

LE PETROLE

Mélange d'**hydrocarbures** (composés naturels de carbone et d'hydrogène), d'une couleur variant du jaune-brun au brun noirâtre, présentant une **odeur** caractéristique et une **fluorescence** importante.

Le pétrole est facilement inflammable et, à l'état naturel, il se trouve habituellement associé à du **gaz naturel**, il se trouve (méthane, éthane, propane) dans des proportions variables.

La densité du pétrole varie de **0,80 à 1g/cm³**, c'est-à-dire de **45° API** à **10° API**.

L'unité de volume la plus utilisée pour le pétrole est le **baril** (bl, 1 bl = 158,99 l), mais en Europe, on utilise souvent la **tonne métrique** dont le volume varie avec la densité du pétrole ; par exemple, à **20°C**, le contenu en barils d'une tonne de pétrole à **45°API (0,80 g/cm³)** est de **8 bl**, alors que pour le pétrole à **14° API (0,97 g/cm³)**, il est de **6,6 bl**.

I- Origine :

L'étude de l'origine du pétrole fait partie de la **géochimie organique** qui traite des composés du carbone. Le **carbone organique (C)**, qui est un constituant des organismes animaux et végétaux, se dépose avec les **sédiments** dans une proportion d'environ **1%** du total.

Le carbone Co ainsi déposé se conserve dans les bassins sédimentaires. Au cours des temps géologiques, il est soumis à un cycle de transformation très long qui, selon son intensité et sa durée, produit du **charbon**, du **kérosène** (ancêtre du pétrole), du pétrole et du **graphite**.

La substance organique source de carbone : la biomasse, est produite sur Terre et dans la mer, est constituée d'**hydrates de carbone**, de **protéines**, de **lipides** et, dans le cas de plantes ligneuses, de **lignites** et de **tanins**.

La biomasse se dépose avec de petites particules de minéraux, en donnant naissance à des **argiles** ou à des **marnes** à haut contenu organique qui prennent le nom de **roche mère**.

Les milieux les plus favorables à la formation des roches mères sont les **lagunes**, les **estuaires** et les **bassins marins** à circulation réduite, donc peu oxygénés, ou ceux des **talus continentaux** ou les fréquents éboulements sous-marins recouvrent la biomasse en la préservant de l'oxydation.

Le processus de transformation du pétrole (ou **maturation** de la roche mère) est variable et il dépend de la valeur du degré **géothermique** du **bassin** et de la vitesse de **subsidence** de la roche mère.

Pour chaque bassin pétrolifère, il existe donc une profondeur spécifique à laquelle le pétrole est produit par la roche mère, profondeur qui prend le nom de : **fenêtre de maturation**.

En langage technique courant, la zone du bassin où cette transformation a lieu est appelée « **cuisine** ».

Le temps nécessaire à la maturation varie, lui aussi, selon la valeur du degré géothermique : avec des valeurs thermiques élevées, on peut l'estimer à **5-10 millions d'années** ; avec des valeurs thermiques basses, il est de l'ordre de **100 millions d'années**.

Les roches-réservoirs sont des roches qui présentent des caractères de porosité et de perméabilité suffisants pour contenir les hydrocarbures et permettre leur extraction ; **62%** environ des roches sont des **grès** à haute porosité, due aux **interstices** entre les grains de sable, dont la perméabilité relative est suffisamment élevée ; **30%** environ sont constitués de calcaire et/ou de dolomies (c'est-à-dire de roches carbonées), fracturées ou rendues poreuses par dissolution du **carbonate de calcium** ou de **magnésium**.

Dans une roche-réservoir privée de couverture, le pétrole se perd dans les roches voisines ou le long de fractures ; s'il est en surface, il perd sa part gazeuse tandis que sa part liquide s'oxyde en **asphaltes** ou en **bitumes**.

Pour qu'une roche-réservoir puisse conserver le pétrole, il faut qu'elle soit recouverte par une roche imperméable : par exemple : une argile ou une marne, ou, mieux encore, une roche **évaporitique (sel, anhydrite)**. Ces roches sont appelées **roches de couverture**.

La pression des strates superposées à la roche mère, ainsi que la pression du gaz produit avec l'huile, tendent à faire sortir le pétrole de la roche mère jusqu'à une roche-réservoir par un processus de **migration**.

Il existe une **migration primaire** au sein de la roche mère, pendant laquelle on a une **coalescence** des fines des fines gouttes de pétrole qui sont diffuses, et une **migration secondaire** de la roche mère vers la roche-réservoir.

Des températures de **50 à 250°C**, des pressions de **100 à 140 atm**, des profondeurs de **1000 à 6000 m**, sont les facteurs qui influent sur la migration.

Pendant la migration secondaire, on a une différenciation par gravité entre les parties du pétrole : le gaz, plus léger, se situe dans la partie haute du réservoir, sous la roche de couverture tandis que l'huile se dépose immédiatement au-dessous du gaz ; il est suivi par l'eau.

La **capillarité** de la roche-réservoir a également une fonction déterminante dans ce processus.

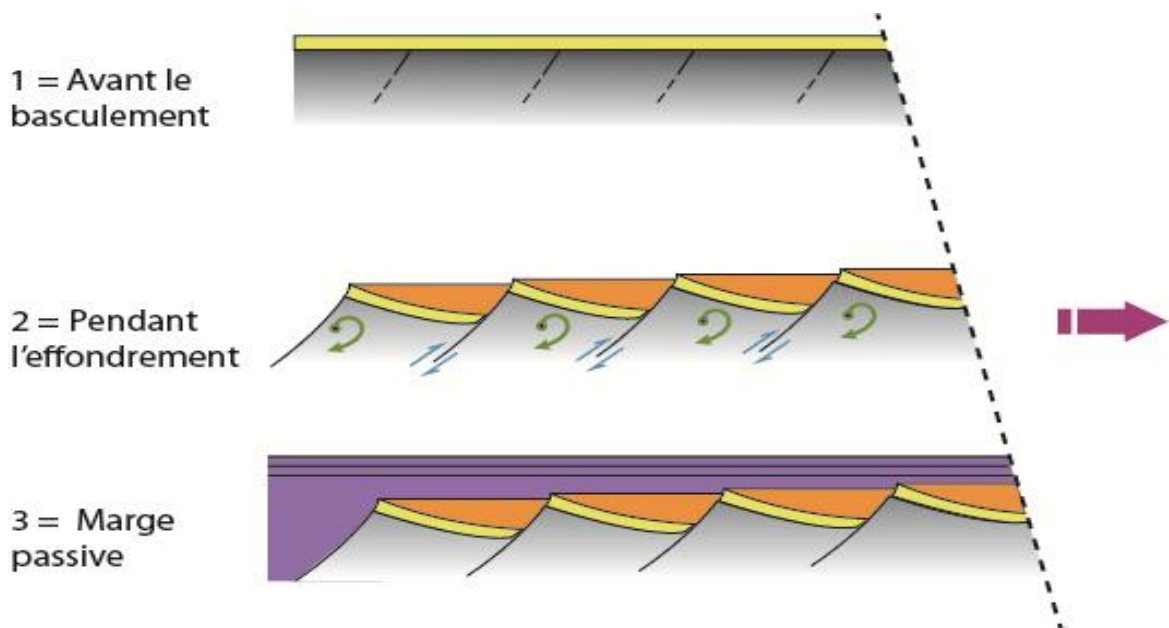
II- Gisements :

L'existence d'une accumulation de pétrole, suffisante pour constituer à l'intérieur d'une roche-réservoir un gisement, requiert l'existence de conditions géologiques, structurales ou stratigraphiques, particulières.

On donne à ces conditions le nom générique de « **pièges** » à pétrole et elles peuvent être d'ordre structurel ou stratigraphique.

Les **pièges structuraux** sont formés par des **plis anticlinaux**, par des strates parcourues de **failles**, par des **discordances**.

Les **pièges stratigraphiques** sont dus à des variations de porosité le long d'une ou plusieurs strates **lenticulaires**, à des amincissements des strates poreuses, au contact de reliefs enfouis, etc.



Légende:

 Socle Granitique	 Sédiments de type lacustre	 Rotation des blocs basculés	 Extension
 Sédiments type marnes et calaires marins	 Sédiment argilo-marneux	 Failles normales	

D'autres pièges sont formés par la combinaison de ces deux types principaux. Un type particulier de pièges structuraux sont dus à la montée de **domes** de sel, comme en **Louisiane** ou au **Gabon**.

La plupart des anticlinaux représentent **58%** des pièges connus et produisent **80%** du pétrole mondial.

III- Prospection :

La **prospection** du pétrole s'effectue en deux phases.

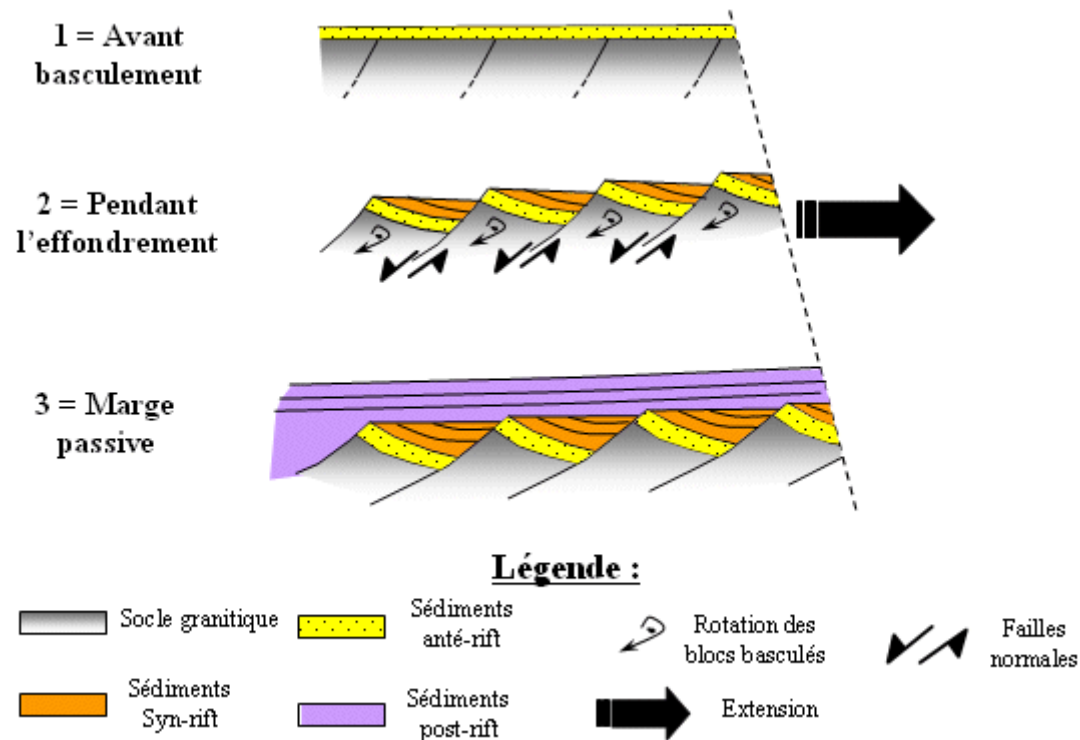
- **Une première phase** d'exploration indirecte, qui consiste à s'assurer si, dans un bassin sédimentaire déterminé, il existe ou non, des conditions stratigraphiques ou structurelles favorables à une accumulation de pétrole.

- **Une seconde phase** d'exploration directe, pendant laquelle on exécute un premier sondage au moyen d'un forage à l'endroit qui semble le plus propice.

D'après le relèvement géologique du bassin, on étudie les conditions stratigraphiques et structurelles visibles en surface et extrapolables au sous-sol, avec une approximation qui varie selon la complexité géologique de la zone.

Cette phase est complétée par l'étude de **topographies** aériennes, par les images produites par les **satellites artificiels** et, en première approximation, par l'**aéromagnétisme** qui fournit une esquisse des formes générales du bassin à partir du « **socle magnétique** ».

Aucun des systèmes d'exploration ne donne la certitude de la présence du pétrole dans le sous-sol, mais la synthèse des données recueillies, dans leur ensemble, donne une indication sur le lieu le moins défavorable pour effectuer le premier forage.



IV- Forage :

Une installation de **forage** est constituée par un échafaudage métallique, appelé **derrick**, qui soutient une série de tubes en acier vissés l'un contre l'autre, munis d'un **trépan** à l'extrémité inférieure et d'une tête tournante à l'extrémité supérieure.

Dans ces tiges de forage creuses, on fait circuler au moyen d'une pompe, une boue fluide qui remonte à la surface en passant par l'espace situé entre la paroi du puits de forage et les tiges.

La fonction de la boue est multiple : elle soutient les parois du puits, elle lubrifie et refroidit le trépan, elle évite la sortie du pétrole si l'on en trouve avant qu'aient pu être préparés en surface les volets de sécurité.

Pour les forages qui sont exécutés sur le plateau continental, à des profondeurs d'eau variables, on utilise des trépan installés sur des plates-formes munies de pieds télescopiques qui s'appuient sur le fond ; dans les eaux profondes, on se sert d'un navire spécialement équipé, ancré et retenu par de longs câbles et/ou maintenu en position par un système de moteurs à hélices.

V- Production :

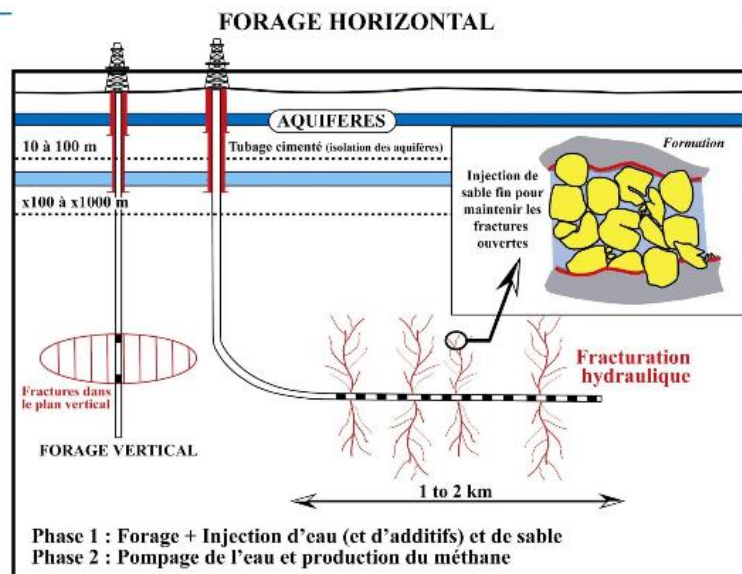
La différence entre la pression de la strate et la pression atmosphérique pousse l'huile ou le gaz (ou les deux) vers le conduits de forage. Pendant le forage, pour éviter que le gaz ou l'huile ne s'échappent quand le trépan rencontre une strate productive, le conduit est continuellement rempli d'une boue artificielle qui exerce une pression hydrostatique suffisante pour s'opposer à la pression des fluides dans le gisement.

Lorsque le forage est terminé et que le puits est prêt pour l'exploitation, on pratique d'autres forages correspondant aux strates productrices, et l'on dispose à la tête des puits les systèmes de vannes et de contrôle qui permettront de régler le flux du pétrole

L'huile peut se trouver dans un gisement avec du gaz dissous sans qu'un chapeau de gaz libre ne soit situé au-dessus d'elle, ou bien dans des conditions de saturation gazeuse, avec un chapeau de gaz libre au-dessus : dans les deux cas, l'expansion du gaz facilitera le flux de l'huile dans le puits (**gaz drive**). Dans d'autres cas, quand l'eau sous-jacente au pétrole se trouve en conditions **hydrodynamiques**, elle contribuera à la poussée d'huile.



Les méthodes de production



Un challenge : Produire des quantités commerciales de gaz à partir d'un milieu non poreux et imperméable.

FORAGES HORIZONTAUX et FRACTURATION HYDRAULIQUE.

Un gisement est exploité par plusieurs puits, dont la saturation est étudiée de façon à permettre le drainage maximal avec un nombre minimal de forages. On fait également très attention à ne pas priver le gisement du gaz qui exerce la poussée.

VI- Composition :

Le pétrole contient des centaines d'hydrocarbures avec un ou plusieurs atomes de carbone, depuis **C1 (méthane)** jusqu'à **C20** et au-delà, que l'on peut réunir en trois classes fondamentales : paraffineux, à chaîne linéaire et ramifiée ; naphthéniques ; aromatiques, mono- et polycycliques.

Il est peu courant de faire, en général, de faire une analyse chimique qualitative et quantitative d'un pétrole pour en fixer la valeur commerciale. On utilise plutôt des **indices** ou des systèmes simplifiés, en particulier celui fondé sur sa densité API.

La plupart des pétroles contiennent des mélanges d'hydrocarbures paraffineux-naphthéniques, avec des pourcentages pouvant aller jusqu'à **20%** d'hydrocarbures aromatiques et de petits pourcentage de composés oxygénés, sulfurés et azotés.

Les pétroles de la Caspienne, du Caucase (Bakou), certains pétrole de Bornéo, du Venezuela et du Mexique contiennent jusqu'à **75%** d'hydrocarbures naphthéniques de formule **C_nH_{2n+2}** ; ceux de Pennsylvanie, de Pologne, d'Afrique du Nord et ceux du Moyen-Orient contiennent jusqu'à **60%** d'hydrocarbures paraffineux de formule **C_nH_{2n+2}** ; certains pétroles de Bornéo contiennent **50%** d'hydrocarbures aromatiques (qui fournissent l'essence à haut indice d'octane) ; ceux de la Californie, du Venezuela, du Japon et de la Caspienne contiennent jusqu'à **12%** de composés oxygénés et ceux du Moyen-Orient de **1,2 à 2,4%** de soufre.

VII- Raffinage :

Le pétrole étant un mélange de très nombreux hydrocarbures, les uns gazeux, les autres solides à température ambiante, ne peut être utilisé sous sa forme brute, mais peut, grâce à des raffinages successifs opérés par **distillation**, être fractionner (**distillats**) en produits **homogènes**.

Certains distillats subissent en cours de raffinage plusieurs modifications allant de la transformation chimique en passant par les opérations de **craquage**, de **reformage**, etc. ; certains d'entre eux, gazeux et obtenus par **séparation** ou **conversion**, sont l'objet de divers traitements pétrochimiques (**alkylation**, **sulfonation**, **polymérisation**) qui permettent d'obtenir une très vaste gamme de produits dérivés (détergents, fibres synthétiques, matières plastiques, protéines, etc.).

Grossièrement, on distingue et classe ces nombreux distillats d'après leur différence de point d'**ébullition**.

