

# Hydrocarbures de roche-mère

## Vers un nouveau «Gasland» ?

L'extraction de gaz naturel par la technique de fracturation hydraulique fait débat depuis quelques mois. Son impact environnemental à divers niveaux : pollution atmosphérique et des nappes phréatiques, appauvrissement des ressources en eau, etc., bruit, dégradation du paysage, est en effet désastreux. Tour d'horizon en détails.



**L**a proposition de loi visant à abroger l'exploration et l'exploitation des gaz de schiste en France, adoptée en première lecture par 287 voix contre 186, sous un nouveau titre à l'Assemblée nationale, le 11 mai, est bien loin d'avoir répondu aux attentes de tous les citoyens (et ils sont nombreux) soucieux de préserver leur environnement.

Elle interdit donc juste la technique de fracturation hydraulique, sans que l'on sache par quelle autre méthode la fracturation pourrait être opérée.

La première bataille avait été gagnée, pas la guerre. C'était à prévoir.

En plein débat sur le nucléaire, un nouveau danger environnemental faisait irruption : l'exploration et l'exploitation des gaz de schiste par fracturation hydraulique (voir encadré page suivante). Des permis de recherche exclusifs avaient été accordés sans que les citoyens, maires et autres

politiques conseillers généraux et régionaux n'en aient été avisés. Tous ont fait entendre leur voix à travers des pétitions et de nombreuses manifestations.

Difficile de rester sourd à tout cela...

Action : «Afin d'éclairer le gouvernement sur les enjeux économiques, sociaux et environnementaux des hydrocarbures de roche-mère», les ministres de l'Écologie, Nathalie Kosciusko-Morizet, et de l'Économie, Éric Besson, ont ainsi confié une mission conjointe au Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies (CGIET) et au Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD).

Mais, sans vraiment beaucoup de surprise, elle s'est révélée favorable à ce type d'exploration, les enjeux économiques primant clairement sur la problématique environnementale.

Pour présenter cette mission et «parce que le sujet suscite des préoccupations envi-

ronnementales», les ministres précisait que la France disposait «aujourd'hui d'une soixantaine de puits de gisements pétroliers et gaziers» dont la production représentait «1 à 2% de la consommation nationale», une tendance ayant «tendance à décroître». Et de conclure donc : «Afin de réduire notre dépendance énergétique et autant que possible notre facture pétrolière et gazière (plus de 9 milliards d'euros d'importations en 2009), les pouvoirs publics accordent régulièrement des permis de recherche d'hydrocarbures».

Entre autres points nombreux figurant dans le rapport provisoire CGIET/CGEDD<sup>1</sup>, les auteurs suggèrent que la comparaison avec les formations géologiques analogues exploitées en Amérique du Nord, «laisse à penser que notre pays est parmi les prometteurs au niveau européen en huiles dans le bassin parisien (100 millions de m<sup>3</sup> techniquement exploitables) et en gaz dans le sud du pays (500 milliards de m<sup>3</sup>)». ● ● ●

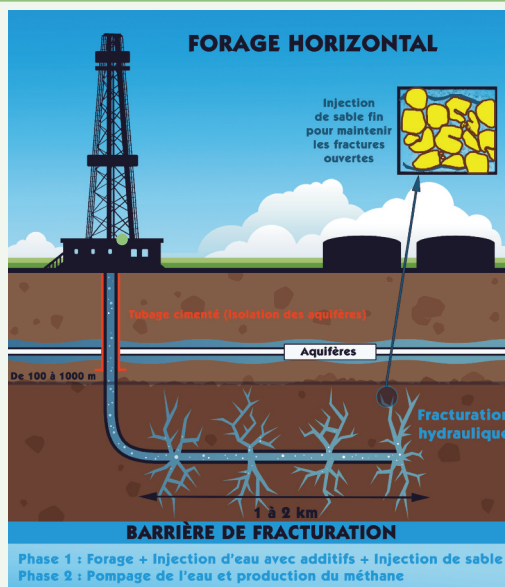
<sup>1</sup> «Les hydrocarbures de roche-mère en France - Rapport provisoire, établi par Jean-Pierre Leteurtriois et Didier Pillet, ingénieurs des mines, et Jean-Louis Durville et Jean-Claude Gazeau, ingénieurs des ponts, des eaux et des forêts (CGIET/CGEDD), avril 2011

## La technique de fracturation hydraulique

La technologie d'extraction de gaz de schistes consiste à exploiter le gaz naturel emprisonné dans les schistes situés dans différentes formations géologiques. Ces schistes sont caractérisés par une forte teneur en matière organique et présentent une grande compacité et une très faible perméabilité. Ces formations se trouvent à grande profondeur entre 1000 et 3000 mètres. Pour libérer le gaz, on procède à une fracturation hydraulique de la roche-mère à haute pression (supérieure à 50 mégapascals). Chaque forage nécessite plusieurs cycles de fracturation (5 à 15 typiquement) avec, pour chaque cycle, l'injection de 2 000 à 20 000 m<sup>3</sup> d'eau. Une partie de cette eau (habituellement de 10 à 40%) est récupérée à chaque cycle, lors des essais de pompage.

Le liquide de fracturation est ainsi composé d'eau à 90%, de sable (ou des micro-billes de céramique) à 8 à 9,5%, et de produits chimiques à raison de 0,5 à 1% : il s'agit notamment d'aldéhydes, d'éthylène de glycol, d'acides et d'alcools (nous détaillons ces derniers ci-après).

Source : INERIS, Institut national de l'environnement industriel et des risques ; <http://www.ineris.fr>



● ● ●

Ils concluent notamment qu'il «serait dommageable, pour l'économie nationale et pour l'emploi, que notre pays aille s'interdire, sans pour autant préjuger des suites qu'il entend y donner, de disposer d'une évaluation approfondie de la richesse potentielle : accepter de rester dans l'ignorance d'un éventuel potentiel ne serait pas cohérent ni avec les objectifs de la loi POPE<sup>2</sup>, ni avec le principe de précaution. Mais, pour ce faire, il est indispensable de réaliser des travaux de recherche et des tests d'exploration».

C'est on ne peut plus clair...

Le rapport de l'EIA<sup>3</sup> (administration américaine de l'énergie) faisant un tour d'horizon des ressources en gaz de schiste dans le monde, et plus spécifiquement dans 14 régions de 32 pays, dont la France, semble confirmer cette «mine d'or» dont recèlerait le sous-sol français. La France serait en effet, avec la Pologne, le pays européen disposant des plus importantes

ressources en gaz de schiste.

La Pologne est d'ailleurs en plein dedans... Total n'a pas loupé le coche. Le groupe pétrolier s'est en effet associé récemment avec ExxonMobil (à hauteur de 49%) dans les deux concessions d'exploration Chelm et Werbkowice en Pologne. ExxonMobil en est l'opérateur avec 51% des intérêts.

«Avec ces nouveaux permis, Total confirme sa volonté de développement dans le domaine des gaz non conventionnels, notamment en Europe, l'un des segments de croissance du Groupe».

Ces licences d'exploration ont été attribuées pour une durée de cinq ans à compter de mars 2009 pour Chelm et décembre 2008 pour Werbkowice. Elles s'étendent respectivement sur des surfaces de 1162 et 995 km<sup>2</sup> au sud-est du pays, dans le bassin de Lublin. «Le programme de travaux sur chacune des conces-

sions comporte de l'acquisition sismique, le forage d'un puits d'exploration, et un test de production si les résultats de ce forage sont encourageants», explique Total. Ajoutant qu'à ce jour, ExxonMobil a déjà effectué des travaux d'acquisition sismique ainsi que le forage d'exploration sur la concession de Chelm, actuellement en cours d'évaluation.

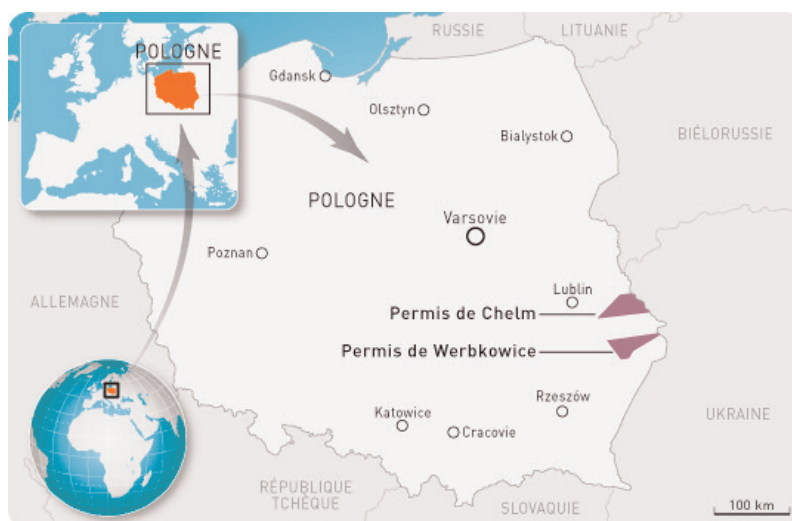
En France, trois permis de recherche ont été accordés par arrêté datés du 1<sup>er</sup> mars 2010 sur une surface totale de 9 672 km<sup>2</sup>. Ces permis ont été délivrés aux compagnies Schuepbach Energy LLC (permis de Villeneuve-de-Berg et permis de Nant), Total E&P France et Devon Energie Montélimar SAS (permis de Montélimar). Ils concernent les départements de l'Ardèche, la Drôme, le Vaucluse, le Gard, l'Hérault, l'Aveyron et la Lozère.

Quid de ces permis exclusifs ?

● ● ●

<sup>2</sup> Loi POPE n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique

<sup>3</sup> «World Shale gas resources : An initial assessment of 14 regions outside the United States», US Energy Information Administration, EIA, avril 2011 à cette adresse : <http://www.eia.doe.gov/analysis/studies/worldshalegas/> (en anglais)



**La concession de Chelmsk en Pologne (photo : Total)**

Selon la proposition de loi «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», leurs titulaires devront dans un délai de deux mois à compter de la promulgation de cette loi «remettre un rapport précisant les techniques employées ou envisagées».

Si ce rapport n'est pas remis ou s'il est fait état de forages par fracturation hydraulique : les permis sont abrogés. Enfin, l'article 4 (le dernier) stipule que «le Gouvernement remet annuellement un rapport au Parlement sur l'évolution des techniques d'exploration et d'exploitation et la connaissance du sous-sol français, européen et international en matière d'hydrocarbures liquides ou gazeux, les conditions de mise en œuvre d'expérimentations réalisées à seules fins de recherche scientifique sous contrôle public, la conformité du cadre législatif et réglementaire à la Charte de l'environnement dans le domaine minier et les adaptations législatives et réglementaires envisagées au regard des éléments communiqués dans ce rapport».

«Regrettant vivement», - on s'en doute - l'adoption de cette loi dont elle «prend acte», l'Union française des industries pétrolières, UFIP, c'est-à-dire de l'inter-

diction de la fracturation hydraulique, «une technique employée de longue date», elle «espère que le rapport annuel remis par le Gouvernement au Parlement, mettra en évidence les nouveaux progrès accomplis et qu'ainsi pourront être autorisés les travaux utilisant cette technique». Des «projets pilotes étant indispensables», selon elle.

Cette technique «utilisée de longue date» selon l'UFIP, a en fait débuté, à l'échelle industrielle, en 2005 aux États-Unis, selon l'INERIS (Institut national de l'environnement industriels et des risques).

Actuellement, le gaz naturel extrait par cette technologie correspond à environ 15% de la production de gaz aux États-Unis, soit à 2% environ des besoins énergétiques du pays (source EIA).

On en connaît que trop les dégâts, comme nous le verrons....

La prudence et un recul maximum sont donc de mise.

Comme l'INERIS le souligne très bien : «l'extraction de gaz de schiste cumule les impacts d'une exploitation gazière classique et ceux spécifiques à cette technologie. Il convient donc de les étudier attentivement avant toute autorisation d'exploiter».

Ces problèmes particuliers concernent

cinq points. L'INERIS les liste ainsi :

- les risques liés au transport, dans les horizons sus/sous-jacents, de produits injectés (eau et additifs chimiques) et/ou la migration du gaz du gisement lors de la fracturation. Il s'agit en particulier de migration vers les nappes aquifères et des risques environnementaux et sanitaires associés ;
- la possibilité de migration du gaz vers les horizons sus-jacents, puis vers la surface, induisant un risque d'inflammation ou d'intoxication ;
- la possibilité de mobilisation et de transport des contaminants naturels pouvant être renfermés dans le gisement (métaux, sulfates, chlorures, etc.) ;
- l'impact environnemental lié à la densité importante de forages verticaux d'accès au gisement et aux infrastructures de surface (plates-formes, chemins, pipelines, etc.), étant donné que le rayon d'action d'un sondage d'exploitation unitaire est limité à quelques centaines de mètres ;
- la problématique de gestion de l'eau impropre récupérée à la surface pendant la phase de fracturation et durant l'extraction du gaz.



**Les incidents et accidents ne manquent pas aux États-Unis : ici, l'extérieur d'un forage de gaz naturel appartenant à Chesapeake Energy à Leroy Township, au Nord de la Pennsylvanie (USA) où s'est produite le 19 avril l'éruption de milliers de gallons (un gallon = 3,78l) d'eau contenant des produits chimiques. Un cours d'eau voisin a été contaminé et sept familles ont été évacuées (photo : C. J. Marshall, The Daily Review)**

● ● ●

Lorsqu'il a écrit cette «Note sur la technologie d'extraction de gaz de schiste», l'INERIS n'avait pas été sollicitée pour travailler sur ce sujet. Le rapport CGIET/CGEDD nous apprend qu'elle figure, aux côtés du BRGM (anciennement Bureau de recherches géologiques et minières), de l'IPFEN (IFP - ex- Institut français du pétrole - Énergies nouvelles) et d'universitaires dans le Comité scientifique national dont il suggère la création, créé à cette occasion pour être «*garant de la qualité et de la transparence des études et recherches envisagées, en particulier sur les études géologiques et hydrogéologiques, ainsi que sur l'évaluation des risques environnementaux liés aux travaux d'exploitation*». Ce Comité donnera son avis sur l'implantation des forages.

Certes, les besoins en énergie vont croissants, certes les ressources en combustibles fossiles en France comme à l'échelle mondiale s'appauvrissent inexorablement : l'extraction

des huiles et gaz de schiste apparaît donc comme une alternative très séduisante, d'autant plus que, nous dit-on - tout du moins en ce qui concerne la France - notre sol en est immensément riche.

Un véritable «Eldorado» ! Mais comme le souligne très bien André Picot (voir interview ci-après), chimiste, ancien directeur de recherches au CNRS et ancien expert auprès de l'Union européenne pour les produits chimiques en milieu du travail, et président de l'association Toxicologie-chimie (ATC), l'exemple des États-Unis devrait nous inciter à la plus grande prudence. Ce dernier a publié début mai un rapport<sup>3</sup>, plus précisément un bilan toxicologie-chimie sur l'exploration et l'exploitation des huiles et gaz de schiste ou hydrocarbures de roche-mère par fracturation hydraulique. Ce rapport est bien peu connu, trop peu connu, contrairement à celui du

CGIET/CGEDD très largement diffusé... C'est pourtant une contribution très riche (et un peu moins rose, ou disons un peu plus réaliste) au débat qu'il se propose de faire en introduisant la notion de synergie, d'association entre molécules et insistant ainsi sur la nécessité d'une approche interdisciplinaire telle que celle qui est proposée par la «toxicochimie». Cette dernière «*associe intimement une bonne connaissance des produits chimiques, et une volonté d'y intégrer l'étude des cibles touchées par ces composés chimiques, souvent étrangers aux organismes vivants et qu'on dénomme des xénobiotiques*». Et de souligner que «*la majorité des composés chimiques repérés dans les fluides de fracturation hydraulique d'exploration et d'exploitation des huiles et gaz de schistes ou hydrocarbures de roche-mère, sont pour l'essentiel des xénobiotiques, dont plusieurs sont très toxiques*». Cancérogènes.

● ● ●

<sup>3</sup> «Bilan toxicologie-chimie : l'exploration et l'exploitation des huiles et gaz de schiste ou hydrocarbures de roche-mère par fracturation hydraulique», André Picot en collaboration avec Jérôme Tsakiris et Joëlle et Pierre David, mai 2011 sur le site de l'ATC : <http://www.atctoxicologie.free.fr>



«Notre propre approche est de considérer que les événements qu se produisent au niveau du milieu de fracuration peuvent être assimilés à un «réacteur chimique» dans lequel à des températures plus ou moins élevées, et sous des pressions variées, des centaines de molécules interagissent les unes sur les autres, et de ce fait le mélange final de sortie ne peut être que différent des produits initiaux injectés», André Picot.

● ● ●

S'appuyant sur différents rapports publiés aux États-Unis, André Picot fait un tour d'horizon des différents risques liés à cette technique d'extraction de la première étape (mélange des produits de départ) à la dernière (sortie des gaz) en passant par le parcours souterrain du liquide injecté.

Il passe bien entendu également en revue les différentes substances chimiques présentes dans le liquide fracturation, s'appuyant sur différents documents américains.

Les niveaux de pollution les plus élevés vont se situer à proximité des sites d'activité extractive. Les premières personnes touchées vont donc être les travailleurs et les populations environnantes.

Durant l'étape initiale, c'est-à-dire la manipulation des produits en vue d'obtenir le produit final, ce sont les travailleurs qui vont directement être exposés à leurs effets, la voie prioritaire d'exposition étant l'inhalation des produits *«dont la volatilité sera très variable... allant du méthane au naphtha lourd !»*, souligne André Picot.

Beaucoup des coupes pétrolières peuvent être riches en composés volatils organiques (COV) comme le benzène, que l'on sait cancérigène pour l'homme, précise-t-il encore. Point sur lequel il revient en détail ci-après.

De même, la co-existence parmi les polluants aériens d'hydrocarbures volatils et d'oxydes d'azote (NO)<sub>x</sub> peut, au niveau du sol, entraîner la forma-

tion d'ozone (O<sub>3</sub>), polluant souvent détecté sur les sites d'exploitation.

Enfin, il est observé dans ces zones une augmentation non négligeable des particules, en particulier les plus fines dont beaucoup nanométriques qui proviennent de la combustion des diesels, carburant privilégié des engins de transport extrêmement nombreux sur les sites d'extraction (camions citernes de transport d'eau, de gaz...).

À quel point les travailleurs et populations environnantes sont touchés par ces différentes pollutions ? C'est la grande question. *«Le problème est d'estimer correctement le réel niveau de la contamination tant les mélanges peuvent être complexes et leur concentration variable, explique André Picot. De plus, des synergies entre composés peuvent fortement augmenter leur agressivité».*

Deuxième étape : l'extraction proprement dite du gaz avec forage vertical au cours duquel sont injectés eau en mélange avec du sable, du sulfate de baryum (BaSO<sub>4</sub>) et divers autres additifs chimiques. Ce mélange revient en surface sous forme de boues (100 à 125 m<sup>3</sup> par puits) qui feront l'objet de stockage dans des centres spécialisés ou d'enfouissement.

Lors de cette phase d'exploitation, la remontée en surface du gaz s'accompagne parfois d'une grande quantité d'eau saumâtre. Elle est très riche en sel (chlorure de sodium) provenant d'anciennes mers dont l'eau est restée emprisonnée dans le schiste ou roche-

mère. *«En général, si une partie de l'eau récupérée peut être utilisée pour de nouvelles fracturations, la majorité de l'eau usée, très riche en sel, est entreposée dans une lagune où elle va dessaler lentement».*

Les eaux usées qui ne sont pas acheminées dans un centre de traitement, mais injectées dans des formations géologiques profondes, présentent des risques de pollutions non négligeables, *«tant elle peuvent être contaminées par de nombreux produits chimiques polluants».*

Des enquêtes américaines ont montré que les eaux usées, ainsi que les débris ou déchets de forage, pouvaient présenter une radioactivité non négligeable.

Selon l'EPA (Agence de protection de l'environnement américaine)<sup>4</sup>, en Pennsylvanie, des eaux usées ont présenté un taux de radioactivité 100 à 300 fois supérieur aux normes appliquées aux États-Unis.

Parmi les radioéléments caractérisés se trouvent surtout du radium 226 (1 600 ans de demi-vie), mais aussi du radon 222, du thorium 232 et de l'uranium 238. Ces éléments radioactifs, en particulier, les trois premiers sont de redoutables cancérigènes pour l'homme (groupe I du Centre international de recherche sur le cancer, CIRC<sup>5</sup>), ces derniers ayant été détectés dans l'eau potable distribuée aux populations locales<sup>6</sup>.

● ● ●

4 «Draft plan to study the potential impacts of hydraulic fracturing on drinking water resources», EPA, février 2011 : EPA/600/D-11/001/February2011/www.epa.gov.research

5 Plus de détails à cette adresse : <http://www.iarc.fr/indexfr.php>

6 New York States Department of Environmental Conservation, NYSDEC, 2009 à cette adresse : <http://www.dec.ny.gov>

## Des eaux usées... un peu chargées



**Généralement, de nombreux métaux (fer, cuivre, manganèse, argent, mercure, plomb, cadmium, etc.) et non métaux (arsenic, antimoine, sélénium...) présents dans les roches à l'état de sulfures, peuvent être libérés sous forme ionisée hydrosoluble. Divers réactifs chimiques ajoutés au départ dans l'eau de fracturation peuvent faciliter cette libération.**

**Ainsi, à partir de leurs sulfures, le mercure, le plomb et le cadmium, mais aussi le thallium, métaux traces toxiques, mais aussi des non-métaux comme l'arsenic, vont libérer leurs cations hydrosolubles. De ce fait, il n'est pas étonnant de retrouver tous ces éléments toxiques dans les eaux usées.**

*Source : Bilan toxicologie-chimie : l'exploration et l'exploitation des huiles et gaz de schiste ou hydrocarbures de roche-mère par fracturation hydraulique, André Picot*

● ● ●

Pour nous «rassurer», les compagnies pétrolières mettent en avant que les additifs chimiques ne représentent «que» 0,5% du liquide de fracturation. Oui, mais...

Que sont ces additifs ? Ils peuvent être regroupés en trois catégories, nous apprend André Picot : ceux qui favorisent la pénétration du sable ou des billes de céramique dans les fractures, l'acide chlorydrique étant le plus abondant ; ceux qui augmentent la productivité des puits, parmi lesquels les agents gélifiants qui augmentent la viscosité de la boue de forage. Il faut ensuite casser le gel avec du persulfate d'ammonium (produit allergisant) qui, laissant le sable au fond du puits, permet de faire remonter la phase liquide. Pour maintenir la fluidité du gel, lorsque la température augmente, il faut ajouter des agents de liaison à base de dérivés oxygénés du bore comme l'acide borique et les borates,

lesquels sont classés reprotoxiques (repro2) par l'Union européenne<sup>7</sup>. Enfin, des produits biocides (de l'ordre de 0,001%) sont destinés à réduire la prolifération bactérienne dans le fluide de fracturation et dans les puits eux-mêmes. Ces produits antiseptiques, d'un usage classique (milieu médical), «ne semblent pas doués d'une toxicité à long terme».

Le rapport publié en avril 2011 par la Commission américaine de l'Énergie et du Commerce de la Chambre des Représentants<sup>8</sup> répertorie une liste de 2 500 produits divers (produits purs ou mélangés) correspondant à 750 composés chimiques bien définis. Ce document regroupe les données fournies par 14 compagnies de services, travaillant pour l'industrie pétro-gazolière américaine entre 2005 et 2009. «Dans cette liste impressionnante, on retrouve des cancérrogènes avérés pour l'homme comme le benzène (agent leucémiant), mais aussi des

produits usuels comme le café instantané !». André Picot reviendra plus en détails sur ce point.

Sur les 2 500 mélanges chimiques, conclut le rapport, plus de 650 contiendraient des produits potentiellement nocifs.

Parmi ceux-ci, 22 sont classés comme cancérrogènes et sont soumis aux États-Unis aux lois sur l'eau potable et sur l'air propre.

«Dans la liste élaborée par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC, Lyon, janvier 2011), on arrive à comptabiliser 10 cancérrogènes pour l'homme (groupe 1 et 2A), avec en plus 9 composés cancérrogènes chez l'animal et suspectés d'être cancérrogènes chez l'homme (groupe 2B)».

L'EPA avait identifié, en 2009, 392 produits ou mélanges dans l'eau de récupération, n'en retenant que 220, les autres n'ayant pu être identifiés à partir de leur dénomination chimique.

● ● ●

<sup>7</sup> Plus de détails à cette adresse : [http://europa.eu/index\\_fr.htm](http://europa.eu/index_fr.htm)

<sup>8</sup> «Chemicals used in hydraulic fracturing», United States House of Representatives committee on energy and commerce minority staff, Henry A. Waxman, Edward J. Markey et Diana DeGette, avril 2011 : <http://democrats.energycommerce.house.gov>



**Un puits d'exploration de gaz de schiste à Dimock (Pennsylvanie). L'impact sur les ressources en eau de ce type d'extraction est énorme. Aux États-Unis, en Pennsylvanie, où l'on compte 71 000 forages soit un puits actifs pour 1,6 km<sup>2</sup>, l'utilisation sur place de l'eau souterraine en 2008, a entraîné l'assèchement de plusieurs nappes phréatiques.**

«Il faut ajouter à cette liste initiale, précise André Picot, parmi les produits minéraux : les composés inorganiques du plomb (classés comme neurotoxiques et reprotoxiques) et de l'antimoine (groupe 2B). Parmi les composés organiques, il faut ajouter l'épichlorhydrine (groupe 2A) et l'hexaméthylène-trétramine, de formaldéhyde (Groupe 2A)».

Sans parler de la rencontre entre les divers constituants du liquide de fracturation et les différents minéraux présents tout au long des différentes couches sédimentaires, qui peut libérer quelque chimie incongrue... «Par exemple, diverses roches en particulier riches en hématite (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), hébergent des colonies de bactéries quasi-anaérobies, sulfato-réductrices comme la *desulfovibrio desulfuricans*,

qui se nourrissent de sulfures métalliques (pyrites...) libèrent du sulfure de dihydrogène (H<sub>2</sub>S), gaz très toxique rencontré de temps en temps dans les gaz remontés au cours de la fracturation. Ce gaz nauséabond, à l'odeur d'œuf pourri, tue plus rapidement que le monoxyde de carbone (CO)».

Les oiseaux aussi, d'ailleurs, peuvent en faire les frais...

Pour terminer, une étude américaine<sup>9</sup> a apporté tout récemment la preuve scientifique de la contamination des nappes phréatiques, et donc de l'eau potable par du méthane, contenu dans le liquide de fracturation hydraulique. L'équipe de Stephen G. Osborn, de l'université de Duke, à Durham (Caroline du Nord), étudiant l'eau des

puits situés près des sites d'extraction de Marcellus et d'Utica, et d'autres qui n'étaient pas dans leur environnement, a constaté plus on s'en approchait (1 km ou moins) et plus les concentrations en méthane étaient élevées : jusqu'à 17 fois plus, contenant de 19,2 à 64 mg/l, cette dernière teneur présentant un risque d'explosion, soulignaient les auteurs.

Une sorte de confirmation de ce que dénonçait Josh Fox dans son documentaire «Gasland»<sup>10</sup> (photo ci-dessous), qui a largement contribué à relancer le débat sur les gaz de schiste. Considérant l'accroissement des cas suspects de contamination des nappes phréatiques, eaux de surface et eau potable) et afin de pallier au blocage constant de l'information par les sociétés pétrolières, le gouvernement américain a mandaté l'EPA afin de réaliser une étude exhaustive visant à déterminer les impacts sanitaires et environnementaux des activités de fracturation hydraulique sur les sources d'approvisionnement en eau potable. Les premiers résultats devraient être accessibles fin 2012.

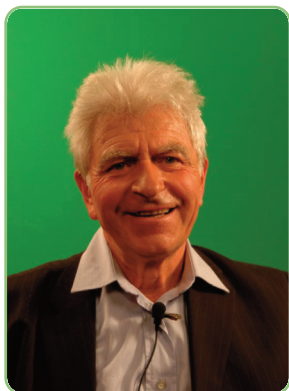
L'heure doit vraiment donc être à la prudence pour nous...



**Image tirée du film «Gasland» : l'eau du robinet s'enflamme sous la flamme d'un briquet**

<sup>9</sup> «Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic and hydraulic fracturing», Stephen G. Osborn et al., Cary Institute of Ecosystem Studies, New York, mai 2011 : <http://www.pnas.org/content/early/2011/05/02/1100682108>

<sup>10</sup> «Gasland», Josh Fox, 0h47, Prix spécial du jury du Festival du film Sundance 2010



André Picot

## Interview

# «Il faut absolument avoir cette approche interdisciplinaire qu'est la toxicochimie»

André Picot est toxicochimiste et auteur principal du bilan toxicologie-chimie sur l'exploration et l'exploitation des huiles et gaz de schiste ou hydrocarbures de roche-mère par fracturation hydraulique, réalisé suite à l'inquiétude de plusieurs associations françaises et québécoises envers ces technologies qui leur semblaient des plus polluantes.

### Comment avez-vous procédé pour élaborer ce bilan ?

Je suis parti de différents travaux américains et québécois, seuls existants, notamment celui de l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA), beaucoup moins muselée depuis l'ère Obama, seul document vraiment officiel sur la composition des fluides de fracturation.

Elle a identifié près de 400 produits, 392 précisément, dont certains étaient des mélanges : j'ai essayé d'analyser tout cela. Il s'est avéré qu'un peu plus de la moitié de ces derniers, soit 220, étaient chimiquement identifiés, tandis que la plupart des autres mélanges ne correspondaient à aucune dénomination chimique.

Je me suis donc penché sur ces 220 produits, et partant de leur réactivité chimique, j'ai très vite été interpellé par le fait que les produits de sortie étaient différents des produits d'entrée.

Il se passe en fait au niveau de la zone de fracturation exactement la même chose que dans un réacteur dans un laboratoire de chimie. Ce type de forage nécessite de descendre à de grandes profondeurs (entre 1 et 3 km), or plus on descend, plus c'est chaud : l'eau emprisonnée dans les roches-mères pouvant atteindre jusqu'à 70°C ou plus. Cette zone de fracturation se comporte ainsi comme un réacteur chimique dans lequel certains produits chimiques réagissent les uns sur les autres, selon leur affinité, le tout en présence de catalyseurs minéraux qui accélèrent leur réactivité.

C'est la raison pour laquelle on retrouve à la sortie des produits différents de ceux injectés. Par exemple, l'EPA a identifié dans le liquide de fracturation plusieurs dérivés de la quinoline, une base organique azotée extraite des pétroles et qui sont des inhibiteurs de corrosion, et parmi eux, un seul est retrouvé en quantité non négligeable dans l'eau de sortie : le N-Oxyde de 4-nitroquinoline, connu comme un modèle en expérimentation animale pour déclencher chez les rongeurs (rats et sou-

ris) des cancers sélectifs de la cavité buccale et de la langue. Comment ce produit éminemment dangereux peut-il se retrouver dans l'eau de sortie ? Mon hypothèse, c'est que la formation de N-Oxyde peut s'envisager à partir de la 4-nitroquinoline (4-NQ) par oxydation en présence d'agents chimiques réactifs oxydants dans le liquide de fracturation comme par exemple le peroxyde d'hydrogène, bien connu sous le nom d'eau oxygénée.

Quant à la 4-nitroquinoline, elle pourrait elle-même se former par nitration de la quinoline elle-même en présence d'une source d'agents nitrants (nitrates...).

En 2009, un journal local de Louisiane rapportait l'empoisonnement mortel de 19 bovins par du liquide de fracturation sur le site de Chesapeake Energy. Il ne faisait pas mention au N-Oxyde de 4-nitroquinoline, mais les animaux libéraient de l'écume au niveau de la bouche et ils avaient la langue ensanglantée : les mêmes cibles que les rats et souris intoxiqués à long terme par ce produit... De curieuses coïncidences !

Un exemple de toxique qui peut tuer rapidement : le sulfure de dihydrogène,  $H_2S$ . Diverses roches en particulier riches en hématite ( $Fe_2O_3$ ), hébergent des colonies de bactéries quasi-anaérobies, sulfato-réductrices comme la *Desulfovibrio desulfuricans*, qui se nourrissent de sulfures métalliques (pyrites...) libèrent du sulfure de dihydrogène ( $H_2S$ ), gaz courant très toxique rencontré parfois dans les gaz remontés au cours de la fracturation. Ce gaz nauséabond, à l'odeur d'œuf pourri, tue plus rapidement que le monoxyde de carbone ( $CO$ ). Il a en outre un pouvoir anesthésiant puissant.

Sachant qu'une partie de l'eau récupérée, sous forme de boues, est mise à évaporer dans des bacs à décantation, en plein air, on peut imaginer par exemple l'effet de la volatilisation sur le passage d'un nuage d'oiseaux. Mais ceci n'est qu'une hypothèse totalement gratuite. ●●●





Plusieurs pays ont connu des pluies d'oiseaux et n'ont pas de puits gaziers d'extraction, comme la Suède par exemple.

### **Vous avez identifié plusieurs cancérrogènes parmi les 2 500 produits divers répertoriés par la Commission américaine de l'Énergie et du Commerce de la Chambre des Représentants. Lesquels sont-ils ?**

J'ai effectivement décidé de me focaliser sur les cancérrogènes avérés pour l'Homme (Groupe 1 du CIRC), et cancérrogènes probables (groupe 2A). Soit une dizaine. On trouve certains composés comme l'acide sulfurique concentré n'agissant comme cancérrogène qu'à l'état de gaz (aérosol), ce qui n'est pas le cas de l'acide sulfurique dissous dans l'eau de sortie. On retrouve aussi la silice cristalline sous différentes formes comme le quartz, à l'état de poussière très fine, irritant et fibrosant pulmonaire (silicose), mais aussi un cancérrogène bronchique, surtout efficace sous forme solide, très divisée.

On peut citer surtout le benzène, toxique sélectif de la moelle osseuse (lieu de formation des globules du sang : globules rouges, blancs et les plaquettes) et responsable entre autres de leucémies redoutables. Le formaldéhyde, qui est aussi un produit très volatil, est quant à lui un cancérrogène oro-laryngé chez l'Homme, et serait impliqué dans l'apparition de leucémie. L'oxyde d'éthylène, dont on comprend mal la présence dans les fluides de fracturation car c'est un composé réactif très instable, en milieu aqueux est un fort agent leucémiant chez l'Homme.

Enfin, on retrouve également des éthers de glycol, composés reconnus comme reprotoxiques chez l'Homme, dont plusieurs perturbant surtout la fécondité.

Ces trois produits, qui sont très volatils, peuvent facilement pénétrer dans l'organisme par la voie respiratoire, en particulier lors de l'évaporation de l'eau de sortie de fracturation.

La liste est beaucoup plus longue, mais je m'arrêterais là. Ce qui est préoccupant, c'est par exemple le constat actuel, c'est-à-dire cinq ans après l'exploitation intensive des gaz de schiste aux États-Unis, certes localisé mais néanmoins confirmé d'un taux élevé de leucémies chez les jeunes enfants, en particulier en Pennsylvanie, région autrefois verdoyante et actuellement très diversifiée, qui regroupe plusieurs milliers de puits de forage. Le temps de latence chez les enfants est bien entendu beaucoup plus court que chez l'adulte. Je ne dis pas que ces leucémies sont dues à la présence de benzène, qui reste l'ennemi public n°1, mais cette hypothèse est vraiment à prendre en considération.

### **Au vu de tout cela, quel message avez-vous envie de faire passer ?**

Mon message est très simple : économiquement, ce type d'exploitation n'est pas rentable. Il coûte en effet très cher.

Du point de vue de l'environnement, c'est une catastrophe, avec une augmentation de 20% des gaz à effet de serre par rapport au charbon. En outre, une étude américaine a montré que dans les régions où est pratiquée la fracturation hydraulique, la possibilité de travailler sur des énergies renouvelables, en particulier celles qui sont liées aux éoliennes et au solaire, chute de 50%.

Et n'oublions pas que ces gisements vont s'épuiser très vite. Une fois que le gaz échappé, il ne reviendra plus. Cela oblige à forer de plus en plus et dans des environs très proches : en Pennsylvanie, il y a un puits tous les 1,6 km<sup>2</sup> !

Quant aux ouvriers pétroliers, ils travaillent dans des conditions très dures, exposés à de multiples risques toxiques, dont le benzène, mais aussi aux risques d'incendie et d'explosion.

Les impacts sur l'eau potable pour les populations environnantes sont désastreux, les nappes phréatiques sont asséchées puisque ne sont récupérés que 20 à 30% de l'eau introduite qui se charge de produits radioactifs au cours de sa remontée à travers les différentes couches minérales.

C'est la totale !

En résumé, c'est une véritable aberration à l'heure où on veut une planète plus responsable, et en particulier plus écologique. C'est un contre-pied total.

Il n'y a guère que pour les grands groupes pétroliers que tout va bien. Mais pour le reste monde, c'est une réelle catastrophe environnementale très lourde de conséquences pour notre descendance.

En France, il est totalement aberrant que n'existe actuellement qu'un seul rapport préparé par des ingénieurs des mines, des ponts, des eaux et des chaussées, dont la vocation première est de défendre notre politique énergétique, et ceci quelque soit le prix à payer... Je pense qu'ils devraient réactualiser leurs connaissances en chimie et en biochimie, ce qui leur permettrait de mieux intégrer l'impact des produits de fracturation hydraulique sur la santé humaine, mais aussi sur la faune et la flore.

Il faut absolument avoir cette approche interdisciplinaire qu'est la toxicochimie. La santé et la survie des espèces me semblent très importantes. Et puis, je ne comprends pas bien le fait d'aller faire des prospections dans le Gard ou en Lozère régulièrement touchés par la sécheresse et qui actuellement doivent limiter leur consommation d'eau... J'avoue que cela me dépasse totalement !

### **Quels ont été les retours de ce bilan ?**

Ce bilan a été remis à plusieurs organisations écologiques, grandes et petites, au Premier ministre, François Fillon, à la ministre de l'Écologie Nathalie Kosciusko-Morizet, et aux députés signataires de la pétition contre les gaz de schiste.

Nous n'avons eu aucun retour des grandes associations écologiques, seule une petite association toulousaine l'a efficacement relayé. Côté députés, un seul est monté au créneau : Yves Cochet, très sensibilisé à ce problème environnemental.

Pour l'instant, nous n'avons donc eu que très peu de réactions à notre rapport. C'est donc pour notre petite association ATC (Association Toxicologie-Chimie) très positif, car personne n'a à ce jour remis en cause notre approche scientifique interdisciplinaire, ce qui est un bon signe.

#### **En savoir plus**

Sur le site de l'association toxicologie-chimie, dont André Picot est président : <http://atctoxicologie.free.fr>