



IFP Energies nouvelles (IFPEN) est un acteur majeur de la recherche et de la formation dans les domaines de l'énergie, du transport et de l'environnement. De la recherche à l'industrie, l'innovation technologique est au cœur de son action, articulée autour de trois priorités stratégiques : mobilité durable, énergies nouvelles et hydrocarbures responsables.

Dans le cadre de la mission d'intérêt général confiée par les pouvoirs publics, IFPEN concentre ses efforts sur l'apport de solutions aux défis sociétaux de l'énergie et du climat, en favorisant la transition vers une mobilité durable et l'émergence d'un mix énergétique plus diversifié.



CAHIER D'ACTEUR

LES BIOCARBURANTS LIGNOCELLULOSIQUES

Le futur des transports correspondra à **un mix de solutions parmi lesquelles les biocarburants lignocellulosiques tiendront une place de choix**. Ces filières mobilisant des biomasses de type résidus agricoles ou forestiers permettent de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES), sur l'ensemble du cycle de vie du produit, de plus de 80 % vis-à-vis de leur référence fossile. Pleinement convaincu, IFP Energies nouvelles (IFPEN) s'est engagé dès 2008 au côté de ses partenaires, dans deux projets français majeurs de production de ces biocarburants avancés : BioTfuel et Futurol. Ces filières sont potentiellement créatrices d'emplois agricoles, forestiers et industriels et sont proches de la maturité technologique. Il manque désormais des incitations réglementaires ciblées de long terme pour compléter des objectifs d'incorporation ambitieux que la PPE pourrait fixer pour ces biocarburants, ce que soutiendra IFPEN.

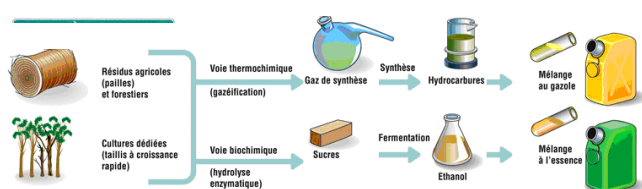
LES BIOCARBURANTS LIGNOCELLULOSIQUES

Le futur des transports mettra en œuvre un mix de solutions - biocarburants, gaz, motorisations efficaces, hybrides, électrique, H₂, etc. - parmi lesquelles les biocarburants lignocellulosiques tiendront une place de choix.

Ces biocarburants sont des carburants liquides ou gazeux issus de la transformation de biomasse composée de lignocellulose. Très diversifiée et répandue, la biomasse lignocellulosique est une ressource renouvelable et est potentiellement exploitable en milieu forestier, en milieu agricole, en milieu aquatique, comme en milieu urbain.

Composée de polymères d'hydrates de carbone produits via la photosynthèse, la lignocellulose est impropre à la consommation humaine. Elle peut être convertie en carburant via deux familles de procédés :

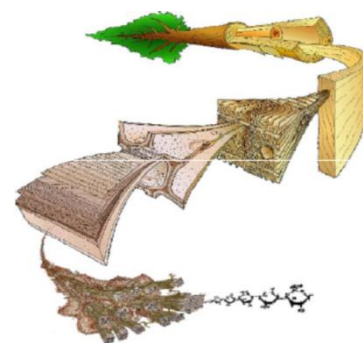
- (i) la **voie biochimique** valorise les sucres contenus dans les fractions cellulose et hémicellulose des parois végétales. Ces sucres sont ensuite convertis en bioéthanol par voie fermentaire, bioéthanol incorporable, à différentes teneurs, dans les carburants de type essence ;
- (ii) la **voie thermochimique ou voie Biomass to Liquid (BtL)** produit un gaz de synthèse riche en monoxyde de carbone et dihydrogène via la gazéification de la biomasse. Ce gaz peut ensuite être converti par synthèse Fischer-Tropsch en chaînes hydrocarbonées de composition similaire au gazole moteur et au kérosène. Le gaz de synthèse peut aussi être converti en biométhane pour les véhicules GNV (voie SNG pour *Synthetic Natural Gas*)



IFPEN : UN ACTEUR HISTORIQUE DE LA R&D DE LA FILIÈRE BIOCARBURANTS

IFPEN s'est impliqué dans la mise au point des procédés permettant la production de biocarburants conventionnels, dits de première génération, dès les années 80. Plusieurs procédés industriels sont issus de ses recherches dont le procédé Esterfip-H ou plus récemment, le procédé de production de biodiesel par hydrogénation d'huiles végétales Vegan®, qui a été commercialisé par sa filiale Axens et sélectionné par Total pour son projet de bioraffinerie de La Mède.

Aujourd'hui dans le monde, les travaux de R&D portent majoritairement sur le développement des filières lignocellulosiques. IFPEN étudie la voie biochimique pour la production de bioéthanol, et la



voie thermochimique pour la production de biodiesel et de biokérosène. Aux côtés de ses partenaires, IFPEN contribue aux projets de démonstrateurs pré-industriels

Futurol et BioTfuel

(voir encadrés). L'installation pilote du projet Futurol (1 t/j) visant l'étude du procédé de production de bioéthanol lignocellulosique, est en opération depuis 2011. L'unité de démonstration (100 t/j) a été achevée mi-2017. Les travaux réalisés aboutissent ainsi à une offre technologique originale par son approche intégrée de la production d'enzymes qui présente un rendement éthanol compétitif par rapport à la concurrence mondiale. S'il existe des unités industrielles d'éthanol de 2^e génération (Brésil, USA, Italie, etc.), aucune ne fonctionne comme prévu. Le passage par l'étape de démonstration a permis de sécuriser le développement de la technologie Futurol, ce qui permet à Axens de proposer cette solution face à ses concurrents (Clariant, Poet-DSM, St1, Praj, etc.).

La plateforme de démonstration de la section gazéification du projet BioTfuel a, quant à elle, été inaugurée en décembre 2016 sur le site Total de

l'établissement des Flandres de Dunkerque. L'étape d'obtention d'une biomasse torréfiée consiste en une installation de démonstration sur le site du groupe Avril à Venette. IFPEN, avec ses partenaires, s'est fixé comme objectif de commercialiser cette technologie de production de biodiesel et de biokérosène dès 2019. L'originalité de la technologie BioTfuel réside dans sa flexibilité vis-à-vis d'un très large spectre de ressources, dans la possibilité de décentraliser les multiples unités de torréfaction de biomasse au plus près des zones de collecte, dans l'absence de résidu solide et dans la qualité des produits obtenus, qualifiés de *drop-in*. Le développement de la technologie IH² de Shell est également au stade des essais de démonstration, tandis que les technologies Lanzatech et Enerkem sont plus proches de la 1^{re} commerciale, mais ne conduiront pas à des produits *drop-in* puisqu'elles visent la synthèse d'alcools.

Données clés du projet Futurool

Partenaires : ARD, IFP Energies nouvelles, INRA, Lesaffre, Office national des forêts, Tereos, Total, Vivescia, Crédit agricole Nord Est, CGB, Unigrains.

Budget : 76,4 M€ dont 29,9 M€ de financement public (Bpifrance)

Date de validation de la faisabilité technique et économique de la chaîne de procédés : 2017.

Localisation du pilote continu : site de Pomacle-Bazancourt (Marne).

Localisation du prétraitement à échelle industrielle : site de Tereos de Bucy-le-Long (Aisne).

Données clés du projet BioTfuel

Partenaires : Avril, Axens, le CEA, IFP Energies nouvelles, Thyssenkrupp, Total.

Budget : 178,1 M€ dont 33,2 M€ de financement public (Ademe, Région Hauts-de-France, Feder)

Date de validation de la faisabilité technique et économique de la chaîne de procédés : à l'horizon 2019.

Localisation du pilote de prétraitement de la biomasse : site d'Avril à Venette (Oise).

Localisation du pilote de gazéification, purification et synthèse : site mis à disposition par Total près de Dunkerque (Nord).

LES ENJEUX DES FILIÈRES BIOCARBURANTS LIGNOCELLULOSIQUES

Vers une priorité environnementale pour les objectifs ENR

Le carburant gazole moteur comporte aujourd'hui près de 8 % volume de biodiesel principalement issu d'huiles végétales et les carburants essence jusqu'à 10 % volume de bioéthanol dans les pompes SP95-E10 et jusqu'à 85 % volume dans les pompes de superéthanol-E85.

L'objectif de neutralité carbone que la France s'est fixé à 2050 implique des transformations importantes dans le secteur des transports : biocarburants liquides, gaz naturel pour véhicules (GNV) et sa version bioGNV, amélioration de l'efficacité des motorisations à combustion interne, motorisation électrique à batterie ou alimentée par une pile à hydrogène, hybridation sous des formes diverses, etc.

C'est par une approche systémique, s'appuyant à la fois sur des évaluations technico-économiques et des études ACV, qu'il sera possible - sans a priori - d'identifier les moyens les plus appropriés et de les optimiser pour décarboner les différents segments du secteur du transport.

Les biocarburants se positionnent ainsi comme une solution viable, d'ores et déjà disponible, sans adaptation des motorisations existantes ni besoin en infrastructures, et pérenne pour l'ensemble des modes de transport (VP, VUL et PL pour le transport routier ; maritime ; fluvial et aviation).

Si les biocarburants conventionnels - issus de ressources d'origine alimentaire - ont pu parfois montrer leurs limites à réduire significativement les émissions de GES, les filières biocarburants lignocellulosiques s'appuient quant à elles sur des ressources potentiellement neutres, voire dans certains cas bénéfiques pour l'environnement. Les filières lignocellulosiques mobilisant des biomasses de type résidus d'origines agricole ou forestière permettent aux biocarburants de réduire les émissions de GES sur l'ensemble du cycle de vie du produit d'au moins 80 % vis-à-vis de leurs homologues fossiles.

Du côté des produits, les biocarburants de synthèse type BTL sont en mesure d'être incorporés à haute teneur dans les carburants fossiles (jusqu'à 100 % pour un usage terrestre et déjà certifiés pour un mélange jusqu'à 50 % vol. pour l'aviation). Ils peuvent de ce fait avoir un poids significatif dans l'amélioration de la

composition des gaz d'échappement des moteurs thermiques. En effet, des essais menés sur banc montrent que plus la teneur en gazole BTL augmente dans un carburant diesel, plus les émissions d'imbrûlés (CO et HC) et de particules¹ diminuent pour des véhicules non équipés de filtre à particules. Ces résultats sont particulièrement encourageants pour limiter les émissions de particules des camions, bus et véhicules particuliers à motorisation Diesel.

Quelles perspectives ?

D'un point de vue réglementaire, les biocarburants lignocellulosiques appartiennent à la catégorie des biocarburants avancés. Au niveau européen, cette catégorie bénéficie jusqu'en 2020 d'un comptage double et d'un objectif d'incorporation minimum de 1,5 % (en énergie) pour le calcul de leur contribution à l'objectif d'incorporation de 10 % d'énergies renouvelables du secteur transport. À l'horizon 2030, les textes préparatoires à l'élaboration de la future Directive européenne (REDII) envisagent d'augmenter l'objectif d'incorporation minimum des filières avancées au-delà de 3,6 %.

La France est en avance de phase puisqu'elle a défini, dans sa programmation pluriannuelle de l'énergie, des objectifs spécifiques pour ces filières avancées pour les pools de carburants gazole et essence aux horizons 2018, 2023 (révision en cours) et 2028 (proposition en cours)

En termes de développement industriel, les filières lignocellulosiques comptent à ce jour dans le monde huit unités commerciales construites, essentiellement pour la production d'éthanol aux USA, au Brésil, en Italie et plusieurs projets de court terme en Inde et en Chine. Au-delà de leurs atouts environnementaux, le développement de telles filières permettrait un développement économique notable sur l'ensemble du territoire avec la création d'emplois industriels et en particulier d'emplois dans l'amont agricole et sylvicole (exploitation, collecte, conditionnement-stockage). Par ailleurs, ces nouvelles voies montrent de fortes synergies avec l'industrie existante. L'éthanol lignocellulosique peut facilement s'intégrer dans un système de production d'éthanol conventionnel. Les unités BTL ont des facilités d'intégration au sein d'installations de raffinage et peuvent notamment

permettre la reconversion d'unités de production fossiles.

À ce stade, le principal frein à l'émergence de ces filières reste le manque de politiques de soutien spécifiques avec des objectifs de déploiement de long terme. Dans un contexte de minimisation de l'empreinte carbone du secteur transport (incluant l'aéronautique), la contribution des biocarburants lignocellulosiques est clé.

CONCLUSIONS/SYNTHESE

- Potentiel large, sans impact sur la disponibilité des ressources alimentaires,
- Des technologies techniquement matures ou proches de l'être grâce aux importants efforts en R&I,
- Des technologies françaises BioTfuel et Futurol originales et compétitives face à leurs concurrents internationaux (Clariant, Poet-DSM, Praj, Shell, Enerkem, Lanzatech, etc.),
- Des technologies permettant de créer de l'emploi agricole, sylvicole et industriel sur le territoire,
- Réduisent significativement les émissions de GES,
- Peuvent réduire significativement les particules des véhicules Diesel.

Mais

- Nécessité d'incitations réglementaires long terme ciblées,
- Besoin d'aides dédiées aux premières industrielles,
- Besoin d'améliorer et pérenniser l'accès aux ressources lignocellulosiques de façon à assurer la viabilité de l'ensemble des filières de la bioéconomie.

¹ Diminution des particules en masse de l'ordre de 40 % sur un cycle européen (NEDC) pour un carburant contenant 100 % de produits Fischer-Tropsch comparé à un carburant Diesel actuel (B7) pour les véhicules non équipés d'un filtre à particules (représentant la moitié du parc roulant français actuel)