

Xavier MACHURON-MANDARD

Promo 86

Le pétrole, c'est quoi et on en fait quoi ?

Bien que cela fasse partie de la culture générale de tout chimiste, il n'est pas inutile de faire un rappel succinct de ce qu'est le pétrole et de tout ce que nous en tirons, qu'il s'agisse de matières premières ou d'énergie.

La difficulté de se passer de cette ressource fossile promise à raréfaction et finalement disparition n'en apparaîtra que mieux, et son prix ou davantage encore sa valeur chimique sera plus flagrante à nos yeux de chimistes déjà instruits et convaincus.

Le pétrole brut est un mélange d'hydrocarbures (molécules formées d'atomes de carbone et d'hydrogène) et de composés organiques soufrés, oxygénés et azotés (Figure 1). Il comporte typiquement des milliers de substances différentes qui peuvent être fractionnées et transformées chimiquement pour obtenir des produits utilisables.

Composition élémentaire (pourcentage massique) du pétrole brut

| C | H | S | N | O | Métaux | Eaux et sédiments (% en volume) | Sels minéraux |
|---------|---------|----------|---------|------------|---|---------------------------------|---------------|
| 83 à 87 | 10 à 14 | 0,05 à 6 | 0,1 à 2 | 0,05 à 1,5 | 0,005 à 0,015 (dont 75 % de nickel et vanadium) | 0,1 à 0,6 | 0,002 à 0,02 |

Tableau 1 : Composition élémentaire massique d'un pétrole brut (Sources : Techniques de l'Ingénieur, Réf : BE8520 V2)

Sous forme de solution liquide plus ou moins visqueuse, le pétrole contient des constituants gazeux (méthane, propane, etc.), liquides (hexane, heptane, octane, benzène, etc.) et parfois solides (paraffines, asphaltes, etc.) à température et pression ambiantes.

Le pétrole provient de la décomposition d'organismes marins (principalement de plancton) et de végétaux dont les restes se sont accumulés dans des bassins sédimentaires, au fond des océans, des lacs et des deltas. Leur matière organique ainsi déposée et incorporée aux sédiments s'est transformée en pétrole sur des dizaines de millions d'années, en passant par une substance intermédiaire appelée kérogène. On estime que la formation du pétrole date d'environ 20 à 350 millions d'années. La composition élémentaire globale des pétroles est relativement fixe mais la structure chimique de leurs constituants varie selon leur origine, cela entraîne une grande diversité de propriétés physiques (densité, viscosité) et des teneurs variables dans les différents types de produits obtenus par raffinage. En particulier, la présence de soufre dans certains pétroles pose des problèmes de corrosion et de pollution atmosphérique, aussi bien au stade du raffinage qu'à celui de l'utilisation industrielle ou domestique de leurs dérivés (Tableau 1).

Les principaux pays producteurs de pétrole sont présentés dans le tableau 2, avec le volume annuel de leur production de 2010 à 2020.

Sur la base des chiffres de 2019 (2020 n'étant pas représentative d'une situation mondiale du fait de la crise sanitaire qui a débuté cette année-là), on voit que les États-Unis, la Russie et l'Arabie saoudite se partagent globalement à eux seuls près de 42 % de la production mondiale.

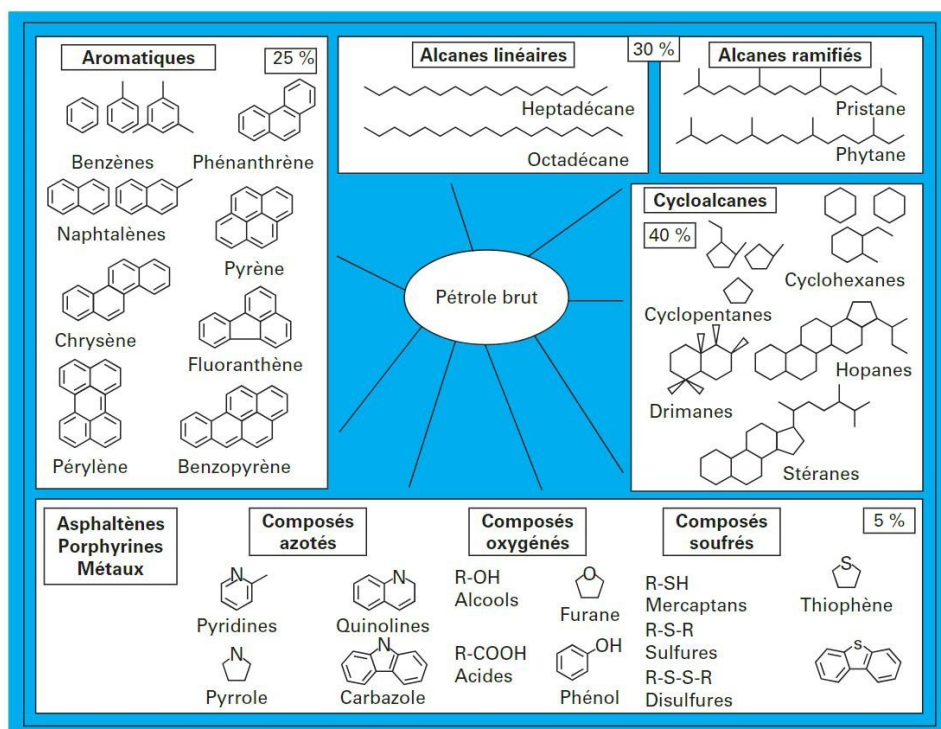


Figure 1 : Familles d'hydrocarbures présents dans les pétroles bruts (Sources : Techniques de l'Ingénieur, Réf : BE8520 V2)

Production de pétrole brut (Millions de tonnes)

| Année | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | Part de la production mondiale en 2019 |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| Monde | 3 978,6 | 4 009,6 | 4 121,6 | 4 129,8 | 4 227,2 | 4 358,1 | 4 375,1 | 4 385,9 | 4 484,2 | 4 478,0 | 4 165,1 | 100,0 % |
| États-Unis | 333,1 | 346,1 | 395,1 | 448,5 | 524,5 | 567,4 | 542,9 | 574,9 | 670,2 | 747,8 | 712,7 | 16,7 % |
| Russie | 512,3 | 519,5 | 526,7 | 532,2 | 537,4 | 544,6 | 558,5 | 558,5 | 567,9 | 573,4 | 524,4 | 12,8 % |
| Arabie saoudite | 463,3 | 522,7 | 549,2 | 538,4 | 543,8 | 568,0 | 586,7 | 559,3 | 576,8 | 556,6 | 519,6 | 12,4 % |
| Canada | 160,6 | 170,1 | 182,9 | 195,4 | 209,8 | 216,1 | 218,8 | 236,6 | 257,7 | 263,5 | 252,2 | 5,9 % |
| Iraq | 120,8 | 135,8 | 151,3 | 151,9 | 158,8 | 195,6 | 217,6 | 222,4 | 227,0 | 234,2 | 202,0 | 5,2 % |
| Chine | 203,0 | 202,9 | 207,5 | 210,0 | 211,4 | 214,6 | 199,7 | 191,5 | 189,1 | 191,0 | 194,8 | 4,3 % |
| Émirats arabes unis | 135,2 | 150,5 | 156,2 | 162,8 | 163,4 | 176,1 | 182,4 | 176,2 | 176,7 | 180,5 | 165,6 | 4,0 % |
| Iran | 212,0 | 212,5 | 180,5 | 169,7 | 174,0 | 180,2 | 216,1 | 231,4 | 218,7 | 157,8 | 142,7 | 3,5 % |
| Koweït | 123,4 | 140,9 | 154,0 | 151,4 | 150,2 | 148,2 | 152,7 | 145,0 | 146,8 | 143,4 | 130,1 | 3,2 % |
| Nigéria | 122,1 | 118,4 | 116,4 | 109,5 | 109,3 | 105,7 | 91,3 | 94,5 | 96,4 | 101,1 | 86,9 | 2,3 % |
| Mexique | 145,6 | 144,5 | 143,9 | 141,8 | 137,1 | 127,5 | 121,4 | 109,5 | 102,3 | 94,9 | 95,1 | 2,1 % |
| Norvège | 98,6 | 93,4 | 87,0 | 82,9 | 85,0 | 87,6 | 90,3 | 88,9 | 83,3 | 78,5 | 92,0 | 1,8 % |
| Venezuela | 145,8 | 141,5 | 139,3 | 137,8 | 138,5 | 135,4 | 121,0 | 107,6 | 75,6 | 46,6 | 27,4 | 1,0 % |
| Inde | 41,3 | 42,9 | 42,5 | 42,5 | 41,6 | 41,2 | 40,2 | 40,4 | 39,5 | 37,6 | 35,1 | 0,8 % |
| Union européenne | 30,5 | 29,2 | 28,0 | 27,4 | 27,0 | 26,1 | 23,0 | 22,7 | 21,9 | 20,2 | 19,3 | 0,5 % |

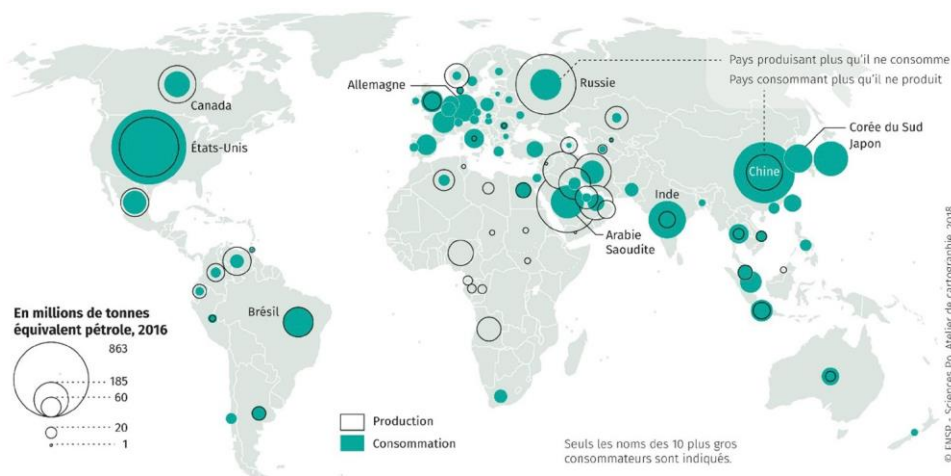
Tableau 2 : Source : BP Statistical review of world energy 2021.

Comprend le pétrole brut, l'huile de schiste, les sables bitumineux, les condensats nécessitant un raffinage supplémentaire, et les LGN (liquides de gaz naturel - éthane, GPL et naphta séparés de la production de gaz naturel).

Exclut les combustibles liquides provenant d'autres sources telles que les biocarburants et les dérivés synthétiques du charbon et du gaz naturel. Cela exclut également les facteurs d'ajustement du combustible liquide tels que le gain de traitement en raffinerie.

Exclut les schistes bitumineux/kérogène extraits sous forme solide.

Production et consommation de pétrole, 2016



Source : BP, The Statistical Review of World Energy 2017, www.bp.com

Figure 2 : Production et consommation de pétrole par pays, en 2016 (Source : <https://espace-mondial-atlas.sciencespo.fr/fr/rubrique-ressources/carte-5C26-production-et-consommation-de-petrole-2016.html>)

Par ailleurs, en 2016, la Russie et l'Arabie saoudite étaient autosuffisants en pétrole, leur consommation étant inférieure à leur production. Hormis le Canada et la Norvège, ce n'était pas le cas des grands pays industrialisés, y compris les États-Unis (Figure 2) malgré sa production pétrolière importante.

Nous pouvons répartir les usages du pétrole et de ses produits dérivés en deux catégories :

1/ Le pétrole comme source d'énergie pour les transports (fret routier, véhicules, fret ferroviaire, navires, avions, machines agricoles), le secteur résidentiel (cuisson des aliments ou chauffage domestique) et l'industrie (production d'électricité, chauffage direct de matériaux, production de vapeur...);

2/ Le pétrole comme matière première pour la pétrochimie, c'est-à-dire la synthèse de produits divers tels que solvants, produits intermédiaires, fibres textiles, polymères, engrais, produits cosmétiques ou pharmaceutiques...

Ces deux secteurs se partagent donc la totalité de l'or noir produit chaque année, pour nous offrir une multitude de biens de consommation tels que ceux présentés figure 3.

L'Agence Internationale de l'Énergie a rapporté que seulement 16,7 % du pétrole brut produit en 2019 ont alimenté l'industrie pétrochimique en tant que matière première, les 83,3% restant ont tout simplement été brûlés pour fournir de l'énergie. Or cette utilisation du pétrole comme source d'énergie s'accompagne inéluctablement de l'émission de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

Au moment où la raréfaction géologique du pétrole se combine aux problématiques de dépendance ou de fragilité stratégique par rapport aux pays producteurs, ainsi qu'aux problématiques environnementales et donc aux questions qui se posent sur le futur à plus ou moins long terme de notre planète, ces chiffres nous font naturellement réfléchir...

Mais cela fait longtemps que nous, chimistes, brûlons avec quelques pincements au cœur toutes ces molécules si difficilement produites...

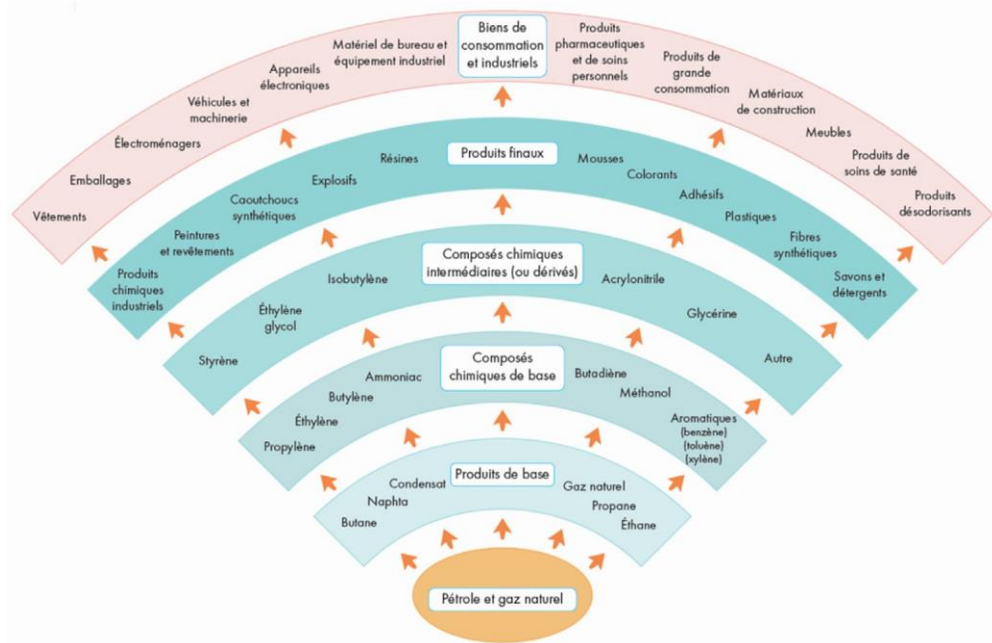


Figure 3 : Du pétrole aux biens de consommation et industriels (Source : <https://www.cer-rec.gc.ca/fr/donnees-analyse/marches-energetiques/apercu-marches/2018/apercu-marche-produits-petrochimiques-dans-vie-quotidienne.html>)

Des carburants synthétiques pour les moteurs thermiques... sans pétrole

Nous le savons, la part du pétrole utilisée pour les transports est considérable, elle représente plus de 65 % de la consommation mondiale de pétrole, tous moyens de transports confondus.

En attendant un hypothétique « tout électrique » ou « tout hydrogène » dans ce secteur, les industriels pétroliers réfléchissent au remplacement de l'or noir et de ses produits dérivés destinés aux transports par des substituants éco-responsables si possible.

Un exemple intéressant nous est proposé par TotalEnergie qui travaille sur de nouveaux carburants utilisables par les moteurs thermiques. En 2018, la compagnie française marquait déjà sa volonté d'innover avec un nouveau mélange (Excellium Endurance) composé à 85 % d'hydrocarbures standards (d'origine fossile), à 10 % d'éthanol d'origine renouvelable et 5 % de bio hydrocarbures.

Aujourd'hui, une nouvelle formule est proposée, qui ne contient plus aucune goutte de pétrole. Baptisé « Excellium Racing 100 », ce carburant pour l'heure réservé aux voitures de compétition est « renouvelable » à 100 %. Il est composé de bioéthanol, fabriqué à partir de résidus vinicoles tels que des lies de vin ou des marcs de raisin issus de l'agriculture française. Après fermentation, distillation et déshydratation, le produit est ensuite mélangé avec un dérivé de l'éthanol, l'ETBE (éthyl tertio butyl éther), composé de matières premières issues également de l'économie circulaire.

Cela peut alimenter des voitures de courses lors de rallyes automobiles comme ce fut le cas aux 24 heures du Mans en 2022 ; il est pourtant difficile encore d'imaginer l'approvisionnement du parc automobile mondial tel qu'il existe actuellement... Mais avec ce nouveau débouché pour la viticulture française... devons nous désormais dire « boire pour conduire, il faut choisir... » ?