



## TITRE DE L'ACTIVITE : LE GAZ DE SCHISTE

### • Thème(s) concerné(s):

- La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant
- Enjeux planétaires contemporains**
- Corps humain et santé

### • Niveau(x) :

- 2nde
- 1<sup>ère</sup> S**
- 1<sup>ère</sup> ES
- 1<sup>ère</sup> L
- Terminale S



### OBJECTIFS :



#### Connaissances

- Le modèle de la tectonique des plaques permet de comprendre les conditions d'existence d'une ressource exploitable.
- La mise en place du gisement s'est faite par accumulation de matière organique



#### Capacités & attitudes

- Recenser, extraire et organiser des informations
- Communiquer dans un langage scientifiquement approprié à l'oral
- Montrer de l'intérêt pour les progrès scientifiques et techniques.
- Percevoir le lien entre sciences et techniques
- Manifester son esprit critique
- Etre conscient de sa responsabilité face à l'environnement, la santé, le monde vivant
- Manifester de l'intérêt pour la vie publique et les grands enjeux de société



### MODALITES D'ORGANISATION :

- Débat entre deux groupes d'élèves
- Tirage au sort (qui est pour ou qui est contre)



### CONSIGNE :

Vous appartenez à un conseil municipal d'un village du sud de la France dont le sous-sol est riche en gaz de schiste.

Vous êtes pour son exploitation, ou vous êtes contre son exploitation (tirage au sort).

Recherchez les arguments qui vont vous permettre d'argumenter dans le débat du conseil municipal, dont les membres doivent voter s'ils autorisent ou non l'exploitation des gaz de schiste sur la commune.



### SUPPORTS DE TRAVAIL :



L'utilisation du réel est à privilégier (expériences, observations, ...)

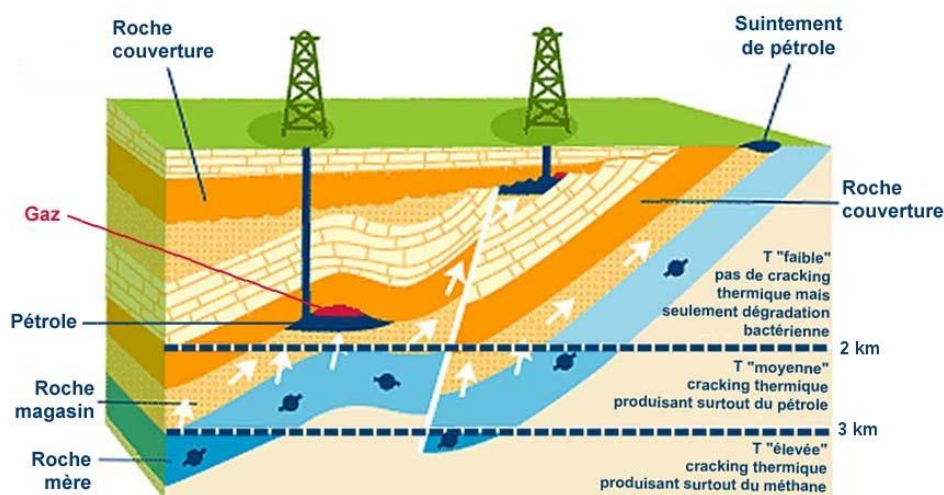
- <http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-gaz-schiste.xml>

## Document 1 : gaz de schiste et gaz « conventionnel »

Avant de parler du gaz de schiste, parlons un peu du gaz classique, dit conventionnel. Le gaz naturel « conventionnel » est principalement constitué de méthane ( $\text{CH}_4$ ). C'est le plus simple des hydrocarbures. Il provient de la dégradation de la matière organique (d'origine biologique) piégée dans des sédiments devenus roches sédimentaires après diagenèse (enfouissement et deshydratation). Cette roche contenant de la matière organique est dite « roche mère ». La dégradation à l'origine du méthane peut être d'origine bactérienne pour les températures basses (bactérie « travaillant » jusqu'à  $T < 50^\circ\text{C}$  dit-on classiquement, mais sans doute aussi pour des températures plus fortes dans le cas de bactéries thermophiles et hyperthermophiles). Cette dégradation peut être aussi purement « chimique », par cracking thermique de grosses molécules pour des températures plus élevées (on cite classiquement des températures  $> 100^\circ\text{C}$ .)

Dans le cas du méthane (et de tous les autres hydrocarbures liquides et/ou gazeux) il peut y avoir migration du gaz, qui quitte sa roche mère si celle-ci est perméable (perméabilité intrinsèque ou à la suite d'une fracturation). Méthane et autres hydrocarbures mobiles cheminent en suivant les zones perméables, toujours vers le haut, car ces hydrocarbures sont moins denses que l'eau qui en général imprègne tout le sous-sol. Ils peuvent arriver en surface où ils donneront des sources ou suintements de gaz ou de pétrole. Ils peuvent être bloqués dans des structures géologiques appelées pièges. C'est le cas classique d'une couche perméable (grès, calcaire fracturé...) recouverte d'une couche imperméable (argile), le tout étant ployé en anticlinal. C'est également le cas d'une couche perméable inclinée recouverte en biseau (discordance, biseau sédimentaire...) par une couche imperméable et bien d'autres contextes géologiques.

Figure 1. Bloc diagramme montrant la situation des gisements de pétrole et de gaz « conventionnels »



Qu'est-ce qu'un gaz de schiste ? Ce terme vient de la traduction de l'anglais « *shale gas* ». Selon le *Dictionnaire de Géologie* de Foucault et Raoult, ce terme anglais « *shale* » désigne toute roche sédimentaire litée à grain très fin, en générale argileuse ou marneuse ». Le gaz (méthane) est encore contenu dans sa roche mère, parce que celle-ci n'est pas (ou très peu) perméable. Ce méthane y est souvent contenu dans des (micro) pores ne communiquant pas entre eux, ou éventuellement

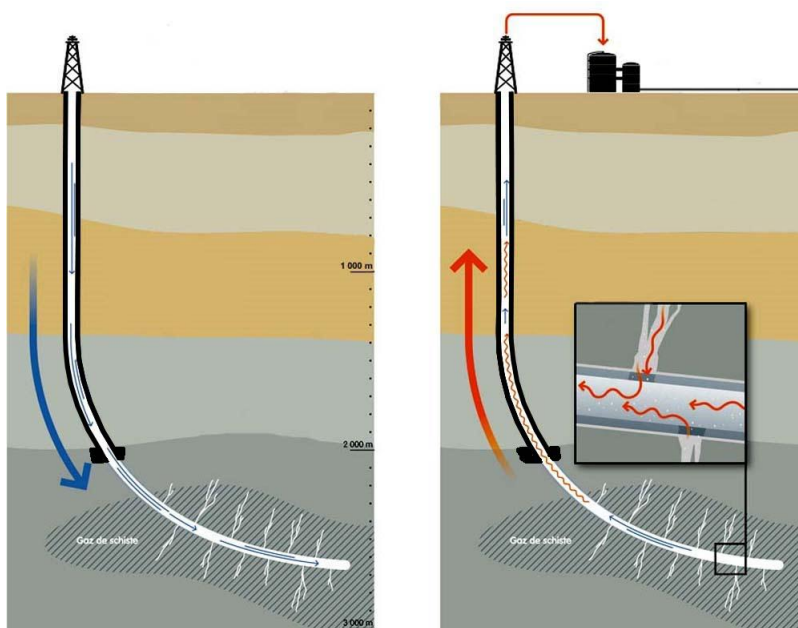
adsorbé sur des particules argileuses, d'où l'imperméabilité de la roche. Cette non perméabilité a empêché le méthane (et les autres hydrocarbures) de migrer. La roche mère est donc restée riche en gaz. Elle peut contenir jusqu'à 20 m<sup>3</sup> de gaz (aux conditions de surface, 20°C et 1 atm) par mètre-cube de roche en place. C'est donc à la fois une roche mère et une roche magasin. Mais cette imperméabilité empêche son extraction par des moyens classiques comme de simples forages.

## Document 2 : Les techniques d'exploitation du gaz de schiste.

La pression dite lithostatique augmente avec la profondeur, tout simplement à cause du poids des roches sus-jacentes. Si, au fond d'un forage, on donne au liquide de forage une pression supérieure à la pression lithostatique, alors ce liquide aura tendance à s'insinuer dans la moindre fracture, à écartier les bords de cette fracture, ce qui la propagera latéralement. On pourra donc faire des fractures horizontales (élargissement de bas en haut).

Si on ajoute au liquide de forage surcomprimé du sable, celui-ci s'insinuera dans les fractures, et empêchera qu'elles ne se referment une fois qu'on arrête la surpression. Pour que le sable soit bien mobile dans l'eau de forage, sans faire de « bouchon » ou sans s'accumuler dans des « points bas », pour qu'eau et sable puissent bien s'insinuer dans les fissures... des additifs, tels que des épaississants (gomme de guar,...) et autres composés aux propriétés physiques, chimiques ou bactériologiques particulières, seront mêlés à l'eau. Une fois la fracturation terminée, le gaz s'échappera alors par les fractures, comme dans n'importe quelle roche magasin dont la perméabilité est due à des fractures préexistantes.

**Figure 2. Schéma du principe d'exploitation du gaz de schiste**



### **Document 3 : Le gaz de schiste, avantages et inconvénients.**

À kilowatts-heures produits égaux, le gaz naturel produit moins de CO<sub>2</sub> que le charbon ou le pétrole. On peut citer les chiffres suivants : la production d'un mégajoule d'énergie (1 MJ ≈ 0,3 kW.h) obtenu en brûlant du méthane produit 55g de CO<sub>2</sub>. La même quantité d'énergie obtenue en brûlant du pétrole produit 70g de CO<sub>2</sub> ; et 110g en brûlant du charbon. Quitte à utiliser des combustibles fossiles, autant utiliser du gaz que d'autres combustibles, c'est moins mauvais pour le climat. Et même si on développe beaucoup les énergies renouvelables, type solaire ou éolien (tendance officielle affichée en France), celles-ci ne sont pas permanentes (nuit, jours sans vent...). Le gaz est la plus souple des énergies : une turbine à gaz peut prendre le relais d'un champ d'éoliennes en quelques minutes. Il faut quelques heures à une centrale à charbon, encore plus pour une centrale nucléaire et, si on est optimiste, on peut aussi penser que ce gaz naturel peut assurer la transition énergétique nécessairement assez longue avant l'avènement technologique et économique des énergies renouvelables.

De plus, transporter du gaz depuis des pays lointains consomme de l'énergie (15 à 20% d'autoconsommation), et donc produit du CO<sub>2</sub>. Produire et consommer localement est bien meilleur pour l'environnement, marque d'un développement (plus) durable. Ce qui est vrai pour les fruits et légumes l'est aussi pour le gaz !

#### **Avantages « moraux et citoyens »**

L'Occidental a l'habitude, pour subvenir à ses besoins, d'utiliser, en partie, des ressources en exploitant et polluant des pays lointains. Il serait beaucoup plus « moral » que ceux qui « profitent » d'une ressource en subissent aussi les inconvénients. Ce serait normal que les utilisateurs soient aussi les pollués ! Le slogan pollueur-payeur est parfaitement valable. Mais il ne faut pas oublier qu'en amont des pollueurs, il y a certes des profiteurs (ceux qui en tirent un profit économique et/ou financier) mais aussi des utilisateurs-consommateurs (nous). À côté du slogan « pollueur-payeur », il faudrait aussi inventer quatre autres slogans « profiteur-payeur », « utilisateur-payeur », « profiteur pollué » et « utilisateur pollué » ; l'idéal étant, bien sûr, qu'il n'y ait plus de pollueur.

De plus, si les compagnies industrielles sont contraintes à respecter l'environnement dans certains pays riches (législations pas toujours très contraignantes), des compagnies peuvent spontanément négliger l'environnement dans les pays pauvres. Pour la santé de la planète, il vaudrait bien mieux exploiter des gaz de schiste en France (environnement plus ou moins respecté) que dans le delta du Niger (environnement totalement sacrifié).

#### **Avantages politiques, économiques, financiers...**

Cette exploitation pourrait participer à l'indépendance énergétique des pays producteurs, dont potentiellement la France (à ce jour, 98% du gaz consommé en France est importé). Cela contribuerait à réduire le déséquilibre de leur balance des paiements. Cela enrichirait certainement les compagnies pétrolières et gazières, moyennement les états devenus gazières, un peu les

collectivités locales où seraient implantés les sites (redevances). Autre aspect, cette exploitation réduirait le chômage dans les régions concernées.

Les réserves de gaz de schistes sont énormes : on parle (en ordre de grandeur) d'une quantité voisine des réserves de gaz conventionnel à l'échelle mondiale et, à l'échelle de la France, les réserves locales équivaldraient à plusieurs dizaines d'années de consommation. Cela prolongerait de nombreuses années notre « confort énergétique ».

### **Inconvénients vis à vis de l'environnement mondial**

Même si cela libère moins de CO<sub>2</sub> qu'une centrale à charbon, une centrale à gaz produit des gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, ...) et contribue donc au réchauffement climatique par ce biais.

### **Inconvénients vis à vis de l'environnement local et régional**

Les inconvénients vis à vis de l'environnement local et régional sont importants à des degrés divers. On peut énoncer trois inconvénients principaux.

Le maillage dense du réseau de puits et la dégradation potentielle des écosystèmes et des paysages, parfois appelé mitage du paysage.

La technique des puits verticaux suivis de forages horizontaux ne permettra d'exploiter ce gaz de schiste que sur quelques km<sup>2</sup> au maximum autour de chaque puits. Typiquement, pour exploiter complètement une couche horizontale, il faudrait un puits tous les 0,5 à 4 km. On peut espérer un espacement des forages avec le développement de la technologie. Chaque forage occupe une emprise au sol d'environ un hectare (10.000 m<sup>2</sup>) pendant la période de forage. Après la période de forage et pendant toute la période d'exploitation, chaque tête de puits occupe plusieurs dizaines de m<sup>2</sup> (l'équivalent d'une grange) au centre d'une surface « réservée » d'environ 1/3 d'hectare. Tout un réseau de pistes devra relier entre eux tous ces puits pendant la période de forage pour permettre le passage d'engins et camions, et après, pendant la phase d'exploitation, si le gaz est évacué par citernes. Si le gaz est évacué par gazoduc, c'est tout un réseau de gazoducs à construire pour relier tous ces puits d'abord entre eux puis et à un centre d'évacuation sur le réseau national.

### **Les perturbations/pollutions potentielles des écosystèmes superficiels**

Le forage et la fracturation hydraulique en particulier, nécessitent d'énormes quantités d'eau (on cite classiquement les chiffres de 10 000 à 15 000 m<sup>3</sup> par forage). En France, cette eau ne peut être prélevée, en l'état actuel de la législation, sur les ressources utilisées régulièrement. Un transport d'eau par des camions citerne ou une ressource additionnelle locale doit être trouvée, ce qui peut poser une sérieuse réserve à l'exploration et, a fortiori, à l'exploitation. Cette eau est injectée dans le forage. L'eau soutirée est salée et boueuse. Elle peut être réinjectée dans des puits très profonds ou au contraire traitée et recyclée en surface. Elle est alors débarrassée de ses particules par floculation et décantation dans des bassins, traitée chimiquement, puis réinjectée dans les puits de production

pour de nouvelles stimulations / fracturations. Cette eau peut également renfermer certains des produits indésirables contenus initialement dans les additifs utilisés pour la fracturation (des premiers essais aux Etats-Unis ont été effectués avec des rendus de Napalm de la guerre du Vietnam !).

D'autre part, les schistes peuvent contenir naturellement des métaux lourds, comme par exemple du cadmium et de l'uranium. Ceci est dû à l'affinité de ces métaux pour les molécules organiques. Les sources naturelles qui sortent de ces niveaux contiennent ces métaux lourds. Les milliers de m<sup>3</sup> d'eau de forage et de fracturation de chacun des dizaines et dizaines de forages risquent de contenir des métaux lourds. Des analyses en continu seront nécessaires. En cas de teneur significative, leur dépollution sera très coûteuse.

En fin de forage et de fracturation, des milliers de m<sup>3</sup> d'eau polluée (par les additifs et éventuellement les métaux lourds) présents dans le puits et les bassins de décantation devront être traités et dépollués. Si le traitement est insuffisant pour éliminer additifs et métaux lourds (ou si il y a des fuites, des accidents...), cela risque de créer des pollutions.

### **Les perturbations/pollutions potentielles des aquifères profonds**

A la moindre fuite dans le tubage du puits entre le compresseur et la couche imperméable cible, de l'eau et ses additifs se disperseront irréversiblement dans les roches environnantes, avec tous les risques de pollutions des nappes phréatiques profondes que cela comporte.

### Conclusion...

---

Que conclure de tout cela ? En résumant et simplifiant, on voit que, comme pour toute activité industrielle, les aspects « positifs » des gaz de schiste sont principalement de nature économique et politique, et que les aspects « négatifs » sont principalement de nature écologique et environnementale. Les enjeux économiques et politiques sont considérables. Les préoccupations écologiques et environnementales sont justifiées. C'est à chaque citoyen, en effet, une fois correctement informé, de donner son avis, en pondérant avantages et inconvénients, en essayant de garder une vision à long terme et de défendre l'intérêt général.

<b>Critères de réussite</b>	<b>oui</b>	<b>incomplet</b>
Les arguments scientifiques en faveur de ce que je dois démontrer sont clairement identifiés, et triés.		
Les arguments scientifiques pour ou contre sont clairement identifiés et triés		
Le raisonnement est clair, présence de connecteurs logiques (donc et/ ou parce que car....)		
Des éléments de culture générale sont ajoutés		