

# Biocarburant

Un **biocarburant** (ou **agrocarburant**) est un carburant produit à partir de matériaux organiques non fossiles, provenant de la biomasse. Il existe actuellement deux filières principales :

- filière huile et dérivés (biodiesel) ;
- filière alcool, à partir d'amidon, de cellulose ou de lignine hydrolysés.

D'autres formes moins développées voire simplement au stade de la recherche existent aussi : carburant gazeux (biogaz carburant, dihydrogène), carburant solide.



La canne à sucre peut être utilisée pour produire des agrocarburants.

## Dénomination

À l'inverse de l'expression qui fait consensus en langue anglaise (*biofuel*), plusieurs expressions concurrentes coexistent en langue française. Parmi celles-ci on retiendra notamment :

- L'expression « biocarburant » (du grec *bios*<sup>[1]</sup>, *vie, vivant* et de carburant<sup>[2]</sup>) indiquant que ce carburant est obtenu à partir de matériaux organiques (biomasse), par opposition aux carburants obtenus de ressources fossiles. C'est la plus ancienne des différentes expressions. Elle a notamment été promue par les industriels de la filière<sup>[3]</sup> et certains scientifiques.
  - biocarburant est la dénomination retenue par le Parlement européen.<sup>[4]</sup>
- L'expression « agrocarburant », plus récente (2004)<sup>[5]</sup>, est privilégiée par certains scientifiques, une partie de la classe politique française et des médias qui estiment que le préfixe « bio » est associé en français courant au mode de production de l'agriculture biologique et soupçonnent les industriels de la filière de profiter de l'image de celle-ci.
  - En 2007, l'association Bio Suisse demande dans un communiqué de presse à l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) de modifier les textes de lois et l'usage en Suisse pour que ne soit plus utilisé que le terme agrocarburant.<sup>[6]</sup>
- Certains courants écologistes recourent à l'expression « Nécrocarburant » pour dénoncer les risques écologiques et sociaux posés par le développement des biocarburants<sup>[7]</sup>.
- Le terme anglais « biofuel » peut être également retrouvé dans des textes francophones.
- On trouve aussi parfois les expressions « carburant végétal » et « carburant vert »  
[Pourquoi ?], appliquée parfois à des carburants contenant une fraction de biocarburant.

Le choix de l'un de ces termes plutôt qu'un autre par un locuteur peut être révélateur du regard que celui-ci porte sur ce carburant. La première expression est par exemple utilisée

par l'ADECA, une association dédiée au développement de ce type de carburant<sup>[8]</sup>. À l'inverse, l'expression « nérocarburant » est utilisée par les opposants au développement de ce type de carburant. Enfin, « agrocarburant » est le plus souvent utilisé pour marquer la différence avec les produits issus de l'agriculture biologique.

### **Première et deuxième générations**

On distingue aussi les biocarburants de première et de seconde génération. Cette dénomination n'a pas de définition officielle, il n'est donc pas possible de définir une ligne claire entre ce qui est un biocarburant de première génération et ce qui est un biocarburant de seconde génération. Cette classification peut servir à séparer les carburants issus de produits alimentaires des carburants issus de source ligno-cellulosique (bois, feuilles, paille, etc.). Une autre interprétation l'utilise pour faire la distinction entre les biocarburants produits à partir de processus techniques simples et ceux produits par des techniques avancées. Une dernière utilisation est de distinguer les cultures agricoles à vocation générique (utilisables pour remplir des besoins alimentaires, industriels ou énergétiques), des cultures à vocation strictement énergétique.

La commission de l'Union Européenne a prévu de définir les biocarburants de seconde génération suite à l'évaluation à mi-parcours de sa politique de biocarburants<sup>[9]</sup>. Parmi les critères qui pourraient être pris en compte on peut citer : les matières premières utilisées, les technologies utilisées ou encore la capacité à lutter contre les émissions de gaz à effet de serre.

Selon un sondage réalisé en 2007 par l'UICN et la Banque mondiale auprès d'experts et de décideurs du secteur climatique, les biocarburants de première génération ne sont qu'au 18<sup>e</sup> rang (avec 21 %) des technologies pouvant diminuer les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, alors que les biocarburants de seconde génération sont au 7<sup>e</sup> rang (avec 43 %)<sup>[10]</sup>.

Pour l'Office fédéral de l'agriculture suisse, les biocarburants de seconde génération sont issus « des sous-produits et déchets agricoles ou encore des plantes qui ne servent pas à l'alimentation humaine »<sup>[11]</sup>.

Pour Jean-Louis Borloo, ministre de l'Écologie : « La position de la France est claire : cap sur la deuxième génération de biocarburants » et « pause sur de nouvelles capacités de production d'origine agricole »<sup>[12]</sup>.

### **Approche historique**

À la naissance de l'industrie automobile, le pétrole et ses dérivés n'étaient pas encore très utilisés ; c'est donc très naturellement que les motoristes se tournaient, entre autres, vers ce qu'on n'appelait pas encore des biocarburants : Nikolaus Otto, inventeur du moteur à explosion, avait conçu celui-ci pour fonctionner avec de l'éthanol. Rudolf Diesel, inventeur du moteur à combustion faisait tourner ses machines à l'huile d'arachide. La Ford T (produite de 1903 à 1926) roulait avec cet alcool.

Lors des deux guerres mondiales, les gazogènes sont rapidement apparus pour parer au manque de gazole ou d'essence.

Au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, quand le pétrole devint abondant et bon marché, les industriels et les consommateurs se désintéressèrent des biocarburants. Le premier et second choc pétrolier (1973 et 1979) les rendirent à nouveau attractifs, pour des questions stratégiques

(sécurité d'un approvisionnement en énergie) et économique (réduction de la facture pétrolière, développement d'une industrie nationale dans un contexte de chômage croissant). De nombreuses études furent ainsi menées à la fin des années 1970 et au début des années 1980. Le Brésil engagea un vaste programme de production d'éthanol à partir de canne à sucre, et de conversion de son parc automobile à cette énergie (programme Proalcool, décret-loi du 14 novembre 1975, renforcé en 1979)<sup>[13]</sup>. Aux États-unis, les travaux du NREL (*National Renewable Energy Laboratory, US Department of Energy, DOE*) sur les énergies renouvelables ont commencé dans les années 1970 dans le contexte du pic pétrolier américain. Il est alors apparu indispensable au gouvernement américain de se tourner vers des sources pétrolières étrangères ou de développer d'autres carburants.

Le contre-choc pétrolier de 1986 (baisse des prix du pétrole), et le lobbying des multinationales pétrolières<sup>[réf. nécessaire]</sup> ont fait chuter l'enthousiasme pour les biocarburants. Mais en 2000, une nouvelle hausse du prix du pétrole, l'approche du pic pétrolier<sup>[réf. nécessaire]</sup>, la nécessité de lutter contre l'effet de serre, les menaces sur la sécurité d'approvisionnement et *last but not least* la surproduction agricole ont conduit les gouvernements à multiplier les discours et les promesses d'aides pour le secteur des biocarburants. Les USA lancent un grand programme de production d'éthanol de maïs. La Commission européenne souhaite que les pays membres incluent au moins 5,75 % de biocarburants dans l'essence, et, à cet effet, les directives adoptées autorisent les subventions et détaxation, ainsi que l'utilisation des jachères à des fins de production d'agrocarburant<sup>[14]</sup>. Enfin, la Suède vise une indépendance énergétique dès 2020.

Le contexte change de nouveau au milieu des années 2000 : la surproduction agricole est oubliée et le prix des aliments remonte fortement, d'autre part, s'il y a toujours eu certains milieux écologistes pour s'inquiéter des conséquences environnementales des cultures "industrielles" en général et donc des biocarburants, leur audience s'accroît ; les études environnementales et énergétiques lancées quelques années auparavant commencent à donner des résultats qui s'avèrent mitigés, avec des éléments pour et des éléments contre, propices à des polémiques.

En avril 2007, un rapport de l'ONU n'arrive pas à quantifier les avantages et inconvénients de ces produits. Il propose aux décideurs d'encourager leur production et utilisation durable ainsi que d'autres *bioénergies*, en cherchant à maximiser les bénéfices pour les pauvres et pour l'environnement tout en développant la recherche et développement pour des usages d'intérêt public<sup>[15]</sup> .<sup>[16]</sup> Deux projets de directive européenne sont en cours d'examen en 2007 ; sur la qualité des biocarburants et sur leur promotion.

En 2007, les demandes de subvention à l'Europe ont porté sur 2,84 millions d'ha, alors que le dispositif d'aide de la PAC a été prévu (en 2004) pour 2 millions d'ha consacrés aux agrocarburants. Seuls 70 % de l'aire pourra donc être subventionnée (45€ par ha - alors qu'on en cultivait 1,23 millions d'ha). Cette subvention pourrait être remise en question par la commissaire européenne à l'agriculture Mariann Fischer Boel dans une Communication "*Bilan de santé de la PAC*", le prix du pétrole (100 USD le baril en janvier 2008) ne justifie plus cette aide<sup>[17]</sup>. Le dernier écobilan fait en France a été fait par PWC (consultants) en 2002. Suite au Grenelle de l'Environnement (en octobre 2007), le gouvernement français en a commandé un nouveau à l'Ademe.

## Technique

### Les filières de première génération

Pour utiliser ces carburants dans les moteurs, deux approches sont possibles :

- Soit on cherche à adapter l'agrocaburant (par transformation chimique pour obtenir du biodiesel par exemple) aux moteurs actuels, conçus pour fonctionner avec des dérivés du pétrole ; c'est la stratégie actuellement dominante mais elle n'a pas le meilleur bilan énergétique ni environnemental.
- Soit on cherche à adapter le moteur au biocarburant naturel, non transformé chimiquement. Plusieurs sociétés se sont spécialisées dans ces adaptations. La substitution peut être totale ou partielle. Le moteur Elsbett fonctionne par exemple entièrement à l'huile végétale pure. Cette stratégie permet une production locale et plus décentralisée des carburants, mais nécessite la construction d'une filière entièrement nouvelle.

### Filière huile

De nombreuses espèces végétales sont oléifères comme le palmier à huile, le tournesol, le colza, le jatropha ou le ricin. Les rendements à l'hectare varient d'une espèce à l'autre. L'huile est extraite par pressage (écrasement) à froid, à chaud, voire (pour un coût plus élevé) avec un solvant organique.

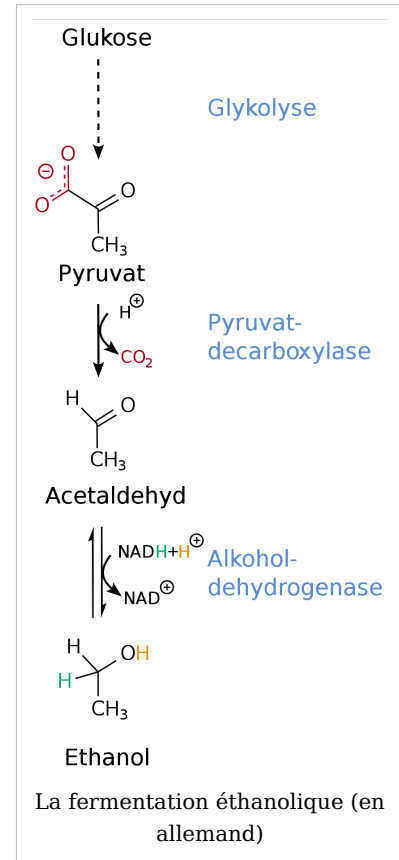
Deux grandes voies d'utilisation sont ouvertes :

- L'huile végétale brute (HVB, ou HVP) peut être utilisée directement, dans les moteurs diesels, pure ou en mélange, mais, notamment à cause de sa viscosité relativement élevée, l'utilisation d'une fraction d'huile importante nécessite l'usage d'un moteur adapté.
- Le biodiesel (aussi appelé en France *diester*), obtenu par la transformation des triglycérides qui constituent les huiles végétales ; la transestérification de ces huiles, avec du méthanol ou de l'éthanol, produit des Esters d'Huile Végétale, respectivement méthyliques (EMHV) et éthyliques (EEHV), dont les molécules plus petites peuvent alors être utilisées comme carburant (sans soufre, non toxique et hautement biodégradable) dans les moteurs à allumage par compression, sans modification de ce moteur.

## Filière alcool

De nombreuses espèces végétales sont cultivées pour leur sucre : c'est le cas par exemple de la canne à sucre, de la betterave sucrière, du maïs, du blé ou encore dernièrement de l'ulve.

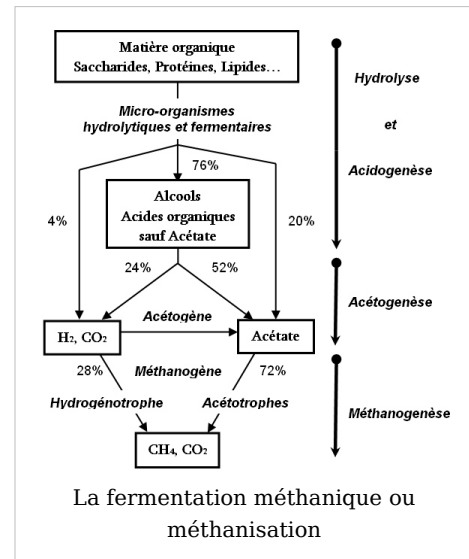
- Le **bio-éthanol** est obtenu par fermentation de sucres (sucres simples, amidon hydrolysé) par des levures du genre *Saccharomyces*. L'éthanol peut remplacer partiellement ou totalement l'essence. Une petite proportion d'éthanol peut aussi être ajoutée dans du gazole mais cette pratique est peu fréquente.
- L'**Ethyl-tertio-butyl-éther** (ETBE) est un dérivé (un éther) de l'éthanol. Il est obtenu par réaction entre l'éthanol et l'isobutène et est utilisé comme additif à hauteur de 15 % à l'essence en remplacement du plomb. L'isobutène est obtenu lors du raffinage du pétrole.
- Le **bio-butanol** (ou alcool butylique) est obtenu grâce à la bactérie *Clostridium acetobutylicum*<sup>[18]</sup> qui possède un équipement enzymatique lui permettant de transformer les sucres en butanol-1 (fermentation acétonobutylique)<sup>[19]</sup> ,<sup>[20]</sup> ,<sup>[21]</sup> ,<sup>[22]</sup> ,<sup>[23]</sup> . Du dihydrogène, et d'autres molécules sont également produites : acide acétique, acide propionique, acétone, isopropanol et éthanol (voir le schéma des voies métaboliques de *Clostridium acetobutylicum* <sup>[24]</sup>). Les entreprises BP et DuPont commercialisent actuellement le biobutanol ; il présente de nombreux avantages par rapport à l'éthanol et est de plus en plus souvent évoqué comme biocarburant de substitution à l'heure du pétrole cher. Les unités de production du bioéthanol peuvent être adaptées pour produire le biobutanol<sup>[25]</sup> .
- Le **méthanol** (ou "alcool de bois"), obtenu à partir du méthane<sup>[26]</sup> est aussi utilisable, en remplacement partiel (sous certaines conditions) de l'essence, comme additif dans le gasoil, ou, à terme, pour certains types de piles à combustible. Le méthanol est cependant très toxique pour l'homme.



## Autres filières

### La filière gaz

- Le bio-**méthane** est le principal constituant du biogaz issu de la fermentation méthanique (ou méthanisation) de matières organiques animales ou végétales riches en sucres (amidon, cellulose, plus difficilement les résidus ligneux) par des bactéries méthanogènes qui vivent dans des milieux anaérobies. Les principales sources sont les boues des stations d'épuration, les lisiers d'élevages, les effluents des industries agroalimentaires<sup>[27]</sup> et les déchets ménagers. Les gaz issus de la fermentation sont composés de 65 % de méthane, 34 % de CO<sub>2</sub> et 1 % d'autres gaz dont le sulfure d'hydrogène et le diazote. Le méthane est un gaz pouvant se substituer au gaz naturel (ce dernier est composé de plus de 95 % de méthane). Il peut être utilisé soit dans des moteurs à allumage commandé (technologie moteurs à essence) soit dans des moteurs dits dual-fuel. Il s'agit de moteurs diesel alimentés en majorité par du méthane ou biogaz et pour lesquels l'explosion est assurée par un léger apport de biodiesel/huile ou gazole. Lorsqu'il est produit à petite ou moyenne échelle, le méthane est difficile à stocker. Il doit être donc être exploité sur place, en alimentation d'un groupe électrogène par exemple.



Une possibilité qui est développée en Europe et aux États-Unis est son épuration aux normes du gaz naturel pour qu'il puisse être injecté dans les réseaux de gaz naturel et ainsi s'y substituer en petite partie pour les utilisations traditionnelles qui en sont faites. Le rendement énergétique de cette filière biocarburant est actuellement bien meilleure que les autres et techniquement plus simple mais elle est très peu médiatisée en France.

- le dihydrogène (bio-hydrogène) : le reformage du bio-méthane permet de produire du dihydrogène. Ce dernier peut également être produit par voie bactérienne ou microalgale<sup>[28] , [29] , [30] , [31]</sup>.

### La filière charbon de bois (biocarburant solide)

Le charbon de bois est obtenu par pyrolyse du bois, de la paille ou d'autres matières organiques. Un ingénieur indien a développé un procédé permettant de pyrolyser les feuilles de cannes à sucre, feuilles qui ne sont presque jamais valorisées actuellement.

### Autres

- La filière BTL (ou *Biomass to liquid*) permet d'obtenir des carburants grâce au procédé Fischer-Tropsch<sup>[32]</sup>.
- Le gazogène : inventé par Georges Imbert (1884-1950), le gazogène est un système qui peut remplacer l'essence dans les moteurs à explosion par des carburants solides gazéifiés, dont le bois.

## Les filières de deuxième génération

De nouvelles filières purement énergétiques, aux meilleurs rendements [réf. nécessaire] et plus intéressantes sur le plan environnemental [réf. nécessaire] émergent progressivement ; on parle alors d'éthanol cellulosique.

- La transformation de la lignine et de la cellulose (du bois, de la paille) en alcool ou en gaz (filière lignocellulosique-biocombustible<sup>[33]</sup>,<sup>[34]</sup>) fait l'objet d'intenses recherches dans le monde entier. Les technologies de la transformation de la cellulose (la macromolécule la plus commune sur terre) sont complexes, allant de la dégradation enzymatique à la gazéification. Des entreprises canadiennes (comme par exemple Iogen<sup>[35]</sup>), américaines (Broin Co.) et deux universités suédoises (Usine pilote d'Örnsköldsvik<sup>[36]</sup>) passent actuellement à la phase de production industrielle d'éthanol cellulosique.
- En France, le PROJET FUTUROL a été lancé en 2008, avec pour ambition de constituer une véritable filière éthanol deuxième génération. Les axes majeurs de ce projet servent de fils conducteurs à la R&D s'appuyant sur une installation pilote puis sur un prototype : une filière et un procédé "durables" permettant d'obtenir les meilleurs bilans énergétiques et GES possibles, sur l'ensemble du processus, du champ à la roue ; un pilote flexible (multi matières premières) ; un procédé économiquement pertinent (innovations et optimisations de procédés)<sup>[37]</sup>.
- Selon le directeur du Programme des Nations unies pour l'Environnement, les **termites** possèdent des bactéries capables de transformer "de manière efficace et économique les déchets de bois en sucres pour la production d'éthanol"<sup>[38]</sup>. Les enzymes trouvées dans le tube digestif des termites et produites par ces bactéries symbiotiques sont en effet capables de convertir le bois en sucre en 24 heures<sup>[39]</sup>. Le potentiel de la filière cellulosique est énorme et les technologies évoluent rapidement.
- La fermentation des sucres (provenant directement de plantes comme la canne à sucre, de la betterave sucrière, de l'hydrolyse de l'amidon du blé, du maïs, ou encore de l'hydrolyse de la cellulose présente dans le bois ainsi que les tiges et les feuilles de tous types de végétaux) en éthanol génère de grandes quantités de CO<sub>2</sub> (à concentration élevée) qui peuvent nourrir les microalgues. La production de 50 litres d'éthanol par fermentation alcoolique s'accompagne de la production de 15 litres de CO<sub>2</sub>. En ce qui concerne la filière huile, les tourteaux obtenus après extraction de l'huile végétale (*Jatropha curcas*, karanj, saijan, tournesol, colza etc.) peuvent servir à produire du biogaz (méthane). Le méthane peut alimenter une centrale thermique (production d'électricité) et le CO<sub>2</sub> libéré peut aussi nourrir les microalgues. Le bilan carbone global et le caractère *durable* de la filière dépendent donc de la source de CO<sub>2</sub> utilisée. Le couplage



D'intenses recherches sont en cours afin de transformer la lignine et la cellulose des végétaux (paille, bois, déchets divers) en alcool ou en gaz (filière lignocellulosique-biocombustible

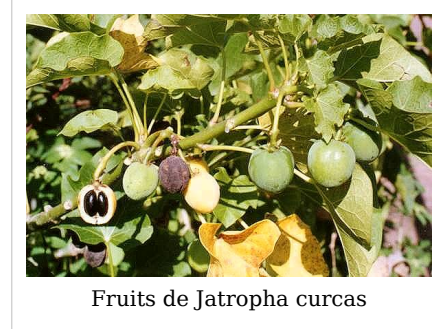


Les **termites** possèdent des bactéries capables de transformer de manière efficace et économique les déchets de bois en sucres pour la production d'éthanol

filière éthanol cellulosique - filière microalgue est une voie d'avenir dans la perspective d'un développement durable. À noter que la croissance des microalgues est bien entendu possible dans les conditions atmosphériques actuelles (concentration en CO<sub>2</sub> de 380ppm), mais les rendements sont alors beaucoup plus faibles.

- ***Ulva lactuca***, la laitue de mer ou ulve est en ce moment à l'essai au Danemark. À l'Université d'Aarhus, Michael Bo Rasmussen est déjà passé aux tests. L'idée d'utiliser la côte paraît intéressante dans ce pays<sup>[40]</sup>.

- ***Jatropha curcas***. Il existe des plantes qui poussent en zone aride. C'est le cas par exemple de *Jatropha curcas*, qui produit en moyenne 400 à 500 litres d'huile par hectare et par an<sup>[41]</sup>. Sa culture (réalisée de manière éco-responsable) permet idéalement de lutter contre la désertification. À l'occasion du Biofuel Summit 2007<sup>[42]</sup> qui s'est tenu à Madrid, Winfried Rijssenbeek (de l'entreprise RR Energy qui a investit dans les biocarburants)<sup>[43]</sup> a fait la promotion des



Fruits de *Jatropha curcas*

qualités de cette euphorbiacée : *"Cette plante, qui produit des graines oléagineuses, est une alternative intéressante aux palmiers à huile et au soja pour le sud. En premier lieu parce qu'elle n'est pas comestible et donc n'entre pas en concurrence avec le secteur alimentaire. Autre avantage, Jatropha curcas peut être cultivée sur des sols difficiles, impropres aux autres cultures et permet de lutter contre la désertification"*<sup>[44]</sup>. Mais ces plantes sont des êtres vivants comme les autres et ne font pas de miracles : sans apport d'eau réguliers, les rendements sont extrêmement faibles, non rentables. Cette conclusion logique a été confirmée, par exemple, par des expériences il y a plusieurs années en zone aride avec la variété mexicaine de *Jatropha curcas* par des ingénieurs agronomes mexicains<sup>[réf. nécessaire]</sup>. Or l'eau est une ressource précieuse en zone aride...

- ***Pongamia pinnata*** (ou Karanj) est un arbre à croissance rapide, fixateur d'azote, très résistant à la sécheresse, qui pousse en plein soleil, sur des sols difficiles, même sur des sols salés, et producteur d'huile. L'Inde, qui souhaite mélanger 20 % de biocarburants dans les carburants traditionnels en 2017<sup>[45]</sup>, encourage actuellement fortement la plantation de cet arbre (ainsi que de l'arbuste *Jatropha curcas*) dans les zones impropres aux cultures traditionnelles, ceci dans l'optique de produire de l'huile végétale. Les rendements moyens sont, d'après certains auteurs et dans les meilleurs conditions, de 5 tonnes de graines/ha/an (1,7 tonne d'huile et 5,3 tonnes de cakes) la dixième année.
- D'autres espèces oléifères cultivables en zone aride offrent également des perspectives intéressantes : ***Madhuca longifolia*** (Mahua) - ***Moringa oleifera*** (Saijan) - ***Cleome viscosa*** etc.

La polyculture (association de plusieurs espèces) est de loin préférable d'un point de vue environnemental aux monocultures. On peut ainsi envisager de planter des forêts où se mélangent Mahua, Saijan, Karanj ainsi que d'autres essences utiles aux populations locales.

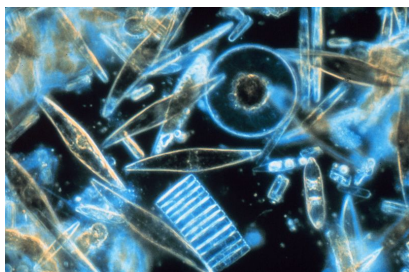
Le bilan énergétique, ainsi que le bilan carbone, est en général meilleur quand on adapte le moteur à l'huile végétale pure (moteur Elsbett par exemple) plutôt que d'adapter l'huile végétale (transformation chimique en biodiesel, processus lourd) à des moteurs conçus pour fonctionner avec des dérivés du pétrole.

Une équipe de l'université du Wisconsin, dirigée par James Dumesic a exposé en juin 2007 dans la revue Nature un nouveau procédé de transformation de l'amidon afin de produire un nouveau carburant liquide, le diméthylfurane<sup>[46]</sup>. Ses propriétés semblent plus avantageuses que celles de l'éthanol.

### Application dans l'aviation

Des biocarburants dits de deuxième génération sont développés pour se substituer, au moins partiellement, au kérosène. Un premier vol d'essais a eu lieu le 30 décembre 2008 sur un Boeing 747-400 d'Air New Zealand dont un des réacteurs RB 211 a été alimenté avec 50% de Jet-A1 et 50% de carburant à base de *Jatropha curcas*. Il a été suivi d'un autre le 7 janvier 2009 sur un Boeing 737-800 de Continental Airlines dont un des moteurs CFM56-7B a été alimenté par un mélange de moitié de kérosène traditionnel et pour moitié d'huiles de jatropha et d'algues. A chaque fois, les mélanges se sont comportés sans altérer le fonctionnement des moteurs, sinon une légère baisse de consommation de 1 à 2%. Un troisième essai est prévu le 30 janvier 2009 avec un Boeing 747-300 de Japan Airlines équipé de moteurs Pratt & Wittney JT9D dont un alimenté avec un mélange de 50% de kérosène et 50% de cameline ("lin bâtard"), de jatropha et d'algues. L'objectif est d'obtenir la certification de ces mélanges en 2010 et de biocarburants purs en 2013. Le carburant à base de jatropha présente un point d'éclair à 46° contre 38° pour le Jet-A1 avec une énergie de 44,3 MJ/kg (contre 42,8 MJ/kg pour le Jet-A1), son principal avantage étant d'émettre 75% de gaz carbonique que le kérosène sur l'ensemble de son cycle de vie (incluant le CO<sub>2</sub> absorbé par les plantes dans leur croissance), pour un prix de revient de 80\$ le baril<sup>[47]</sup>.

### La filière de troisième génération



Il en existe environ 100 000 espèces de **diatomées** (microalgues) connues dans le monde - Plus de 400 nouveaux taxons sont décrits chaque année. Certaines espèces sont particulièrement riches en huile.

Les biocarburants à partir de microalgues est l'"Algocarburant", le biocarburant dit de "troisième génération"<sup>[48]</sup>.

C'est probablement à partir des cultures de **microalgues**,<sup>[49] .[50] .[51] .[52] .[53]</sup>, d'un point de vue théorique 30 à 100 fois plus efficaces que les oléagineux terrestres d'après certains auteurs, que des agrocarburants pourront être produits avec les meilleurs rendements, rendant ainsi envisageable une production de masse (par exemple pour l'aviation), sans déforestation massive ni concurrence avec les cultures alimentaires. Pour obtenir un rendement optimal en huile, la croissance des microalgues doit s'effectuer avec

une concentration en CO<sub>2</sub> d'environ 13%. Ceci est possible à un coût très faible grâce à un couplage avec une source de CO<sub>2</sub>, par exemple une centrale thermique au charbon, au gaz naturel, au biogaz, ou à une unité de fermentation alcoolique, ou encore une cimenterie. La culture de microalgues dans des bassins ouverts est aussi expérimentée dans des fermes d'algues au Nouveau Mexique et dans le désert du Néguev<sup>[54]</sup>. Cependant, d'importants défis subsistent :

- A 10 euros le litre (soit 2060 dollars le baril), taxes non comprises, selon l'équipe Shamash <sup>[55]</sup> et selon Seed Science Ltd <sup>[56]</sup>, l'huile de microalgue est très loin d'être compétitive sur le marché.

- La combustion du carburant micro-algal dans un moteur thermique, comme avec n'importe quel carburant, s'accompagne de pertes très importantes (80% de pertes en cycle d'usage ordinaire).



Les **microalgues** permettent d'envisager des rendements à l'hectare 30 à 100 fois supérieurs à ceux des espèces oléagineuses terrestres (photo : *Chlorella vulgaris*)

- La culture de micro-algues nécessite de très importants apports en engrais et en substances chimiques afin d'inhiber la croissance des bactéries et autres micro-organismes qui ont tendance à envahir les bioréacteurs ou les bassins.

- Certaines équipes qui travaillent sur le sujet utilisent des OGM. Que se passera-t-il si ces organismes sont libérés dans l'environnement ?

- Aucune étude d'impact environnemental de ces cultures n'a été réalisée à ce jour.

- Le rendement de conversion de l'énergie solaire en biomasse par les microalgues est meilleur qu'avec les cultures terrestres mais reste très faible, de l'ordre de 1,5 %, soit 10 fois moins que le rendement de conversion de l'énergie solaire en électricité via le solaire photovoltaïque ou le solaire thermodynamique (15 %). Comme souligné dans le rapport « Agrocaburants et Environnement » publié fin 2008 par le ministère de l'Écologie, "Les agrocaburants se situent dans la zone des rendements les plus faibles, ils sont de fait limités par le rendement de la photosynthèse qui est très faible (<1 %). La troisième génération, utilisant des algues, restera largement moins efficace que les solutions « électriques » quelles qu'elles soient, notamment l'utilisation de l'énergie solaire" <sup>[57]</sup>.

## Bilan et analyses

### Chiffres clefs

Chiffres clés<sup>[58]</sup>,<sup>[59]</sup> :

- Production mondiale d'EMHV (biodiesel, "Diester") en 2005 ~ 4 millions de tonnes (Allemagne : 45% de la production mondiale - France : 15% - Italie : 11% - USA : 7%)
- Production mondiale d'éthanol en 2005 : 36 millions de tonnes dont 75 % utilisés pour la carburation (37% de la production mondiale : Amérique du Sud - 36% : Amérique du Nord et Amérique centrale - Asie : 15% - Europe : 10%)
- Consommation mondiale de pétrole dans les transports routiers en 2005 : 1,6 milliards de tonnes

*"En 2005, la production européenne d'éthanol "carburant" a été de 750 000 tonnes pour 950 000 tonnes consommées : 200 000 t ont donc été importées. Premier producteur jusqu'en 2001, la France est désormais devancée par l'Espagne, la Suède et l'Allemagne.*

*En ce qui concerne la filière EMHV, la production a augmenté de manière très importante sur les 5 dernières années (taux de croissance moyen annuel : 35 %). La France a produit 492 000 tonnes en 2005, dont une partie a été exportée vers l'Allemagne. L'Allemagne est désormais le principal producteur et consommateur européen d'EMHV : 1,7 Mt ont été produits en 2005 à comparer avec les 450 000 tonnes produits en 2002, soit une multiplication par presque 4." - Source : IFP<sup>[60]</sup>*

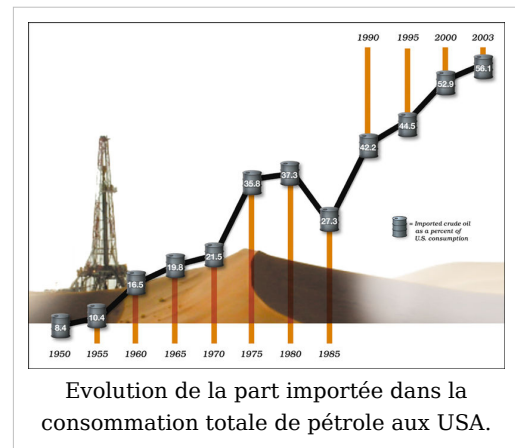
Les deux plus grands producteurs de bioéthanol sont les États-Unis et le Brésil avec 16 et 15,5 milliards de litres produits en 2005. Union européenne : 0,9 milliards de litres (le principal producteur est l'Espagne)<sup>[61]</sup>.

## Bilan économique et intérêt géostratégique des biocarburants

Les biocarburants représentent

- une source supplémentaire de carburant, favorable à l'indépendance énergétique et, éventuellement, substitut au pétrole qui se raréfie
- un débouché agricole et une activité agro-industrielle nouvelle, séduisante en période de crise économique

Les différentes filières d'agrocultures peuvent stimuler l'activité agricole. Les récentes périodes de relative surproduction de produits agricoles et de baisse des prix ont conduit les milieux agricoles à promouvoir et demander des mesures gouvernementales en faveur de cette production. Cette stimulation dépend des conditions sur le marché des produits agricoles : en sens inverse, la fin de la période de prix anormalement bas a été un signal très négatif pour les agrocultures



## Possibilité de remplacement des énergies fossiles

Une grande partie de la production pétrolière a lieu dans des pays dont il serait imprudent de dépendre excessivement : Irak, Nigéria, Iran, ... et les trois principales crises pétrolières sont le fruit d'une crise politique. En outre, on sait que le pétrole s'épuise. Les biocarburants permettent aux pays qui les produisent de devenir moins dépendants sur le plan énergétique<sup>[62]</sup>,<sup>[63]</sup>. À l'échelle locale, la production et l'autoconsommation d'agrocultures (huile végétale carburant par exemple) permet une autonomie énergétique des agriculteurs.

Personne n'estime que les biocarburants peuvent, tous seuls, remplacer complètement le pétrole ni même les carburants d'origine fossiles actuellement utilisés. La question est plutôt de savoir s'ils peuvent représenter une part de la solution.

En 2003, le biologiste Jeffrey Dukes<sup>[64]</sup> a calculé que les énergies fossiles brûlées en un an (1997) provenaient d'une masse de matière organique préhistorique qui représentait plus de 400 fois l'énergie qui à l'inverse se fixe et s'accumule naturellement dans le même temps sur la planète<sup>[65]</sup>,<sup>[66]</sup>. Dans le même article, Dukes estime que le remplacement des carburants fossiles par une combustion de végétaux actuels correspondrait au moins à 22 %

de la production végétale terrestre (y compris des végétaux marins), augmentant ainsi de 50 % l'appropriation de cette ressource par l'homme.

Dans le cas de la France, par exemple, Jean-Marc Jancovici calcule que, compte tenu des consommations intermédiaires par l'activité agricole et pour les productions actuellement maîtrisées (colza, betterave, etc.), la production des 50 Mtep actuellement utilisés pour les transports sous forme de biocarburants nécessiterait une surface agricole supérieure à la surface totale du pays<sup>[67]</sup> (sachant que la surface agricole utile en représente environ la moitié, et décroît). Il en conclut que *les biocarburants sont donc un intéressant problème de politique agricole, mais un élément négligeable d'une politique énergétique*<sup>[68]</sup>.

Pour remplacer *totale*ment la consommation de carburants fossiles actuelle par des agrocarburants de première génération, il faudrait plusieurs fois la surface terrestre.<sup>[69]</sup>

Ces analyses présentent évidemment des limites, et on peut espérer que les progrès des biocarburants, notamment le passage à la seconde et surtout la troisième génération, augmentent la production net par unité de surface (végétaux moins exigeante en consommations intermédiaires, plus productives, sur une période plus longue de l'année, etc. ; les algocarburants, notamment, ne nécessite ni eau douce ni terre cultivable) ou que la valorisation des co-produits suffisent à justifier la culture, mais en l'état actuel les agrocarburants ne peuvent être qu'un appoint.

Il ne faut pas en conclure que ces raisons s'opposent définitivement aux biocarburants ; un monde fonctionnant aux énergies renouvelables devrait consommer bien moins et de façon plus efficace, ce qui leur laisse une place. Des études prenant en compte d'autres cultures et d'autres modes de production agricoles ont conclu que la bioénergie pourrait assurer une part significative de nos besoins en déplacement. Les conditions nécessaires à ce scénario seraient des mesures importantes d'efficacité énergétique et un passage vers une agriculture locale peu consommatrice d'énergie<sup>[70]</sup>.

## Bilan environnemental

Le bilan environnemental des biocarburants comporte trois aspects principaux :

- l'économie d'énergie fossile et la réduction des gaz à effet de serre (GES), ces deux questions, bien que distinctes, étant très liées ;
- l'effet environnemental des cultures (eau, sol, déforestation, végétaux non indigènes, biodiversité ...) ;
- l'effet sur la pollution due aux moteurs du remplacement du carburant pétrolier par un biocarburant.

## Économies énergétiques et émission de gaz à effet de serre

La combustion (et, dans une moindre mesure, la production) des carburants participe aux émissions massives de gaz à effet de serre (GES) qui constituent l'origine principal du phénomène de réchauffement climatique<sup>[71]</sup>.

Au contraire, le carbone émis lors de la combustion de biocarburants (filiale huile ou filiale éthanol) a préalablement été fixé par les plantes (palme, colza, maïs, blé, bois ...) lors de la photosynthèse. Le bilan carbone semble donc a priori neutre et le recours à cette énergie permet d'éviter des émissions supplémentaires de gaz à effet de serre.

Mais la production de ces biocarburants requiert un travail humain, donc une consommation de carburant et éventuellement d'autres produits, dont l'usage produit aussi

des GES. Pour mesurer le gain en terme d'émission de GES, il s'agit de faire le bilan énergétique de la production d'agrocarburants.

Une étude<sup>[72]</sup> publiée dans *Nature resources research*, les chercheurs David Pimentel et Tad Patzek concluent «qu'il n'y a aucun bénéfice énergétique à utiliser la biomasse des plantes pour fabriquer du carburant.» au terme d'un calcul tendant à montrer que l'énergie globale nécessaire à la production d'éthanol à partir de maïs, à la production du bois et à celle de biodiesel à partir de soja ou de tournesol est pour chacun de ces cas supérieure de 27 à 118 % à l'énergie produite. Il est donné pour cela des quantités d'énergie dépensées à la fabrication et lors du conditionnement, transport et épandage des pesticides et des engrais, à la fabrication des outils agricoles, au drainage à l'irrigation ainsi que l'énergie dépensée par les travailleurs eux-même en dehors de leur travail. Cette étude a été néanmoins dénoncée comme fortement biaisée par les hypothèses prises et l'interprétation des résultats. Les postes de dépenses énergétiques sont par exemple non vérifiables ou s'appuient sur des techniques obsolètes<sup>[73]</sup>.

En France, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) et le Réseau Action Climat publient des études sur l'intérêt des agrocarburants pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

L'ADEME a réalisé une synthèse des différentes études, en normalisant les résultats. La conclusion du rapport de synthèse de 2006 est :

"Alors que les résultats publiés sont radicalement différents et donnent lieu à des conclusions opposées, les résultats normalisés permettent de tirer une conclusion commune aux trois études : l'éthanol et le biodiesel permettent tous deux de réduire la dépendance aux énergies non renouvelables par rapport aux carburants fossiles. En ce qui concerne les GES, les indicateurs publiés soulignent les mêmes bénéfices des agrocarburants par rapport aux carburants fossiles."<sup>[74]</sup>

La valorisation effective des coproduits (par la filière éthanol cellulosique ou par méthanisation par exemple) permettra d'améliorer considérablement ce bilan. Les conclusions d'un rapport du *Department for Transport* britannique vont dans le même sens<sup>[75]</sup>, tout en soulignant cependant l'impact environnemental non négligeable du développement des filières classiques en zone tropicale. Ces impacts peuvent, selon l'ONG Via Campesina, conduire à rendre les agrocarburants pire que le pétrole qu'ils remplacent<sup>[76]</sup>.

Cependant, une étude récente de P.J. Crutzen<sup>[77]</sup> prétend que l'usage des agrocarburants issus des cultures de colza et de maïs pourrait en fait augmenter l'effet de serre<sup>[78]</sup>,<sup>[79]</sup>. Selon ces auteurs l'augmentation des émissions de protoxyde d'azote dus à l'usage d'engrais azotés pour la production d'agrocarburants à partir de ces cultures pourrait avoir un effet plus défavorable sur l'effet de serre que la réduction de la production de CO<sub>2</sub> à cause de la persistance du protoxyde d'azote dans l'atmosphère<sup>[80]</sup>. Selon Crutzen, les émissions de protoxyde d'azote auraient été sous-estimées jusqu'à présent. D'après les auteurs de cette étude, la production d'huile de palme ou d'éthanol cellulosique basé sur des plantes pérennes semblent ainsi plus adaptée à un objectif de réduction des gaz à effets de serre<sup>[81]</sup>.

Selon le Réseau Action Climat, dans une étude publiée en mai 2006<sup>[82]</sup>, les résultats de la filière éthanol présentent une économie énergétique limitée, très relative pour l'ETBE, voire négative pour l'éthanol de blé, et permettent quelques économies de GES.

Toujours selon la même étude, **la filière oléagineuse est beaucoup plus intéressante surtout en ce qui concerne l'huile pure**. Le bilan énergétique ainsi que le bilan carbone sont toujours bien meilleurs quand on adapte le moteur à l'huile végétale pure (moteur Elsbett par exemple) plutôt que d'adapter l'huile végétale (transformation chimique en biodiesel, processus lourd) à des moteurs conçus pour fonctionner avec des dérivés du pétrole, à plus forte raison si l'on préfère des plantes pérennes implantées dans des zones où elles n'entrent pas en concurrence avec d'autres. Des plantes qui peuvent se développer en zone aride comme *Jatropha curcas*, *Pongamia pinnata* ou *Madhuca longifolia* pourraient présenter de bien meilleurs résultats.

### Économie énergétique et Indicateur d'émission de GES,

Essence classique [83]	Éthanol de blé	Éthanol de maïs	Éthanol de betteraves	ETBE	Ester méthylique d'huile de colza (EMHV)	Huile brute de colza
<ul style="list-style-type: none"> <li>• EE = 0,87</li> <li>• IES= 85,9 g éq CO<sup>2</sup>/MJ .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EE = 1,35</li> <li>• IES environ 47 g éq CO<sup>2</sup>/MJ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EE = 0,98</li> <li>• IES environ 65 g éq CO<sup>2</sup>/MJ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EE = 1,25</li> <li>• IES environ 59 g éq CO<sup>2</sup>/MJ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EE = 0,93</li> <li>• IES de 75,2 g éq CO<sup>2</sup>/MJ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EE = 2,23</li> <li>• IES environ 25,8 g éq CO<sup>2</sup>/MJ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EE =3,80</li> <li>• IES de 4 à 10,5 g éq CO<sup>2</sup>/MJ contre 79,3 pour le gazole</li> </ul>
<b>IES comparé à l'essence ordinaire :</b>	55 %	76 %	69 %	88 %	33 %	9 %

### Économie énergétique et Indicateur d'émission de GES,

	Éthanol de blé	Éthanol de betteraves	Ester méthylique d'huile de colza (EMHV)	Huile brute de colza
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EE = 1,06</li> <li>• IES 79,1 à 97,2 g éq CO<sup>2</sup>/MJ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EE = 1,14</li> <li>• IES 67,0 à 76,6 g éq CO<sup>2</sup>/MJ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EE = 1,66</li> <li>• 49,6 à 63,2 g éq CO<sup>2</sup>/MJ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EE = 1,88</li> <li>• IES 51,2 à 69,8 g éq CO<sup>2</sup>/MJ contre 79,3 pour le gazole</li> </ul>
<b>IES comparé à l'essence ordinaire :</b>	98 %	83 %	71 %	76 %

L'utilité des agrocarburants dépend ainsi de façon importante

- de la filière choisie (huile ou éthanol) et
- de la valorisation effective des coproduits, d'où l'importance de leur trouver des débouchés, notamment pour les tourteaux de colza et de tournesol<sup>[84]</sup>.

En France, d'après le ministère de l'industrie<sup>[85]</sup> .<sup>[86]</sup>, deux principaux agrocarburants sont utilisés à l'heure actuelle : l'ETBE (éthyle tertio butyle éther, à partir de l'éthanol) pour les véhicules essence (90 % de la consommation d'agrocarburants en France) et l'EMHV (biodiesel ou Diester) pour les véhicules diesel. Côté éthanol, l'ETBE reçoit la préférence du ministère par rapport à l'E85, plus riche (85 %) en éthanol : *Au plan technique, l'ETBE est la meilleure façon d'incorporer de l'éthanol au carburant, grâce à son indice d'octane élevé*

autant qu'à sa faible volatilité. Cette conclusion technique fait l'objet d'un consensus dans les milieux professionnels.<sup>[87]</sup> Ce qui amène le Réseau Action Climat à dire : « Le plan gouvernemental ambitieux et coûteux qui prévoit de remplacer 7 % des carburants pétroliers par des agrocarburants d'ici 2010 diminuerait les émissions de GES des transports routiers de moins de 7 % (alors que les transports routiers en France ont vu leurs émissions de GES augmenter de 23 % depuis 1990). »<sup>[88]</sup>.

## Impacts sur la biodiversité, la ressource eau et les sols

La production d'agrocarburants demande les moyens de la production agricole intensive en terme d'engrais et de produits phytosanitaires. Dans une étude<sup>[89]</sup> parue dans *Bioscience*, les chercheurs Marcelo Dias de Oliveira *et al.* (université d'État de Washington) concluent que la filière éthanol à partir de canne à sucre réduit la biodiversité et augmente l'érosion du sol.

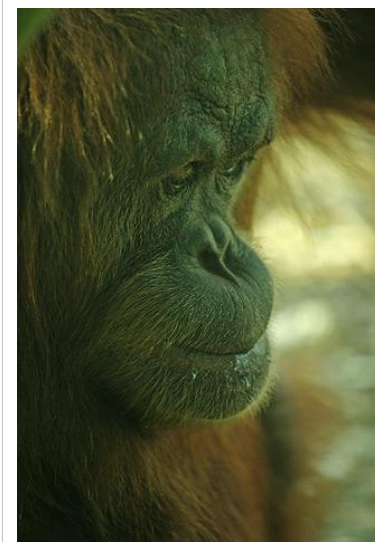
La production d'éthanol au Brésil se base notamment sur l'exploitation de nouvelles terres défrichées pour cela.

Dukes estime que le remplacement des carburants fossiles par une combustion de végétaux actuels correspondrait au moins à 22 % de la production végétale terrestre (y compris des végétaux marins), augmentant ainsi de 50 % l'appropriation de cette ressource par l'homme, et pourrait compromettre la survie des autres espèces qui en dépendent<sup>[90]</sup>.

Tyler Volk, professeur du *Earth Systems Group* du département de biologie de l'université de New York, estime que « la production massive d'éthanol pourrait augmenter la pression sur les terres cultivables, faire monter les prix de la nourriture et accélérer la déforestation »<sup>[91]</sup>.

Le caractère durable de la production des agrocarburants peut être mis à mal si elle est réalisée de manière non durable : épuisement des sols, pollution des eaux et destruction de milieux naturels pour cette production<sup>[92]</sup>. Selon les estimations de *Les amis de la Terre*, la plantation de palmiers à huile a été responsable de 87 % de la déforestation en Malaisie entre 1985 et 2000. 4 millions d'hectares de forêts ont ainsi été détruites à Sumatra et Bornéo. 6 millions d'hectares en Malaisie et 16,5 millions en Indonésie sont programmés pour disparaître. Selon certains écologistes, la menace est sérieuse<sup>[93]</sup>. Les politiques de promotion des agrocarburants sont responsables pour une partie seulement de la déforestation contemporaine. Cette déforestation concerne notamment le Brésil (destruction de la forêt amazonienne pour réaliser des monocultures de canne à sucre), la Malaisie, l'Indonésie, le Kenya, le Congo, le Nigeria, le Libéria, la Colombie, ou encore le Mexique.

D'après le Global Canopy Programme<sup>[94]</sup>, regroupant les leaders scientifiques sur le sujet des forêts tropicales, la déforestation est une des principales responsable des émissions de gaz à effet de serre. Avec 25 % des émissions totales, elle n'est devancée que par l'énergie, mais bien au-dessus des transports (14 %).



Le développement exponentiel des cultures de palmier à huile en Malaisie et en Indonésie et la destruction corrélative des forêts constituent une grave menace pour l'orang-outan, une espèce au bord de l'extinction.

Plusieurs articles récents<sup>[95] ,[96] ,[97]</sup> dénoncent dans les agrocarburants un mirage qui nous ferait perdre de vue l'essentiel : stopper la déforestation et diminuer la consommation de carburant. Le danger est que la production d'agrocarburants accompagne une consommation croissante de carburant, se bornant à en faciliter l'approvisionnement.

### **Biocarburants et qualité de l'air**

La combustion du **bioéthanol** produit davantage d'aldéhydes que l'essence, mais ceux du bioéthanol sont moins toxiques (acétaldéhydes contre formaldéhydes pour l'essence). Selon Mark Jacobson<sup>[98]</sup> de l'université de Stanford, la combustion de l'éthanol entraîne la formation d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils (COV) qui réagissent pour former de l'ozone, principal responsable de la formation du smog. « Une hausse même modeste de l'ozone dans l'atmosphère peut être à l'origine d'une augmentation des cas d'asthme, d'un affaiblissement du système immunitaire. Selon l'Organisation mondiale de la santé, plus de 800 000 personnes meurent annuellement dans le monde à cause de l'ozone et de la pollution atmosphérique. »<sup>[99]</sup> - « Au final, l'incidence des cancers liés à l'E85 serait similaire à ceux liés à l'essence. Par ailleurs, dans certaines régions du pays, l'utilisation du E85 aurait pour conséquence d'augmenter la concentration en ozone, un parfait ingrédient du brouillard ».

### **Bilan socio-économique**

À l'exception des algocarburants, la production d'agrocarburants augmente la demande de produits agricoles, avec deux effets principaux :

- déplacement éventuel de la production, de l'alimentation vers l'industrie, dont certains estiment (voir infra) que cela pourrait provoquer une hausse des prix alimentaires voire une pénurie alimentaire, avec des conséquences sociales ;
- augmentation de la demande de terres cultivées : hausse des prix, mise en culture de désert (pour les espèces oléagineuses envisagées dans ces zones), déforestation...

Par ailleurs, certains comme Jean Ziegler considèrent que toute production agricole *doit*, par principe, être alimentaire, pour maintenir des prix les plus bas possible, au risque sinon de graves conséquences sociales<sup>[100] ,[101]</sup> .

### **Concurrence avec la production alimentaire**

#### **Utilisation de terre arable**

En plus de la réduction actuelle des terres arables disponibles, la perspective de voir de nouvelles terres déforestées (avec les risques d'érosion mentionnés ci-dessus) ou des terres actuelles soustraites à la production alimentaire pour la production d'agrocarburants suscite des oppositions.

C'était pourtant un des buts de la production de biocarburants : trouver un débouché pour une production qui ne trouvait pas place sur un marché agricole déprimé, en terme de prix. Mais « l'image des montagnes de beurre, de viande et de céréales stockées sans espoir de trouver acheteur appartient au passé. » et la Commission européenne a décidé la suppression des quotas et des jachères de la politique agricole commune<sup>[réf. souhaitée]</sup> .

En général, le développement de l'activité agricole, au détriment des espaces naturels, pose des problèmes environnementaux. Par exemple en Indonésie, pour le développement de la production de l'huile de palme pour l'industrie agro-alimentaire et la chimie organique, les

forêts millénaires (tourbières) sont brûlées (brulant parfois pendant des mois) pour être transformée en terres agricoles (les sols de l'Indonésie concentrent 60 % de la tourbe mondiale). En tenant compte de ces rejets, l'Indonésie serait devenue le troisième émetteur de carbone après les Etats-unis et la Chine<sup>[102]</sup>.

La demande en agrocarburants participerait à la colonisation humaine massive de l'ensemble des espaces de l'espace. Pour autant, les biocarburants ne sont pas le principal moteur de cette évolution et leur abandon ne suffirait pas à la prévenir.

### **hausse des prix agricoles**

Après une longue période de baisse, le prix des aliments a fortement augmenté, et les biocarburants ont été accusés d'en être la cause.

Par exemple, le prix de la tortilla, aliment de base en Amérique latine, a flambé au Mexique : le gouvernement mexicain en avait fait porter le blâme sur les exportations du maïs vers les USA où il est utilisé pour produire de l'éthanol<sup>[103] , [104] , [105] , [106] , [107]</sup>, même si la hausse des prix de la tortilla mexicaine reste principalement imputable au contexte économique et politique (position monopolistique du principal producteur de tortillas au Mexique et libération des prix, préalablement fixés par l'état)<sup>[108]</sup>.

Les biocarburants ont pu jouer un rôle : c'était d'ailleurs un des buts de cette politique, que de d'offrir un débouché agricole à des productions et, ainsi, maintenir les prix. Néanmoins l'enchaînement des causes est plus compliqué et fait jouer bien d'autres facteurs.

Par exemple, selon un rapport<sup>[109]</sup> de la Banque mondiale sur l'évolution des prix alimentaires entre 2002 et 2008, près de 75 % de leurs hausses serait imputable aux mouvements financiers spéculatifs utilisant les politiques de soutien aux agrocarburants dans l'Union Européenne et aux États-Unis. Ces opérations financières ont effrayé bon nombre de pays en développement qui ont alors interdit les exportations de produits alimentaires, entraînant par la suite une escalade des prix. Le reste de la hausse est principalement imputable à la hausse des prix du pétrole<sup>[réf. nécessaire]</sup>.

Se basant sur le fait que le programme de développement des agrocarburants au Brésil n'a pas entraîné de hausse des prix, ce rapport recommande la suppression des politiques d'aides aux agrocarburants ainsi que celle des barrières douanières empêchant l'importation d'agrocarburants d'Afrique et d'Amérique du Sud comme moyen de conjuguer culture des agrocarburants et stabilité des prix agricoles mondiaux.

Stephan Tangermann, directeur de l'agriculture à l'OCDE tempère cette analyse car il estime qu'il est « *très difficile de mesurer le pourcentage de tous les facteurs sur la hausse des prix* » cependant il précise que « *Ce qui est sûr, c'est que 60 % de la hausse [on parle ici de quantité, et non de prix, ndlr] de la demande mondiale en céréales et huiles végétales entre 2005 et 2007 [période sur laquelle les prix ont explosé, ndlr] était due aux biocarburants* »<sup>[110]</sup>.

Cette hausse peut se répercuter sur le prix d'autres produits agricoles. Les experts de la Deutsche Bank estiment que cela sera le cas pour la viande bovine (le bétail est nourri au maïs). En Allemagne, où 16 % des surfaces de cultures sont actuellement destinées à la production d'agrocarburants, le prix du malt a doublé en 2006, entraînant une hausse du prix de la bière<sup>[111] , [112]</sup>.

### Conséquences de la hausse des prix agricoles

Le prix des aliments est un paramètre spécialement important dans les pays pauvres, et leurs dirigeants veulent que ces prix restent les plus bas possibles. « Les ministres de l'Économie et des Finances des pays africains, réunis à Addis-Abeba les 28, 29 et 30 mars, n'ont pu que constater que "l'augmentation des prix mondiaux des produits alimentaires présente une menace significative pour la croissance, la paix et la sécurité en Afrique". » précise ainsi Courrier International.

Une des conséquences de la hausse des prix mondiaux de l'alimentaire est prévisible : une instabilité sociale et politique croissante dans les pays aux populations pauvres (l'alimentaire formant déjà et de loin le premier poste du budget de ces ménages). Des émeutes de la faim ont déjà éclatées en Haïti<sup>[113]</sup> et dans plusieurs pays d'Afrique (Sénégal, Égypte, Côte d'Ivoire, Cameroun, Burkina-Faso, ...).

Ces émeutes de la faim, annoncées dès 2006, sont amenées à se multiplier, faisant porter sur le développement des agrocarburants un prix géostratégique certain<sup>[114]</sup>,<sup>[115]</sup>.

### Bibliographie

- Jean-Michel Valantin, *Ecologie et gouvernance mondiale*, Edition Autrement, Collection: Frontières, septembre 2007
- Pierre Jacquet, Rajendra K. Pachauri & Laurence Tubiana, *Regards sur la Terre 2009, l'annuel du développement durable - La gouvernance du développement durable*, Presses de Sciences Po, février 2009
- Fondation Nicolas Hulot et Réseau Action Climat-France, *Agrocarburants : Cartographie des enjeux*, septembre 2008
- Fabrice Nicolino, *La faim, la bagnole, le blé et nous : Une dénonciation des biocarburants*, Fayard, 1<sup>er</sup> octobre 2007 (ISBN 978-2213634623)

### Voir aussi

#### Articles connexes

- Agrocarburant
- Automobile hybride
- Biomasse
- Cogénération
- Gazogène
- Huile végétale carburant
- Pile à combustible
- Polycarburant
- Véhicule propre | biogaz | biogaz carburant | méthanisation | Biocarburants aux États-Unis | Polycarburant (Flex Fuel, ou flexioul) | huile végétale pure | moteur Elsbett

## Liens externes

- **(fr)** Collectif, Les biocarburants et la crise alimentaire <sup>[116]</sup>
- **(fr)** Biogasmax <sup>[117]</sup>: Site officiel du programme européen du biogaz comme agrocarburant
- **(fr)** Produire des biocarburants <sup>[118]</sup>, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), France
- **(en)** IEA Bioenergy <sup>[119]</sup>, Site d'information de l'Agence Internationale de l'Energie sur les bioénergies
- **(fr)** PNRB <sup>[120]</sup>, Programme National de Recherche sur les Bioénergies, France
- **(fr)** Les filières biocarburants engagées en France <sup>[121]</sup>, Ministère de l'Industrie, France
- **(fr)** Rapport du groupe de travail sur le soutien au développement de la filière E85 <sup>[122]</sup>(Rapport Prost), Ministère des Finances et de l'Industrie, 2006

## Notes et références

- [1] **(fr)** Définitions lexicographiques (<http://www.cnrtl.fr/lexicographie/bio>) et étymologiques (<http://www.cnrtl.fr/etymologie/bio>) de bio du CNRTL.
- [2] **(fr)** Définitions lexicographiques (<http://www.cnrtl.fr/lexicographie/carburant>) et étymologiques (<http://www.cnrtl.fr/etymologie/carburant>) de carburant du CNRTL.
- [3] Cf. la présentation de l'Association pour le DEveloppement des Carburants Agricoles (ADECA) sur le site [www.biocarburant.com](http://www.biocarburant.com) (site consulté en avril 2008 ; en 2009, ce même site est fiché comme hébergeant des malwares, la consultation en est donc déconseillée.) extrait:« L'ADECA a été créée en juillet 1985 afin de promouvoir l'éthanol carburant en ... date la promotion des deux types de *biocarburants*, bioéthanol et Diester, ... »
- [4] DIRECTIVE 2003/30/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 8 mai 2003 visant à promouvoir l'utilisation de biocarburants ou autres carburants renouvelables dans les transports (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003L0030:FR:HTML>) sur *EurLex*, 8 mai 2003. Mis en ligne le 23 mars 2009. « a) «biocarburant», un combustible liquide ou gazeux utilisé pour le transport et produit à partir de la biomasse; b) «biomasse», la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture (y compris les substances végétales et animales), de la sylviculture et de ses industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux », p. Journal officiel n° L 123 du 17/05/2003 p. 0042 - 0046
- [5] <http://www.electron-economy.org/article-27521385.html>
- [6] Communiqué de presse «Biocarburants»: l'OFAG doit réagir contre les abus Les carburants agricoles sont des agrocarburants ([http://www.bioconsommacteurs.ch/files/Commpresse-Agrocarburants.f1\\_fr-250.pdf](http://www.bioconsommacteurs.ch/files/Commpresse-Agrocarburants.f1_fr-250.pdf)) sur *bioconsommacteurs.ch*, 18 juin 2007. Mis en ligne le 23 mars 2009, consulté le 23 mars 2009. « Bio Suisse demande donc à l'OFAG de reprendre au nom de la Confédération la nouvelle dénomination utilisée dans le titre pour les carburants issus de l'agriculture. Que ce soit dans les règlements d'importation, les taxes sur les huiles minérales, à l'OMC etc.: partout, oralement et par écrit, la Confédération ne doit plus parler que d'«agrocarburants». »
- [7] Nérococarburants : Borloo et Bussereau persistent et signent ! ([http://lesverts.fr/article.php3?id\\_article=3912](http://lesverts.fr/article.php3?id_article=3912)), Jean-Louis Roumégas et Anne Souyris pour le parti des Verts, le 23 avril 2008
- [8] **[pdf]** FESTIVAL ALIMENTTERRE 2007 à l'Entrepôt, Manger ou conduire, il faut choisir ? ([http://www.cfsi.asso.fr/upload/DÃ©bat Festival soirÃ© 2611 VF\\_1.pdf](http://www.cfsi.asso.fr/upload/DÃ©bat%20Festival%20soir%C3%A0%202611%20VF_1.pdf)), 26. Consulté le 5 avril 2009. « Au Grenelle de l'Environnement, on a entendu des attaques systématiques contre les agrocarburants, accusés de provoquer des famines et de coûter cher. D'ailleurs, on parle plutôt de « biocarburant », car ils sont extraits de la biomasse : on ne dira pas sylvicarburants pour les produits à base de bois. »
- [9] Energy - New and Renewable Energies - Intelligent Energy for Europe ([http://ec.europa.eu/energy/res/consultation/biofuels\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/res/consultation/biofuels_en.htm))
- [10] **(en)** *Climate Decision Maker Survey* ([http://www.iucn.org/en/news/archive/2007/12/10\\_climate\\_change\\_survey.pdf](http://www.iucn.org/en/news/archive/2007/12/10_climate_change_survey.pdf)), Conférence de Bali, 10 décembre 2007.
- [11] Office fédéral de l'agriculture OFAG, Secteur Economie et affaires sociales, « Document thématique 3: Biocarburants (<http://www.blw.admin.ch/themen/00546/00574/index.html?lang=fr&download=M3wBPgDB/8ull6Du36WenojQ1NTTjaXZnqWfVp7Yhmfhnapmmc7Zi6rZnqCkkIN8gXt+bKbXrZ6lhuDZz8mMps2gpKfo>) » sur OFAG, 10 mars 2009, Département fédéral de l'économie DFE, p. 4. Consulté le 20 mars 2009

- [12] **(fr)** Propos de Jean-Louis Borloo, dans *La France met le cap sur les biocarburants de 2<sup>e</sup> génération* (<http://www.enviro2b.com/environnement-actualite-developpement-durable/9812/article.html>) sur enviro2b.
- [13] [http://fig-st-die.education.fr/actes/actes\\_2007/bret/article2.htm](http://fig-st-die.education.fr/actes/actes_2007/bret/article2.htm)
- [14] Le plan biocarburant français (<http://www.industrie.gouv.fr/energie/renou/biomasse/biocarb-plan.htm>)
- [15] **(en)** Le rapport d'UN-Energy *Sustainable Bioenergy : A Framework for Decision Makers* (<http://esa.un.org/un-energy/pdf/susdev.Biofuels.FAO.pdf>), Mats Karlsson et alii, avril 2007, 64 pages.
- [16] **(fr)** *Un rapport de l'ONU pèse le pour et le contre des biocarburants* ([http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=FR\\_NEWS&ACTION=D&DOC=10&CAT=NEWS&QUERY=1179241692551&RCN=27649](http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=FR_NEWS&ACTION=D&DOC=10&CAT=NEWS&QUERY=1179241692551&RCN=27649)), 10 mai 2007, sur le site CORDIS nouvelles
- [17] Revue Environnement et stratégie, n° 233, 24 oct 2007, page 1
- [18] une Gram positive anaérobie
- [19] Revival of butanol production by Clostridia (<http://www.ftns.wau.nl/micr/bacgen/marco>), Marco Siemerink, Laboratoire de microbiologie (département d'agrotechnologie et sciences alimentaires), Wageningen, Pays-bas (une illustration des voies métaboliques de *Clostridium acetobutylicum* conduisant à la formation de butanol est accessible depuis cette page)
- [20] La fermentation acétonobutylique. Synthèse bibliographique et orientations actuelles (<http://ogst.ifp.fr/index.php?option=article&access=standard&Itemid=129&url=/articles/ogst/abs/1982/03/vol37n3p389/vol37n3p389.html>), Oil & Gas Science and Technology - Rev. IFP, Vol. 37 (1982), No. 3, pp. 389-401
- [21] Butanol (<http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/42246.htm>), Veille technologique Internationale, 16 avril 2007
- [22] Butanol Production from Corn Fiber Xylan Using *Clostridium acetobutylicum* (<http://pubs.acs.org/cgi-bin/abstract.cgi/bipret/2006/22/i03/abs/bp050360w.html>), Nasib Qureshi *et al.*, Biotechnol. Prog., 22 (3), 673-680, 2006.
- [23] **(en)** *Clostridium acetobutylicum*, Wikipédia (anglais)
- [24] <http://www.ftns.wau.nl/micr/bacgen/marco/acetogenic.png>
- [25] BP et DuPont annoncent un partenariat pour développer des agrocarburants avancés (<http://www.bp.com/genericarticle.do?categoryId=4003391&contentId=7019043>)
- [26] Synthèse industrielle du méthanol (<http://www.sfc.fr/Donnees/orga/methanol/texmeol.htm>), Société française de chimie
- [27] Le groupe laitier allemand Müllermilch a annoncé en 2007 qu'il se lançait dans la production de bio-éthanol à partir de résidus du lait. A plus petite échelle et avant lui, l'abbaye de Tamié : L'Abbaye de Tamié ([http://www.abbaye-tamie.com/la\\_communaute/l\\_economie/la-fromagerie\\_de\\_tamie/vue](http://www.abbaye-tamie.com/la_communaute/l_economie/la-fromagerie_de_tamie/vue)). Consulté le 13 février 2009.  
« Le lactosérum est traité dans une station de méthanisation produisant le gaz nécessaire au chauffage de l'eau sanitaire de l'Abbaye : 70 personnes ».
- [28] Hydrogen economy (<http://www.princeton.edu/~chm333/2004/Hydrogen/primary.htm>), Princeton university, 2004
- [29] Production d'hydrogène à partir de sucres (<http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/40895.htm>), Technisch Weekblad, 30 septembre 2006
- [30] Sur la piste de l'hydrogène (<http://www2.cnrs.fr/presse/journal/385.htm>), Catherine Pagan, Le Journal du CNRS, avril-mai 2003
- [31] De l'eau, du soleil et des algues (<http://www.liberation.fr/dossiers/petrole/baril300/recherche/217319.FR.php>), Nicolas de la Casinière, Libération, 15 novembre 2006
- [32] La filière Fischer-Tropsch : des carburants à partir de gaz, de charbon ou de biomasse ([http://www.ifp.fr/IFP/fr/ifp/fb04\\_02.htm](http://www.ifp.fr/IFP/fr/ifp/fb04_02.htm)), IFP
- [33] La filière lignocellulosique-biocombustible (<http://www.ademe.fr/htdocs/publications/rapportactivite/agric99/agric99-2206.pdf>), ADEME
- [34] From Grass to Gas - On the road to energy independence, how soon will cellulosic ethanol be a factor? (<http://www.rurdev.usda.gov/rbs/pub/sep06/grass.htm>), USDA, Rural Development, Septembre 2006
- [35] Iogen (<http://www.iogen.ca/>), Canada
- [36] La Suède, pionnière du carburant vert (<http://www.letemps.ch/dossiers/dossiersarticle.asp?ID=202488>)
- [37] Projet Futurol : Lancement du projet de Recherche et Développement de bioéthanol de 2<sup>ème</sup> génération (<http://www.ifp.fr/actualites/communiques-de-presse/projet-futurol>) sur IFP, 11. Consulté le 17 mars 2009.  
« Communiqués de presse »
- [38] Un biocarburant fabriqué grâce aux termites (<http://www.enerzine.com/6/2121+Quand-les-termites-fabriquent-de-l-ethanol+.html>), Enerzine, mars 2007
- [39] <http://www.diversa.com/Pages/Products/AlternativeFuels/AltFuelsTermites.html> Termites may hold the secret to the production of cellulosic ethanol], Diversa, harnessing the power of enzymes
- [40] De la laitue de mer pour faire du bioéthanol? (<http://svt.967.fr/?p=165>), svt.967, France, 2007
- [41] [http://www.iop.org/EJ/article/1748-9326/4/1/014004/erl9\\_1\\_014004.html](http://www.iop.org/EJ/article/1748-9326/4/1/014004/erl9_1_014004.html)

- [42] **(en)** Biofuel summit (<http://www.biofuelsummit.info/en/index.html>), Sommet Biocarburants 2007, Madrid
- [43] RR Energy (<http://www.rrenergy.nl>)
- [44] Des biocarburants pas si écologiques (<http://www.levif.be/articles/index.jsp?articleID=2629&sectionID=9&siteID=38>), Le Vif - L'Express, Belgique, 2007
- [45] L'Inde veut 20 % de biocarburants en 2017 (<http://www.visiondurable.com/article-249540-LInde-veut-20-de-biocarburants-en-2017.html>)
- [46] Hervé Morin, « Un agrocarburant alternatif à l'éthanol proposé par une équipe américaine », dans *Le Monde* du 23/06/2007,
- [47] « Les biocarburants s'envolent », *Air & Cosmos*, n°2155, 16 janvier 2009
- [48] [http://wwz.ifremer.fr/institut/content/download/30751/252906/file/Ifremer\\_synthese-etude-prospective-EnRM.pdf](http://wwz.ifremer.fr/institut/content/download/30751/252906/file/Ifremer_synthese-etude-prospective-EnRM.pdf) page 10
- [49] Programme de recherche français Shamash, " *Production de biocarburants lipidiques par des microalgues* " (<http://www-sop.inria.fr/comore/shamash>)
- [50] Chisti Yusuf, Biodiesel from microalgae (<http://www.massey.ac.nz/~ychisti/Biodiesel.pdf>), *Biotechnology Advances* (2007)
- [51] Un carburant à base d'huile d'algue (<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=16697828>), *Biofutur* n°255, mai 2005
- [52] *Biocarburant : les algues sont-elles la solution ?* ([http://oleocene.org/index.php?page=que\\_faire&section=algues](http://oleocene.org/index.php?page=que_faire&section=algues)), Association Oléocène
- [53] "A Look Back at the U.S. Department of Energy's Aquatic Species Program: Biodiesel from Algae" ([http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/biodiesel\\_from\\_algae.pdf](http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/biodiesel_from_algae.pdf)), National Renewable Energy Laboratory, Juillet 1998
- [54] article ([http://www.lemonde.fr/planete/article/2008/10/22/des-microalgues-pour-les-biocarburants-du-futur\\_1109725\\_3244.html](http://www.lemonde.fr/planete/article/2008/10/22/des-microalgues-pour-les-biocarburants-du-futur_1109725_3244.html)) de Pierre Le Hir, paru dans l'édition de *Le Monde* du 22 Octobre 2008
- [55] <http://www.lefigaro.fr/vert/2009/01/07/01023-20090107ARTFIG00327-des-microalgues-pour-faire-rouler-les-voitures-.php>
- [56] [http://www.biodieselmagazine.com/article.jsp?article\\_id=3313](http://www.biodieselmagazine.com/article.jsp?article_id=3313)
- [57] [http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/Agrocarburants\\_et\\_Environnement.pdf](http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/Agrocarburants_et_Environnement.pdf)
- [58] Les biocarburants en Europe, Note de synthèse panorama 2007 ([http://www.ifp.fr/IFP/fr/evenement/panorama/IFP-Panorama07\\_06-Biocarburants\\_Europe\\_VF.htm](http://www.ifp.fr/IFP/fr/evenement/panorama/IFP-Panorama07_06-Biocarburants_Europe_VF.htm)), IFP
- [59] Les biocarburants dans le monde, Note de synthèse panorama 2007 ([http://www.ifp.fr/IFP/fr/evenement/panorama/IFP-Panorama07\\_05-Biocarburants\\_Monde\\_VF.htm](http://www.ifp.fr/IFP/fr/evenement/panorama/IFP-Panorama07_05-Biocarburants_Monde_VF.htm)), IFP
- [60] Tout savoir sur les biocarburants - Les perspectives et les recherches conduites à l'IFP ([http://www.ifp.fr/IFP/fr/decouvertes/cles/automobile/carb\\_alternatif/ToutSavoirSurLesBiocarburants.pdf](http://www.ifp.fr/IFP/fr/decouvertes/cles/automobile/carb_alternatif/ToutSavoirSurLesBiocarburants.pdf)), Anne-Laure de Marignan, IFP
- [61] Un planisphère du bioéthanol dans le monde (<http://www.roulonspropre-roulonsnature.com/planisphere>), Site "Roulons propre-roulons nature"
- [62] Biofuels for Transport: An International Perspective (<http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2004/biofuels2004.pdf>), Agence Internationale de l'énergie, 2004
- [63] Oil Market Report (<http://www.oilmarketreport.org/>), Agence Internationale de l'Energie, 2007
- [64] Jeffrey Dukes, University of Massachusetts (<http://globalecology.stanford.edu/DGE/Dukes/Dukes.html>)
- [65] Dukes, J.S. 2003. *Burning buried sunshine: human consumption of ancient solar energy*. *Climatic Change*, 61(1-2): 31-44. ([http://globalecology.stanford.edu/DGE/Dukes/Dukes\\_ClimChange1.pdf](http://globalecology.stanford.edu/DGE/Dukes/Dukes_ClimChange1.pdf))
- [66] *L'ensevelissement enseveli* ([http://questionscritiques.free.fr/edito/Jeffrey\\_Dukes\\_011103.htm](http://questionscritiques.free.fr/edito/Jeffrey_Dukes_011103.htm)), interview de Jeffrey Dukes (<http://globalecology.stanford.edu/DGE/Dukes/Dukes.html>).
- [67] Que pouvons nous espérer des biocarburants ? ([http://www.manicore.com/documentation/carb\\_agri.html](http://www.manicore.com/documentation/carb_agri.html)), Jean-Marc Jancovici
- [68] *Libération*, 27 septembre 2006, page 4. Source : Ademe, Manicore
- [69] : toujours selon JM Jancovici, si la totalité des surfaces cultivable du monde entier était affectée à la production d'huile de colza, d'huile de tournesol ou d'alcool de betterave ou de blé ... « ... nous obtiendrions 1 400 millions de tonnes d'équivalent pétrole alors que le monde en consomme aujourd'hui ... 3 500. Bref, en ne mangeant plus, nous pourrions faire rouler 40 % de nos voitures aux biocarburants ! »
- [70] Bent Sorensen, *Renewable Energy 3rd Edition*, Academic Press
- [71] Bilan du réchauffement climatique 2007 (<http://www.ipcc.ch>), GIEC-IPCC 2007
- [72] Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower (<http://petroleum.berkeley.edu/papers/Biofuels/NRRethanol.2005.pdf>), David Pimentel and Tad W. Patzek, *Natural Resources Research*, Vol. 14, No. 1, Mars 2005

- [73] *Bilan énergétique et émissions de GES des carburants et biocarburants conventionnels - Convergences et divergences entre les principales études reconnues* (<http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=98B8154585313DA4C521E9DE7BC1AE2C1169116996013.pdf>), ADEME, juillet 2006, p. 18
- [74] *Bilan énergétique et émissions de GES des carburants et biocarburants conventionnels - Convergences et divergences entre les principales études reconnues* (<http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=98B8154585313DA4C521E9DE7BC1AE2C1169116996013.pdf>), ADEME, juillet 2006
- [75] Department for Transport - Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO) feasibility report (<http://www.dft.gov.uk/pgr/roads/environment/rtfo/sectfoprodocs/renewabletransportfuelobliga3849?page=1>)
- [76] Les agro carburants industriels ne contribuent à résoudre ni la crise agricole, ni la crise climatique ([http://www.cpefarmers.org/w3/article.php3?id\\_article=124](http://www.cpefarmers.org/w3/article.php3?id_article=124)), Communiqué de Via Campesina sur les agrocarburants, 23 février 2007
- [77] et. al (P.J. Crutzen, spécialiste des oxydes d'azote et de la couche d'ozone, a reçu le prix Nobel de chimie pour ses travaux sur ces sujets)
- [78] voir l'article et sa discussion en ligne sur N<sub>2</sub>O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels (<http://www.atmos-chem-phys-discuss.net/7/11191/2007/acpd-7-11191-2007.html>) P. J. Crutzen *et al.*, Atmos. Chem. Phys. Discuss., 2007, 7, 11191
- [79] voir aussi Biofuels could boost global warming, finds study (<http://www.rsc.org/chemistryworld/News/2007/September/21090701.asp>) pour une présentation simple de cet article sur le site de chemistryworld
- [80] ce gaz possède, sur une durée de cent ans, un pouvoir réchauffant égal à 296 fois celui du CO<sub>2</sub>
- [81] Les arguments pour et contre cette thèse sont disponibles dans les deux références précédentes
- [82] Réseau Action Climat France ([http://www.rac-f.org/article.php3?id\\_article=1064](http://www.rac-f.org/article.php3?id_article=1064))
- [83] ADEME-DIREM 2002
- [84] Biocarburants, synthèse EDEN 2007 (<http://www.espoir-rural.fr/images/stories/section/agrocarburants/synthese eden 2006.pdf>)
- [85] Les filières biocarburants engagées en France. (<http://www.industrie.gouv.fr/energie/renou/biomasse/enjeuxbiocarburants.htm>)
- [86] Les Brochures de l'IFP ([http://www.ifp.fr/IFP/fr/fichiers/cinfo/IFP-Panorama05\\_07-BiocarburantVF.pdf](http://www.ifp.fr/IFP/fr/fichiers/cinfo/IFP-Panorama05_07-BiocarburantVF.pdf))
- [87] Les filières biocarburants engagées en France. (<http://www.industrie.gouv.fr/energie/renou/biomasse/enjeuxbiocarburants.htm>)
- [88] Note RAC-F sur les biocarburants ([http://www.rac-f.org/IMG/pdf/Note\\_RAC\\_agrocar0107.pdf](http://www.rac-f.org/IMG/pdf/Note_RAC_agrocar0107.pdf)) Janvier 2007
- [89] Dias de Oliveira M. E., Vaughan B. E. & Rykiel E. J. Bioscience, 55. 593 - 602 (2005)
- [90] Dukes, J.S. 2003. *Burning buried sunshine: human consumption of ancient solar energy*. ([http://globalecology.stanford.edu/DGE/Dukes/Dukes\\_ClimChange1.pdf](http://globalecology.stanford.edu/DGE/Dukes/Dukes_ClimChange1.pdf)) Climatic Change, 61(1-2): 31-44
- [91] Les producteurs de biocarburants jettent les bases d'un marché mondial ([http://www.lemonde.fr/cgi-bin/ACHATS/979041.html?offre=ARCHIVES&type\\_item=ART\\_ARCH\\_30J&objet\\_id=979041](http://www.lemonde.fr/cgi-bin/ACHATS/979041.html?offre=ARCHIVES&type_item=ART_ARCH_30J&objet_id=979041)), Philippe Bolopion, *Le Monde*, 3 mars 2007
- [92] *Ces forêts qu'on assassine*, Emmanuelle Grundmann, préface de Jane Goodall, Paris, Ed. Calmann-Lévy, 2007 (ISBN 978-2-7021-3769-7)
- [93] Biocarburants : pires que des énergies fossiles ([http://www.amisdelaterre.org/article.php3?id\\_article=2159](http://www.amisdelaterre.org/article.php3?id_article=2159)), George Monbiot, *The Guardian*, 4 mars 2006
- [94] The GCP VivoCarbon Initiative (<http://www.globalcanopy.org/vivocarbon/>)
- [95] « Les biocarburants sont pire que le pétrole qu'ils sont censés remplacer durablement », George Monbiot, *The Guardian*, mardi 6 décembre 2005 ([http://antivoitures.free.fr/2006/06/les-biocarburants-sont-pire-que-le\\_21.html](http://antivoitures.free.fr/2006/06/les-biocarburants-sont-pire-que-le_21.html))
- [96] *Deforestation: The hidden cause of global warming - The Independent* 14.05.07 ([http://news.independent.co.uk/environment/climate\\_change/article2539349.ece](http://news.independent.co.uk/environment/climate_change/article2539349.ece))
- [97] Les Amis de la terre : Biocarburants : pires que des énergies fossiles ! ([http://www.amisdelaterre.org/article.php3?id\\_article=2159](http://www.amisdelaterre.org/article.php3?id_article=2159))
- [98] **(en)** Effects of Ethanol (E85) versus Gasoline Vehicles on Cancer and Mortality in the United States (<http://www.stanford.edu/group/efmh/jacobson>), Department of Civil and Environmental Engineering, Stanford University, Stanford, Californie
- [99] **(fr)** Les biocarburants polluent aussi (<http://www.lemonde.fr/web/article/0,1-0@2-3232,36-900332,0.html>), par Stéphane Lauer, *Le Monde*, le 24 avril 2007.
- [100] [http://www.courrierinternational.com/hebdo/sommaire.asp?obj\\_id=561](http://www.courrierinternational.com/hebdo/sommaire.asp?obj_id=561) Biocarburants : L'arnaque (Courrier International hebdo n° 864 - 24 mai 2007)
- [101] Site L'humanité ([http://www.humanite.fr/2008-04-14\\_International\\_Jean-Ziegler-un-crime-contre-l-humanite](http://www.humanite.fr/2008-04-14_International_Jean-Ziegler-un-crime-contre-l-humanite))
- [102] Hors-série *Le Monde diplomatique* L'atlas environnement, p. 37

- [103] Mexique, le maïs nourrit la grogne (<http://www.liberation.fr/actualite/monde/229270.FR.php>), Babette STERN, Libération du 18 janvier 2007
- [104] Los biocombustibles: un nuevo y serio problema para el mundo (<http://www.radiohc.cu/espanol/comentarios/mayo07/comentario10mayo.htm>), María Josefina Arce, Radio Habana Cuba, 10 mai 2007
- [105] Tragedia social y ecológica: Producción de biocombustibles agrícolas en América (<http://www.ecoport.net/content/view/full/69023/>), Miguel A. Altieri (Professeur d'agroécologie, Université de Berkeley, Californie) et Elizabeth Bravo (Réseau pour une Amérique latine sans OGMs, Quito, Equateur), 2007
- [106] Calentamiento global y el efecto tortilla (<http://www.elperiodico.com.gt/es/20070502/opinion/39186/>), José Carlos Zamora, El Periódico de Guatemala, 2 mai 2007
- [107] Banco central mexicano urge a renovar acuerdo sobre tortilla ([http://lta.today.reuters.com/news/newsArticle.aspx?type=businessNews&storyID=2007-04-18T215809Z\\_01\\_N18446005\\_RTRIDST\\_0\\_NEGOCIOS-ECONOMIA-MEXICO-TORTILLAS-SOL.XML](http://lta.today.reuters.com/news/newsArticle.aspx?type=businessNews&storyID=2007-04-18T215809Z_01_N18446005_RTRIDST_0_NEGOCIOS-ECONOMIA-MEXICO-TORTILLAS-SOL.XML)), Agence Reuters, 18 avril 2007
- [108] A Culinary and Cultural Staple in Crisis ([http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2007/01/26/AR2007012601896\\_pf.html](http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2007/01/26/AR2007012601896_pf.html)), article publié dans le *Washington Post*.
- [109] **(en)** A Note on Rising Food Prices ([http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/IW3P/IB/2008/07/28/000020439\\_20080728103002/Rendered/PDF/WP4682.pdf](http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/IW3P/IB/2008/07/28/000020439_20080728103002/Rendered/PDF/WP4682.pdf)), Donald Mitchell, juillet 2008 **[pdf]**
- [110] Crise alimentaire : la Banque mondiale accable les biocarburants ([http://www.liberation.fr/actualite/economie\\_terre/337109.FR.php](http://www.liberation.fr/actualite/economie_terre/337109.FR.php)), article de Laureen Ortiz paru dans *Libération* le 5 juillet 2008.
- [111] - Le prix de la bière augmente à cause des biocarburants (<http://www.lesechos.fr/info/agro/4565995.htm>), Les échos, 19 avril 2007
- [112] Les biocarburants dopent les cours des céréales (<http://www.enviro2b.com/info/2769/article.html>), Enviro2B, 4 mai 2007
- [113] Haïti : les "émeutes de la faim" gagnent les rues de Port-au-Prince ([http://www.lemonde.fr/ameriques/article/2008/04/09/haiti-les-emeutes-de-la-faim-gagnent-les-rues-de-port-au-prince\\_1032621\\_3222.html#ens\\_id=628857](http://www.lemonde.fr/ameriques/article/2008/04/09/haiti-les-emeutes-de-la-faim-gagnent-les-rues-de-port-au-prince_1032621_3222.html#ens_id=628857)), article de Jean-Michel Caroit paru dans *Le Monde* le 9 avril 2004
- [114] AFRIQUE • Les émeutes contre la vie chère se multiplient ([http://www.courrierinternational.com/article.asp?obj\\_id=84412](http://www.courrierinternational.com/article.asp?obj_id=84412)), revue de presse de Anne Collet publié sur le site internet de Courrier International.
- [115] Quand le prix du riz peut semer la zizanie (<http://www.ledevoir.com/2008/04/09/184226.html>), *Le Devoir* publié le 9 avril 2008
- [116] <http://citoyen.eu.org/biocarburants>
- [117] <http://www.biogasmax.eu/>
- [118] <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=12475>
- [119] <http://www.ieabioenergy.com>
- [120] <http://www.pnrp.net/servlet/KBaseShow?cid=13733&catid=13735>
- [121] <http://www.industrie.gouv.fr/energie/renou/biomasse/enjeuxbiocarburants.htm>
- [122] [http://www.minefi.gouv.fr/directions\\_services/sircom/carburants/e85.pdf](http://www.minefi.gouv.fr/directions_services/sircom/carburants/e85.pdf)

# Sources et contributeurs de l'article

**Biocarburant** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/windex.php?oldid=42236951> *Contributeurs:* (:Julien:), 6(sic)6, Abrahami, Albinus, Alef Burzmali, Alphatwo, Apollon, Archeos, Arnaud.Serander, Arnaudus, Arria Belli, Astirmays, AuxNoisettes, BadGoliath42, Badmood, Baleer, Balt79, Barbichette, BarnCas, Barraki, Baruch, BeTa, Beneseb, BernardM, Bilou, Biomike, Bob08, Boism, Bruceandrea, Byu, CNeo, Cdiot, Cebriii, ChLenclud, Chandres, Chaoborus, Charon13, Chmiel', Chris93, Chrono1084, Cibi, Clem23, Clem46, Cloclob, Cocolikov, CommonsDelinker, Conchita, Cosaque31, Coyau, Crouchineki, Cumulus, Czielarko, CyrilleDunant, D4m1en, Dake, Darkoneko, Das Yog, Dauphiné, David Berardan, David Latapie, Deep silence, Defrenrokorit, Dhatier, DocteurCosmos, Drongou, E-tribesman, Ecolo75, Edel, Edhral, Eiffele, Emirix, Emmanuel, Enro, Environnement2100, Erasmus, Esprit Fugace, Eumachia, FP, Fabiena, Fago, Fl75, Flot2, Fontacha, Fredlemeur, GDC, Gariq, Gem, Gerfriedc, Globo, Grimlock, Grondin, Grosplant, Grostony, HYUK3, Hegor, Herman, Herve1729, Heufeu, Hexasoft, Hégésippe Cormier, IAlex, Ico, Indravar, JB, JLM, Janussien, Jean-no, Jeffdelonge, Jerome66, Juicyfruit67, JujuTh, Julianedm, Julien.caliez, Kiwi18, Koyuki, Kropotkine 113, Kyro, L'œuf, La Cigale, Laddo, Lamiot, Laurent Nguyen, Leag, Lebrunxavier, LiliAn, Litlok, Loudubewe, Loïc, Ludo29, Luk, Lutin jovial, Lyondif02, Maggic, Maniak, MarionBarral, Mathieuw, Mattaku, Maurilbert, Max003, Med, Medium69, Mielle gris, Mlys, Moolligan, Moumousse13, Mro, Mutatis mutandis, Neuromancien, Nico@nc, Nono64, Nonobosso, Noô, Oblic, Olivier444, Olivier45, Olivierdanielo, Oliviosu, Ollamh, Olrick, Orthospot, P-e, Padawane, Papatt, Pautard, Pgreenfinch, Phe, Pickwick, Pin parasol, PivWan, Pixeltoo, Plyd, PoM, Popol 1d, Poulos, Punx, Raminagrobis, Raph, Riba, RigOLuche, Rigolithe, Rosier, Rune Obash, STyx, Salmoneus, Sam Hocevar, Sanao, Seraphita, Seudo, Skiff, Solensean, Spedona, Stef3D, Stéphane33, Sylvainix, Taguelmoust, Tarahunt, Tcharvin, Tejgad, Theoliane, Thierry-Pierre, Tibauk, Tibo217, Tiennel, Tieum512, Tomsperoni, Tooony, Ultragothe, Uncommon, Urban, Urhixidur, VIGNERON, Valérie75, Vanina82, Vdbkitou, Verdy p, Vi..Cult..., VincentPalmieri, Vitosss, Warinhari, Wart Dark, Xavier Combelle, Xulin, YSidlo, Ybourgogne, Youssefsan, Z653z, Zedh, Zouavman Le Zouave, Zsurnz, Évariste-73206, 398 modifications anonymes

# Source des images, licences et contributeurs

**Image:Cut sugarcane.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/windex.php?title=Fichier:Cut\\_sugarcane.jpg](http://fr.wikipedia.org/windex.php?title=Fichier:Cut_sugarcane.jpg) *Licence:* Creative Commons Attribution-Sharealike 2.0 *Contributeurs:* Rufino Uribe

**Image:Ethanol fermentation de.svg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/windex.php?title=Fichier:Ethanol\\_fermentation\\_de.svg](http://fr.wikipedia.org/windex.php?title=Fichier:Ethanol_fermentation_de.svg) *Licence:* inconnu *Contributeurs:* user:norro

**Image:Méthanogenèse.jpg** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/windex.php?title=Fichier:Méthanogenèse.jpg> *Licence:* inconnu *Contributeurs:* R.Cresson

**Image:Straw Bales.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/windex.php?title=Fichier:Straw\\_Bales.jpg](http://fr.wikipedia.org/windex.php?title=Fichier:Straw_Bales.jpg) *Licence:* Creative Commons Attribution 2.0 *Contributeurs:* -

**Image:Workertermite1.jpg** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/windex.php?title=Fichier:Workertermite1.jpg> *Licence:* Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Contributeurs:* Althepal

**Image:Jatropha curcas5 henning.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/windex.php?title=Fichier:Jatropha\\_curcas5\\_henning.jpg](http://fr.wikipedia.org/windex.php?title=Fichier:Jatropha_curcas5_henning.jpg) *Licence:* Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5 *Contributeurs:* -

**Image:Diatoms through the microscope.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/windex.php?title=Fichier:Diatoms\\_through\\_the\\_microscope.jpg](http://fr.wikipedia.org/windex.php?title=Fichier:Diatoms_through_the_microscope.jpg) *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* Prof. Gordon T. Taylor, Stony Brook University

**Image:Chlorella.jpg** *Source:* <http://fr.wikipedia.org/windex.php?title=Fichier:Chlorella.jpg> *Licence:* GNU Free Documentation License *Contributeurs:* Tiny.ian

**Image:Imported Crude Oil as a Percent of US Consumption 1950-2003.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/windex.php?title=Fichier:Imported\\_Crude\\_Oil\\_as\\_a\\_Percent\\_of\\_US\\_Consumption\\_1950-2003.jpg](http://fr.wikipedia.org/windex.php?title=Fichier:Imported_Crude_Oil_as_a_Percent_of_US_Consumption_1950-2003.jpg) *Licence:* Public Domain *Contributeurs:* -

**Image:Lightmatter sad orangutan.jpg** *Source:* [http://fr.wikipedia.org/windex.php?title=Fichier:Lightmatter\\_sad\\_orangutan.jpg](http://fr.wikipedia.org/windex.php?title=Fichier:Lightmatter_sad_orangutan.jpg) *Licence:* Creative Commons Attribution 2.0 *Contributeurs:* -

---

## **Licence**

---

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

---