

Énergies renouvelables | Biocarburants et e-fuels

Décryptages

Comment produire des carburants plus respectueux de l'environnement pour les voitures, les camions, les avions et les bateaux ? Place aux biocarburants avancés et aux e-fuels ! Produits à partir de résidus végétaux, de déchets organiques, d'électricité renouvelable associée à des molécules de CO_2 captées dans l'atmosphère ou les rejets industriels, les carburants renouvelables et bas-carbone sont des leviers essentiels pour décarboner le secteur des transports.

- Qu'est-ce que les carburants renouvelables ?
- Les biocarburants : définitions
  - Quelles sont les différentes générations de biocarburants ?
  - Comment sont fabriqués les biocarburants avancés ?
  - Quel est l'impact des biocarburants sur l'environnement ?
  - Quels sont les avantages et les inconvénients des biocarburants avancés ?
- Qu'est-ce que les e-fuels ?
- Est-ce que les biocarburants et les e-fuels vont remplacer les carburants fossiles ?



En résumé

Combinés avec l'amélioration de l'efficacité énergétique et l'électrification, les carburants renouvelables et bas-carbone (biocarburants avancés et e-fuels) sont généralement **mélangés aux carburants d'origine fossiles** et visent à **décarboner le secteur des transports** (routier, aérien, et maritime), responsables du quart des émissions de CO_2 de la planète.

Les biocarburants de première génération, élaborés à partir de biomasse d'origine agricole, créent des **conflits d'usage avec la production de nourriture humaine et animale**. La législation européenne en encadre l'utilisation.

Au contraire, les biocarburants de deuxième génération sont produits **sans recourir à la part alimentaire des plantes**, et affichent des bilans environnementaux avec des gains d'émissions de gaz à effet de serre autour de **80-90 % par rapport aux références fossiles**.

La législation européenne **contraint à l'adoption des biocarburants avancés et des carburants renouvelables d'origine non biologique** (carburants de synthèse et hydrogène) et vise plus particulièrement à **augmenter progressivement leur utilisation** dans les secteurs aérien et maritime.

Il existe aujourd'hui des unités industrielles de production de biocarburants avancés à travers le monde, dont une en France (TotalEnergies, La Mède) et d'autres sont à venir

QU'EST-CE QUE LES CARBURANTS RENOUVELABLES ?

Les carburants renouvelables et bas-carbone sont conçus pour être **plus respectueux de l'environnement** que les carburants conventionnels issus de ressources fossiles.

Il en existe deux grandes familles qui utilisent des ressources différentes et complémentaires :

- **Les biocarburants**, produits à partir matière végétale : plantes riches en sucre, huiles végétales, déchets sylvicoles ou agricoles. Il est également possible d'utiliser certaines graisses animales ;
- **Les e-fuels**, produits à partir de CO_2, capté sur des sites industriels ou dans l'atmosphère, et d'électricité bas-carbone.

LES BIOCARBURANTS : DÉFINITIONS

Alternatifs aux carburants fossiles, les biocarburants sont des carburants d'origine biologique, **produits à partir de ressources renouvelables**.

Des biocarburants déjà dans nos voitures !

Un peu partout dans le monde, les **biocarburants sont distribués à la pompe**, mélangés avec de l'essence ou du gazole moteur. Les taux peuvent varier selon les pays et la réglementation locale.

En France, le biogazole (sous forme d'EMHV (Ester méthylique d'huile végétale)) peut être incorporé au gazole moteur dans des proportions allant jusqu'à 7 %, voire jusqu'à 30 % pour certaines flottes captives de véhicules (véhicules d'entreprises, de collectivités locales, etc.). Le bioéthanol peut être incorporé à l'essence à des teneurs variant de 5 à 10 % pour les véhicules classiques, à des taux plus élevés (jusqu'à 85 %) pour les véhicules FlexFuel.

Pour s'adapter aux défis environnementaux et ne pas entrer en compétition avec la production de nourriture humaine et animale, **les ressources utilisées pour produire les biocarburants évoluent**.

QUELLES SONT LES DIFFÉRENTES GÉNÉRATIONS DE BIOCARBURANTS ?

□

Les biocarburants : un peu d'histoire

Un carburant d'origine végétale ? L'idée n'est pas nouvelle !
Nikolaus Otto (1832-1891), **l'inventeur du moteur à explosion, avait conçu son moteur pour qu'il fonctionne avec de l'éthanol.** Cet alcool était alors produit par gazéification de produits carbonés, en particulier du bois. Quant à Rudolf Diesel (1858-1913), inventeur du moteur qui porte son nom, il faisait fonctionner son invention… à l'huile d'arachide ! Enfin, les passionnés d'automobile savent peut-être que la mythique Ford T roulait au bioéthanol…

Ces carburants d'origine végétale ont été abandonnés lorsque le pétrole était moins cher et semblait inépuisable. Il aura fallu les chocs pétroliers, puis le réchauffement climatique, pour que l'on reconsidère leur sort. Les politiques publiques destinées à soutenir les biocarburants se sont alors largement développées.

COMMENT SONT FABRIQUÉS LES BIOCARBURANTS AVANCÉS ?

Il existe différentes manières de produire des biocarburants avancés **en fonction de la matière première utilisée** (type de biomasse utilisées, nature des déchets, etc.) et **du produit final souhaité** .

Cette production s'appuie sur le savoir-faire lié à la production des biocarburants de première génération et des carburants de synthèse, ainsi que sur celui associé au raffinage du pétrole.

Le carburant obtenu peut être mélangé à l'essence, au kérosène ou au diesel pour une utilisation dans les voitures, les camions, les avions ou les navires.

Transformer les huiles en biocarburants

Une voie proche de celles employées dans les raffineries de pétrole consiste à **faire réagir des huiles avec de l'hydrogène**.

En effet, les huiles de cuisson usagées ou les graisses animales utilisées dans la production de biocarburants avancés ont une **structure chimique similaire à celle des hydrocarbures fossiles**, ce qui leur permet de subir le même processus de transformation. On parle d'hydrotraitement : procédé de traitement d'hydrocarbures par de l'hydrogène.

L'hydrotraitement consiste à purifier les huiles et à ajuster les propriétés finales des produits obtenus, qui deviennent ainsi des biocarburants **incorporables directement dans les bases conventionnelles gazoles et kérosènes**.

Produire du bioéthanol : une question de fermentation

Le bioéthanol est issu de la **fermentation de sucres**, processus biologique qui transforme au moyen de microorganismes les glucides (sucres et les amidons) en d'autres composés, généralement en l'absence d'oxygène.

Les résidus sylvicoles ou agricoles qui servent à produire le bioéthanol de deuxième génération ne fournissent pas directement un sucre exploitable :
1. Les résidus sont d'abord traités pour **libérer les sucres** qu'ils contiennent (notamment la cellulose) ;
2. Les sucres libérés, **transformés en sucres simples**, sont ensuite soumis à un processus de fermentation. Le processus de fermentation est le même que celui servant à produire le bioéthanol de première génération.

Transformer des molécules : le principe des carburants de synthèse

Un autre procédé consiste à **transformer la matière organique en gaz de synthèse**, qui sera ensuite **converti en hydrocarbures**, au moyen de plusieurs étapes :

1. Les résidus sylvicoles ou agricoles utilisés pour la production de biocarburants sont d'abord **prétraités** ;
2. Ils sont ensuite **transformés en gaz** en présence d'oxygène pour obtenir un gaz de synthèse constitué de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène (H_2) ;
3. Ce gaz de synthèse est finalement **purifié puis transformé en hydrocarbures** ;
4. La dernière étape vise à rendre ces hydrocarbures **utilisables en tant que biocarburants avancés**.

Ce procédé peut être **combiné avec de l'hydrogène bas-carbone** pour augmenter le rendement général de la production de biocarburants.

>> Voir les solutions du groupe IFPEN dans le domaine des biocarburants

---

QUEL EST IMPACT DES BIOCARBURANTS SUR L'ENVIRONNEMENT ?

Pour établir le bilan environnemental d'un biocarburant, il faut prendre en compte **chaque étape de production**, depuis la culture de la biomasse utilisée jusqu'à son utilisation finale dans une voiture, un camion, un bateau ou un avion, en passant par la fabrication proprement dite.

>> Voir les solutions IFPEN en matière d'ACV

Le bilan environnemental des biocarburants de première génération est significatif, mais leur production, parce qu'elle nécessite d'utiliser des terres agricoles, est **encadrée et limitée**. Au-delà du seul bilan GES, il faut prendre en compte **les ressources en eau, en terre et en biodiversité** du fait de l'utilisation des engrais et des pesticides.

>> Lire le décryptage : Les sols, puits de carbone et acteurs du climat

A contrario, les sources de biomasse utilisées pour les biocarburants avancés sont variées du fait de **l'utilisation de déchets de toutes natures** qui n'entrent pas en compétition avec la production de nourriture humaine et animale. Les filières des biocarburants avancés affichent des bilans

environnementaux avec des gains d'émissions de gaz à effet de serre autour de 80-90 % par rapport à la référence fossile.

QUELS SONT LES AVANTAGES ET LES INCONVÉNIENTS DES BIOCARBURANTS AVANCÉS ?

Les biocarburants avancés restent actuellement plus chers à produire que les carburants fossiles et la ressources en biomasse parfois difficilement mobilisables car **les filières de collecte et d'approvisionnement ne sont pas structurées**.

Ils présentent néanmoins plusieurs avantages : **un meilleur bilan environnemental que les carburants fossiles** et les biocarburants de première génération et le fait **de ne pas nécessiter le développement d'infrastructures** ou de moteurs dédiés. C'est ce qu'on appelle les carburants « drop-in ».

Dans le secteur routier, **le consommateur peut conserver son véhicule** ou acquérir un véhicule équivalent. Ces biocarburants avancés peuvent entrer en proportion variable dans la composition de quasiment tous les carburants liquides utilisés dans les voitures : SP95, SP98, E10, E85, etc.

Dans le secteur aéronautique, disposant de peu de solutions alternatives pour se décarboner, les carburants d'aviation durables sont un élément majeur pour réduire l'impact environnemental du secteur. Ils peuvent être incorporés directement au kérosène conventionnel et utilisés **sans modification des avions existants** ou des infrastructures aéroportuaires.

Plusieurs défis se posent encore aux chercheurs, comme l'augmentation de l'efficacité des technologies, des rendements, des taux d'incorporation (en particulier pour l'aérien) ou la diversification des ressources possibles, comme l'utilisation de déchets papiers ou cartons.

QU'EST-CE QUE LES E-FUELS ?

Les e-fuels ou électro-carburants constituent **une famille nouvelle de carburants**. Si de nombreux industriels étudient cette voie aujourd'hui, elle en est encore au stade de la démonstration.

Comme certains biocarburants avancés, les e-fuels sont **des carburants de synthèse**, c'est-à-dire qu'ils sont issus d'un procédé consistant à recombiner un mélange de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène (H_2) pour former des molécules d'hydrocarbures.

Dans le cas des e-fuels, le monoxyde de carbone n'est pas issu de la biomasse, mais d'**une molécule de CO_2 captée dans l'atmosphère ou dans des rejets industriels**. L'hydrogène est obtenu pour sa part par électrolyse de l'eau qui transforme l'eau (H_2O) en oxygène (O_2) et en H_2. L'apport en hydrogène et l'énergie nécessaire à la transformation de la molécule de CO_2 sont issus d'**une électricité bas-carbone**.

>> Voir le podcast IFPEN sur la valorisation du CO_2 en carburant de synthèse

L'approvisionnement en CO_2, soit la capacité à capter, transporter et valoriser le CO_2, est un élément clé de la chaîne de production des e-fuels. La France a fait du captage du CO_2 un levier de décarbonation et IFPEN a développé plusieurs technologies alignées avec ces objectifs.

>> Voir les solutions IFPEN dans le domaine du CCS

EST-CE QUE LES BIOCARBURANTS ET LES E-FUELS VONT REMPLACER LES CARBURANTS FOSSILES ?

Combinés avec l'amélioration de l'efficacité énergétique et l'électrification, les carburants renouvelables et bas-carbone sont une des solutions pour **décarboner dès maintenant le secteur transport** (routier, aérien et maritime). Ils remplaceront progressivement les carburants fossiles pour les secteurs ne disposant pas d'alternatives aux carburants liquides.

Dépendants quasi exclusivement au pétrole, les transports sont responsables du quart des émissions de CO_2 de la planète.

En Europe, **la directive RED III**, héritière de la « Renewable Energy Directive » (RED) (dite aussi « directive EnR », 2009) consacrée à la promotion de l'énergie produite à partir de ressources renouvelables à horizon 2030, donne le choix aux États membres entre :

- **un objectif de réduction de 14,5 %** de l'intensité carbone de l'énergie consommée dans les transports ;
- **ou un objectif d'au moins 29 %** d'énergie renouvelable dans la consommation finale d'énergie dans le secteur des transports.

La réglementation fixe par ailleurs un sous-objectif contraignant de **5,5 % pour les biocarburants avancés** et les carburants renouvelables d'origine non biologique (principalement l'hydrogène bas-carbone et les e-fuels) dans la part des énergies renouvelables fournies au secteur des transports.

Quand la RED II préparait la transition

Avant la RED III, la RED II limitait déjà à 7 % de la consommation finale d'énergie dans le transport l'utilisation de biocarburants de première génération. Elle prévoyait également que la part des biocarburants présentant un risque élevé de changement d'affectation des sols indirect devrait diminuer progressivement pour s'établir à 0 % en 2030 au plus tard.

La législation européenne vise par ailleurs à **accroître l'utilisation des carburants renouvelables** et bas-carbone et à réduire les émissions de gaz à effet de serre des secteurs aérien et maritime.

- Les objectifs d'incorporation de l'initiative « ReFuelEU Aviation » visent ainsi à augmenter l'incorporation de carburants durables **de 6 % en 2030 jusqu'à 70 % d'ici 2050**.
- Les objectifs sont également ambitieux pour les armateurs, puisque le règlement « FuelEU Maritime » impose une réduction des émissions de gaz à effet de serre du transport maritime, **de 2 % en 2025 à 80 % d'ici 2050**.



IFPEN :
Nos expertises > Biocarburants et e-fuels

POUR ALLER PLUS LOIN

Tableau de bord biocarburants 2024
Biocarburants avancés : quel avenir dans les transports ?
Tout savoir sur les carburants de synthèse
Des carburants à la chimie : comment valoriser le CO2 capté ?
E-carburants : enjeux et opportunités - Fiches CEA et IFPEN



Recherche fondamentale
Actualités juillet 2023

Aéronautique : l'ONERA et IFPEN renforcent leur collaboration

Communiqués de presse

Analyse de cycle de vie (ACV) | Biocarburants et e-fuels | Hydrogène



Innovation et industrie
Actualités juin 2023

Implantation de l'usine BioTJet à Lacq : BioTfueL® prend son envol



Innovation et industrie

Actualités juin 2023

e-carburant pour le transport aérien : IFPEN associé à la création de la filière française

Communiqués de presse

Biocarburants et e-fuels

Biocarburants et e-fuels : des carburants renouvelables d’avenir

Lien vers la page web :