

Noms et Prénoms des élèves de la classe de 3<sup>ème</sup> D1 ayant participé à la composition de cet exposé :  
BABA Seydou, BENIE Régis Fidèle, DIALLO Cheick Ali, KOUAKOU Tanoh Jean Marc, N'GORAN Komenan

# EXPOSÉ DE CHIMIE SUR LE PÉTROLE ET LES GAZ NATURELS

## PLAN D'ÉTUDE

### Généralité

#### I. Formation et structure

##### A. Formation

1. Du pétrole
2. Des gaz naturels

##### B. Structure

1. Du pétrole
2. Des gaz naturels

#### II. Opérations de bases dans l'industrie du pétrole et des gaz naturels

##### a) L'industrie du pétrole

1. En amont
2. En aval

##### b) L'industrie des gaz naturels

1. Extraction et traitement
2. Transport gazeux ou liquide

#### III. Production mondiale et nationale

##### 1) Production mondiale

##### 2) Production nationale

# Généralités

Le pétrole est exploité à partir de 1959 à Titusville en Pennsylvanie. Le pétrole et le gaz naturel sont actuellement les matières premières minérales et énergétiques les plus utilisées. Le pétrole est une roche liquide carbonée, ou huile minérale. C'est un mélange complexe d'hydrocarbures de différentes familles à des composés oxygénés, azotés et sulfurés ainsi qu'à des traces de métaux particuliers. L'exploitation de l'énergie fossile est l'un des piliers de l'économie industrielle contemporaine, car le pétrole fournit la totalité des carburants liquides. Le gaz naturel est un combustible fossile, il s'agit d'un mélange d'hydrocarbures légers comprenant du méthane, de l'éthane, du propane, des butanes et des pentanes. Comme la composition du gaz naturel varie, son composant principal est le méthane (au moins à 90%). Il est associé à d'autres alcanes, à du diazote, au dioxyde de carbone et à du sulfure d'hydrogène. Le gaz naturel est incolore, inodore, insipide, sans forme particulière et plus léger que l'air.

Dans notre exposé nous étudierons la formation, la structure, les opérations de bases de l'industrie de production nationale et mondiale du pétrole et des gaz naturels.

## I. Formation et structure du pétrole et gaz naturels

### A. Formation

#### 1. Du pétrole

Le pétrole s'est formé sous la surface de la Terre à la suite de la décomposition d'organismes marins. Pendant plusieurs millions d'années, d'innombrables végétaux, micro-organismes et espèces planctoniques, vivants dans les océans. Lorsque les générations successives mouraient, leurs restes se déposaient au fond de la mer. Pendant des millions d'années, ils s'accumulèrent et se mélangèrent à la boue et au limon, pour former des couches de sédiments riches en matières organiques.

L'accumulation continue de sédiments enfouit ces couches organiques à de grandes profondeurs. Sous l'effet de la compression, celles-ci se transformèrent en roches qui devinrent des réservoirs de pétrole. L'épaisseur de ces couches sédimentaires augmentant, la température s'éleva, entraînant une transformation des matières organiques d'origine en substances plus simples, les hydrocarbures, composés de carbone et d'hydrogène. Ainsi se constitua le pétrole.

#### 2. Des gaz naturels

La formation du gaz naturel provient de la lente métamorphose de micro-organismes (animaux et végétaux microscopiques) qui constituent le plancton.

Ces organismes, déposés au fond des océans en bordure des continents, se sont lentement incorporés dans les sédiments pour constituer la roche-mère.

Recouverts sans cesse de nouveaux dépôts, à l'abri de l'oxygène et de la lumière, ils se sont enfoués sous terre, avant de connaître des migrations qui les ont conduits vers des pièges où ils se sont accumulés. Les hydrocarbures se forment lorsque le plancton est immédiatement recouvert d'un sédiment à l'abri de la lumière.

### B. Structure

#### 1. Du pétrole

On distingue les pétroles en fonction de leur origine et donc de leur composition chimique. Le mélange d'hydrocarbures issu de ce long processus comprend des chaînes carbonées linéaires plus ou moins longues ainsi que des chaînes carbonées cycliques naphthéniques ou aromatiques.

Il est aussi possible de distinguer les différents types de pétrole selon leur densité, leur fluidité, leur teneur en soufre et autres impuretés (vanadium, mercure et sels) et leurs proportions en différentes classes d'hydrocarbures. Le pétrole est alors paraffinique, naphthénique ou aromatique.

On classe aussi les pétroles selon leur provenance (golfe Persique, mer du Nord, Venezuela, Nigeria), le pétrole issu de gisements voisins a souvent des propriétés proches.

Il existe des centaines de bruts de par le monde ; certains servent d'étalon pour établir le prix du pétrole dans une région donnée : les plus utilisés sont l'Arabian Light (brut de référence du Moyen-Orient), le Brent (brut de référence européen) et le West Texas Intermediate (WTI, brut de référence américain). Selon sa provenance, le brut peut contenir du gaz dissout, de l'eau salée, du soufre et des produits sulfurés (thiols (mercaptans) surtout). Il a une composition trop riche pour être décrite en détails. Il faut distinguer simplement trois catégories de brut :

- à prédominance paraffinique : les hydrocarbures linéaires sont les plus abondants ; ces bruts sont les plus recherchés car ils donnent directement une grande proportion de produits légers comme le gazole et le gazole ;
- à prédominance naphténique : avec beaucoup d'hydrocarbures à cycle saturé ;
- à prédominance aromatique : les hydrocarbures présentant un cycle carboné insaturé sont plus abondants.

De plus, il existe des bruts aptes à faire du bitume, ce sont des bruts très lourds de type Boscan, Tia, Bachaquero ou Safaniyah. Les deux principaux critères pour classer les centaines de bruts différents existants sont **la densité et la teneur en soufre**, depuis le plus léger et le moins sulfureux (qui a la plus grande valeur commerciale) qui est du condensat, jusqu'au plus lourd et au plus sulfureux qui contient 90 % de soufre environ : c'est un brut d'Italie.

## 2. Des gaz naturels

Il existe plusieurs formes de gaz naturel, se distinguant par leur origine, leur composition et le type de réservoirs dans lesquels ils se trouvent. Néanmoins, le gaz est toujours composé principalement de méthane issu de la désagrégation d'anciens organismes vivants. Aux différents types de gaz naturels cités ci-dessous, on pourrait adjoindre le biogaz, un substitut renouvelable.

⇒ Gaz conventionnel non associé

C'est la forme la plus exploitée de gaz naturel. Son processus de formation est similaire à celui du pétrole. On distingue le gaz thermogénique primaire, issu directement de la pyrolyse du kérogène, et le gaz thermogénique secondaire, formé par la pyrolyse du pétrole. Le gaz thermogénique comprend, outre le méthane, une grande variété d'hydrocarbures plus lourds, pouvant aller jusqu'à l'hexane. On peut y trouver aussi du dioxyde de carbone ( $CO_2$ ), du dioxyde de soufre ( $SO_2$ ) ou du sulfure d'hydrogène appelé aussi « gaz acide » ( $H_2S$ ) et parfois de l'azote ( $N_2$ ) et de petites quantités d'hélium (He). On a aussi les formes de gaz naturels suivants : Gaz associé, Gaz biogénique, Gaz de charbon, Gaz de schiste, Hydrates

## II. Opérations de base de l'industrie du pétrole et des gaz naturels

Le gaz naturel et le pétrole brut sont souvent associés et extraits simultanément des mêmes gisements, et ce, dans encore des mêmes zones de production.

L'exploration (recherche de gisements) et l'extraction du gaz naturel utilisent des techniques à peu près identiques à celles de l'industrie du pétrole. Une grande partie des gisements de gaz connus à travers le monde a d'ailleurs été trouvée au cours de campagnes d'exploration dont l'objectif était de trouver du pétrole.

### a) L'industrie du pétrole

L'industrie pétrolière se subdivise schématiquement en « amont » (exploration, production) et en « aval » (raffinage, distribution).

#### 1. En amont

L'exploration, c'est-à-dire la recherche de gisements et la production sont souvent associées.

L'exploration commence par la connaissance géologique de la région, puis passe par l'étude détaillée des structures géologiques (principalement par imagerie sismique, même si la magnétométrie et la gravimétrie sont aussi utilisées).

peuvent être utilisées) et la réalisation de puits. On parle d'exploration « frontière » lorsque la région est encore de réserve mondiale prouvée, le risque est alors très élevé mais le prix d'entrée est faible, et peut être important.

La production, ou plutôt l'extraction du pétrole, peut être une opération complexe : pour maximiser la production finale, il faut gérer un réservoir composé de différents liquides aux propriétés physico-chimiques très différentes (densité, fluidité, température de combustion et toxicité, entre autres). Au cours de la production, on ouvre de nouveaux puits pour accéder aux poches restées inexploitées. En règle générale, on injecte de l'eau et/ou du gaz dans le gisement, dans des puits distincts de ceux qui extraient le pétrole. Une mauvaise stratégie d'exploitation (mauvais emplacement des puits, injection inadaptée, production trop rapide) peut diminuer de façon irréversible la quantité de pétrole extractible. Par exemple, l'interface entre la nappe de pétrole et celle d'un liquide chargé en soufre peut être brisée par simple brassage, polluant le pétrole.

Au cours des dernières décennies, l'exploration et la production se font en proportion croissante en offshore, plus facile d'accès, a été exploité le premier. La loi de Ricardo s'applique très bien au pétrole. En règle générale, le retour sur investissement tend à diminuer : les gisements sont de plus en plus petits, plus dispersés, et difficiles à exploiter. Il y a bien sûr des exceptions, comme dans des pays où l'exploration a longtemps été paralysée pour des raisons politiques.

## 2. En aval

Comment traite-t-on un brut, ce mélange de molécules des plus légères aux plus lourdes ? On va le distiller pour provoquer son évaporation progressive. Par exemple, quand on chauffe un fond de casserole d'eau, on voit des bulles apparaître d'abord avant 100 °C : ce sont les gaz dissous dans l'eau qui s'échappent. Puis, à 100 °C, l'eau bout à gros bouillons et s'évapore complètement. Au fond de la casserole, on trouve des résidus blanchâtres de sels, qu'il faudrait chauffer à très haute température pour les vaporiser. Pour le pétrole, on applique le même principe pour le raffinage. Le raffinage consistait simplement, à l'origine, en la distillation ou le fractionnement du pétrole (procédé de séparation de constituants d'un mélange homogène. Au cours de la distillation, il y a d'abord une évaporation, puis une condensation.), pour séparer les hydrocarbures les plus légers des plus lourds. La distillation sous pression atmosphérique s'est vue complétée d'une distillation sous vide qui permet d'aller plus loin dans la séparation des différents hydrocarbures lourds.

Au fil du temps, nombre de procédés ont été ajoutés, dans le but de maximiser la production des coupes les plus profitables (essence et gazole, entre autres) et de diminuer celle de fioul lourd, ainsi que de rendre les carburants plus propres à l'emploi (moins de soufre, de particules et de métaux lourds). Ces procédés incluent notamment le reformage (procédé utilisé en raffinage pour convertir les molécules nappées en molécules aromatiques ayant un indice d'octane élevé servant de base dans la fabrication des carburants pour automobile.), le craquage (Procédé thermique ou catalytique visant à accroître la proportion relative de composants légers d'une huile par modification de la structure chimique de ses constituants.), le désasphaltage (fait de distiller le pétrole en séparant l'asphalte du résidu de la distillation), la réduction, la désulfuration, l'hydrocraquage (Craquage en présence d'hydrogène.), utilisent beaucoup d'énergie (sous forme de chaleur ou d'hydrogène).

Le transport du pétrole, tant du brut que des produits raffinés, utilise principalement les pétroliers et les oléoducs (tube de transport de pétrole.) pour les grandes distances et les volumes importants. Le transport par chemin de fer, par barge (un bateau à fond plat, dépourvu de moteur) en eau douce et par camion est utilisé pour la distribution finale des produits. Le transport du pétrole est à lui seul un secteur économique important : ainsi, les pétroliers représentent environ 35% du tonnage de la marine marchande mondiale.

### b) L'industrie du gaz naturel

#### 1. Extraction et traitement

Lors de l'extraction, la détente à la tête de puits provoque la condensation des hydrocarbures C<sub>2</sub> à C<sub>4</sub> liquides récupérés, appelés « condensats de gaz naturel » ou « liquide de puits de gaz naturel » correspondant à un pétrole extrêmement léger, de très haute valeur (donnant de l'essence et du naphtha). Tout le reste est

(hydrocarbures,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  et He) est gazeux à température ambiante et acheminé par gazoduc (une canalisation destinée au transport de matières gazeuses sous pression, la plupart du temps des hydrocarbures sur de longues distances.) vers une usine de traitement de gaz. Il faut donc deux réseaux de collecte : un pour le gaz et un pour les condensats.

Dans cette usine (qui peut être proche des gisements, ou proche des lieux de consommation), le gaz subit ensuite une déshydratation par point de rosée, puis les différents composants sont séparés. Les hydrocarbures  $\text{C}_2$  à  $\text{C}_4$  sont vendus sous le nom de gaz de pétrole liquéfié (GPL, et non pas Gaz naturel liquéfié (GNL)). Le  $\text{CO}_2$  est le plus souvent simplement rejeté dans l'atmosphère, sauf s'il y a un utilisateur proche. Parfois, on le réinjecte dans une formation souterraine (séquestration) pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Le gaz acide est vendu à l'industrie chimique ou séquestré. L'hélium est séparé et commercialisé si présent en quantité suffisante - dans certains cas, il représente une addition très importante aux revenus générés par le gisement.

L'autre partie (la plus grande) est transportée par gazoduc ou par méthanier vers les lieux de consommation.

## 2. Transport gazeux ou liquide

Le transport du gaz traité (gaz pauvre, presque exclusivement du méthane) est par nature beaucoup plus difficile que pour le pétrole. Cela explique que, pendant longtemps, les gisements de gaz n'intéressaient que les compagnies qui s'ils étaient relativement proches des lieux de consommation, tandis que les gisements situés dans des endroits isolés n'étaient développés que si leur taille justifiait les infrastructures nécessaires. Cependant, que la rentabilité des gisements gaziers s'est considérablement améliorée depuis plusieurs années, pour les gisements qui étaient vus comme « sub-commerciaux » sont maintenant profitables.

Pour transporter le gaz naturel des gisements vers les lieux de consommation, les gazoducs sont le mode de transport le plus courant. Mais une part croissante du gaz consommé est transportée sous forme liquide, à  $-162^\circ\text{C}$  et sous pression atmosphérique, dans des méthaniers du lieu de production vers les lieux de consommation. On appelle cela le GNL, ou Gaz Naturel Liquéfié. Sous cette forme liquide, le gaz naturel offre, à volume égal, avec le fioul domestique, un pouvoir calorifique qui correspond à plus de la moitié du pouvoir calorifique de celui-ci.

# III. Production mondiale et nationale du pétrole et des gaz naturels

## 1) Production mondiale

La production de pétrole est comptabilisée en millions de barils par jour. La production mondiale en 2006 était de 84,6 et les prévisions selon les sources de référence agrégées par l'AIE (agence internationale de l'énergie) sont de 91,1 en 2010, 98,5 en 2015 et 116,3 en 2030.

L'OPEP (Organisation des pays exportateurs de pétrole) est un cartel pétrolier qui a un poids très important : 43% de la production (52% en 2030 selon les mêmes prévisions), 70% des réserves et 80% des exportations mondiales. Ses membres principaux sont situés dans le Moyen-Orient (Arabie Saoudite, Iran, Irak, Émirats Arabes Unis, Libye...), mais sont aussi membres : le Venezuela, le Nigéria, l'Indonésie et l'Angola (voir Fiche Echos de la Russie).

La Russie (production de 9,7 en 2006), les États-Unis (7,1 en 2006) ou la Norvège sont eux aussi des acteurs du secteur mais cette production n'est pas principalement destinée à l'exportation, contrairement aux pays de l'OPEP. L'avenir : De manière générale la production des gros consommateurs que sont les pays de l'OCDE (production de 19,7 en 2006) ou la Chine (3,7 en 2007) est amenée à décliner de 0,3% en moyenne sur l'horizon 2030 selon l'AIE. Pourtant les principales entreprises de prospection et d'exportation viennent de ces pays.

## 2) Production nationale

Avant la découverte de gisements, la couverture des besoins nationaux en produits pétroliers finis est assurée par les importations. À partir de 1965, des quantités de plus en plus importantes d'hydrocarbures sont produites localement et importées et sont totalement traitées par la Société ivoirienne de raffinage (SIR) ; une entreprise créée en 1965.

octobre 1962 et dont la capacité de raffinage est de 3 500 000 tonnes de pétrole brut par an, soit 70 000 barils par jour. Cette situation fait ainsi baisser, de façon considérable, le taux d'importations de produits finis qui s'illustre de ce fait comme un pays réalisant de la raffinerie plutôt que de la production du pétrole brut. La Côte d'Ivoire n'en dispose pas moins de réserves de pétrole brut estimées à 100 millions de barils.

La découverte de pétrole et gaz exploitables dont le groupe Esso-Shell est à l'origine, remonte aux années 1950. Des concessions d'exploitation sont ensuite accordées à plusieurs autres grandes compagnies pétrolières par le gouvernement ivoirien. Mais à travers la société d'État Petroci (Société nationale d'opérations pétrolières de Côte d'Ivoire), l'État demeure propriétaire des gisements découverts et prend des participations au sein de ces groupes.

En 2005, avec 3,9 millions de tonnes, le sous secteur de l'hydrocarbure enregistre une hausse générale et une croissance importante du secteur industrie. La production de pétrole, grâce au champ « Baobab » du bloc CI40, atteint un niveau de 80 000 barils par jour à fin mars 2006 permettant ainsi de couvrir largement la consommation journalière estimée à 25 000 barils. La production de gaz quand à elle s'établit à 1 742,3 millions de mètres cubes la même année, les exportations de produits pétroliers augmentent de 22,6 % pour se chiffrer à 3 242,7 millions de tonnes.

En 2008, avec 50 000 barils par jour en moyenne, la Côte d'Ivoire ne peut être considérée pour l'heure comme un producteur stratégique de pétrole en Afrique comparativement à la Guinée Équatoriale qui produit 1,5 million de barils par jour, à l'Angola qui en produit 1,5 million par jour ou encore au Nigéria qui produit 2,3 millions de barils par jour.

## Conclusion

De la formation à la production, le pétrole et les gaz naturels sont des éléments importants dans notre économie d'aujourd'hui.

