

GAZ DE SCHISTES : POUR AUJOURD'HUI OU POUR DEMAIN ?

Julien Lefebvre, Noël Baffier, Jean-Claude Bernier

D'après l'article *Gaz de schistes : quels problèmes pour l'environnement et le développement durable ?* de Jacques Varet publié dans l'ouvrage « Chimie et expertise, santé et environnement » EDP Sciences, 2016, ISBN : 978-2-7598-1848-8

L'exploitation de gaz de schiste divise : pour certains, elle est la clé d'une autonomie énergétique préservée, pour d'autres, elle comporte trop de risques écologiques. Elle représente potentiellement une réserve de 180 000 milliards de m³, l'enjeu est donc considérable. En quoi consistent plus précisément ces hydrocarbures dits « non-conventionnels » et de quel avenir disposent-ils ?

LES GAZ DE SCHISTES : QUELLES DIFFÉRENCES AVEC LES HYDROCARBURES CONVENTIONNELS ?

Le terme « gaz de schistes » est scientifiquement mal adapté car ce sont en fait des hydrocarbures de roche mère, et il faut d'abord préciser les différences entre ces hydrocarbures non conventionnels et les hydrocarbures conventionnels [1].

Les hydrocarbures sont issus des produits de la photosynthèse de la matière organique qui s'accumule dans les zones aux confins des continents et des océans [2].

Il y a deux sources principales de sédiments dans un bassin océanique (Figure 1) :

1. la charge terrigène qui provient de l'érosion des continents et se dépose d'abord dans les deltas, avant d'être dispersée au pied du talus sur le glacis continental ;
2. la charge allochimique provenant du bassin lui-même et de la couche de plancton.

Il en résulte une accumulation d'un mélange de matière minérale (argile, sable) et de matière organique. Celle-ci constitue 10 à 20 % du volume

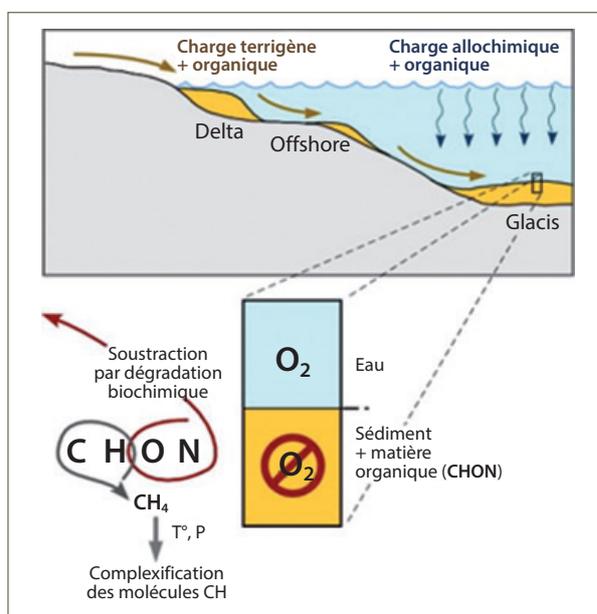


Figure 1 – Formation des hydrocarbures.

des sédiments, elle est composée de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote [C, H, O, N]. Ce mélange constitue la roche mère. Elle se dégrade biochimiquement sous l'action des bactéries anaérobies et de réactions dépendant de la profondeur [3]. Progressivement le carbone et l'hydrogène s'unissent pour former de nouvelles molécules qu'on appelle hydrocarbures.

L'une des premières molécules à se former est le gaz naturel : le méthane [CH₄] (Figure 1) [4].

De 0 à 1 000 mètres, les bactéries transforment la matière organique en kérogène¹, mélange de

1. Kérogène : substance intermédiaire entre la matière organique et les combustibles fossiles.

grosses molécules qui contiennent toujours les éléments C, H, O, N, et qui constitue une sorte de pétrole embryonnaire. Au-dessous de 1 000 m, les transformations chimiques sont contrôlées par l'élévation de la température qui transforme les sédiments en roches. À 2 000 m, les kérogènes sont transformés en huiles et en gaz. De 2 500 m à 4 000 m c'est du gaz qui est produit. À plus de 4 000 mètres, les huiles et gaz sont dégradés, et au-delà de 5 000 m, il n'y a plus du tout d'hydrocarbure, tout est « grillé ».

Certains hydrocarbures migrent dans des réservoirs poreux. Ils constituent les hydrocarbures conventionnels. D'autres restent emprisonnés dans la roche mère, qui est imperméable. Ils forment les hydrocarbures non conventionnels ou gaz de schistes (Figure 2) [5]. Pour les exploiter, il faut créer artificiellement une perméabilité par fracturation (Figure 3).

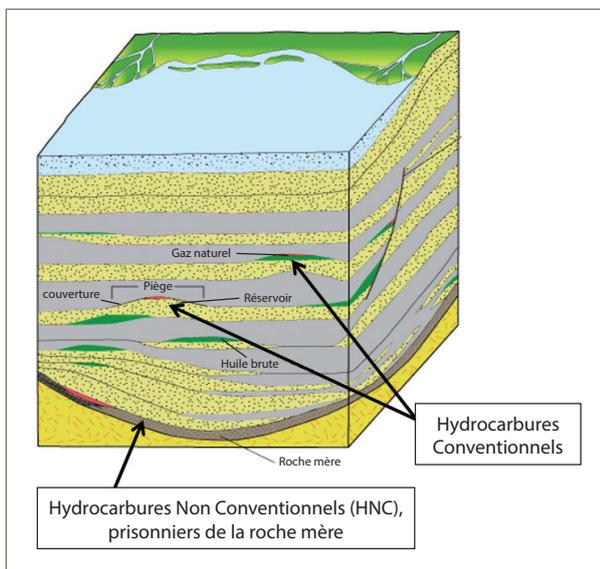


Figure 2 – Les hydrocarbures non conventionnels restent prisonniers de la roche mère. Source : BRGM.

CARACTÉRISTIQUES ET IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES EXPLOITATIONS DE GAZ DE SCHISTES

Un processus potentiellement polluant

Pour extraire le gaz de schistes, il faut, à la différence du forage conventionnel, effectuer des forages déviés (Figure 3) qui vont pénétrer à travers la couche de roche mère et permettre de la fracturer pour lui faire produire le pétrole et le gaz. Pour fracturer, on injecte dans la roche mère un mélange d'eau sous pression, de sable et d'additifs chimiques. Le gaz libéré (méthane) est pompé avec le fluide injecté et remonte par une canalisation parallèle à celle du fluide injecté. Il est ensuite nécessaire de dépolluer le fluide pompé car il contient, entre autres, du sel, des métaux lourds et parfois des éléments radioactifs. Pour maintenir les fractures ouvertes on utilise du sable, des billes de silice ou de céramique. L'exploitation a un caractère invasif car le processus de fracturation hydraulique nécessite l'injection à plus de 2 000 mètres sous terre de ce cocktail d'eau, de sable et de produits chimiques, ce qui n'est pas sans impact sur l'environnement. Il existe en effet des risques de pollution des nappes voisines et de l'air en cas de fuites de surface. Il a notamment été fréquemment découvert du méthanol, très toxique, dans les aquifères voisins des forages [6].

La chimie est présente dans tout le cycle du fluide de fracturation (Figure 4). C'est un cycle fermé, mais il faut toujours rajouter de l'eau car on en perd au cours des opérations. Les additifs chimiques sont nombreux : d'une dizaine en France, ils dépassent la centaine aux États-Unis et, pour un certain nombre d'entre eux, ils sont toxiques [Tableau 1].

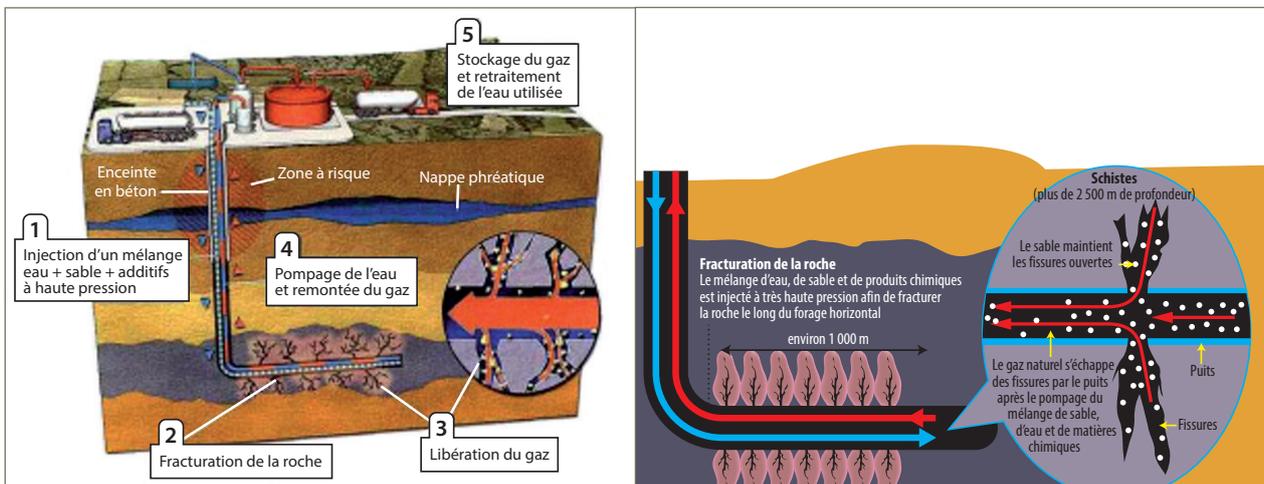


Figure 3 – A) Extraction du gaz de roche : forage horizontal et fracturation hydraulique ; B) le même forage est utilisé en injection pour la fracturation hydraulique et pour la production d'hydrocarbures.

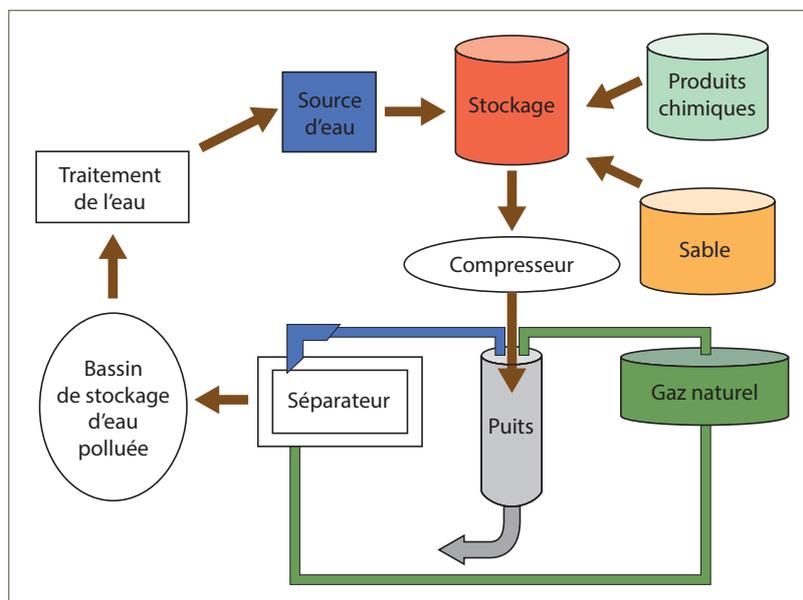


Figure 4 – Le cycle du fluide de fracturation.

Tableau 1 – Additifs chimiques des fluides de fracturation utilisés en Basse Saxe (Allemagne).
Source : Système Général Harmonisé (SGH).

N° CAS	Substance	Formule	Effets sur la santé	Classification SGH
111-76-2	2-butoxy-éthanol	$C_6H_{14}O_2$	toxique	GHS07
26172-55-4	5-chloro-2-méthyl-2H-isothiazole-3-un	C_4H_4ClNOS	toxique	SGH05 SGH08 SGH09
2682-20-4	2-méthyliso-thiazol-3(2H)-un	C_4H_5NOS	toxique	SGH05 SGH08 SGH09
9016-45-9	Éthoxylate nonylphénol	$C_mH_{2m+1}-C_6H_4OH(CH_2CH_2O)_n$	toxique	SGH05 SGH07 SGH09
75-57-0	Chlorure de tétraméthyl-ammonium	$C_4H_{12}ClN$	toxique	SGH06 SGH07

Un processus coûteux en eau

La fracturation hydraulique a d'autres impacts spécifiques sur le sous-sol, notamment sur les ressources en eau. Elle nécessite en effet entre 8 000 et 18 000 m³ d'eau par puits. Il faut donc non seulement évaluer les besoins en quantité et en qualité, mais, comme il existe un risque d'impact sur les ressources en eau, il faut savoir les gérer en prenant en compte les spécificités locales.

QUEL AVENIR POUR LES GAZ DE SCHISTES ?

L'Europe a été surprise par le soudain intérêt des compagnies pétrolières pour les hydrocarbures non conventionnels du type gaz et huiles de schistes [?] et par la transformation des États-Unis devenus

exportateurs de gaz et de pétrole. Il demeure encore de très fortes incertitudes sur les ressources, leur disponibilité et leur accessibilité. Il y a donc nécessité de réaliser un travail d'évaluation de ces ressources et des risques liés à leur exploitation, qui peut avoir des impacts significatifs sur l'environnement et la santé humaine. Ces recherches, si elles étaient menées dans des conditions ouvertes, à objectifs multiples, seraient, en tout état de cause, utiles pour d'autres développements (eau souterraine, géothermie, stockages...). La perception du public encore très négative concernant l'exploitation du sous-sol en général nécessite en tout état de cause un important travail d'information préalable notamment au niveau local. Il n'en reste pas moins que cette source fossile d'énergie est elle aussi

limitée et génératrice de gaz à effets de serre. S'il est une nécessité impérieuse, c'est de mettre à profit la baisse des cours pour investir dans la transition énergétique, en vue de maîtriser les consommations superflues et développer les énergies durables [8].

POUR EN SAVOIR PLUS

[1] Le gaz de schiste, miracle ou cauchemar économique ?

<http://www.mediachimie.org/node/931>

[2] Exemple de réactions chimiques : la photosynthèse

<http://www.mediachimie.org/node/2096>

[3] Des carbohydrates aux hydrocarbures

<http://www.mediachimie.org/node/2353>

[4] Le biogaz, une énergie d'avenir ?

<http://www.mediachimie.org/node/1347>

[5] L'extraction du pétrole et du gaz (animation)

<http://www.mediachimie.org/node/2092>

[6] Un gaz anticrise ?

<http://www.mediachimie.org/node/504>

[7] Les variations du prix du baril et les énergies renouvelables

<http://www.mediachimie.org/node/1332>

[8] Énergie du futur et préservation des ressources

<http://www.mediachimie.org/node/2183>

Noël Baffier, professeur honoraire d'université, ancien directeur des Études de l'École d'Ingénieurs de Chimie Paristech, spécialité de recherches : science des matériaux

Jean-Claude Bernier, professeur émérite de l'Université de Strasbourg, ancien directeur scientifique des sciences chimiques du CNRS

Julien Lefebvre, professeur de physique chimie

Grégory Syoën, professeur agrégé, chef de projet Mediachimie-Fondation de la maison de la chimie