

<https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/enjeux-et-prospective/decryptages/energies-renouvelables/quel-avenir-les-biocarburants>

**Comment les fabrique-t-on ? Quels sont leurs atouts ? Vont-ils se généraliser dans les années à venir ? Des biocarburants actuels à ceux du futur, tour d'horizon des avancées dans ce domaine.**



## **LES BIOCARBURANTS : DÉFINITIONS**

Les biocarburants sont des **carburants issus de matières organiques végétales renouvelables** : betterave, colza, tournesol, céréales, déchets agricoles, résidus forestiers, etc.

Ces carburants alternatifs ont de nombreux atouts :

- en réduisant la dépendance des transports au pétrole, leur utilisation renforce **l'indépendance énergétique**,
- ils permettent de **diminuer les émissions de gaz à effet de serre** liées au transport,
- ils favorisent la **création ou le maintien d'une activité agricole ou forestière**,
- ils favorisent la **création ou le maintien d'activité industrielle**,
- ils peuvent être **mélangés directement à l'essence ou au gazole**, sans adaptation du réseau de distribution ni des véhicules.

**Roulant quasi exclusivement au pétrole, les transports sont responsables du quart des émissions de CO<sub>2</sub> de la planète.**

### **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.

**Ils entrent en proportion variable, dans la composition de quasiment tous les carburants liquides utilisés dans les voitures :** SP95, SP98, E10, E85, etc. Ils peuvent être utilisés aussi bien dans les véhicules essence (**bioéthanol**) que Diesel (**biogazole**). Ils intéressent aussi le secteur aéronautique en tant que substituts au kérosène fossile.



### **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.

## **LES BIOCARBURANTS CONVENTIONNELS : UTILISER LE SUCRE OU L'HUILE ISSUS DE PLANTES**

Les biocarburants conventionnels sont issus de plantes habituellement cultivées à des fins alimentaires : canne à sucre, betterave, céréales, colza, maïs, tournesol, arachide, soja, etc.

Ces biocarburants sont produits et à l'échelle industrielle. Ils sont répartis en deux familles :

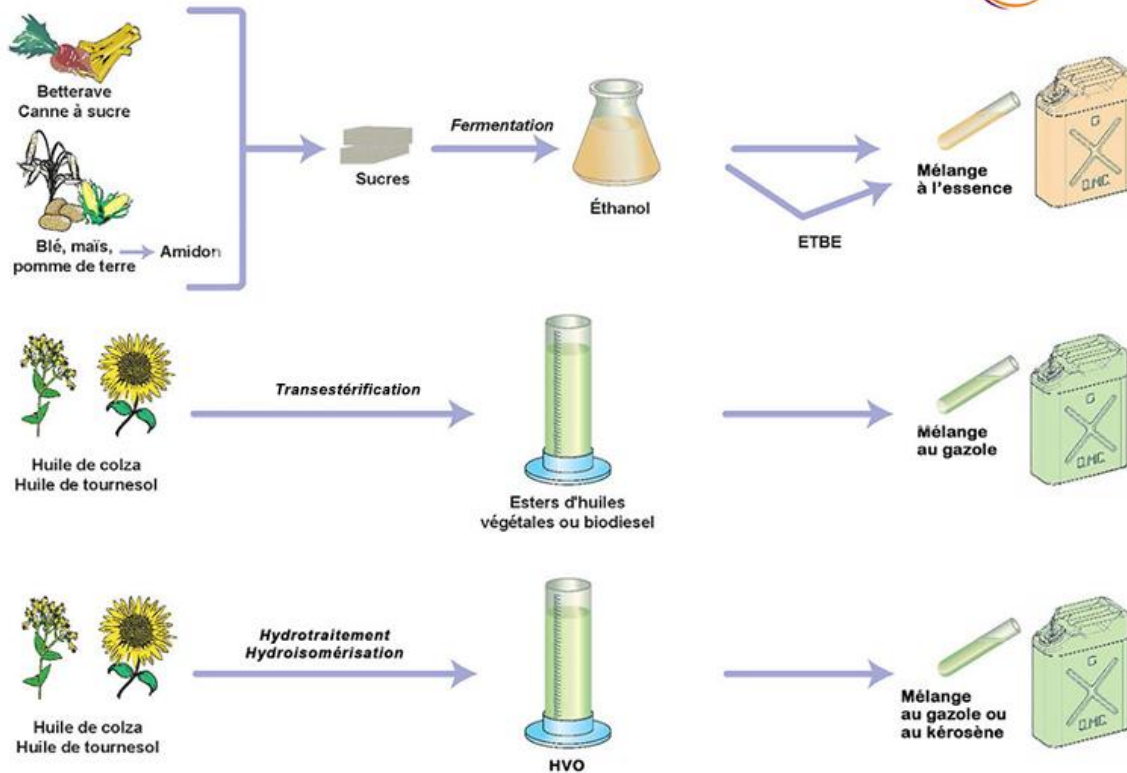
### **Le bioéthanol pour les véhicules à essence**

Il s'agit d'**un alcool produit par fermentation du sucre issu de plantes** (betteraves, cannes à sucre) **ou de l'amidon extrait de céréales** (blé, maïs). En Europe, il est utilisé soit sous forme d'alcool, soit il est transformé en ETBE (éthyl tertio butyl éther), avant d'être ajouté à l'essence. La transformation se fait par réaction de l'éthanol avec l'isobutène, un produit pétrolier. Le bioéthanol est majoritairement produit avec les ressources locales : la canne à sucre au Brésil et le maïs aux États-Unis.

### **Le biogazole pour les véhicules Diesel**

Il est **fabriqué à partir de plantes contenant de l'huile** (colza, tournesol, soja, palme), soumises à une transformation chimique. On fait réagir l'huile avec du méthanol pour obtenir un EMHV (ester méthylique d'huile végétale), composé aux propriétés voisines de celles des gazoles. En 2019, l'EMHV peut être incorporé au gazole moteur jusqu'à 7 % vol. (B7) ou 10 % vol. (B10). Une autre option consiste à hydrotraiter ces huiles, le produit obtenu (HVO pour *Hydrotreated Vegetable Oil*) est quant à lui directement incorporable et en toute proportion au gazole moteur.

## LES FILIÈRES CLASSIQUES



**Mais ces biocarburants conventionnels ne peuvent être produits qu'en quantité limitée,** dans la mesure où ils sont issus de ressources alimentaires. Depuis 2015, l'Union européenne a décidé de fixer un seuil d'incorporation maximal de 7 % dans les carburants. De nouvelles matières premières ont donc été recherchées, aboutissant à des biocarburants avancés.

## LES BIOCARBURANTS AVANCÉS : VALORISER DES RESSOURCES NON ALIMENTAIRES

Les **biocarburants avancés** utilisent une matière végétale, dite lignocellulosique, différente des biocarburants conventionnels : **résidus agricoles, déchets forestiers, cultures dédiées comme le miscanthus.**

Même si les procédés de production sont plus complexes, ces biocarburants présentent de nombreux avantages :

- **ressource disponible plus importante** : valorisation des différents constituants non comestibles du végétal,
- **prix de la biomasse plus modéré** que pour celle des biocarburants conventionnels,
- **meilleur bilan environnemental.**

Les biocarburants avancés sont également répartis en deux familles :

## Le bioéthanol avancé (dit de 2<sup>e</sup> génération)

Destiné aux moteurs à essence, il est produit par des **procédés biochimiques**. Comme dans la filière conventionnelle, il s'agit de produire de l'éthanol par fermentation de sucres. Mais cette fois, la source végétale ne fournit pas directement un sucre exploitable.

La ressource lignocellulosique impose des étapes de transformation supplémentaires :

- il faut donc tout d'abord **extraire la cellulose de la biomasse par un traitement physico-chimique**,
- la cellulose est ensuite **transformée en glucose** (sucre simple) **par hydrolyse à l'aide d'enzymes**. Ces dernières, produites à partir de micro-organismes, dégradent naturellement la cellulose en glucose,
- le **glucose est ensuite transformé en éthanol par fermentation** sous l'action de levures, selon le même processus que pour la filière conventionnelle. Enfin, l'éthanol est purifié par distillation et déshydratation.

Cette production rencontre deux défis :

- le **coût de la transformation de la cellulose en sucres**, qui nécessite une grande quantité d'enzymes. Les chercheurs ont donc développé de nouvelles enzymes plus efficaces et à moindre coût,
- les **coproduits (hémicelluloses et lignine) qui n'étaient par le passé pas ou peu valorisés**. Les projets actuels s'orientent vers l'utilisation de la lignine comme source d'énergie pour les différentes étapes du procédé, ou encore l'utilisation des hémicelluloses pour la production d'éthanol.

## Le biogazole et le biokérosène avancés

La technologie BtL (*Biomass to Liquids*), ou **voie thermochimique**, permet de produire du biogazole et du biokérosène, ce dernier étant une alternative au *jet fuel* pour le secteur de l'aviation.

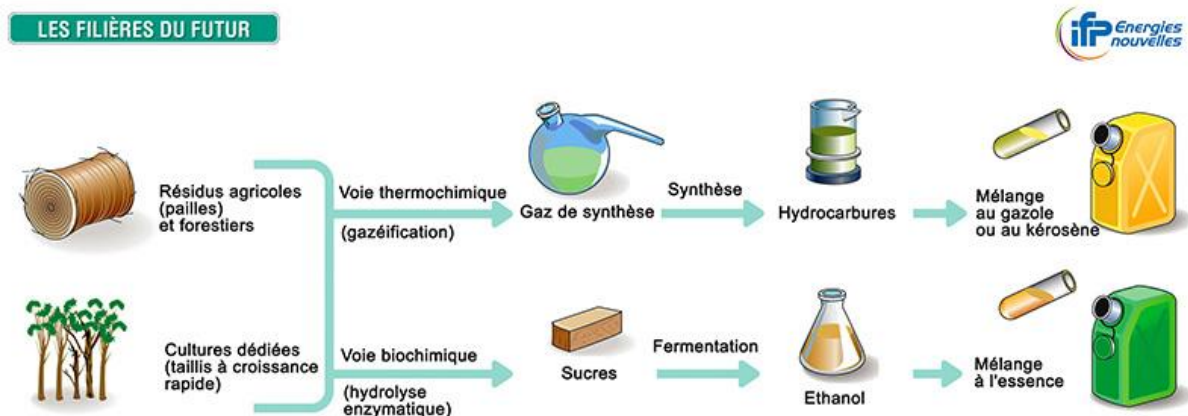
**La biomasse est d'abord préparée** pour devenir une **matière homogène** grâce à des techniques de pyrolyse ou de torréfaction.

Une **gazéification** est ensuite menée à plus de 1 000 °C en présence de vapeur d'eau ou d'oxygène. On obtient alors un gaz de synthèse constitué de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène (H<sub>2</sub>).

Le **gaz de synthèse est purifié** : des composés comme le soufre, les métaux ou le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) sont supprimés.

Une fois les composés indésirables éliminés, on peut procéder à la **synthèse Fischer-Tropsch**, une réaction qui transforme le gaz de synthèse épuré en gazole et kérosène de synthèse grâce à des catalyseurs.

Des améliorations sont en cours pour adapter la technologie BtL à une large diversité de biomasses et optimiser les performances technico-économiques (investissement, rendement, matière, etc.) et environnementales (consommations énergétiques, émissions de CO<sub>2</sub>) afin de passer à l'étape industrielle.



### Où en sont les biocarburants avancés ?

Un effort de recherche et de développement sans précédent est mené au niveau international pour produire ces biocarburants à un prix compétitif et avec les meilleurs bilans environnementaux possibles. Les premières unités industrielles de bioéthanol avancé sont en train de voir le jour en Europe, aux États-Unis, au Brésil et en Inde. En France, [les projets Futurol™ et BioTfuel®](#), réunissant les principaux acteurs de toute la chaîne, dont IFP Energies nouvelles, visent à créer les filières françaises des biocarburants avancés. La technologie de production de bioéthanol avancé issue du projet Futurol™ est entrée en 2018 dans une phase de commercialisation portée par Axens. Mais les débouchés commerciaux ne pourront se déployer que lorsque les cadres réglementaires nationaux, — le cadre européen ayant été finalisé en décembre 2018 par la directive REDII —, seront clarifiés et les politiques publiques incitatives renforcées, notamment pour lancer la filière par des premières industrielles. En France, [le projet de loi "Programmation pluriannuelle de l'énergie \(PPE\)"](#) prévoit l'intégration de 3,8 % de biocarburants avancés dans l'essence et 3,2 % dans le gazole à horizon 2028.

### Et les biocarburants à partir d'algues ?

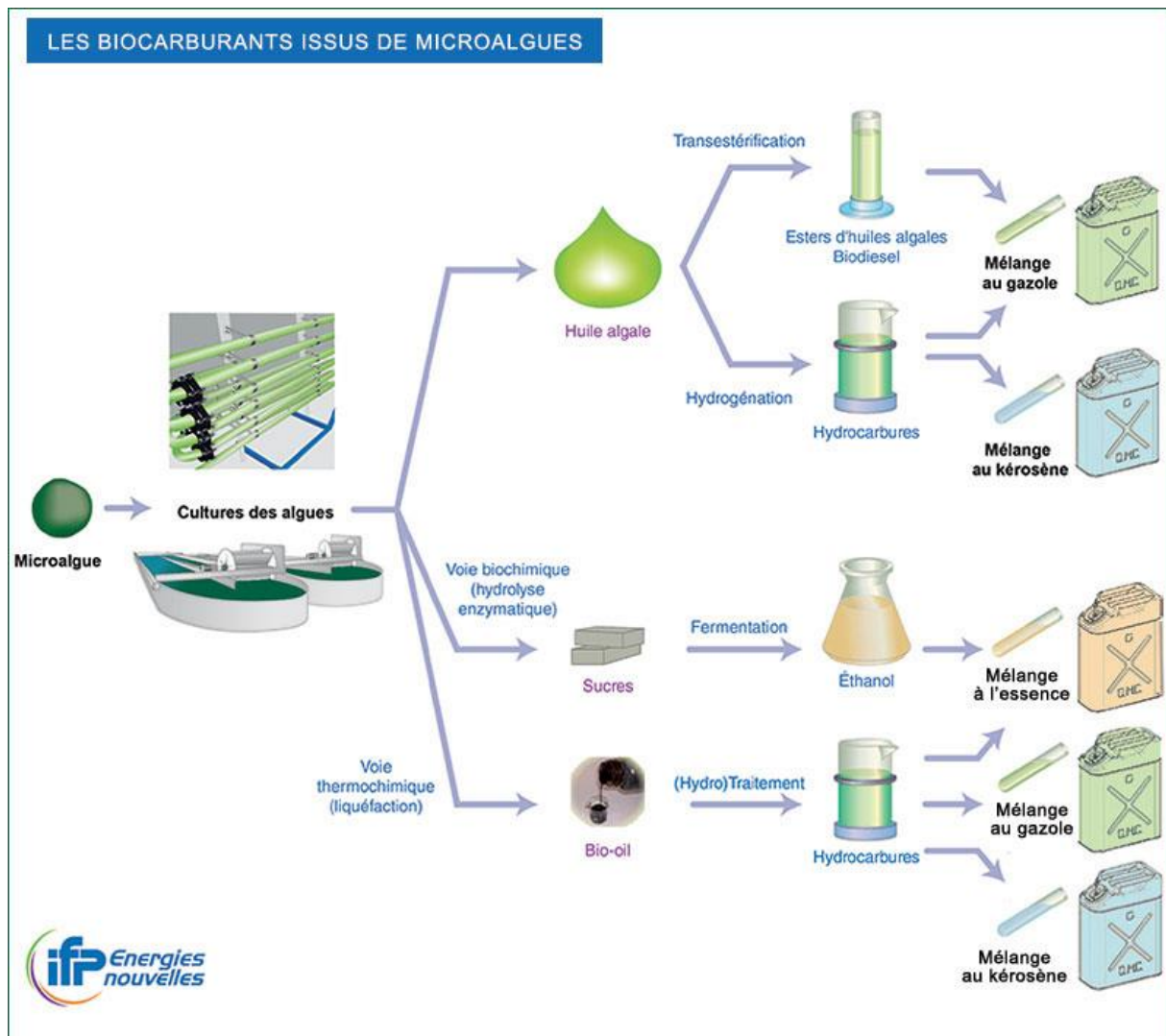
Fabriquer des biocarburants à partir d'algues est une idée séduisante mais **cela relève encore de l'expérience de laboratoire**. Il s'agit de récupérer les triglycérides contenus dans les algues pour les transformer en biogazole ou biokérosène. Cela suppose de maîtriser toute une chaîne de technologies et leur intégration, ce qui est loin d'être le cas aujourd'hui.

La production de ces biocarburants passe par quatre étapes :

- **sélection des micro-algues** pour leur richesse en huile,
- **culture dans de grands bassins** de plein air ou dans des photobioréacteurs (tubes transparents),
- **récolte et extraction de l'huile** selon différentes méthodes (centrifugation, traitement au solvant, lyse thermique, etc.),
- **conversion de l'huile en biocarburant**. Il existe deux méthodes :
  1. la **transestérification**, qui fait réagir l'huile algale avec du méthanol ou de l'éthanol, produit un ester d'huile algale ou biodiesel. Il peut être mélangé au gazole en proportion limitée à une dizaine de pourcents volume,
  2. l'**hydrogénation catalytique** qui fait réagir l'huile en présence d'hydrogène, suivie d'un hydrocraquage, produit des hydrocarbures qui peuvent être incorporés en quantité importante au gazole ou au kérosène.

D'après les estimations actuelles, les coûts de production sont beaucoup plus élevés que ceux des biocarburants avancés (plus de 300 dollars le baril).

Pour réduire ces coûts et envisager une production à grande échelle, il y a d'**énormes défis scientifiques et économiques** qui ne sont pas résolus. Aujourd'hui, les algues ne sont utilisées que comme matières premières pour des applications à haute valeur ajoutée et en petits volumes, notamment dans l'industrie cosmétique.



## LES BIOCARBURANTS SONT-ILS BONS POUR L'ENVIRONNEMENT ?

**Le bilan environnemental complet des biocarburants : l'analyse de cycle de vie**

Pour établir le bilan environnemental d'un biocarburant, il faut **prendre en compte chaque étape de production, depuis la culture de la plante** (consommation d'énergie des engins agricoles et utilisation d'engrais ou d'eau), **jusqu'à son utilisation finale dans un véhicule**, en passant par la fabrication proprement dite.

Toutefois, **le bilan varie sensiblement selon les filières**, en fonction de :

- l'espèce végétale utilisée,
- la région de production et la région de consommation (transport),
- le mode de production agricole,
- le mode de production industrielle.

Si l'on considère, par exemple, les filières de production de bioéthanol issues de ressources agricoles actuellement sur le marché, le meilleur résultat environnemental est obtenu à partir de la canne à sucre. La canne est en effet une plante peu exigeante en intrants et la bagasse (résidu fibreux de la canne à sucre) peut être utilisée pour générer la chaleur nécessaire à l'étape de distillation. En revanche, si du charbon est utilisé pour l'étape de distillation, le bilan environnemental sera fortement pénalisé.

**Les filières avancées affichent des bilans environnementaux avec des gains d'émissions de gaz à effet de serre autour de 80-90 % par rapport aux références fossiles.** En effet, les étapes de mobilisation de la ressource sont très peu émettrices, voire non émettrices dans les cas de la valorisation de déchets.

À partir du moment où les biocarburants sont exploités de façon raisonnée, ces bilans environnementaux sont largement positifs et les émissions de gaz à effet de serre sont réduites par rapport aux carburants pétroliers classiques. Dans les principaux pays consommateurs (États-Unis, États membres européens, Brésil), seuls les biocarburants compatibles avec un développement durable sont promus. **L'Europe a d'ailleurs mis en place une certification avec des critères portant notamment sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre par rapport à la référence fossile. Le gain exigé par rapport à la référence fossile est de plus de 60 % pour les nouvelles unités qui entreront en opération après le 1<sup>er</sup> janvier 2021.**

## **DES BIOCARBURANTS... À QUEL PRIX ?**

Aujourd'hui, leur production coûte, pour la plupart, plus cher que celle de l'essence ou du gazole. **Le surcoût (hors taxes) est essentiellement dépendant du prix de la ressource**, et en particulier de l'huile pour les filières biogazole, et également **des coûts de main d'œuvre** dans les différents pays.

Le bioéthanol américain est actuellement le plus proche de la compétitivité avec l'essence.

Les prix du biogazole argentin issu du soja et du biodiesel asiatique issu de palme sont également proches de celui du gazole, tandis que le biogazole de colza européen affiche un surcoût de l'ordre de 40 %.

La **mise sur le marché des biocarburants nécessite** donc, dans la grande majorité des cas, un **soutien de la part des pouvoirs publics** : défiscalisation à la vente, soutien direct ou indirect à la production des matières premières ou à l'investissement dans les unités de fabrication, obligation d'incorporation dans les carburants, etc.

Enfin, en Europe, la parité euro/dollar joue sur l'attractivité des biocarburants puisque le pétrole est coté en dollar et les biocarburants vendus en euro. Ainsi, un euro fort par rapport au dollar réduit la compétitivité des biocarburants.

Les **nouvelles filières devraient permettre la réduction des coûts opératoires**, mais leur compétitivité ne pourra pas être atteinte dans l'immédiat car il faut qu'elles suivent leur courbe d'apprentissage industriel. Il faut donc prévoir pendant quelques années des politiques publiques incitatives pour qu'elles puissent se déployer et que les industriels prennent le risque d'investissement.

# DES BIOCARBURANTS À BORD DE NOS AVIONS ?

Au niveau mondial, le trafic aérien représente environ 11 % de la consommation de carburant. Mais avec la croissance régulière du trafic, cet impact pourrait doubler en 15 ans. Les acteurs du secteur se sont donc fixé des objectifs ambitieux de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. Les biocarburants sont l'une des pistes étudiées. Il s'agit de remplacer une partie du kérosène d'origine fossile, qui assure aujourd'hui 100 % de l'avitaillement des avions. **Leur utilisation peut réduire de 50 à 90 % les émissions de gaz à effet de serre par rapport au kérosène actuel.**

À l'heure actuelle, cinq produits sont certifiés pour une incorporation en mélange avec du kérosène, jusqu'à une proportion de 50 %. L'utilisation de ces biokérosènes ne pose aucun problème technique ni de sécurité, et de nombreux vols d'essai ont déjà été réalisés. Mais leur **déploiement à grande échelle se heurte à la fois au manque d'obligation d'incorporation minimale, à l'absence de fiscalité sur ce kérosène et à la complexité de la mise en place de réglementations de portée internationale.** Leur utilisation reste donc très limitée sur des lignes régulières.

**L'utilisation des biocarburants dans l'aviation peut réduire de 50 à 90 % les émissions de gaz à effet de serre par rapport au kérosène actuel.**

