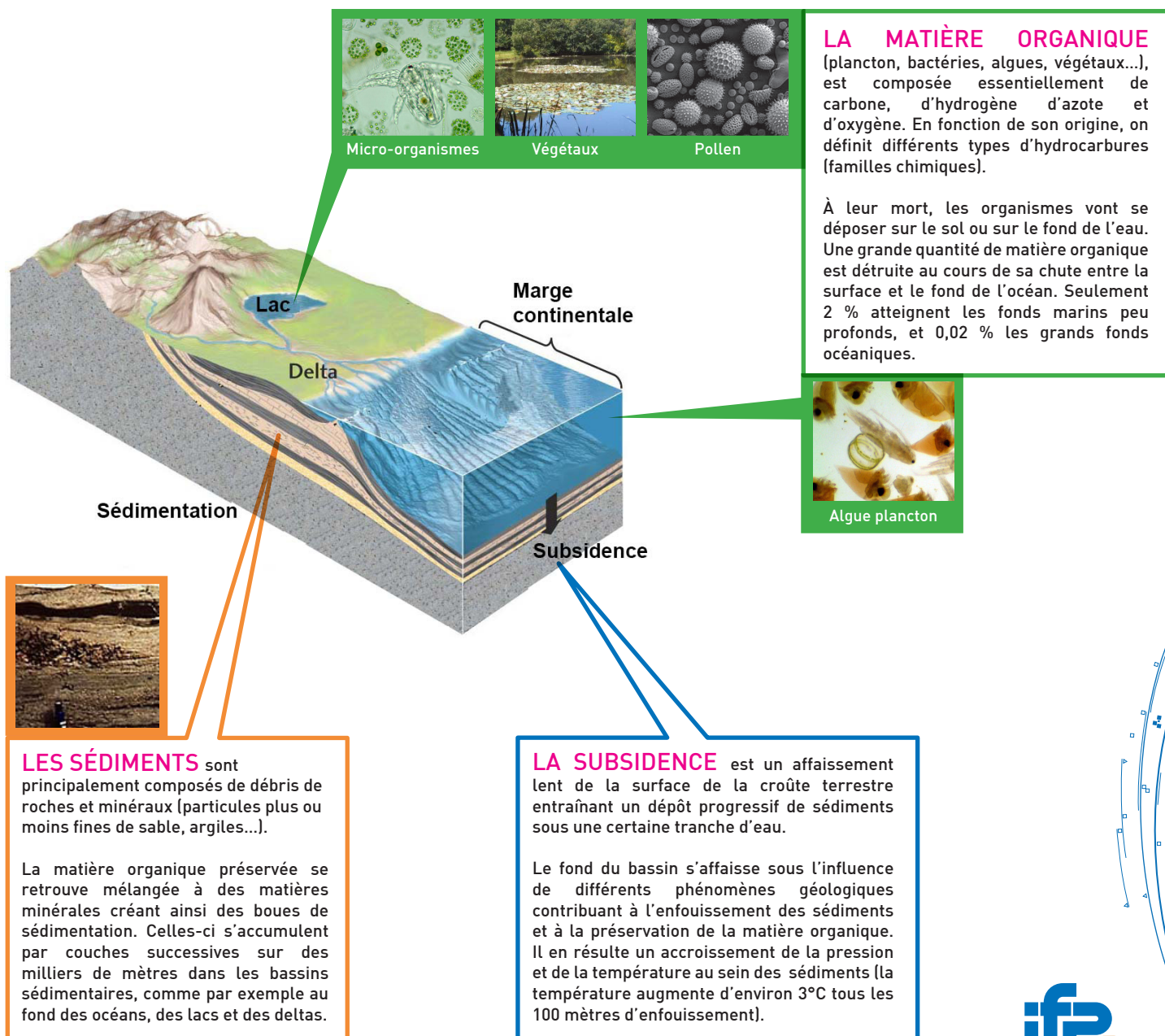




## D'où vient et comment se forme le pétrole ?

Le pétrole (hydrocarbure liquide, appelé aussi « huile »), tout comme le gaz naturel, est un combustible fossile qui provient de la décomposition de la **matière organique** présente en plus ou moins grande concentration dans les **sédiments**. En pratique, l'enfouissement progressif des sédiments (**subsidence** de plusieurs kilomètres) va permettre à la matière organique de lentement se transformer (sur des millions d'années).



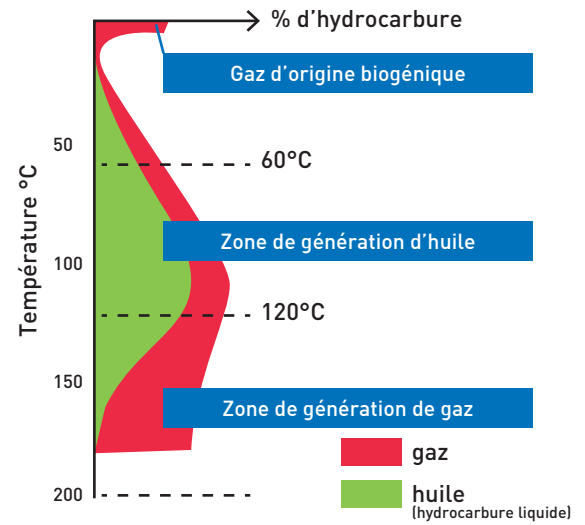
# Le système pétrolier

On appelle « système pétrolier » l'ensemble formé d'une **roche mère** qui génère les hydrocarbures, d'une **roche réservoir** (poreuse et perméable) qui les accueille au cours de la migration et d'une **roche couverture** (imperméable) qui donnera son étanchéité au piège.

## LA ROCHE MÈRE ET LA GÉNÉRATION D'HYDROCARBURES

Si une roche sédimentaire contient au moins 1 à 2 % de matière organique, elle pourra jouer le rôle de **roche mère**.  
Sous l'effet de température et de pression, la matière organique contenue dans la roche mère se transforme en kérogène, disséminé dans la roche sous forme de petits grumeaux.

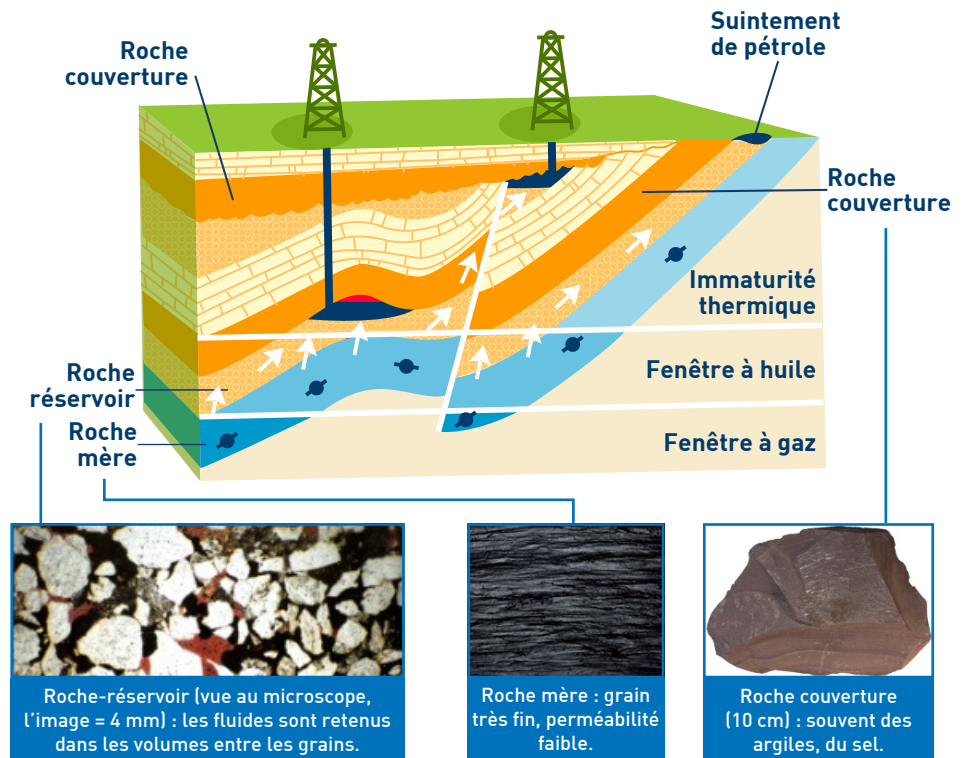
Généralement entre 2 500 et 5 000 m et sous l'action des hautes températures qui y règnent, le kérogène se transforme (craquage thermique) en pétrole liquide accompagné de gaz. A plus de 5 000 m, le pétrole « craque » à son tour et se transforme en gaz.  
La matière organique peut, à très faible profondeur, être biodégradée par les bactéries, on parle alors de gaz biogénique.



## L'EXPULSION, LA MIGRATION ET LES PIÈGES

Le processus de maturation dans la roche mère contribue à l'augmentation de pression. Quand cette pression est suffisante, les hydrocarbures sortent (**expulsion**) de la roche mère pour entrer dans une roche poreuse et perméable ou roche réservoir (5 à 30 % de porosité) qui laisse circuler les fluides. Les hydrocarbures, plus légers que l'eau contenue dans la roche, vont remonter vers la surface en **migrant** au travers des roches perméables ou bien le long de failles géologiques.

Dans ce réservoir, les hydrocarbures vont se déplacer sur des distances allant de quelques mètres à plusieurs centaines de kilomètres jusqu'à ce qu'ils soient arrêtés dans des structures particulières qui sont les **pièges** recouverts d'une couche imperméable (la roche couverture).



## REPRÉSENTATION SCHÉMATIQUE DE LA GENÈSE DES HYDROCARBURES



### Pour en savoir plus :

IFP School  
228-232, avenue Napoléon Bonaparte  
92852 Rueil-Malmaison Cedex  
Tél. : 01 47 52 59 22  
Fax : 01 47 52 67 65  
[www.ifp-school.com](http://www.ifp-school.com)

+ Lien utile :

[www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-energie/le-petrole](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-energie/le-petrole)

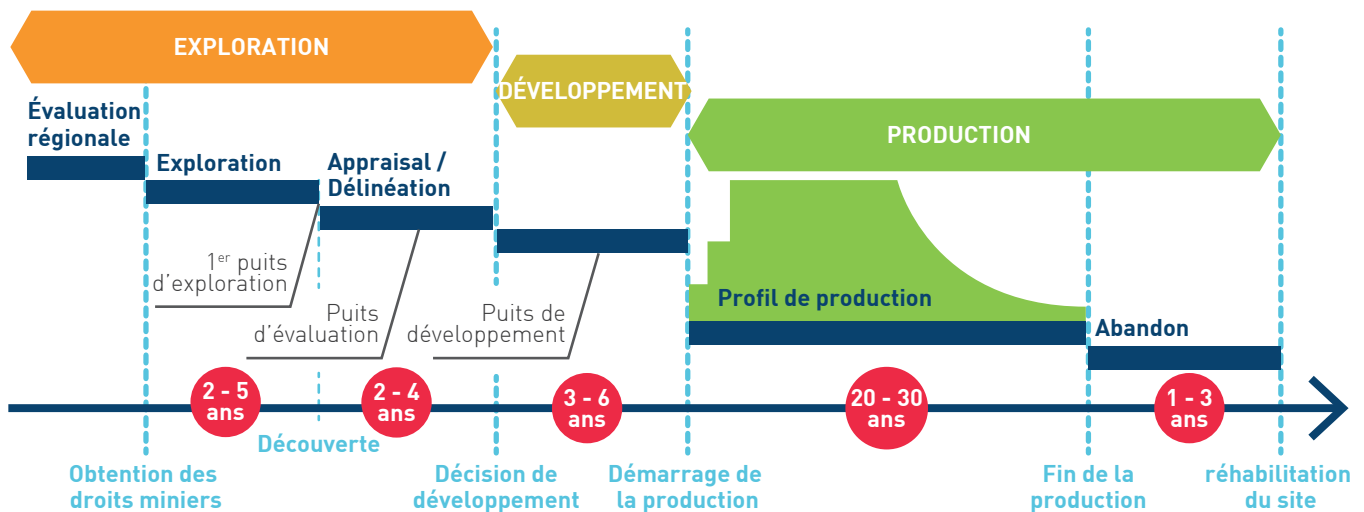




## Pourquoi et comment décide-t-on de forer dans un endroit donné ?

Le cycle de vie d'un champ pétrolier est très long (typiquement plusieurs décennies). La décision de forer le premier puits intervient à la fin d'un stade initial d'évaluation et d'étude appelée **phase d'exploration**. Celle-ci dure en général plusieurs années et varie suivant la complexité géologique de la zone étudiée. Elle comprend une première **évaluation régionale** du bassin sédimentaire qui peut conduire à la **sélection d'une zone d'intérêt**. Cette zone peut alors faire l'objet d'une **prise de domaine minier**.

### LE CYCLE DE L'EXPLORATION-PRODUCTION



### LA PHASE D'EXPLORATION

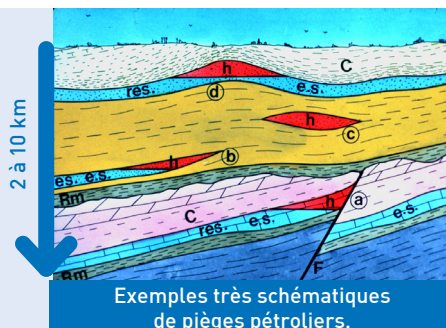
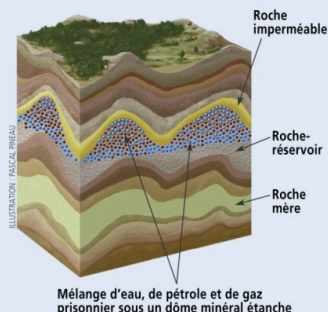
Ce processus industriel va de l'idée ou concept géologique jusqu'au premier forage d'exploration et peut durer plusieurs années (jusqu'à 5 ans et parfois plus).

L'exploration pétrolière commence par l'identification d'indices (par exemple, l'analyse des suintements naturels d'hydrocarbures à la surface) permettant de supposer où se trouve le pétrole et en quelle quantité. Géologues et géophysiciens collaborent à cette enquête minutieuse à fort enjeu économique qui commence à la surface de la terre pour descendre vers le sous-sol.

Les objectifs d'un puits d'exploration d'un champ pétrolier sont déterminés par l'analyse de l'ensemble des données acquises pendant les phases d'études/évaluation (affleurements à terre, données des anciens puits situés dans la région, données sismiques anciennes ou nouvellement acquises...).

L'interprétation de ces données va permettre d'identifier (ou pas) un portefeuille de cibles appelées « prospects » ou « structures géologiques » qui sont toutes uniques et dont les probabilités de succès sont analysées.

Le forage sera alors le seul moyen de vérifier les idées ou concepts issus de l'interprétation des données.



Exemples très schématiques de pièges pétroliers.



# Les différents types de puits

Il existe trois types de puits suivant le degré de « maturité » de la zone concernée par les activités pétrolières d'Exploration-Production.

1

## LE(S) PUIT(S) D'EXPLORATION

Le puits d'exploration peut devenir puits de découverte si un réservoir imprégné de pétrole est trouvé. Il permet :

- de vérifier la présence d'hydrocarbures,
- de recueillir des données/informations afin de définir la nature des couches géologiques et du fluide contenu dans la roche,
- d'acquérir les premières données concernant la zone d'intérêt (comme la pression initiale, la température, la perméabilité, la productivité),
- de décider de l'abandon de l'exploration ou de la poursuite du forage de puits additionnels (puits d'évaluation) qui seront nécessaires afin de disposer d'autres données pour prendre une décision finale.

À la fin du forage d'exploration, le puits est généralement abandonné : il est colmaté avec du ciment. Si ce puits s'avère être une découverte, il peut donner lieu à d'autres forages d'appréciation.

Si l'on décide de mettre la découverte (le futur « champ de pétrole ») en développement, des forages de production seront ensuite réalisés.



Débais de roche broyée, analysés en continu lors du forage.



Carottes extraites des puits, prélevées uniquement dans les zones cibles.

## LES CHANCES DE SUCCÈS DES PUIITS D'EXPLORATION

La réussite (c.à.d. la découverte de quantités d'hydrocarbures exploitables) des puits d'exploration :

- en zone vierge non encore explorée : 10 à 20 %
- en zone déjà connue du point de vue géologique : 20 à 30 %
- à proximité d'une zone de production : autour de 40 à 60 %

2

## LE(S) PUIT(S) D'APPRÉCIATION (OU D'ÉVALUATION)

Avant d'envisager l'exploitation, il s'agit d'évaluer la rentabilité du gisement. Le volume des réserves récupérables et les conditions de production ne peuvent être déterminés qu'en procédant à des forages de délimitation en vue de délimiter le gisement. Des équipes pluridisciplinaires constituées de géologues, de géophysiciens, d'ingénieurs projet, de foreurs, de producteurs et d'ingénieurs de gisement sont chargées d'étudier les résultats issus de la phase de prospection.

Le puits d'appréciation permet donc :

- de préciser les informations données par le puits d'exploration pour déterminer les caractéristiques du réservoir (perméabilité, hétérogénéité, fractures, limites du réservoir, etc.), son extension et son volume,
- d'évaluer la taille/extension de la découverte,
- d'estimer la production potentielle et de prendre en fonction de celle-ci, la décision de développer ou pas le champ.

### Pour en savoir plus :

IFP School  
228-232, avenue Napoléon Bonaparte  
92852 Rueil-Malmaison Cedex  
Tél. : 01 47 52 59 22  
Fax : 01 47 52 67 65  
[www.ifp-school.com](http://www.ifp-school.com)

+ Lien utile :

[www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-energie/le-petrole](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-energie/le-petrole)

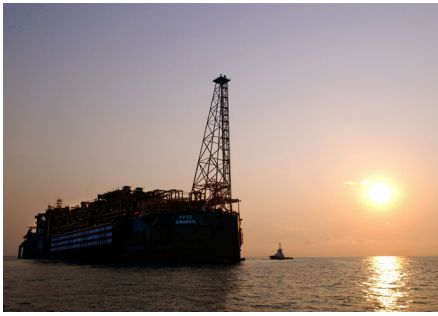
3

## LE PUIT(S) DE DÉVELOPPEMENT (OU DE PRODUCTION)

C'est la phase d'exploitation du gisement qui demande la mise en place de tout l'équipement nécessaire : forage de production appelé « puits de développement », installation de production, équipements de traitement et de comptage et système d'évacuation du pétrole.

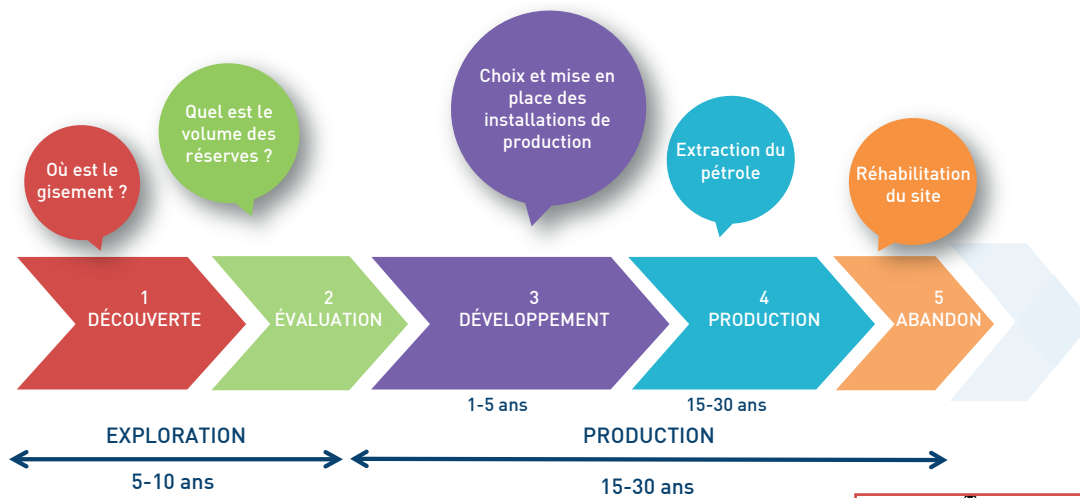
Le puits de développement est donc foré dans le cadre du plan de développement du champ, il permet d'adapter la production du champ qui dépend directement du nombre de puits et de la technologie employée.





## Quelles sont les grandes étapes d'un projet de développement d'un champ pétrolier ?

La durée de vie de l'exploitation d'un gisement d'hydrocarbures est longue. De la découverte d'un gisement à sa mise en production, les opérations d'exploration puis de production s'étalent sur plusieurs dizaines d'années. On distingue cinq étapes principales dans la vie d'un champ pétrolier ou gazier.



### L'EXPLORATION PÉTROLIÈRE

#### 1 | La découverte du champ

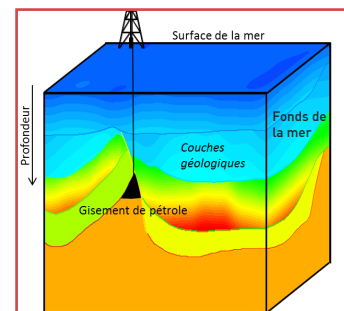
- Le pétrole et le gaz sont piégés dans des roches réservoirs qui sont enfouies sous les océans ou sous les continents.
- Pour les localiser, les géologues analysent les images du sous-sol obtenues par échographie sismique. Ils reconstituent les couches géologiques du sous-sol, puis ils définissent des « prospects » ou gisements potentiels.
- Des forages d'exploration, qui peuvent atteindre plusieurs kilomètres de profondeur, sont nécessaires pour confirmer la présence d'hydrocarbures dans le gisement.

#### 2 | L'évaluation du champ

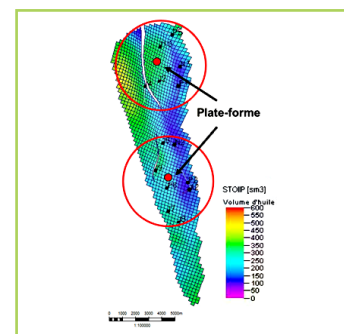
Une fois la découverte confirmée, des modèles numériques du gisement (souvent en 3D) sont réalisés sur ordinateur. Ils permettent :

- d'estimer le volume de pétrole et de gaz en place dans le réservoir avant la mise en production du gisement,
- de simuler l'extraction des fluides contenus dans la roche réservoir.
- de créer des scénarii potentiels de mise en production du champ, en fonction de divers facteurs tels que techniques d'extraction, nombre de puits, taille et type des installations de production, etc.

Des forages d'appréciation du gisement sont implantés pour obtenir de nouvelles données sur les caractéristiques du réservoir.



Vue 3D des couches géologiques montrant un gisement confirmé par forage.



Modèle de réservoir indiquant le volume d'huile en place et l'emplacement des futurs forages d'appréciation.

Si la balance entre la quantité des « ressources en place » et le coût estimé du développement est jugée économiquement satisfaisante, le gisement est développé puis mis en production.

## LA PRODUCTION DE PÉTROLE ET DE GAZ

### 3 | Le développement du champ

C'est la phase d'exploitation du gisement qui demande la mise en place de tout l'équipement nécessaire.

Le plan de développement du champ définit :

- le nombre de puits à forer pour pouvoir produire,
- les techniques de récupération et d'extraction du pétrole emprisonné dans la roche réservoir,
- le type et le coût des installations comme les plates-formes, en fonction des aléas du milieu marin (marées, tempêtes, courants, vents, corrosion...),
- les dispositifs de séparation des gaz et des fluides,
- les sites de traitements pour préserver l'environnement.

#### Remarque sur le forage :

La technique de forage la plus répandue est celle du forage Rotary qui s'est beaucoup renouvelée, en particulier avec les forages déviés - permettant de contourner un obstacle souterrain - ou horizontaux - permettant de traverser le réservoir sur toute sa longueur. Les puits multidrains, quant à eux, permettent de limiter le nombre de forages, en produisant à partir d'une tête de puits unique.

### 4 | La production du champ

La période pendant laquelle on extrait les hydrocarbures varie généralement de 15 à 30 ans et peut se prolonger jusqu'à 50 ans et plus pour les « champs géants ».

La durée de vie du gisement se compose de différentes phases successives :

- une période de croissance,
- une phase de stabilisation ou « plateau »,
- des phases d'injection d'eau, de gaz ou de produits chimiques pour aider ou « assister » la récupération du pétrole et maintenir un volume satisfaisant de ressources produites,
- une phase d'épuisement : la production de pétrole décline progressivement.

#### Remarque sur les grandes profondeurs d'eau (« Deep Offshore ») :

Depuis quelques années, l'exploration mais surtout la production par grande profondeur d'eau (supérieure à 1 000 m d'eau) ont connu des avancées technologiques majeures. Au total, plus de 1 300 puits ont été forés à ces profondeurs. Cette production reste cependant particulièrement complexe et coûteuse ; elle représente, encore aujourd'hui, un challenge technologique.

### 5 | L'abandon du champ

Quand le débit d'hydrocarbures devient minimum, le gisement est épuisé ; c'est la phase de fermeture du gisement.

Avant d'abandonner le champ, les compagnies pétrolières :

- démantèlent les plates-formes,
  - mettent en sécurité les puits,
  - préservent les réserves de pétrole résiduelles,
  - nettoient, dépolluent et réhabilitent le site si nécessaire,
- conformément aux législations nationales et internationales.

#### Pour en savoir plus :

IFP School  
228-232, avenue Napoléon Bonaparte  
92852 Rueil-Malmaison Cedex  
Tél. : 01 47 52 59 22  
Fax : 01 47 52 67 65  
[www.ifp-school.com](http://www.ifp-school.com)

[Lien utile :](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-energie/le-petrole)

[www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-energie/le-petrole](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-energie/le-petrole)



Plate-forme de production en mer. La construction d'une plate-forme nécessite 2 à 3 ans de travail pour des milliers d'ouvriers.



Installation de production flottante : les têtes de puits sont fixées sur le fond de la mer et sont reliées au navire par des conduites de production.



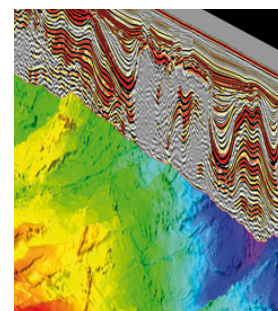
Exemple de réhabilitation en Malaisie d'une plate-forme pétrolière en hôtel flottant de luxe.



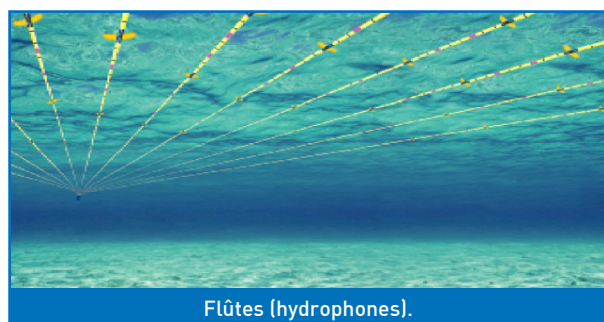
## Qu'est-ce qu'une campagne sismique ?

L'objectif d'une campagne d'acquisition de données sismiques est d'obtenir le maximum d'informations permettant de construire un modèle en 3 dimensions du sous-sol. Celui-ci va permettre notamment de positionner avec précision les forages.

La méthode géophysique utilisée est la méthode sismique qui fournit une échographie du sous-sol en 3D.



**Principe :** une source sismique émet des ondes qui vont se propager dans le sous-sol, se réfléchir aux limites des couches géologiques puis être enregistrées par des capteurs appelés géophones en sismique terrestre et hydrophones en sismique marine.

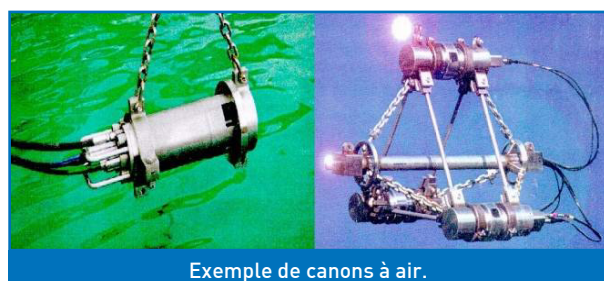


Flûtes (hydrophones).

En sismique marine, les hydrophones sont situés dans des flûtes (tuyaux) immergées à quelques mètres sous la surface de l'eau. La source est un ensemble de canons à air.

En sismique terrestre, les sources sont en général des camions vibreurs. Les lignes de capteurs sont situées perpendiculairement aux lignes de sources.

Les sources et les capteurs sont déplacés sur l'ensemble de la zone à prospecter.



Exemple de canons à air.



Exemple de camions vibreurs sismiques.



## LA SISMIQUE 2D (EN DEUX DIMENSIONS)

Dans le cadre de grandes reconnaissances régionales, l'acquisition de profil sismique en deux dimensions (ligne 2D) fournit une coupe verticale du sous-sol.

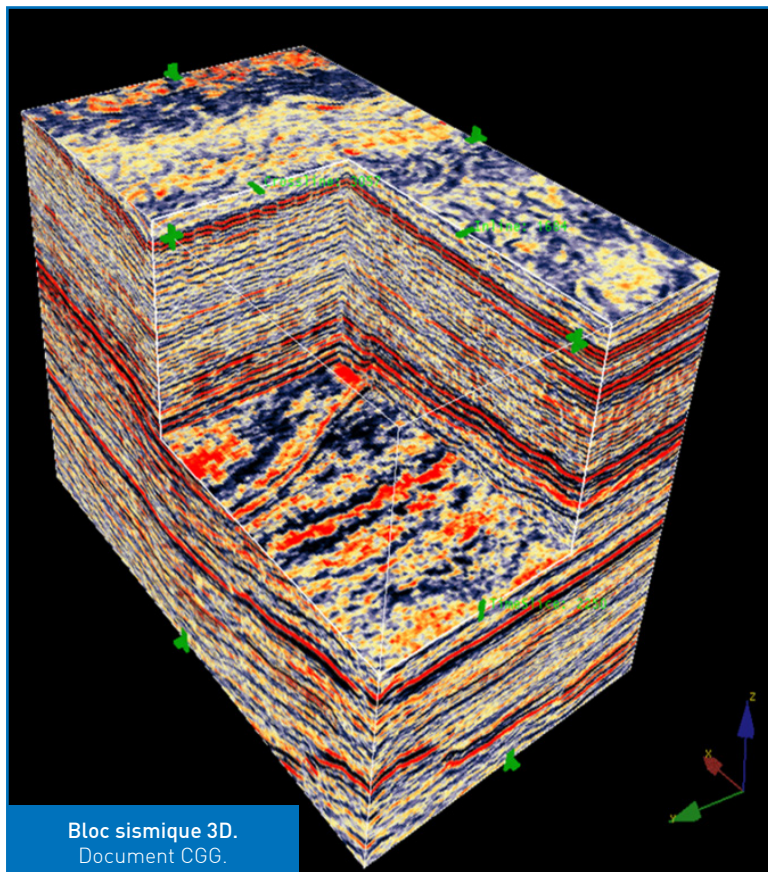
## LE BLOC SISMIQUE 3D

L'acquisition de données sismiques en 3 dimensions permet de restituer une vision du sous-sol en volume.

Une couche géologique est caractérisée par une vitesse de propagation du son et une densité.

Ces propriétés sont quantifiées dans le sous-sol par les temps d'arrivée et les amplitudes des ondes sismiques réfléchies qui sont analysés et traités pour fournir un modèle du sous-sol appelé bloc sismique 3D.

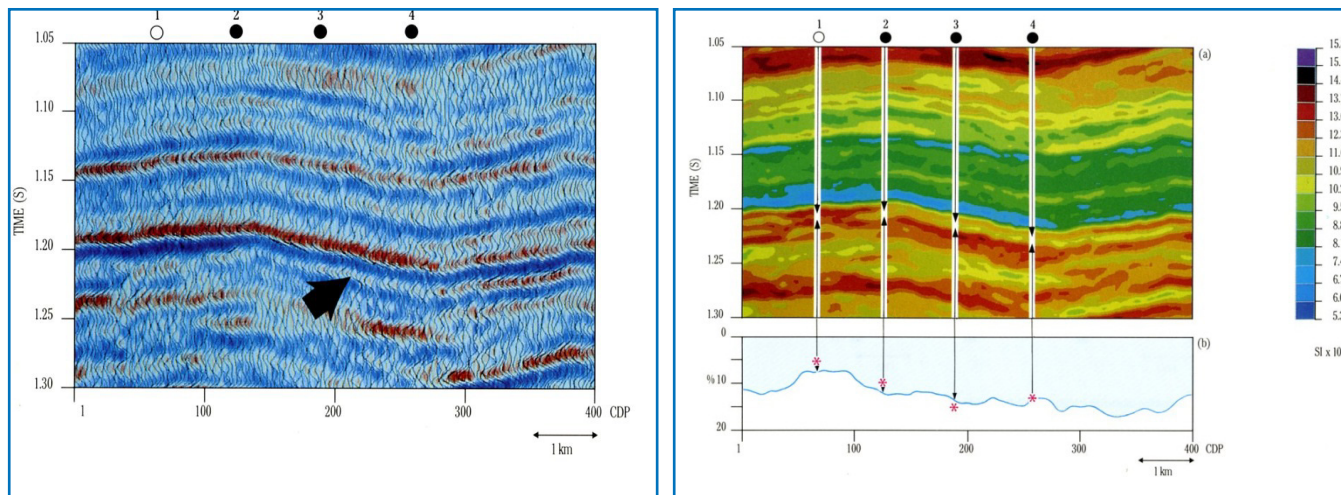
Le bloc sismique montre la répartition et la structure des différentes couches géologiques et permet d'identifier des cibles potentielles, pouvant amener à la localisation des puits d'exploration à venir.



## CARACTÉRISATION DES RÉSERVOIRS PAR LA SISMIQUE

À la suite de la campagne sismique, un puits d'exploration est foré. Les informations fournies par les mesures prises pendant le forage (diagraphies) seront utilisées par les géophysiciens pour transformer les amplitudes sismiques en paramètres mécaniques puis en paramètres pétrophysiques des roches traversées (tels que la porosité).

La combinaison de ces deux technologies permet donc de mieux évaluer les caractéristiques (roche réservoir et fluides) du champ pétrolier.



Section sismique en amplitude (à gauche) et en impédance acoustique (à droite).  
La flèche indique la position du réservoir reconnu par forage, les points précisent la position des puits.  
Dans la zone réservoir, l'impédance acoustique a été transformée en porosité (courbe bleue).

La prospection sismique est utilisée pour les études pétrolières, minières, de génie civil et hydrogéologiques.

### Pour en savoir plus :

IFP School  
228-232, avenue Napoléon Bonaparte  
92852 Rueil-Malmaison Cedex  
Tél. : 01 47 52 59 22  
Fax : 01 47 52 67 65  
[www.ifp-school.com](http://www.ifp-school.com)

[Lien utile :](#)

[www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-energie/le-petrole](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-energie/le-petrole)





## Qu'est-ce qu'un forage d'exploration ?

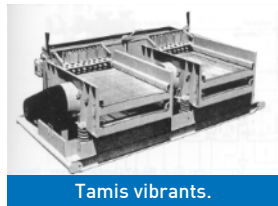
### Le forage

Le forage consiste à réaliser un puits qui connecte le réservoir contenant les hydrocarbures à la surface. Il est un élément clé de toute prospection pétrolière et peut être réalisé en mer (offshore) ou à terre (onshore). Une étude d'impact est faite avant le démarrage des opérations dans le but d'évaluer sa compatibilité avec les contraintes environnementales et les activités humaines de la zone autour du forage.

#### L'APPAREIL DE FORAGE



Tour de forage : derrick ou rig.



Tamis vibrants.



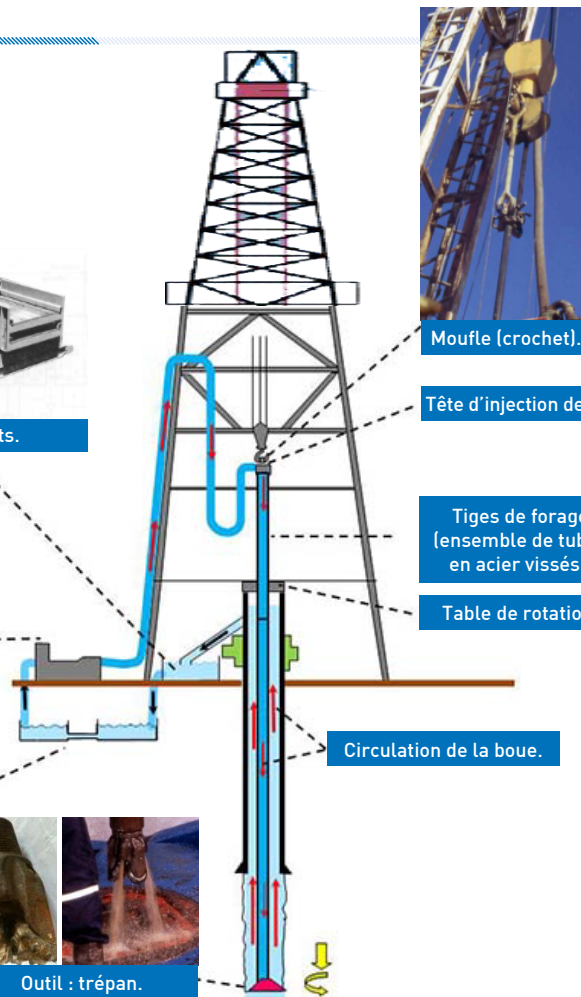
Pompes à boue.



Bacs à boue & traitement.



Outil : trépan.



Moufle (crochet).



Tête d'injection de la boue.

Tiges de forage (ensemble de tubes en acier vissés).

Table de rotation.

Circulation de la boue.



Pour réaliser le puits, la compagnie pétrolière fait appel à une entreprise spécialisée, le **contracteur de forage**. Celle-ci met à disposition une équipe de forage et l'appareil de forage, équipement nécessaire à la réalisation du puits durant tout le processus de forage, qui peut durer entre 1 et 6 mois ou plus.

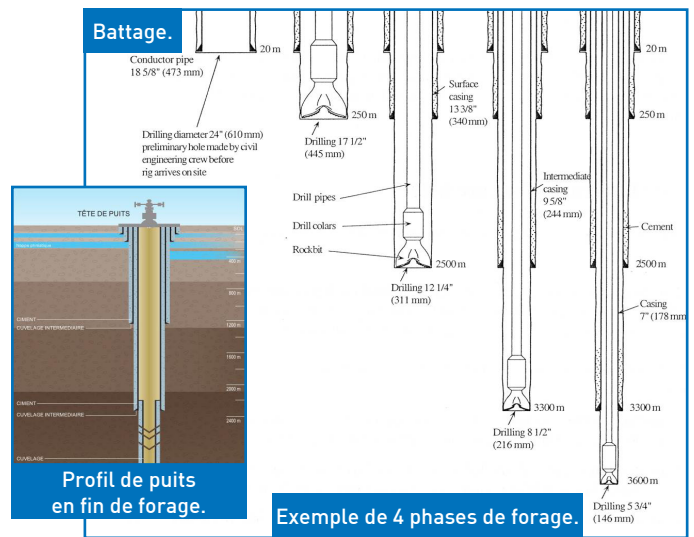
Un **mat** ou une **tour de forage** permet, au fur et à mesure de l'avancée du trou, de descendre et d'entraîner en rotation le train de tiges de forage. Un outil de forage (trépan) est fixé en bas du train de tige et broie la roche au fonds du puits.

La **boue de forage** circule en circuit fermé dans le puits : elle est injectée dans le puits à l'intérieur des tiges, remonte dans l'espace annulaire entre le bord du trou et les tiges. Cette boue sert de lubrifiant. Elle permet de maintenir les parois du puits et les fluides contenus dans les formations et de remonter les déblais de roche. La vitesse moyenne d'avancée du forage varie de 2 m/heure à 50 m/heure en fonction des roches traversées.



Tout forage se fait en plusieurs phases. Un premier trou de large diamètre (45–60 cm environ) est réalisé par battage depuis la surface jusqu'à quelques dizaines de mètres pour stabiliser le sol de départ ; ce premier trou est ensuite consolidé par un couvlage et cimenté pour assurer la cohésion entre le terrain et le couvlage, permettant ainsi de protéger la nappe phréatique.

Ce tube sert de guide pour le forage Rotary. Un premier trépan de diamètre plus petit, fore la phase suivante. En fin de phase, la partie nouvellement forée est à son tour tubée puis cimentée. Suivant la profondeur à atteindre et les roches traversées, un certain nombre de phases de diamètres de plus en plus petits peuvent être forées (4 dans l'exemple ci-contre). Le dernier trou foré est celui qui met en contact le puits avec le réservoir (10 – 15 cm de diamètre).



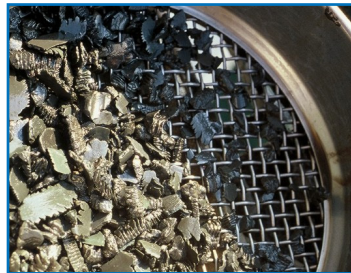
## Le puits d'exploration

Lors de la prospection de nouvelles zones, l'interprétation des données sismiques permet d'évaluer la probabilité de présence d'huile ou de gaz. Le forage d'exploration a pour but de confirmer cette hypothèse. Par ailleurs, il a également pour objectif de permettre l'acquisition de données utiles à une meilleure connaissance de la zone prospectée en vue de sa possible exploitation.

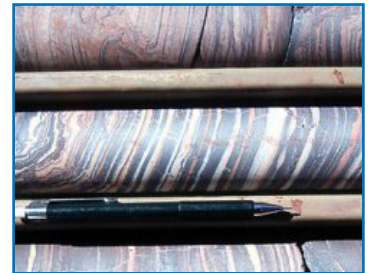
### L'ANALYSE DES DÉBLAIS ET CAROTTES

L'acquisition des données géologiques se fait surtout par l'analyse :

- des déblais générés par l'outil de forage et remontés en continu par la boue,
- des carottes, cylindres découpés, dans les roches traversées, par un outil particulier, le carottier.



Déblais de roche broyée, analysés en continu.

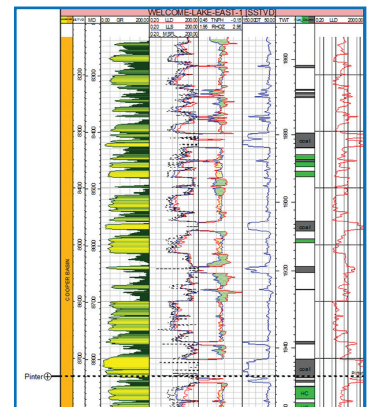


Carottes extraites du puits, prélevées uniquement dans les zones cibles.

### LES MESURES DIAGRAPHIQUES

Des informations géologiques et pétrophysiques peuvent être recueillies, grâce à des outils descendus dans le trou de forage non encore tubé, à l'aide d'un câble ou au bout des tiges de forage, pour évaluer les roches rencontrées : ce sont des diagraphies électriques. Les informations recueillies permettent de recalibrer les données sismiques (en temps) par rapport à des données de profondeur (en mètres), d'évaluer la hauteur de zone productive et sa porosité. L'ensemble des enregistrements est analysé et corrélé avec toutes les données disponibles.

Un échantillonnage des hydrocarbures présents dans le réservoir est réalisé pour définir leur nature.



Diagraphies.

### LES CHANCES DE SUCCÈS DES PUIITS D'EXPLORATION

La réussite (c.à.d. la découverte de quantités d'hydrocarbures exploitables) des puits d'exploration :

- en zone vierge non encore explorée : 10 à 20 %
- en zone déjà connue du point de vue géologique : 20 à 30 %
- à proximité d'une zone de production : autour de 40 à 60 %

À la fin du forage d'exploration, l'appareil de forage est retiré du site et le puits est généralement abandonné : il est colmaté avec du ciment. Si ce puits s'avère être une découverte, il peut donner lieu à d'autres forages d'appréciation. Si l'on décide de mettre le champ en développement, des forages de production seront ensuite réalisés.

#### Pour en savoir plus :

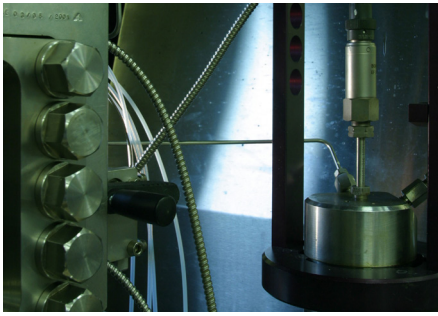
IFP School  
228-232, avenue Napoléon Bonaparte  
92852 Rueil-Malmaison Cedex  
Tél. : 01 47 52 59 22  
Fax : 01 47 52 67 65  
[www.ifp-school.com](http://www.ifp-school.com)

[Lien utile :](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-energie/le-petrole)

[www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-energie/le-petrole](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-energie/le-petrole)





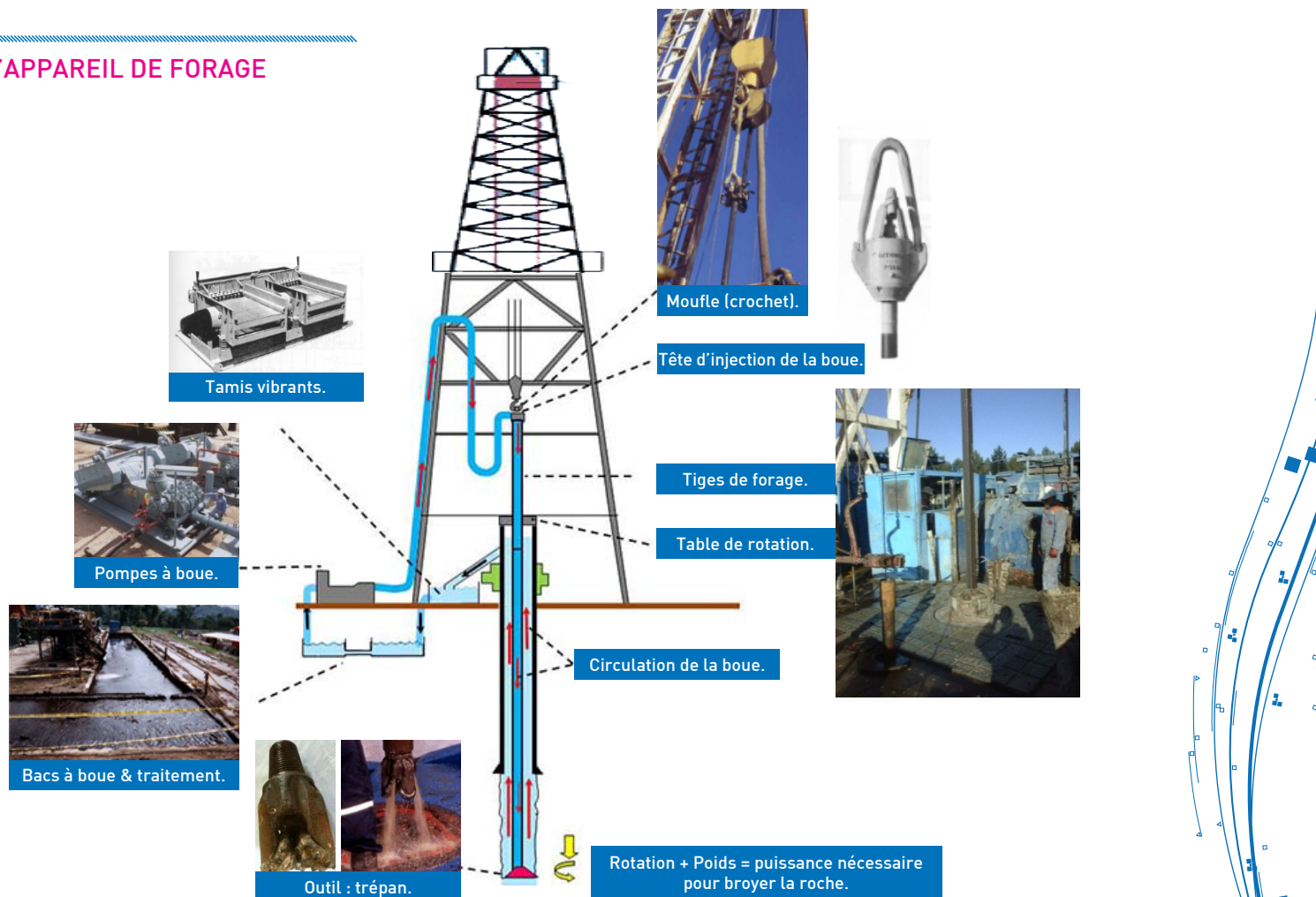


## Qu'est-ce qu'un fluide de forage ?

**D**urant le forage d'un puits, un fluide (appelé boue de forage), est injecté à haute pression à l'intérieur des tiges de forage. La boue de forage sort au niveau de l'outil de forage à une vitesse suffisante pour pouvoir entraîner les morceaux de roche forés jusqu'en surface dans l'espace annulaire situé entre les tiges de forage et les parois du puits.

En surface, les débris de roches sont séparés de la boue en passant sur des tamis vibrants qui retiennent la roche en laissant passer le fluide. Si nécessaire, des traitements complémentaires sont effectués de manière à ce que la boue nettoyée ait retrouvé ses propriétés initiales (viscosité, densité, ...). Elle est alors envoyée dans les bacs à boue où elle est pompée afin d'être réinjectée dans la garniture de forage. Elle circule donc en circuit fermé.

### L'APPAREIL DE FORAGE



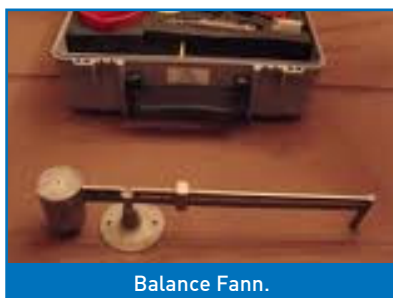
# La boue de forage

Elle joue différents rôles dans le déroulement du forage :

- elle permet de maintenir le puits en sécurité, en exerçant une pression suffisante sur les formations forées afin d'éviter toute éruption des fluides compris dans les interstices des roches,
- elle nettoie le puits en remontant les déblais, et permet donc d'obtenir des informations importantes sur les couches rencontrées,
- elle maintient les parois du puits,
- elle lubrifie l'outil de forage et le refroidit.

La boue est conçue de manière à remplir tous ces rôles. Ses caractéristiques sont donc définies en fonction de celles de la roche forée (nature de la roche, pression interstitielle, présence de fractures, etc.). Ainsi, durant un forage, différentes boues sont donc utilisées afin qu'elles soient en adéquation avec les différentes couches de roches traversées.

En pratique, les propriétés de la boue sont régulièrement contrôlées et ajustées par un ingénieur boue afin d'assurer la sécurité et l'efficacité du forage. Différents outils de mesure sont utilisés, dont la balance Fann qui permet de contrôler la densité de la boue.

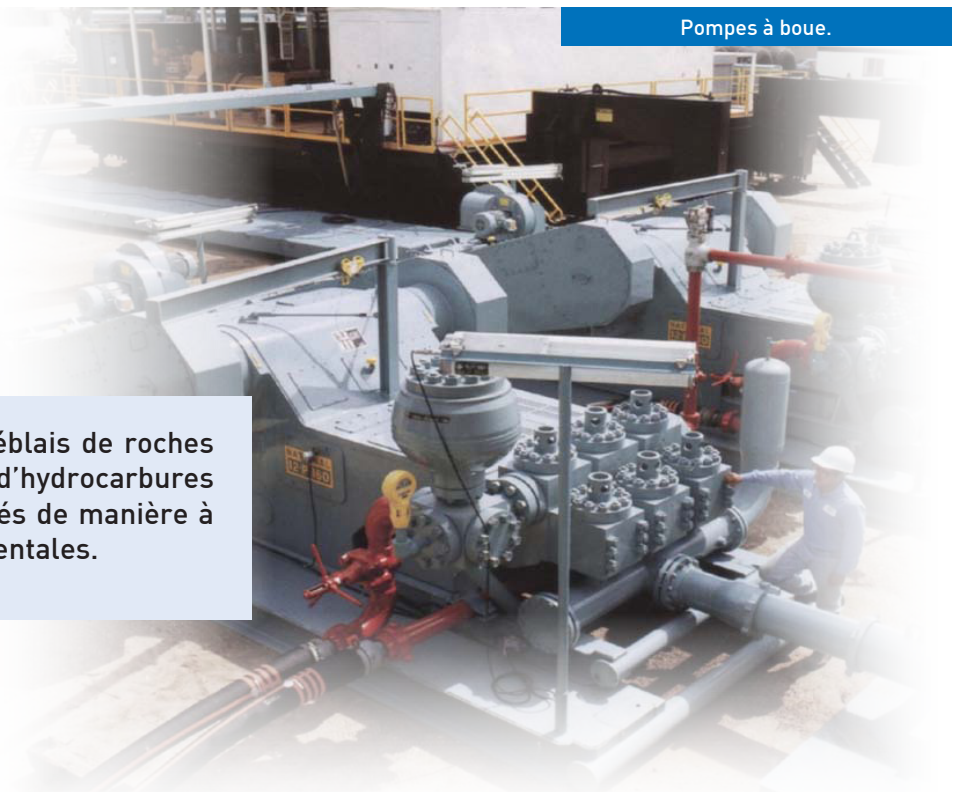


Balance Fann.

La boue est composée d'une phase fluide et de particules solides. La phase fluide est soit de l'eau, soit une émulsion huile/eau, soit, plus rarement, de la mousse.

Les particules solides ajoutées à la phase liquide permettent principalement :

- d'alourdir la boue de façon à adapter sa densité aux pressions rencontrées pendant le forage,
- de régler la viscosité de la boue afin que les déblais soient remontés efficacement en surface,
- de maintenir l'homogénéité de la boue.



En fin d'utilisation, la boue et les déblais de roches forées sont nettoyés de toute trace d'hydrocarbures et de composés chimiques et recyclés de manière à respecter les exigences environnementales.

## Pour en savoir plus :

IFP School  
228-232, avenue Napoléon Bonaparte  
92852 Rueil-Malmaison Cedex  
Tél. : 01 47 52 59 22  
Fax : 01 47 52 67 65  
[www.ifp-school.com](http://www.ifp-school.com)

## + Lien utile :

[www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-energie/le-petrole](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-energie/le-petrole)



## Qu'est-ce qu'un Bloc Obturateur de Puits (BOP) ?

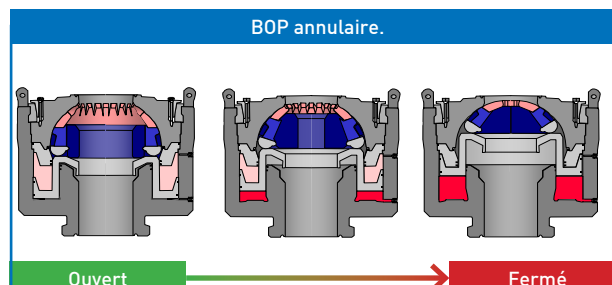
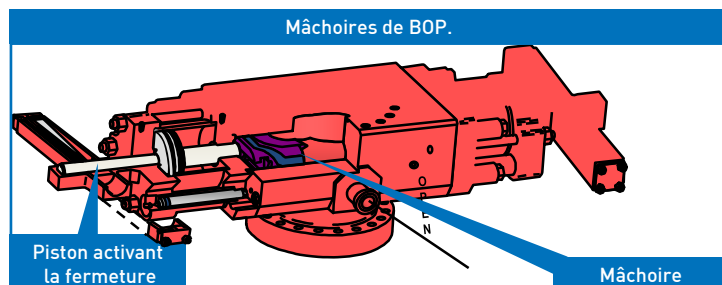
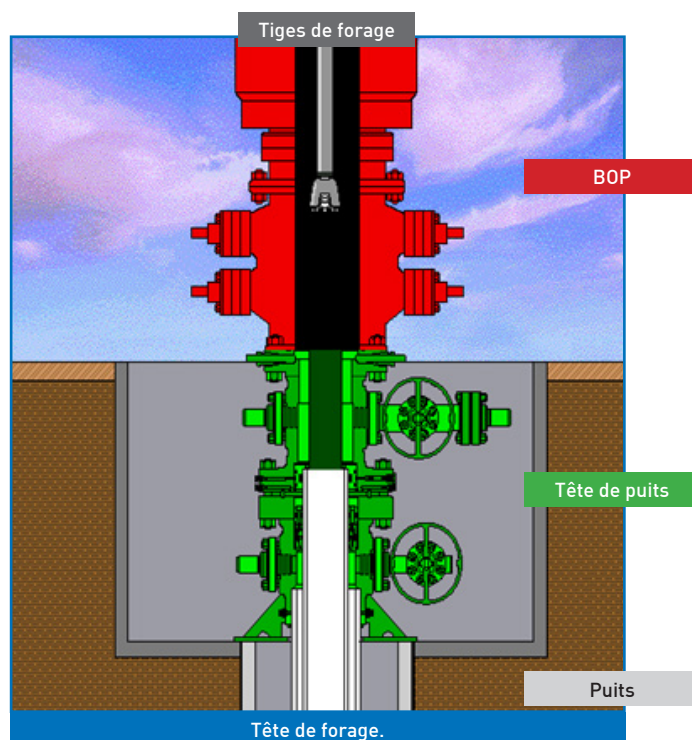
Un Bloc Obturateur de Puits (Blow Out Preventer) est un ensemble de vannes installées, durant le forage, entre la tête de puits et le plancher de forage, et destiné à fermer le puits en cas d'éruption. Afin de pouvoir fermer le puits, le BOP est installé entre la tête de puits et le plancher de forage.

### LES COMMANDES DU BOP

Le BOP permet à tout moment de contrôler et d'intervenir dans le puit de forage. Il est constitué de plusieurs parties principales :

- le BOP annulaire, qui ferme le puits autour des tiges de forage,
- les différents types de mâchoires (ou Rams) qui referment hermétiquement le puits dans toute situation. Pour cela, elles sectionnent tout tubulaire éventuellement présent dans le puits.

Ces éléments sont activés hydrauliquement. Sur chantier, la fermeture peut être enclenchée par commande manuelle et automatique.





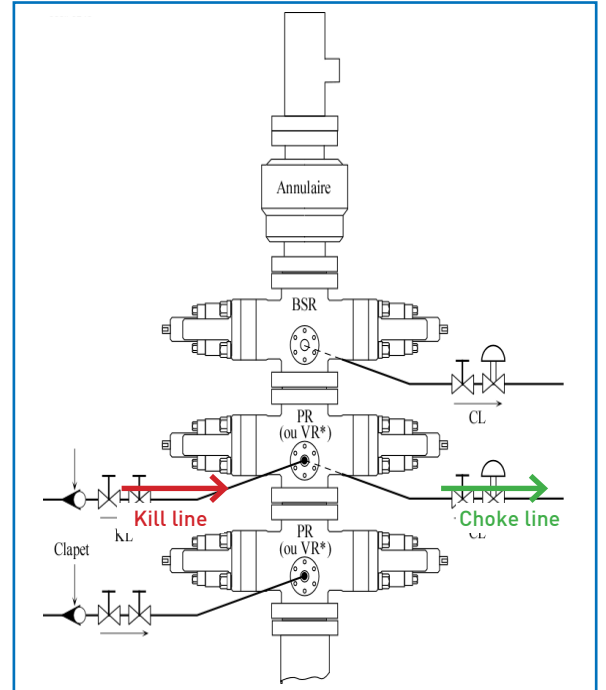
## LES PRINCIPES FONDAMENTAUX DU BOP

Afin de contrôler une éventuelle éruption, le BOP est raccordé à des lignes hydrauliques qui permettent :

- d'injecter un fluide lourd dans le puits (Kill line),
- d'évacuer si nécessaire des fluides du puits (Choke line).

La configuration du BOP est définie en fonction des pressions maximum qui seront rencontrées lors du forage. Celles-ci varient classiquement entre 5 000 psi et 15 000 psi (345 bar à 1 035 bar environ).

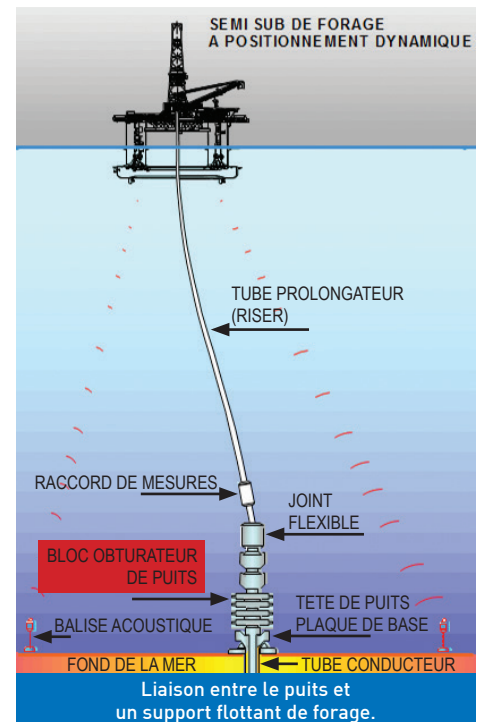
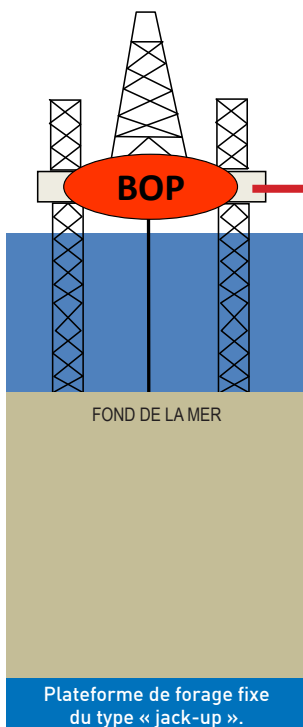
Sur chantier, le BOP est testé régulièrement à différentes pressions afin de s'assurer du bon fonctionnement des différents éléments de cet organe de sécurité.



## LES SPÉCIFICITÉS DES FORAGES OFFSHORE

En forage offshore, si la profondeur d'eau n'est pas importante (moins de 200 m environ), la plate-forme de forage est fixée en fond de mer et le BOP est installé en surface, au niveau de la plate-forme.

En revanche, dans le cas où la profondeur d'eau est importante, le système de forage est installé sur un support flottant (plate-forme semi-submersible, bateau de forage), qui subit parfois, en cas de tempête notamment, de forts mouvements de houle. Dans ce cas, le support flottant doit pouvoir être déconnecté du puits. Placé en fond de mer, le BOP, restant solidaire du puits, permet alors de le maintenir en sécurité.



### Pour en savoir plus :

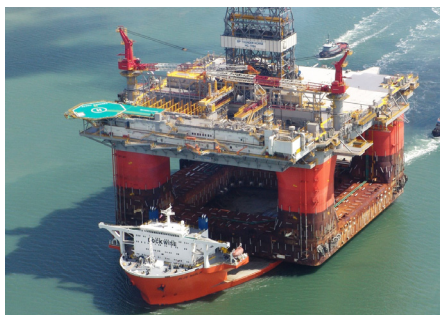
IFP School  
228-232, avenue Napoléon Bonaparte  
92852 Rueil-Malmaison Cedex  
Tél. : 01 47 52 59 22  
Fax : 01 47 52 67 65  
[www.ifp-school.com](http://www.ifp-school.com)

### + Lien utile :

[www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-energie/le-petrole](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-energie/le-petrole)

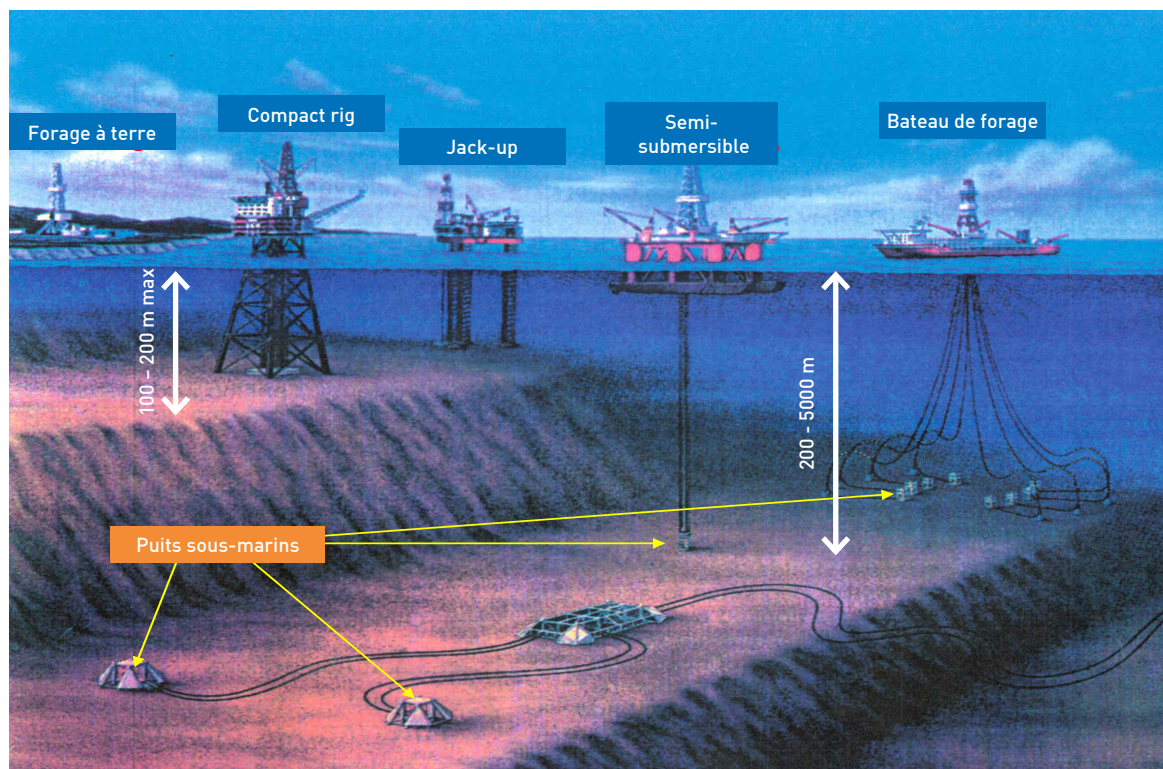
# IFP SCHOOL

ÉCOLE D'APPLICATION DES MÉTIERS DE L'ÉNERGIE ET DES TRANSPORTS



## Quelles sont les spécificités d'un forage offshore ?

**D**ans le domaine marin, le forage pétrolier peut être réalisé grâce à une plate-forme pétrolière (construction fixe, flottante ou semi-submersible qui flotte tout en gardant sa position stabilisée par des ancrs fixées au fond de la mer) ou à un bateau de forage. Le type de support utilisé dépend de la profondeur d'eau à traverser.

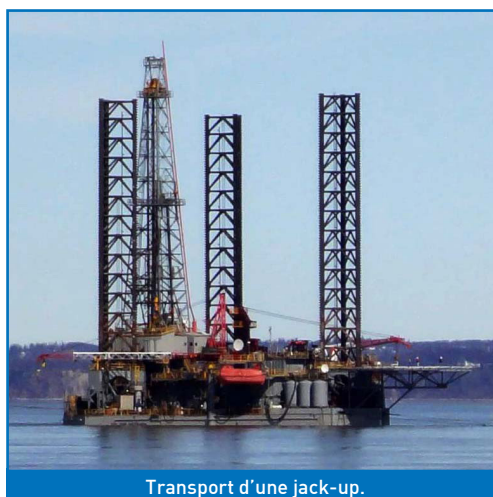


Dans le cas d'un forage offshore, la connexion entre la plate-forme et le fond de mer est réalisée par un tubulaire dans lequel l'outil et les tiges de forage sont descendus et dans lequel la boue de forage circule.

### LES FORAGES EN MER PEU PROFONDE

Dans ce cas précis les forages sont effectués à partir d'un support fixe (compact rig ou jack-up reposant sur le fond de la mer). Ils ont les caractéristiques suivantes :

- la tête de puits est localisée sur la plate-forme,
- le Bloc Obturateur de Puits (BOP) est situé entre la tête de puits et le plancher de forage, sur la plate-forme.



Transport d'une jack-up.



## LES FORAGES EN MER PROFONDE OU ULTRA PROFONDE

En mer profonde, le forage est effectué depuis une plate-forme semi-submersible ou un bateau de forage.

Dans ce cas la tête de puits est localisée en fond de mer. Le BOP est installé juste au-dessus de la tête de puits et un joint flexible permet la connexion entre le puits et le tubulaire qui remonte jusqu'au niveau du support flottant.

Contrairement aux supports fixes, les supports flottants subissent les mouvements de la houle.

En cas de forte houle, le tubulaire est déconnecté du joint flexible, puis reconnecté par l'intermédiaire d'un robot de fond de mer commandé depuis le support flottant. Pour cela des émetteurs placés autour de la tête de puits permettent de localiser le puits depuis la surface.

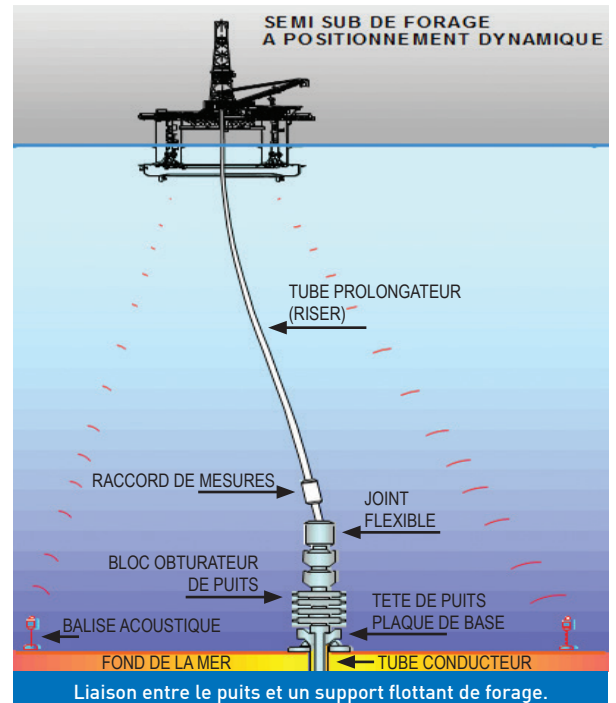
Les plates-formes semi-submersibles peuvent être ancrées par des chaînes, ou, comme pour les bateaux de forage, être équipées de moteurs latéraux automatisés, de façon à maintenir le support en position stable au-dessus du puits.



Plate-forme semi-submersible.



Bateau de forage.



### Pour en savoir plus :

IFP School  
228-232, avenue Napoléon Bonaparte  
92852 Rueil-Malmaison Cedex  
Tél. : 01 47 52 59 22  
Fax : 01 47 52 67 65  
[www.ifp-school.com](http://www.ifp-school.com)

### + Lien utile :

[www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-energie/le-petrole](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/espace-decouverte/les-cles-pour-comprendre/les-sources-d-energie/le-petrole)