

# LES GAZ DE SCHISTE

Aujourd'hui, les pressions du changement climatique obligent à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> liées aux consommations énergétiques et elles incitent pour l'avenir, le développement de filières renouvelables et l'amélioration de l'efficacité thermique dans les transports, le bâtiment, l'industrie tertiaire, etc<sup>1</sup>. La transition vers un système énergétique durable est donc en cours (loi de transition énergétique votée en France en 2015<sup>2</sup>) et elle devrait s'effectuer sur des décennies. La transition est raisonnée, par ailleurs, du fait de la raréfaction des ressources. La part des hydrocarbures conventionnels (gaz, pétrole) a déjà diminué dans le mix énergétique mondial ces dernières années.

Cependant, du fait de l'augmentation des populations et de la croissance des pays émergents, la demande en hydrocarbures ne devrait que croître en volume sur les 25 prochaines années. Le développement des énergies vertes en Europe pourra difficilement couvrir la totalité des besoins croissants en énergie. Le recours aux combustibles fossiles devrait demeurer incontournable encore longtemps. Avec le gaz, moins émetteur de CO<sub>2</sub>, le paysage énergétique promet d'être bouleversé.

Le gaz naturel, abondant et dont la combustion est moins émettrice de gaz à effet de serre que celle du charbon et du pétrole, est appelé à jouer un rôle important.

Selon l'Agence internationale de l'énergie (IAE), la consommation de gaz qui était de 3 Tm<sup>3</sup> en 2008 devrait atteindre 4,5 Tm<sup>3</sup> en 2035. Dans les pays émergents, elle devrait augmenter rapidement à un rythme de 2% par an jusqu'en 2035 voire plus de 5% pour la Chine et l'Inde. Les gaz non conventionnels (gaz et pétroles de schiste) apparaissent ainsi comme la solution énergétique de demain. Malgré les vifs débats que l'exploitation de ces ressources engendrent, les Etats-Unis en tirent déjà des bénéfices économiques importants.

Il y a une quinzaine d'années, on ignorait encore comment exploiter ces gaz. Aujourd'hui, la seule technologie économiquement viable pour extraire de grandes quantités de gaz est la fracturation hydraulique<sup>3</sup>. Aux Etats-Unis, l'extraction des gaz de schiste a atteint 52% de la production nationale totale en 2009 soit environ 300 Gm<sup>4</sup>. Corollaire, le prix de l'énergie a chuté et permis une réindustrialisation du pays.

En France, des réserves en gaz de schiste existeraient dans le sous-sol. Mais du fait des risques pour l'environnement, de la méconnaissance épidémiologique des éventuels risques sanitaires et des inquiétudes de la société civile, cette technique de fracturation hydraulique a été prohibée par la loi du 13 juillet 2011<sup>5</sup>. Une interdiction qui a été plusieurs fois réaffirmée par les gouvernements successifs. Pour l'heure, c'est donc le principe de précaution et le principe de responsabilité qui sont appliqués<sup>6</sup>. Sujet polémique donc, ce dossier va tenter d'éclairer le débat.

## De quoi parle-t-on ?

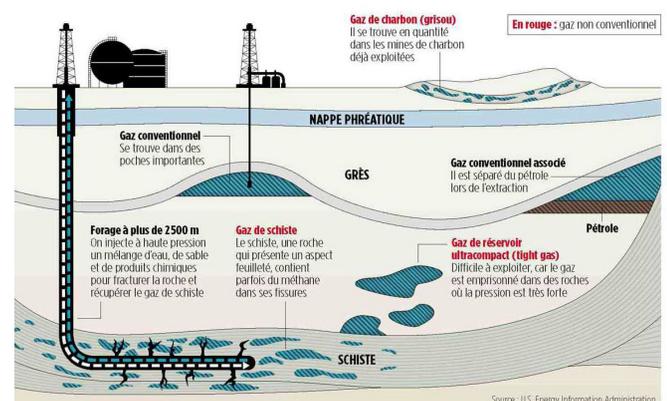
Le gaz de schiste (GdS) est aussi appelé hydrocarbure de roche mère\* ou gaz de shale au Québec. Il fait partie de la grande famille des gaz ou hydrocarbures dits «**non conventionnels**».

Le GdS est ainsi appelé car il est contenu dans des roches réservoir c'est-à-dire emprisonné dans des schistes\* sédimentaires entre 1 et 3 kilomètres de profondeur. Le gaz est du méthane, prisonnier de micropores ne communiquant pas ; il est éventuellement adsorbé sur des particules argileuses imperméables. Il ne peut donc ni migrer, ni être extrait selon des techniques traditionnelles<sup>1</sup>.

Selon la température et la pression, ces roches réservoirs peuvent aussi contenir des hydrocarbures liquides tels que l'huile de schiste (oil shale) qui est un pétrole de schiste\*, piégé dans la roche mère. On distingue aussi d'autres types d'hydrocarbures non conventionnels notamment les gaz de charbon (coalbed methane CBM), les gaz de réservoir ultracompact (tight gas), les sables bitumineux (oil sands)\* et les huiles lourdes.

En parallèle, existent des hydrocarbures dits «**conventionnels**» (gaz naturel, pétrole) qui eux, sont retenus dans des roches perméables, lesquelles permettent la migration naturelle des hydrocarbures pour former des poches elles-mêmes exploitables.

## Géologie des gaz conventionnels et non conventionnels



Source : Assemblée nationale, 2011<sup>7</sup>

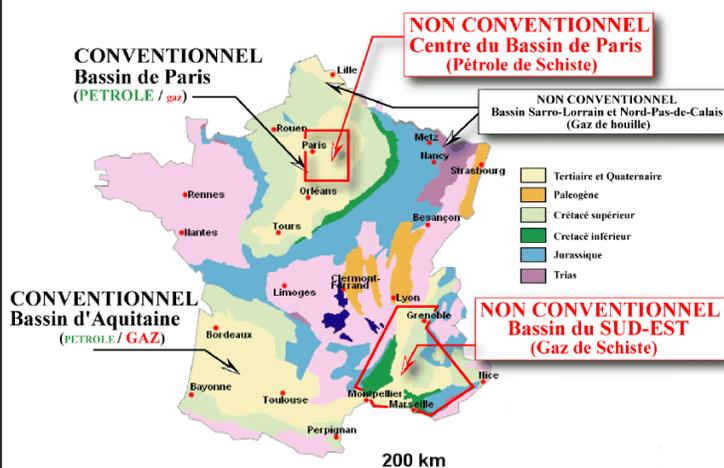
Ce n'est donc pas la nature chimique des GdS qui les différencie des hydrocarbures conventionnels mais bien les caractéristiques géologiques de la roche qui les contient.

## La ressource en gaz de schiste

Selon certains experts, les réserves mondiales de gaz de schiste seraient 4 fois plus importantes que les ressources en gaz conventionnel<sup>7</sup>. Les compagnies gazières et pétrolières convoitent donc l'exploration et l'exploitation de ces gisements potentiels majeurs. En 2011, l'Agence internationale de l'énergie (IAE) estimait que la France et la Pologne étaient les deux pays européens avec le plus grand potentiel de ressources. Mais du fait d'un manque de recherches notables sur le sujet, peu de chiffres réellement tangibles quantifient précisément cette ressource<sup>8</sup>. Il s'agit aujourd'hui d'approximations.

Dès la fin des années 1950, en France, l'exploration pétrolière classique a permis de montrer que le bassin Parisien et le bassin d'Aquitaine présentaient un potentiel pétrolier et gazier important.

### Les bassins d'hydrocarbures conventionnels et non conventionnels en France



Source : IFP Energie nouvelle 2010 - Rapport de l'OPECST 2013<sup>9</sup>

Dans le bassin Parisien, les conditions géologiques étaient réunies pour avoir des quantités importantes de pétrole de schiste dont les ressources en place pourraient couvrir 5 à 10 % de la consommation française durant une dizaine d'années. Dans le bassin du Sud-Est, qui englobe la région Rhône-Alpes, les conditions géologiques seraient tout aussi favorables à la présence de gaz de schiste mais les incertitudes quant à la quantité récupérable sont importantes.

Ces grandes incertitudes s'expliquent par le fait qu'aucune exploration spécifique à ces hydrocarbures de roche mère n'a encore été entreprise sur le territoire français. Pour réaliser cette évaluation, il serait indispensable d'effectuer des forages d'exploration dans les conditions d'une éventuelle production. Cela impliquerait donc de réaliser des forages horizontaux et une fracturation hydraulique. Or la loi du 13 juillet 2011<sup>5</sup> interdit la mise en œuvre de cette technique. En 2013, le rapport Gallois «*Pacte pour la compétitivité de l'industrie française*» a préconisé la reprise des recherches sur les gaz de schiste dans un but de relance économique en France. Cette proposition n'a pas été retenue par le gouvernement. Cependant, en 2015, le gouvernement a accordé trois nouveaux permis exclusifs de recherche d'hydrocarbures liquides ou gazeux dans des zones où existaient déjà des forages (Moselle, Bas-Rhin et Marne) et 2 prolongements de permis (Moselle et Terres australes et antarctiques) ; 4 demandes de permis ont par

ailleurs été refusées. Sur le papier, il s'agit de recherche de pétrole et de gaz conventionnels. Dans la réalité, les «anti-gaz-de-schiste» soupçonnent les firmes pétrolières de se positionner dans la perspective d'une révision future de la loi française (certaines demandes de permis d'explorer ayant été déposées avant l'interdiction de 2011). Le sujet est donc sensible.

## Extraction du gaz de schiste

L'extraction du gaz de schiste est particulièrement difficile. A l'heure actuelle pour libérer le gaz, seule une technologie éprouvée existe : la fracturation hydraulique. Elle consiste à fracturer la roche mère contenant le gaz, par combinaison de forage horizontal et de fracturation hydraulique, en injectant un fluide à très haute pression (5 à 600 bars) composé d'un mélange de grands volumes d'eau (agent de pression), de sable (pour maintenir les fractures ouvertes) et d'un cocktail de substances chimiques (pour fluidifier l'eau, favoriser la pénétration du sable, limiter la corrosion des coffrages qui protègent les puits et éliminer la pollution organique)<sup>1</sup>. Le gaz remonte à la surface à travers un tube en acier puis rejoint un gazoduc. Pour exploiter les gaz et pétroles de schiste, contrairement aux techniques utilisées pour les hydrocarbures conventionnels, il est toujours nécessaire de multiplier les forages et les stimulations. Ces techniques de fracturation hydraulique ont une efficacité très controversée et sont condamnables tant sur le plan sanitaire que sur le plan environnemental<sup>9</sup>.

D'autres technologies d'extraction sont à l'étude mais leur connaissance est limitée par le secret industriel, de même que les fluides utilisés lors de la fracturation.

## Impacts sur la santé

Les principales inquiétudes pour la santé de l'exploitation des GdS sont fondées sur l'ajout de nombreux adjuvants chimiques dans les fluides de fracturation (biocides, réducteurs de friction, surfactants, gélifiants, inhibiteurs de corrosion, antimousses, etc) qui peuvent polluer l'eau. La contamination aurait lieu durant le transport des eaux de fracturation usées ou lors de leur entreposage ou du fait d'un confinement défaillant.

Certains chercheurs, qui ont agrégé différentes études en méta-analyses, ont montré qu'à certaines concentrations, plus de 75% des produits utilisés étaient connus pour altérer les yeux, la peau, d'autres organes sensoriels, le système respiratoire, le système gastro-intestinal et le foie<sup>11</sup>. Et 52% auraient le potentiel d'affecter le système nerveux, tandis que 37% seraient de possibles perturbateurs endocriniens (PE) [cf. document ORS réf.11]. Cette dernière catégorie spécifique serait la plus problématique. En effet, les PE, contrairement à la majorité des substances chimiques, sont susceptibles d'agir en perturbant le système hormonal, action avérée à de très faibles doses notamment au cours de certaines périodes-clés du développement, en particulier lors de la période périnatale.

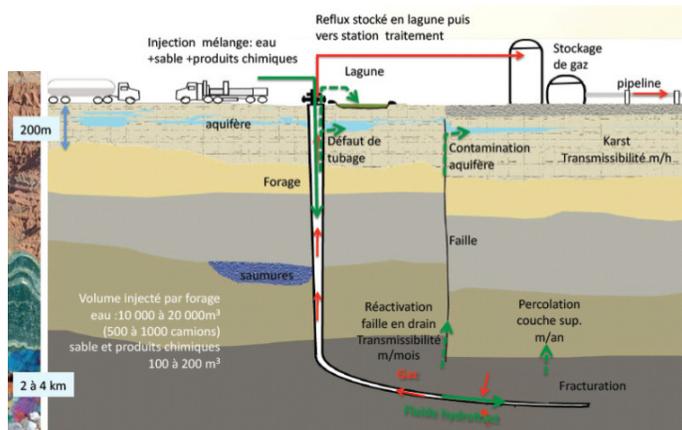
En fait, il apparaît aujourd'hui très difficile d'affirmer avec certitude ces conséquences sanitaires qui ne sont qu'hypothèses soulevées et qui restent encore à confirmer. En effet, à ce jour, les effets sanitaires de l'exploitation des GdS restent insuffisamment documentés. Les études épidémiologiques restent peu nombreuses, non

concordantes, de sorte qu'il est encore impossible de conclure à l'existence d'un lien entre extraction des GdS et santé. Cette absence d'études épidémiologiques et de résultats probants entretient le doute sur la réalité et l'ampleur des risques potentiels sur la santé du développement de l'exploitation des GdS. C'est donc dans l'attente d'avancées de la recherche scientifique que la France adopte une gestion des risques prudente, en vertu du principe de précaution\*, reposant sur des mesures de prévention dont l'application vise à éviter les expositions en interdisant la fracturation [cf. document ORS réf.6].

## Impacts sur l'environnement

Les impacts sur l'environnement sont intrinsèquement liés à la technique de fracturation hydraulique.

### Fracturation hydraulique



Source : Assemblée nationale, 2011<sup>7</sup>

Le premier impact provient de la fragilisation du sous-sol. La fissuration de la roche engendre sous terre une multiplicité de micro-ondes sismiques. Ce sont des ondes de très faible énergie qui, lorsqu'elles arrivent en surface, donnent de légers tremblements, difficilement perceptibles (équivalents à ceux du métro dans les rues de Paris) et qui ne créent pas de dégâts en surface<sup>12</sup>. Jusqu'à ce jour, les incidents rapportés sont majoritairement dus à des négligences dans les implantations ou dans la pratique de fracturation. Certains tremblements de terre (Oklahoma en 2011) seraient davantage liés aux injections de fluides de fracturation usés (*i.e* déjà utilisés une fois dans les sous-sols) dont il faut se débarrasser et qui sont réinjectés dans de vieux puits<sup>12</sup>.

L'utilisation de ces fluides augmente par ailleurs le risque de pollution du sous-sol et des nappes phréatiques au cours de la phase d'exploitation<sup>9</sup>. Deuxième impact environnemental majeur donc, la qualité des aquifères d'eau potable qui doit être protégée, exigeant une parfaite exécution du forage. A ce jour, les principales pollutions avérées ont été dues à une mauvaise étanchéité des forages (le risque étant aggravé pour le gaz qui est par nature éruptif par rapport aux huiles plus denses) ou des installations de surface peu sûres avec observation de fuites en surface et donc pollution des sols<sup>1</sup>.

Autre impact, la technique de fracturation est très gourmande en eau. Ce sont entre 15 000 à 20 000 m<sup>3</sup> d'eau par puits qui sont utilisés.

Par ailleurs, l'implantation des machines à forer, les installations connexes ou les transports dédiés peuvent

émettre du bruit et avoir un impact important sur les paysages.

Enfin, dernier impact à souligner, la consommation de gaz qui participe à l'effet de serre et donc aux changements climatiques. L'effet varie suivant l'énergie à laquelle le gaz se substitue.

### Puits d'extraction de gaz de schiste en Pologne

(exploitation : société Chevron)



Source : Le Monde<sup>10</sup>

## Conclusion

En l'état du cadre législatif français, l'évaluation précise des ressources récupérables en hydrocarbures de roche mère ne peut être faite.

Or, ce n'est que si cette phase d'exploration est réalisée qu'il sera possible d'élaborer d'éventuels plans de développement et d'analyser l'importance de cette ressource en termes économiques mais aussi d'impacts environnementaux et sanitaires. La nécessité d'acquérir des connaissances dans ces domaines est primordiale avant que ne se développe massivement l'exploitation de cette ressource.

Née aux États-Unis il y a moins de dix ans, l'extraction à grande échelle des hydrocarbures emprisonnés dans la roche-mère *via* la fracturation hydraulique demeure, hors du nord du continent américain, à l'état de projet prospectif. C'est donc outre-Atlantique seulement que peuvent s'observer *in situ* les conditions d'exercice de cette activité, sa viabilité économique, son impact sur l'environnement et ses impacts sur la santé. Des études épidémiologiques et d'impact (sanitaire, environnemental) doivent systématiquement désormais accompagner ces pratiques. Néanmoins, il convient de se garder d'une transposition brute de la situation américaine au cas européen. La politique des États-Unis en matière d'énergie vise en premier lieu l'efficacité et la sécurité d'approvisionnement, sur un territoire immense comprenant des zones très peu denses, où l'attachement à la liberté et à l'initiative prime sur la protection des biens publics<sup>7</sup>.

Cette situation donne à la France l'avantage d'un exemple à suivre ou non. Relancer le débat sur les GdS pourrait, par ailleurs en France, déstabiliser l'effet de relance économique créée par la transition énergétique.

A l'heure où la politique nationale en matière d'environnement cherche à mobiliser les acteurs des filières industrielles sur les économies d'énergie et les énergies décarbonées, les priorités portent sur de la stabilité et de la cohérence afin que que les investissements montent en puissance<sup>9</sup>.

## Alternative à la fracturation ?

Aujourd'hui, la seule technique disponible pour extraire les huiles et gaz de schiste de la roche-mère est la fracturation hydraulique. Nous l'avons vu, celle-ci consiste à fissurer la roche en y injectant, à très forte pression, un fluide composé principalement d'eau, de sable et d'additifs chimiques. En 2015, un rapport commandité par l'ancien ministre du redressement productif, Arnaud Montebourg, affirme que *«les progrès technologiques spectaculaires permettent désormais de concilier l'exploitation des gaz de schiste avec le respect scrupuleux de l'environnement et de marier les hydrocarbures non conventionnels avec l'écologie»*. Ce rapport n'étant plus disponible, nous relayons sur un article du Monde<sup>13</sup>. Le rapport préconise une autre méthode, dite *«stimulation au propane pur ou au propane non inflammable»*. En réalité, il s'agit toujours de fracturer la roche-mère, non plus avec de l'eau, mais avec du propane liquéfié ou un dérivé fluoré. L'avantage est de ne pas consommer d'eau et de ne pas nécessiter d'additifs chimiques. Mais le propane pur est un gaz inflammable. Dans son rapport de 2013<sup>3</sup>, l'OPECST indiquait que cette technique *«n'était pas adaptée aux contextes très denses en population»* et qu'il convenait de *«encadrer très strictement pour la sécurité des travailleurs et de la population»*. D'où l'idée de recourir à une forme fluorée du propane, l'heptafluoropropane, non inflammable (en anglais non flammable propan ou NFP). Ce gaz, produit notamment par le chimiste franco-belge Solvay, est utilisé comme propulseur dans les inhalateurs médicaux et comme agent anti-incendie dans les bâtiments. Pour les gaz de schiste, son utilisation est développée par la société texane EcorpStim. Mais, comme le relevait l'OPECST ce procédé n'a pas encore fait l'objet d'essais à taille réelle. Il ne s'agit donc encore que d'une piste de recherche. En outre, comme le propane, le NFP est onéreux. *«Pour que son exploitation soit économiquement rentable, il faudrait que ce coût soit compensé par les gains de productivité réalisés et par les économies faites sur les additifs chimiques et le transport»*. Le NFP est de plus un gaz à puissant effet de serre : son potentiel de réchauffement climatique est environ 3 000 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub>, selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). L'eau, utilisée pour la fracturation, pourrait donc être remplacée par de l'heptafluoropropane mais en cas de fuite, l'effet sur le climat pourrait être catastrophique<sup>9</sup>. Les industriels du secteur considèrent eux-mêmes que *«l'empreinte écologique du NFP est très importante»*. Au final, l'utilisation de l'heptafluoropropane reste controversée et, à ce jour, il ne semblerait pas exister d'alternative «propre» à la fracturation hydraulique.

Ce document a été réalisé par l'Observatoire Régional de la Santé Rhône-Alpes avec le soutien de la Région Rhône-Alpes.

<http://www.ors-rhone-alpes.org/environnement/>

Remerciements de relecture : Pr. Philippe Billet - Université Jean Moulin Lyon 3 - Hélios Avocats Lyon.

## Bibliographie

1. Régime juridique de l'exploration et de l'exploitation des gaz de schiste. Billet P. Gaz de schiste. Le courrier de la COFHUAT (Confédération française pour l'habitat, l'urbanisme, l'aménagement du territoire et l'environnement), n°34, janvier 2014, 34p.
2. Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte. Le principe de responsabilité : une éthique pour la civilisation technologique. Hans Jonas, Editions Flammarion, 420p.
3. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST). Lenoir J-C., Bataille C. Les techniques alternatives à la fracturation hydraulique pour l'exploration et l'exploitation des hydrocarbures non conventionnels. Rapport n° 640 du Sénat, n°1115 de l'Assemblée nationale, 5 juin 2013, 118p.
4. Les gaz non conventionnels et l'eau. Vially R. Collection Le point sur. IFP Energies nouvelles. Panorama 2011, 6p.
5. Loi n° 2011-835 du 13 juillet 2011 visant à interdire l'exploration et l'exploitation des mines d'hydrocarbures liquides ou gazeux par fracturation hydraulique et à abroger les permis exclusifs de recherches comportant des projets ayant recours à cette technique. Journal Officiel de la République Française n°0162 du 14 juillet 2011 page 12217.
6. Le principe de précaution en santé environnementale. Présentation est exemples d'application en Rhône-Alpes. ORS Rhône-Alpes, avril 2009, 4p.
7. Rapport d'information sur les gaz et huile de schiste. Gonnot F-M, Martin P. Assemblée nationale, rapport n°3517, 8 juin 2011.
8. Exploration du gaz de schiste en France : controverse et stratégies de mobilisation. Chopard A. Mémoire de master «techniques, sciences, démocratie».
9. Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. Communiqué de Mme Ségolène Royal, 7 avril 2015, 1p.
10. Gaz de schiste. Quelles conséquences sanitaires ? Foucart S. Le Monde, 17 avril 2014.
11. Les perturbateurs endocriniens. ORS Rhône-Alpes, déc. 2013, 6p.
12. Parlons gaz de schiste en 30 questions. Bauquis P-R. La documentation française, 2014, 92p.
13. L'étrange résurgence d'un rapport sur le gaz de schiste en France. Le Monde, 7 avril 2015.

## Glossaire

Schiste : roche ayant acquis une structure feuilletée sous l'influence de contraintes tectoniques.

Gaz de schiste (shale gas) : gaz naturel (méthane) piégé dans une roche dite roche mère dans laquelle il a été formé.

Huile de schiste : pétrole piégé dans la roche dans laquelle il a été formé (roche mère).

Roche mère : couche géologique où se forment pétrole (huile de schiste) et gaz ; elle est issue de sédiments, riches en matière organique, déposés sur les fonds océaniques ou dans des lacs et qui se sont enfoncés dans le sol au fur et à mesure que d'autres sédiments les recouvraient. Au fil de cet enfouissement, les sédiments se solidifient, et la matière organique se décompose en hydrocarbures sous l'effet combiné de la température et de la pression souterraines permettant la transformation de la matière organique en hydrocarbures (craquage thermique) d'où le nom de roche mère (source rock). Les hydrocarbures sont ensuite progressivement expulsés de la roche mère, et migrent, pour l'essentiel, jusqu'en surface. Certains sont arrêtés lors de cette remontée par un obstacle composé de roches infranchissables. Ils s'accumulent sous ce « toit » et forment au fil du temps un réservoir classique, cible conventionnelle de l'exploitation pétrolière et gazière.

Principe de précaution : principe de gestion prudente des risques incertains qui impose de définir des mesures immédiates de protection de l'environnement ou de la santé, sans attendre la preuve scientifique.

Sables bitumineux (oil sands) ou schistes bitumineux (oil shale) : matières organiques qui ne sont pas demeurées suffisamment longtemps dans la roche-mère pour se transformer en hydrocarbures. Leur exploitation ne nécessite pas de fracturation hydraulique mais un traitement thermique.

## Pour en savoir plus

L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie  
<http://www.ademe.fr>

L'Agence internationale de l'énergie  
<http://www.iaea.org>

L'Institut français du pétrole et des énergies nouvelles  
<http://www.ifpen.fr>