

Développement d'un nouveau procédé Vegan™ de transformation de charges renouvelables en carburants gazoles et kérosènes

Thierry Chapus

Résumé	Cet article décrit le procédé Vegan™ de transformation de charges renouvelables en bases gazoles et/ou kérosènes ainsi que la méthodologie suivie pour son développement. Ce procédé est flexible en charges puisqu'il est capable de convertir une large palette de charges renouvelables telles que les huiles végétales, les graisses animales ou encore les huiles de friture usagées. Il est également flexible en produits puisqu'il permet de produire à la fois des gazoles ou kérosènes incorporables en toutes proportions avec les gazoles et kérosènes fossiles. Les rendements obtenus sont très satisfaisants, ce qui est un avantage déterminant compte tenu du fait que le coût de production est majoritairement lié au coût de la charge. Enfin, les produits obtenus sont d'excellente qualité (propriétés à froid et indice de cétane, notamment pour l'application diesel). La première industrielle de cette technologie Vegan™ est prévue de démarrer début 2018 sur le site de la raffinerie Total de La Mède (Bouches-du-Rhône). Cette unité sera capable de produire 500 000 tonnes/an de diesel renouvelable et pourra produire également du biokérosène.
Mots-clés	Ressources renouvelables, huiles végétales, graisses animales, huiles de friture usées, hydrotraitement, hydrodésoxygénation, gazole, kérosène.
Abstract	Development of new Vegan™ process for converting renewable feedstocks into biodiesel and jet fuels This article gives an outlook of the Vegan™ process that converts renewable feedstocks into diesel fuels and/or kerosene-type jet fuels, and the overall methodology used to develop the process. This process is capable to convert a wide range of renewable feedstocks like vegetable oils, animal fats or used cooking oils, producing both 100% drop-in biojet and biodiesel fuels. Overall mass yield is very good (up to 80% based on feed), which is a clear advantage since production costs are mainly due to the price of feedstocks. Diesel and jet fuels produced are isoparaffinic and present excellent qualities (cold flow properties and cetane index for diesel fuels). The first industrial application of Vegan™ technology is scheduled to start early 2018 in Total La Mède refinery (Bouches-du-Rhône, France). This unit will have a capacity of 500.000 tons/year diesel fuel, and will be capable to produce biojet fuel as well.
Keywords	Renewable feedstocks, vegetable oils, animal fats, used cooking oils, hydrotreatment, hydrodeoxygenation, diesel fuel, jet fuel

Objectifs et contexte général

La conversion catalytique de charges d'origine renouvelable en bases carburants est l'un des défis majeurs actuels. En effet, alors que le secteur du transport représente une part importante de l'accroissement des émissions de CO₂, il est essentiel de développer des procédés permettant de réduire à la fois le recours aux ressources fossiles et la production de gaz à effet de serre (GES, en anglais GHG pour « green house gases ») tels que le CO₂.

Les pouvoirs publics ont fixé ces dernières années des cibles en ce qui concerne les taux d'incorporation des biocarburants. La directive européenne RED (« Renewable Energy Directive ») 2009/28/EC fixe ainsi un taux d'incorporation d'énergie renouvelable dans le transport de 10 % en 2020. Ce taux est calculé comme étant le rapport entre i) l'énergie issue de sources renouvelables de tous types consommée dans les transports (route, rail, maritime,

aviation), et ii) les carburants et l'énergie consommés par le transport routier et ferroviaire.

Par ailleurs, des critères de durabilité ont été instaurés afin que les carburants puissent être qualifiés de biocarburants. Ces critères sont basés sur les économies d'émissions de GES par rapport aux carburants fossiles. Pour les installations existantes, les objectifs de réduction de GES par rapport au cas de référence carburants fossiles sont de 35 % en 2017 et de 50 % à partir de 2018. Pour les nouvelles installations (démarrées depuis le 1^{er} octobre 2015), l'objectif de réduction de GES est de 60 %. Les seuils de plus en plus exigeants ont vocation à favoriser la transition vers les procédés de seconde génération. De plus, d'autres critères sont mis en place dans la législation européenne, de façon à favoriser le choix de ressources n'entrant pas en concurrence avec la filière alimentaire et à éviter des effets pervers tels que la déforestation ou l'atteinte à des sols écologiquement sensibles (iLUC, pour « indirect land use change »).

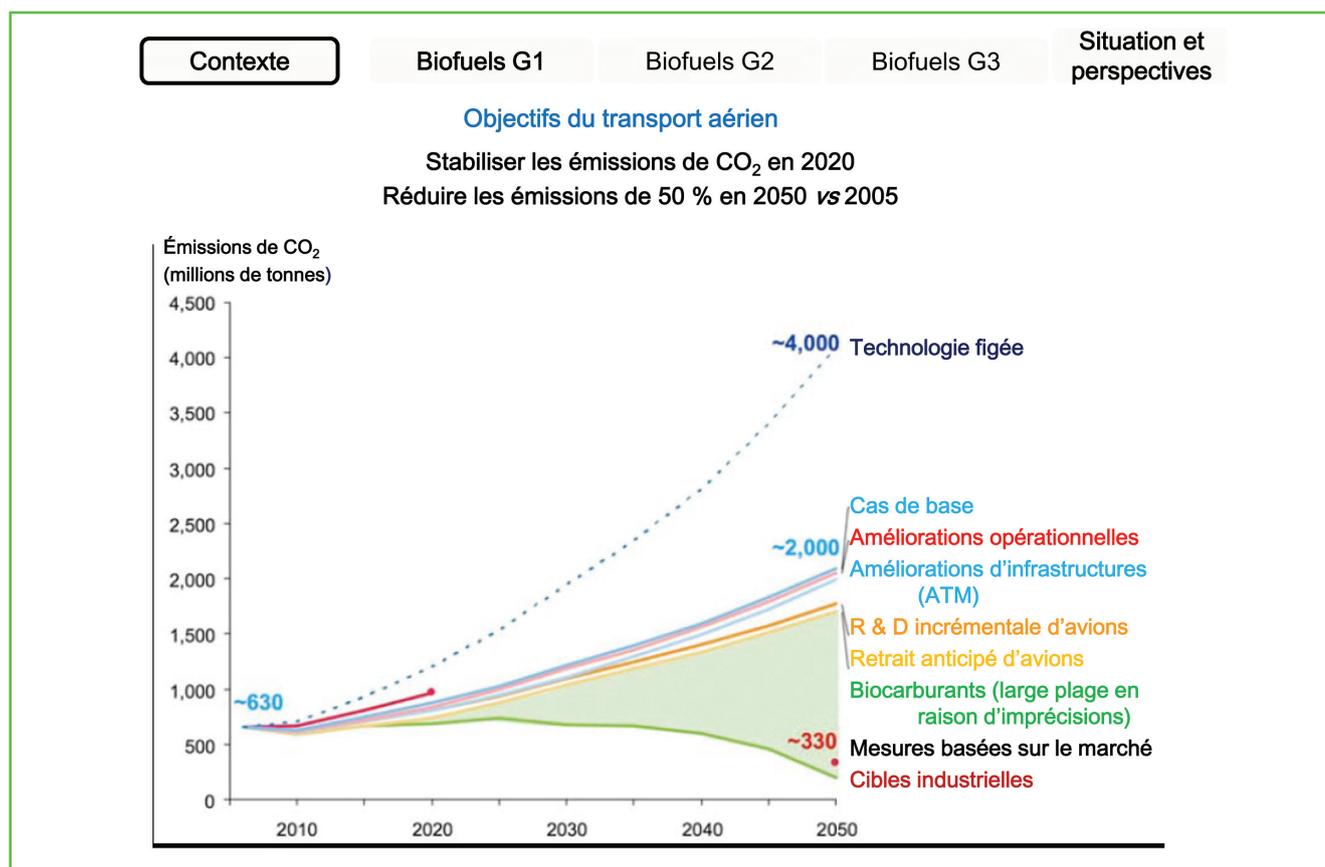


Figure 1 - Impact de différents scénarios sur la limitation des émissions de CO₂ par le transport aérien.

Dans le secteur aérien, le transport aérien mondial connaît depuis plusieurs années une croissance de 4 à 5 % par an. La contribution du secteur aéronautique aux émissions globales de CO₂ est estimée à 2-3 % seulement environ, mais les perspectives de forte croissance du trafic aérien dans le futur ont conduit en 2012 à inclure le secteur aéronautique dans le système EU-ETS (« European Union greenhouse gas emission trading scheme »). L'Association internationale du transport aérien (IATA, pour « International Air Transport Association ») a affiché un objectif ambitieux de réduction des émissions de CO₂ de 50 % en 2050 par rapport au niveau de 2005. L'atteinte de cet objectif impliquera nécessairement la mise en place de diverses mesures : amélioration des moteurs, y compris de propulsion auxiliaire, amélioration de l'aérodynamique des avions – par exemple mise en place de winglets (ailettes verticales marginales à l'extrémité des ailes) –, amélioration de la gestion du trafic en vol et au sol. Mais ces mesures ne seront pas suffisantes et il sera également nécessaire d'incorporer du biokérosène (figure 1).

Les huiles végétales sont des ressources de choix pour alimenter le pool carburant gazole : en effet, la structure chimique des chaînes grasses est similaire à celle des hydrocarbures d'origine fossile, puisqu'il s'agit d'une structure hydrocarbonée ayant une longueur de chaîne compatible avec celle rencontrée dans les carburants diesel et kérosène (jet fuel).

Une première voie de transformation consiste à réaliser la transestérification par un alcool comme le méthanol ou l'éthanol, de façon à synthétiser des esters méthyliques ou éthyliques d'huiles végétales (EMHV ou EEHV). Cette voie conduit à des bases gazoles contenant de l'oxygène, dont la qualité

est en conséquence fortement dépendante de la charge de départ (propriétés à froid et stabilité à l'oxydation, cétane dans une moindre mesure). Ces inconvénients limitent le taux d'incorporation de ces produits dans le pool gazoles, particulièrement pour une utilisation dans les régions à climat froid. L'utilisation de ces produits est en revanche totalement exclue en tant que bases carburéacteurs.

Une autre voie consiste à hydrogéner totalement les charges d'origine renouvelable telles que les huiles végétales, afin de produire des bases carburants, gazoles ou kérosènes complètement exemptes d'oxygène, et donc de très haute qualité (combustion, stabilité à l'oxydation, propriétés à froid). Ces bases sont ainsi composées d'hydrocarbures totalement compatibles avec les bases gazoles et kérosènes d'origine fossile.

Cet article est consacré exclusivement à cette deuxième voie dite HVO (pour « hydrotreated vegetable oil ») ou HEFA (« hydroprocessed esters and fatty acids »). Il décrit les ressources utilisables, le mécanisme de transformation, et indique dans les grandes lignes la méthodologie de développement du procédé Vegan™ développé conjointement par IFPEN et Axens (et commercialisé depuis 2011).

Ressources utilisables

Les ressources utilisables peuvent être des huiles végétales de diverses origines, comme les huiles de colza, de tournesol ou de soja. Les graisses animales sont également des ressources très intéressantes, tout comme les huiles de friture usagées (appelées également UCO selon la terminologie anglo-saxonne pour « used cooking oils ») (figure 2). En effet, le prix de ces ressources est moins élevé que celui



Figure 2 - Différentes ressources utilisables.

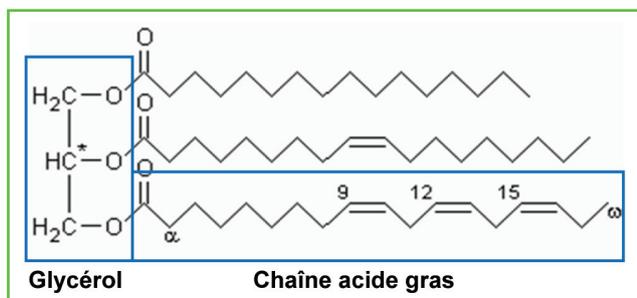


Figure 3 - Structure d'un triglycéride, composant majoritaire d'une huile végétale.

des huiles végétales. De plus, ces ressources bénéficient de la double comptabilisation pour le calcul du taux d'incorporation d'énergie renouvelable dans les transports, du fait que leur production n'entre pas en concurrence avec les surfaces agricoles. En revanche, leur disponibilité en volume reste limitée par rapport aux volumes nécessaires pour une application carburants.

Toutes ces charges potentielles sont composées essentiellement, à 97-99 % poids, de triglycérides, qui sont des triesters formés à partir d'acides gras et de glycérol. Leur structure peut être schématisée comme le montre la figure 3. La chaîne acides gras comporte généralement de 6 à 24 atomes de carbone, le plus souvent un nombre pair, et peut être plus ou moins insaturée selon son origine. Peuvent également être présents dans les huiles végétales des acides gras libres, des monoglycérides et des diglycérides, qui peuvent résulter d'une hydrolyse partielle de l'huile végétale.

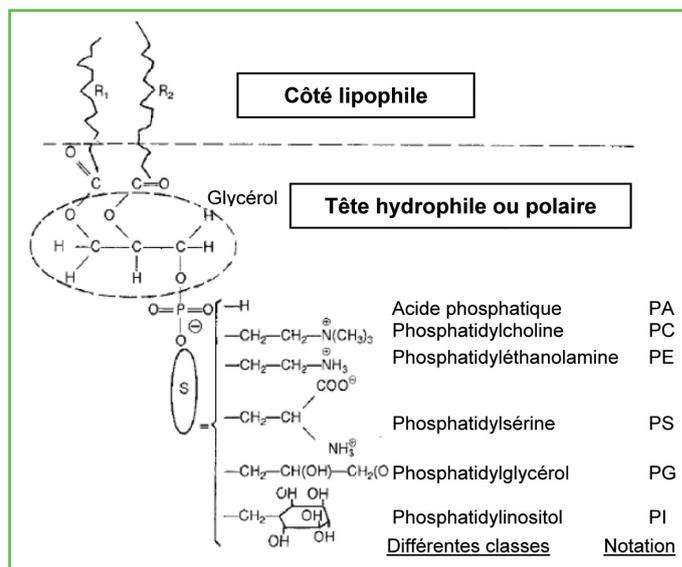


Figure 4 - Phospholipides.

Des phospholipides sont également généralement présents dans ces charges, en particulier l'acide phosphatidique, la phosphatidyléthanolamine et la phosphatidylcholine, le plus souvent associés à des métaux comme le magnésium et le calcium (figure 4).

Le tableau 1 fournit la distribution en acides gras d'huiles végétales comme l'huile de palme, le colza, le soja et le tournesol. La distribution en nombre de carbones ainsi que le degré d'insaturation sont variables selon l'origine des huiles.

% poids	Palme	Colza	Soja	Tournesol	Jatropha
C14:0	1,0				0,1
C16:0	44,0	5,0	10,0	6,0	15,6
C16:1					1,0
C17:0					0,1
C18:0	6,0	2,5	4,0	5,0	6,3
C18:1	38,0	59,0	23,0	18,0	39,7
C18:2	10,0	21,0	53,0	69,0	36,5
C18:3	0,5	9,0	8,0	0,5	0,2
C20:0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2
C20:1		1,0	0,5	0,5	0,1
C22:0		0,5	0,5	1,0	
C22:1		1,0			
non identifié					0,2
Masse molaire (g/mol)	847,5	882,2	874,5	878,7	880,0
Nombre d'insaturations par mole	1,71	3,92	4,6	4,71	3,40

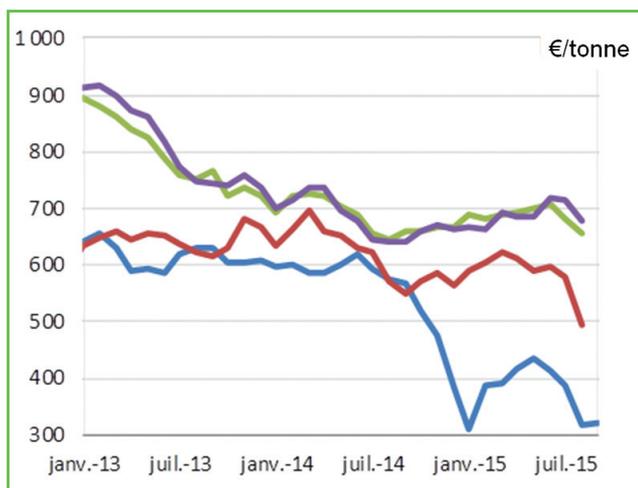


Figure 5 - Évolution des prix de quelques huiles végétales en Europe sur la période 2013-2015 : colza, soja, palme. Comparaison avec le pétrole Brent.

Par exemple, l'huile de palme se distingue de l'huile de colza par une plus forte proportion de chaînes en C16 au détriment des chaînes en C18 et par une plus grande saturation des chaînes.

La figure 5 montre l'évolution du prix de quelques huiles végétales dans la période 2013-2015, avec comparaison au pétrole Brent. On constate que le prix des huiles reste indexé sur celui du pétrole. Le prix des huiles de colza et de soja se situe à environ 700 €/tonne en 2015, contre 500 €/tonne environ pour l'huile de palme.

Mécanisme de transformation

Le procédé de transformation des huiles végétales par hydrotraitement consiste en un traitement sous pression d'hydrogène, qui aboutit à l'hydrodésoxygénation totale de l'huile, pour former des paraffines linéaires. Deux voies de transformation coexistent [1-2] :

- une voie hydrogénation/hydrogénolyse, notée HDO, qui préserve le nombre de carbones des chaînes grasses ; cette voie s'accompagne de la formation d'eau ;
- une voie décarboxylation, notée DCO, qui s'accompagne de la formation de CO₂ et aboutit à des hydrocarbures comportant un atome de carbone de moins que la chaîne grasse initiale.

Dans tous les cas, les insaturations des chaînes grasses sont totalement hydrogénées. Les deux voies conduisent également à la formation de propane. Par ailleurs, les réactions de shift conduisent à la formation de monoxyde de carbone (CO) et de méthane (CH₄).

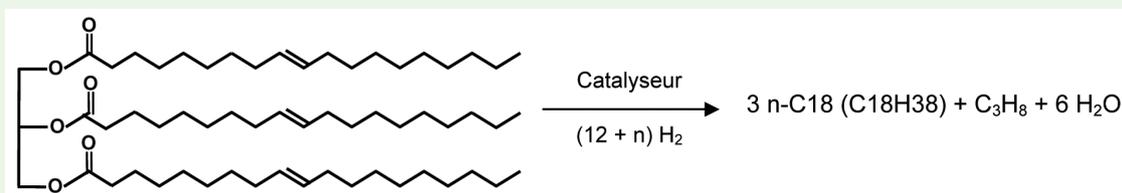
Les principales réactions sont schématiquement indiquées dans l'encadré ci-dessous.

Description du procédé de transformation et méthodologie de développement du procédé

Le procédé de transformation des huiles végétales en bases carburants gazoles et/ou kérosènes a été développé conjointement par IFPEN et Axens. La méthodologie de développement du procédé a consisté à étudier différents aspects qui sont explicités ci-après.

Mécanisme global de transformation des triglycérides par hydrotraitement

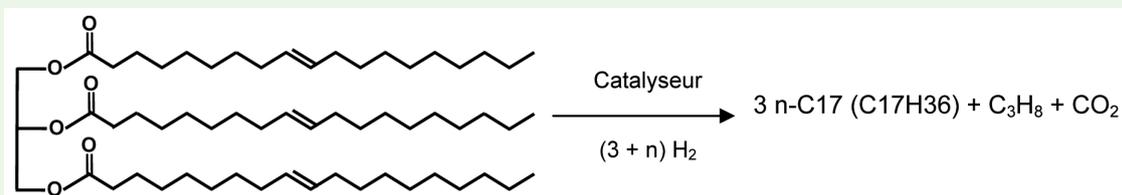
a) Par voie hydrogénation/hydrogénolyse (HDO)



(n est le nombre d'insaturations par mole de triglycéride)

Cette voie HDO conduit à la formation d'une paraffine linéaire (n-paraffine) de même nombre de carbones que la chaîne grasse de départ. L'oxygène est éliminé intégralement sous forme d'eau.

b) Par voie décarboxylation (DCO)



(n est le nombre d'insaturations par mole de triglycéride)

Cette voie DCO conduit à la formation d'une paraffine linéaire (n-paraffine) comportant un atome de carbone de moins que la chaîne grasse de départ. L'oxygène est éliminé intégralement sous forme de CO₂.

c) Réactions de shift et de méthanation



Les deux voies HDO et DCO s'accompagnent des réactions de shift (hydrogénation du CO₂ en CO) et de méthanation.

Tableau II - Rendements et consommations d'hydrogène théoriques selon l'huile de départ (colza, palme, soja) et la voie de transformation (HDO ou DCO).

Nature de l'huile	Colza		Palme		Soja	
	HDO	DCO	HDO	DCO	HDO	DCO
Voie de transformation						
Consommation en H₂ (% pds/charge)	3,6	1,5	3,2	1,2	3,8	1,7
Rendement (rdt) en paraffines (% pds/charge)	86,3	81,5	85,3	80,4	86,4	81,6
Rdt en propane (% pds/charge)	5,0	5,0	5,2	5,2	5,0	5,0
Rdt en H₂O (% pds/charge)	12,3	-	12,7	-	12,4	-
Rdt en CO₂ (% pds/charge)	-	15,0	-	15,6	-	15,1

Connaissance des charges de départ

La connaissance des charges de départ est essentielle. Différentes ressources possibles ont été caractérisées : huiles végétales de différentes origines (colza, soja, tournesol, palme, cameline, jatropha), graisses animales, huiles de friture usagées. Les analyses renseignent en particulier sur la distribution des acides gras par nombre de carbones, le degré d'insaturation, les contaminants présents (métaux notamment), la stabilité à l'oxydation. La disponibilité et le prix de ces diverses ressources sont des critères supplémentaires qui permettent de privilégier le choix de certaines ressources par rapport à d'autres.

La connaissance des différentes charges permet de calculer les rendements théoriques de l'étape d'hydrotraitement consistant à éliminer l'oxygène par traitement à l'hydrogène sous pression, selon que la voie de transformation procède par hydrogénolyse (HDO) ou par décarboxylation (DCO). Le *tableau II* fournit pour trois huiles végétales différentes (colza, palme, soja) les rendements en n-paraffines et les consommations d'hydrogène selon les deux voies de transformation HDO et DCO.

La voie HDO élimine l'oxygène sous forme d'eau, tandis que la voie DCO l'élimine sous forme de CO₂. Quelles que soient l'huile de départ et la voie de transformation, la décomposition de la structure glycérol des triglycérides conduit à la formation de propane, avec un rendement de l'ordre de 5 % poids.

Pour une huile donnée, la voie HDO conduit systématiquement à des rendements en hydrocarbures de type n-paraffines plus élevés que la voie DCO, du fait de la préservation du nombre de carbones de la chaîne acide gras : environ + 5 points pour la voie HDO par rapport à la voie DCO. Ce gain en rendement pour la voie HDO est obtenu au prix d'une consommation supplémentaire significative d'hydrogène.

Enfin, pour une voie de transformation donnée, la consommation d'hydrogène est également impactée par le degré d'insaturation de l'huile. L'huile de palme, la moins insaturée, conduit à la consommation d'hydrogène la plus faible, tandis que l'huile de soja, la plus insaturée, conduit aux consommations d'hydrogène les plus élevées.



Figure 6 - Illustration de la gamme d'unités pilotes utilisables à IFPEN pour les études expérimentales.

Taille 16 x 0,5 cc et 4 x 4 cc : screening et choix des catalyseurs ; taille 100-200 cc : étude des conditions opératoires, bilans matière complets ; taille 0,5-20 L : production de bases carburants.

Choix du catalyseur pour l'étape d'hydrotraitement HDT

Le choix du catalyseur pour l'étape d'hydrotraitement HDT (élimination de l'oxygène et obtention d'hydrocarbures de type n-paraffines) a fait l'objet d'études de screening de différentes formulations catalytiques.

Les catalyseurs de type sulfure, employés en hydrotraitement classique de gazoles, sont actifs pour réaliser l'hydrodésoxygénation complète. IFPEN dispose d'une large gamme d'unités pilotes de différentes tailles (*figure 6*). Les expérimentations conduites sur des unités pilotes de petite taille (volume de catalyseur de 0,5 à 5 cm³) ont permis de comparer diverses formulations catalytiques et ainsi de choisir le catalyseur présentant la meilleure activité et la meilleure sélectivité, en privilégiant la voie de transformation HDO par rapport à la voie DCO de façon à obtenir les meilleurs rendements en hydrocarbures n-paraffines. Des expérimentations complémentaires sur unités pilotes de plus grande taille ont permis d'affiner la plage de conditions opératoires (pression, température), et d'obtenir des bilans matière complets. Enfin, des outils pilotes comportant des réacteurs de un à plusieurs litres permettent de produire des grandes quantités de bases carburants.

Gestion de l'exothermie des réactions d'hydrodésoxygénation

La gestion de l'exothermie des réactions d'hydrodésoxygénation ayant lieu dans l'étape HDT est un autre défi qui a dû être relevé durant le développement du procédé. Le *tableau III* indique, dans le cas d'une huile de colza, les

Tableau III - Valeurs des enthalpies de diverses réactions : hydrogénation des insaturations, HDO et DCO.

	ΔrH° (kJ/kg)
Hydrogénation des insaturations (colza)	518
Hydrogénolyse/hydrogénation (HDO)	801
Décarboxylation (DCO)	353

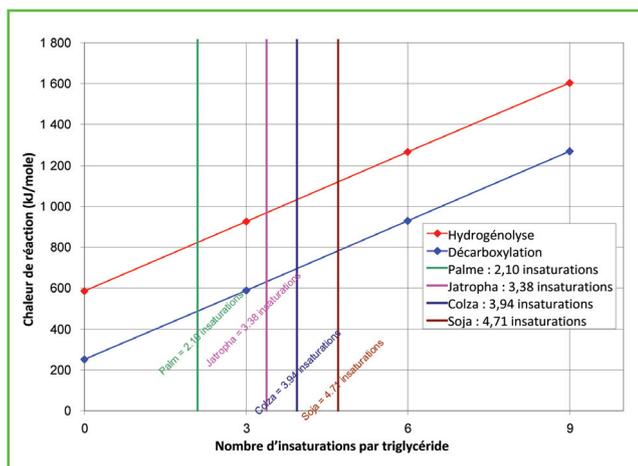


Figure 7 - Chaleurs de réaction calculées selon la voie de transformation (HDO ou DCO) et le nombre moyen d'insaturations par mole de triglycéride.

valeurs des enthalpies des différentes réactions qui ont lieu dans la zone réactionnelle HDT et qui sont toutes exothermiques : hydrogénolyse (voie HDO), décarboxylation (voie DCO), hydrogénation des insaturations. L'enthalpie d'hydrogénation des insaturations est très dépendante de la nature de la charge traitée en raison des degrés d'insaturation variables des charges selon leur origine.

La figure 7 donne les chaleurs de réaction en fonction de l'origine de l'huile et de la voie de transformation suivie, 100 % HDO ou 100 % DCO. Elle montre que le nombre moyen d'insaturations par mole de triglycéride est de 1,8 pour l'huile de palme, contre près de 4,0 pour l'huile de colza et 4,7 pour l'huile de soja. La voie de transformation par hydrogénolyse (HDO) est également plus exothermique que celle procédant par décarboxylation (DCO).

Afin de gérer cette exothermie sur une large gamme de charges, un agencement particulier de la zone réactionnelle HDT a été mis au point, faisant appel à des dispositifs de quench⁽¹⁾ entre les lits catalytiques, ce qui permet d'optimiser le profil de température le long du réacteur et de limiter ainsi la désactivation du catalyseur.

Mise au point de la section hydroisomérisation (HIS)

Les hydrocarbures produits à l'issue de la zone réactionnelle HDT sont des hydrocarbures de type paraffines linéaires (nommés n-paraffines), dotés d'excellentes propriétés de combustion (indice de cétane⁽²⁾), mais de très mauvaises propriétés à froid [3], avec des points de fusion de + 18 °C pour le n-C16 et de + 28 °C pour le n-C18. Or la norme européenne de qualité des gazoles en Europe (EN590) fixe des spécifications en TLF (température limite de filtrabilité) variant de + 5 à - 45 °C selon les pays et la saison. Ces n-paraffines ne peuvent donc être incorporées en l'état au pool gazole qu'à de très faibles teneurs pour une application diesel et sont totalement inutilisables pour une application kérosène.

Afin de produire une coupe gazole avec des propriétés à froid appropriées, il est nécessaire de transformer cette coupe diesel 100 % paraffinique en isoparaffines, qui sont des hydrocarbures de même composition mais avec une structure ramifiée qui leur confère de bonnes propriétés à froid. C'est l'objectif de la section hydroisomérisation (HIS) de réaliser la transformation de n-paraffines en isoparaffines.

Plus la structure de l'isoparaffine est ramifiée, meilleures sont les propriétés à froid, mais ceci s'accompagne de la dégradation de l'indice de cétane. Tout l'enjeu de cette étape de transformation est donc d'aboutir aux meilleures propriétés à froid tout en minimisant la pénalité en indice de cétane. Par ailleurs, aller vers de forts taux d'isomérisation conduit à des réactions d'hydrocraquage par rupture de la chaîne hydrocarbonée, ce qui convertit progressivement les chaînes hydrocarbonées de la coupe diesel vers des chaînes carbonées dans le domaine du kérosène (180-260 °C) puis de l'essence (moins de 180 °C).

La figure 8 illustre que pour un même nombre de carbones, les paraffines les plus ramifiées ont les points de fusion les plus bas (et donc les meilleures propriétés à froid), mais aussi les indices de cétane les plus bas.

Le développement du procédé a consisté pour cette étape à tester différentes formulations catalytiques et à sélectionner le catalyseur conduisant, pour une cible propriété à froid donnée :

- pour une application diesel : au meilleur compromis entre rendement en diesel et valeur de l'indice de cétane ;
- pour une application kérosène : au meilleur rendement en kérosène.

Le catalyseur est bifonctionnel, c'est-à-dire qu'il comprend à la fois une fonction hydrogénante et une fonction acide.

Les conditions opératoires de la section hydroisomérisation doivent quant à elles être optimisées de façon à conduire au meilleur rendement en bases gazoles et/ou kérosènes pour une cible donnée de propriétés à froid.

Autres points importants

Parmi les autres points importants pris en compte au cours du développement du procédé, on peut citer :

- la gestion des phénomènes de corrosion qui peuvent résulter de la présence de CO₂ et d'eau dans le milieu réactionnel ;
- la gestion de la pureté du gaz riche en hydrogène utilisé pour la réaction, afin d'éviter l'accumulation de propane et de CO₂.

Finalement, le procédé Vegan™ peut être schématisé tel qu'illustré sur la figure 9, avec les étapes successives suivantes :

- traitement éventuel en amont de la section HDT afin d'éliminer les impuretés éventuellement présentes ;

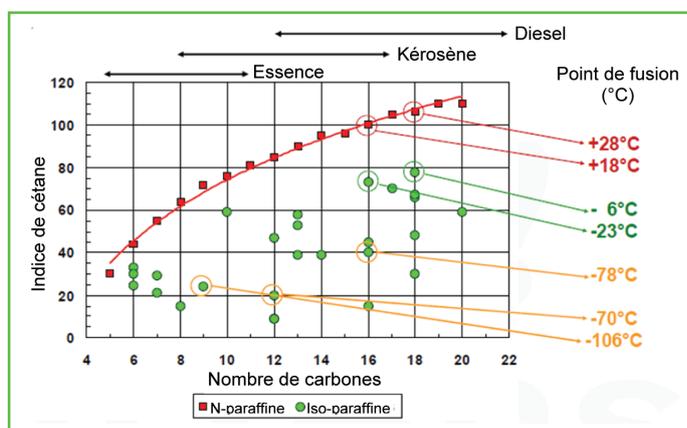


Figure 8 - Indice de cétane et point de fusion de n-paraffines et isoparaffines selon le nombre de carbones.

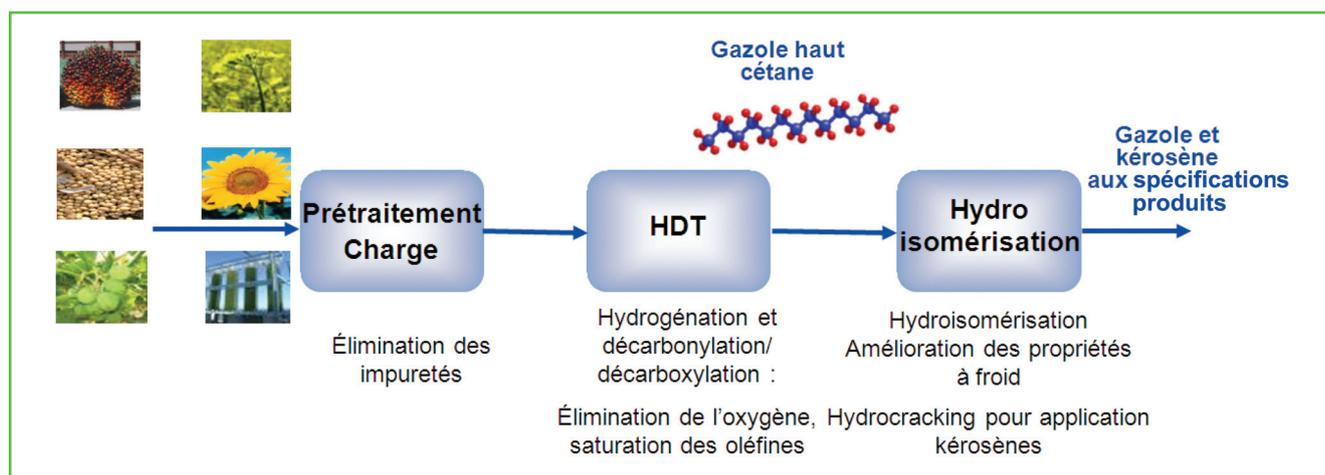


Figure 9 - Représentation simplifiée du schéma de procédé Vegan™.

- hydrotraitement afin d'éliminer totalement l'oxygène et production d'une coupe gazole intégralement composée de n-paraffines ;
- hydroisomérisation afin de produire une coupe isoparaffinique totalement compatible avec les hydrocarbures fossiles et pouvant être incorporée au pool gazole ou carburacteur.

Performances du procédé Vegan™

Le procédé d'hydrotraitement des huiles végétales et graisses animales présente un certain nombre d'avantages par rapport à d'autres voies telles que la transestérification :

- l'indice de cétane des bases produites est plus élevé ;
- il s'agit d'un procédé compatible avec les infrastructures existantes de raffinage ;
- les qualités de produits permettent d'une part la compatibilité avec les moteurs actuels, et d'autre part la flexibilité nécessaire pour l'incorporation au gazole conventionnel (teneur en soufre inférieure à 5 ppm, indice de cétane, pouvoir calorifique) ;
- les produits ne présentent aucun problème de stabilité à l'oxydation ; en conséquence aucun problème de stabilité au stockage n'est à craindre, ce qui supprime tout risque d'encrassement des injecteurs ;
- les rendements massiques peuvent aller jusqu'à 80 % poids par rapport à la charge de départ ;
- le procédé est flexible ; il permet de produire aussi bien du diesel été que du diesel hiver ou du kérosène (jet fuel) satisfaisant aux spécifications de la norme biokérosène ASTM D7566 ;
- les produits sont directement incorporables aux pools carburants : incorporation possible en toutes proportions concernant le diesel, et jusqu'à un maximum de 50 % pour l'application kérosène afin de respecter la norme ASTM D7566 du biokérosène.

Le tableau IV fournit quelques caractéristiques du produit diesel ex-Vegan™, par comparaison avec du biodiesel produit par la voie transestérification.

Projet Total de transformation de la raffinerie de La Mède en bioraffinerie

Total a annoncé en avril 2015 sa décision de transformer sa raffinerie de La Mède (Bouches-du-Rhône) en bioraffinerie et a choisi pour cela la technologie Vegan™.

Il s'agit d'une première industrielle pour cette technologie. L'unité sera capable de produire 500 000 t/an de diesel renouvelable. Elle bénéficiera de la flexibilité de la technologie et sera ainsi capable de produire également du biokérosène.

Le projet consiste en la transformation de deux unités d'hydrotraitement de diesel fossile, ce qui représente un investissement global de 200 M€. Le démarrage de l'unité est prévu début 2018.

Total va ainsi disposer d'une unité flexible en charge, capable de produire du gazole renouvelable d'excellente qualité, tout en créant l'opportunité de produire du biokérosène si les conditions de marché le permettent.

Conclusions

Le procédé de transformation de charges renouvelables en bases gazoles et/ou kérosènes par la voie dite HVO présente de nombreux avantages : produits d'excellente qualité (propriétés à froid, stabilité à l'oxydation, indice de cétane pour l'application diesel) quelle que soit la charge de départ, compatibilité avec les infrastructures existantes de raffinage, rendements intéressants, produits directement incorporables aux pools diesel ou kérosène.

Par ailleurs, il faut souligner qu'il s'agit du seul procédé industriel à ce jour capable de produire des carburants de deuxième génération (charges huiles de friture usagées ou graisses animales).

Tableau IV - Comparatif des propriétés carburants entre un gazole conventionnel et les produits obtenus par la filière huile végétale (EMHV – esters méthyliques d'huiles végétales, équivalent à l'acronyme anglais FAME, pour « fatty acid methyl esters » – et hydrotraitement). Caractéristiques comparées : diesel norme EN590, biodiesel ex-EMHV et gazole ex-Vegan™.

Propriétés	Gazole EN590 conventionnel	Biodiesel (EMHV)	Gazole ex-procédé Vegan™ HDT
Teneur en O (% pds)	0	11	0
Teneur en S (ppm pds)	< 10	< 10	< 0,3
Densité	820-845	880-890	765-800
PCI (MJ/kg)	44	38	44
Indice de cétane	> 51	50-65	70-90
Teneur en aromatiques (% pds)	< 11	0	0
TLF (°C)	+ 5 à - 45	- 5 à + 15	+ 5 à - 45

Notes et références

- (1) *Quench* : brusque refroidissement d'un produit pétrolier au cours d'un procédé de raffinage, ayant pour but de contrôler l'exothermicité de la réaction.
- (2) *Indice de cétane* : caractéristique d'un hydrocarbure mesurant son aptitude à l'auto-inflammation.
- [1] Daudin A., Chapus T., New insight into selectivity of deoxygenation reaction over sulfide catalysts for the production of renewable diesel from biomass, *Prepr. Pap. Am. Chem. Soc. Petr. Chem.*, **2009**, 54, p. 122.
- [2] Huber G., O'Connor P., Corma A., Processing of biomass in conventional refineries, *Appl. Catal. A*, **2007**, 329, p. 120.
- [3] NIST Database, disponible sur <http://webbook.nist.gov/chemistry>.

**Thierry Chapus**

est ingénieur de recherches IFPEN, chef de différents projets dans le domaine de la production de gazoles et de kérosènes aux spécifications marché par hydrotraitement de diverses charges fossiles et renouvelables*.

* IFP Energies nouvelles, BP 3, F-69360 Solaize.
Courriel : thierry.chapus@ifpen.fr



LHOIST is a mining company, world leader in calcium carbonates, involved in quasi all industrial markets (Non-Ferrous Mining, Steel, Civil Engineering, Construction, Glass, Environment, Chemistry, Paper, Agriculture...).

LHOIST from its origin (year 1889) has consistently striven and pushed for innovative products and solutions. To ensure such innovation, LHOIST has a global Business Innovation Centre based in Nivelles, Belgium.

The Business Innovation Center of LHOIST located in Nivelles, Belgium, is looking at offering internship opportunities to Chemical Engineering students of all nationalities to join our multicultural teams. English must be fluent; French and German are an asset.

Interested ?

All cvs should be addressed to: marie-france.weichselbaum@lhoist.com

You will find more information on the group on www.lhoist.com

