de l'étape de polymérisation, appelée ici polyaddition, voici l'équation chimique :

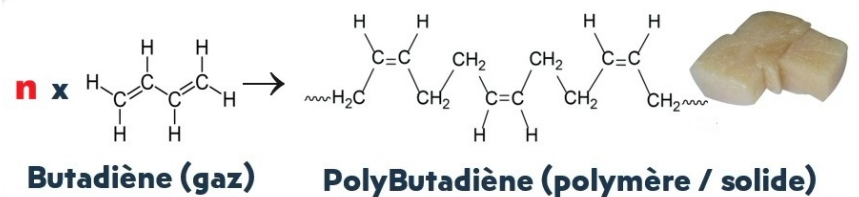


Illustration 3 © conférence CHEVET

1. Quelle est la formule brute de « x » dans l'équation du mécanisme de Lebedev ?

2. Le polybutadiène peut être représenté par un « motif » se répétant n fois. Quelle formule chimique, parmi celles proposées ci-dessous, correspond au motif répétitif du polybutadiène ?

- ☐ $(-\text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 -)_n$
- ☐ $(-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 -)_n$
- ☐ $(-\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 -)_n$

E. CONCLUSION

Le bioéthanol et le biodiesel occupent aujourd'hui une place croissante dans la transition énergétique du secteur des transports. Leur incorporation dans les carburants fossiles répond à plusieurs objectifs majeurs. D'une part, elle permet de réduire la dépendance au pétrole, comme nous le montre la guerre actuelle dans le golfe persique, en diversifiant les sources d'énergie utilisées. D'autre part, ces biocarburants contribuent à diminuer les émissions nettes de dioxyde de carbone car le CO_2 libéré lors de leur combustion correspond en grande partie à celui capté par les plantes lors de leur croissance.

Cependant, ces solutions ne sont pas exemptes de limites, notamment en ce qui concerne l'utilisation de terres agricoles ou la concurrence potentielle avec les cultures alimentaires. C'est pourquoi les recherches actuelles se tournent vers les biocarburants produits à partir de résidus agricoles, de déchets organiques ou encore de microalgues. Ces nouvelles voies technologiques pourraient permettre d'augmenter la production tout en réduisant les impacts environnementaux et agricoles. À l'avenir, les biocarburants devraient donc continuer à jouer un rôle important comme solution de transition énergétique !



La lecture des diverses vidéos des conférences du colloque « Chimie et mobilités » du 11 février 2026 est une source d'informations très importante sur différents aspects de notre mobilité.

<http://>



Sur le thème de la mobilité, voici d'autres sources d'information :

- 
-  Les matériaux de la transition énergétique : les attentes et les défis / J.P. Moulin - Mediachimie
 -  La route du futur / Vidéo : Les idées plein la Tech - Mediachimie
 -  Vers les biocarburants de 2^e génération : l'exemple de l'isobutène biosourcé / P. Labarbe - Mediachimie
 -  Le dihydrogène est-il une solution d'avenir pour lutter contre le réchauffement climatique ?
E. Bausson - Mediachimie
 -  Le lithium, un élément chimique indispensable pour notre mobilité actuelle / E. Bausson - Mediachimie
 -  À l'occasion du colloque Chimie et mobilités de février 2026 une large sélection / compilation de ressources de Mediachimie sur cette thématique ont été regroupées [ici](#).

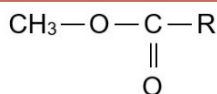
RÉPONSES AUX ACTIVITÉS

B. PRODUCTION DE BIOÉTHANOL ET DE BIOESTERS

1. Les atomes de carbone proviennent des végétaux. Il s'agit de la photosynthèse.
2. Cela évite d'utiliser des surfaces agricoles qui doivent être dédiées à l'alimentation.
3. L'éthanol contient le groupement hydroxyle -OH.
4. Formule développée (à gauche) et semi-développée (à droite) :



5. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 2 \text{CO}_2$.
6. L'« acide carbonique » est du dioxyde de carbone.
7. La substance combustible est l'éthanol et celle incombustible le dioxyde de carbone.
8. Dans le syngas, nous avons du dioxyde de carbone CO_2 , du monoxyde de carbone CO et du dihydrogène H_2 .
9. Avec $n = 2$: $4 \text{H}_2 + 2 \text{CO} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6\text{O} + \text{H}_2\text{O}$.
10. Il s'agit de la troisième proposition :



C. POURQUOI AJOUTE-T-ON DU BIOÉTHANOL DANS CERTAINS CARBURANTS ?

1. Un hydrocarbure est composé d'atomes de carbone C et d'hydrogène H.
2. L'octane est un hydrocarbure saturé car il fait partie de la famille des alcanes.
3. Les alcènes sont des hydrocarbures insaturés car ils contiennent au moins une liaison double $\text{C}=\text{C}$.
4. Le superéthanol-E85 équivaut à un mélange de 85 % d'octane et 15 % d'heptane.
5. $\text{C}_8\text{H}_{18} + \frac{25}{2} \text{O}_2 \rightarrow 8 \text{CO}_2 + 9 \text{H}_2\text{O}$
OU $2 \text{C}_8\text{H}_{18} + 25 \text{O}_2 \rightarrow 16 \text{CO}_2 + 18 \text{H}_2\text{O}$

RÉPONSES AUX ACTIVITÉS

6. Lorsqu'on réalise la combustion complète de 10 mol d'octane, il est produit une quantité de matière huit fois plus élevée en dioxyde de carbone, soit 80 mol.
7. Il faut une masse plus importante en éthanol par rapport à l'essence pour produire la même énergie après combustion complète.
8. L'indice d'octane du bioéthanol est supérieur à celui des carburants traditionnels (SP-95 et SP-98).

D. DU BIOÉTHANOL AU CAOUTCHOUC SYNTHÉTIQUE BIOSOURCÉ

1. Il s'agit de H_2O .
2. On observe sur la macromolécule proposée que le motif répétitif est celui de la **proposition c** : Il contient 4 atomes de carbone comme le monomère mais attention il n'est pas identique au monomère.

ORIENTATION ET MÉTIERS

Rédigée par Gérard Roussel et Françoise Brénon

Sur terre, sur rail, dans les airs ou dans l'espace, sur l'eau ou dans les milieux subaquatiques, les mobilités font appel à des véhicules dont les caractéristiques sont liées au milieu dans lequel elles évoluent. Ces caractéristiques concernent la nature **des matériaux** qui les composent, l'énergie qui les animent, leur **résistance**, leur **durabilité**, leurs équipements de **contrôle** et de **sécurité**, leur **recyclabilité**... tout en prenant en compte les aspects **économiques et environnementaux**.

Les chimistes sont au cœur des innovations technologiques qui vont ouvrir la voie à des mobilités toujours plus efficaces et responsables avec par exemple :

- **des matériaux nouveaux**, métaux ou alliages, polymères ou composites, matériaux hybrides, en faisant appel lorsque c'est pertinent à des matières premières biosourcées. Ces matériaux pouvant selon leur usage, répondre à des contraintes extrêmes de température, de pression, de corrosion, de résistance... Sans oublier des matériaux aux propriétés électriques ou électromagnétiques ou des matériaux appréciés pour leur légèreté...
- en allant vers la décarbonation des moyens énergétiques, batteries plus légères et plus puissantes, carburants biosourcés, piles à combustible utilisant un hydrogène vert ou un hydrogène natif blanc...
- sans oublier l'innovation permanente dans les domaines, des **capteurs** pour le contrôle et la sécurité, des **traitements thermiques ou chimiques** des matériaux, des **lubrifiants**, des **colles**, des équipements de **confort**, des matériaux de **roulement** et de **propulsion**...

Avec aujourd'hui une obligation de respecter les principes du développement durable et de l'économie circulaire dans lesquels le chimiste est l'un des acteurs principaux.

Pour découvrir l'implication des chimistes dans certaines de ces applications, nous vous proposons une sélection de ressources :

-  La fiche « Les chimistes dans : Les transports, de la route à l'espace »
-  Vidéo « la voiture intelligente »
-  Quiz « Chimie et mobilité »
-  « Comment verdir le transport aérien ? » Éditorial jan. 2026
-  « Chimie et transports, quel rapport ? »

ORIENTATION ET MÉTIERS

Pour répondre à la thématique **Chimie et mobilités** il est fait appel à de **nombreuses spécialisations différentes**. Ainsi les chimistes, du **Bac au Bac+8**, peuvent être spécialisés :

- >>> en sciences des matériaux**, métaux, alliages, matériaux composites, céramiques, polymères, caoutchouc, huiles, colles...
- >>> dans les domaines de l'énergie**, batteries, piles à combustible, bioressources, énergies fossiles, hydrogène
- >>> en analyse, en formulation, en assurance qualité, en écoconception, en environnement, en génie des procédés, en chimie industrielle, en électrochimie...**

Ci-dessous une sélection de ressources relatives aux métiers concernés :



- **Parmi les fiches « Les chimistes dans... »**

- Les chimistes dans : L'aventure des nouveaux matériaux.
- Les chimistes dans : Les énergies nouvelles face au développement durable.
- Les chimistes dans : l'économie circulaire.
- Les chimistes dans : La traque de l'infiniment petit.

- **Parmi les fiches métiers**

- Agent de laboratoire / Aide-chimiste (H/F).
- Opérateur de production / Conducteur d'appareil (H/F).

ORIENTATION ET MÉTIERS

Après le Bac Pro et avec une formation complémentaire jusqu'à **Bac +2 / 3**, ou par formation professionnelle en entreprise, les métiers de techniciens suivants sont accessibles.

- 🔧 Technicien matériaux (H/F).
- 🔧 Technicien de formulation (H/F).
- 🔧 Technicien génie des procédés / génie chimique (H/F).
- 🔧 Technicien de fabrication production (H/F).
- 🔧 Technicien chimiste (H/F).
- 🔧 Technicien d'analyse chimie / physico-chimie (H/F).

• **Pour connaître les filières de formations se rendre sur les pages :**

- 🔧 CAP / Bac Pro / Bac Techno :
vers les métiers d'opérateurs et d'opératrices.
- 🔧 Bac +2/3 : vers les métiers de techniciens et de techniciennes.



Pour vous aider à trouver votre chemin parmi toutes ces filières, visionnez la vidéo de la conférence « **Les formations en chimie après le bac** » par *Françoise Brénon*.

On pourra aussi consulter les fiches « Orientations » suivantes :

Dans le secteur de l'**aéronautique** : 🖱️

Dans le secteur de l'**automobile** : 🖱️

Dans le secteur des **énergies renouvelables** : 🖱️