

## LES GAZ ET PÉTROLE DE SCHISTE

### 1. LE SCHISTE

Le schiste est issu de dépôts de fines particules de boue, principalement composées de minéraux argileux. Il existe deux types de schiste, le schiste argileux sédimentaire constitué d'une roche formée d'argile ayant sédimenté dans l'eau (voir figure 1) et le schiste métamorphique provenant d'une argile qui, sous l'action de la pression et de la température, présente un feuilletage régulier en plans parallèles. L'ardoise est un schiste métamorphique à grain fin.

Les schistes argileux sont les seuls qui peuvent contenir des gaz combustibles. C'est la nature argileuse qui retient le gaz et c'est sa nature schisteuse, fracturée qui en permet l'exploitation.



Figure 1 : Coupe d'un schiste argileux

### 2. FORMATION DES HYDROCARBURES DE SCHISTE

Tous les hydrocarbures, pétrole, gaz naturel, gaz et pétrole de schistes se sont formés il y a des millions d'années, à partir de dépôts organiques qui se sont retrouvés à l'abri de l'oxygène soit par une couverture de sédiment, ce qui est particulièrement le cas dans les zones marécageuses, soit par la montée du niveau des eaux. Au fil des temps géologiques, ces sédiments, qui se sont enfoncés progressivement dans le sol, ont constitué la roche mère riche en matières organiques.

Ces matières organiques se sont alors transformées en hydrocarbure sous l'effet combiné de la température et de la pression. Une certaine quantité de ces produits peut alors être expulsée vers la surface et se retrouver piégée par des couches imperméables pour constituer les réserves de pétrole ou de gaz dit conventionnels. Mais la majeure partie reste piégée dans la roche mère et constitue le *gaz ou le pétrole de schiste*, ce qui explique la grande profondeur de ce type de ressource qui se situe en moyenne entre 2.000 et 4.000 m de profondeur.

### 3. LES RÉSERVES EN FRANCE

La France possède dans ses sous-sols un fort potentiel de gaz et de pétrole de schiste techniquement récupérable<sup>1</sup> qui représente 5.100 milliards de m<sup>3</sup>. Mais ceci n'est qu'une estimation car depuis le 13 juillet 2011 les forages exploratoires par la technique de la fracturation hydraulique sont interdits.



Les deux régions les mieux connues sont le Bassin parisien, où près de 2000 forages ont été réalisés dans le cadre de la prospection pétrolière, et le bassin du Sud Est de la France, moins bien connu, mais avec un potentiel de gaz de 3.900 milliards de m<sup>3</sup>.

Remarque : Bien que les permis de recherche du Gaz ou Pétrole de schiste par fracturation hydraulique soient interdits, des permis de recherche d'hydrocarbures liquides et gazeux ont récemment été octroyés dans des régions potentiellement prometteuses. Les industriels attendent une évolution de la législation ou la mise au point de nouvelles techniques de fracturation.

Figure 2 : Répartition des sites potentiellement productifs

<sup>1</sup> Estimation de l'EIA (Agence Internationale de l'Energie)

## 4. EXPLOITATION DES GAZ ET PÉTROLE DE SCHISTE

### 4.1. TECHNIQUE DE FORAGE

La technique de forage est la même que pour les hydrocarbures conventionnels. Mais le forage vertical est peu efficace pour récupérer le gaz de schiste car il draine le gaz sur un volume en général trop faible. Quand le forage vertical a atteint la zone de schiste riche en gaz, le trépan est alors orienté horizontalement de façon à progresser dans l'épaisseur du schiste ; cette progression peut aller jusqu'à 2 km du puits vertical.

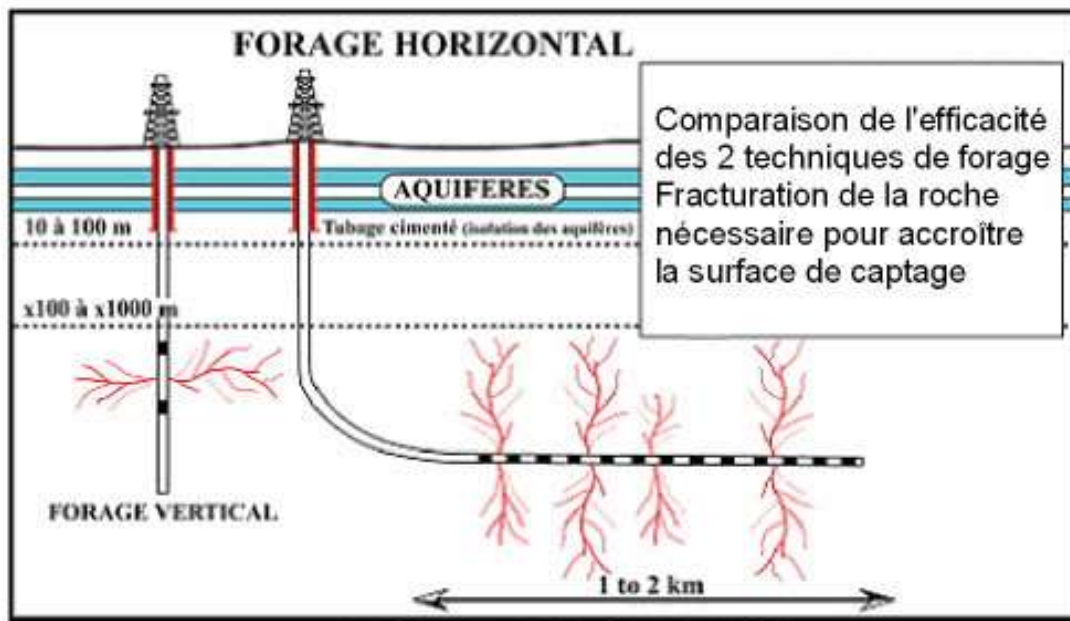


Figure 3 : Principe du forage horizontal

### 4.2. TUBAGE

Le tubage d'un forage pétrolier est constitué de plusieurs couches concentriques, colonnes de béton et tubes d'acier, qui constituent autant de barrières d'étanchéité et assurent le guidage du forage comme le montre la figure 4.

- La cimentation consiste à injecter, entre la paroi rocheuse et le tube, du ciment sous pression
- Le coffrage conducteur a pour but de stabiliser la surface du sol en s'appuyant sur le socle rocheux
- Le tubage de surface a principalement pour but d'éviter la pollution des nappes phréatiques en cas de fuite du tubage de production

Suivant la nature du terrain la longueur peut varier 100 et 1.000 m.

Le tubage intermédiaire sert à éviter la dispersion des fluides de forage qui pourrait polluer d'autres ressources.

Le tubage de production va récolter le produit recherché.

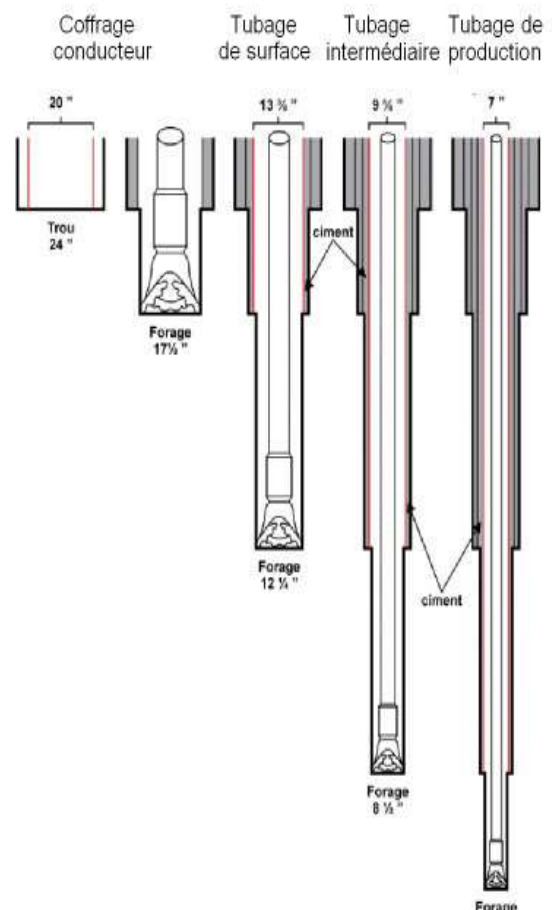


Figure 4 : Technique du tubage

### 4.3. FORAGE EN GRAPPE (Cluster ou PAD)

Le drainage du gaz se produit sur des volumes relativement restreints autour du tube de production ce qui nécessite des puits relativement proches les uns des autres.

Afin de réduire l'empreinte au sol, une technique de forage en grappe a été développée qui permet à partir d'un forage central de développer jusqu'à 10 forages horizontaux, ce qui assure le drainage sur une surface de l'ordre de 8 km<sup>2</sup> comme le montre la figure 5 ci-contre.

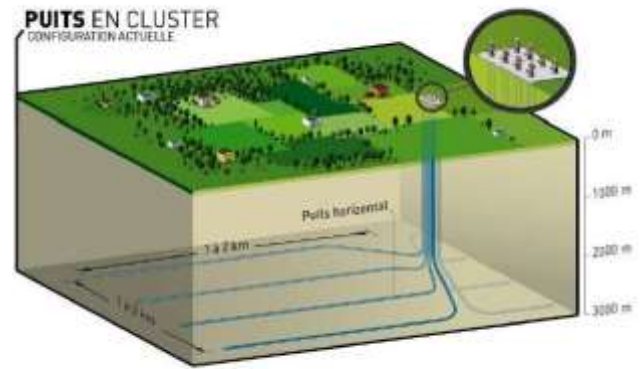


Figure 5 : Principe de forage

Source Total et IFPEN

### 4.4. LA FRACTURATION HYDRAULIQUE

La fracturation hydraulique permet d'augmenter la perméabilité de la roche en élargissant les fissures ou en en créant d'autres. C'est une méthode bien connue et largement employée par l'industrie pétrolière et gazière conventionnelle pour améliorer l'exploitation des réservoirs de faible perméabilité.

Elle est également employée pour les forages géothermiques.

Lorsque l'on a atteint la roche mère, la technique consiste dans un premier temps à pré fracturer la roche à l'aide de petits explosifs, puis à injecter de l'eau sous pression (600 bars) contenant des adjuvants chimiques (bactéricides, anti-corrosifs, acides) pour lisser les parois des roches et fluidifier la circulation du gaz.

Cette eau contiendra également du sable pour maintenir écartées les fissures du schiste. L'eau est ensuite pompée pour permettre la remontée du gaz.

### 4.5. AUTRES TECHNIQUES D'EXPLOITATION

#### 4.5.1. Fracturation par arc électrique

Cette méthode consiste à générer une onde de pression par un arc électrique entre deux électrodes placées dans un tuyau rempli d'eau. Elle provoque des fissures denses mais peu étendues.

#### 4.5.2. Fracturation par procédé thermique

Cette méthode consiste à chauffer la roche (vapeur ou arc électrique) ce qui conduit à la déshydrater. S'ensuit ce qui conduit à une rétractation de la roche et donc une fissuration.

#### 4.5.3. Fracturation pneumatique

Cette méthode consiste à injecter de l'air sous pression et à créer des ondes de choc. L'air peut-être remplacé par de l'hélium.

#### 4.5.4. Fracturation par arc électrique

Plusieurs fluides ont été testés, GPL, mousse d'azote ou de dioxyde de carbone, azote ou dioxyde de carbone liquéfiés. Mais la technique la plus avancée repose sur l'utilisation de propane gélifié, ce qui permet d'y adjoindre du sable.

Cette technique est plus onéreuse que la fracturation hydraulique, mais a tendance à se développer (30 % des forages au Canada).

## 5. CAPACITÉ DE PRODUCTION D'UN PUIT

Ce qui différencie le gaz de schiste du gaz conventionnel, c'est essentiellement son régime de production. Pour les gaz de schiste, la production immédiate est importante mais va décroître assez rapidement ce qui oblige de nouveaux forages si l'on veut maintenir le niveau de production.

La courbe ci-dessous montre qu'au bout de 2 ans la production a baissé de près de 80 %.

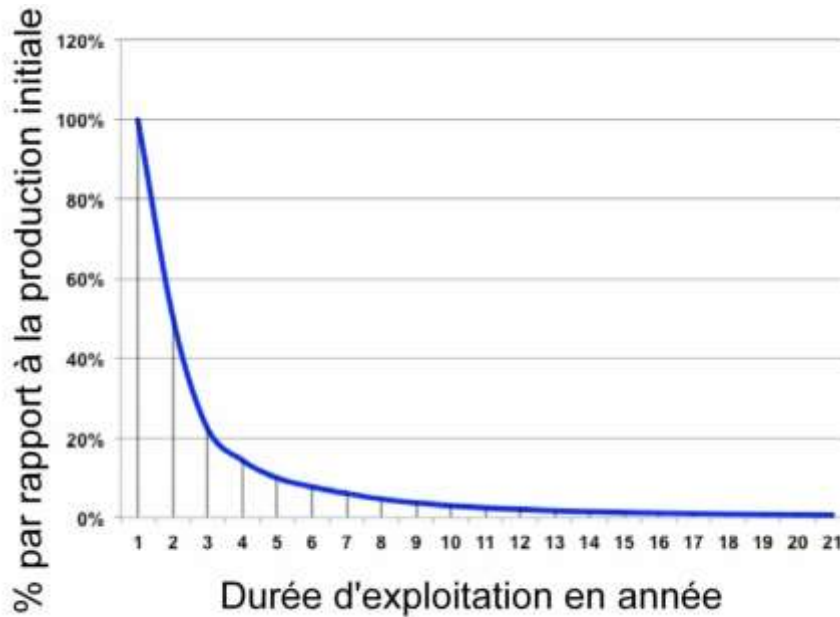


Figure 6 : Evolution de la production d'un puits

## 6. LES GAZ DE SCHISTE ET L'ENVIRONNEMENT

Les problèmes d'environnement liés à la production des gaz de schiste sont essentiellement liés au mode d'exploitation actuel : la fracturation hydraulique. Cette méthode nécessite une grande quantité d'eau contenant des adjuvants chimiques.

### 6.1. POLLUTION DE L'AIR ET CONTAMINATION DES NAPPES PHRÉATIQUES

Les adjuvants utilisés ont pour rôle d'éviter la prolifération des bactéries qui pourrait obstruer les fissures et la corrosion du tubage. Ils servent également à fluidifier la circulation du gaz. La fracturation nécessite plusieurs milliers de mètres cubes dont une partie reste au fond du forage. L'eau remontée doit être traitée avant d'être réutilisée car elle contient des sels résultant de l'action des acides sur la roche.

Les produits chimiques utilisés sont essentiellement du benzène, éthylbenzène, toluène, xylène, naphtalène, hydrocarbures polycycliques aromatiques, méthanol, formaldéhyde, éthylène glycol, glycol éthers ainsi que de l'acide chlorhydrique et de la soude caustique.

20 à 40 % de l'eau reste au fond et, bien que très loin des nappes phréatiques, certains craignent la migration de ces produits vers les nappes d'eau supérieures.

A l'origine, des forages de mauvaise qualité ont entraîné des fuites importantes de gaz qui se mélangeaient à l'eau des nappes phréatiques et dégageaient du méthane<sup>2</sup> dans l'atmosphère. Les forages actuels permettent de limiter ces risques.

### 6.2. RISQUES DE SÉISME

Il est incontestable que la fissuration d'un massif rocheux va entraîner une modification de sa structure et peut éventuellement provoquer de petits séismes. Mais, compte tenu de la dimension des fissures, la magnitude du phénomène est de l'ordre de 1,5 à 3,6 sur l'échelle de Richter donc relativement insensible.

De plus, ces phénomènes se produisent à très grandes profondeurs et ne parviennent à la surface que très atténués. Cependant une grande densité de forages sur une zone restreinte peut aggraver le phénomène<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Puissant gaz à effet de serre

<sup>3</sup> Séisme de Blackpool (Royaume Uni) magnitude 2.3. Séisme de Bâle (Suisse) magnitude 3.6 forage géothermique

### 6.3. EMPREINTE AU SOL DES INSTALLATIONS

Comme toute installation industrielle, l'exploitation va entraîner des nuisances liées à l'activité que l'on peut décomposer en trois phases : la préparation et le forage, le temps de production, et le démantèlement. Le volume de drainage du gaz étant relativement faible, l'exploitation va conduire à un mitage du territoire, ce qui n'est pas toujours compatible avec des zones relativement urbanisées.

Phase de réparation et de forage : c'est cette phase qui entrainera le plus de nuisances liées à la circulation des camions, aux installations de forage et de traitement des eaux. Elle durera de quatre à cinq semaines.

Phase d'exploitation : cette phase est beaucoup moins contraignante car il ne restera que la tête de puits et la station de traitement du gaz ainsi que le va et vient des camions qui évacueront le gaz. La technique du forage en grappe limite l'impact au sol.

Phase de démantèlement : cette phase consiste à remettre le terrain en état, à refermer le puits et à s'assurer de son étanchéité.

## 7. DÉVELOPPEMENT DES HYDROCARBURES DE SCHISTE DANS LE MONDE

La production des gaz de schistes se limite actuellement qu'à quelques pays et principalement aux Etats-Unis, le Canada et la Chine. La plupart des pays européens ont entrepris des recherches et envisagent l'exploitation.

Seules la Bulgarie et la France ont interdit la prospection.

La production actuelle des gaz de schiste dans le monde est de 483 milliards de m<sup>3</sup> par an.



Figure 7 : Présence potentielle de gaz de schiste dans le monde

## 8. LE GAZ DE SCHISTE DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Le développement des énergies renouvelables pose le problème de l'intermittence et du caractère aléatoire de ce type d'énergie. Pour pallier ce problème, on fait appel en général aux turbines à gaz pour injecter au moment voulu l'énergie nécessaire à la stabilité du réseau.

Dans le cadre du réchauffement climatique, la substitution de charbon par le gaz contribue à la réduction des gaz à effet de serre avec 650 kg de CO<sub>2</sub> par MWh alors que le charbon en produit 900 kg/MWh.

En France, la consommation de gaz représente 15 % de la consommation globale. La production nationale étant inférieure à 2 %, le gaz naturel est principalement importé de Norvège (31 %), de Russie (15 %), d'Algérie (16 %), et des Pays-Bas (18 %). Une production nationale de gaz de schiste permettrait de pallier la décroissance des sources européennes et d'alléger la facture énergétique.

En résumé, dans le bilan énergétique français actuel, la production de gaz de schiste permettrait une triple opportunité :

- assurer l'indépendance énergétique
- réduire la facture énergétique
- apporter un complément indispensable aux énergies renouvelables intermittentes

Toutefois les techniques d'exploitation posent encore quelques interrogations :

- elles nécessitent l'utilisation de produit polluants et une grande quantité d'eau
- la multiplication des forages pour une bonne exploitation des gisements pourrait entraîner des tassements de terrain non compatibles avec des régions relativement urbanisées
- la multiplication des puits contribuerait également à augmenter les risques de fuite de méthane qui a un pouvoir réchauffant (PRG) 23 fois plus élevé que le CO<sub>2</sub>

## 9. BIBLIOGRAPHIE

Gaz et Pétrole de schiste : Alexandre Andlauer, Christophe Hecker, Laffont Synthèse internet