

**Serge Nazare**

**Mémoire sur**

**LE GAZ DE SCHISTE**

**Problèmes d'exploitation - Nuisances - Risques**

Mise à jour 15 Juin 2011

## Sommaire

Présentation	2
Définition du gaz de schiste	3
Les permis	4
Techniques de forage et d'extraction	7
Données quantitatives	10
Les problèmes d'exploitation	11
Nuisances et risques	12
Le code minier	19
Les problèmes d'information	23
Conclusion	25
Additifs	26
Références	33

## PRESENTATION

Au moment où des prises de conscience se font sur les problèmes de réchauffement planétaire, au moment où des recherches se font pour promouvoir des énergies renouvelables, des décideurs politiques associés à des compagnies de production d'énergies commencent à exploiter une nouvelle source d'énergies fossiles, le gaz de schiste, qui provient d'hydrocarbures de roche-mère. Ce gaz est appelé aussi gaz non conventionnel.

Comme les réserves de gaz naturel conventionnel (méthane...) décroissent inexorablement et pourraient être épuisées dans une soixantaine d'années, l'extraction des huiles et gaz non conventionnels emprisonnés dans du schiste ou hydrocarbures de roche-mère (roches sédimentaires) ou du charbon apparaît comme une alternative très séduisante pour plusieurs pays (Etats-Unis, Canada, maintenant l'Europe et dans l'avenir la Russie et la Chine).

Pour mémoire les différents types de gaz sont :

Le gaz dit conventionnel.

Le gaz de charbon.

Le gaz de schiste.

En France, les pouvoirs publics accordent des permis de forage pour effectuer des recherches en vue de l'exploitation de cette source d'énergie.

Ce nouveau système de production repose au moins sur 2 raisons :

- Course à l'indépendance énergétique.
- Compensation de la diminution des réserves de pétrole.

Mais l'exploitation du gaz de schiste pose un certain nombre de problèmes.

En effet, au-delà des effets positifs sur le développement économique, l'exploitation du gaz de schiste fait apparaître des effets négatifs sur la population et l'environnement.

En France, selon certaines estimations, l'exploitation du gaz de schiste pourrait couvrir ses besoins en gaz pour les 80 ans à venir, mais à un coût environnemental et sanitaire élevé.

Ce document, non exhaustif, propose une mise au point des informations actuelles sur les problèmes de pollution, de nuisances, de dangerosité sur ce type d'exploitation. Il a été élaboré d'après les textes cités en références dans le dernier chapitre.

## DEFINITION DU GAZ DE SCHISTE

Mais, tout d'abord, qu'est le gaz de schiste?

Le gaz de schiste est du gaz contenu dans des roches sédimentaires argileuses très compactes et très imperméables. Ces hydrocarbures proviennent de la transformation d'une roche riche en matière organique (la roche-mère) par augmentation de la température et de la pression lors de l'enfouissement au cours des temps géologiques.

Les gaz de schiste sont des gaz formés principalement par du méthane contenu dans des roches argileuses ayant une forte teneur en matière organique. Ces argiles (en fait souvent un mélange d'argiles, de silts ou de carbonates) ont été fortement enfouies et ont été portées dans la fenêtre à gaz. Une grande partie de ce gaz est restée piégée dans les argiles.

A part quelques pays qui n'ont pas de bassins sédimentaires, on peut trouver du gaz de schiste à peu près partout. Les réserves mondiales représenteraient plus de 4 fois les ressources de gaz conventionnel.

L'exploration des gaz de schiste n'a commencé que récemment en Europe mais elle suscite beaucoup d'intérêt de la part des compagnies pétrolières. Les bassins les plus intéressants sont situés en Europe du Nord et de l'Est et plus au sud, notamment en France dans le bassin du sud est.

## LES PERMIS

### **Généralités :**

Deux bassins potentiellement riches en hydrocarbures de roche-mère ont été identifiés en France :

- Le bassin parisien.
- Le bassin sud-est ou Causses-Cévennes (Hérault, Aveyron, Lozère, Gard, Ardèche, Drôme).

Les permis sont de 2 ordres :

- Les permis d'exploration, ou permis exclusif de recherche.
- Les permis d'exploitation.

Le permis exclusif de recherche s'applique aux travaux d'exploration en vue de découvrir les gisements de la classe des mines. Le titre confère à son titulaire :

- L'exclusivité du droit de recherche sur un secteur géographique donné.
- Le droit de disposer des produits extraits à l'occasion des travaux de recherche.
- la possibilité exclusive de demander une concession sur une zone du permis.

A ce jour, aucun permis d'exploitation de gisement d'hydrocarbures de roche-mère (gaz et huile) n'a été demandé.

### **Les permis exclusifs de recherche :**

- Régions Languedoc-Roussillon et Rhône-Alpes :

3 permis de recherche ont été accordés en 2010 au niveau des régions Languedoc-Roussillon et Rhône-Alpes (départements de l'Ardèche, la Lozère, le Gard, l'Hérault et l'Aveyron).

- ° Montélimar aux sociétés Total E&P France et Devon Energie Montélimar SAS conjointes et solidaires (4327 km<sup>2</sup>)
- ° Villeneuve de Berg » (931 km<sup>2</sup>)
- ° Nant (4114 km<sup>2</sup>) à la société Schuepbach Energy LLC avec laquelle GDF-Suez envisage de s'associer.

- Régions Provence-Alpes-Côte d'Azur :

5 demandes de permis exclusifs de recherche ont été déposées au niveau de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (Aveyron, Drôme, et Vaucluse) pour une surface représentant près de 11300 km<sup>2</sup>, dont :

- ° 1 permis accordé à Gardanne (365 km<sup>2</sup>, 25 communes concernées, 1 168 393 habitants)

4 permis en cours d'instruction :

- ° Gargas (870 km<sup>2</sup> inclus dans Provence, 54 communes concernées, 137 708 habitants)

- ° Gréoux-les-Bains (218 km<sup>2</sup> inclus dans Brignoles, 12 communes concernées, 21 066 habitants)

- ° Provence (3430 km<sup>2</sup>, 132 communes concernées, 856 060 habitants)

- ° Brignoles (6 785 km<sup>2</sup>, 235 communes concernées, 1 868 073 habitants)

Ces permis ont concernent Total-GDF-Suez dans le Sud-Est la firme américaine Schuepbach Energy LLC qui viserait l'exploitation des schistes du bassin sédimentaire de 4 400 km<sup>2</sup> situé sous le plateau du Larzac, mais aussi, et surtout, en Ardèche.

- Le bassin parisien :

Les titres miniers d'hydrocarbures (huile de schiste) dans le bassin parisien sont :

Château-Thierry

Leudon-en-Brie

Mairy

Nogent-sur- Seine

Il existe trois permis de recherche concernant le gaz de schiste qui ont été accordés en mars 2010 et trois autres visant l'huile de schiste dans le bassin parisien en août 2008 et en octobre 2009.

- Zones diverses :

Selon Corinne Lepage, le groupe australien European Gas Limited aurait obtenu un permis d'exploration dans le Nord-Pas-de-Calais et d'autres permis en Lorraine, dans la Loire et les Bouches-du-Rhône.

La société Celtique Energie Petroleum SARL, filiale de la plus grande société exploitant des mines de charbon au Pays de Galles, a pour sa part bénéficié de deux arrêtés du ministre de l'écologie (publiés au Journal Officiel) lui accordant l'autorisation de rechercher des mines d'hydrocarbures liquides ou gazeux, l'un en date du 4 mars 2008 pour une superficie de 3 269 km<sup>2</sup> dans le département du Jura (dit permis des Moussières), l'autre en date du 20 août 2010 pour une superficie de 1 470 km<sup>2</sup> dans le département du Doubs (dit permis de Pontarlier).

# TECHNIQUES DE FORAGE ET D'EXTRACTION

## **Présentation :**

Le gaz de schiste étant dispersé dans de la roche imperméable (absence d'accumulation d'hydrocarbure), il faut forer de très nombreux puits (pour accéder à un gisement vaste mais peu concentré).

En raison de la faible concentration en hydrocarbure des gisements, l'extraction nécessite le forage de nombreux drains horizontaux au sein de la roche-mère. Les tubes de production sont ainsi au contact du plus grand volume possible du gisement. C'est pourquoi, après avoir foré des puits verticaux, on réalise des forages horizontaux.

Mais ce n'est pas suffisant, il faut aussi réaliser une fracturation hydraulique pour créer des fractures artificielles au travers desquelles le gaz va pouvoir se déplacer en direction du puits d'exploitation. Cette phase nécessite parfois l'utilisation d'explosifs au niveau des fractures, afin d'améliorer le rendement.

## **La fracturation hydraulique :**

Pour réaliser cette fracturation hydraulique on va injecter de l'eau sous forte pression. C'est cette pression qui va fracturer les roches. Cette pression provoque l'apparition de fissures de quelques millimètres de large et qui vont se propager sur quelques dizaines de mètres.

Le forage recoupant la roche riche en gaz sur une grande longueur, ces petites fissures sont suffisantes pour produire des quantités de gaz importantes.

Afin d'obtenir des pressions suffisantes pour fracturer la roche, on injecte de l'eau mais aussi du sable fin qui va empêcher les fractures de se refermer une fois la fracturation hydraulique terminée afin de former un drain pérenne par lequel le gaz va pouvoir migrer vers le puits de production.

On ajoute aussi des additifs chimiques qui vont permettre à la fracturation hydraulique d'être plus efficace, de produire plus de gaz et donc de diminuer le nombre de puits nécessaires. La composition des additifs chimiques peut varier selon les conditions géologiques. Ils se classent en trois grandes catégories :

- Les biocides qui réduisent la prolifération bactérienne dans le fluide et dans le puits.
- Les produits qui favorisent la pénétration du sable dans les fractures.
- Les produits qui augmentent la productivité des puits.



Ainsi, pour éviter la prolifération de bactéries pouvant produire des composés acides attaquant le puits, on utilise des désinfectants. Pour éviter la précipitation de dépôts sur les parois du puits, ce qui altérerait sa productivité, on injecte de l'alcool, de la soude et du glycol.

Les opérations complexes de fracturation (variation de la pression, des débits, de la composition des différentes strates du fluide de fracturation, etc.), dépendent des caractéristiques de la roche à fracturer.

### **Le fluide de fracturation :**

Le fluide de fracturation est constitué essentiellement d'eau. Selon l'IFPEN, la quantité d'eau nécessaire au forage et à la fracturation d'un puits de gaz de roche-mère serait comprise entre 10 000 et 20 000 m<sup>3</sup>. Ce volume se décompose de la manière suivante : 1000 à 2000 m<sup>3</sup> d'eau seraient nécessaires pour le forage d'un puits, chaque fracturation requiert l'usage d'environ 1500 à 2000 m<sup>3</sup> d'eau et chaque drain fait l'objet de 8 à 10 fracturations en moyenne.

### **Les agents de soutènement :**

Un sable quartzeux propre, de granularité assez uniforme, est souvent employé. Dans le cas de grandes profondeurs et de fortes contraintes, une matière plus dure est nécessaire et on utilise des billes de céramique.

Pour 15 000 m<sup>3</sup> d'eau utilisés dans un puits, 800 à 900 m<sup>3</sup> de sable sont nécessaires.

### **Additifs chimiques utilisés :**

Les informations et les quantités diffèrent selon les différentes sources. A titre indicatif, voici ci-dessous une liste des principaux produits chimiques utilisés, fournie par l'Association toxicologique-Chimie de Paris (ATC) :

1 Eau 90

2 Agents de soutènement : Silice cristalline, billes de céramique.

3 Acides forts, dissolvant les métaux : Acide chlorhydrique.

4 Agents réducteurs de friction : Polyacrylamide, huiles minérales.

5 Surfactants (agents diminuant la tension superficielle) :

Butoxyéthanol, Isopropanol, Octylphénol éthoxylé.

6 Stabilisants de l'argile : Chlorure de potassium, Chlorure de tétraméthylammonium.

- 7 Agents gélifiants : Bentonite, Gomme Guar, Hydroxyéthylcellulose.
- 8 Inhibiteurs des dépôts dans les canalisations : Ethylène-glycol, Propylène-glycol.
- 9 Agents de contrôle du ph : Carbonate de sodium, Carbonate de potassium, Chlorure d'ammonium.
- 10 Agents de tenue des gels : Hémicellulase, Persulfate d'ammonium, Quebracho.
- 11 Agents de maintien de la fluidité en cas d'augmentation de la température : Perborate de sodium, Borates, Anhydride acétique.
- 12 Agents de contrôle du taux de fer : Acide citrique, EDTA.
- 13 Inhibiteurs de corrosion : Dérivés de la Quinoléine, Diméthylformamide (DMF), Alcool propargylique.
- 14 Biocides (antiseptiques) : Dibromoacétonitrite, Glutaraldéhyde, DBNPA.

### **Récupération des eaux et boues en surface :**

Lorsque le pompage du gaz débute, dans les premiers jours d'exploitation, une partie de l'eau injectée remonte en surface. Ensuite le puits ne produit plus que du gaz.

Une partie de l'eau injectée reste donc dans la formation géologique fracturée. En profondeur l'eau injectée s'est chargée en sel mais aussi en divers éléments contenus dans la roche fracturée. Cette eau très riche en sel (chlorure de sodium) provient d'anciennes mers, dont l'eau est restée emprisonnée dans le schiste ou roche-mère. En général une partie de l'eau récupérée peut être réutilisée pour de nouvelles fracturations. Elle est stockée dans des bassins de décantation puis retraitée pour servir au forage de nouveaux puits ou à de nouvelles fracturations hydrauliques. Les boues résiduelles sont elles-mêmes traitées.

L'eau peut, soit être traitée sur place au niveau du forage, soit être acheminée jusqu'à un centre de traitement. Cette eau, qui a circulé sous forte pression dans les couches sédimentaires, est généralement chargée en sel et contient beaucoup d'éléments en suspension. Le traitement consiste à éliminer les chlorures, les éléments en suspension ainsi que les métaux, les sulfates et les carbonates qui risqueraient de précipiter lors de la fracturation hydraulique suivante.

Ce traitement consiste en une décantation, une floculation, et une électrocoagulation.

## DONNEES QUANTITATIVES

### Les forages :

Ces chiffres sont des valeurs moyennes. Les valeurs dépendent des terrains rencontrés, de la profondeur des forages verticaux, du nombre et des longueurs des forages horizontaux.

Profondeur du puits vertical : 1500 à 4000 mètres.

Nombre moyen de forages horizontaux à partir d'une plateforme : 6 à 10 forages.

Longueur des forages horizontaux : 1000 à 3000 mètres.

Quantité d'eau injectée par forage horizontal : Environ 15 000 m<sup>3</sup> à 20 000 m<sup>3</sup>.

Quantité de sable injecté par forage horizontal : 800 à 900 m<sup>3</sup>.

Quantité de produits chimiques injectés par forage horizontal : Environ 200 m<sup>3</sup>.

Pression du mélange injecté : De 200 à 600 bars.

Nombre de fracturations possible par forage horizontal : 10 à 15 fois.

Quantité d'eau récupérée en surface lors de la mise en production de chaque puits : 20 à 70 %.

Nombre de puits au km<sup>2</sup> à prévoir pour une bonne rentabilité : 10 à 15 puits.

Superficie nécessaire pour le forage d'un puits : 1 hectare (10 000 m<sup>2</sup>).

## **LES PROBLEMES D'EXPLOITATION**

Au sujet de l'exploitation des gisements de gaz de schiste en France, il se dégage actuellement deux éléments principaux :

- Les craintes vis-à-vis des impacts et risques liés à la fracturation hydraulique.
- La critique sur l'absence d'information des élus et de la population.

### **Le principe de précaution :**

L'article de la Charte de l'environnement, adoptée le 28 février 2005, qui retient le plus l'attention, est relatif à l'application du principe de précaution. On peut rappeler à cet égard que : Le principe de précaution impose, même en l'absence de risques avérés, de définir des mesures immédiates de protection de l'environnement. Cependant, loin d'être un principe d'inaction systématique, le principe de précaution encadre les mesures prises en imposant, d'une part, qu'elles soient provisoires et proportionnées au regard des dommages envisagés, et d'autre part, qu'elles s'accompagnent d'expertises destinées à mieux connaître les risques et ainsi à adapter les mesures prises.

### **Comparaison avec l'exploitation aux Etats-Unis et le Canada :**

Plusieurs différences font que les quantités exploitables en Europe n'ont rien à voir avec le contexte américain. Ici il faut tenir compte des différences suivantes:

- Une densité de population plus forte.
- Un droit du sous-sol différent.
- Des contraintes environnementales plus importantes.
- Des bassins sédimentaires plus petits.
- Un réseau d'infrastructures de transport de gaz moins fortement maillé.

Les différences, telles que peuvent les percevoir les opérateurs, peuvent ainsi s'exprimer :

- Dépenses d'exploration plus importantes qu'aux Etats-Unis.
- Coûts plus élevés de forage.
- Procédures plus lentes, contrôles plus stricts.
- Investissements en infrastructures plus importantes.

## **NUISANCES ET RISQUES**

### **Introduction :**

Il découle de ce qui est stipulé ci-dessus que les nuisances sont de plusieurs ordres :

Aménagement du sol pas souvent plan dans certaines régions.

Création d'infrastructures routières.

Approvisionnement d'eau pour les forages.

Contamination de l'eau dans le sous-sol.

Gestion des liquides en surface.

Pollution de l'air environnant.

Accidents et risques naturels.

Nuisances diverses.

Nous allons les passer en revue.

### **Aménagement du sol :**

L'exploitation des hydrocarbures de roche-mère exige l'occupation temporaire de surfaces au sol importantes pour deux raisons. La première tient à la nécessité de forer de nombreux puits pour drainer un gisement à faible teneur. La seconde résulte des opérations de fracturation hydraulique qui imposent la présence auprès de la plateforme de forage d'équipements importants : Compresseurs, capacité de stockage et de traitement du fluide de fracturation, bassins de rétention et de décantation, stockage du sable et des adjuvants, etc.

D'où création de plateformes horizontales importantes pour l'installation des chantiers de forage. Environ 10 000 m<sup>2</sup> par puits, et dans des zones souvent pentues et arborées.

De plus, il faut compter avec un nombre important de puits nécessaires à forer dans une surface donnée pour une bonne rentabilité de l'exploitation. Parfois un puits tous les 200 m.

### **Création d'infrastructures routières :**

Il faut prévoir souvent l'aménagement d'infrastructures routières pour la circulation des nombreux camions nécessaires à l'acheminement du matériel de forage et des matériaux (notamment du sable et des produits chimiques) dans

des zones à forte densité de population et avec un réseau routier inadapté à ce genre de circulation (énormes camions).

On estime que la réalisation d'un puits de recherche (avec un drain horizontal et fracturations) nécessite entre 900 et 1300 voyages de camion, dont 500 à 600 voyages de camions-citernes (de capacité de l'ordre de 30 m<sup>3</sup>).

### **Approvisionnement d'eau pour les forages :**

Chaque puits horizontal, autour du puits vertical nécessite environ 15 000 à 20 000 m<sup>3</sup> d'eau. Autour d'un puits vertical, on fore souvent une dizaine de puits horizontaux. Cela nécessite donc l'approvisionnement d'énormes quantités d'eau. Cette eau peut être pompée dans des fleuves ou des rivières dans des régions où l'eau se fait de plus en plus rare, et sur de longues périodes de l'année. Cette eau peut faire défaut pour l'irrigation des cultures.

Cette eau peut être pompée dans les nappes phréatiques, d'où assèchement de ces nappes compte tenu des quantités nécessaires.

### **Contamination de l'eau dans le sous-sol :**

La variété des additifs chimiques est impressionnante (*voir les tableaux en annexe*). En fait, toute la chimie semble s'être concentrée dans les fluides de fracturation. Autant de réactions chimiques en puissance.

Bien que des protections d'étanchéité soient prises, selon les experts de l'INERIS, on peut craindre :

- Des problèmes d'étanchéité entre les forages et le sous-sol.
- Une pollution des nappes phréatiques.
- Une pollution des eaux de ruissellement souterraines.
- Des remontées vers la surface d'eaux polluées.

La grande diversité des produits chimiques utilisés pour la fracturation peut faire craindre une contamination des nappes aquifères d'eau potable. On peut craindre que la fracturation hydraulique engendre ou active des failles ou des fissures telles que le fluide de fracturation ait la possibilité de migrer vers des nappes d'eau souterraines. Le phénomène de propagation des fissures est mal connu des scientifiques. La réalisation d'un forage fragilise les roches adjacentes et peut contribuer à la création d'un chemin préférentiel de communication de la nappe avec d'autres horizons.

Des volumes importants d'eau peuvent être contaminés par les produits chimiques injectés, mais aussi par les sels dissous lors du processus (métaux

lourds, arsenic, sulfates, carbonates et éventuels radionucléides provenant notamment du radon et de l'uranium naturellement présents dans le sous-sol

Généralement, de nombreux métaux (Fer, Cuivre, Manganèse, Argent, Mercure, Plomb, Cadmium,...) et non métaux (Arsenic, Antimoine, Sélénium...), présents dans les roches à l'état de sulfures, peuvent être libérés sous une 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 et l'antimoine vont libérer leurs cations hydrosolubles.

Concernant la radioactivité, si l'on sait qu'elle est négligeable dans le Lias, une étude particulière devra être réalisée pour le Permien du Sud-est.

Des enquêtes entreprises aux Etats-Unis, ont mis en évidence que les eaux usées, ainsi que les débris ou déchets de forage, peuvent présenter une radioactivité non négligeable.

Selon l'EPA, en Pennsylvanie, des eaux usées ont présenté un taux de radioactivité 100 à 300 fois supérieur aux normes appliquées aux Etats-Unis. Parmi les radioéléments caractérisés se trouvent surtout du radium 226 (1600 ans de demie-vie), mais aussi du radon 222, du thorium 232 et de l'uranium 238. Ces éléments radioactifs, en particulier le radon 222, le radium 226 et le thorium 232 sont de redoutables cancérogènes pulmonaires chez l'Homme, ces derniers ayant été détectés dans l'eau potable, distribuée aux populations locales (NYSDEC.2009).

Toujours, selon l'EPA (2009), l'exploitation des gaz de schiste ou roche-mère, n'est pas cohérente avec une politique d'approvisionnement en eau potable non filtrée, ceci ne fait que confirmer la grande méfiance de cette Agence Environnementale Américaine pour tout ce qui concerne l'exploitation des gaz et huiles de schiste ou roche- mère, qui a entraîné tant de désastres écologiques en Amérique du Nord et qui vont de fait, conduire à la désertification de vastes territoires, autrefois prospères.

### **Gestion des liquides en surface :**

L'eau polluée qui remonte en surface peut donc contenir :

- Les produits chimiques utilisés pour l'extraction.
- Du sel des roches en profondeur.
- Des hydrocarbures de la roche-mère.
- D'autres substances présentes dans la roche-mère.
- Eventuellement des métaux lourds.

- Eventuellement de la radioactivité.

La gestion de cette eau est de deux ordres :

- Récupération des eaux
- Traitement des eaux.

Quand bien même de strictes procédures de contrôle seraient établies et respectées, un certain nombre d'incertitudes demeurent concernant notamment les risques de pollution liés au processus de fracturation hydraulique. Les contaminations et pollutions des liquides en surface proviennent de 2 facteurs :

- Déversement de liquides en surface :

La seconde cause de pollution possible d'une nappe phréatique par des travaux miniers résulte d'incidents se traduisant par le déversement de liquides (huile de moteur, pétrole brut, adjuvants de fracturation, effluents, etc.) sur le sol. S'agissant des hydrocarbures de roche-mère, ce risque est amplifié du fait de l'emploi de grandes quantités de produits de fracturation et de la nécessité de stocker des volumes importants d'effluents.

- Gestion et traitement des eaux usées en surface, accidents :

Le fluide et les boues récupérés en surface après une ou plusieurs opérations de fracturation contiennent des substances diverses : Résidus plus ou moins dégradés des adjuvants de fracturation, débris de forage, résidus d'hydrocarbures, additifs chimiques, substances recueillies au contact de la roche-mère (métaux lourds). La composition de ces effluents, variable selon les caractéristiques de la roche-mère explorée et des adjuvants de fracturation employés, semble encore mal connue si l'on en juge par la littérature consultée. Il en résulte des incertitudes sur les dispositions à prendre pour l'enfouissement des boues et le traitement des effluents, dans les meilleures conditions de protection de l'environnement.

La dépollution de l'eau de fracturation n'est actuellement pas prévue. Les stations d'épuration ne peuvent ni techniquement ni quantitativement absorber cette eau. Il n'existe pas d'usines actuellement pour traiter ces eaux polluées. Si l'on en construit, il faudra amener ces eaux par des camions du site des puits sur les sites de ces usines, et sur des quantités importantes.

L'acheminement de l'eau polluée vers les bassins de décantation peut présenter des risques de fuite ainsi que les bassins de décantation par débordement s'il y a de très fortes pluies.



D'autant plus qu'il faudra traiter de grandes quantités de liquide, et contenant de nombreux produits chimiques, qui peuvent avoir inter-réagi entre eux.

*Voir tableau des contaminants dans les eaux usées en annexe.*

Mais il faut noter aussi une possible contamination de l'eau de consommation (provenant des nappes phréatiques polluées).

Il faut savoir que la concentration du méthane dans l'eau de consommation est parfois de l'ordre de 1mg par litre, ce qui constitue un facteur de risques d'explosion et d'incendie très important (des accidents ont été à déplorer aux Etats-Unis), d'où obligation de mettre en place localement des mesures de prévention (dégazage de l'eau, distribution d'eaux embouteillées, etc.).

### **Pollution de l'air environnant :**

Dans le cas du gaz de roche-mère, il convient de faire en sorte que le raccordement du puits à un réseau de collecte soit installé le plus rapidement possible pour éviter le brûlage à la torchère. Les fuites de gaz en tête de puits ou sur les installations de surface n'apparaissent pas exceptionnelles.

Même en dehors d'accidents, chaque puits perd de 3,6% à 7,9% de son gaz dans l'atmosphère (c'est 30% à 200% de plus qu'à partir d'un puits conventionnel).

D'autre part des matières polluantes résultent des moteurs diesels des installations et de la circulation des camions sur les routes et sur les chantiers.

La livraison et la production des différents produits, notamment les divers produits chimiques utilisés libère dans l'atmosphère des composés volatils toxiques, y compris le benzène, le toluène, l'éthylbenzène, le xylène, etc., ainsi que du méthane, sans oublier des oxydes d'azote qui produisent de l'ozone, qui provoque de sérieux problèmes de pollution atmosphérique qui peuvent se répandre jusqu'à 300 km du site.

L'ozone endommage de manière irréversible, non seulement les poumons, mais il est également préjudiciable aux conifères, au tremble, au fourrage, à la luzerne, et à d'autres récoltes.

D'autre part, 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 nourrissant de sulfures métalliques (pyrites...). Il en résulte une libération de sulfure de dihydrogène ( $H_2S$ ) gaz très toxique rencontré de temps à autre dans les gaz remontés au cours de la fracturation. Il ne faut pas oublier que ce gaz nauséabond (à l'odeur d'œuf pourri), tue plus rapidement que le monoxyde de carbone (CO), et est par ailleurs doué d'un effet anesthésiant puissant sur le nerf olfactif.

Des analyses de l'air au USA et au Canada montrent dans l'air la présence des éléments suivants près des exploitations :

Ozone.

Monoxyde de carbone.

Dioxyde de soufre.

Méthane.

Hydrocarbures volatiles.

Oxydes d'azote ...

Le problème est d'estimer correctement le réel niveau de la contamination, tant les mélanges peuvent être complexes et leur concentration variable. De plus, des synergies entre composés peuvent fortement augmenter leur agressivité.

### **Accidents et risques naturels :**

- Nous avons vu la possible contamination des nappes phréatiques par des fuites d'eau contaminée et de gaz vers l'aquifère, ou de remontées de gaz méthane vers la surface (pollution de l'eau et de l'air)

- Il arrive que dans la période de forage ou durant l'exploitation, des incidents dangereux surviennent tels que, explosions, incendies, fuites.

- Des dangers, sur les chantiers, peuvent provenir de tempêtes, de grandes précipitations, d'inondations. Ce sont des éléments qui doivent être pris en compte dans le dimensionnement des équipements industriels, surtout en fonction des grandes quantités de produits chimiques.

- Séismes : Il est à craindre que des séismes proviennent suite aux opérations de fracturation hydraulique. Ces séismes (magnitude 1 à 3) peuvent stopper là, ou engendrer des séismes plus forts s'ils sont sur des failles géologiques ou sur des zones de pressions sismiques de roches.

- Il est à craindre aussi des débordements des bassins de stockage de l'eau polluée de récupération, en fonction des intempéries ou accidentellement.

### **Nuisances diverses :**

- L'intense circulation routière provoque, principalement durant la phase de fracturation hydraulique (environ 6 mois par puits), des pollutions par

émanations de gaz toxiques des camions, des poussières, et de la pollution sonore.

- L'empreinte en équivalent CO<sub>2</sub> d'un puits de gaz de schiste en 20 ans serait de 20 à 50 % plus élevé que si on avait utilisé du charbon pour produire la même quantité d'énergie (à condition de prendre en compte l'ensemble des facteurs producteurs de CO<sub>2</sub>, car certains facteurs sont souvent oubliés dans ce genre de calcul).

- Il faut aussi noter l'impact négatif que l'exploitation du gaz de schiste aura sur le foncier dans les zones très peuplées de France.

**Nota :**

Ce document ne fait pas mention des incidents, des accidents, des pollutions diverses et de leurs conséquences qui ont été constatés dans les zones d'exploitation aux Etats-Unis, notamment.

## **LE CODE MINIER**

### **Définition du code minier :**

En France, c'est le code minier qui définit ce qu'est une mine.

Le code minier a été créé par décret du 16 août 1956 par la reprise de la loi fondamentale sur les mines du 21 avril 1810 et des nombreuses lois et décrets pris par la suite. Ce code comporte des parties de nature législative et des parties de nature réglementaire. Il a été depuis de très nombreuses fois modifié.

Le Code minier comporte de très nombreuses dispositions. Trois sont les plus fondamentales : la séparation du régime des mines de celui des carrières, la possibilité donnée à un exploitant d'exploiter une mine même en l'absence de l'autorisation du ou des propriétaires du sol, et la séparation du régime de l'autorisation (titre minier, concession, permis d'exploitation, accordé par l'Etat) du régime de la police des mines qui dépend de l'autorité préfectorale (surveillance, protection des biens et des personnes..).

La notion de mine repose uniquement sur la nature du matériau, que l'extraction se fasse à ciel ouvert ou en sous-sol. Sont concernés, les combustibles (charbon, pétrole, gaz), les métaux (fer, cuivre) et quelques autres matières (sel, soufre).

### **Quelques articles du code minier en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> Mars 2011 :**

- Article L122-1 : Le permis exclusif de recherches de substances concessibles confère à son titulaire l'exclusivité du droit d'effectuer tous travaux de recherches dans le périmètre qu'il définit et de disposer librement des produits extraits à l'occasion des recherches et des essais.

- Article L122-3 : Le permis exclusif de recherches est accordé, après mise en concurrence, par l'autorité administrative compétente pour une durée initiale maximale de cinq ans. L'instruction de la demande ne comporte pas d'enquête publique.

- Article L142-1 : La validité d'un permis exclusif de recherches peut être prolongée à deux reprises, chaque fois de cinq ans au plus, sans nouvelle mise en concurrence.

## **L'exploitation :**

En France, le sous-sol appartient au propriétaire du terrain mais quand la ressource en minerai est très importante, c'est le droit minier qui peut être appliqué. Ce principe n'est néanmoins pas automatique.

Pour exploiter le gaz de schiste il faut :

- Un permis de recherche dans un grand périmètre. C'est facile à obtenir.
- Une concession minière qui normalement découle du permis de recherche.
- Une possibilité d'exploitation. La procédure est plus complexe.

Aujourd'hui, nous en sommes au stade de l'exploration ou recherche. La procédure est simple pour obtenir un permis d'exploration :

- Pas de débat public.
- Pas d'enquête.
- Juste une information sur le Journal Officiel.

Pour l'ouverture des travaux :

- Une simple déclaration est suffisante.
- Pas d'étude d'impact.
- Le Préfet doit valider les déclarations qui lui sont soumises.
- La fracturation n'a pas besoin d'être déclarée.
- La méthode d'exploration n'a pas besoin d'être déclarée.

Tout ceci est dans le code minier et la réforme de janvier 2011 n'a rien changé.

L'exploration dans le cadre du droit minier permet :

- D'effectuer des forages verticaux et horizontaux.
- D'effectuer des essais de fracturation.
- De faire des essais d'extraction.
- De commercialiser les produits extraits quand il s'agit de produits pétroliers.
- De réinjecter les eaux usées.
- Tout ceci pendant 15 ans.

Les pouvoirs de l'état :

- Il doit valider les déclarations de l'entreprise.
- Contrôler la fiabilité et la compétence de l'explorateur.
- Peut imposer des contraintes environnementales notamment.
- Peut retirer le permis quand ces contraintes ne sont pas respectées.

Mise en œuvre de ces pouvoirs :

- L'état doit avoir la volonté d'agir.
- Il doit faire la démonstration que ses contraintes ne sont pas respectées.
- Difficulté d'établir des preuves car il faut une étude d'impact.

Recours administratifs possibles :

- Contester les déclarations d'ouverture des travaux miniers.
- Effectuer une guérilla juridique en provoquant des contentieux administratifs classiques qui cependant ne régleront pas les problèmes de fond.
- Mettre en avant le principe de précaution que les pouvoirs publics ont le devoir de prendre en considération.
- Un rappel sur le droit minier : Quand une concession minière est accordée, cette concession est valide pour tout le gisement, c'est-à-dire que les droits souterrains peuvent s'éloigner de plusieurs kilomètres latéralement à partir du point de forage. Pour la fracturation, il est nécessaire d'avoir des forages relais à partir de 1 à 2 km d'éloignement du forage principal, ce qui entraîne une grande emprise de surface.

Les recours techniques :

Les schémas hydrologiques du sous-sol doivent être étudiés.

Vérifier s'il y a compatibilité avec les documents de gestion de l'eau et de la ressource en eau des régions concernées. La méthode de fracturation consomme beaucoup d'eau, de 10 000 à 20 000 m<sup>3</sup> par forage. Il faut les trouver.

Le rejet des eaux polluées par 1 à 2% de produits chimiques, pas tous connus (secret industriel), qui seront remontées doit être considéré également d'autant plus que les communes sont actuellement harcelées par les pouvoirs publics pour que l'eau délivrée aux utilisateurs que nous sommes soit la plus saine possible.

Responsabilités en cas de dommages :

- La responsabilité de l'explorateur est sans faille et totale en cas de dommages mais la victime doit prouver la faute de l'explorateur.
- La difficulté de preuve est évidente car le sous-sol n'est pas neutre. Il peut être radioactif naturellement, rejeter des métaux lourds, de l'eau salée, etc. Comment, dans ces conditions, prouver que ce qui se passe dans le sous-sol, difficile et onéreux à analyser, et démontrer que la faute incombe à l'explorateur ? Est-ce dû à la fracturation que l'on obtient une remontée de tels éléments polluants ?

Une pollution se déplace dans l'espace et le temps.

Aux Etats-Unis, aucune victime n'a pu fournir de preuve recevable par la justice !

### **Où en est-on aujourd'hui, en mai 2011 ?**

A ce jour, seule la fracturation hydraulique devrait être interdite dans le droit minier français. La loi est en cours de discussion. Pour qu'elle soit efficace, encore faudra-t-il à l'avenir ne pas vouloir jouer sur le mot "hydraulique".

Les prospecteurs ayant reçu l'autorisation d'explorer ne peuvent aller plus loin que les forages verticaux et horizontaux. Ils n'ont le droit ni de fracturer, ni de commercialiser. Cependant, le droit minier ne prévoit rien sur les produits chimiques utilisables.

Les permis d'explorer restent valides sauf si une contestation documentée est faite dans les deux mois, ce qui est maintenant caduque. Les élus dans leur ensemble se sont montrés hostiles, appuyés dans leur contestation par la population.

Pour qu'un permis d'exploration soit accordé, les mots "fracturation hydraulique" ne doivent pas figurer dans la demande.

L'état contrôle de façon très poussée la fiabilité financière des sociétés exploratrices.

En conséquence, le droit minier reste juridiquement quasiment inchangé en ce qui concerne les autorisations de recherches. L'exploration et l'exploitation des gaz de schiste restent possibles à condition d'éviter la fracturation hydraulique.

## LES PROBLEMES D'INFORMATION

### **Introduction :**

Le ministre de l'environnement de l'époque Jean-Louis Borloo a signé les autorisations de prospection pour 20 ans. Il y a :

- Opacité des décisions.
- Pas de concertation avec les associations.
- Pas d'information valable au public par les organismes officiels. Ce sont les associations et surtout le film "Gasland" de Josh Fox, un homme courageux, qui a alerté le public.

### **Les interrogations des collectivités et associations locales :**

Il apparaît que des textes complexes (le code minier), maîtrisés par peu d'agents, se révèlent inadaptés à l'irruption de nouvelles formes d'exploration non conventionnelle d'hydrocarbures. Ces textes trahissent une certaine insuffisance en matière d'information du public et des collectivités locales.

Par ailleurs, les rares visites protocolaires que les opérateurs pétroliers ont rendues à certains des élus locaux concernés se sont avérées contre-productives. Etant très sélectives, elles ont créé des frustrations et amplifié les craintes chez ceux qui n'en ont pas bénéficié. Le message des opérateurs se voulait trop rassurant et ne comportait aucune donnée technique. Finalement, l'idée "qu'on nous cache quelque chose" a prévalu et continue encore aujourd'hui à prévaloir.

### **Insuffisance de transparence dans les informations :**

Un second élément d'insatisfaction majeur réside dans l'absence de transparence des procédures d'attribution des permis exclusifs de recherches et d'autorisation d'ouverture de travaux miniers d'exploration. En effet, ces deux procédures ne requièrent pas l'avis des maires des communes concernées. Au plan local, seuls les avis des préfets et des services administratifs concernés sont demandés. Dès lors, les élus locaux ont le sentiment d'être placés devant le fait accompli.

La procédure de déclaration d'ouverture de travaux miniers applicable aux forages d'exploration (comportant ou non des fracturations hydrauliques) réalisés dans le cadre d'un permis de recherches ne prévoit qu'une information des communes concernées et un simple affichage en mairie pour l'information des populations. Cette procédure semble en pratique, selon les constatations de la mission, inadaptée à son objet pour plusieurs raisons :



- La déclaration de travaux miniers n'intervient que dans la phase intermédiaire du processus, en tout état de cause après que l'opérateur ait effectué les premiers repérages et pris les contacts nécessaires pour négocier l'achat ou la location des terrains nécessaires à ses travaux. Il est donc activement présent sur les communes dont les élus ne sont toujours pas officiellement informés de ses projets.
- La procédure à suivre pour informer les maires à réception d'une déclaration de travaux miniers n'est pas précisée par les textes en vigueur et laissée à l'appréciation des services locaux qui conduisent la procédure. Il semble que cette information soit en pratique réalisée à minima, au bénéfice du seul maire sur le territoire de la commune duquel la plate-forme de forage sera installée. Les communes limitrophes qui peuvent supporter des nuisances consécutives aux travaux ne sont pas informées. Les collectivités territoriales région et département ne sont pas informées.
- Enfin, dans le cadre d'une concession, une autorisation de travaux miniers délivrée plusieurs années auparavant, et pour laquelle le maire avait à l'époque été consulté, peut prévoir le forage de plusieurs puits d'exploration. Le concessionnaire peut aujourd'hui à bon droit, et sans formalité supplémentaire, procéder à un forage avec fracturation hydraulique.

## CONCLUSION

Le gaz de schiste fait partie des énergies non renouvelables, comme le charbon, le pétrole, le gaz de pétrole.

Les quelques études faites actuellement montrent que l'exploitation du gaz de schiste produit plus de CO<sub>2</sub> que l'exploitation du charbon.

Cette technologie nouvelle, tout en étant potentiellement rentable pour les exploitants, s'avère être particulièrement coûteuse pour une exploitation en France dans des zones à haute densité de population, et en fonction de la géographie des zones exploitables.

L'exploitation du gaz de schiste n'est pas encore maîtrisée. Elle comporte des risques sanitaires et écologiques.

Les dangers de contaminations et de pollutions sont nombreux.

Les réformes récentes du code minier inquiètent, notamment au niveau du contournement règles de prévention des risques (3 × 5 ans d'exploration = 15 ans d'exploitation sans enquête publique, ni étude d'impact approfondie.

Il appartient à chacun de réfléchir, en tant que citoyen, à l'opportunité de s'intéresser actuellement à cette source d'énergie, compte tenu des risques divers possibles, et compte tenu de la technologie actuelle d'exploitation.

Mais il est vrai que cette ressource nouvelle a de quoi tenter certains, au niveau d'une plus grande indépendance énergétique, pour les pouvoirs publics, mais aussi au niveau des sommes importantes qui doivent être mises enjeu et qui intéressent nombre d'industriels miniers.

C'est le libre-arbitre de chacun qui fait l'histoire.

## ADDITIFS

Les tableaux suivants proviennent de l'Association toxicologique-Chimie de Paris (ATC)

### TABLEAU DES COMPOSES CHIMIQUES UTILISES DANS L'EXPLOITATION DU GAZ DE SCHISTE

#### Type d'additifs

#### Principaux composés chimiques

- 1 Eau 90
- 2 Agents de soutènement : Silice cristalline, billes de céramique.
- 3 Acides forts, dissolvant les métaux : Acide chlorhydrique.
- 4 Agents réducteurs de friction : Polyacrylamide, huiles minérales.
- 5 Surfactants (agents diminuant la tension superficielle) : Butoxyéthanol, Isopropanol, Octylphénol éthoxylé.
- 6 Stabilisants de l'argile : Chlorure de potassium, Chlorure de tétraméthylammonium.
- 7 Agents gélifiants : Bentonite, Gomme Guar, Hydroxyéthylcellulose.
- 8 Inhibiteurs des dépôts dans les canalisations : Ethylène-glycol, Propylène-glycol.
- 9 Agents de contrôle du pH : Carbonate de sodium, Carbonate de potassium, Chlorure d'ammonium.
- 10 Agents de tenue des gels : Hémicellulase, Persulfate d'ammonium, Quebracho.
- 11 Agents de maintien de la fluidité en cas d'augmentation de la température : Perborate de sodium, Borates, Anhydride acétique.
- 12 Agents de contrôle du taux de fer : Acide citrique, EDTA.
- 13 Inhibiteurs de corrosion : Dérivés de la Quinoléine, Diméthylformamide (DMF), Alcool propargylique.
- 14 Biocides (antiseptiques) : Dibromoacétonitrite, Glutaraldéhyde, DBNPA.

### PRINCIPAUX COMPOSES CHIMIQUES MINERAUX TOXIQUES RENCONTRES DANS LES FLUIDES DE FRACTURATION

#### Classement par Famille chimique minérale

#### Toxicité

##### - Composés azotés :

Diazote (Azote)  
Nitrites  
Nitrates  
Ammoniac

Anoxie  
Méthémoglobinisant  
Méthémoglobinisant  
Asphyxie, irritant respiratoire

##### - Composés bromés :

Bromure de sodium  
Bromate de sodium

Hypnotique  
Méthémoglobinisant, reprotoxique

## Composés chlorés :

Dichlore (chlore)	Corrosif, irritant
Dioxyde de chlore	Irritant, atteinte bronchique
Chlorure d'hydrogène (Acide chlorhydrique)	Corrosif, irritant
Chlorures	Hypertension
Hypochlorite de sodium (Eau de javel)	Irritant
Chlorite de sodium	Irritant

## - Composés de l'aluminium :

Trichlorure d'aluminium	Irritant, neurotoxique central
-------------------------	--------------------------------

## - Composés du Calcium :

Oxyde de calcium (Chaux vive)	Corrosif
Hydroxyde de calcium (Chaux éteinte)	Irritant

## - Composés du Carbone minéral :

Dioxyde de carbone (Gaz carbonique supracritique)	Anoxie, gelure
---	----------------

## - Composés du Chrome :

28 Chrome (Métal)	
29 Acétate de chrome trivalent (Acétate chromique)	Allergisant

## - Composé du cuivre :

Chlorure cuivrique dihydraté	Irritant
Sulfate cuivrique	Irritant

## - Composés du Fer :

Chlorure ferrique	Irritant
Sulfate ferreux heptahydraté	Irritant

## - Composés du Potassium

Hydroxyde de potassium (Potasse)	Corrosif, irritant
----------------------------------	--------------------

## - Composés du Silicium

Silice cristalline (Cristobalite, Quartz, Tridymite)	Irritant, fibrose (silicose), cancérogène
--	---

## - Composés du Sodium

Hydroxyde de sodium (Soude caustique)	Corrosif, irritant
Carbonate de sodium	Irritant
Nitrite de sodium	Méthémoglobinisant
Nitrate de sodium	Méthémoglobinisant
Sulfite de sodium	Irritant

## - Composés du Soufre

Acide sulfurique	Corrosif, irritant
Acide sulfamique (acide amidosulfonique)	Irritant cutané, muqueux
Persulfate d'ammonium (Peroxydisulfate d'ammonium)	Irritant oculaire, cutané, respiratoire, Allergisant

## - Composés du Zirconium

Oxychlorure de zirconium (Chlorure de zirconyle)	Corrosif, Irritant
--	--------------------

## - Composés Borés

Acide borique	Irritant cutané, reprotoxique
Borates	Irritant, reprotoxique
Métaborate de sodium, octahydraté	Irritant
Oxyde borique	Irritant cutané, oculaire, reprotoxique
Perborate de sodium, Tétrahydraté	Irritant oculaire, reprotoxique

## - Composés fluorés

Fluorure d'hydrogène (Acide fluorhydrique)	Corrosif, irritant
Bifluorure d'ammonium	Corrosif, irritant

## - Composés oxygénés

Peroxyde d'hydrogène (Eau oxygénée)	Irritant cutané, oculaire
-------------------------------------	---------------------------

## **PRINCIPAUX COMPOSES CHIMIQUES ORGANIQUES TOXIQUES MIS EN EVIDENCE DANS LES FLUIDES DE FRACTURATION**

### **Classement par famille chimique organique**

### **Toxicité**

#### - Hydrocarbures saturés : Alcanes

Méthane	Asphyxiant
Ethane	Asphyxiant
Propane	Asphyxiant

Butane	Asphyxiant
Pentane	Narcotique
Hexane	Narcotique, Neurotoxique périphérique (polynévrites)
Heptane	Narcotique

### - Hydrocarbures insaturés éthyléniques : Alcènes

Propylène	Asphyxiant
d-Limonène	Irritant, allergisant cutané
Styrène	Irritant, neurotoxique, cancérogène possible
Benzène	Neurotoxique central, hématotoxique, cancérogène (leucémie)
Toluène	Neurotoxique central, irritant, ototoxique, reprotoxique

### - Hydrocarbures Aromatiques (Arenes)

Xylène (3 Isomères)	Neurotoxique central
Ethylbenzène	Irritant, neurotoxique central modéré, irritant cutané,
Pseudocumène (1, 2,4-triméthylbenzène)	Neurotoxique central modéré
Diéthylbenzène (mélange d'isomères)	Irritant
1Naphthalène	Irritant gastro-intestinal, hépatotoxique, hématotoxique (anémie hémolytique), cataracte, cancérogène possible
1-Méthylnaphtalène	Mutagène
2-Méthylnaphtalène	Mutagène
9H-Fluorène	Mutagène
Phénanthrène	Photosensibilisant, mutagène

### - Mélanges Hydrocarbures

Solvants aromatiques (benzène, toluène, xylène, éthylbenzène)	Le benzène est cancérogène
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	Plusieurs HAP sont cancérogènes
Essence auto	Cancérogène possible
Diesel	Irritant
Naphta lourds	Irritant, cancérogène possible
Kérosène	Irritant
Asphalte	Irritant, peut contenir des produits cancérogènes

### - Composés Organo Chlorés

Tétrachloroéthylène (Perchloroéthylène)	Hépatotoxique, cancérogène probable
Chlorure de benzyle	Irritant oculaire, cutané, respiratoire, mutagène, Cancérogène

### - Alcools

Méthanol	Irritant oculaire cutané, neurotoxique périphérique, (nerf optique)
Ethanol	Irritant oculaire, cutané, toxique par ingestion, Hépatotoxique, cancérogène, reprotoxique
Propanol	Irritant oculaire, cutané
Isopropanol	Irritant oculaire, cutané

Butanol	Irritant oculaire, cutané
Isobutanol	Irritant oculaire, cutané
Isooctanol	Irritant oculaire, cutané
Ethyl hexasanol	Irritant oculaire, reprotoxique
Alcool propargylique	Irritant
Undécanol	Irritant cutané
Ethylène-glycol	Neurotoxique, néphrotoxique
Glycérol	Irritant oculaire, cutané
Sorbitol	Irritant intestinal

### - Amino-Alcools

Ethanolamine	Irritant
Diéthanolamine	Irritant oculaire, cutané, respiratoire, allergisant, possibilité de formation de N-nitrisodiéthanolamine, cancérigène

### - Ether-Oxydes (Epoxydes Ethers de glycol, Ether-oxydes polymères)

Oxyde d'éthylène	Irritant oculaire, cutané, Mutagène, Cancérigène
2-Méthoxyéthanol (Ether méthylique de l'éthylèneglycol)	Irritant oculaire, cutané, reprotoxique
Méthoxyéthylacétate (Acétate de l'Ether méthylique de l'éthylèneglycol)	Irritant oculaire, Bronchique, reprotoxique
2-Ethoxyéthanol (éther éthylique de l'éthylène-glycol)	Irritant oculaire, cutané, reprotoxique
2 Ethoxyéthylacetate (Acétate de l'éther éthylique de l'éthylène-glycol)	Irritant oculaire, cutané, reprotoxique
Diéthylène-glycol	Irritant oculaire, cutané, néphrotoxique
1,4-Dioxane	Irritant oculaire, cutané, cancérigène, possible
1,2-Diméthoxyéthane	Irritant, reprotoxique
1,2-Diethoxyéthane	Irritant oculaire, reprotoxique
2-Butoxyéthanol (Ether butylique de l'éthylène-glycol)	Irritant cutané, Hémato toxique, Perturbateur endocrinien (ovaires, surrénales)
2-(2-Méthoxyéthoxy) éthanol. Ether méthylique du diéthylène- glycol	Irritant oculaire
2-(2-Ethoxyéthoxy) éthanol Ether éthylique du diéthylène-glycol	Irritant oculaire, cutané
2-(2-Butoxyéthoxy) éthanol Ether butylique du diéthylène-glycol	Irritant oculaire
2-(2-Méthoxypropoxy) propoxy propanol Ether méthylique du tripropylèneglycol	Irritant oculaire
2-Ethoxynaphtalène	Irritant cutané

### - Polymères d'Ether-oxydes

Alcool éthylique éthoxylé (Polyéthoxyéthanol)	Irritant
Alcool laurylique éthoxylé (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O) <sub>n</sub> , C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> O	Irritant
Octyl phénol éthoxylé	Irritant oculaire
1Nonylphénol éthoxylé	Irritant
Alcanols polyéthoxylés	Irritant
Polyéthylène-glycol	Irritant oculaire, cutané

### - Aldéhydes

Formaldéhyde	Irritant oculaire, cutané, respiratoire, allergisant, cancérigène
Glutaraldéhyde	Irritant oculaire, cutané, respiratoire, allergisant

## - Cétones

Acétone	Irritant oculaire, cutané, neurotoxique
Méthylisobutylcétone	Irritant oculaire, cutané, respiratoire, neurotoxique

## - Acides Carboxyliques

Acide formique	Caustique
Acide acétique	Irritant oculaire, cutané
Acide fumarique	Irritant oculaire, cutané
Acide adipique	Irritant oculaire
Acide glycolique	Irritant oculaire, cutané, respiratoire

## - Acides Carboxyliques

Acide thioglycolique (Acide mercaptoacétique)	Irritant oculaire, cutané, respiratoire
---	---

## - Anhydride d'acide carboxylique

Anhydride acétique	Irritant oculaire, cutané
--------------------	---------------------------

## - Esters phosphoriques (Phosphates organiques)

Phosphate de tributyle	Irritant
------------------------	----------

## - Amines

Aminoéthyléthanediamine (Diéthylènetriamine)	Irritant oculaire, cutané, allergisant
1,6-Hexanediamine	Irritant oculaire, cutané, respiratoire

## - N-Oxydes d'Amines

N-Oxyde de triméthylamine	Irritant
---------------------------	----------

## - Sels d'Ammonium quaternaire

Chlorure de diméthylallyl – ammonium	Irritant
Chlorure de diméthylidécylammonium	Irritant cutané
Chlorure de triméthylammonium	Irritant

## - Amides

Formamide	Irritant oculaire, reprotoxique
Diméthylformamide (DMF)	Irritant oculaire, reprotoxique
2,2-Dibromo-3-nitropropionamide (DBNPA)	Irritant oculaire, cutané, respiratoire
2-Bromo-3-nitrilopropionamide (MBNPA)	Irritant oculaire, cutané, respiratoire
2,2-Dibromomalonamide	Irritant oculaire, cutané, respiratoire



Acrylamide  
Irritant oculaire, cutané, respiratoire,  
Neurotoxique périphérique (polynévrite), cancérigène

- Nitriles

Dibromoacétonitrile  
2-Bromo-3-nitrilopropanol  
Irritant oculaire, cutané, respiratoire  
Irritant oculaire, cutané, respiratoire

- Hétérocycles

Chlorhydrate de 2-quinaldine  
Irritant oculaire, cutané

- Polymères

Ester oleique du polyéthylène-glycol  
Irritant cutané

- Divers Composés simples

Acide éthylènediaminetétracétique (Acide édéthique, NTA)  
Chélatant, irritant, oculaire,  
cutané, respiratoire, Néphrotoxique, Chélatant du Ca<sup>2+</sup> et Zn<sup>2+</sup>  
Cancérigène possible

## ELEMENTS TOXIQUES RETROUVES DANS LES EAUX USEES

Gaz  
Hydrocarbures (Méthane, Ethane)  
Gaz carbonique (CO<sub>2</sub>)  
Sulfure de dihydrogène (H<sub>2</sub>S)  
Diazote (N<sub>2</sub>)  
Hélium (He)

Eléments traces toxiques  
Mercure (Hg)  
Plomb (Pb)  
Arsenic (As)

Radionucléides  
Radium (Ra 226)  
Radon (Rn 222)  
Thorium (Th 232)  
Uranium (U 235)

Composés Organiques  
Acides carboxyliques  
Hydrocarbures Aromatiques  
Polycycliques (HAP)  
Composés Organiques Volatils (COV)

## REFERENCES

Ce texte a été écrit en fonction des informations qui ont été extraits des sources suivantes :

Conseil général de l'industrie de l'énergie et des technologies CGIET n° 2011-04-G. Extrait du rapport provisoire.

et

Conseil général de l'environnement et du développement durable CGEDD n° 007318-01. Extrait du rapport provisoire.

[http://www.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport\\_provisoire\\_sans\\_annexe.pdf](http://www.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/Rapport_provisoire_sans_annexe.pdf)

<http://www.developpementdurable.gouv.fr/Mission-d-inspection-sur-les-gaz.html>

Site Internet ifp Energies nouvelles ( [www.ifpenergiesnouvelles.fr](http://www.ifpenergiesnouvelles.fr) ).

<http://www.developpementdurable.gouv.fr/Mission-d-inspection-sur-les-gaz.html>

Ministère de l'écologie : [http://www.developpement-durable.gouv.fr/Qu'est ce que le gaz de schiste.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/Qu'est-ce-que-le-gaz-de-schiste.html)

Institut Français du Pétrole : <http://www.ifpenergiesnouvelles.fr> Shale gas

Université de Montpellier : <http://www.scribd.com/doc/49208203/rapport-preliminaire-hydrocarbures-LR-par-UM2-29-janvier-2011>

Ministère du Développement durable du Canada :

[http://ddata.overblog.com/xxxyyy/4/22/27/75/impactssante/1177\\_RelGazSchisteSantePubRapPreliminaire.pdf](http://ddata.overblog.com/xxxyyy/4/22/27/75/impactssante/1177_RelGazSchisteSantePubRapPreliminaire.pdf)

<http://gazdeschistes-collectif-06.over-blog.com>

<http://gazdeschiste-collectif-var.over-blog.com>

[http://www.sosplanetendanger.com/pages/DOSSIER\\_PETROLE\\_ET\\_GAZ\\_DE\\_SCHISTES-4729532.html](http://www.sosplanetendanger.com/pages/DOSSIER_PETROLE_ET_GAZ_DE_SCHISTES-4729532.html)

Le film Gasland sur dailymotion VOST Français :

[http://www.dailymotion.com/video/xhfvhy\\_gasland\\_news](http://www.dailymotion.com/video/xhfvhy_gasland_news)

Cartographie région PACA

<http://www.arpe-paca.org/web.asp?ThNum=Th00000516>

Association Toxicologie Chimie (ATC). Bilan toxicologique gaz de schiste

Sites divers :

[www.endocrinedisruption.com](http://www.endocrinedisruption.com)

<http://atctoxicologie.free.fr>