

# Gaz de schiste : un nouvel eldorado qui enflamme les compagnies gazières du monde entier

À l'heure où se profile la transition énergétique, le gaz de schiste représente une ressource miracle pour les uns, un cauchemar écologique pour les autres. Qu'en est-il réellement ?

Serge  
LÉCOLIER\*

Promo 58

## Historique

L'histoire de cette innovation est d'abord celle de quelques pionniers américains débrouillards et obstinés dont la lubie était de faire cracher le sous-sol. Car le gaz de schiste n'est rien d'autre que du gaz naturel, du banal méthane. Rien à signaler non plus sur le mode de formation de cet hydrocarbure ; la matière organique (plancton tombé il y a des millions d'années) se transforma à mesure qu'elle fut enfouie sous les couches géologiques. Seulement, au lieu de migrer vers la surface pour former ensuite des gisements conventionnels, ces molécules de gaz naturel sont restées piégées dans les pores de leur couche argileuse de naissance. Les ingénieurs pétroliers connaissaient tous la présence en quantités éventuellement phénoménales de ce gaz de « roche-mère ». Mais comment espérer extraire ce gaz disséminé dans de la roche imperméable à 2 000 ou 3 000 m de profondeur ? Seuls quelques techniciens imaginèrent pouvoir faire sauter le verrou de cette prison géologique.

Dans la décennie 1990, les premiers essais de fracturation ont été réalisés dans le bassin sédimentaire du Barnett au Texas. Plus tard, vers 2005, une société familiale trouva la bonne recette physico-chimique garantissant la rentabilité de l'opération. La suite ressemble à la ruée vers l'or :

des centaines d'entrepreneurs louent des tours de forage et convergent vers le Barnett. Des bassins sédimentaires de Fayetteville, de Marcellus, d'Eagle Ford sont prises d'assaut. Les conditions de travail sont spartiates, les puits consolidés à la va-vite : la fracturation à haute pression n'est pas toujours maîtrisée. Les majors n'entreront dans le jeu que vers 2008. Au total, en moins de 10 ans plus de 50 000 puits ont été creusés dans le sol américain. Le résultat est spectaculaire : non seulement le déclin de la production de gaz américain est durablement enravé, mais encore les États-Unis sont en passe de devenir le premier producteur mondial de gaz naturel, devant la Russie.

## Une redistribution des réserves

Depuis cinq ans les compagnies gazières brûlent de reproduire sur d'autres continents ce modèle américain. Leurs géologues ont compulsé les archives, cartes, échantillons afin de déceler la roche mère présentant le meilleur potentiel. L'agence américaine d'information sur l'énergie a dressé une liste de 48 bassins sédimentaires prometteurs dans 32 pays. Il en ressort une bien meilleure répartition géographique que celle des gisements conventionnels. Certaines régions regardent désormais leur sous-sol avec un œil nouveau. Avec en toile de fond une possibilité de redistribution de la carte énergétique.

Manifestement, l'Europe ne manque pas non plus de gaz de schiste, au grand désarroi de la Russie qui utilise ses ressources comme un instrument de pression. Par exemple la Pologne qui cherchait depuis longtemps à s'affranchir des Russes se retrouve avec apparemment beaucoup de gaz sous les pieds et elle entend bien l'exploiter.

## Le cas de la France

En mars 2010 le ministère de l'écologie délivre trois permis d'exploitation dans le sud-est aux compagnies Total et Schuepbach, cela dans l'indifférence générale, le phénomène du gaz de schiste étant alors inconnu dans l'Hexagone. Ces permis ont été attribués sans consultation du public ni même des élus locaux. Cependant la rumeur enfle. Les plus curieux se renseignent et découvrent le film documentaire « Gasland », tout juste sorti aux États-Unis, où défilent les images choc des dégâts infligés par l'exploitation sauvage de ces hydrocarbures : paysages ravagés, nappes phréatiques souillées, etc. La curiosité va vite céder la place à l'inquiétude puis à la fronde. La mobilisation enfle, les élus de tous bords invoquent le principe de précaution. On est loin du modèle américain où de grandes plaines quasi désertiques permettent l'implantation de 1 200 tours de forage. Au printemps 2011, une loi interdisant la fracturation hydraulique est votée au parlement par 176 voix contre 151.

C'est une première mondiale. L'exploitation elle-même n'est plus possible puisqu'elle exige aussi des stimulations hydrauliques et les trois permis sont donc abrogés.

Les économistes font de plus en plus entendre leur voix. La France importe 98 % de son gaz ; le reste provient du gisement quasi épuisé de Lacq dont la fermeture est prévue fin 2013. Si bien que la facture énergétique de la France est abyssale, atteignant pour le seul gaz naturel 13 milliards d'euros en 2011. Or cette situation est amenée à durer. Le simple fait d'explorer nos éventuelles ressources pourrait avoir une valeur économique au sens où elle modifierait le rapport de force avec nos fournisseurs de gaz, dès lors plus enclins à revoir leurs prix à la baisse pour nous dissuader de l'exploiter. Même si le potentiel était révélé on pourrait le garder telle une réserve stratégique en attendant de se mettre d'accord sur l'extraction.

Difficile en pleine crise de ne pas être étourdi par le « *success story* » américain et les 600 000 emplois créés. Les prix du gaz sont quatre fois moindres qu'en Europe, au bénéfice des industries américaines grandes consommatrices de gaz comme la pétrochimie et la sidérurgie. D'où ses nombreux rapports sur les compétitivités qui font de l'exploitation des gaz de schiste une mesure phare. De plus une circulaire du ministère de l'écologie du 21 septembre 2012 auprès des préfets précise même que toute tentative d'imagerie par ondes sismiques de ces formations géologiques depuis la surface était prohibée. En clair il n'est pas permis d'en savoir plus sur cette hypothétique ressource.

Certes la recherche académique sur le sujet n'est pas interdite en France. Sauf qu'en pratique elle est impossible ! Les grands organismes scientifiques : CNRS, BRGM, INERIS ont beau avoir défini dans un rapport très fouillé les axes de recherche, l'intention est restée lettre morte, parce qu'il est devenu politiquement intenable en France de financer le moindre programme de recherche publique sur la question. Le blocage est total. Les scientifiques indépendants qui ont l'audace de plancher sur le sujet sont obligés de se greffer tant bien que mal sur des forums scientifiques inter-

nationaux, voire de solliciter discrètement des fonds auprès de groupes pétroliers étrangers.

Mais l'IFP cherche à démontrer à travers un puits pilote que l'exploitation du gaz de schiste est parfaitement sûre. Tous les scientifiques réclament un site expérimental afin de comprendre les phénomènes physico-chimiques que génère cette activité d'extraction. Par ailleurs, les compagnies ont gardé confidentielles la plupart des informations sur les effets délétères.

En résumé, la science commence tout juste à se pencher sur cette innovation énergétique. Les premiers fruits de cette recherche internationale ont déjà infléchi la position de quelques pays. Car si les analyses sont encore balbutiantes, quelques vérités commencent à émerger. Des vérités pas toujours bonnes à entendre selon que l'on appartient au camp des « pour » ou au camp des « contre ». En résumé le gaz de schiste est au carrefour du rêve énergétique et du cauchemar environnemental mais, au-delà des opinions toutes faites et des certitudes bien arrêtées, qu'en est-il réellement du potentiel de cette ressource, des techniques de son extraction et des dégâts sur les sols ?

## Le dossier vérité

### • Ressources

L'évaluation des réserves de gaz de schiste reste délicate en raison du manque de recul historique sur cette récente possibilité, car la ressource est disséminée dans les pores de la roche mère, si bien qu'à la différence des gisements conventionnels aux contours bien définis, c'est la fracturation qui crée artificiellement un réservoir dont on a peine à prévoir les caractéristiques : en clair on ne peut anticiper le volume d'une poche de gaz. Ce manque de connaissance est encore plus criant en France où aucun forage n'a été entrepris. Certains experts pensent que dans l'est du bassin de Paris vers la Moselle se trouveraient pas moins de 2 000 milliards de mètres cubes. Un autre bassin potentiel serait situé dans le sud-est de la France, et c'est dans cette région que les compagnies ont fait leur demande de permis.

### • Extraction

Pourquoi est-il nécessaire de fracturer la roche pour exploiter le gaz de schiste ? Ce dernier est en effet piégé dans les pores de la roche mère située à 3 000 m de profondeur. Pour rassembler ces poches en îlots de gaz susceptible d'être remonté à la surface, il est nécessaire de fracturer cette couche géologique. Une opération titanesque.

Un chantier de fracturation se réalise en trois étapes :

#### 1• Le forage

Un Derrick de 40 m de hauteur est érigé ; le forage durera 40 jours, 24 heures sur 24, mais il faut savoir que le gaz de schiste nécessite environ 100 fois plus de forages qu'un gisement classique : dans les zones concernées, il faut compter un chantier par kilomètre carré. La technique consiste à réaliser un forage vertical de 3 km vers la couche qui renferme le gaz et d'en effectuer ensuite un autre à l'horizontale afin de percer le filon sur 2 km de longueur.

#### 2• La fracturation

Pendant 20 jours, le convoyage du matériel indispensable à la fracturation (eau, sable, additifs) nécessite 2 000 voyages de camions-citernes : 20 000 m<sup>3</sup> d'eau, 500 m<sup>3</sup> de sable et 150 m<sup>3</sup> d'additifs chimiques. La fracture exige des acides pour attaquer la roche, de l'eau pour créer la fracture et du sable pour maintenir ouvertes les fissures, mais aussi des gels et des biocides. Le liquide est injecté sous 600 bars de pression pour fissurer la couche d'argile. Le gaz est enfin libéré des pores dans lesquels il était piégé depuis des millions d'années.

#### 3• La production

Une fois le site entré en production (sa durée est estimée entre 5 et 40 ans), il ne mobilise plus qu'un hectare de terrain et passe quasi inaperçu ; l'extraction génère en revanche des nuisances sonores jusqu'à 80 dB, et la production s'effondre très vite : il faut donc forer régulièrement de nouveaux puits. Un seul site d'exploitation peut comporter jusqu'à 28 puits en parallèle .

### • Les risques

Quels sont le bilan carbone du gaz de schiste et l'effet de serre ?

Les quelques résultats partiels aboutissent à des résultats différents. On parle d'un bilan carbone aussi sobre que celui du gaz naturel classique ou pire que celui du charbon. La faute à des méthodes de mesure et des modes de calcul, avec des sites étudiés incroyablement disparates. Une seule chose est sûre : le bilan CO<sub>2</sub> est la somme de ce qui est émis lors de l'extraction, du transport puis de la consommation de la ressource. Pour cette dernière tout le monde s'accorde pour dire que la combustion du gaz est la plus propre parmi les énergies fossiles : elle rejette près de deux fois moins de CO<sub>2</sub> que le charbon.

### • Géologie

Est-il vrai que la fracturation hydraulique déclenche des séismes ? La réponse semble être positive : à l'instar de beaucoup d'activités humaines dans le sous-sol comme l'extraction minière ou la géothermie, l'extraction de gaz de schiste peut déclencher des séismes. Les géologues américains l'ont d'ailleurs constaté fréquemment ces dernières années. Encore faut-il préciser que ces secousses ont peu de chances d'être perceptibles en surface ! Lors de la fracturation hydraulique la propagation des fissures a un effet négligeable. En revanche le simple fait d'injecter du fluide peut perturber l'état des contraintes du sous-sol ainsi que des éventuelles failles sous tension. L'injection augmente la pression dans les pores de la roche, réduisant les forces de friction qui maintenaient la faille encore en place. À partir d'un certain seuil la faille se met à glisser et l'ébranlement déclenché dépend de la taille de la faille et de la nature des contraintes. Par ailleurs de mauvaises pratiques sont mises en cause. Le principal danger viendrait selon un expert américain d'une autre pratique des compagnies gazières, qui consiste à injecter en profondeur un très grand volume d'effluents toxiques : elle est à l'origine d'un séisme de magnitude 4 dans l'Ohio et une très récente étude fait le lien avec trois séismes de magnitude supérieure à 5 dans l'Oklahoma, dont l'un (magnitude 5,7) a causé des dégâts.



## QUELS SONT LES PAYS QUI EXPLOITENT LE GAZ DE SCHISTE ?

### États-Unis

Le gaz de schiste représente déjà 30 % de la production nationale de gaz. Seul l'État de New York résiste toujours avec son moratoire sur la fracturation qui court jusqu'en 2015.

### Chine

Détient potentiellement les plus importantes réserves mondiales. La Chine a fait du gaz de schiste un objectif dès son 12<sup>e</sup> plan quinquennal. Et les grandes compagnies étrangères ont pu débiter l'exploration du pays.

### Pologne : résolument pour.

La Pologne a déjà accordé 112 permis d'exploration et une trentaine de forages ont même été réalisés. Les résultats des premières fracturations sont mitigés, mais la Pologne veut produire dès 2015.

### • Pollutions

Le risque de contamination des nappes phréatiques est-il réel ? On a défini trois scénarios de contamination des nappes phréatiques : infiltrations en surface, fuites du forage, remontées via une faille naturelle.

Le risque existe même s'il semble pouvoir être maîtrisé. L'accident redouté serait la fuite vers les nappes d'eau potable des produits chimiques utilisés lors de la fracturation ou du gaz extrait faisant peser la menace d'une explosion. On a mesuré des teneurs en métal 17 fois supérieures à la normale dans des sources d'eau douce en Pennsylvanie situées à moins d'un kilomètre d'un forage. Le troisième scénario est le plus terrifiant et le plus controversé ; il évoque une fracturation qui tourne mal, propageant ses fissures depuis les profondeurs de la roche mère jusqu'aux nappes phréatiques non loin de la superficie.

### Grande-Bretagne : pourquoi pas ?

Après un moratoire de plus d'un an et demi à la suite du séisme déclenché par un essai de fracturation, le gouvernement a autorisé en décembre la reprise des explorations mais à des conditions draconiennes.

### Canada : en plein doute.

Seul pays en dehors des États-Unis à produire du gaz de schiste, le Canada est en proie à la violente opposition des habitants. Le doute s'est installé. Un moratoire est en cours au Québec depuis mars 2011.

### Allemagne : ni oui ni non.

Le gouvernement a présenté en février un projet de loi interdisant la fracturation dans les zones d'eau potable. Ce qui l'autorise ailleurs ! La Rhénanie et la Westphalie où se trouve le gros des réserves s'y opposent.

### Bulgarie : résolument contre.

Sous la pression de la rue, et de la Russie dit-on, le parlement bulgare a voté en 2012 l'interdiction de la fracturation hydraulique, et l'amende encourue est de 50 millions d'euros.

Un tel accident se serait déjà produit dans une localité du Wyoming. À cela s'ajoute la crainte d'un réseau de fissures. Aucun modèle ne peut prédire la trajectoire exacte des fractures car leur changement de direction et les éventuels embranchements suivent une logique encore mystérieuse. En épluchant les données publiées par la firme Halyburton sur quelque 10 000 fracturations, on a identifié que les plus longues fissures induites mesurent de l'ordre de 600 m de longueur verticale. Il existerait un risque d'environ 1 % qu'une fracturation donne naissance à une fissure verticale de plus de 350 m, la roche mère se situant vers 2 ou 3 km de profondeur et les ressources d'eau potable à quelque 500 m. La marge paraît donc confortable, mais une fissure artificielle pourrait entrer en contact avec des fractures naturelles préexistantes, voire mettre en relation des fractures qui étaient jusque-là isolées.

### • Environnement

La fracturation menace-t-elle vraiment les ressources en eau ? À cette question on peut répondre non : l'eau douce peut être préservée. Au premier abord les chiffres sont impressionnants : chaque puits de gaz de schiste réclame au total pour sa fracturation jusqu'à 20 000 m<sup>3</sup> d'eau, soit le contenu d'une piscine olympique ! Mais ce volume doit être relativisé si l'on songe qu'il n'équivaut qu'à une semaine d'arrosage d'un golf de 18 trous ou que la fracturation hydraulique ne mobilise en Pennsylvanie que 0,2 % de la consommation en eau, bien loin derrière les autres industries.

### • Exploitation

Cette activité génère-t-elle des déchets ? La réponse est clairement positive. L'argile qui constitue la roche mère a la particularité de s'apparier au fil du temps avec un grand nombre d'éléments chimiques, y compris les plus dangereux qu'offre la nature, comme le mercure, le plomb, l'arsenic, le sélénium mais aussi parfois le thorium, le radium et l'uranium.

Or l'eau utilisée pour la fracturation lessive la roche avant d'emporter ses particules quand le fluide remonte à la surface. Les pétroliers planchent sur la solution chimique qui empêcherait ce lessivage mais jusqu'à maintenant ils n'ont d'autre choix que de stocker ces flots d'eau polluée et ultra salée. Par ailleurs dans les années 2000 certains exploitants ne se sont pas privés pour rejeter ces effluents directement dans des rivières, voire dans les forêts ! Ce n'est plus le cas. Comment s'en débarrasser ? Le plus ingénieux serait de les injecter très profondément dans une formation du sous-sol. Mais la géologie ne le permet que rarement et ce n'est pas sans risque. De lourds moyens : osmose inverse, électrocoagulation, évaporateurs, devraient alors être installés. Chaque semaine aux États-Unis les puits de gaz du schiste de Pennsylvanie ne génèrent pas moins de 2000 t de boues radioactives. La France ne serait pas à l'abri : une des roches mères prometteuses du bassin du sud-est fut un temps exploitée pour son minerai d'uranium !

### Conclusion

Il n'y a pas que le gaz de schiste ! Il existe trois autres réserves de gaz naturel : le gaz compact, le gaz de houille et l'hydrate de gaz. Le premier est du méthane piégé dans des formations calcaires ou de grès très peu perméables ; il est exploité intensivement aux États-Unis depuis 40 ans. Le gaz de houille, plus connu sous le nom de « grisou » se cache dans les anfractuosités du charbon. La France mise aujourd'hui sur sa récupération. Des études sérieuses montrent que le bassin de Lorraine en contient 370 milliards de mètres cubes, soit 8 ans de consommation nationale, d'autant qu'il n'y a pas besoin de fracture hydraulique ! Enfin, l'hydrate de gaz est du méthane emprisonné en quantités prodigieuses dans la glace du permafrost et dans les sédiments marins profonds. Un moyen de l'en extraire vient d'être testé avec succès au large du Japon. ■

**\* L'auteur, abonné à Science et Vie, s'est largement inspiré du dossier véridité "Gaz de schiste : une chance ou un risque (n°1148).**

## De l'hydrogène à la pompe

L'hydrogène possède de sérieux atouts pour devenir un vecteur d'énergie majeur dans le futur. Trois fois plus énergétique que le pétrole, ce gaz est capable de produire de l'électricité de manière totalement propre lorsqu'il est utilisé dans une pile à combustible. La réaction ne libère en effet que de la vapeur d'eau.

**M**ais il possède un sérieux handicap : stocker l'hydrogène, notamment dans des systèmes embarqués comme les voitures, est très difficile. Pourquoi ? Parce qu'il est le plus léger de tous les gaz. Imaginez un véhicule qui embarque 4 kilos d'hydrogène, soit suffisamment pour parcourir 400 kilomètres. Son réservoir devrait contenir 45 000 litres de ce gaz stocké à la pression atmosphérique ! Dès lors, il est

nécessaire de comprimer l'hydrogène pour qu'il occupe moins d'espace. C'est d'ailleurs le système utilisé dans la majorité des véhicules équipés d'un moteur électrique alimenté à l'hydrogène. La méthode employée est la même que celle qui permet de stocker les autres gaz à usage énergétique tels que le méthane. Mais le procédé est relativement énergivore.

Les recherches s'orientent actuellement vers le stockage sous forme solide. Dans ce système, l'hydrogène vient se fixer par des liaisons

chimiques à un matériau solide. « On peut ainsi stocker dans un volume donné autant d'hydrogène qu'en le comprimant, mais à des pressions plus raisonnables, de l'ordre de quelques dizaines de bars », précise **Gérald POURCELLY\***.

### Des solides qui piègent le gaz

Première piste étudiée par les chercheurs : l'utilisation de matériaux poreux à base de carbone, tels les charbons actifs, les nanotubes de