



*A 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 ? Les réponses de la science aux 7 questions essentielles.*

# GAZ DE SCHISTE

## LE DOSSIER VÉRITÉ

PAR VINCENT NOUYRIGAT

“Personne ne l'a vu venir”, souffle Anne-Sophie Corbeau, de l'Agence internationale de l'énergie. Alors que, au milieu des années 2000, les Etats-Unis se désespéraient de leur dépendance aux importations d'hydrocarbures, voilà qu'ils se targuent aujourd'hui de leur prochaine... indépendance énergétique. Et ce n'est pas de l'esbroufe: Il suffit de voir les quais déserts des terminaux portuaires de Louisiane, bâtis à grands frais pour accueillir les méthaniers en provenance de Russie ou du Moyen-Orient. “Nous assistons à l'un des phénomènes les plus spectaculaires de l'histoire de l'éner-

gie, plus fort encore, par son ampleur et sa rapidité, que le surgissement du nucléaire dans les années 1970”, lance Patrice Geoffron, directeur du Centre de géopolitique de l'énergie et des matières premières. A l'origine de cette révolution? Le gaz de schiste. Le fameux gaz de schiste, dont l'extraction fiévreuse du sous-sol américain a soulevé en quelques années une onde de choc dans le monde entier, suscitant à la fois enthousiasme délirant et folle inquiétude. Mais nulle part ailleurs dans le monde ce sujet n'est aussi explosif qu'en France, où la violence des échanges égale celle des débats →

P.FOURNIAL - CORBIS - GETTY





→ sur les OGM ou le nucléaire. Un sujet qu'il faut pourtant affronter sereinement, à l'heure du grand débat national sur la transition énergétique qui doit s'achever le mois prochain.

Comment en est-on arrivé là? 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

## UN NOUVEL ELDORADO QUI ENFLAMME LES COMPAGNIES GAZIÈRES DU MONDE ENTIER

gaz de schiste n'est rien d'autre que du gaz naturel, du banal méthane ( $\text{CH}_4$ ). Rien à signaler, non plus, sur le mode de formation de cet hydrocarbure: de la matière organique (plancton ou autre), tombée il y a des millions d'années dans les sédiments, mijote et se transforme à mesure qu'elle est 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, leur roche-mère. Les ingénieurs pétroliers connaissaient tous la présence, en quantités possiblement phénoménales, de ce "gaz de roche-mère". Mais comment espérer extraire ce gaz disséminé dans de la roche imperméable à 2000 ou 3000 mètres de profondeur? Seuls quelques techniciens imaginèrent pouvoir faire sauter le verrou de cette prison géologique. Et de quelle manière!

### INGÉNIERIE COW-BOY, SANS FOI NI LOI

Dans les années 1950, ces bricoleurs explosaient carrément à la nitroglycérine les couches du champ Big Sandy, dans le Kentucky. Plus impressionnant: à la fin des années 1960, les Etats-Unis réalisèrent trois essais nucléaires au Nouveau-Mexique dans le but de stimuler des gisements gaziers récalcitrants. L'ennui, c'est que ces bombes, deux fois plus puissantes que celle

d'Hiroshima, avaient tendance à rendre le gaz... radioactif. Des projets plus raisonnables virent le jour dans les années 1970. Le département de l'Energie travaillait alors à perfectionner une vieille technique expérimentée en 1947, dans le Kansas: la fracturation hydraulique, c'est-à-dire l'injection sous pression d'un fluide (carburant, eau) dans la dizaine de mètres d'épaisseur de la

roche-mère. Dans le même temps, l'industrie pétrolière s'armait de têtes de forage dirigées capables de tracer des puits horizontaux – pour passer sous une ville par exemple. Plusieurs petites compagnies eurent alors l'idée de combiner ces deux techniques: creuser un puits horizontal, avant de fracturer ensuite la couche sur des centaines de mètres dans le sens de la longueur



– une fracturation horizontale. L'objectif étant, on l'aura compris, de soutirer un maximum de gaz.

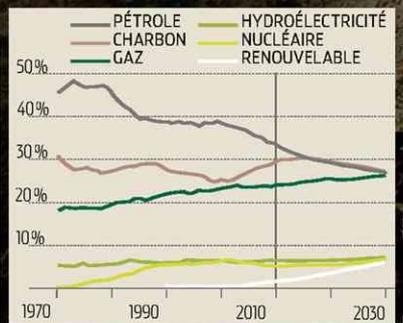
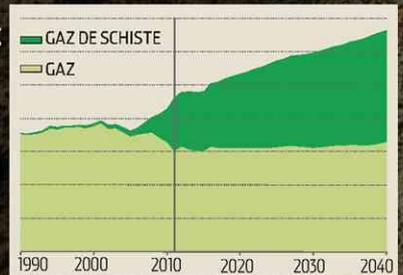
Lors de la décennie 1990, quelques audacieux "fractureurs" firent leurs armes dans le bassin sédimentaire du Barnett, au Texas. A force de persévérance, une société familiale, Mitchell Energy, trouva vers 2005 la bonne recette physico-chimique garantissant la rentabilité de l'opération. La suite ressemble à la ruée vers l'or: des centaines d'entrepreneurs



agressifs louent des tours de forage et convergent vers le Barnett. Puis vers les roches-mères, depuis longtemps identifiées mais délaissées, 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 vavite, les fracturations à haute pression pas toujours maîtrisées... Bref, de l'ingénierie cow-boy sans foi ni loi. Les Majors n'entreront dans le jeu que vers 2008. Au total, en moins de dix ans,



UNE "SUCCESS STORY" AMÉRICAINE  
 En cinq ans, l'extraction du gaz de schiste (photos) a quasiment offert son indépendance énergétique aux Etats-Unis (courbe ci-contre). A l'échelle de la planète, le gaz pourrait même devenir l'énergie phare du XXI<sup>e</sup> s (en dessous).



G. CONNESTRA/ETADOC - SAN ANTONIO EXPRESS-NEWS/ZUMA/REA - M. KONTEINTE

plus de 50 000 puits ont été creusés dans le sol américain. Pour un résultat spectaculaire: non seulement le déclin de la production de gaz américain est durablement enrayeré (voir courbe), mais les Etats-Unis sont en passe de devenir le premier producteur mondial de gaz naturel devant l'ogre russe! En prime, l'Oncle Sam s'est racheté une petite virginité climatique, en consommant logiquement moins de charbon...

#### 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 et échantillons, afin de déceler les roches-mères présentant le meilleur potentiel. Assaillie de demandes du monde entier, l'agence américaine d'information sur l'énergie (EIA) 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, peu familières de la production d'hydrocarbures, regardent désormais leur sous-sol avec un œil neuf et pétillant. Avec, en toile de fond, une possible redistribution de la carte énergétique: selon Anne-Sophie Corbeau, "la répartition mondiale des réserves de gaz qui se concentrait autour du trio Russie-Iran-Qatar pourrait se reformer à l'avenir autour de deux grands pôles, Etats-Unis et Chine". Et, 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. "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", observe Anne-Sophie Corbeau. On le voit, l'histoire du gaz de schiste ne se résume pas une simple aventure technologique... Surtout qu'un autre pays européen est dans le viseur des groupes gaziers en raison de son sous-sol prometteur: la France. →

## LE GAZ DE SCHISTE, C'EST QUOI ?

Le gaz de schiste est du gaz naturel. Simplement, au lieu d'avoir migré vers de grands réservoirs, ses molécules de méthane sont restées piégées dans les pores de leur roche de naissance, une argile très peu perméable. Les pétroliers doivent donc ici extraire un gaz disséminé au sein d'une couche récalcitrante.

SOURCES: BP - EIA





À LA UNE



► L'HEXAGONE FORTEMENT MOBILISÉ  
 En France, l'inquiétude a provoqué de fortes réactions, jusqu'à une fronde ouverte contre l'exploitation du gaz de schiste (à droite, en 2011, en Ardèche).



→ Le lundi 1<sup>er</sup> mars 2010, le ministère de l'Ecologie délivrait trois permis d'exploration dans le Sud-Est aux compagnies Total et Schuepbach... Dans l'indifférence générale: le phénomène du gaz de schiste est alors inconnu dans l'Hexagone, et ces permis ont été attribués sans consultation du public ni même des élus locaux – une opacité que l'on doit à notre antique code minier. Cependant, la rumeur enfle. Les plus curieux se renseignent, et découvrent le film documentaire *Gasland* (voir encadré), tout juste sorti aux Etats-Unis, où défilent les images chocs 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, sous les pancartes hurlant "non aux gaz de schiste!" ou encore "no gazaran". Le parti écologiste fait soudain de la lutte contre cette énième énergie fossile son cheval de bataille.

Les élus de tous bords invoquent le principe de précaution. Certains font aussi valoir que les régions convoi-

**ECRANS & MEDIAS**

Le réalisateur Lech Kowalski (écopé la lutte des derniers polonais): «Ce que j'ai découvert m'a choqué»

**Gaz de schiste, forage au ventre**

**GAZ DE SCHISTE: PAS DANS MON JARDIN!**

La suspension provisoire des permis d'exploration de gaz de schiste n'a pas rassuré les habitants des zones concernées, dans le sud-est de la France. Sur place, la résistance s'organise.

**TOXIQUE**

**GAZ DE SCHISTE: NON MERCI!**

**L'EXTRACTION DU GAZ DE SCHISTE**

tées, incluant les Causses et les Cévennes, misent sur le tourisme vert et visent une inscription au patrimoine mondial de l'humanité. Il est loin le modèle américain, où de grandes plaines quasi désertes offrent un terrain de jeu idéal à quelque 1200 tours de forage – la France n'en a qu'une seule de présentable –, tandis que le droit du sous-sol assure au propriétaire du terrain de juteux bénéfices. Ce qui facilite plutôt l'accueil des rive-rains. "Rien de tel en France où l'Etat s'approprie les ressources stratégiques du sous-sol", signale Christophe Didier chargé des risques du sous-sol à l'Ineris. Cette tradition remonte à Napo-

l'éon qui voulait éviter que des barons ne s'emparent de ces ressources locales pour guerroyer contre l'Empire". L'Hexagone ayant perdu sa tradition minière depuis plus d'un demi-siècle, cette relocalisation de l'extraction n'en est que plus rude.

Au printemps 2011, une loi interdisant la fracturation hydraulique est votée au parlement, par 176 voix contre 151. Tout contrevenant se voit passible d'un an de prison et de 75 000 euros d'amende – y compris, d'ailleurs, s'il pratique la classique fracturation verticale sur un gisement conventionnel. C'est une première mondiale. L'exploration elle-même n'est plus possible puisqu'elle exige aussi des stimulations hydrauliques. Les trois permis du Sud-Est sont donc abrogés.

**CACOPHONIE GOUVERNEMENTALE**

Maintenant, ce sont les industriels qui s'insurgent. D'aucuns regrettent la disparition du génie français qui avait su exploiter sans accroc, à partir de 1957, le volumineux gisement

CARDIN/ANDIA - L. HAZGUI/DIVERGENCES



## "GASLAND" : LE FILM DOCUMENTAIRE QUI A MIS LE FEU AU GAZ DE SCHISTE

L'action se déroule au fin fond du Colorado, dans une maison proche de puits de gaz de schiste. Un vieil homme sort un briquet, le frotte puis met le feu... à l'eau qui sort du robinet de sa cuisine, gorgé de gaz. Cette scène, parmi d'autres, est tirée du documentaire *Gasland* consacré aux ravages de cette exploitation gazière aux États-Unis. Sorti dans les salles en 2010, puis diffusé sur une chaîne américaine, ce film choc a fait l'effet d'une bombe à l'heure où de nombreux pays commençaient tout juste à s'intéresser à cette nouvelle manne. *Gasland* n'est sans doute pas pour rien dans la violence de l'opposition au gaz de schiste en France. Et les efforts des industriels pour dénoncer ses approximations n'y ont rien fait – en réalité, le méthane qui s'échappe du robinet en question ne viendrait pas de l'exploitation du gaz de schiste. Depuis, Hollywood s'est emparé de ce sujet de société à travers le récent *Promised Land*. Lequel dresse une image tout aussi sombre du phénomène...

de Lacq " dont le gaz contenait de l'hydrogène sulfuré à la fois ultra-corrosif pour les aciers et mortel pour les humains – par précaution, des masques à gaz avaient été distribués à 10 km à la ronde", rappelle Roland Vially, de l'IFP. Mais les ingénieurs pétroliers ne sont pas les seuls à exprimer leur frustration. Les économistes font de plus en plus entendre leur voix. Pourquoi ? Notre pays importe 98 % de son gaz, le reste provient du gisement quasi épuisé de Lacq, dont la fermeture est prévue à la 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 car " il n'existe pas de scénario prospectif sérieux où l'on ne consomme plus de gaz vers 2030, assure Patrice Geoffron. 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. S'il se trouve que le potentiel était révélé, nous pourrions le garder sous nos pieds telle une réserve stratégique en attendant de se mettre d'accord sur leur extraction".

Mais d'autres rêvent tout haut d'exploitation dans les plus brefs délais.

### LA FRANCE BALANCE ENTRE PRINCIPE DE PRÉCAUTION ET ESPOIR ÉNERGÉTIQUE...

Difficile, en pleine crise, de ne pas être étourdi par la *success story* américaine, les 600 000 emplois créés ou ces prix du gaz quatre fois moindres qu'en Europe au bénéfice des industries américaines grandes consommatrices de gaz, comme la pétrochimie, ou d'électricité à l'image de la sidérurgie. D'où ces nombreux rapports sur la compétitivité qui font de l'exploitation des gaz de schiste une mesure phare, d'où aussi ces saillies du ministre du Redressement productif, Arnaud

de Montebourg, assénant qu'" il vaut mieux l'exploiter que l'importer".

Mais est-ce si sûr ? Lors de la conférence environnementale, le 14 septembre dernier, François Hollande lançait à la tribune : " Dans l'état actuel de nos connaissances, personne, je dis bien personne ne peut affirmer que l'exploitation des gaz et huile de schiste par fracturation hydraulique, seule technique aujourd'hui connue,

est exempte de risques lourds pour la santé et pour l'environnement". Le ton est donné. A la suite de ce discours, sept demandes de permis d'exploration sont rejetées, car certains étaient suspectés de s'intéresser à la roche-mère. Dans cette atmosphère à couper au couteau, une circulaire du ministre de l'Ecologie, émise le 21 septembre 2012 auprès des préfets, précise même que toute tentative d'imagerie par ondes sismiques de ces formations géologiques depuis la surface était →



À LA UNE

→ prohibée. En clair, il n'est pas permis d'en savoir plus sur cette hypothétique ressource. Une telle intransigeance ne se rencontre guère qu'en Bulgarie, fortement soupçonnée de céder aux pressions de la Russie, grande adversaire des gaz de schiste.

Certes, la recherche académique sur le sujet n'est pas interdite en France. Sauf que, en pratique, elle est impossible ! Les grands organismes scientifiques (CNRS, BRGM, Ineris, Ifpen) 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", analyse Jean-Reynald de Dreuzy, hydrogéologue à l'université de Rennes. La poignée de scientifiques indépendants qui a l'audace de plancher sur le sujet est obligée de se cacher, de se greffer tant bien que mal à des forums scientifiques internationaux, voire de solliciter discrètement des fonds auprès de groupes pétroliers étrangers.

Leur situation est d'autant plus délicate, remarque Christophe Didier, "que l'on peut trouver vain de passer du temps à étudier la fracturation hydraulique, interdite par la loi et qui, tel que cela se dessine, n'a pas d'avenir en France". Il faudra se contenter, cet automne, d'un simple rapport parlementaire sur les alternatives à cette technique. Ou se satisfaire de la connaissance privée et

**UN NOUVEAU CHAMP DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

Depuis à peine trois ans, le gaz de schiste mobilise la science : des géologues en quête de ressources parcourent les bibliothèques d'échantillons (ci-contre), des spécialistes de la formation des fractures lancent de nouvelles expériences...



très empirique issue des compagnies pétrolières... lesquelles ne souhaitent bien souvent s'exprimer que sous le couvert de l'anonymat, par crainte de remettre de l'huile sur le feu. Tout le monde s'accorde pourtant sur l'intérêt d'encadrer les compagnies, comme on impose des limites d'émissions de CO<sub>2</sub> aux constructeurs automobiles : "La loi de 2011 interdisant la fractu-

ration prévoyait une commission de suivi des techniques dédiée aux hydrocarbures de roches-mères, ainsi qu'un puits expérimental bardé de capteurs qui devait tenir lieu de site de recherche : eh bien, ni l'un ni l'autre n'ont été mis en œuvre", constate François Kalaydjian, responsable des technologies de développement durable à l'Ifpen.

**DES VÉRITÉS ÉMERGENT...**

Bien sûr, personne n'est dupe de la farouche volonté d'un organisme aussi lié à l'industrie que l'IFP de démontrer, à travers ce puits pilote, que l'exploit-

DR - G. LEIMDORFER/RAPHO

**DES RÉACTIONS CONTRASTÉES DANS LE MONDE**

Euphorie, hésitation, hostilité : le gaz de schiste ne laisse aucun pays indifférent, pour peu que son territoire recèle des gisements potentiels. Charge alors aux responsables politiques de faire la part entre les désirs d'indépendance énergétique et les inquiétudes manifestées.

**ÉTATS-UNIS**  
Toujours plus

Dans ce pays pionnier, le gaz de schiste représente déjà 30 % de la production nationale de gaz. Seul l'Etat de New York résiste toujours, avec son moratoire sur la fracturation qui court jusqu'en 2015.

**CHINE**  
Aucune hésitation

Doté potentiellement des plus importantes réserves mondiales, la Chine a fait du gaz un objectif de son douzième plan quinquennal. Et les grandes compagnies étrangères ont pu débiter l'exploration du pays.

**POLOGNE**  
Résolument pour

Fer de lance européen, la Pologne a déjà accordé 112 permis d'exploration, et une trentaine de puits ont même été forés. Les résultats des premières fracturations sont mitigés, mais la Pologne veut produire dès 2015.





## IL N'Y A PAS QUE LE GAZ DE SCHISTE

Il existe en effet trois autres réserves atypiques de gaz naturel : le gaz compact, le gaz de houille et l'hydrate de gaz. Le premier est du méthane piégé dans des formations de calcaire ou de grès très peu perméables ; il est exploité intensivement aux Etats-Unis depuis 40 ans. Le gaz de houille, plus connu sous le funeste nom de grisou, se cache dans les anfractuosités du charbon, et il est à l'origine d'explosions dans les galeries de mine. La France mise aujourd'hui sur sa récupération, indique Roland Vially de l'Ifpen : "Des études sérieuses montrent que le bassin Lorrain en contiendrait 370 milliards de mètres cubes", soit 8 ans de consommation nationale. D'autant qu'il n'y a pas besoin ici de fracturation 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 (voir p. 46).

tation du gaz de schiste est parfaitement sûre. Il n'empêche, soutient Jean Reynald de Dreuzy, "tous les scientifiques du monde, y compris les Américains, réclament un site expérimental afin de comprendre les phénomènes physico-chimiques que génère cette activité d'extraction. Car le développement des gaz de schiste s'est fait dans la précipitation, sans que quiconque n'ait mesuré l'état initial du sous-sol avant un forage ; il manque donc la moitié des données pour pouvoir juger de son impact réel !" Sans compter que "les compagnies ont gardé confidentielles la plupart des informations

sur ces effets délétères", déplore Kirk Nordstrom de l'Institut d'études géologiques des Etats-Unis (USGS).

Ignorance, opacité, dogmatisme... 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 (voir ci-dessous). 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 des contre. Mais des vérités dont il faut avoir pris connaissance pour se

forger une opinion éclairée, alors que la transition énergétique s'installe au cœur de l'actualité française avec un grand débat citoyen, puis un projet de loi prévu cet automne.

On l'a compris, le gaz de schiste se situe au carrefour exact 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, des dégâts sur les sols ou même atmosphériques... En sept questions que tout le monde se pose, voici les réponses de la science. ■



### 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 hyper drastiques.



### CANADA En plein doute

Seul pays en dehors des Etats-Unis à produire du gaz de schiste, le Canada est en proie à la violente opposition des habitants. Le doute s'est installé, comme en témoigne le moratoire 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'eaux potables. Ce qui l'autorise ailleurs... Or la Rhénanie-Westphalie, où se trouve le gros des réserves, s'y oppose.



### BULGARIE Résolution contre

Sous la pression de la rue – et de la Russie, dit-on – le parlement bulgare a voté début 2012 l'interdiction de la fracturation hydraulique par 166 voix contre 6. L'amende encourue, 50 millions d'euros, est à la hauteur des réticences.





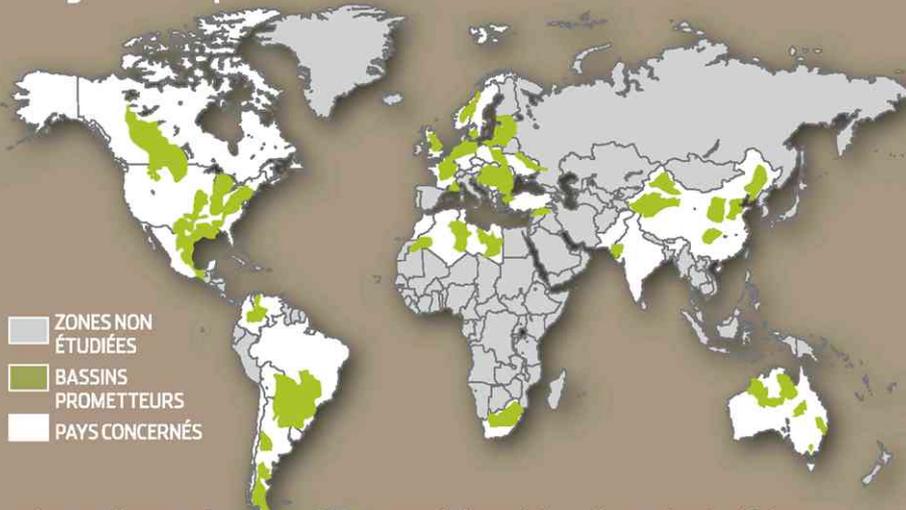
# LE DOSSIER VÉRITÉ EN 7 QUESTIONS

## 1 Ressource

### S'AGIT-IL VRAIMENT D'UNE MANNE CONSIDÉRABLE ?

#### Les gisements potentiels dans le monde

A cette question, personne ne peut répondre avec certitude. Pas même les Américains, qui explorent pourtant leur sous-sol tous azimuts, mais où "l'évaluation des réserves de gaz de schiste reste délicate en raison du manque de recul historique sur cette ressource récente: difficile, par exemple, de prévoir quelle sera la production totale d'un puits", relève Timothy Carr, professeur de géologie à l'université de Virginie-Occidentale. Rappelons que cette ressource est disséminée dans les pores de la roche-mère. Si bien qu'à la différence d'un gisement conventionnel aux contours bien définis, "c'est la fracturation qui crée artificiellement un réservoir dont on peine à prévoir les caractéris-



criant en France, où aucun forage n'a été entrepris. Certes, de formidables espoirs ont été placés dans le sous-sol hexagonal qui, selon l'agence américaine Energy Information Administration (EIA), renfermerait quelque 5100 milliards de m<sup>3</sup> de gaz récupérable, soit plus d'un

Sur ce pactole hypothétique, pas moins de 2150 milliards de m<sup>3</sup> se trouveraient dans l'est du bassin de Paris, vers la Moselle... une zone où la présence de gaz de schiste est jugée par les spécialistes au mieux inaccessible, au pire improbable, tant les éléments disponibles ne permettent pas de conclure. Quant aux 2950 milliards restants, soit tout de même plus de dix fois l'emblématique gisement de Lacq, ils seraient concentrés dans le bassin du sud-est de la France (voir carte). De fait, c'est dans cette zone que les compagnies ont fait leurs demandes de permis, sur la foi d'anciens rapports de forages conventionnels,

d'une poignée d'échantillons et de cartes dressées à l'époque par Elf-Aquitaine.

#### Un manque flagrant de données récentes

Premier constat: la roche-mère, qui s'est déposée ici il y a 180 millions d'années, montre des caractéristiques prometteuses, comme un taux élevé de matière organique. En tout cas, aucun de ces paramètres n'interdit la présence juteuse de gaz. Mais de là à parier sur un quelconque volume... "Il est impossible d'avancer quoi que ce soit avec les données anciennes et parcelaires dont on dispose sur cette région, tranche Michel Séranne, spécialiste du bassin du Sud-

#### AUCUN GÉOLOGUE N'ACCORDE DE CRÉDIT AUX CHIFFRES ASTRONOMIQUES MAIS TOTALEMENT THÉORIQUES ANNONCÉS EN FRANCE ET AILLEURS

tiques", explique Bruno Courme, directeur chez Total de la filiale gaz de schiste Europe. En clair, on ne peut anticiper le volume d'une poche de gaz qui n'a pas encore été créée.

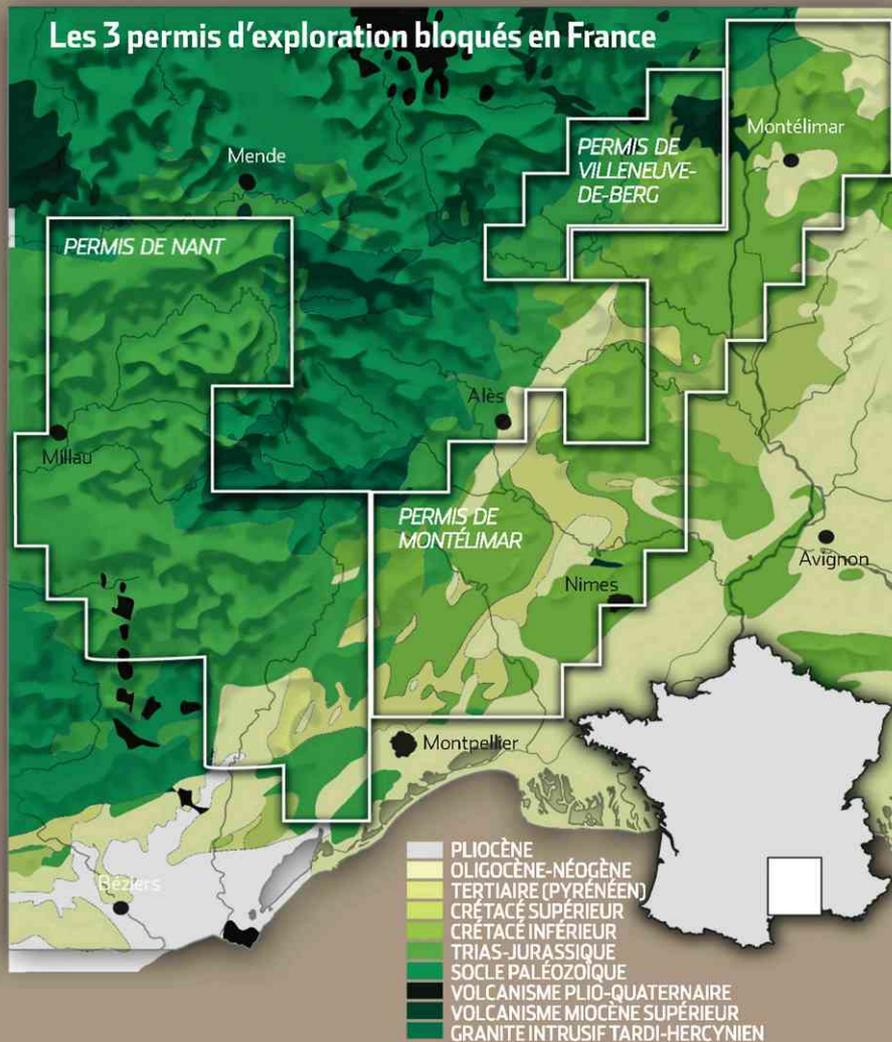
Ce manque de connaissance est encore plus

siècle de consommation nationale! Mais aucun géologue n'accorde de crédit à ces chiffres astronomiques issus d'une évaluation toute théorique... en France comme dans les 31 autres pays évalués par l'EIA. Qu'on en juge.



# ONS

## Les 3 permis d'exploration bloqués en France



En mars 2010, la France accordait trois permis d'exploration dans le bassin du Sud-Est (datant du Paléozoïque et Jurassique), dont les archives laissaient entrevoir les promesses. L'exploration n'ayant jamais réellement débuté, le volume de gaz reste inconnu.

a calculé que "l'incertitude sur le montant des réserves atteint un facteur mille!" Soit de 3000 milliards de m<sup>3</sup> (selon l'EIA) à... 3 petits milliards. Etant entendu que nombre d'endroits ne sont pas exploitables, rappelle Bruno Courme, car "il n'est pas question de forer dans le parc national des Cévennes ou près des gouffres".

Quand bien même il y aurait profusion de ressource, un dernier doute serait encore à lever : à savoir, la capacité de la roche à se laisser fracturer. Car cette propriété qui dépend de nombreux paramètres (teneur en argile, en quartz...) ne peut être modélisée. Le seul moyen d'en avoir le cœur net consiste à opérer un essai de fracturation hydraulique... interdite en France. Or, les premiers tests réalisés en Pologne ont été désespérément mauvais, alors que ceux entrepris en Argentine sont excellents. "En France, faute de travaux d'exploration, on ne peut strictement rien dire", résume Roland Vially, géologue de l'Ifpen. Ce qui laisse la porte ouverte à tous les fantasmes.

Est à l'université de Montpellier-II. Les campagnes de relevés d'imagerie sismique datent des années 1970-1980, avec des résolutions très grossières.

Au-delà du manque d'informations, la structure géologique de ce bassin est nettement plus complexe que les formations américaines prolifiques. En cause, les nombreuses

phases de déformations qu'il a subies (formation des Alpes, des Pyrénées, ouverture du Golfe du Lion...). "Même les zones les plus paisibles, visées par les pétroliers, sont très fragmentées en blocs réduits (de l'ordre de 10 km), justifiant chacun une étude géologique particulière, énonce Michel Séranne. Il est donc impos-

sible d'extrapoler un paramètre favorable à l'échelle de la région, comme on peut le faire sur les bassins américains plus réguliers qui permettent de raisonner sur des centaines de kilomètres." Taux de matière organique, épaisseur de la roche-mère, surface d'intérêt... L'EIA s'est laissée aller à des généralisations abusives. Michel Séranne



## 2 Extraction

# POURQUOI EST-IL NÉCESSAIRE DE FRACTURER LA ROCHE POUR EXPLOITER LE GAZ DE SCHISTE ?

Parce qu'il n'existe pour l'instant aucun autre moyen d'extraire ce gaz. En effet, cette ressource se retrouve littéralement piégée dans les pores de sa roche-mère, située à 3000 mètres de profondeur. Pour rassembler ces poches diffuses en des flots de gaz susceptibles d'être remontés à la surface, il est donc nécessaire de fracturer cette couche géologique. Une opération titanesque puisqu'elle *"demande de soulever le poids considérable du terrain situé au-dessus, puis de vaincre la résistance propre de la roche"*, signale Gilles Pijaudier-Cabot, directeur du Laboratoire des fluides

gels pour acheminer plus facilement le sable qui soutiendra les fractures, produits anticorrosion, biocides... Un ajout loin d'être anodin : en avril 2011, l'Administration américaine révélait la présence inquiétante de 29 produits toxiques et cancérigènes dans les différentes recettes des industriels. Autant de raisons qui ont poussé la France à bannir la fracturation à l'eau, et à appeler en urgence à la recherche d'alternatives.

De fait, d'autres méthodes existent ; mais elles sont encore loin de convaincre les compagnies. L'idéal poursuivi aujourd'hui serait de consommer un

Laquelle aurait déjà effectué plus de mille injections. Résultat affiché : pas de consommation d'eau, une très bonne stimulation de la roche avec un minimum d'additifs... Mais il y a un problème : le propane est inflammable. Au moins deux accidents sérieux se sont déjà produits sur des sites américains. En Europe, chaque puits de ce type devrait être classé comme installation Seveso-2, ce qu'aucun industriel n'est prêt à assumer.

### Des pistes... "non concluantes"

Autre fluide envisagé en laboratoire : le CO<sub>2</sub>, à l'état supercritique, dont l'infime viscosité assure de formidables fracturations. Seulement, les ingénieurs craignent fort que le CO<sub>2</sub> réagisse mal une fois installé dans le sous-sol, car il est *"capable de se recombinaison avec l'eau pour former un acide qui va dissoudre les roches carbonatées voisines ou alors, dans d'autres circonstances, faire gonfler certaines roches en rebouchant ainsi les fissures"*, avertit Roland Pellenq du Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Les travaux se poursuivent.

Le dernier candidat en lice ne fissure pas la roche mais la fragmente. Il s'agit de la fracturation électrique, une idée développée par Gilles Pijaudier-Cabot à l'université de Pau : *"Cela consisterait à déclencher le long d'un puits horizontal une grosse décharge électrique qui, telle la foudre, provoque une puissante onde de choc au sein de la roche alentour."* Sur le papier, cette technique semble remplir tous les critères. Mais voilà, reconnaît le chercheur, *"au regard de nos premières expériences en laboratoire, notre partenaire Total a jugé que cette piste n'était pas concluante"*. Il faut dire que les obstacles à surmonter ne sont pas minces, ne serait-ce que pour descendre de volumineux systèmes électriques à 3 kilomètres de profondeur, au fond du puits.

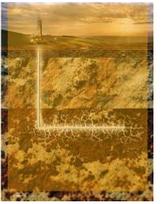
Aucune solution de laboratoire ne semble pouvoir aboutir avant une décennie. A vrai dire, Total et consorts préfèrent tenter d'améliorer ce qu'ils connaissent le mieux : la fracturation hydraulique ; qu'ils rêvent enfin saine.

### LES COMPAGNIES PRÉFÈRENT MISER SUR CE QU'ELLES CONNAISSENT LE MIEUX : LA FRACTURATION HYDRAULIQUE, QU'ELLES RÊVENT ENFIN SAINES

complexes et leurs réservoirs (université de Pau). *Ce qui nécessite un fluide incompressible, typiquement l'eau, injecté en grande quantité pour maintenir la pression"*. A ces volumes d'eau exorbitants, ajoutez encore toute une panoplie d'additifs chimiques censés répondre aux nombreuses contraintes de cette opération (voir infographie) : acides pour initier les fissures,

minimum d'eau et de produits chimiques, tout en assurant bien sûr la récupération optimale du gaz. Deux voies sont explorées : recourir à un autre fluide que l'eau ou changer la nature du choc qui ouvre les fissures.

La seule technique alternative opérationnelle à ce jour est la fracturation au propane liquide, pratiquée depuis 2008 par la société canadienne Gasfrac.



# Les 3 étapes d'un chantier hors normes

## Le forage

Tuyaux Tour de forage Ciment Eau

### L'installation

En l'espace de deux mois, le site du futur forage est créé et des routes d'accès aménagées. Un derrick de 40 m de hauteur est érigé : le forage peut commencer. Il durera 40 jours, 24 h/24.

3 km

### Les contraintes

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 km<sup>2</sup>.

### La technique

Après 3 km de plongée vers la couche qui renferme le gaz, le forage s'effectue ensuite à l'horizontale et perce le filon sur 2 km de longueur.

Tube en acier de 15 cm de diamètre

## La fracturation

Sable Additifs Pompes Eau

### L'installation

Pendant 20 jours, le site connaît une activité frénétique : le convoyage du matériel indispensable à la fracturation (eau, sable, additifs) nécessite près de 1 000 voyages de camions-citernes...



### Les contraintes

Fracturer exige des acides pour attaquer la roche, de l'eau pour créer la fracture, du sable pour maintenir ouvertes les fissures, mais aussi des gels, des biocides...

### La technique

Le liquide injecté sous 600 bars de pression fissure la couche d'argile.

### La technique

...puis le gaz remonte à son tour dans le tuyau

L'eau remonte à la surface...

### La technique

Un seul site d'exploitation peut comporter jusqu'à 20 puits mis en parallèle.



## Le résultat

### 1 La roche argileuse...

Même s'il a pénétré la couche qui renferme le gaz, le forage ne produit encore rien...



### 2... est fracturée...

Le gaz est enfin libéré des pores dans lesquels il était piégé depuis des millions d'années.



### 3 ...pour libérer le gaz

Une fois l'eau évacuée, le gaz s'échappe progressivement par le réseau de fractures.





### 3 Effet de serre

## SAIT-ON QUEL EST LE BILAN CARBONE DU GAZ DE SCHISTE ?

Il faut croire que non, tant les premières études sur le sujet aboutissent à des résultats différents. On parle d'un bilan carbone (CO<sub>2</sub>) aussi sobre que celui du gaz naturel classique ou... pire que celui du charbon ! La faute à des méthodes de mesure, des modes de calcul et 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 : 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 – lequel émet, de surcroît, du dioxyde de soufre.

#### Des fuites de méthane difficiles à estimer

La particularité du gaz de schiste se joue au niveau de l'extraction. A ce stade, ni l'énergie

dépensée pour fracturer la roche, ni le nombre de camions mobilisés n'a d'influence notable. En revanche, détaille Robert Howarth, de l'université Cornell (Etats-Unis), *"juste après la fracturation hydraulique, il y a un 'flowback' : une partie de l'eau injectée remonte avec le gaz méthane qui sort alors du puits à grand débit, pendant plusieurs semaines, pour se perdre dans l'atmosphère. Or, le méthane est un très puissant gaz à effet de serre"*.

La véritable ampleur de ces fuites fait l'objet d'un débat animé. D'après les mesures de Robert Howarth, un puits non-conventionnel laisserait s'échapper 4 à 8 % du gaz extrait ! Sachant qu'il suffirait de 3,2 % de fuites de méthane pour, au final, dépasser le bilan du charbon. Mais Trevor Stephenson, des laboratoires de Shell, ne manque pas de signaler que *"l'étude d'Howarth est largement biaisée"*. Selon lui, il faudrait se

### 4 Géologie

## EST-IL VRAI QUE LA FRACTURATION HYDRAULIQUE DÉCLENCHÉ DES SÉISMES ?

C'est exact. A 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 à haut débit du fluide peut perturber l'état des contraintes du sous-sol ainsi que ses éventuelles failles sous

< Le séisme de magnitude 5,7 qui a secoué l'Oklahoma en 2011 a pu être causé par l'injection dans le sol des effluents de la fracturation.





fier, entre autres travaux, aux données de l'agence américaine de protection de l'environnement (EPA), qui estime les pertes totales à 1,2 % en incluant les fuites le long

des pipelines de transport. Sauf que, rétorque Robert Howarth, "l'EPA les estimait à au moins 2,5 % avant de céder aux pressions de l'industrie". Simple incertitude ou

tour de passe-passe ? De récentes mesures réalisées dans les bassins du Colorado et de l'Utah par l'agence américaine d'étude de l'atmosphère (NOAA) jettent un nou-

< Entre 1,2 % et... 9 % du méthane extrait s'échapperait dans l'air, principalement juste après la fracturation hydraulique.

veau pavé dans la mare : 4 à 9 % du méthane soutiré s'échapperait. Gabrielle Pétron, de la NOAA, suggère que "ces émanations ne viennent pas uniquement des puits en phase de flowback, mais aussi des nombreuses fuites à travers les équipements de stockage, de transport... Des fuites pas si simples à colmater". En attendant, de nouvelles études, associant universitaires et industriels, ont été lancées pour établir la vérité.

tension, explique William Ellsworth, sismologue à l'Institut d'études géologiques des Etats-Unis (USGS): "L'injection augmente la pression dans les pores de la roche, réduisant les forces de friction qui maintenaient la faille encore en place. A partir d'un certain seuil, la faille se met à glisser." L'ébranlement déclenché dépend de la taille de la faille et de la nature de ses contraintes.

Le problème, c'est que les failles à éviter ne sont pas connues... que ce soit au Texas, dans le sud-est de la France ou même dans le paisible Lancashire anglais. En effet, le premier essai de fractura-

tion hydraulique au Royaume-Uni se solda en 2011 par deux légères secousses, de magnitudes 2,3 et 1,5. "Cette fracturation s'est déroulée à proximité, voire à l'intérieur d'une faille qui n'avait pas été repérée auparavant", révèle Peter Styles, géophysicien à l'université de Keele (Angleterre). A la suite de cet incident, le gouvernement britannique interrompit les opérations pendant plus d'un an et demi.

Dorénavant, les foreurs doivent entreprendre une étude géophysique ultrapoussée et suivre en temps réel les plus infimes réactions du sous-sol pour pouvoir

cesser l'injection à temps... Y a-t-il péril en la demeure? "Le risque est très faible, affirme William Ellsworth. Parmi les centaines de milliers de fracturations sur le continent américain, la plus forte secousse n'a atteint que la magnitude 3,5."

#### De mauvaises pratiques en cause

Sauf que, dans l'univers du gaz de schiste, la fracturation n'est pas la seule cause possible de tremblements de terre. Ni même la plus inquiétante! Le principal danger viendrait, selon William Ellsworth, d'une autre pratique des compagnies gazières, qui consiste à

injecter en profondeur leurs très grands volumes d'effluents toxiques (voir la question sur les déchets, pp. 68-69). "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 un majeur de 5,7, le 6 novembre 2011, qui a causé des dégâts", détaille le sismologue. Plus généralement, William Ellsworth a détecté une explosion du nombre de séismes dans le Midwest américain. Preuve que, jusqu'à présent, les compagnies n'ont pas pris assez de précautions.



À LA UNE

## 5 Pollution

# LE RISQUE DE CONTAMINATION DES NAPPES PHRÉATIQUES EST-IL RÉEL ?

Oui, ce risque existe, même s'il semble pouvoir être maîtrisé. L'accident tant 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. Bien qu'un forage gazier classique présente aussi ce genre de péril – sans susciter d'émoi –, "l'extraction du gaz de schiste change l'échelle du danger, en raison du nombre considérable de puits, des pressions en jeu et de l'étendue des fracturations", expose Christophe Didier, chargé de la sécurité du sous-sol à l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris).

Ainsi, aux Etats-Unis, plusieurs cas de pollution d'aquifères vraisemblablement liés à cette activité ont été signalés.

### 5 cas de pollution sont à l'étude

Quelle est l'ampleur du phénomène ? Difficile à dire, regrette Kirk Nordstrom, hydrologue à l'Institut d'études géologiques des Etats-Unis (USGS) : "Jusque très récemment, les compagnies gazières n'autorisaient pas les prélèvements à l'abord de leurs puits. Nous en étions réduits à constater les centaines de poursuites judiciaires entamées par des particuliers." Pour l'heure, l'agence de protection de l'environnement américaine (EPA)

fait savoir qu'elle "étudie cinq cas". Des cas autour desquels les scientifiques s'écharpent pour savoir si, par exemple, le gaz détecté dans tel aquifère était déjà présent naturellement ou s'il a été libéré par une fuite.

Les débats tournent autour de trois scénarios de contamination (voir infographie). Le premier peut sembler anecdotique, mais il se produit souvent : cette activité industrielle est l'occasion de centaines de petits incidents en surface, des déversements inopinés de produits de fracturation ou d'effluents, qui finissent par ruisseler dans le sous-sol et, de là, dans les aquifères.

Deuxième possibilité : la mauvaise étanchéité du puits de gaz, non loin d'un aquifère. "C'est l'explication la plus évidente des contaminations au gaz aux Etats-Unis", estime Robert Jackson (université Duke), qui a décelé des teneurs en méthane 17 fois supérieures à la normale dans des sources d'eau douce en Pennsylvanie, situées à moins d'un kilomètre d'un forage. A faible profondeur, le puits est normalement constitué de deux, voire trois tubes d'acier scellés dans du ciment. Mais lors du rush des années 2000,



nombre de petites compagnies ont négligé la conception de leurs puits. Or, "la moindre porosité fait figure d'autoroute pour une molécule de méthane", souligne Roland Pellenq, spécialiste des matériaux au Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Le retour à de bonnes pratiques suffit-il ? Pas certain, car la cimentation des puits est un art difficile, où "l'adhérence du ciment avec les tubes d'acier est parfois douteuse, et où la pression exercée par la fracturation a des effets mécaniques délétères", avertit Roland Pellenq. Bureaux d'étude et organismes de contrôle commencent à prendre le sujet au sérieux. Avec toutefois une inconnue de taille pour les générations futures : la tenue de ces matériaux à long terme...

Le troisième scénario est à la fois le plus terrifiant et le plus controversé. Il évoque une

### Les 3 scénarios de contamination des nappes phréatiques

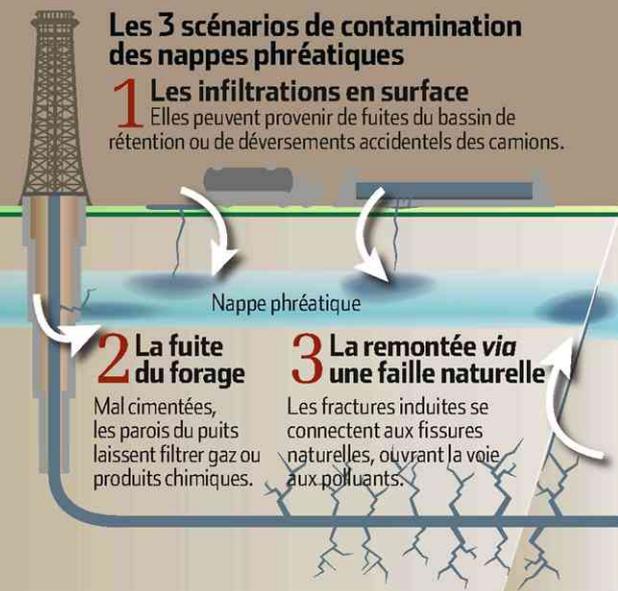
**1 Les infiltrations en surface**  
Elles peuvent provenir de fuites du bassin de rétention ou de déversements accidentels des camions.

### 2 La fuite du forage

Mal cimentées, les parois du puits laissent filtrer gaz ou produits chimiques.

### 3 La remontée via une faille naturelle

Les fractures induites se connectent aux fissures naturelles, ouvrant la voie aux polluants.





< Le danger d'une fuite de gaz extrait vers les aquifères proches des puits et, de là, vers le réseau d'eau potable, existe ; il fait notamment peser la menace d'explosions.

v Autre accident redouté : la contamination des réserves d'eau douce via l'infiltration accidentelle dans le sous-sol d'effluents pollués.

fracturation qui tourne mal, propageant ses fissures depuis les profondeurs de la roche-mère jusqu'aux nappes phréatiques, non loin de la superficie. Un tel accident se serait produit dans la localité de Pavilion (Wyoming), mais il s'agit du cas bien particulier de gisements de "gaz compacts", qui ont fait l'objet de fracturations à faible profondeur. Ce fait divers prouve cependant qu'il convient de respecter une distance de sécurité entre la zone de production et les nappes phréatiques.

#### La crainte d'un réseau de fissures

Oui, mais quelle distance ? *"Aucun modèle ne peut prédire la trajectoire exacte des fractures, car leurs changements de direction et les éventuels embranchements suivent une logique encore mystérieuse"*, analyse Jean-Raynald de Dreuzy, hydrogéologue expert des milieux fracturés à l'uni-

versité de Rennes. En épluchant les données publiées par la firme Halliburton sur quelque 10 000 fracturations, le géologue Richard Davies (université de Durham, Angleterre) 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. Les roches-mères se situant vers 2 ou 3 km de profondeur et les sources d'eau potable à quelque 500 m tout au plus, la marge paraît confortable. Seulement voilà, rétablit Jean-Raynald de Dreuzy, *"une fissure artificielle pourrait entrer en contact avec des fractures naturelles pré-existantes, voire mettre en relation des fractures qui étaient jusqu'ici isolées"*. Et *"certaines fractures naturelles peuvent franchir plus de 1 km de distance verticale"*, évalue Richard



Davies. De quoi ouvrir une voie royale aux migrations indésirables, même si, d'après Jean-Raynald de Dreuzy, *"la remontée des fluides n'est pas automatique ; il peut s'écouler dix ans comme mille ans avant leur apparition en surface"*.

Ces trois scénarios sont inquiétants, si l'on songe au bassin tant convoité du sud-est de la France, *"dont le sol est creusé de cavités (karsts), à travers lesquelles l'eau éventuellement contaminée pourrait se propager en quelques heures, vitupère Séverin Pistre, hydrogéologue à l'université de Montpellier.*

*Ajoutez-y un réseau de failles profondes le long desquelles remontent de l'eau chaude et du gaz carbonique – la fameuse source Perrier".* Face à ces inquiétudes, les pétroliers opposent qu'ils étudient minutieusement, grâce à l'imagerie sismique, toutes les discontinuités géologiques avant de forer, et qu'ils maîtrisent la puissance de leurs fracturations. Pour trancher, l'EPA a lancé des travaux de recherche massifs. Dont les premiers résultats, attendus en 2014, pourraient conditionner l'engagement de nombreux pays...



## 6 Environnement

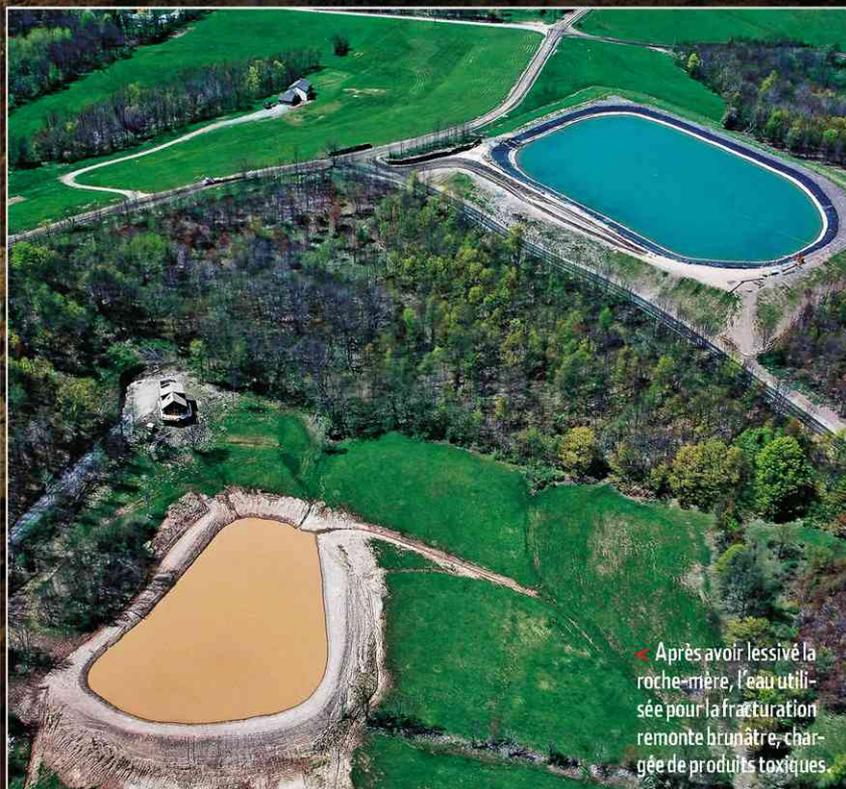
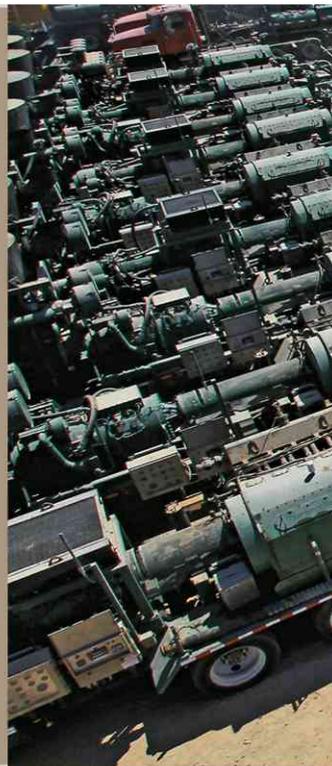
### LA FRACTURATION MENACE-T-ELLE VRAIMENT LES RESSOURCES EN EAU ?

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 mètres cubes d'eau, soit le contenu de sept piscines olympiques. Mais ce volume doit être relativisé, si l'on songe qu'il n'équivaut qu'à une semaine d'arrosage d'un golf 18 trous, ou que la fracturation hydraulique ne mobilise en Pennsyl-

vanie – haut lieu de l'exploitation du gaz de schiste – que 0,2 % de la consommation en eau... bien loin derrière les autres industries.

Reste que de sérieux conflits d'usage avec les agriculteurs surgissent durant les périodes de sécheresse aux Etats-Unis. Les chimistes des compagnies pétrolières s'activent donc à employer, à la place de l'eau potable, de l'eau saumâtre issue des aquifères profonds ou de

l'eau de mer, ou encore de l'eau venant de stations d'épuration, voire revenant d'une précédente fracturation. "Toute la difficulté est d'éviter la corrosion des structures du puits", indique Jean-Philippe Nicot, de l'université du Texas (Etats-Unis). A vrai dire, les compagnies n'ont pas d'autre choix : nombre de gisements de gaz de schiste prometteurs, notamment en Chine, se trouvent dans des déserts.



◀ Après avoir lessivé la roche-mère, l'eau utilisée pour la fracturation remonte brunâtre, chargée de produits toxiques.

## 7 Exploitation CETTE ACTIVITÉ

Tout à fait. Certains de ces rebuts sont même très embarrassants. Et pour cause ! L'argile qui constitue les roches-mères a la particularité de s'apparier au fil du temps avec une flopée d'éléments chimiques, y compris les plus dangereux qu'offre la nature : mercure, plomb, arsenic, sélénium, mais aussi parfois thorium, radium et uranium. Or, l'eau utilisée pour la fracturation lessive la roche, avant d'emporter ces particules quand le fluide remonte à la surface. Les pétroliers planchent sur la solution





Chaque puits exige jusqu'à 20 000 m<sup>3</sup> d'eau, injectée sous très haute pression (600 bars) par ces camions compresseurs.

## GÈNÈRE-T-ELLE DES DÉCHETS ?

chimique qui empêcherait ce lessivage, mais en attendant, ils n'ont d'autre choix que d'accueillir ces flots d'eau polluée et ultrasalée.

### La gestion des résidus pose problème

Dans le grand rush des années 2000, certains ne se sont pas privés pour rejeter ces effluents directement dans des rivières, voire en forêt ! Ce n'est heureusement plus le cas. Alors qu'en faire ? Le plus ingénieux reste de s'en débarrasser en les injectant très profondément dans une formation du

sous-sol... Mais la géologie ne le permet que rarement, et ce n'est pas sans risque (voir la question sur les séismes, pp. 64-65). Or, "les stations d'épuration classiques sont incapables de traiter ce genre d'effluents", souligne Kirk Nordstrom, à l'Institut d'études géologiques des États-Unis (USGS). De lourds moyens (osmose inverse, électrocoagulation, évaporateurs...) doivent alors être installés. Même si, observe David Yoxtheimer, de l'université américaine Penn State, "les pétroliers

réutilisent maintenant, après quelques légers traitements, une partie de ces effluents pour opérer de nouvelles fracturations". Tout en reconnaissant qu'"au final, la gestion des résidus de tous ces traitements pose problème".

Ce n'est pas peu dire : chaque semaine, aux États-Unis, les puits de gaz de schiste de Pennsylvanie ne génèrent pas moins de 2 000 tonnes de boues radioactives au radium-226... Ce flux n'est pas près de se tarir, et le département américain de l'Énergie s'escrime à trouver un moyen de

l'éliminer. Notez que la France ne serait pas à l'abri : l'une de ses roches-mères prometteuses du bassin du Sud-Est fut un temps exploitée pour son minerai d'uranium... "Je me demande également si les additifs chimiques injectés ne pourraient pas réagir avec les éléments de la roche-mère", s'inquiète Laurent Charlet, géochimiste à l'université de Grenoble. Du déchet radioactif à la contamination chimique, l'exploitation du gaz de schiste réunit décidément les sujets les plus explosifs...