

Les « carburants verts » font bonne route

S'ils ne pourront jamais complètement remplacer les carburants fossiles, les biocarburants représentent une alternative écologique séduisante.

Rouler au vert

Mettre dans son scooter du carburant à base de betterave ou de colza pour réduire la pollution, l'idée est plutôt attrayante, surtout face à la montée en flèche du prix du pétrole. Et c'est très probablement quelque chose que vous avez déjà fait... sans le savoir. Car en France, comme dans de nombreux pays, ces carburants verts, que l'on appelle des biocarburants, sont déjà dans les stations-service. Attention, n'imaginez pas que les pompes à essence sont remplies d'alcool de betterave ou d'huile de colza brut. Il s'agit plutôt d'un savant mélange entre « carburants verts » (entre 1 et 5 %) et carburants fossiles classiques¹. Des proportions qui devraient progressivement augmenter en faveur des biocarburants puisqu'une directive européenne impose un taux d'incorporation de 5,75 % d'ici à 2010.

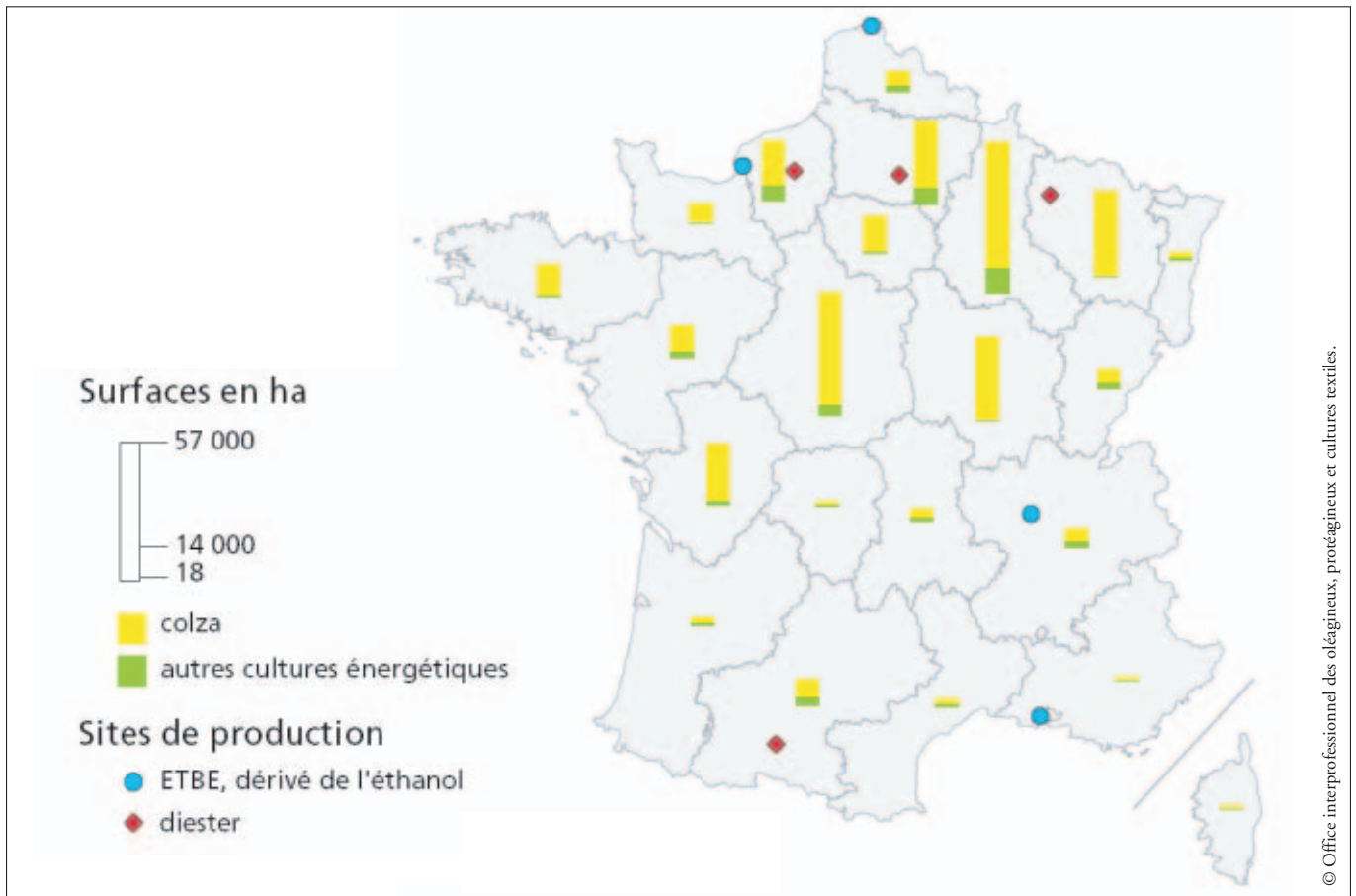
Un peu d'huile ou de sucre

Mais comment peut-on obtenir du carburant à partir de plantes ? Suffit-il de broyer n'importe quel végétal pour en extraire le jus et faire rouler sa voiture ? Pas exactement. En fait, deux types de plantes intéressent les fabricants de biocarburants : les « plantes à huile » (colza, tournesol...) et les « plantes à sucre » (betterave, canne à sucre, blé...). En France, c'est la betterave et le colza qui sont les plus sollicités. Après avoir été extraite de la plante, l'huile de colza est transformée en EMHV (Ester méthylique d'huile végétale), pour être mélangé au gazole. Le sucre de betterave sert, quant à lui, à produire du bioéthanol. Le bioéthanol peut être directement mélangé à l'essence ou, plus fréquemment, transformé en ETBE (Éthyl tertio-butyl éther) avant d'être incorporé à l'essence. L'EMHV et l'ETBE sont les deux biocarburants les plus répandus en France et en Europe.



L'EMHV, UN DÉRIVÉ D'HUILE DE COLZA. Une voiture diesel sur deux roule, sans que son conducteur en ait conscience, avec un gazole contenant du biodiesel (PROLEA).

(1) gazole et essence



CULTURES ÉNERGÉTIQUES DE LA FRANCE. Cinq régions de la moitié nord totalisent 60 % des cultures énergétiques de la France en 2004.

La France, pionnière des biocarburants

Le premier moteur fonctionnant à l'huile d'arachide a été conçu au début des années 1900 par Rudolf Diesel puis présenté à l'Exposition universelle. Il faudra attendre près d'un siècle pour voir les biocarburants prendre leur envol. Ils sont apparus au Brésil dans les années 1970 tandis qu'en Europe, leur histoire a commencé avec la réforme de la Politique Agricole Commune de 1992. Cette directive a permis aux agriculteurs d'utiliser les terres laissées au repos, dans le but de ne pas produire plus d'aliments qu'il n'était possible d'en vendre, et produire des bioénergies. La France fut la première à se lancer dans l'aventure.

Quelques chiffres

En Europe :

- l'Allemagne est le premier producteur d'EMHV ;
- l'Espagne le premier producteur de bioéthanol.

Dans le monde :

- l'Union européenne est le premier producteur d'EMHV (Allemagne, France, Italie) ;
- le Brésil et les États-Unis produisent à eux seuls 95 % du bioéthanol.

L'alchimie de l'huile

La première filière de biocarburant fait appel aux « plantes à huile ». Il s'agit de la filière biodiesel. En France, 300 000 ha de champs de colza sont dédiés à la production d'Ester méthylique d'huile végétale (EMVH).



LE COLZA ET LE TOURNESOL, DES PLANTES RICHES EN HUILE

1 ha de colza fournit plus d'1 tonne d'EMHV et 2 tonnes de tourteau. 1 ha de tournesol fournit 0,7 tonne d'EMHV.

Il faut tout d'abord cultiver les plantes, les récolter et récupérer les graines qui contiennent la matière première recherchée : l'huile. Pour opérer la transformation des graines, ces dernières sont acheminées vers une usine de trituration. On va alors les

nettoyer, les presser, puis les laver avec un solvant pour extraire plus de 96 % de leur huile. Les résidus des graines après trituration donnent une farine, appelée tourteau, destinée à l'alimentation animale.

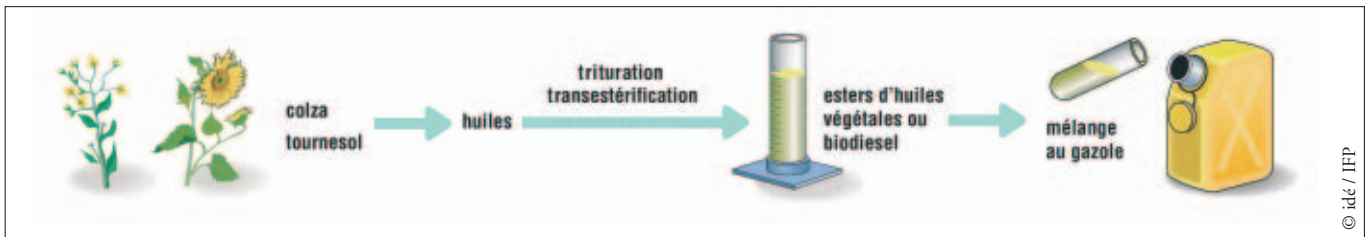
L'huile végétale obtenue ne peut pas être utilisée directement dans des moteurs diesel. Il faut la faire réagir avec du méthanol, alcool industriel produit dans les usines pétrochimiques, pour obtenir de l'Ester méthylique d'huile végétale (EMVH). Cette réaction de transestérification conduit également à la formation de glycérine² selon l'équation suivante : 1 t d'huile végétale + 100 kg de méthanol = 1 t d'EMVH + 100 kg de glycérine. En Allemagne, l'EMVH est utilisé pur dans des moteurs diesel adaptés. Partout ailleurs en Europe, il est mélangé au gazole à hauteur de 5 % (norme européenne EN 590).

L'EMVH est l'option qui connaît la plus forte croissance : +28 % entre 2003 et 2004 dans l'Union Européenne. En France, il représente l'essentiel des surfaces cultivées à des fins énergétiques. Ce biocarburant est incorporé au taux de 30 % dans certaines flottes de bus ou de voitures et autour de 5 %, de manière balisée, dans les stations-services.



STOCKAGE DES TOURTEAUX DE COLZA. Les tourteaux sont des résidus de graines de colza ou de tournesol riches en protéines. On les utilise comme nourriture pour les animaux.

(2) La glycérine est utilisée dans la fabrication des savons, des gels douches, du dentifrice...



DE LA PLANTE AU BIODIESEL

Côté cuisine

Quelle différence existe-t-il entre l'huile que l'on utilise pour cuisiner et celle que l'on met dans son moteur ? Au départ, aucune. L'huile est extraite des graines par trituration, exactement de la même façon. Par contre, l'huile alimentaire est totalement raffinée. Elle subit un certain nombre de traitements : on modifie sa couleur (naturellement jaune-verte), on supprime son odeur et son goût, on la winterise pour qu'elle ne fige pas dans sa bouteille pendant l'hiver...

L'alchimie du sucre

La seconde filière de biocarburant fait appel aux « plantes à sucre ». Il s'agit de la filière bioéthanol. En France, 24 000 ha de champs de betteraves et, dans une moindre mesure de céréales, sont cultivés pour obtenir du bioéthanol.



© Marc Pallardy / TOTAL

LA BETTERAVE SUCRIÈRE, UNE PLANTE RICHE EN SUCRE. 1 ha de betterave sucrière donne entre 6 000 et 7 000 L de bioéthanol.



© Marc Fouchard / INRA

LE BLÉ OU LE MAÏS, DES PLANTES RICHES EN AMIDON. 1 ha de blé ou de maïs donne 3 000 l de bioéthanol.

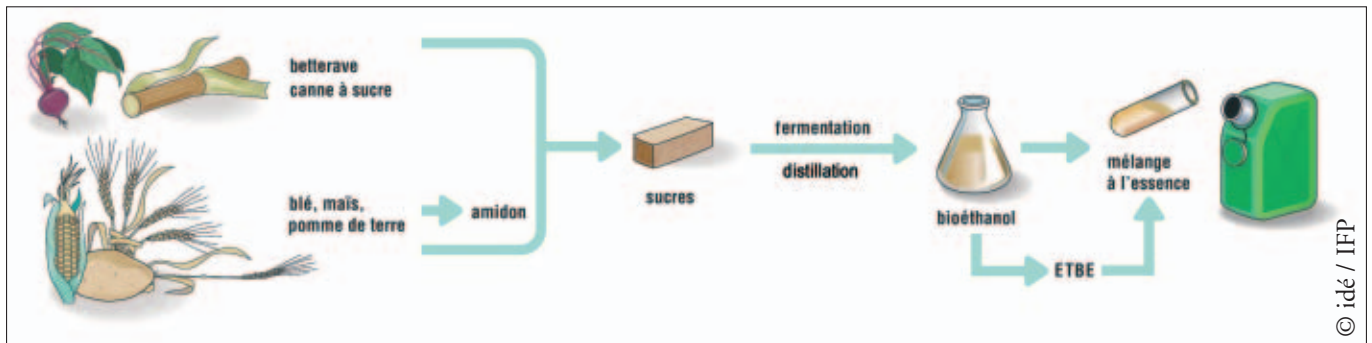
Après avoir récupéré les graines des céréales ou les racines des betteraves à transformer, il faut extraire la matière première utile : le sucre. Pour des plantes comme la betterave, le procédé est relativement simple ; il suffit de broyer et de presser la racine pour obtenir du jus sucré. Pour les céréales, la manœuvre est un tout petit peu plus compliquée car le sucre est emprisonné dans les graines de la plante sous la forme d'amidon (longue chaîne de sucres). Il faut alors fractionner l'amidon grâce à l'intervention de différentes enzymes³ pour obtenir des sucres simples.



© Philippe Martelly / ADEME 1995

DISTILLERIE BRETONNE. Dans ces colonnes, l'alcool est distillé pour obtenir de l'éthanol.

(3) Protéine permettant d'accélérer jusqu'à des millions de fois une réaction chimique donnée. Ce sont des catalyseurs biologiques.



© idé / IFP

DE LA PLANTE AU BIOÉTHANOL

La suite des opérations a lieu dans une distillerie. Les sucres sont alors transformés en alcool par fermentation grâce à l'action de micro-organismes dont les plus connus sont des levures du genre *Saccharomyces*. Vient ensuite une étape de distillation qui permet de débarrasser l'alcool de son eau. Au final, 100 kg de sucre = 60 l d'alcool. L'alcool obtenu est de l'éthanol, aussi appelé bioéthanol puisque fabriqué à partir de plantes. Le bioéthanol peut être mélangé à haute teneur à l'essence pour être utilisé dans des moteurs essence. En France, on le fait réagir avec de l'isobu-

tène (produit pétrolier) pour obtenir de l'ETBE. Ce produit est ensuite incorporé à l'essence à hauteur de 15 % pour constituer l'essence sans plomb que l'on trouve aujourd'hui à la pompe.

Quelques chiffres

L'éthanol est mélangé à l'essence :

- en Europe, jusqu'à 5 % (jusqu'à 15 % pour l'ETBE) ;
- aux États-Unis, de 5,7 à 10 % ;
- au Brésil, de 20 à 100 %.

L'alcool dans tous ses états

Une distillerie a pour rôle de transformer le sucre en alcool. Après une première étape de distillation, l'alcool obtenu contient entre 20 et 30 % d'eau. Une partie de cet alcool servira à fabriquer des liqueurs ou bien des produits de droguerie ou de pharmacie. L'autre partie est complètement déshydratée. Elle donnera naissance au bioéthanol utilisé pour fabriquer des biocarburants.

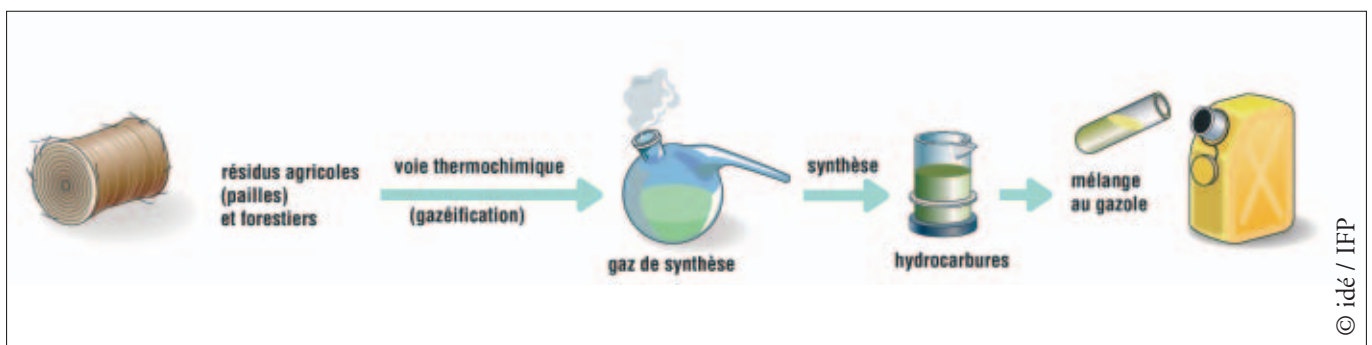
Les biocarburants de deuxième génération

Dans le futur, les biocarburants auront une composition chimique identique aux produits pétroliers. Ils pourront donc être incorporés en plus grande proportion dans les carburants sans craindre de dommage pour les moteurs qui seront, de leur côté, de plus en plus performants. Ces biocarburants de deuxième génération utiliseront des ressources plus diversifiées, provenant de plantes ou d'animaux.

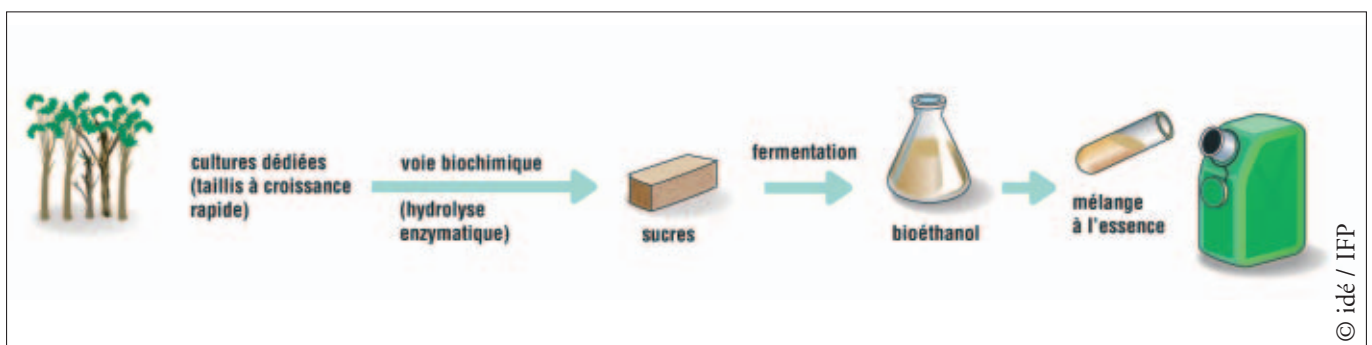
Plusieurs voies de recherche existent. La première permettra d'obtenir d'ici à 2008 du biogazole de synthèse à partir d'huiles végétales

ou de graisses animales. D'ici une quinzaine d'année, une voie parallèle permettra d'obtenir du biogazole mais, cette fois-ci, à partir de la biomasse lignocellulosique des plantes, c'est-à-dire à partir des tiges et des troncs. Le procédé, appelé BTL (Biomasse to liquid⁴), consiste en une gazéification de la biomasse puis à la synthèse de biogazole.

Au même horizon, la pyrolyse⁵ de matière première lignocellulosique permettra d'obtenir un biopétrole qui peut ensuite être fractionné, autrement dit raffiné, en biohydrocarbures. Un dernier procédé permettra, à terme, de fabriquer du bioéthanol par hydrolyse enzymatique de la lignocellulose.



LA VOIE THERMOCHIMIQUE



LA VOIE BIOCHIMIQUE

(4) Production de biocarburants de synthèse issu de la biomasse.

(5) Destruction d'un corps par la chaleur.

Des plantes pleines de ressources

Revenons un peu sur l'utilisation de la lignocellulose. Lors de la fabrication des biocarburants, toute la plante n'est pas exploitée. Seules les racines, les tubercules et les graines sont utilisés. Pour quelle raison ? Parce que c'est là, dans ces organes, que les végétaux stockent leurs sucres et leurs huiles de réserve. Par exemple, les betteraves concentrent du sucre (saccharose) dans leurs racines et le colza de l'huile dans ses graines. Or, le sucre et l'huile de ces organes de réserve sont facilement transformables en biocarburants.

Pourtant, les tiges et les troncs possèdent leurs propres ressources énergétiques. Il s'agit de la biomasse lignocellulosique constituée de cellulose, d'hémicelluloses et de lignine. Pourquoi ne les utilise-t-on pas aujourd'hui dans la fabrication des biocarburants ? Tout d'abord, parce que ces sucres ne sont pas faciles d'accès ; ils sont emprisonnés dans une matrice de lignine, substance chargée de rigidifier la tige. Le premier défi est donc d'extraire la cellulose et les hémicelluloses de la lignine, puis de les fractionner en sucres simples. Un second frein s'ajoute, les sucres obtenus ne sont pas tous faciles à transformer en alcool⁶.

Différentes équipes de chercheurs se penchent aujourd'hui sur la question pour trouver une manière simple et rentable de transformer les tiges et les troncs tendres des végétaux. L'équipe de Marcel Asther de l'Inra à Marseille a choisi de faire appel aux champignons filamenteux (*Pycnoporus cinnabarinus*). Dans la nature, ce champignon vit fixé aux troncs des arbres et possède des enzymes

qui « grignotent » l'écorce pour lui permettre d'utiliser les sucres des parois. L'idée est donc ici d'utiliser ces champignons et tout particulièrement leurs enzymes pour s'attaquer aux tiges des plantes et libérer les sucres de leur matrice. Ces enzymes découpent ensuite la cellulose et les hémicelluloses en petits fragments. Au final, on obtient des sucres simples, similaires à ceux des betteraves, qui peuvent être directement transformés en alcool (bioéthanol).



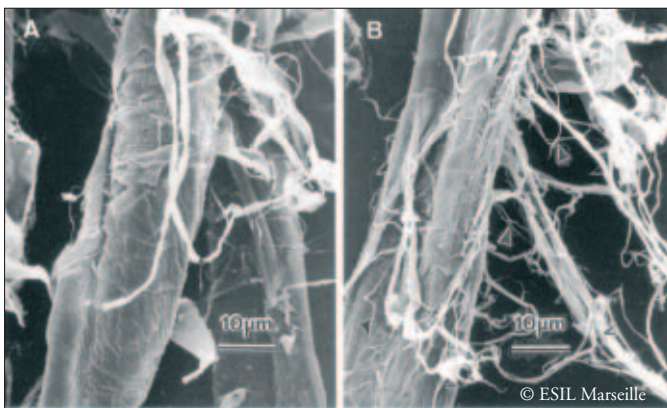
BIOMASSE LIGNOCELLULOSIQUE. La lignocellulose qui compose la paille de blé peut être transformée en bioéthanol.

(6) Il s'agit notamment des sucres obtenus à partir de la fragmentation des hémicelluloses, qui lient la cellulose et la lignine.



© ESIL Marseille

CHAMPIGNON FILAMENTEUX



© ESIL Marseille

DÉGRADATION DE LA PAILLE DE BLÉ PAR DES ENZYMES DE CHAMPIGNONS. Les enzymes de champignons s'attaquent aux fibres de la tige. Leur action libère la cellulose de sa matrice de lignine.

Ce procédé, testé sur la paille de blé, fonctionne très bien. Mais il n'est pas encore suffisamment efficace pour être économiquement rentable. Pour l'améliorer, Marcel Asther et son équipe étudient de plus près l'enzyme chargée d'extraire les sucres de la tige, la laccase. En se basant sur ses qualités, les chercheurs tentent de créer un « super-dégradateur » encore plus performant. Ces recherches sont soutenues par l'Institut Français du Pétrole et le

procédé sera testé sur des véhicules d'ici à 2009. Parallèlement à ces recherches, l'organisation d'une telle filière doit être imaginée. L'utilisation de paille et de troncs comme matière première soulève en effet des questions de stockage et d'acheminement vers les usines de traitement.

Les bioplastiques

Les plantes se substituent aux carburants mais aussi à d'autres produits dérivés du pétrole comme les plastiques. Malgré un coût de fabrication encore élevé et des propriétés inférieures à celles de leurs homologues issus de la pétrochimie, les bioplastiques connaissent aujourd'hui une croissance rapide. La production mondiale de polymères biodégradables pourrait décupler dans les cinq années venir.

Le chanvre est ainsi associé à des fibres plastiques pour donner naissance à des bioplastiques utilisés dans le secteur automobile par exemple. En France, un véhicule classique contient environ 10 kg de chanvre et de lin. L'équipe de Bernard Kurek, chercheur à l'Inra, travaille sur l'incorporation de fibres de chanvre dans les matériaux thermoplastiques en remplacement des fibres artificielles.



© Alain Beguey / INRA

CHAMPS DE TOURNESOL ET DE CHANVRE

De l'huile d'olive dans mon moteur ?

Utiliser dans sa voiture un carburant classique contenant une certaine proportion de biocarburant issu d'huile ou d'éthanol, c'est une chose. Mais il ne faut pas espérer aller bien loin en remplissant, comme certains le proposent, son réservoir d'huile d'olive ou d'alcool à 90°C brut. Que se passerait-il ? Avec de l'huile brute, le moteur s'encrasserait très rapidement, empêchant au bout de quelques mois voire de quelques jours le véhicule de rouler. En ce qui concerne l'alcool, un moteur essence standard refuserait tout simplement de démarrer.

Pour savoir quelle quantité de « carburants verts » il est possible d'ajouter aux carburants classiques sans que cela ne pose de problème, les constructeurs automobiles ajoutent progressivement 5, 10, 20 %... de biodiesel ou de bioessence à un carburant fossile puis ils en analysent les propriétés et le comportement sur un moteur. Ils étudient la volatilité de ces mélanges, leur stabilité, leur propriété d'auto inflammation (indice de cétane) ou encore la quantité et la nature des polluants émis lors de la combustion... puis comparent ces résultats à ceux obtenus avec les carburants

actuels. Car il n'est pas question pour un constructeur automobile d'utiliser des carburants de moins bonne qualité que les carburants déjà sur le marché.

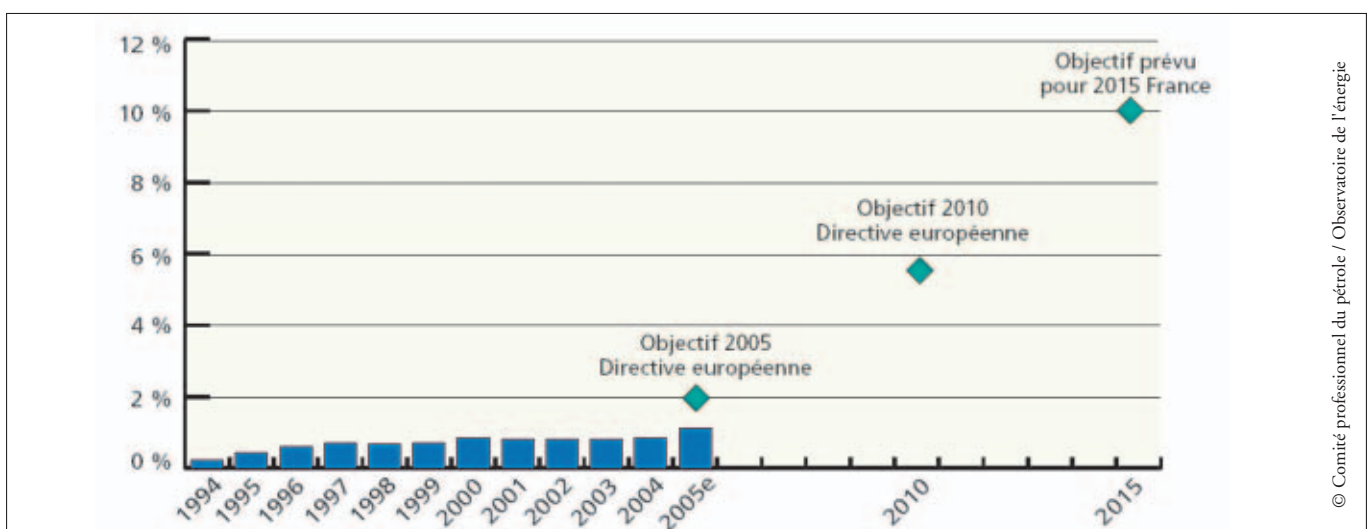
Les tests réalisés par le constructeur automobile PSA Peugeot Citroën ont démontré que les moteurs à essence pouvaient fonctionner tout à fait normalement avec 10 % de bioéthanol. De même, les moteurs diesels peuvent fonctionner sans problème technique jusqu'à 30 % de biodiesel⁷. La France a donc de la marge puisque les carburants contiennent à l'heure actuelle 1 % de biocarburants alors que les objectifs européens à atteindre étaient de 2 % fin 2005.

Vers des moteurs 100 % bio

Dans les années qui viennent, les constructeurs automobiles vont développer de nouveaux véhicules. Ces véhicules flexibles peuvent fonctionner à l'essence ou avec un mélange contenant jusqu'à 85 % d'éthanol (au delà le véhicule ne démarre pas).

Quelques chiffres

- En France, 97 % de l'éthanol est incorporé sous forme d'ETBE à l'essence.

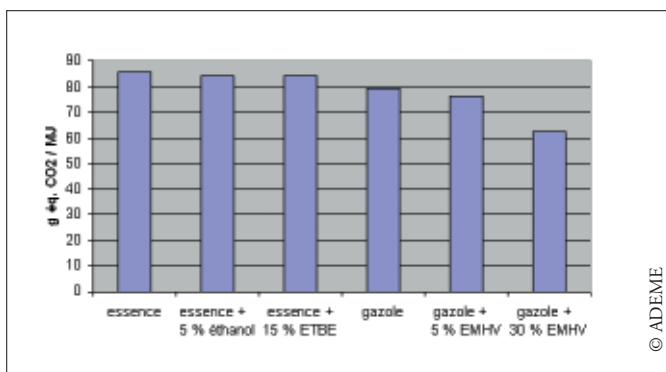


LE TAUX D'INCORPORATION À LA POMPE EST ENCORE LOIN DE L'OBJECTIF VISÉ. Le taux d'incorporation est la part de biocarburants incorporés dans l'essence et le gazole. Valeur 2005 estimée dans l'hypothèse de la mise sur le marché de tous les volumes agréés.

(7) À condition que les carburants soient en conformité avec les normes européennes.

Du puits à la roue

Une chose à savoir, un véhicule qui roule avec un biocarburant ne rejette, à priori, pas moins de polluants qu'un véhicule qui roule avec un carburant classique. Quand on dit que « les carburants verts permettent de réduire les émissions de gaz à effet de serre », on parle de l'ensemble du cycle de vie du carburant, de sa production à sa consommation. Pour les carburants fossiles, ce cycle débute avec l'extraction du pétrole, pour les biocarburants, il commence au moment de la plantation.



ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE EN FONCTION DU CARBURANT. g éq. CO₂ / MJ = gramme équivalent CO₂ par méga joules.

D'après une étude de l'ADEME (Agence de l'environnement et de maîtrise de l'énergie, 2002), l'utilisation des biocarburants contribue à diminuer les émissions de gaz à effet de serre. Ils conduisent par ailleurs à la réduction des émissions de pollution locale : fumées, particules, hydrocarbures aromatiques. Mais aujourd'hui, avec un taux d'incorporation de 1 %, les biocarburants ne permettent que d'économiser 1 % de nos émissions de CO₂ par an.

À la sortie du pot

Comme leur nom l'indique, les hydrocarbures sont composés de molécules d'hydrogène et de carbone. Associés à de l'oxygène lors de la combustion, l'hydrogène et le carbone produisent à la sortie du moteur de la vapeur d'eau (H₂O), du dioxyde de carbone (CO₂) et des polluants résiduels. Un véhicule neuf émet environ 153 grammes de CO₂ par kilomètre (moyenne des émissions en France en 2004, ADEME). C'est ainsi que le transport routier mondial représente 17 % des 25 milliards de tonnes de CO₂ rejetées chaque année par les activités humaines (2003).

Carte d'identité de l'EMHV

avantage

- réduit les émissions de CO₂ et d'hydrocarbures

inconvénient

- parfaitement miscible au gazole

inconvénient

- augmente les émissions d'oxydes d'azote

- moins énergétique que le gazole (0,92 %)

Carte d'identité de l'ETBE

avantage

- réduit les émissions de CO₂ et d'hydrocarbures

inconvénient

- parfaitement miscible à l'essence

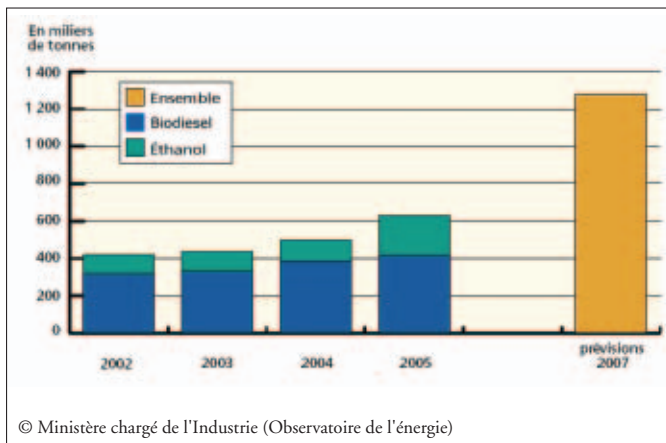
- faiblement volatile

inconvénient

- moins énergétique que l'essence (0,83 %)

Les obstacles à franchir

Deux principaux inconvénients pourraient freiner le développement des biocarburants. Le premier, la disponibilité des matières premières. La production de plantes destinées à la filière biocarburants ne va cesser d'augmenter dans les prochaines années. D'autant que la France s'est fixé l'objectif de doubler sa production de biocarburants d'ici à 2007. Seulement, les surfaces cultivables, majoritairement utilisées pour la production alimentaire, ne sont pas inextensibles. Il est ainsi prévu qu'aux alentours de 2010, la limite des terres agricoles pouvant être dédiées aux bioénergies soit atteinte. La France devra alors importer de la matière première, huile ou alcool végétal, pour continuer à accroître sa production de biocarburants et respecter la norme européenne. Elle pourra également utiliser de nouvelles ressources pour produire des biocarburants de deuxième génération.

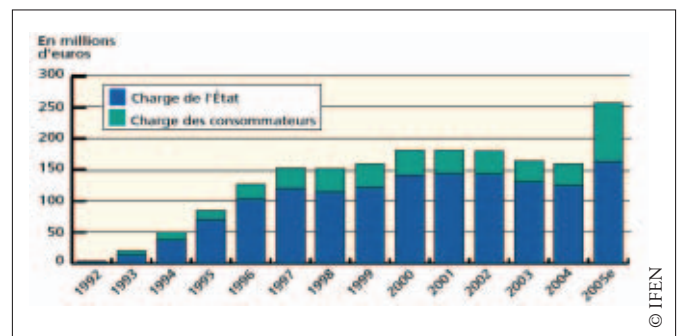


AUGMENTATION DES VOLUMES DE PRODUCTION AGRÉÉS.

L'essentiel de l'éthanol est transformé en ETBE. Une tonne d'éthanol permet de produire deux tonnes d'ETBE.

Le second frein au développement des biocarburants : leur prix. Malgré les aides agricoles et les aides fiscales de l'État pour la production de biocarburants, leur coût de production reste élevé, plus élevée que celui de l'essence ou du gazole. Au Brésil et aux

États-Unis, où la matière première est meilleur marché, les carburants verts restent entre 1,4 à 3 fois plus coûteux à produire que les produits pétroliers. En 2003, on estimait que la production d'un litre de biocarburant coûtait 45 centimes d'euros contre 23 centimes pour un litre de carburant classique, sur la base d'un pétrole à 25 dollars le baril. Les biocarburants ne seront compétitifs que lorsque le prix des matières premières nécessaires à leur fabrication, augmenté des coûts de fabrication, sera durablement inférieur à celui des carburants pétroliers qu'ils remplacent.



SURCOÛTS D'UTILISATION DES BIOCARBURANTS. Valeur 2005 estimée dans l'hypothèse de la mise sur le marché de tous les volumes agréés et d'un baril de pétrole à 50 \$.

Même en utilisant la totalité des terres agricoles françaises, on arriverait tout juste à couvrir un septième des besoins en carburant du pays. Il apparaît donc que les biocarburants, malgré leurs qualités, doivent être considérés seulement comme un appoint aux nouvelles formes d'énergies qui devront suppléer à la disparition du pétrole.

Le saviez-vous ?

On rajoute le suffixe « bio » quand il s'agit d'un produit fabriqué à partir de matière naturelle. On parle ainsi de biocarburant, de bioplastique, biomatériaux.

Lexique

AMIDON - Longue chaîne de sucres emmagasinée par les organes de réserve des végétaux (racines, tubercules, graines).

BIOCARBURANT - Carburant issu d'une matière première renouvelable. L'EMHV est produit à partir du colza, l'ETBE à partir du blé et de la betterave sucrière.

BIOÉTHANOL - Biocarburant produit à partir de la betterave sucrière ou du blé déshydraté. Cet alcool peut être incorporé dans l'essence ou plus fréquemment transformé en ETBE.

BIOGAZ - Résultat de la fermentation anaérobie (en l'absence d'air) des déchets organiques. Le biogaz est un gaz pauvre qui contient environ 50 % de méthane et dont la valorisation est généralement électrique.

BIOMASSE - Ensemble de la matière vivante. Après collecte et transformation, elle est susceptible d'être valorisée pour la production d'énergie ou de bioproduits.

CELLULOSE - Longue chaîne de sucre composant les parois cellulaires et les fibres végétales.

EMHV – Biocarburant produit à partir du colza. Cette huile végétale estérifiée peut être incorporée au gazole à environ 5 % en volume de manière banalisée. L'EMHV a un bon pouvoir de lubrification des injecteurs, ce qui compense l'effet de l'élimination du soufre dans le gazole.

ETBE - Biocarburant résultant de la synthèse de l'éthanol avec un produit pétrolier (isobutène). L'ETBE peut être incorporée dans l'essence jusqu'à 15 % de manière banalisée.

LIGNOCELLULOSE - Mélange de lignine (substance qui sonne aux végétaux leur rigidité) et de cellulose (longue chaîne de sucre).