

PETROLE 1993

Le pétrole représente 40,2 % de la consommation mondiale d'énergie primaire. De plus il représente la principale matière première de la chimie organique.

ORIGINE : C'est un mélange de nombreux hydrocarbures provenant de la décomposition d'organismes marins vivant il y a plusieurs millions d'années. La composition du pétrole dépend du lieu d'où il est extrait : il y a actuellement une centaine de bruts différents sur le marché pétrolier. On distingue trois catégories d'hydrocarbures présents dans les fractions du brut distillant entre 20 et 200°C : les alcanes ou paraffines (18 à 65 %), les cycloalcanes ou naphènes (25 à 90 %) et des composés aromatiques (jusqu'à 15 %). Il n'y a pas d'alcènes (oléfines) ni d'alcynes. D'autres éléments sont souvent présents dans le pétrole : le soufre, l'azote, des métaux. Il contient très peu d'oxygène. On nomme les pétroles en fonction de leur densité (d) par rapport à l'eau : légers si $d < 0,8$ et lourds si $d > 1$.

PRODUCTIONS commercialisées, en 1993, en millions de tonnes (Mt) : Monde : 3 169.

Arabie Saoudite	408	Mexique	155	Émirats Arabes Unis	110
États-Unis	403	Chine	144	Canada	103
Ex-URSS	390	Venezuela	121	Nigeria	102
Iran	184	Norvège	114	Royaume-Uni	98

- Entre 1992 et 1993 la production de l'ex-URSS a chuté de 13,4 % (elle avait déjà chuté de 12,7 % entre 1991 et 1992), le Proche et le Moyen Orient ont vu leur production augmenter de 4,9 % et l'Europe Occidentale a accru sa production de 5,3 %.
- La Norvège et le Royaume-Uni produisent 88 % du pétrole de l'Europe de l'Ouest grâce aux gisements de la mer du Nord.
- Les pays membres de l'OPEP totalisent 1 313 Mt soit 41,75 % de la production de 1993, contre 40,7 % en 1992.

Réserves prouvées en 1993 : Monde : 136 307 Mt, OPEP : 105 338 Mt (77 %).

- Le rapport réserves prouvées sur production annuelle de 1993, montre que les réserves prouvées représentent 43 ans d'exploitation (au rythme de 1993), mais les prospections pétrolières et l'évolution des techniques de forage, permettent de découvrir de nouvelles réserves chaque année (816 Mt découverts en 1992). Les réserves ultimes sont aujourd'hui estimées à 210 000 Mt. Il est à noter qu'en 1978, les réserves prouvées ne représentaient que 28 ans de production.

Transport : dans le monde, en 1994, 3 198 navires pétroliers (tankers) de plus de 10 000 t de port, soit une capacité totale de 280 Mt. Chaque année, 1 400 Mt d'hydrocarbures (bruts et raffinés) naviguent et représentent 40 % du trafic maritime total.

RAFFINAGE :

Le raffinage a pour objet de séparer et d'améliorer les produits composants le pétrole de façon à répondre à la demande en différents produits pétroliers à partir de bruts de compositions variables. En particulier, il est nécessaire de transformer des produits lourds en produits légers pour alimenter le marché des carburants.

Distillation :

Elle est effectuée après le dégazage, qui a lieu sur les lieux d'extraction, et le dessalage qui permet d'éliminer l'eau salée émulsionnée dans le pétrole qui pourrait endommager les installations de raffinage en formant HCl. Une première distillation sous pression atmosphérique entre 70°C et 370 à 380°C, permet de recueillir différentes fractions :

- à 70°C : une fraction légère dont on extrait par la suite du gaz (méthane, éthane, propane et butane) et une essence légère composée d'alcanes en C5 et C6.
- entre 70°C et 220°C : deux fractions dites essence et naphta.
- puis une fraction kérosène qui sera transformée en carburéacteur et en divers solvants.
- puis une fraction gazole, destinée au carburant gazole et au fioul domestique.
- à 370 ou 380°C : on récupère en fond de colonne les résidus dits "atmosphériques".

Ces résidus distillés sous pression réduite entre 70°C et 350°C donnent :

- à 70°C : le gazole lourd, destiné à être craqué pour donner des essences.
- des fractions intermédiaires ou fiouls lourds destinées aux bateaux et aux usines électriques.
- à 350°C : des résidus, dont on tire les bitumes.

Capacités mondiales de distillation : en 1993 en million de tonnes/an. Monde : 3 658.

Amérique du Nord	851 (23,3 %)	Amérique Latine	375 (10,3 %)
Europe Occidentale	711 (19,4 %)	Proche et Moyen Orient	253 (6,9 %)
Extrême-Orient	683 (18,7 %)	Afrique	143 (3,9 %)
Europe Orientale et ex-URSS	642 (17,6 %)		

- La capacité de distillation est aussi appelée capacité de raffinage.
- Les raffineries sont situées dans les pays les plus développés et non dans les pays producteurs.
- La capacité mondiale de distillation a baissé de 12 % depuis 1980.

Craquage :

Le craquage consiste à casser les chaînes carbonées des hydrocarbures de la charge pour obtenir des produits plus légers. On distingue :

- Le craquage catalytique des gazoles lourds qui a lieu à 480°C-500°C en présence d'un catalyseur (zéolithe, avec des substitutions cationiques de terres rares, maintenu

au sein d'une matrice silice-aluminium amorphe). Il permet d'obtenir de l'essence (40 à 60 % de la masse initiale) ayant un indice doctane supérieur à 90, du gazole et des sous-produits dont un gaz riche en alcènes (propène, butène) que l'on distillera par la suite et du coke qu'il faut brûler car c'est un poison du catalyseur. Les principales réactions sont les suivantes :

Type de réaction	Exemples
alcane \rightarrow alcane + alcène	$C_6H_{14} \rightarrow C_3H_8 + C_3H_6$
alcène \rightarrow 2 alcènes	$C_6H_{12} \rightarrow C_3H_6 + C_3H_6$
alkylaromatique \rightarrow benzène + alcène	$\Phi C_5H_{11} \rightarrow \Phi H + C_5H_{10}$
alkylaromatique \rightarrow arylalcène + alcane	$\Phi C_5H_{11} \rightarrow \Phi C_2H_3 + C_3H_8$
cycloalcane \rightarrow 2 alcènes	$C_8H_{16} \rightarrow 2 C_4H_4$
cycloalcane \rightarrow cyclohexane + 2 alcènes	$C_{10}H_{20} \rightarrow C_6H_{12} + 2 C_2H_4$

L'apparition d'un carbocation comme intermédiaire réactionnel permet en outre un grand nombre d'isomérisations.

- L'hydrocraquage des gazoles lourds qui a lieu à 350°C-450°C sous une pression de 100 à 200 bar de H₂, en présence d'un catalyseur bifonctionnel (Pt ou Ni pour l'hydrogénation, zéolithe pour le craquage). Les produits intermédiaires étant hydrogénés au cours du craquage, on n'obtient pas d'alcène, de diène, de coke, et moins d'aromatiques que dans la charge. On extrait une essence à faible indice d'octane, du kérosène, du gazole et du fioul domestique. Cette technique impose une désulfuration préalable de la charge pour éviter d'empoisonner le catalyseur d'hydrogénation.

- La viscoréduction qui est un craquage thermique à 470°C-480°C permettant de réduire la viscosité des résidus de distillation. On obtient ainsi des fiouls lourds qui, après avoir été mélangés avec du gazole (pour réduire à nouveau la viscosité), correspondront aux normes. Sans cette opération, la quantité de gazole à ajouter serait très importante.

- La cokéfaction qui est un autre craquage thermique permettant d'obtenir du coke, des distillats liquides recyclables et du gaz de craquage. On favorise aujourd'hui la fabrication des distillats par rapport à celle du coke. Pour l'utilisation du coke de pétrole, voir le chapitre : carbone.

Reformage :

Le reformage a pour but de transformer une coupe pétrolière à faible indice d'octane (naphta) en une essence à indice d'octane élevé. Pour cela, il est nécessaire d'isomériser des alcanes linéaires en alcanes ramifiés et d'augmenter la teneur en composés aromatiques par déshydrogénation des cycloalcanes ou déshydrocyclisation des alcanes. Cette opération est effectuée de façon catalytique et se rapproche beaucoup du reformage catalytique développé dans la pétrochimie en vue de produire des composés aromatiques et en particulier du benzène (voir ce chapitre).

SITUATION FRANÇAISE : en 1993.

L'industrie française du pétrole emploie plus de 115 000 personnes.

La facture pétrolière représente 56 milliards de F.

Les taxes sur les produits pétroliers (80,6 % sur le supercarburant, 76,4 % sur le supercarburant sans plomb) ont rapporté à l'état 162 milliards de F.

Production :

En 1993, la France a produit 2,752 Mt de pétrole brut. La production est en baisse depuis qu'elle a atteint son maximum en 1988 avec 3,355 Mt. Cette production est répartie entre le Bassin Parisien (1,741 Mt), et l'Aquitaine (1,002 Mt).

Production des groupes français à l'étranger : 53,2 Mt en 1992.

Elf Aquitaine : 31,0 Mt, Total : 22,2 Mt.

Importations : en millions de tonnes et () % des importations, en 1993. Total : 77 en provenance de :

Arabie saoudite	21,6 (28 %)	Royaume-Uni	5,8 (8 %)
Iran	11,9 (15 %)	Nigeria	5,3 (7 %)
Norvège	8,2 (11 %)	Syrie	2,3 (3 %)
ex-URSS	5,9 (8 %)	Gabon	2,2 (3 %)

Transport du pétrole brut :

La France importe son brut par pétroliers dont 14 français (3,4 Mt de capacité) immatriculés aux Kerguelen. Il arrive dans des terminaux pétroliers dont les principaux sont donnés ci-dessous avec la quantité d'hydrocarbures liquides déchargés en 1990, exprimée en millions de tonnes :

Marseille-Fos (13)	56,7	Bordeaux (33)	4,0
Le Havre-Antifer (76)	31,0	Rouen (76)	3,6
Nantes-St Nazaire (44)	13,8	Autres	7,2
Dunkerque (59)	7,9		

Au total (pétrole brut et raffiné) près de 150 millions de t de produits pétroliers transitent (à 95 %) par les ports de : Marseille-Fos, Le Havre, Nantes-Saint Nazaire, Rouen et Bordeaux dont ils assurent en moyenne, 60 % de l'activité.

Le brut est ensuite acheminé vers les raffineries par oléoduc (ou pipeline). Les principaux sont :

- Lavéra-Fos-Strasbourg-Karlsruhe : 782 km, 10 stations de pompage, diamètre : 86 cm, ouvert en 1962.

- Fos-Lyon : 260 km, 2 stations de pompage, diamètre : 61 cm, ouvert en 1971.

- Fos-Strasbourg : 714 km, 7 stations de pompage, diamètre : 102 cm, ouvert en 1972.

En 1993, 25,85 Mt de brut ont été transportés. En 1989, pour 25,07 Mt les destinations ont été les suivantes :

Allemagne	13,12 Mt	Lyonnais	4,47 Mt
Est	4,48 Mt	Suisse	3,00 Mt

- "Pipeline de l'Ile de France" (Elf France) : Le Havre-Grandpuits : 260 km, 5 stations de pompage, diamètre : 58 cm, ouvert en 1986 : 3,24 Mt en 1993.

- "Pipeline Parentis-Bec d'Ambès" : 165 km, diamètre de 15 à 40 cm. Utilisé pour le transport du brut entre d'une part les puits de production et d'autre part le port d'Ambès (33) et les installations pétrolochimiques de la région de Bordeaux.

- Pipeline Vic Bihl-Lacq, Pécorade-Lacq et Lacq-Le Boucau : 167 km, diamètre de 15 à 30 cm. Utilisé pour le transport du brut entre les puits de production et le port du Boucau (64).

Capacités françaises de distillation : en 1994 en milliers de tonnes par an, par opérateur, et localisation des raffineries : France : 83 985 (- 1,7 % sur 1992).

Total RD : 23 090 à Gonfreville, Mardyck, La Mède, Reichstett.

Elf France : 20 490 à Donges, Feyzin, Grandpuits, Reichstett.

Shell : 15 900 à Petit-Couronne, Berre, Reichstett.

Esso SAF : 11 800 à Port-Jérôme, Fos.

BP France : 9 405 à Lavéra, Reichstett.

Mobil Oil France : 3 300 à Notre Dame de Gravenchon, Reichstett.

- La capacité française de distillation est actuellement la moitié de ce qu'elle était en 1978. En 1993, 80,1 Mt ont été traitées dont 77,8 Mt importées.

- Capacités : en 1993, en Mt, selon les procédés : craquage catalytique : 18,2, reformage : 10,7, viscoréduction : 9,4, isomérisation : 2,2, alkylation : 0,8.

UTILISATIONS :

Consommations : en 1993 en millions de tonnes et () % : Monde : 3121.

États-Unis	793 (25,4 %)	Japon	257 (8,2 %)
Ex-URSS	271 (8,7 %) (355 en 1992)		

Europe Occidentale : 642 (20,6 %) dont :

Allemagne	135	Espagne (en 1992)	50
Italie	93	Pays-Bas	35
France	82	Belgique et Luxembourg	26
Royaume-Uni	82		

Secteurs d'utilisation : en 1993, en millions de tonnes. Sur un total de 81,7.

Gazole	20,6	Fioul lourd	5,3
Fioul domestique	17,2	Carburacteur	4,2
Super plombé	10,0	Gaz liquéfiés	3,0
Pétrochimie	8,8	Bitumes	2,9
Super sans plomb	7,0	Lubrifiants	0,8

Les carburants automobiles (essence et gazole) : en 1993.

Ventes aux Etats-Unis : 374 Mt.

Marché français : en 1993, en millions de m³ : Total : 22,47 pour 19 462 points de vente (en 20 ans disparition de 30 000 points de vente).

Raffineurs : 11,3 (50,1 %), Grandes surfaces : 9,5 (42,5 %).

Indice doctane : définition.

Déterminé en laboratoire, dans un moteur expérimental, il mesure la résistance des carburants à l'auto-allumage et caractérise donc les propriétés antidétonantes des essences. Il est gradué sur une échelle de référence établie par rapport à un mélange, en proportions variables, de 2 hydrocarbures pris comme étalons : 0 pour l'heptane linéaire, 100 pour le 2,2,4-triméthylpentane (ou isooctane). On distingue l'indice IOR (Indice d'Octane Recherche, en anglais RON) mesuré dans des conditions de faible vitesse et en accélération, de l'indice IOM (Indice d'Octane Moteur, en anglais MON) mesuré à grande vitesse. En général, les indices sont donnés en IOR (RON). Les essences n'ont pas, en général, un indice d'octane suffisant, il faut ajouter des additifs. Toutefois, les producteurs de carburants utilisent, de plus en plus, des techniques de raffinage (reformage catalytique, alkylation, isomérisation) qui permettent d'élever l'indice d'octane.

L'essence "plombée" :

De 1920 à 1975, les additifs utilisés ont été exclusivement des composés du plomb : plomb tétraméthyle et surtout plomb tétraéthyle (Pb(CH₃CH₂)₄), à des teneurs, en constante diminution, de 0,6 à 0,1 g/litre d'essence. Dans le monde occidental, la

consommation de Pb dans ce secteur a atteint son maximum en 1972 : 370 000 t. En 1988 elle était de 96 000 t, elle est prévue nulle en 2000. Le plomb présente l'inconvénient d'être un poison pour les catalyseurs à base de platine utilisés dans les pots d'échappement pour diminuer la pollution par les gaz d'échappement des véhicules automobiles.

L'essence sans plomb :

Le super sans plomb supplante, de plus en plus, le super avec plomb. Sa part est dans le monde de 55 %, avec aux États-Unis et au Japon : 100 %, en Europe du Nord : 75 à 100 %, au Royaume-Uni : 51 %, en France : 40 % (34 % en 1992), en Europe du Sud : 16 à 25 %.

Les additifs utilisés peuvent être synthésés à partir de produits chimiques de base : c'est le cas du MTBE, additif le plus employé, ou obtenus à partir de produits agricoles, on parle alors de biocarburant.

- MTBE (méthyltertiobutyléther : $C_4H_9-O-CH_3$) : il est produit par synthèse à partir d'isobutylène et de méthanol. Son indice RON est de 118 et sa teneur dans l'essence peut atteindre 10 % (un ajout de 10 % dans l'essence permet d'augmenter l'indice d'octane de 2 à 2,6 points). Les capacités mondiales de production sont de 18,7 millions de t/an dont 9 millions aux États-Unis. Le n°1 mondial est la société Arco Chemical, 3 millions de t/an dans 5 usines dont 2 en Europe (Fos-sur-Mer, 550 000 t/an et Rotterdam). Elf Aquitaine produit du MTBE à Feyzin (69) : 60 000 t/an.
- Ethanol (C_2H_5OH) : produit principalement par fermentation de sucres extraits de produits agricoles (betterave, canne à sucre, maïs, blé...). Un hectare de betterave donne 5 à 6 t d'alcool/an. Il doit être totalement déshydraté et son coût est élevé (il faut 0,9 tep d'énergie pour produire 1 tep d'éthanol), son indice RON est de 120. Toutefois des pays l'utilisent à grande échelle. Le Brésil a lancé, en 1975, le programme Proalcool, destiné à remplacer l'essence par l'éthanol tiré de la canne à sucre. En 1993, sur 11 millions de véhicules particuliers, 6 millions roulent à l'éthanol pur et 5 millions avec un mélange éthanol-essence avec au moins 22 % d'éthanol. En France la production d'éthanol destiné à l'essence a été de 346 000 hl, en 1993, sa teneur dans l'essence peut atteindre 5 %.
- ETBE (éthyltertiobutyléther : $C_4H_9-O-C_2H_5$) : c'est un composé de nature proche du MTBE, le méthanol étant remplacé par l'éthanol. Son indice RON est de 118 et, en France, sa teneur dans l'essence peut atteindre 15 %. En France, fabrication par Elf Aquitaine à Feysin (69). Total construit 2 usines (50 000 t/an/usine), à Gonfreville (76) et Mardyck (59), qui devraient commencer à produire à la mi-1995.
- Ester méthylique : obtenu à partir d'huile de colza et de méthanol. Un hectare donne 3 t de colza, 1,27 t d'huile et 1,17 t d'ester. Appelé Diester, il est produit (20 000 t/an), en France, depuis 1993, par la société Robbe, à Venette (60). Il est utilisé (88 500 hl,

en 1993, en France) en substitution (5 %) du gazole dans les moteurs diesel, principalement dans des véhicules communaux.

CRISES PÉTROLIÈRES :

Le marché du pétrole fut pendant longtemps sous le contrôle des grandes compagnies pétrolières qui maintenaient un prix constant (en dollars constants le prix baissait). Les pays producteurs n'avaient ni le contrôle de la production, ni celui des prix, de plus les royalties et les impôts prélevés ne leur permettaient pas de se développer. Après deux baisses du prix du baril (1956 et 1959) cinq pays producteurs se regroupèrent, en 1960, au sein de l'Organisation des Pays Producteurs de Pétrole (OPEP) qui compte aujourd'hui 12 pays membres (Iran, Irak, Koweït, Arabie Saoudite, Venezuela, Qatar, Indonésie, Libye, Émirats Arabes Unis, Algérie, Nigeria, Gabon) après le retrait, au 01-01-93, de l'Équateur. L'OPEP se donnait pour but d'augmenter les revenus pétroliers des membres, de contrôler progressivement le marché et d'unifier les politiques pétrolières au moyen de quotas de production. Jusqu'en 1970, aucun de ces buts ne fut atteint car la production pétrolière était très supérieure à la demande, mais en 1970 la demande dépassa l'offre, ce qui permit des hausses modérées jusqu'en 1973 portant sur les impôts et sur les prix, de façon à compenser l'inflation et la dévaluation du dollar. En 1973, l'OPEP menaça d'embargo les pays qui soutenaient Israël dans la guerre du Kippour, puis augmenta les prix de 70 % en octobre 1973, puis de plus de 100 % en décembre 1973 : le baril d'Arabian Light était passé de 2,9 \$ à 11,6 \$ en sept mois. Pendant les quatre années qui suivirent, l'OPEP n'augmenta que modérément les prix du brut par peur d'un changement de politique énergétique dans les pays industrialisés, mais fin 1978, la crise iranienne, puis la guerre Iran-Irak qui détruisit des installations pétrolières mirent fin au risque de surproduction, et les pays producteurs firent subir 8 hausses du prix entre 1978 et 1981. Le prix de l'Arabian Light atteignait 34 \$ en 1981.