**Prospection (Exploration pétrolière)**

1. **Exploration géologique de surface :**
2. **Indices de surface**

Au début de l’histoire de la prospection pétrolière, le choix des régions à explorer est imposé en fonction de l’existence des indices de surface :

L’indice de surface est La présence de substances associées aux hydrocarbures à la surface de la terre.

La Présence d’un indice de surface, ne garanti pas l’existence de gisements exploitables et surtout ne permettent pas de les localiser.

**b- Observations géologiques**

Dans cette méthode les géologues recherchent, à partir des affleurements (roches du sous-sol mises à nu par érosion ou par l’activité humaine (construction de routes, carrières) l’alternance de roches poreuses et de roches imperméables.

1. **Exploration géophysique :**
2. **Méthode gravimétrique :**

Elle repose sur la mesure des faibles variations du champ de pesanteur causé par la variation de la densité des différentes couches géologiques.

A l’aide d’un gravimètre, on mesure la valeur de ***g : accélération de la pesanteur*** en chaque point. La variation de g et de 0.5% sur toute la surface de la terre, tandis que la sensibilité d’un gravimètre moderne est de 10-12 de la gravité de la surface de la terre.

1. **Méthode magnétométrique :**

Elle repose sur la mesure de la variation du champ magnétique, causé par la variation des propriétés magnétiques des différentes roches, et que le bassin remplis d’hydrocarbures n’est pas ferromagnétique.

L’enregistrement du champ magnétique se fait par avion ou par satellite, cela nous permet de tracer une image du fond du bassin.

1. **Méthode sismique :**

Cette technique est la plus utilisée pour la recherche pétrolière.

Elle consiste à envoyer des ondes sonores dans le sol en provoquant artificiellement de légers tremblements à la surface du sol (le plus souvent à l’aide de camions munis de lourdes plaques vibrantes) ou en mer (canons à air provoquant des ondes de choc par la détente de gaz comprimés).

Les ondes émises se propagent dans le sous-sol. Lorsqu’elles rencontrent des discontinuités dans les propriétés des roches traversées (par exemple, au niveau d’interfaces entre couches sédimentaires), une partie d’entre elles va se réfracter et une autre se réfléchir vers la surface où elles sont enregistrées par des récepteurs : ***géophones*** à terre et ***hydrophones*** en mer.

Le traitement des signaux reçus permet alors de restituer une image de volumes de terrain (sous-sol) en trois dimensions (appelés « blocs 3D »). Cette image, construite à partir des temps de parcours des ondes doit alors être transformée en une image exprimée en distance. C’est ce que l’on appelle la **migration temps-profondeur**



**Méthode sismique**

**Le Forage**

1. **Introduction :**

Lorsque les études concluent à la présence probable d’hydrocarbures, des forages de prospections sont réalisés. C’est une décision lourde de conséquences économiques pour une entreprise pétrolière.

Le coût du forage peut aller de **1 million à 100 millions** de dollars, suivant la zone géographique et la profondeur de forage.

Le pourcentage de succès était d’environ ***un puits productif sur sept puits*** forés en 1990, il est en 2008 d’environ ***un sur trois*** à l’échelle mondiale.

Les buts du forage d’exploration sont:

1. vérifier les hypothèses des géologues et des géophysiciens quant à la présence d’hydrocarbures ;
2. préciser la stratigraphie (succession exacte des couches sédimentaires) ;
3. réaliser des observations capitales pour comprendre la géologie exacte de la zone et optimiser l’emplacement d’autres sondages.

Si les forages de prospection ont mené à la découverte de pétrole, plusieurs forages complémentaires sont réalisés pour délimiter la taille du gisement et estimer la quantité de pétrole en place.

Les résultats obtenus permettent de valider la viabilité économique du projet. Avant d’exploiter commercialement le gisement, le pétrolier doit développer le champ : équipement, mise en production et évacuation du pétrole.

La profondeur des forages pétroliers varie de quelques centaines de mètres de profondeur à 9 000 m.

1. **Appareil de forage :**

L’appareil de forage est constitué d’une tour métallique appelée **derrick**, servant à introduire verticalement dans le sol des **tiges creuses** vissées bout à bout. La hauteur du derrick est d’environ 45 m, cela permet la manœuvre et le stockage des tiges de forages.

Au bout de ces tiges, la tête de forage **trépan** – en acier très dur –attaque la roche.

Le **trépan** sur lequel on appuie et que l’on fait tourner à une vitesse maximale de 200 tr/min.

Le poids sur l’outil est assuré par la masse des tubes de forages, auxquels il est possible d’ajouter des tubes très épais appelés masses-tiges.

Les débris de roches produits lors du forage sont remontés à la surface par les **boues de forage** constituées d’unmélange d’eau et d’argile. Ces boues sont injectées par l’orifice dutrépan. Les boues sont tamisées en surface. Les débris sont collectéspar les géologues et analysés alors que la boue est renvoyée dans le circuit. Ces boues permettent aussi de :

* maintenir les déblais en suspension après arrêt de la circulation,
* de maintenir les parois du trou grâce à la pression exercée latéralement,
* de retenir sous pression les fluides contenus dans la roche et donc d’empêcher la venue de fluides à l’intérieur des puits.
* Elles permettent aussi de refroidir l’outil de forage.

Remonté des débris

Trépan

Injection de la boue

Forage avec injection de boue de forage

**Extraction (production pétrolière)**

1. **Estimation de la quantité du pétrole dans le gisement:**

La quantité du pétrole dans un gisement dépend de la pression, de la température, de la densité et la viscosité du pétrole, ainsi que la porosité et la perméabilité de la roche réservoir.

La quantité du pétrole dans un gisement peut être estimée par la relation suivante :

***Quantité (million de tonnes) =* A.H**.****.(**1-Sw**).****/***b***

Avec :

A : surface du gisement du pétrole en kilomètres carrés ;

H : épaisseur de la couche du pétrole en mètre ;

****Porosité de la roche réservoir ;

Sw: fraction saturée en eau dans les pores ;

****densité du pétrole. ;

***b*** : fraction volumique du pétrole dans le gisement.

NB : Les réserves en place sont les quantités d'hydrocarbures qui peuvent être économiquement produites et commercialisées. (voir figure ci-dessous).



***Prix du baril en $***

1. **Evaluation des réserves :**

Dans le domaine pétrolier, les **réserves d’hydrocarbures** sont classées en trois catégories :

– les réserves en place prouvées ;

– les réserves en place probables ;

– les réserves en place possibles.

Dans l’industrie, elles sont respectivement connues sous le nom P90, P50 et P10 car elles ont 90 %, 50 % et 10 % de chance d’être mises en production. Ce classement est établi sur la base des technologies actuelles, des prix actuels et selon les accords commerciaux et gouvernementaux en cours.

* Les **réserves en place prouvées** sont « raisonnablement certaines » d’être produites, elles sont situées dans des zones traversées par des puits.
* Les **réserves en place probables** sont estimées à partir des études structurales, et des mesures de pressions mais sans certitude complète, ce sont des quantités additionnelles de pétrole brut que les informations techniques et géologiques des gisements permettent d’envisager de récupérer.
* les **réserves en place possibles** sont des gisements aujourd’hui non découverts ainsi que du pétrole dit « non conventionnel » comme les bruts extra-lourds, celui extractible des schistes bitumineux et les sables asphaltiques.

1. **Extraction du pétrole :**

**3-1 Extraction primaire : (15 à 20%)**

Le gradient de pression entre la roche réservoir et le sommet du puits est, en général, suffisant pour acheminer *via* le puits de production, le pétrole jusqu’à la surface. Par cette technique de **récupération « primaire »**, 15 à20 % du pétrole en place peuvent être produits

NB : Dans les champs du Moyen-Orient, le pétrole remonte le plus souvent à la surface naturellement sous l’effet de la pression, durant des années, et sans intervention.

**3-2 Extraction secondaire : (30 à 35%)**

La pression dugisement diminue progressivement avec l’exploitation. Cette chutede pression peut s’accélérer s’il n’y a pas de source d’énergie telle que le (chapeau de gaz). Pour améliorer le taux de récupération, le recours à des techniques de **récupération secondaire** est possible. On peut ainsi récupérer entre 15 et 20 % supplémentaires et donc, au total environ 30 à 35 % de l’huile contenue dans le réservoir.

1. ***Extraction au moyen de pompes :***

Dès que le pétrole ne remonte plus de lui même, on utilise des pompes à balancier, appelées pompes d’alimentation alternatives, ressemblant à des «têtes de chevaux» dont le mouvement lent, de haut en bas.



1. ***Extraction par injection de gaz « gas lift »:***

On peut utiliser le gaz disponible dans le champ pétrolier, pour la production pétrolière en l’injectant dans la à la partie supérieure. Le gaz se mélange alors au pétrole qui remonte à la surface sans autre assistance.



**gaz**

**Pétrole**

1. ***Extraction par injection d’eau « water lift » :***

La chute de pression peut être compensée en injectant de l’eau à la partie inférieure du gisement, l’eau pousse le pétrole encore disponible vers le haut, dans le trou du forage.



**Eau**

**Pétrole**

**Couche perméable**

**3-2 Extraction tertiaire « assistée » : (40 à 50%)**

Pour aller au-delà, différents procédés, dits de **récupération assistée** peuvent être utilisés. Ce sont des technologies plus complexes telles que l’injection dans le réservoir de **CO2**, voire **d’azote**, de **solvants miscibles chimiques,** de **vapeur**. Le but est d’abaisser la tension superficielle du pétrole afin qu’il se détache facilement de la roche.

Ces techniques sont actuellement les plus utilisées. Le taux global de récupération peut atteindre 40 voire 50 % de l’huile en place.



**Vapeur ou solvant**

**Pétrole**

* **Epuisement du gisement :**

Malgré toutes ces astuces, le gisement s’épuisera, même si tout le pétrole n’a pu être pompé, loin de là. Une grande partie du pétrole reste emprisonnée dans les pores les plus fins de la roche. Malgré tous les moyens déployés, on ne peut extraire plus de **50%** du pétrole stocké dans la roche. Ce taux est cependant nettement supérieur à celui d’il y a vingt ans où l’on devait se contenter de 25%.

NB : Les différences entre les gisements sont conséquentes. Ainsi, les États-Unis produisent 350 millions de tonnes par an avec **500 000** puits alors que le Moyen-Orient en produit 3 fois plus avec environ **3000** puits.