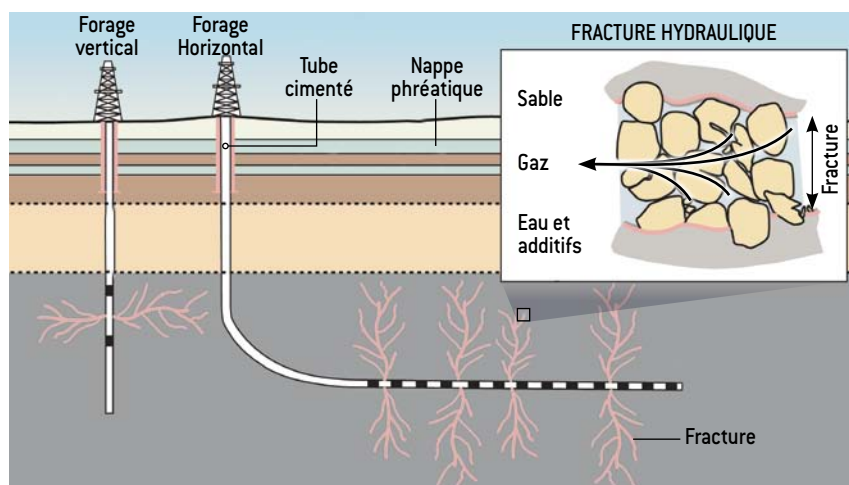




LA FRACTURATION HYDRAULIQUE consiste à injecter de l'eau sous pression dans le sol, afin de connecter les pores de la roche par des fissures et de récupérer le gaz qui y est piégé. Du sable mélangé à l'eau empêche les fissures de se refermer trop vite. L'eau sous pression, chargée de gaz, reflue ensuite naturellement dans le puits. Dans le cas des schistes, on utilise des forages horizontaux qui peuvent s'étendre sur plusieurs kilomètres.

PLS

On accuse aussi les forages d'entraîner des fuites de gaz à effet de serre...

G. P.-C. : Il y a en effet des fuites de méthane, un puissant gaz à effet de serre, dans l'atmosphère. Là encore, ce n'est pas inhérent aux schistes, mais commun à toutes les installations d'extraction de gaz, et là encore, le problème est économique plus que technique : comme il faut creuser de multiples puits à faible coût, les bonnes pratiques permettant la maîtrise des fuites ne sont pas toujours respectées. Dans le bilan des schistes en termes d'émissions de gaz à effet de serre, il faut aussi rappeler que la combustion du gaz naturel émet moins de dioxyde de carbone que celle du charbon à énergie égale. Le bilan global suscite donc la controverse.

PLS

On a aussi évoqué des risques de séisme et d'affaissement de terrain. Qu'en est-il ?

G. P.-C. : Pour les séismes, il existe bien sûr des zones instables, qu'il faut éviter. En dehors de ces zones, le risque est mineur : on constate de la microsismicité, mais trop faible pour affecter l'environnement ou l'habitat. D'autres activités humaines ont d'ailleurs plus d'impact. Ainsi, selon une étude américaine publiée en 2012,

la géothermie avait provoqué des séismes plus nombreux et plus importants que l'exploitation des gaz de schiste.

Quant aux affaissements, on en a observé de légers dans les champs d'hydrocarbures conventionnels. Les réservoirs sont comme des éponges gorgées d'eau, qui se contractent en se vidant. En général, le terrain ne se tasse que d'un centimètre ou deux, ce qui ne pose pas de problème particulier. Pour les gaz de schiste, la situation est plus incertaine. Les roches sont sous-saturées en eau, c'est-à-dire qu'elles en absorbent beaucoup. On ne récupère que 30 ou 40 % de l'eau injectée. Le risque n'est donc pas tant de provoquer des affaissements que de modifier le comportement de la roche. Pour le comprendre, on peut se représenter une argile utilisée pour la poterie : quand on y ajoute de l'eau, on la transforme en une sorte de pâte à modeler. Dès lors, on pourrait provoquer des déformations et des mouvements de terrain, susceptibles de survenir plusieurs dizaines d'années après l'exploitation.

Le sentiment des ingénieurs est que le risque est faible, mais on manque de données scientifiques pour l'exclure totalement. Je ne connais que deux travaux publiés sur ce sujet. Dans mon laboratoire, nous avons lancé un projet pour l'étudier il y a un an, mais nos recherches, qui tentent d'éclaircir le phénomène au niveau moléculaire, sont encore très préliminaires.

PLS

L'Allemagne semble s'orienter vers une autorisation sous condition de l'exploitation. Des mesures réglementaires, telles des interdictions locales, vous semblent-elles suffisantes pour limiter les nuisances ?

G. P.-C. : Le problème en France est que l'on ne connaît pas assez bien le sous-sol. Pour décider d'interdire ou de restreindre l'exploitation dans une certaine zone, on doit disposer d'un certain nombre de paramètres : degré de fissuration, sismicité, stabilité et hydrologie du sous-sol, etc. Si l'on cherche à légiférer aujourd'hui sans bien cerner tous ces paramètres, on risque d'aboutir à l'application systématique du principe de précaution et à une interdiction généralisée.

Avant de fixer un cadre réglementaire, il faut donc d'abord lancer un grand programme d'exploration du sous-sol. Plusieurs projets existent. L'Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie (ANCRE) a élaboré un programme de recherche sur les gaz de schiste qui coûterait environ 20 millions d'euros, et dont une partie importante serait consacrée à l'exploration. Pour l'instant, ces projets dorment sur les étagères...

Le seul cas sur lequel il serait intéressant de légiférer dès aujourd'hui est celui de la pollution de surface. Dans certaines zones, telles les réserves naturelles, les installations nécessaires à l'exploitation des schistes nuieraient trop au paysage et à la biodiversité.

PLS

Comment explore-t-on le sous-sol ?

G. P.-C. : L'exploration se déroule en trois phases. D'abord, on analyse la géologie de la surface et on en déduit certains paramètres du sous-sol. Ensuite, on utilise des explosifs pour envoyer des ondes sismiques dans le sous-sol, dont on reconstitue les propriétés grâce à l'analyse des ondes réfléchies. Sur la base de cette reconnaissance géophysique, on réalise quelques forages pour vérifier et affiner les résultats.

PLS

Quelles pistes envisage-t-on pour améliorer les techniques d'extraction ?

G. P.-C. : Le consensus parmi les ingénieurs et les chercheurs est que la priorité est d'améliorer la fracturation hydraulique, plutôt que de développer des alternatives. Cette technique est la plus mature techniquement et économiquement. L'objectif n'est pas forcément de fracturer davantage la roche, mais de mieux comprendre les phénomènes à l'œuvre afin d'améliorer la sécurité des exploitations (qui sont déjà rentables) et de mieux cibler les zones à risque.

De grands programmes ont été lancés. L'un, en Europe, se déroule principalement dans les universités du Pays-Bas et est financé par des groupes privés, tels BP, Total ou Exxon. Aux États-Unis, la *National Science Foundation* (NSF) soutient financièrement des projets associant entreprises et grandes universités. Au Canada, des recherches rassemblent aussi les principales universités. Chaque projet de ces programmes peut coûter plusieurs millions d'euros. D'autres projets, plus modestes, sont menés un peu partout.

PLS

Pourriez-vous préciser ce sur quoi portent tous ces projets ?

G. P.-C. : Il y a trois grands axes et un certain nombre de projets additionnels. Le premier grand axe vise à mieux comprendre la physique de la fracturation en milieu hétérogène. Que se passe-t-il quand la fracture rencontre un joint, c'est-à-dire une zone plus molle ou moins propice à la propagation ? S'y propage-t-elle tout de même ou s'y arrête-t-elle, laissant l'énergie se dissiper par l'ouverture d'autres fissures autour du joint ? C'est ce genre de questions, notamment, que nous étudions dans mon laboratoire.

Dans le deuxième grand axe, on cherche à modéliser numériquement le réservoir, afin de déterminer le trajet des fissures. Tandis que le premier axe concerne des analyses fines et locales, il s'agit ici de prévoir le comportement de tout le massif rocheux. Il est très difficile d'étudier la propagation des fissures à une échelle aussi vaste, car les calculs nécessaires deviennent très lourds.

Le troisième axe traite du contrôle *in situ* de la fracturation hydraulique. L'ouverture d'une fissure crée un bruit sismique, composé de petites ondes qui se propagent. On cherche alors à le détecter en surface et à déduire les endroits où la roche s'est fissurée. On pourrait

Quelques chiffres

■ **Consommation mondiale de gaz (en 2013) :**
3 347 milliards de m³.

■ **Réserves mondiales de gaz de schiste techniquement extractibles :**
207 000 milliards de m³
(soit 32 % des réserves totales de gaz), selon l'EIA.

■ **Production américaine de gaz (en 2011) :**
651 milliards de m³, dont 34 % de gaz de schiste.

■ **Consommation d'eau associée aux gaz de schistes : 10 000 à 15 000 m³ par puits.**

■ BIBLIOGRAPHIE

P. Papon, *Le gaz de schiste : mythes et réalités*, *Futuribles*, n° 399, pp. 81-98, mars-avril 2014.

Energy outlook 2035, BP, 2014. bp.com/energyoutlook

D. Turcotte *et al.*, *Super fracking*, *Physics Today*, août 2014.

National Research Council, *Induced seismicity potential in energy technologies*, The National Academies Press, 2012 [en accès libre sur www.nap.edu].

J.-L. Fellous et C. Gautier, *Les gaz de schiste - Nouvel eldorado ou impasse ?*, Odile Jacob, 2013.

R. Mosseri et C. Jeandel (dir.), *L'énergie à découvert*, CNRS Éditions, 2013.

alors surveiller cette dernière en temps réel. Des modèles ont été construits, et on en est au stade de la validation expérimentale.

Tous ces travaux permettront de mieux comprendre les phénomènes déclenchés dans le sous-sol par la fracturation hydraulique. C'est un point clef pour décider où elle risque d'être dangereuse, et ainsi autoriser ou non l'exploitation des gaz de schistes dans un endroit particulier.

PLS

Et sur quoi portent les autres projets ?

G. P.-C. : Certains visent à remplacer l'eau par un fluide différent, voire un gel. L'entreprise canadienne *GazFrac* commence à tester un gel de propane sur un site pilote et sa technique devrait être bientôt disponible. Ce gel pénètre mieux dans la roche, augmente le nombre de fissures et en ressort plus facilement. On peut le récupérer ensuite. La principale difficulté est que le propane est inflammable. Les installations doivent donc être sécurisées.

Enfin, quelques travaux visent à rendre les additifs plus propres, par exemple en les choisissant biodégradables. L'entreprise *Exxon* utilise ainsi de la gomme de guar (une sorte de haricot qui pousse surtout en Inde) pour augmenter la viscosité de l'eau.

PLS

Les pistes alternatives à la fracturation hydraulique sont-elles abandonnées ?

G. P.-C. : Non, pas complètement. La fracturation par explosifs est un peu étudiée aux États-Unis, mais elle en est encore au stade du laboratoire. De notre côté, nous travaillons sur une technique consistant à fracturer la roche grâce à des décharges électriques. Nous avons fait une pause dans les recherches, car nous en sommes à un stade où un prototype serait nécessaire, et c'est pour l'instant impossible à mettre en œuvre en France. L'avantage d'une telle technique, et d'autres qui sont à l'étude, est qu'elles permettraient un meilleur contrôle de la fissuration : celle-ci s'arrête vite quand on stoppe les impulsions électriques ou la mise à feu d'explosifs. Avec la fracturation hydraulique, le risque de propagation instable des fissures est plus élevé. ■

Propos recueillis par Guillaume JACQUEMONT