

# 13. La transformation du pétrole

Cahier spécial  
**La Recherche**  
réalisé avec  
le soutien  
de la direction  
scientifique de



## TECHNOLOGIE

**Du brut aux produits finis :**  
comment la raffinerie  
s'adapte en permanence

## ÉCONOMIE

Quelle compétitivité pour les  
**raffineries européennes ?**  
Interview de Pierre Marion,  
ingénieur en études  
économiques à l'IFPEN

## SOCIÉTÉ

**Europe :** produire moins,  
mais produire mieux



Unité de désulfuration des  
essences à la raffinerie Total  
d'Anvers (Belgique).

CHERCHEURS D'ÉNERGIES

Tous les deux mois, ce cahier *La Recherche* vous permet de comprendre  
les défis technologiques, économiques et environnementaux des énergies.

# Du brut aux produits finis : comment la raffinerie s'adapte en permanence

*Un pétrole plus lourd et plus cher, des normes environnementales plus sévères, une demande de produits finis en mutation... La raffinerie, maillon central de l'industrie pétrolière, doit résoudre une équation technologique toujours plus complexe. Mais elle a des innovations plein les tuyaux !*

**C**haque jour, les tankers et les pipelines acheminent plus de 10 millions de tonnes de pétrole brut dans l'une des 655 raffineries actives à la surface du globe. Chaque jour, ces gigantesques plates-formes de transformation, exploitées par plus de 260 compagnies dans 120 pays (en 2012), produisent des milliers de tonnes de carburants – essences,

gasoil, GPL, kérosène – de fuel combustible, de gaz butane et propane, d'huiles et de bitumes. À l'aval des raffineries, le naphta et les composés « aromatiques » extraits du pétrole alimentent aussi l'industrie pétrochimique, dont sont issus plus ou moins directement les matières plastiques, textiles, résines, caoutchoucs, adhésifs, omniprésents dans notre vie quotidienne. Véritables piliers de

*Le principe du raffinage : schéma simplifié (source : IFPEN).*

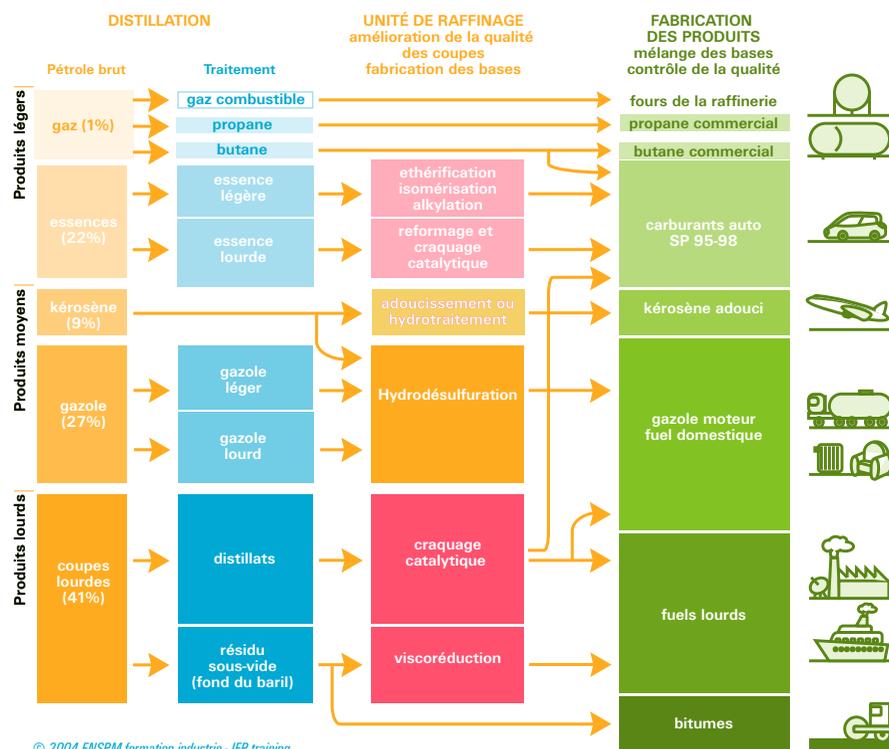
l'économie industrielle, les raffineries se sont perfectionnées tout au long du xx<sup>e</sup> siècle pour concentrer aujourd'hui un très grand nombre de procédés de haute technicité, qui permettent successivement de séparer les différents produits pétroliers, de les convertir et de les améliorer.

La porte d'entrée de toute raffinerie est sa colonne de distillation : une tour d'acier de 60 mètres de haut, où le pétrole est porté à une température de 350 à 400 °C, sous pression atmosphérique. Ce traitement entraîne l'évaporation du brut : les différentes fractions qui le composent s'élèvent dans la colonne. Seul le gaz de pétrole parvient au sommet : les autres molécules, selon leur densité, se recondensent à différentes hauteurs dans des plateaux disposés à cet effet – soit une dizaine de « coupes pétrolières », des essences légères aux fuels lourds. Quant aux résidus restés au fond de la colonne, ils renferment encore beaucoup de molécules de densité moyenne – fuels lourds et gasoil – que l'on récupère au moyen d'une seconde distillation, réalisée sous vide.

## Conversion, amélioration : un peu de chimie

En moyenne, la distillation produit 41% de coupes lourdes, 27% de gasoil, 9% de kérosène, 22% de naphta (base de la composition des essences) et 1% de gaz de pétrole. Mais tout dépend bien sûr du brut entrant. « Du brut léger du Sahara au pétrole extralourd du Venezuela, les pétroles bruts contiennent une très grande variété de chaînes hydrocarbonées communes... et dans des proportions très différentes », explique Marie-Christine Charrier, directrice de la ligne de produits Raffinage de Technip. Pour s'adapter aux demandes du marché, la raffinerie doit donc convertir les produits issus de la séparation au moyen de divers processus. Le craquage catalytique, utilisé depuis les années 1930, permet de briser à 500 °C les hydrocarbures lourds (des molécules pouvant compter des

## SCHEMA DE PRINCIPE DU RAFFINAGE



© 2004 ENSPM formation industrie - IFP training



Stockage de carburant sur le dépôt pétrolier de Feluy (Belgique).

se crée, tout se transforme : pour les raffineurs, la fameuse maxime a un sens très concret !

### À l'ère du pétrole cher

Chaque raffinerie est unique. Son architecture dépend du type de pétrole qu'elle doit traiter, du marché auquel elle destine ses produits, du contexte réglementaire. Or ces paramètres évoluent en permanence : pour rester compétitive, une raffinerie doit sans cesse se transformer. Au xx<sup>e</sup> siècle, une part importante des bruts les plus légers a été consommée : l'outil industriel compose aujourd'hui avec des pétroles entrants plus lourds, moins matures. Dans le même temps, la demande a évolué. La consommation de fuel lourd a chuté au profit d'autres énergies, comme le nucléaire en France. Pour s'adapter, la raffinerie a déployé des procédés supplémentaires, émetteurs de CO<sub>2</sub>,... et souvent très énergivores. «*Pour limiter la facture, les raffineries accomplissent depuis vingt ans un énorme effort d'efficacité énergétique*», souligne Patrick Pouyanné, directeur général de la branche Raffinage Chimie de Total. Certaines comportent désormais des centrales à cogénération (vapeur et électricité). L'intégration des procédés est un levier majeur : tout flux de chaleur en sortie d'un procédé doit être récupéré pour chauffer des produits entrants. «*Les échangeurs charges/effluents se sont généralisés, et la raffinerie ressemble de plus en plus à un imbroglio de tuyaux*», sourit Gérard Roussel. À l'ère du pétrole cher, cet effort est vital pour les raffineurs, dont l'énergie est la première dépense : aujourd'hui, la part «*autoconsommée*» de leurs achats d'énergie varie entre 6% et 12% (pour les usines les plus complexes, ou les moins efficaces). Il y a vingt ans, les architectures étaient plus simples, et cette autoconsommation n'était que de 4 à 5%.

Cette course à l'efficacité, à l'œuvre au sein des raffineries, les conduit aussi à se rapprocher des activités situées à leur aval. «*La raffinerie et la pétrochimie s'orientent vers une intégration de plus en plus poussée pour optimiser les flux d'énergie et de matières premières*», indique Patrick Pouyanné. Exemple ? L'éthylène et le benzène produits par la raffinerie de Normandie alimentent une unité de styrène (qui deviendra du polystyrène), laquelle délivre de l'hydrogène réinjecté en retour dans l'hydrocraqueur. Autre synergie : moyennant un investissement de 350 M€, les «*gaz fatals*» issus de la plate-forme pétrochimique Total d'Anvers se substitueront en partie au naphta dans le vapocraqueur de la raffinerie.

>>>

## DES RAFFINERIES À L'UTILISATEUR FINAL : UNE MULTITUDE D'ITINÉRAIRES

Le transport et la distribution des produits finis empruntent des chaînes logistiques complexes. Des oléoducs, raccordés aux stockages aval des raffineries, desservent les terminaux portuaires pour les produits destinés au grand export. Les aéroports sont livrés en carburacteur via des réseaux de conduite dédiés, courant parfois sur des milliers de kilomètres. Les carburants routiers sont acheminés, par oléoducs ou plus rarement par le rail, vers des stocks de sécurité ou des dépôts de distribution gérés par les compagnies pétrolières ou des opérateurs spécialisés. En France, on dénombre ainsi en 2012 plus de 200 dépôts de plus de 400 m<sup>3</sup> de capacité, dont une cinquantaine de plus de 50 000 m<sup>3</sup> à proximité des zones portuaires et des grands bassins de consommation. Certains sont équipés d'installations de mélangeage, permettant l'ajout d'additifs ou de fractions de biocarburants. Ces opérations sont réalisées aux postes de chargement des camions-citernes, qui assurent par la route la dernière étape du voyage des produits finis vers leurs destinataires : enseignes de grande distribution, réseaux de stations-service des groupes pétroliers, négociants ou distributeurs indépendants.

centaines d'atomes de carbone) pour les transformer en composés plus légers – les essences ont 4 à 10 atomes de carbone, les gasoils quelques dizaines. Les raffineries intègrent aussi, selon les cas, un vapocraqueur pour transformer le naphta en éthylène et en propylène (à la base des matières plastiques) ; un hydrocraqueur pour optimiser la part de gasoil produite ; une unité de cokéfaction ou de viscoréduction pour valoriser les résidus de distillation...

Après la conversion, les produits contiennent encore diverses impuretés – soufre, acides gazeux, traces métalliques – dont il faut se débarrasser. La désulfuration du gasoil s'effectue à 370 °C en présence d'hydrogène ; le sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) produit est traité pour récupérer du soufre liquide, commercialisable. Le kérosène,

le butane et le propane sont lavés à la soude pour les débarrasser des mercaptans qu'ils contiennent. Quant aux essences et au gasoil, ils doivent être traités pour afficher des indices d'octane suffisants – 95 ou 98 en pratique, ce qui permet de garantir la résistance à l'auto-inflammation des produits. Pour ce faire, il faut travailler la géométrie des molécules. «*Une bonne essence a plutôt des molécules ramifiées ou cyclées tandis qu'un bon gasoil a des molécules linéaires*», résume Gérard Roussel, directeur de la raffinerie Total de Gonfreville-l'Orcher. Ce reformage, opéré à 500 °C, s'accompagne de la production d'hydrogène, très convoité en raffinerie. Il est utilisé notamment pour la désulfuration des produits, et l'hydrocraqueur s'il y en a un... Rien ne se perd, rien ne

## 655

raffineries exploitées, dans 120 pays, par plus de 260 compagnies (chiffres 2012).

>>> La contrainte énergétique se double d'une contrainte environnementale croissante. Le protocole de Kyoto, en 1997, a impulsé le contrôle des émissions de CO<sub>2</sub> –notamment celles des raffineries. Dans l'Union européenne, les normes Euro encadrent les émissions de polluants locaux par les véhicules. Le taux de soufre admissible dans les carburants routiers est passé en 2009 de 50 ppm à 10 ppm; dans le fuel domestique, il a été ramené à 1000 ppm en 2008. *«L'Europe a un temps d'avance, mais la tendance est mondiale, observe Patrick Pouyanné. En Chine ou en Russie, les normes deviennent aussi de plus en plus exigeantes.»*

#### Une complexité croissante

Pour produire des produits plus sophistiqués à partir de bruts plus lourds, tout en améliorant leur efficacité énergétique, les raffineries se sont transformées. *«Elles sont devenues beaucoup plus complexes, par rapport aux architectures qui existaient dans les années 1960 ou 1980, indique Marie-Christine Charrier. Elles sont aujourd'hui un véritable puzzle de procédés chimiques.»* Les grands projets actuels, comme la future raffinerie géante de Jubail, en Arabie Saoudite (voir ci-dessous), ou d'immenses ensembles pétrochimiques intégrés, en Amérique du

Sud ou en Asie, seront les plus grands complexes jamais construits. Miroir de cette évolution, le développement des catalyseurs connaît une forte accélération depuis quinze ans. Ces vitamines indispensables à tous les procédés de la raffinerie pour orienter et accélérer les réactions sont plus que jamais le «nerf de guerre». Le secteur est en croissance de 3 à 5% annuels. Pour le seul craquage catalytique, un catalyseur est quasiment fabriqué à façon pour chacune des 400 unités existantes, pour un total de 650 000 tonnes annuelles. *«L'amélioration des catalyseurs d'hydrotraitement (130 000 tonnes annuelles), d'hydrocraquage ou de reforming fait aussi l'objet d'un effort de recherche important, explique Patrick Euzen, directeur Développement Produits et Support chez Axens, l'un des premiers fournisseurs mondiaux de catalyseurs pour le raffinage. Tous les trois ans, une nouvelle génération de produits plus actifs est mise au point.»* Plus actifs, c'est-à-dire fonctionnant à des températures plus basses: *«Les catalyseurs d'hydrotraitement, par exemple, opèrent aujourd'hui à 335 °C, contre 350 °C il y a dix ans, tous choses égales par ailleurs»* – soit un nouveau gain d'efficacité énergétique.

La raffinerie va plus que jamais continuer à se transformer. À quoi ressemblera-t-elle dans vingt ans?

*«C'est une réflexion stratégique pour les compagnies pétrolières»,* indique Jean-François Minster, directeur scientifique de Total. La prospective menée au sein du groupe dessine les contours de la raffinerie de 2030. Elle sera plus flexible, tant vis-à-vis des ressources à traiter que de ses produits. *«La généralisation de micro et de nano-capteurs dans l'architecture permettra un suivi en temps réel toujours plus fin, un ajustement plus rapide des paramètres –par exemple lors des transitions d'un produit à l'autre»,* annonce Jean-François Minster. La raffinerie sera aussi plus propre et plus économe. Les progrès attendus sur les matériaux permettront d'améliorer la compacité et le rendement des échangeurs thermiques; les technologies de récupération de chaleur vont progresser. La gestion de l'eau va devenir, au moins dans certaines régions, un enjeu vital: l'objectif d'éliminer le prélèvement d'eau naturelle peut être atteint par une plus grande intégration de la raffinerie aux réseaux d'eau environnants –c'est le concept d'«écologie industrielle». Enfin, les produits issus de la biomasse joueront un rôle croissant dans la raffinerie et la pétrochimie, s'intégrant sans doute dans les procédés dès la phase de conversion des produits pétroliers. Tous les scénarios sont à l'étude! ♦

## À Jubail, la «raffinerie du futur» bientôt opérationnelle

Une capacité de 400 000 barils par jour, 100 000 tonnes d'acier et 20 000 km de pipelines aériens... Après trois années de chantier, la grande raffinerie construite par Saudi Aramco et Total dans les sables de Jubail (Arabie Saoudite), au bord du golfe Persique, verra ses 30 unités entrer en production au second semestre 2013. Une réalisation emblématique, conçue pour traiter le brut «arab heavy» des champs voisins de Manifa et Safaniya selon un schéma de raffinage «totalement convertissant». *«À partir d'un pétrole lourd et soufré – mais stable dans sa composition –, nous produirons 100% de produits légers destinés à l'export, aux normes les plus exigeantes»,* explique Olivier Alexandre, responsable Afrique du Nord et Moyen Orient Raffinage Pétrochimie chez Total. L'intégration énergétique a été poussée très loin, et la raffinerie bénéficie des procédés les plus performants pour chacun de ses modules – craquage catalytique, conversion, hydrocraquage, cockéfaction... Elle comprend aussi une unité de paraxylène, d'une capacité de 700 kT/an. La «raffinerie du futur» est aussi l'une des plus complexes construites à ce jour!

La raffinerie de Jubail (Arabie Saoudite) sera l'une des dix plus complexes au monde. Ici, détail de l'unité aromatique.



# Quelle compétitivité pour les raffineries européennes ?

*La diésélisation du parc automobile de l'Union européenne, dans un contexte de décroissance de la consommation domestique de produits pétroliers, déséquilibre durablement les raffineries du continent. Éclairage avec Pierre Marion, ingénieur en études économiques à l'IFPEN.*



## Pierre Marion

Diplômé de l'ENSCP, Pierre Marion a débuté sa carrière à l'IFP-Énergies nouvelles : ingénieur process, expert en hydroconversion, puis consultant senior en raffinage. Après deux ans chez Air Liquide en tant qu'expert du marché raffinage, il rejoint en 2007 la direction Économie et Veille de l'IFPEN. À 46 ans, il est actuellement responsable de l'évaluation technico-économique des filières de substitution du pétrole.

◆ **En 2011, la marge brute moyenne des raffineries françaises était de 2,66 \$ par baril (source : CPDP). À quoi correspond ce chiffre ?**  
**Pierre Marion :** La marge brute, qui caractérise la compétitivité d'une raffinerie, correspond à la différence entre le prix de vente des produits raffinés et le prix du brut entrant et de l'énergie consommée. Pour obtenir la marge nette de la raffinerie – son bénéfice –, il faut retrancher les

investissements, les remboursements de prêts, les taxes sur les bénéfices des sociétés, les salaires, la rémunération des actionnaires... Le chiffre de 2,66 \$ par baril est donc très faible ! Et il reflète une tendance profonde, même si l'année 2012 a été légèrement meilleure : le secteur de la raffinerie en France, et plus largement en Europe, est en grande difficulté. À l'amont, les cours du brut sont fixés mondialement. À l'aval, les prix de vente des produits raffinés sont soumis à la concurrence internationale. Entre les deux, les raffineries du Vieux Continent pâtiennent d'un contexte très défavorable : elles affichent des coûts de production qui flirtent en permanence avec les prix de vente.

## ◆ En quoi le contexte européen est-il défavorable ?

**P. M. :** Il est caractérisé par un déséquilibre croissant entre l'offre de produits raffinés et la demande locale. L'Europe consomme de plus en plus de gasoil, de moins en moins d'essence et de fuel domestique, sous l'effet notamment de la diésélisation de son parc de véhicules – particulièrement marquée en France. Or une raffinerie standard produit 60 % d'essence contre 40 % de gasoil : les raffineurs doivent adapter leur outil de production, via de coûteux investis-

sements, pour augmenter la part de gasoil produit, tout en trouvant des débouchés à l'export pour leur essence excédentaire. Ils doivent également respecter des normes environnementales de plus en plus exigeantes – à l'image des limitations d'émission de CO<sub>2</sub> des raffineries, ou du taux de soufre admissible dans les carburants, passé en 2009 de 50 ppm à 10 ppm. Le tout dans un contexte de décroissance de la consommation européenne de produits pétroliers, observée depuis la crise de 2008.

## ◆ Cette baisse de la consommation européenne est-elle durable ?

**P. M. :** Elle est inéluctable. La démographie est stabilisée, le taux d'équipement en véhicules plafonne. Un énorme effort R&D a été accompli et se poursuit pour réduire la consommation des motorisations. Les politiques publiques œuvrent, à juste titre, à la substitution des énergies fossiles par des renouvelables. Nous nous attendons à une baisse de 20 à 25 % de la consommation d'hydrocarbures en Europe d'ici à 2030. Les raffineries doivent s'adapter à cette réalité, tandis que leurs concurrentes dans les pays émergents – Chine, Inde, Russie, Brésil... – bénéficient d'un contexte de croissance de la consommation, propice aux investissements.

## ◆ ... et de normes environnementales moins contraignantes ?

**P. M. :** C'est vrai pour l'instant, mais les exigences vont tendre à se rapprocher des standards européens. Dans un pays comme la Chine, la qualité de l'air est au premier rang des préoccupations politiques.

## ◆ Va-t-on assister à un redéploiement mondial des capacités de raffinage ?

**P. M. :** Historiquement, les capacités installées reflètent plus ou moins la géographie de la consommation. Cela devrait être encore le cas à l'avenir, mais le barycentre va se déplacer vers l'Asie : cette dernière pourrait représenter 40 % des capacités mondiales de raffinage dans vingt ans, contre 28 % aujourd'hui. On observe aussi le développement, dans les pays producteurs, de capacités destinées à l'export. C'est le cas notamment des pays du Golfe, qui investissent pour promouvoir l'activité aval et capter plus de valeur ajoutée et de travail localement.

## ◆ Quelle est la situation aux États-Unis qui sont, avec l'Europe, les leaders historiques du secteur de la raffinerie ?

**P. M. :** Il y a peu, elle aurait été comparable avec ce qui se passe en Europe, à ceci près que l'Amérique du Nord est importatrice d'essence, >>>

>>>

et non de gazole. Mais la révolution des pétroles de schiste a tout changé. Fin 2012, les États-Unis produisaient 1,2 million de barils d'huile de schiste par jour. Le prix du baril de brut WTI (référence américaine) a chuté de 10 à 15 dollars par rapport au Brent (référence européenne), et toute la différence se traduit en marge pour les raffineries américaines. Cet écart, conjoncturel, devrait se réduire à l'avenir mais pas s'annuler. Quant aux gaz de schiste, leur arrivée massive sur le marché américain s'est traduite par un effondrement du prix local du gaz naturel – dont le cours n'est pas mondial. Celui-ci est passé de 10 à 4 dollars par BTU (British Ton Unit). Or les raffineries se « chauffent » au gaz : d'où un nouveau gain de compétitivité, considérable, pour les unités américaines. À l'arrivée, ces dernières fonctionnent à nouveau à plein régime. En aval, la pétrochimie profite d'une véritable réindustrialisation. Des usines mises en sommeil ont été redémarrées en 2012.

## ◆ Y a-t-il des conséquences pour les raffineries européennes ?

**P. M. :** Avec le choix d'exploiter les pétroles de schiste, les États-Unis ont globalement supprimé leurs importations d'essence – utilisée par la quasi-totalité du parc roulant. Mais le réseau de pipelines qui traverse le centre du pays s'en trouve engorgé, sans doute durablement : tandis que la côte ouest exporte vers l'Amérique du Sud, la côte est reste à l'écart de cette manne. Ce qui est heureux pour les raffineurs européens : cette région est aujourd'hui le principal débouché de leurs surplus d'essence ! À terme cependant, cela pourrait devenir une sérieuse inquiétude.

## ◆ Comment la raffinerie européenne peut-elle, demain, restaurer sa compétitivité ?

**P. M. :** Les leviers techniques pour améliorer la balance essence/gazole sont connus. La mise en place d'hydrocraqueurs, comme l'a fait Total à Gonfreville, en fait partie. Des

## ◆ RÉPARTITION DES CAPACITÉS MONDIALES DE RAFFINAGE EN 2010

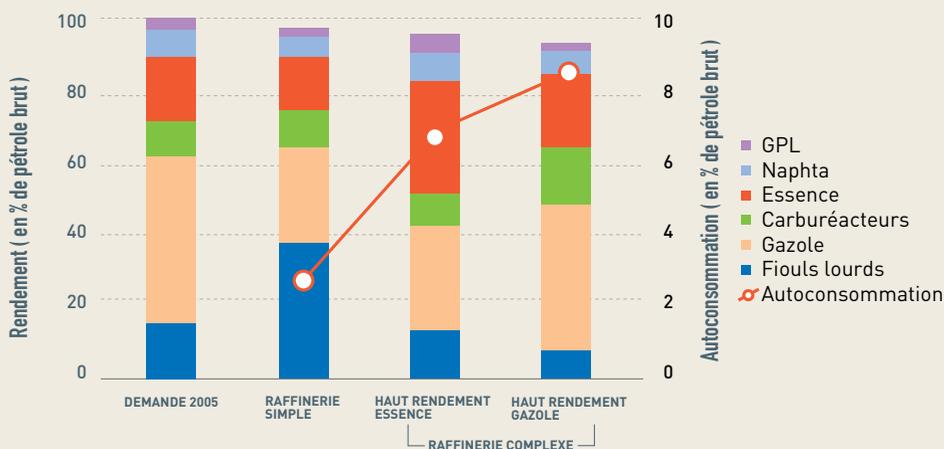
En millions de barils par jour - Source : Oil and Gas Journal, 2010



**TOTAL : 88 MB/J**

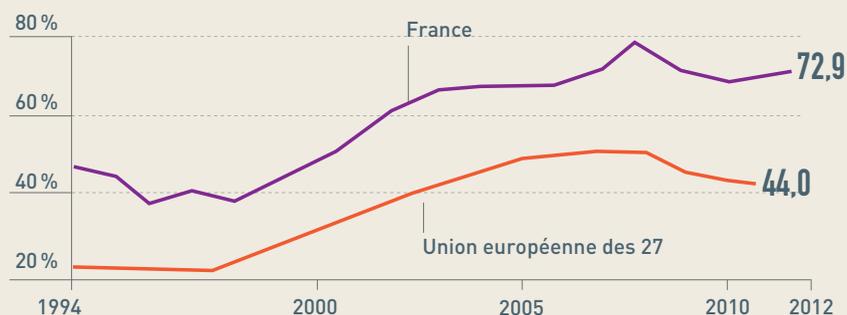
## ◆ STRUCTURE DE LA DEMANDE EUROPÉENNE PAR RAPPORT À LA STRUCTURE DE LA PRODUCTION DES RAFFINERIES

Source : Concawe



## ◆ ÉVOLUTION DE LA PART DES VÉHICULES ROULANT AU DIESEL DANS LES IMMATRICULATIONS, EN EUROPE ET EN FRANCE

Source : Inove



marges de progression existent encore. Mais ces investissements sont lourds, les procédés sont énergivores et ils ne permettent pas de miracle : nous sommes allés très loin dans la diésélisation, les raffineries ne peuvent pas absorber ce déséquilibre. Le prix du gazole n'a pas flambé, celui de l'essence ne s'est pas effondré : à mon sens, la technologie ne suffira pas à restaurer significativement les marges de raffinerie.

## ◆ Y a-t-il des leviers politiques ?

**P. M. :** Le débat actuel sur la fiscalité n'aura qu'une portée limitée. Si une décision est prise pour réduire le différentiel de taxes entre essence et gazole (demande de l'Union française des industries pétrolières, UFIP, Ndr), les effets ne s'en feront pas sentir avant des années, avec le renouvellement du parc automobile<sup>1</sup>. Quant à la mise en place de barrières à l'impor-

tation de produits finis dont la production ne respecterait pas nos standards environnementaux, elle reste très hypothétique. Le mieux que puisse faire l'activité de raffinerie européenne, c'est de décroître au rythme de la baisse de consommation intérieure. Les industriels s'emploient à ce qu'elle ne décroisse pas davantage !

PROPOS RECUEILLIS PAR LAURENT BASILICO

(1) Une quinzaine d'années, soit le temps de vie moyen des véhicules.

# Europe : produire moins, mais produire mieux

*Depuis 2009, Total a investi 740 M€ pour pérenniser la raffinerie de Normandie. Un projet emblématique des transformations de l'activité en Europe, entre mutation de la demande et exigence environnementale.*



La raffinerie Total de Gonfreville-l'Orcher, en Seine-Maritime, est la première de France en capacité. Elle est exploitée depuis 1932.

**P**roduire moins, mais produire mieux : tel est le défi auquel sont confrontées les raffineries européennes en ce début de siècle. L'évolution de la demande – moins d'essence, plus de gasoil, une consommation globale en baisse (voir p. 71) – nécessite des procédés complexes et énergivores, tandis que les contraintes énergétiques et environnementales sont plus pressantes que jamais. Organes vitaux de l'économie locale, les raffineries ne peuvent s'adapter qu'au prix de gros investissements. La raffinerie de Normandie, première capacité de France, est une vitrine de cet effort de transformation. Le groupe Total y a injecté 740 M€ entre 2009 et 2013. Remodelage d'un hydrocraqueur de distillats (230 M€), installation d'une nouvelle unité de désulfuration des gazoles (240 M€), adaptation du schéma de raffinage et de la logistique... « À l'issue du projet, fin 2013, notre capacité sera passée de 16 à 12 millions de tonnes annuelles, mais la capacité de production de gasoil aura augmenté de 500 000 tonnes annuelles », précise Gérard Roussel, directeur de la plate-forme Normandie, qui réunit la raffinerie de Normandie et le site pétrochimique de Gonfreville-

l'Orcher depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2013. Soit 60 % de diesel produit, contre 30 % pour une raffinerie standard. Un tour de force industriel, doublé d'un effort proportionné d'efficacité énergétique. L'unité de distillation atmosphérique a été remaniée (230 M€), par l'ajout notamment d'une colonne « préflash » et de préchauffeurs d'air, avec à la clé un fonctionnement 100 % au gaz naturel et un gain énergétique de 30 %. Sur toute la plate-forme, les procédés ont été optimisés et intégrés thermiquement. La raffinerie compte 40 000 km de tuyaux et consomme tout de même 6 % de l'énergie qu'elle achète – « soit une note de chauffage de 600 M€ par an », précise Gérard Roussel. Mais la nouvelle unité de désulfuration des gasoils permettra la production d'un carburant à 8 ppm de soufre – mieux que les dernières normes européennes, à 10 ppm.

## Une place dans la société

Produire mieux, c'est aussi émettre moins de polluants et de gaz à effet de serre. En 2008, les raffineries françaises représentaient 4,7 % des émissions nationales de CO<sub>2</sub> (chiffre CITEPA 2009). Selon l'UFIP, il n'y

a plus que pour le SO<sub>2</sub> et le nickel qu'elles émettent plus de 5 % du total national. Pour la gestion de l'eau, les raffineries, grosses consommatrices, se sont également perfectionnées : leur consommation moyenne est aujourd'hui de 200 à 800 litres par tonne de brut, contre plusieurs mètres cubes il y a trente ans selon l'IFPEN. « Nous avons réduit au minimum la part consommée », indique Gérard Roussel. Les eaux de procédés sont recyclées en circuit fermé, la production de vapeur nécessaire au fonctionnement l'est aussi en partie par cogénération, et sert à la production d'électricité. Les effluents aqueux, objet d'un suivi étroit de la Direction régionale de l'aménagement et du logement (DREAL), transitent par une unité d'épuration et de biotraitement. « Nous devons plus que jamais mériter la confiance que nous accorde la société, à commencer par nos riverains », résume Gérard Roussel. Par exemple, en organisant régulièrement des réunions publiques d'information, ou en adaptant la production selon la météo, pour maîtriser la qualité de l'air.

À l'ère du changement climatique et du pétrole cher, la raffinerie reste pour longtemps une activité essentielle dans la société européenne, mais elle doit y réinventer sa place. Alors que deux raffineries ont fermé en France depuis 2010, Total entend construire en Normandie, comme à Anvers où sont annoncés de gros investissements d'ici à 2015, une formule gagnante. ♦

Ce cahier spécial **Recherche** a été réalisé avec le soutien de la direction scientifique de **TOTAL**

**Comité éditorial :** Jean-François Minster, Total - Olivier Appert, IFP Énergies nouvelles - François Moisan, ADEME - Bernard Salha, EDF - Bernard Tardieu, Académie des technologies - Marc Florette, GDF Suez.

**Rédaction :** Laurent Basilico

**Conception graphique et réalisation :** A noir, **Crédits photographiques :** Wim van Nueten/Total, Marco Dufour/Total, Blaise Bernard/Total, IFPEN - Roberto Frankenberg

Retrouvez ce cahier spécial en français et en anglais sur le site

**planete-energies.com**  
une Initiative de **TOTAL**