

1- Aperçu historique :

Le mot « Pétrole » est issu des deux mots latins « Petra » et « oléum » et signifie « huile de pierre » ; dès l'antiquité il pouvait être utilisé comme revêtement étanche, médicament miracle ou arme de guerre.

- Le pétrole est repéré la première fois au Moyen-Orient à la surface de la terre.
- Dès 1852 Croissance de l'utilisation du pétrole avec la découverte du Kérosène ou « pétrole lampant » et l'utilisation de ce dernier pour l'éclairage.
- En 1859 forage du premier puits destiné à la production de pétrole par le « Colonel Drake » dans l'état de Pennsylvanie en USA.
- Dès les années 1950 le pétrole constitue la première source d'énergie dans le monde.

2- Définition du pétrole brut : « Crude oil »

Le pétrole brut est un mélange liquide complexe d'hydrocarbures, c'est-à-dire de combinaisons chimiques de carbone (C) et d'hydrogène (H). Le pétrole est généralement extrait du sous-sol (bassins sédimentaires) où il occupe les vides de roches poreuses appelés « roches réservoirs ». Le pétrole brut contient de faibles quantités de soufre, ainsi que des traces d'azote, d'oxygène et de métaux.

NB : Il existe divers types de pétrole brut, plus de « 400 type de brut dans le monde »

3- Composition du pétrole brut :

3-1 Les hydrocarbures :

Le pétrole brut est formé essentiellement d'hydrocarbures (combinaison exclusive de carbone et d'hydrogène), où le carbone présente 83 à 87% en volume et l'hydrogène 10 à 14 %. Les hydrocarbures contenus dans le pétrole sont regroupées en trois familles :

- *Les paraffines (Alcanes)*
- *Les naphènes (Cyclo-alcanes)*
- *Les aromatiques*
- **Les paraffines : (Alcanes) C_nH_{2n+2}**

Ce sont des hydrocarbures saturés ayant la formule C_nH_{2n+2} avec n le nombre d'atomes de carbone dans la chaîne d'hydrocarbures

Nomenclature des alcanes : terminaison enane

C1 : CH₄ Methane

C2 : C₂H₆ Ethane

C3 : C₃H₈ Propane

C4 : C₄H₁₀ Butane

C5 : C₅H₁₂ Pentane

C6 : C₆H₁₄ Hexane

C7 : C₇H₁₆ Heptane

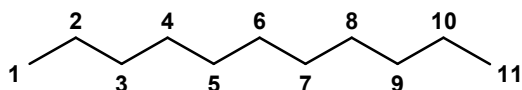
C8 : C₈H₁₈ Octane

Chapitre I : Généralités sur le pétrole

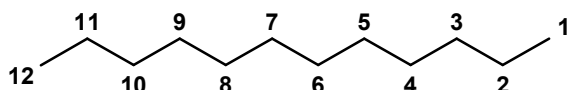
C9 : C₉H₂₀ Nonane

C10 : C₁₀H₂₂ Decane

C11 : C₁₁H₂₄ undecane



C12 : C₁₂H₂₆ dodecane



C13 : C₁₃H₂₈ Tridecane

C14 : C₁₄H₃₀ Tetradecane

C15 : C₁₅H₃₂ Hexadecane

.....

C20 : C₂₀H₄₂ Cosane

C21 : C₂₁H₄₄ Henicosane

C22 : C₂₂H₄₆ Docosane

.....

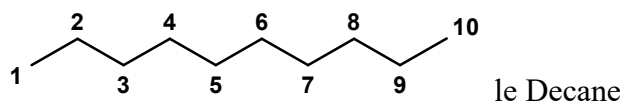
C30 : C₃₀H₆₂ Triacontane

C40 : C₄₀H₈₂ Tetracontane

C50 : C₅₀H₁₀₂ Pentacontane

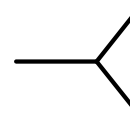
On distingue deux types de paraffines, les alcanes (normale) et les alcanes (isomère)

- **Les paraffines normales** : la chaîne des carbones est une chaîne droite unique.



- **Les iso-paraffines** :

La chaîne des carbones est une chaîne ramifiée ou branchée (ce sont des isomères des paraffines normaux, on les différencie par l'utilisation du préfixe **iso**).

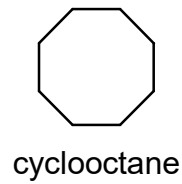
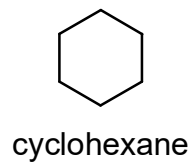
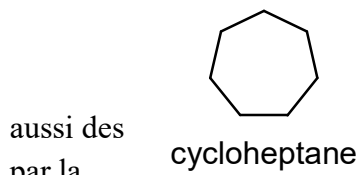
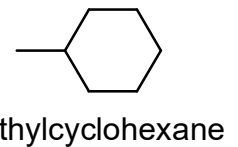
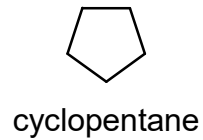
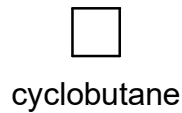


- Le premier dans la série des iso-paraffines est l'iso-butane :
- Pour la nomenclature on considère la chaîne droite la plus longue et on repère les positions des chaînes ramifiées en numérotant les carbones de la chaîne principale de gauche à droite.

Exemple : La figure ci-dessous présente deux isomères de l'isooctane (08 carbones) qui compte en total 18 isomères.

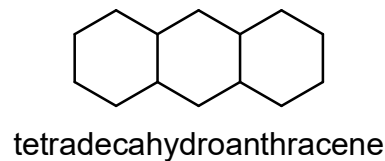
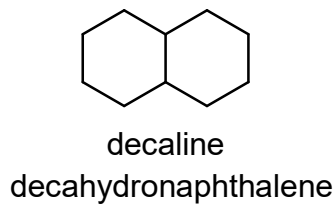
a- Les naphtènes : (Cycloalcanes) C_nH_{2n}

Ce sont des hydrocarbures cycliques saturés, leurs appellations est celles des paraffines précédée du préfixe **cyclo**, on trouve ainsi :



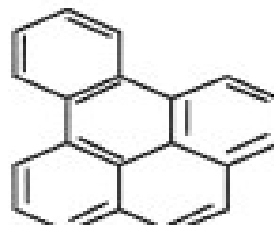
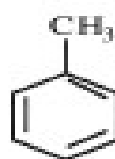
On trouve naphtènes formés juxtaposition de

aussi des par la deux cycles (ou plus) de six atomes de carbone :



b- Les Aromatiques : (Benzènes) C_nH_{2n-6}

Ce sont des structures insaturées cycliques avec trois doubles liaisons dans chaque cycle.



NB : Les hydrocarbures insaturés (double liaison & triple liaison), ne sont pas présents dans le pétrole brut.

3-2 Les composés soufrés : (0.05% à 6% en masse)

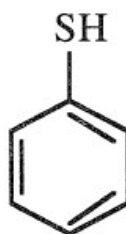
Les composés soufrés sont présents dans le pétrole brut sous forme de composés organiques soufrés, le sulfure d'hydrogène H_2S est le seul composé non organique présent dans le brut. La présence des composés soufrés dans le brut est nuisible à cause de leurs caractères corrosifs.

Les composés organiques soufrés sont généralement classés en deux groupes les composés acides et les composés non acides.

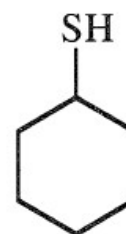
- **Les composés acides R-SH :** sont les thiols (mercaptans) :



Methyl mercaptan



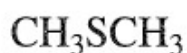
Phenyl mercaptan



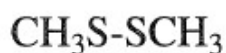
Cyclohexylthiol

Les thiols sont des composés corrosifs de forte odeur.

- **Les composés non acides :** Ce sont les thiophènes, les sulfides et les disulfides.



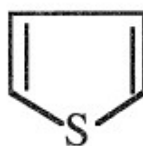
Dimethyl sulfide



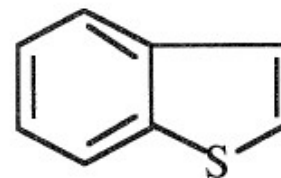
Dimethyldisulfide



Thiocyclohexane



Thiophene



Benzothiophene

Les composés non acides sont non corrosifs et peu odorants.

3-3 Les autres composés :

a- Les composés oxygénés : 0.05 à 1.5% en masse

b- Les composés azotés : 0.1 à 2% en masse

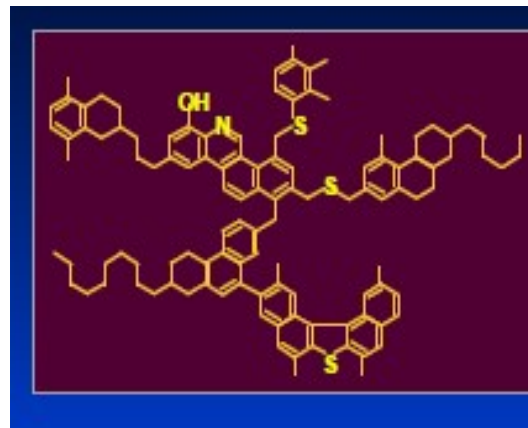
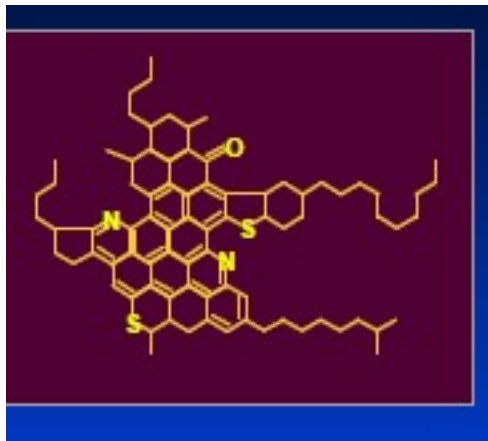
Les métaux : 0.005 à 0.015 % en masse (dont 75% du Nickel et de Vanadium), on peut aussi trouver le Sodium, Calcium, Magnesium, Aluminium, et le fer.

Les résines:

- Les résines contiennent des structures aromatiques (polycondensées ou non) dont le nombre de cycles est supérieur à 6, ainsi qu'une partie des hétéroéléments et des métaux.
- Elles jouent un rôle essentiel dans la stabilité du pétrole en prévenant la démixtion des asphaltènes

Les asphaltènes:

- Les asphaltènes représentent la fraction contenant les composés les plus polaires et de plus hautes masses moléculaires. Ils contiennent une grande partie des hétéroéléments et des métaux présents dans les produits pétroliers. Compte tenu de cette complexité et de leur très grande hétérogénéité, il n'existe pas de motif structural unique et plusieurs modèles ont été avancés pour décrire leur structure



Illustrations des différents modèles de structure des asphaltènes : types continental (à gauche) et archipel (à droite) |

4- Propriétés du pétrole brut :

4-1- La masse volumique, la densité et le degré API :

La masse volumique ρ d'une substance (**Density** en anglais) est le rapport de la masse sur le volume de la substance à une température déterminé.

La densité **d** (**specific gravity** en anglais) et le rapport de la masse volumique ρ de la substance sur la masse volumique d'un fluide de référence (l'eau pour les liquides et les solides) ρ_{ref} dans des conditions déterminés de T et de P.

$$d_{15}^{15} = \rho_{brut(15^{\circ}C)} / \rho_{eau(15^{\circ}C)}$$

$$d_4^{15} = \rho_{brut(15^{\circ}C)} / \rho_{eau(4^{\circ}C)}$$

Le degré API (du nom de "American Petroleum Institute") est un autre moyen pour exprimer la densité d'un brut. Plus le pétrole est lourd son degré API est faible.

$$\text{°API} = (141.5/d) - 131.5$$

Avec **d** la densité du pétrole brut par rapport à l'eau mesuré à 15,5°C.

4-2- Teneur en sel (salt content) :

La teneur en sel est exprimée en milligrammes de chlorure de sodium NaCl par litre de pétrole brut ou en (pounds/baril) de brut, cette teneur représente la quantité de sel dissoute dans l'eau présente dans le brut. Une teneur élevée de sel dans le brut provoque de graves problèmes de corrosion. Généralement une teneur de NaCl supérieur à **10lb/1000 baril** nécessite un dessalage.

4-3- Teneur en soufre (Sulfur content) :

La détermination de la teneur en soufre du pétrole brut est importante car cette teneur est utilisée pour la détermination du prix du brut.

4-4- Point d'écoulement (pour point) :

Le point d'écoulement pour un brut est la température la plus basse à laquelle le brut s'écoule (reste fluide) dans les conditions de test. Le but de ce test est d'indiquer la quantité des longues chaînes paraffiniques (la cire de pétrole ou petroleum Wax) contenues dans le brut.

NB : la connaissance du point d'écoulement est importante pour la détermination des conditions de pompage du brut en hiver.

4-5- Taux de cendres (Ash content) :

Le test indique la quantité des composés métalliques présents dans le pétrole brut. Le taux de cendres est déterminé par la combustion complète (calcination) d'un échantillon de pétrole brut.

5- Classification des bruts :

5-1 Classification selon la densité :

- pétrole léger "light" : le degré API est supérieure à 31.1 ; $API > 31.1$
- Pétrole moyen "medium" : °API compris entre 22.3 et 31.1 ; $22.3 < API < 31.1$
- Pétrole lourd ("heavy") : °API compris entre 10 et 22.3 ; $10 < API < 22.3$

- Pétrole extra lourd ("extra heavy") : °API inférieur à 10 ; API < 10

Les pétroles les plus légers sont les plus demandés par les raffineurs, car ils donnent directement beaucoup de coupes légères de grande valeur (diesel, essence, naphtha). À l'inverse, les pétroles lourds donnent plus de produits, tels que des bitumes et du fioul résiduel, qu'il faut soit vendre tels quels à bas prix, soit convertir en coupes plus légères, notamment par hydrocraquage (ajout d'hydrogène).

5-2 Classification selon la teneur en soufre :

Les pétroles avec une faible teneur en soufre (inférieure à 0,5% en poids) sont qualifiés de « sweet » ou « doux » ; au-delà, les pétroles sont qualifiés de « sour » ou « soufrés ». Ceci est important car le soufre est un « polluant-corrosif et poison » que les raffineurs doivent retirer. Ceci a un coût et il diminue donc la valeur du brut.

5-3 Classification selon la composition chimique :

- Les pétroles paraffiniques : le pourcentage des hydrocarbures paraffiniques est supérieur à 50%.
- Les pétroles naphténiques : le pourcentage des hydrocarbures naphténiques est supérieur à 50% dans le brut.
- Les pétroles aromatiques : le pourcentage des hydrocarbures benzéniques est supérieur à 35%.

04 - CLASSIFICATION SELON LA PRÉDOMINANCE :

on classe les pétroles bruts selon la prédominance de l'une des familles :

- Paraffiniques
- Oléfiniques
- Naphténiques
- Aromatiques

Ou bien les pétroles bruts sont classés selon le terme **PONA**

6- Les bruts de référence :

Plus de 130 types de pétroles bruts sont commercialisés à travers le monde, sur un total de 400 types de bruts connus. Leur prix est établi par différentiel à partir de bruts de référence dont la qualité standard est connue. Ces bruts de référence sont :

– le **WTI** (*West Texas Intermediate*) : (40 °API et 0,3 % S)

Ce type de brut est utilisé comme référence en Amérique du Nord. C'est un brut léger, non sulfuré. C'est le prix du WTI qui est habituellement cité dans les articles de journaux.

– le **Brent** : (38 °API et 0,3 % S)

Le Brent est un type de pétrole brut (léger et non sulfuré) issu de champs de la Mer du Nord. D'après l'International Petroleum Exchange où le prix du Brent est coté, ce prix est utilisé pour fixer le prix des deux tiers des pétroles bruts vendus mondialement.

– le **Dubaï light** : (environ 32 °API et 2 % S)

Un brut (léger sulfuré) dans le golfe Persique, le Dubaï light est utilisé comme référence pour fixer le prix de vente d'autres bruts de la région à destination de l'Asie, le Moyen-Orient et l'Asie.

NB : le brut algérien est appelé « sahara blend », c'est un mélange de bruts issus de plusieurs champs de la région de Hassi Messaoud.

Densité entre 43 et 47 °API, un brut léger

Teneur en soufre 0.1% « faible teneur en soufre »