

Les gaz de schistes en synthèse

Points positifs	Points négatifs
<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des réserves de gaz • Pic gazier repoussé dans le temps • Indépendance énergétique améliorée • Localisation des gisements facilitée par rapport au gaz conventionnel 	<ul style="list-style-type: none"> • Forte empreinte territoriale • Risques environnementaux supplémentaires à gérer (utilisation de produits chimiques, génération de séismes) • Ressource fossile (limitées dans le temps et émissive en CO2) • Importante consommation d'eau
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> • Nouvelle ressource potentielle pour la Suisse • Diminution des émissions de CO2 par substitution au charbon • Exploration qui fournit des renseignements sur l'exploitabilité des autres ressources du sous-sol (géothermie, stockage gaz/CO2, eau souterraine) • Progrès techniques utilisables pour l'exploitation des autres ressources du sous-sol profond 	<ul style="list-style-type: none"> • Concurrence le développement des énergies renouvelables • Conflits d'utilisation potentiels avec d'autres ressources du sous-sol • Atteintes environnementales (eaux souterraines, sols, air) • Changements géopolitiques potentiellement sources de nouveaux conflits

Définitions

Les **gaz conventionnels** et **non-conventionnels** sont en fait les mêmes types de gaz, puisqu'il s'agit dans les deux cas principalement de méthane (gaz naturel). Le classement d'un gaz dans la catégorie des conventionnels ou non conventionnels dépend du type de gisement duquel ce gaz est extrait.

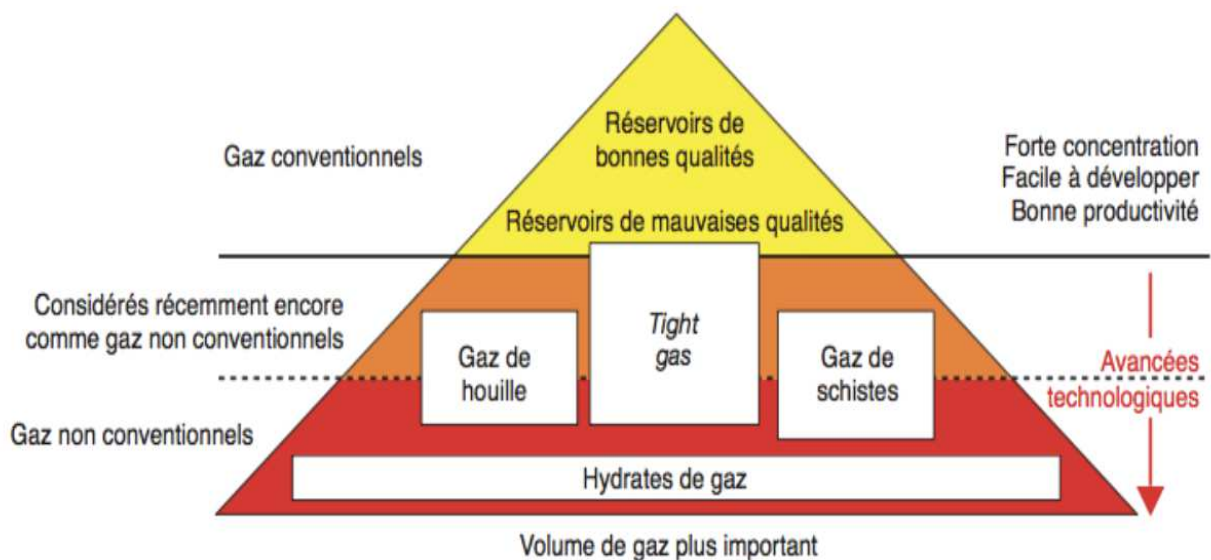


Figure 1. Définitions de gaz conventionnels et non conventionnels. La limite entre ces deux types de réservoirs évolue en fonction des avancées technologiques. Le site de Noville, par exemple, permettrait d'extraire du gaz d'un réservoir de mauvaise qualité à la frontière entre les gaz conventionnels et non conventionnels suivant les classifications. IFPEN (2011).

Quels **problèmes** posent les gaz de schiste ?

- Les réservoirs à exploiter sont très peu perméables
- La multiplication des forages et l'utilisation de la fracturation hydraulique sont nécessaires pour en extraire du gaz
- Ces deux aspects (nombreux forages et fracturation hydraulique) impliquent des nuisances environnementales supplémentaires importantes à gérer : impacts potentiels sur le paysage, le sol, l'air, les eaux de surface et souterraines, risques sismiques

2

Comment est répartie cette ressource dans le **monde** et qui l'exploite ?

- Les réserves de gaz non conventionnels nouvellement découvertes doubleraient les réserves mondiales de gaz
- Les principales réserves sont situées en Amérique (Etats-Unis, Argentine, Mexique, Canada, Brésil)
- L'Europe posséderait aussi des réserves intéressantes, notamment dans des pays qui ne produisaient jusqu'alors que de très faibles quantités de gaz conventionnels (France, Pologne)
- La Suisse pourrait posséder quelques réserves économiquement exploitables
- Les pays n'ont pas une vision unanime sur l'attitude à adopter face à l'exploitation de cette nouvelle ressource

Les aspects **économiques et géopolitiques**

- Bien que plus compliquée, l'exploitation de gaz non conventionnels n'est généralement pas plus onéreuse que celle du gaz conventionnel (phase d'exploration beaucoup moins complexes et progrès techniques en matière de forage)
- La très forte production nord américaine implique la mise sur le marché de gaz à un prix très bas. Le prix du gaz est maintenant 50 à 70 % moins cher aux Etats-Unis qu'ailleurs dans le monde. La compétition sur les prix entre le gaz conventionnel et non conventionnel implique que le prix du gaz naturel est depuis quelques années découplé de celui du pétrole
- Les Etats-Unis n'auront plus besoin de compter sur l'importation de gaz étranger et sont donc proches d'être autonome malgré des besoins qui augmentent
- Ce gaz à faible prix se substitue au charbon dans la production d'électricité aux Etats-Unis ce qui permet de largement diminuer les émissions de CO² dans l'atmosphère
- La localisation d'entreprise pétrochimiques et grandes consommatrices d'énergie (cimenterie, sidérurgie) est entrain d'être complètement redistribuée à l'échelon mondial. Des investissements gigantesques sont consentis aux Etats-Unis pour y relocaliser de tels centres de production
- L'indépendance énergétique grandissante des Etats-Unis implique que ce pays pourrait être moins impliqué dans des actions militaires et diplomatiques visant à assurer une stabilité internationale

Quelle situation en **Suisse** ?

- Aucune évaluation fine des réserves en Suisse n'existe mais la configuration géologique (proche du bassin de Paris et du bassin bavarois) laisse penser que le Plateau pourrait renfermer des ressources potentiellement exploitables
- Des entreprises (Celtique Energie Ltd, Schuepbach Energy GMBH, Tethys oil) sont actuellement présentes en Suisse et en France voisine et intéressées à mener des campagnes d'exploration
- Les autorités cantonales (FR, VD, GE et NE) ont durci leurs positions depuis 2011 en ne renouvelant pas certains permis ou en fixant des moratoires sur l'exploration. La mauvaise connaissance du sous-sol profond helvétique, le peu de culture gazière et pétrolière ainsi que la vision prudente des

autorités cantonales impliquent qu'à court et moyen terme les projets de gaz de schiste ne devraient pas s'y développer

Quelle position de **SIG** ?

- Bien qu'étant une énergie locale qui permettrait d'augmenter l'indépendance énergétique, l'exploitation des gaz de schistes pose d'importantes questions pas encore résolues. SIG est attentive à l'évolution du contexte de cette technologie et effectue une veille active à ce sujet
- Il convient notamment de disposer d'un cadre clair qui permette un contrôle/suivi bien établi pour pouvoir éventuellement développer cette technologie dans les meilleures conditions de sécurité et de santé publique. Ceci aussi pour crédibiliser cette technologie dans laquelle le grand public ne perçoit que les aspects négatifs
- La connaissance préalable du sous-sol profond et de ses différentes ressources (eau souterraine, géothermie, possibilités de stockage de gaz ou de CO², géomatériaux, hydrocarbures) est une condition pré requise fondamentale avant d'imaginer l'exploitation responsable de l'une ou l'autre de ces dernières
- La connaissance préalable du sous-sol et de ses ressources, qui appartiennent au Canton de Genève donc à la collectivité, permettra aux autorités de faire des choix de société réfléchis, en connaissance de cause, selon les principes du développement durable

Les gaz de schistes - Définition, état des lieux et perspectives

Michel Meyer, SIG – Février 2013

Sommaire

Les gaz de schistes en synthèse.....	1
Les gaz de schistes - Définition, état des lieux et perspectives.....	4
1. Introduction.....	5
2. Description des différents types de gaz non conventionnels.....	5
3. Modalités d'exploitation et problèmes environnementaux identifiés	6
4. Etat des lieux de la ressource	10
5. La situation américaine	12
6. La situation en Suisse	15
7. Impacts sur le prix de l'énergie	16
8. Geopolitique et gaz de schiste.....	17
9. Bibliographie.....	23

1. Introduction

Alors qu'on entend dire depuis des décennies que les ressources fossiles (gaz et pétrole) s'épuisent et que la production d'hydrocarbures était amenée à ne plus pouvoir assumer la hausse des besoins, une révolution rapide et silencieuse s'est produite ces dernières années. En effet, depuis 2006 la production de gaz aux Etats-Unis est en croissance continue, ce qui amène des bouleversements géopolitiques majeurs dont les issues ne sont que très mal maîtrisées. Cette hausse soudaine de production de gaz en Amérique du nord a été possible par l'accès massif à des ressources dites non conventionnelles, dont les gaz de schistes sont l'expression la plus courante. Sous l'impulsion de l'exemple américain, l'exploration et l'exploitation d'hydrocarbures non conventionnels sont en cours de développement dans de nombreux autres pays. Cette fièvre des gaz de schistes est à l'origine de nouveaux débats enflammés car des questions restent ouvertes sur la réalité de l'innocuité environnementale des techniques d'extraction, mais aussi sur le bien fondé de continuer à développer l'exploitation de ressources fossiles.

2. Description des différents types de gaz non conventionnels

Le gaz non conventionnel présente la même composition qu'un gaz naturel conventionnel puisqu'il s'agit dans les deux cas majoritairement de méthane. En fait, le classement d'un gaz dans la catégorie des « conventionnels » ou des « non conventionnels » dépend du type de gisement duquel ce gaz est extrait.

Les hydrocarbures ont pour origine certains sédiments, riches en matière organique, qui se sont déposés au fond des océans il y a plusieurs dizaines, voir centaines, de millions d'années. Ces sédiments ont peu à peu été recouverts par d'autres couches sédimentaires et ont donc, au cours des temps géologiques, gagné en profondeur, donc en pression et en température. Lorsque l'enfouissement excède quelques kilomètres, ces sédiments se retrouvent dans des conditions de pression et de température qui permettent de cuire, ou plutôt de distiller, la matière organique originelle et de la faire évoluer vers du pétrole ou du gaz.

Le pétrole prend donc naissance au sein d'une couche riche en matière organique, bien souvent un schiste ou encore des argiles, qui sont par nature très imperméables. Ces roches dans lesquelles le pétrole se forme sont appelées « roches mères », par opposition avec une « roche réservoir », vers laquelle le pétrole ou le gaz peut migrer à la faveur de failles ou de structures géologiques favorables. Le pétrole et le gaz ont généralement et jusqu'alors été extraits dans des roches réservoirs dont les caractéristiques perméables permettent un pompage aisé par forage des hydrocarbures. L'industrie pétrolière appelle gisements « conventionnels » ceux qui sont donc contenus dans des roches réservoirs perméables ; leur exploitation se faisant assez facilement. Elle nomme par contre « non conventionnels » tous les autres types de gisements avec une limite entre les deux notions qui n'est pas toujours très claire et qui évolue avec les progrès des technologies.

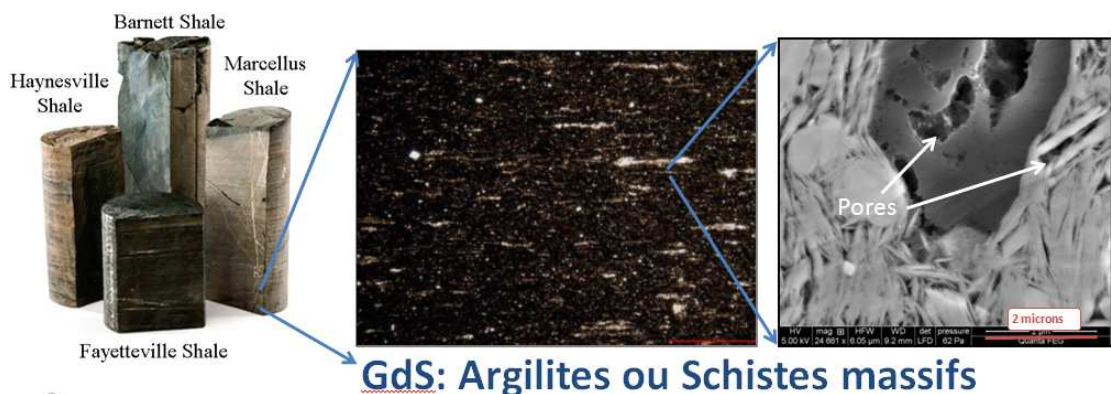


Figure 2. Exemple de roches mères, non conventionnelles, qui renferme du gaz ou du pétrole mais dont l'exploitation n'est pas aisée à cause de la faible perméabilité de la roche. Le gaz se trouve dans des pores très petits qui ne sont bien souvent pas connectés entre eux. *Moscariello (2012).*

Ainsi, on peut dire qu'en marge des structures géologiques (roches réservoirs) qui renferment parfois uniquement du gaz et d'autres fois du gaz associé à du pétrole, il y a trois grands types de gisements non conventionnels :

- Les gaz de schistes (Shale Gas), qui sont des niveaux schisteux ou argileux de roches mères, dans lesquels le gaz n'a pas été expulsé et est donc resté piégé à cause de la faible perméabilité. C'est vraisemblablement la principale ressource de gaz non conventionnel car ce processus de non expulsion du gaz est très courant.
- Les gaz de houille (Coalbed Methane ou Coal Seam Gas) que les mineurs connaissent bien puisqu'il s'agit de ce qui est appelé grisou. Il s'agit là encore de gaz resté piégé dans sa roche mère, mais cette dernière correspond à des couches de charbon.
- Les gaz de réservoirs compacts (Tight Gas) qui sont bien des réservoirs vers lesquels les hydrocarbures ont migré au cours des temps géologiques, mais dont la perméabilité actuelle ne permet pas une extraction simple du gaz. Cette catégorie est parfois classée parmi les gisements conventionnels puisqu'elle s'approche beaucoup des réservoirs classiques et qu'il ne s'agit pas d'une roche mère ; néanmoins, l'exploitation de tels niveaux peut parfois requérir l'utilisation de techniques proches de celles qui prévalent dans l'exploitation de ressources non conventionnelles.

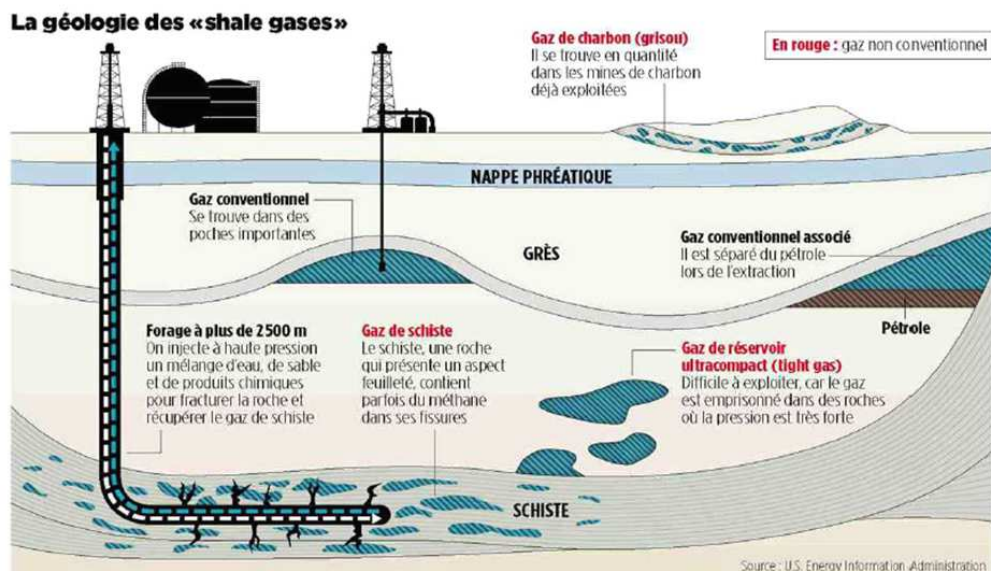


Figure 3. Les différents types de gisement. *Le point* 5 août 2010.

3. Modalités d'exploitation et problèmes environnementaux identifiés

La très faible perméabilité des gisements non conventionnels implique que les hydrocarbures ne circulent pas librement au sein de ces derniers. Ainsi, si l'on implantait un simple forage à travers de telles unités géologiques, le gaz ne parviendrait pas à s'échapper librement et seules de très faibles quantités seraient libérées. Pour pouvoir exploiter le gaz que renferment les très petits pores de ce type de roche, il convient de la drainer en lui donnant une perméabilité artificielle. Autrement dit, pour rendre économiquement viable ce type de gisement, il va falloir stimuler la production afin d'en extraire plus de gaz qu'il n'en sortirait naturellement.

Pour drainer ce type de roches et augmenter au maximum la surface de contact entre le forage et ces dernières, on recourt à des puits horizontaux, qui suivent la couche intéressante sur une grande longueur. Par ailleurs, pour créer des chemins de migration qui permettent au gaz prisonnier au sein de la roche d'atteindre le puits, on crée des microfissures en injectant de l'eau sous très haute pression dans le puits.

Cette technique est connue sous le terme de fracturation hydraulique. Il faut savoir que ces deux techniques, la fracturation hydraulique et les forages horizontaux, sont très souvent aussi utilisées, parfois depuis de nombreuses années, dans l'exploitation de roches réservoirs conventionnelles afin d'en améliorer la productivité et d'augmenter le taux de récupération des hydrocarbures. La transposition de ces techniques dans l'exploitation de ressources non conventionnelles et leur utilisation systématique sur de très grandes surfaces est à l'origine de la polémique qui s'opère en ce moment, bien que cette dernière aurait déjà pu éclater il y a bien longtemps puisque ces techniques étaient déjà largement utilisées.

La production économique des gaz non conventionnels a imposé les forages horizontaux et la fracturation hydraulique mais a aussi, et surtout, impliqué la multiplication du nombre de puits afin d'en déployer à travers toute la couche à drainer. Ce nombre très important de puits rend l'empreinte environnementale plus marquée que dans les gisements de gaz classiques. Pour tenter de diminuer cette empreinte négative, les entreprises ont maintenant développé le forage de plusieurs puits (jusqu'à 15) depuis une seule plateforme de forage.

Figures 4 et 5. Exemple illustrant le mode opératoire pour drainer une couche par un grand nombre de forage horizontal. *Pearson (2012)*

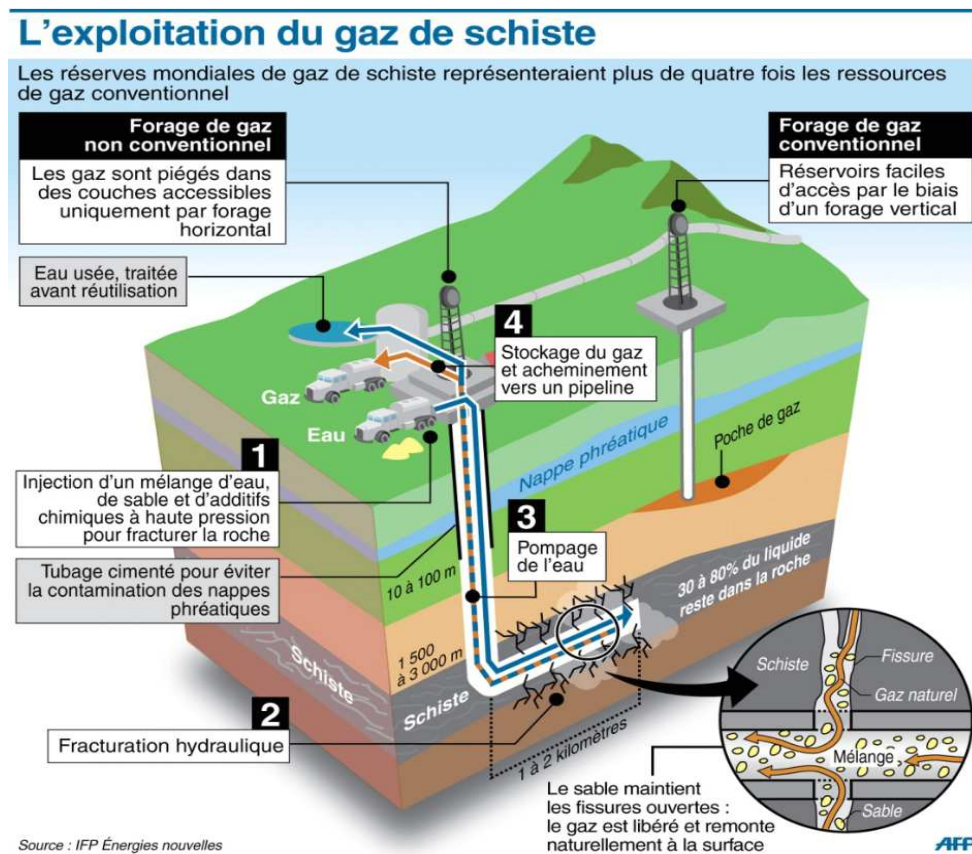
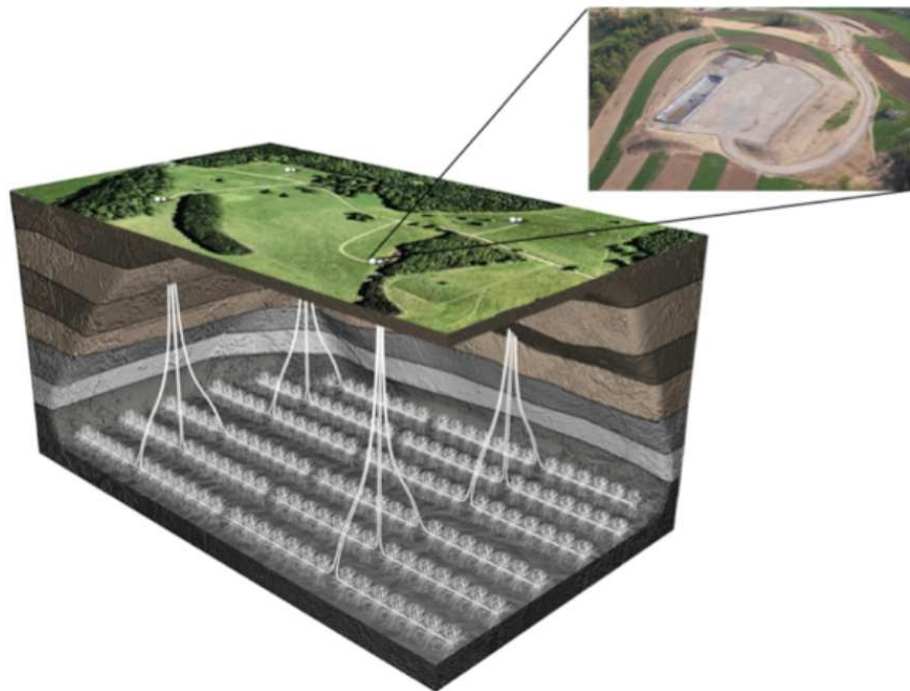
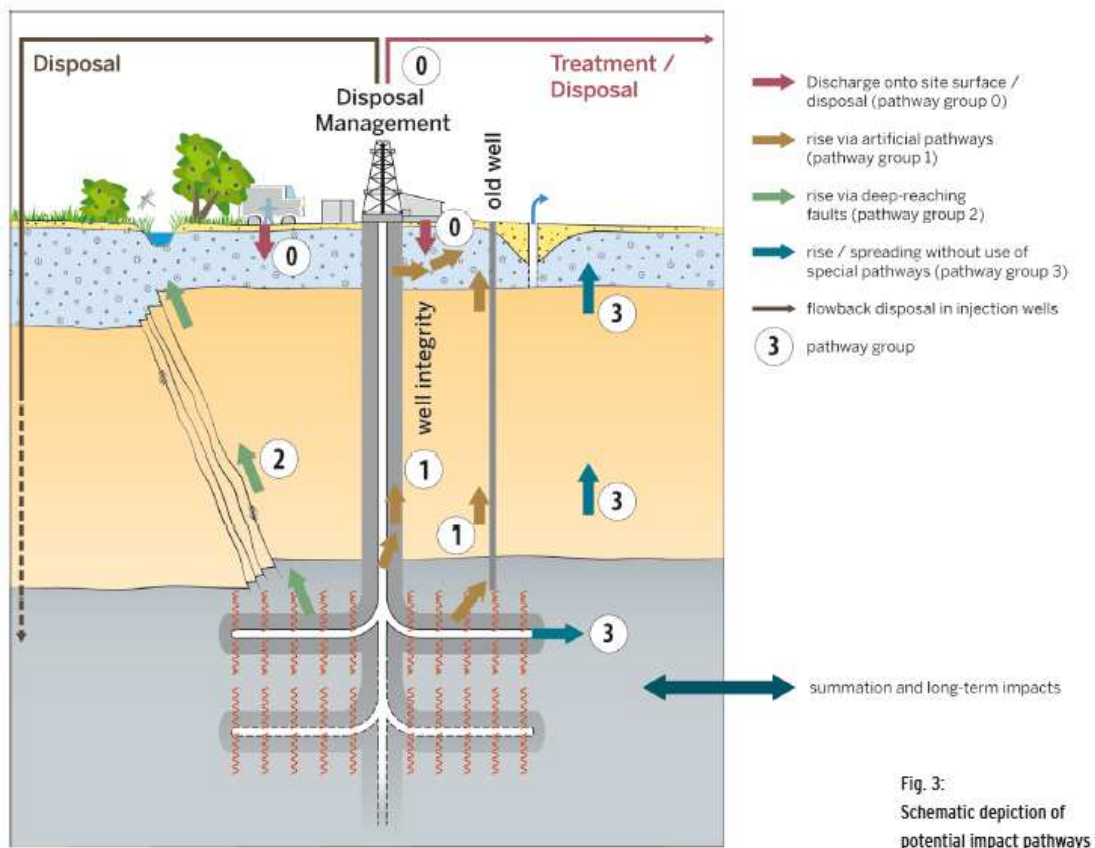
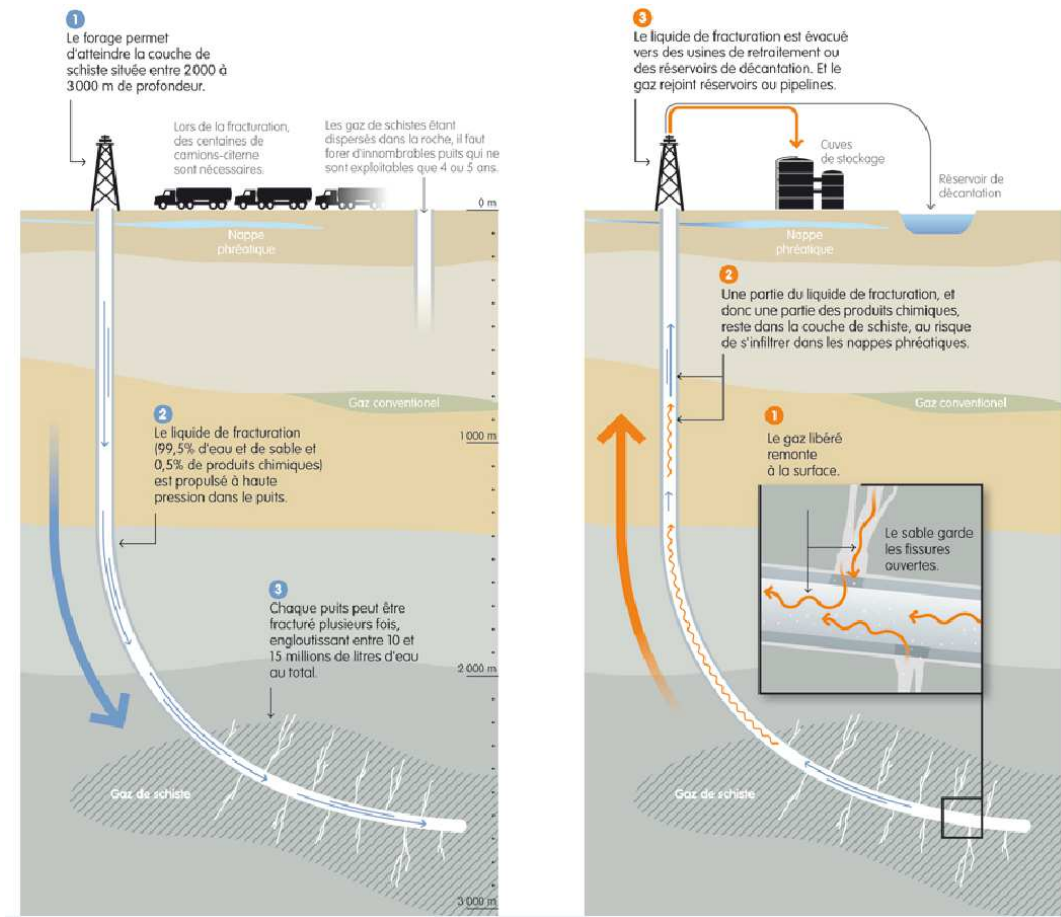


Figure 3-4: Multi-well pad development²³



D'autres problèmes majeurs sont relevés par les opposants à l'exploitation des ressources non conventionnelles. En effet, la fracturation hydraulique implique l'utilisation de très grandes quantités d'eau, auxquelles sont associées des produits chimiques variés qui aident au processus de fracturation, ainsi que du sable ou des billes de céramique qui permettent aux fractures créées de rester ouvertes et à la perméabilité artificielle de perdurer. Les additifs chimiques utilisés ont diverses fonctions telles que de contrôler la viscosité de l'eau, de servir de bactéricides, d'additifs anti-friction, de contrôler le pH ou encore la teneur en oxygène. La composition de certains produits utilisés, lorsqu'elle est connue, présente une toxicité réelle et il ne s'agit là que d'un des aspects présumés ou effectifs de la fracturation. En effet, d'autres questions se posent sur les risques de pollution des eaux de surface ou souterraines et de sismicité induite, mais aussi bien entendu d'impact sur les paysages, le sol, l'air ou encore le voisinage.

Des récents rapports très complets diligentés par l'Union Européenne et le gouvernement allemand en 2012 (*AEA 2012¹, AEA 2012², Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety 2012*) précisent les impacts potentiels sur la santé humaine, l'environnement et le climat de telles activités. S'ils n'excluent pas le développement de l'exploitation des gaz de schistes, ces travaux identifient un certain nombre de risques à traiter et tentent de les objectiver. Ils montrent que des impacts peuvent survenir en surface, avec par exemple le déversement intempestif de produits indésirables dans l'air, le sol, les eaux de surface ou les eaux souterraines. D'autres points d'attentions sont liés au forage et aux travaux de fracturation qui peuvent fonctionner comme des zones de faiblesse susceptibles de favoriser le transfert de polluants aux milieux. Un autre vecteur potentiel de polluant réside dans le réseau de faille existant dans le sous-sol qui risque de propager des substances à travers les couches géologiques et qui, par ailleurs, est susceptible de créer des séismes induits par la pression injectée. Enfin certains échanges liquides ou gazeux peuvent aussi avoir lieu à travers la série sédimentaire qui n'est pas forcément toujours imperméable. On voit donc que le sous-sol peut être très hétérogène et que des interventions dans cet espace peuvent avoir des incidences variées en fonction du contexte dans lequel elles s'opèrent. Ainsi, la connaissance préalable du sous-sol et de ses caractéristiques est un élément fondamental et indispensable à tous travaux en sous-sol.



Figures 6 et 7 schématiques présentant les différentes zones d'impact lors de travaux de forage profond et de fracturation. *Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (2012).*

Les pays ne sont pas unanimes dans leur accueil du développement des gaz de schistes. Si certains pays ont été d'emblée très ouverts au développement de cette activité (Etats-Unis, Canada, Pologne, Chine), d'autres tels que la Grande Bretagne ont lancé des commissions d'enquête avant de donner leur accord en préconisant une série de mesures à prendre (surveillance micro-sismique, gestion de la fracturation), certaines régions sont encore incertaines et dans l'attente de résultats complémentaires ou enfin demandent d'étudier les alternatives à la fracturation hydraulique (France).

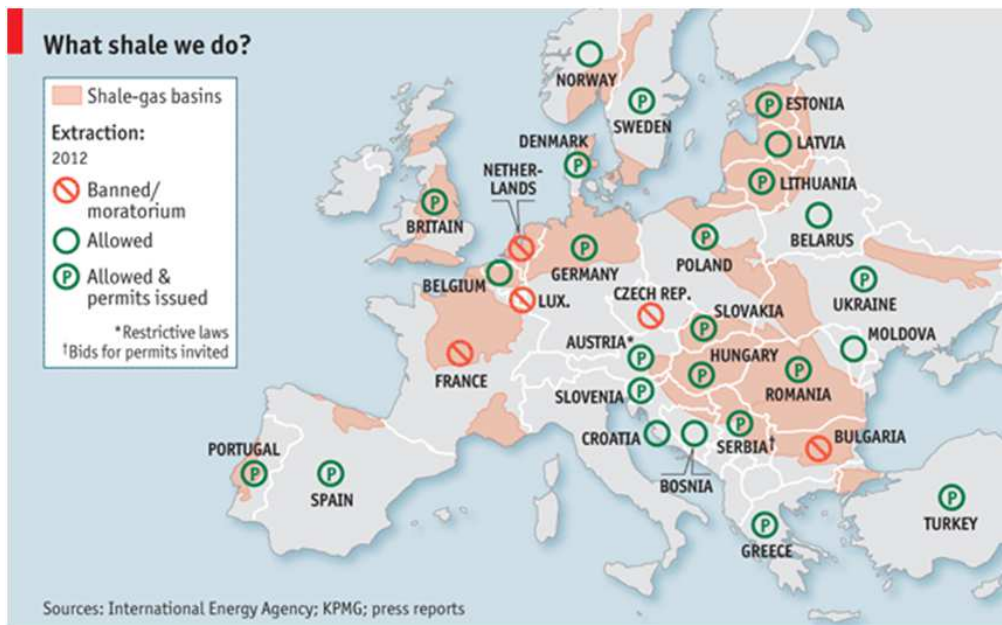


Figure 8 présentant les différentes visions que les pays européens ont de l'extraction des gaz de schistes. Les pays interdisant leur exploitation sont minoritaires et ceux qui ont déjà délivré des autorisations d'exploiter sont très nombreux. *The Economist*, 2 février 2013.

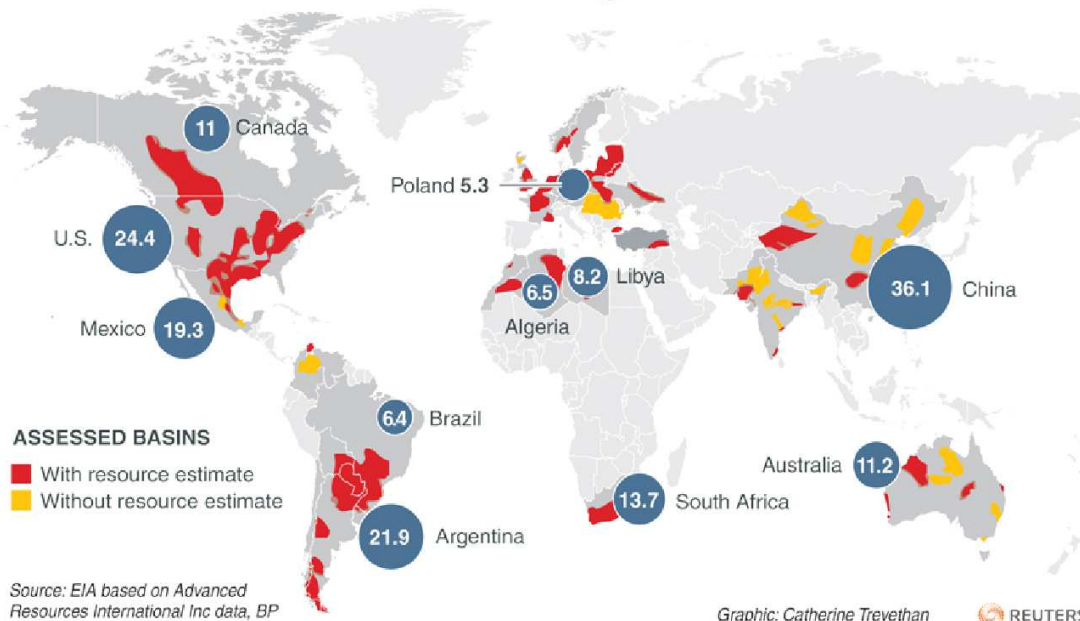
Même dans les Etats qui soutiennent cette activité, les cadres réglementaires ne cessent d'évoluer. Par exemple, l'Etat de New York a élaboré sur 3 ans un cadre réglementaire restrictif de 800 pages qui est devenu obligatoire depuis l'été 2011. En Pennsylvanie (USA), l'Etat a adopté de nouvelles mesures pour mieux encadrer l'exploitation des hydrocarbures de roche-mère. De nouveaux changement institutionnels vont encore survenir ces prochaines années car le débat des gaz de schiste est très loin d'être clos. En effet, son potentiel très important et les changements géopolitiques que son exploitation implique vont peser de tous leurs poids dans les débats qui auront lieu ces prochaines années. On remarque d'ailleurs depuis quelques mois une très forte production de rapports de tous types par les collectivités publiques régionales, nationales ou internationales, qui montre bien que les gouvernements cherchent à disposer d'éléments de décision dans ce contexte international très nouveau et changeant.

4. Etat des lieux de la ressource

La carte ci-dessous montre que les bassins sédimentaires susceptibles de renfermer des gaz de schistes sont nombreux et répartis à travers le monde entier. A titre informatif, la consommation annuelle mondiale de gaz est aujourd'hui d'environ 3000 milliards de m³ (= 3 Teramètres cube = 3 Tm³), la consommation américaine est d'environ 700 milliards de m³ (0.7 Tm³), en France il s'agit de 50 milliards de m³/an (0.05 Tm³) et en Suisse d'environ 4 milliards de m³/an (0.004 Tm³). Ainsi, les nouvelles ressources de gaz estimées récupérables au niveau mondial correspondent à pratiquement 50'000 ans de la consommation suisse actuelle (0.004 Tm³ /187 Tm³). Cependant, par pays, ces mêmes réserves supplémentaires sont moins impressionnantes et correspondent à « seulement » quelques décennies de consommation totale actuelle aux Etats-Unis (0.7 Tm³ / 24 Tm³) et une centaine d'année de besoin en France (0,05 Tm³ / 5 Tm³).

GLOBAL SHALE GAS BASINS

● Top reserve holders 200 - In trillion cubic metres



11

Figure 9. Répartition dans le monde des réserves de gaz de schistes

Le tableau ci-dessous présente une évaluation de l'Agence Internationale de l'Energie (AIEA) des ressources techniquement récupérables dans les pays du monde.

Tableau 1 - Ressources de gaz de schistes estimées récupérables dans les pays sélectionnés (doc. AIEA) [12]	
Région/Pays	Ressources techniquement récupérables (Gm ³)
Amérique du Nord	54 650
États-Unis	24 390
Canada	10 980
Mexique	19 270
Amérique du Sud	34 670
Argentine	21 900
Brésil	6 400
Autres pays évalués (6 pays)	6 370
Europe	18 080
Pologne	5 290
France	5 090
Norvège	2 350
Ukraine	1 190
Suède	1 160
Autres pays évalués (9 pays)	3 000
Afrique	29 480
Afrique du Sud	13 730
Libye	8 210
Algérie	6 510
Autres pays évalués (4 pays)	1 030
Asie	39 300
Chine	36 080
Inde	1 780
Pakistan	1 440
Australie	11 210
Total Pays évalués (36 pays)	187 390

On remarque que les principales réserves sont situées en Amérique du nord et du sud mais aussi en Chine, en Afrique du Sud ou en Australie. En Europe, les quantités estimées sont plus faibles mais représentent néanmoins potentiellement des décennies de consommation. Ainsi, des pays dépendant très fortement de l'étranger pour ses ressources en hydrocarbures tels que la Pologne ou la France disposeraient de ressources qui leur permettraient de gagner en indépendance énergétique.

Un autre élément fondamental est que le rapport de force existant actuellement pourrait être complètement chamboulé si ces différents potentiels venaient à être exploités. Par exemple, actuellement une bonne partie des pays européens dépendent très fortement du gaz russe. En diminuant cette dépendance, c'est non seulement les éléments de politique de l'énergie qui seraient modifiés mais aussi les autres aspects de la politique internationale.

La question de l'exploitation ou non de ces ressources nouvellement identifiées présente donc des enjeux majeurs, y compris pour la Suisse qui pourrait disposer de quelques ressources nouvelles dans son sous-sol bien qu'elle n'ait aucune tradition d'exploitation d'hydrocarbures.

5. La situation américaine

Comme vu précédemment, l'Amérique du nord présente les ressources en gaz de schiste techniquement récupérables les plus importantes du monde. Couplé à une volonté forte de relancer l'économie et à un besoin grandissant en énergie, les Etats-Unis se sont lancés depuis moins de 10 ans dans une course effrénée vers l'exploration et l'exploitation des gaz de schiste. Les statistiques internationales montrent bien cette nouvelle fièvre de la prospection et de l'exploration, puisqu'à chaque rapport annuel de l'agence internationale de l'énergie, les réserves de gaz non conventionnels ne cessent d'augmenter.

Figure 2-3: Estimates of remaining recoverable resources for unconventional gases in the USA in successive Annual Energy Outlooks from the EIA¹³

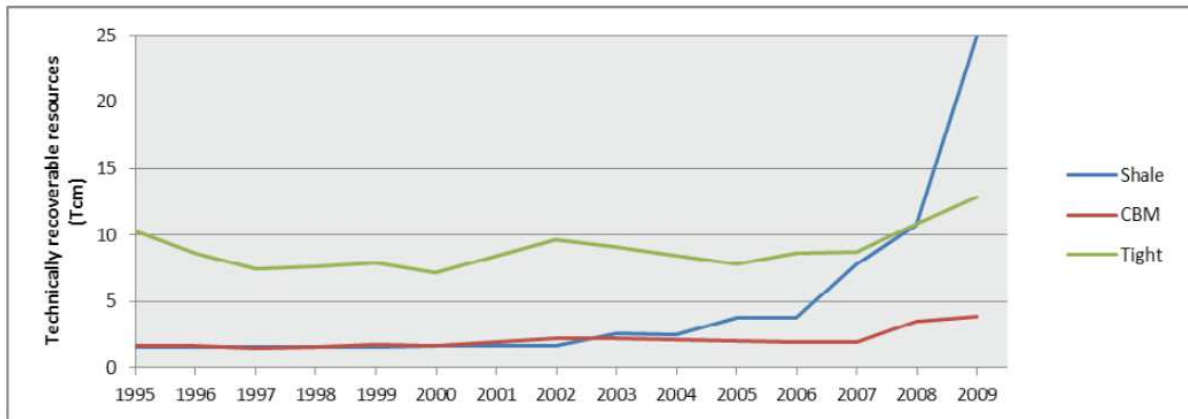


Figure 10. Augmentation spectaculaire des ressources en gaz non conventionnels techniquement récupérables aux Etats-Unis ces dernières années. *Shale = gaz de schistes, CMB = gaz de houille, Tight = tight gaz. Pearson et al. (2012)*

Cette vague exploratoire a été suivie d'une forte augmentation de l'exploitation et de la production de gaz non conventionnel ce qui laisse penser qu'à l'horizon 2030 les Etats-Unis pourraient non seulement être indépendants énergétiquement mais aussi devenir le plus grand producteur de gaz du monde.

Figure 4-8: Barnett Shale drilling in 1997 and 2009, Ft. Worth Basin, Texas, USA⁴⁰

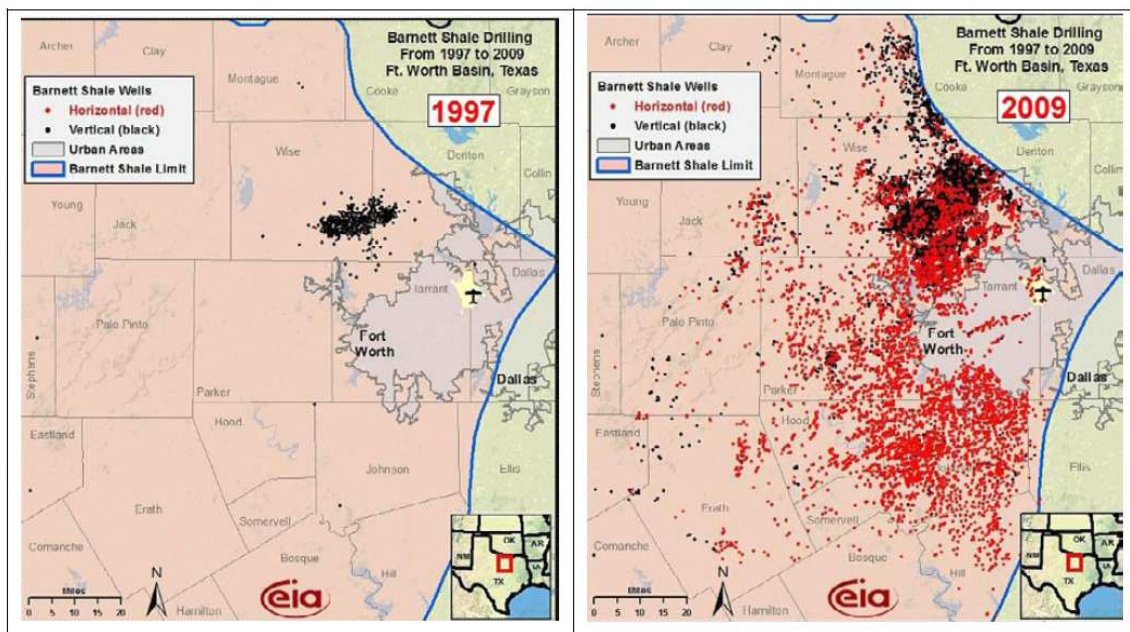


Figure 11. Exemple de développement de puits dans le Texas aux Etats-Unis. L'augmentation du nombre de puits horizontaux (en rouge) nécessaires pour l'exploitation des gaz de schistes est exponentielle et emblématique du développement de l'exploitation des gaz non conventionnels en Amérique du nord. *Pearson et al. (2012).*

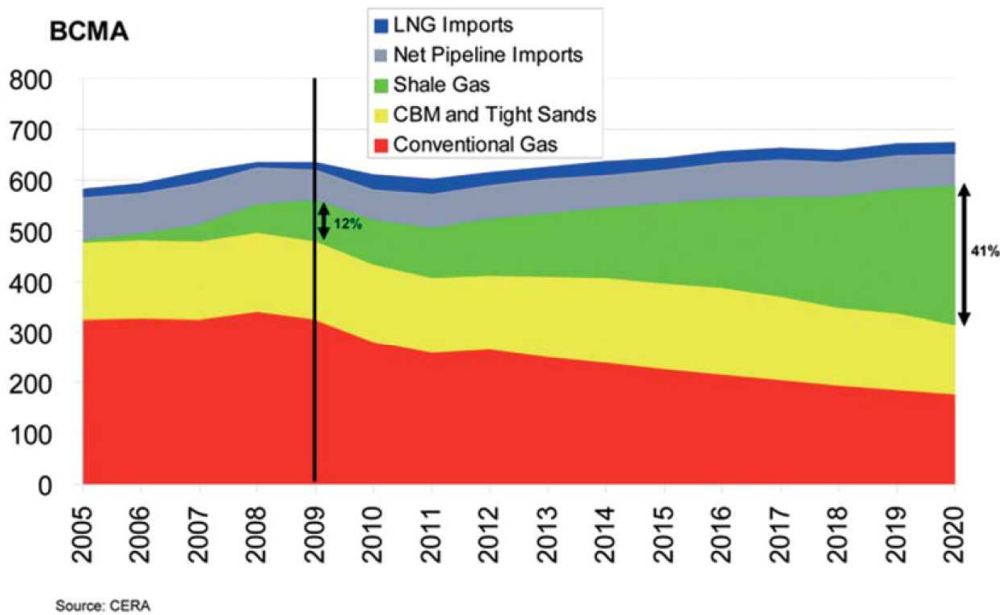


Fig. 4: Impact of unconventional gas on the US gas supply. In 2010 unconventional gas is already covering more than 50 % of the total US production. Shale gas is expected to supply 41 % of the total US demand by 2020. (Source CERA, courtesy of Ken Chew, IHS, 2010).

Figure 12. Production projetée de gaz naturel en 2020 aux Etats-Unis. Le niveau de production des gaz des schistes va fortement évoluer ce qui implique que le besoin d'importation pourraient rester bas malgré l'augmentation des besoins. Burri (2010).

Cette très forte hausse de la production de gaz de schistes implique que les prévisions de besoin d'importation ne cessent d'être revues à la baisse dans les statistiques internationales. Comme le montre la figure ci-dessous cette évolution est extrêmement rapide puisque deux études séparées montrent une baisse drastique des besoins d'importation entre 2007 et 2010.

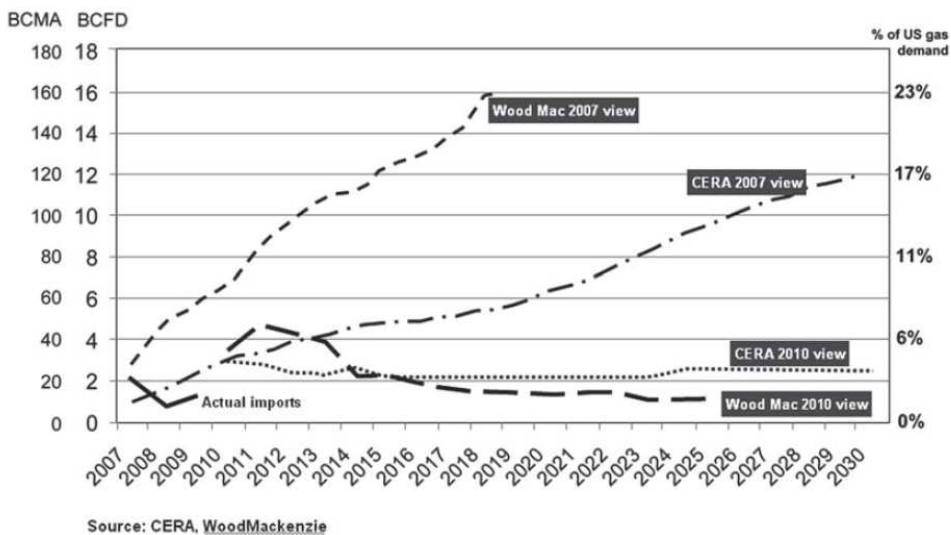


Fig. 5: The dramatic impact on LNG imports. Predictions in 2007 forecast a very substantial LNG import of up to 25 % into the US by 2020. Present forecasted LNG import volumes by the same institutions are negligible. [Courtesy of V. Neumann, Gazprom Germania 2010].

Figure 13 montrant que dans les dernières prévisions les Etats-Unis n'auraient plus besoin de compter sur des importations pour pouvoir être indépendants au niveau de leur besoin en gaz naturel en 2030. In Burri (2010).

Cette forte hausse de la production ne se fait pas sans heurts puisque cette course effrénée à la production a eu une incidence très forte sur le prix du gaz en Amérique. En effet, les cours se sont effondrés et sont actuellement extrêmement bas, ce qui implique de nombreuses difficultés de rentabilité pour les

entreprises qui, paradoxalement, peuvent disposer de cette ressource. Ce marché fait donc l'objet d'une forme de bulle des prix bas qui vont amener des restructurations et une évolution des acteurs où seuls certains pourront tenir la dynamique actuelle avant que les prix ne se régulent à nouveau. La mise à disposition à prix très bas de gaz sur le marché américain a d'autres incidences en cascade. En effet, la production d'électricité à partir de gaz commence à fortement concurrencer celle qui était produite à partir de charbon. De nombreuses centrales à gaz de production d'électricité ont suppléé les centrales à charbon et permette de fournir de l'électricité à un prix tout à fait concurrentiel tout en libérant nettement moins de polluants dans l'atmosphère. Ainsi, les Etats-Unis sont paradoxalement un des seul pays au monde qui réussira à réduire drastiquement ses émissions de CO2 en substituant le gaz au charbon.

Figure 5-6: Average cost of coal and gas for electricity generation in the United States of America, January 2007 - October 2011²¹

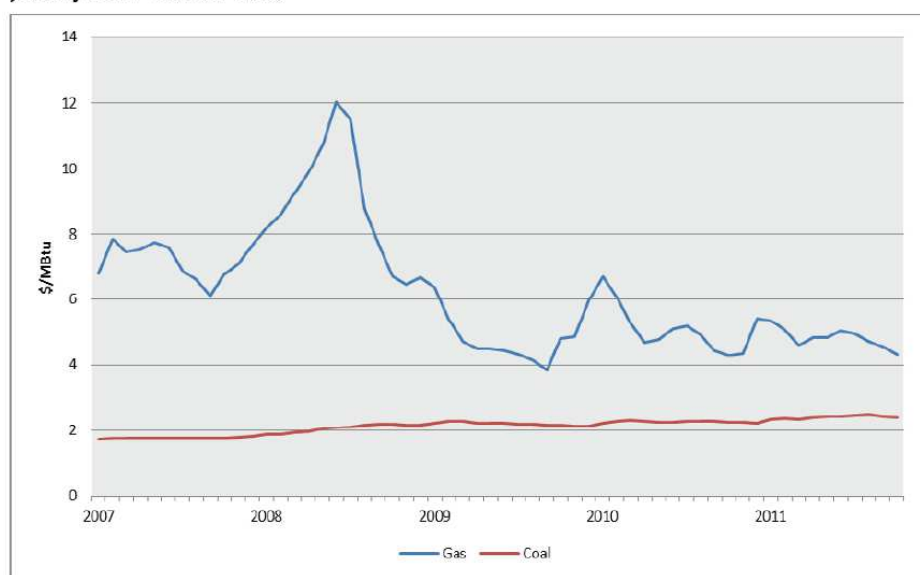


Figure 14. Coûts moyens de l'électricité basée sur le charbon et le gaz aux USA. Leurs prix sont maintenant beaucoup plus proche ce qui pousse les Etats-Unis à substituer le gaz, beaucoup plus propre, au charbon. *Paerson (2012)*.

Cependant, étant un grand producteur de charbon, qui trouve de moins en moins de preneurs sur le marché interne, les exportations de charbon américain ont très fortement augmenté et inondent notamment le marché européen où il concurrence fortement le gaz, principalement russe. Dès lors, à l'inverse des Etats-Unis, certains pays européens ont relancé leur production d'électricité à partir de charbon en prolongeant la vie d'usines vieillissantes ou en installant de nouvelles centrales, ce qui impacte la possibilité d'atteindre certains objectifs climatiques de réduction d'émission de CO2.

La substitution du charbon par le gaz aux Etats-Unis va se poursuivre, ce qui donne des arguments environnementaux complémentaires, susceptibles de compenser les problèmes liés à la fracturation, à ceux qui soutiennent l'exploitation des gaz de schiste. Ce mécanisme rend le discours et les pesées d'intérêts environnementaux très complexes qui ne faciliteront pas les décisions de principes qui seront très certainement débattues en Europe ces prochaines années.

Figure 5-5: Planned additions to coal and gas-fired electricity capacity in the United States of America (aggregate 2011-2015)²⁰

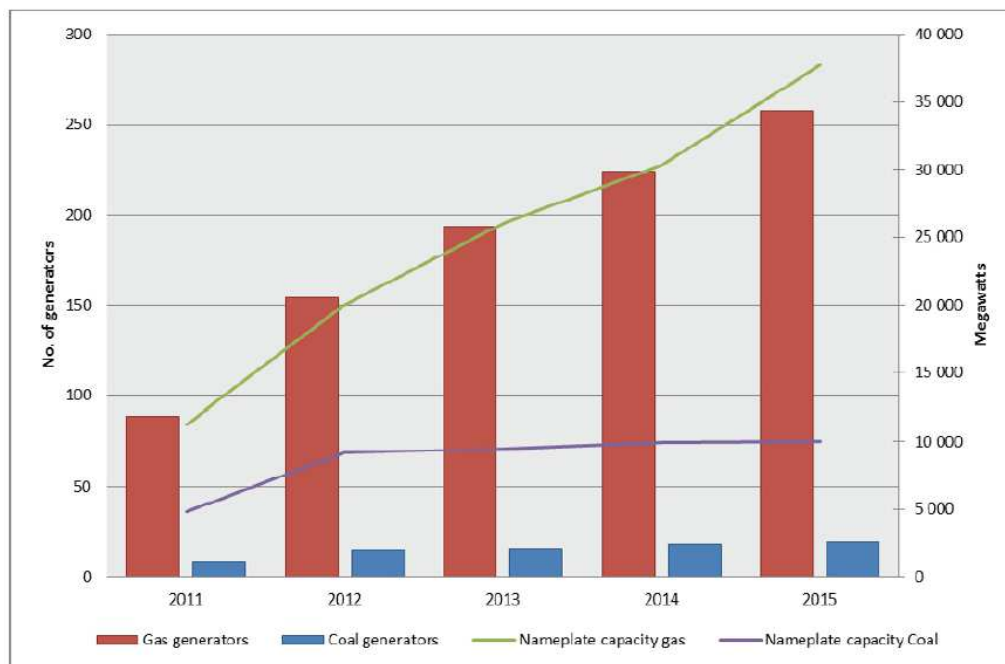


Figure 15. Projection de l'évolution des capacités de production électrique à partir de gaz et de charbon aux Etats-Unis d'ici à 2015. Pearson et al. (2012)

6. La situation en Suisse

Aucune évaluation fine des réserves potentielles du sous-sol suisse n'a été effectuée. Cependant, le bassin molassique, ou Plateau suisse, s'étend de la région genevoise au Canton de St-Gall et présente une structure et une histoire géologique favorable au développement de gaz non conventionnel. La prospection et l'exploration du sous-sol profond de la Suisse n'ont pas été aussi intensives que celles du bassin bavarois par exemple ou encore du bassin molassique autrichien qui pourtant montrent d'importantes similarités avec nos contrées. Ainsi, il n'est absolument pas exclu que des roches mères du Permo-carbonifère ou encore de la base du Jurassique soient des cibles intéressantes pour l'exploitation de gaz de schiste. Diverses compagnies, comme Schuepbach Energy GMBH ou Celtique Energie Ltd, s'intéressent d'ailleurs au territoire helvétique et ont demandé des permis de recherche en surface dans les cantons de Vaud et Fribourg. En 2011, tous les cantons romands ont durci leurs positions puisque Fribourg n'a pas reconduit le permis d'explorer de Schuepbach Energy qui arrivait à échéance, Vaud a décrété un moratoire pour la délivrance de tout permis de recherche concernant les gaz de schiste et Genève a fait part de sa préoccupation face aux permis de recherche accordés en France voisine.

En Suisse, les autorités sont donc pour le moment plutôt très largement défavorables à l'exploitation potentielle de gaz de schiste. Cette vision prudente implique un impact potentiel sur l'acceptation d'autres projets tels que celui de Petrosvibri à Noville même s'il ne s'agit pas d'un projet d'exploitation de gaz de schiste. Cette frilosité initiale associée à la très faible quantité de données relatives au sous-sol profond existantes, donc à la méconnaissance de l'état des ressources, impliquent que vraisemblablement aucun projet d'exploitation de gaz de schiste ne verra le jour en Suisse à courte et moyenne échéance.

Néanmoins cette thématique nouvelle commence à être intégrée dans les services des administrations cantonales et des travaux juridiques de révision des bases légales sont actuellement entrepris dans divers cantons afin de définir comment traiter d'éventuelles demandes. Ces modifications de lois cantonales seront donc associées à des débats parlementaires et ce dossier pourrait donc faire parler de lui en Suisse d'ici une année ou deux.

7. Impacts sur le prix de l'énergie

L'accès très soudain à cette nouvelle ressource a amené des bouleversements majeurs sur les prix de l'énergie, aux Etats-Unis comme vu précédemment mais aussi en Europe.

Depuis des décennies, les courbes de production de gaz non conventionnel et de prix aux Etats-Unis suivaient des évolutions globalement identiques. En effet, à une demande accrue correspondait une hausse des prix et une hausse de production. Depuis 2007 environ, la mise sur le marché rapide de grandes quantités de gaz de schistes a fait voler en éclat cette concordance.

Figure 1-1: Shale gas production and wellhead gas prices in the United States of America¹¹

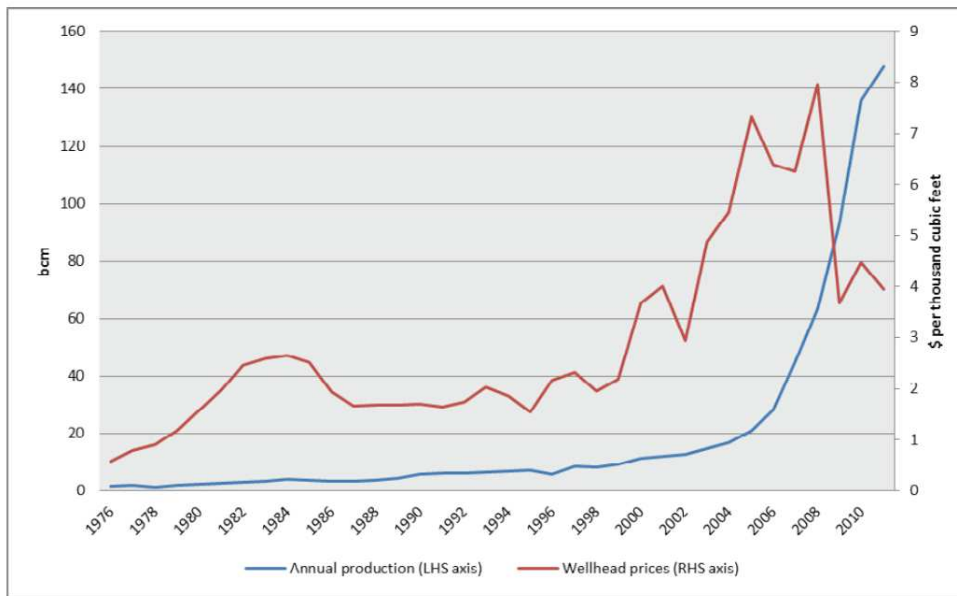


Figure 16. Evolution de la production de gaz de schistes et des prix. Depuis 2007, les courbes ne sont plus en phase. Pearson, I. et al. (2012).

Par ailleurs, le prix du gaz naturel était jusqu'en 2006 très similaire dans le monde entier. Depuis l'avènement des gaz de schistes, le marché s'est contrasté avec un prix du gaz aux Etats-Unis 2 à 3 fois moins cher qu'ailleurs dans le monde.

Figures 17 et 18 présentant l'évolution des prix globaux du gaz naturel en Europe et aux Etats-Unis et au Japon.

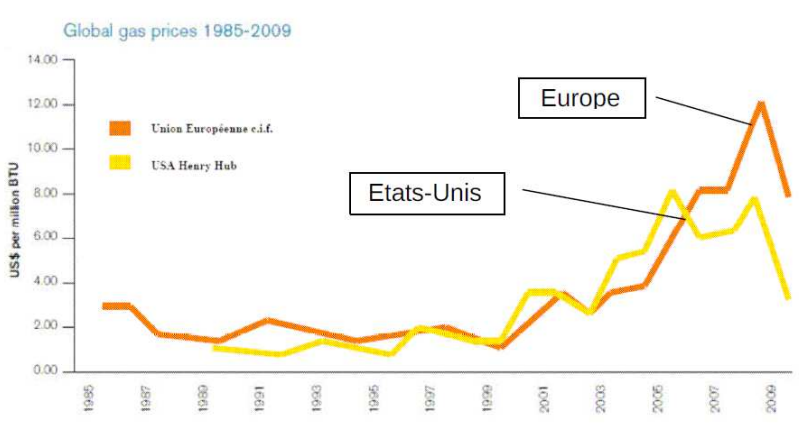
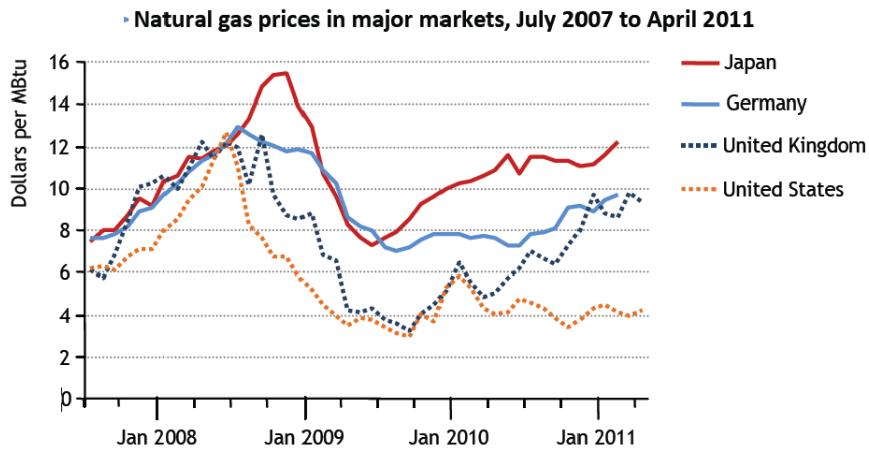


Figure 5. Source : statistiques BP



[source AIE / WEO / June 2011 / Special Report]

Par ailleurs, la compétition que se livrent le gaz conventionnel et le gaz non conventionnel en matière de prix a pour incidence que depuis quelques années, le prix du gaz naturel conventionnel s'est découplé du prix du pétrole auquel il était depuis toujours lié.

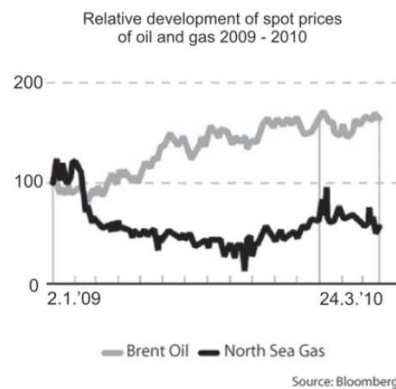


Fig. 10: Relative development of oil and gas spot prices in 2009 - 2010. The decoupling of gas from oil prices is likely to be a fundamental, structural change - reflecting the in-creasing gas to gas competition [Bloomberg, New York Mercantile exchange, 2010, web site].

Figure 19. Développement relatif du prix du pétrole et du gaz naturel entre 2009 et 2010. *Burri (2010)*

8. Géopolitique et gaz de schiste

Les changements majeurs associés à l'exploitation des gaz de schiste bouleversent la géopolitique internationale en particulier car les gisements potentiels ne sont pas toujours situés dans les pays qui sont déjà de grands producteurs de gaz naturel.

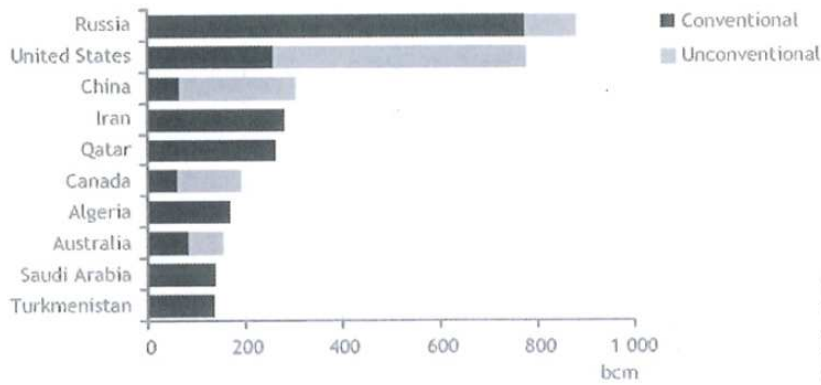


Fig. 14: Forecasted share of unconventional gas production 2035 in main gas producing countries (courtesy IEA 2011).

Figure 20. Prévision sur la production de gaz conventionnel et non conventionnel dans différents pays à l'horizon 2035. L'av nement de l'exploitation des gaz de schistes implique une redistribution des forces. *Burri (2012)*

Dès lors, ce constat associé aux attitudes adoptées par les différents pays dans leur acceptation ou leur refus d'exploiter cette ressource vont impliquer une redistribution très importante et complexe des cartes. Certains, comme la Pologne, voient miroiter la possibilité de gagner en indépendance énergétique et de moins dépendre de la Russie et sont clairement favorables à l'exploitation de cette nouvelle manne. Dans d'autres pays tels que la France, la méfiance est de mise et les enjeux environnementaux barrent, pour le moment du moins, le chemin vers l'exploitation.

Figure 1-2: Primary production of natural gas and energy import dependence in the EU-27¹⁸

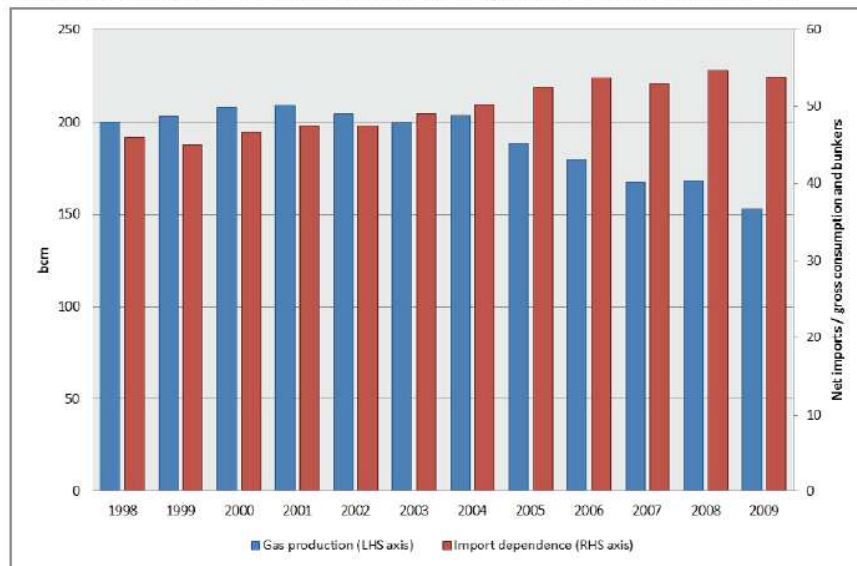


Figure 21 présentant la baisse régulière de production de gaz conventionnel dans l'Europe des 27. En parallèle, le niveau de dépendance énergétique envers d'autres parties du monde ne cesse d'augmenter. Certains voient dans l'exploitation des gaz de schiste, la possibilité de contrer cette tendance. *Pearson, J. et al. (2012)*

Figure 6-24: Conservative (above) and optimistic (below) European shale gas production in the low-growth scenario

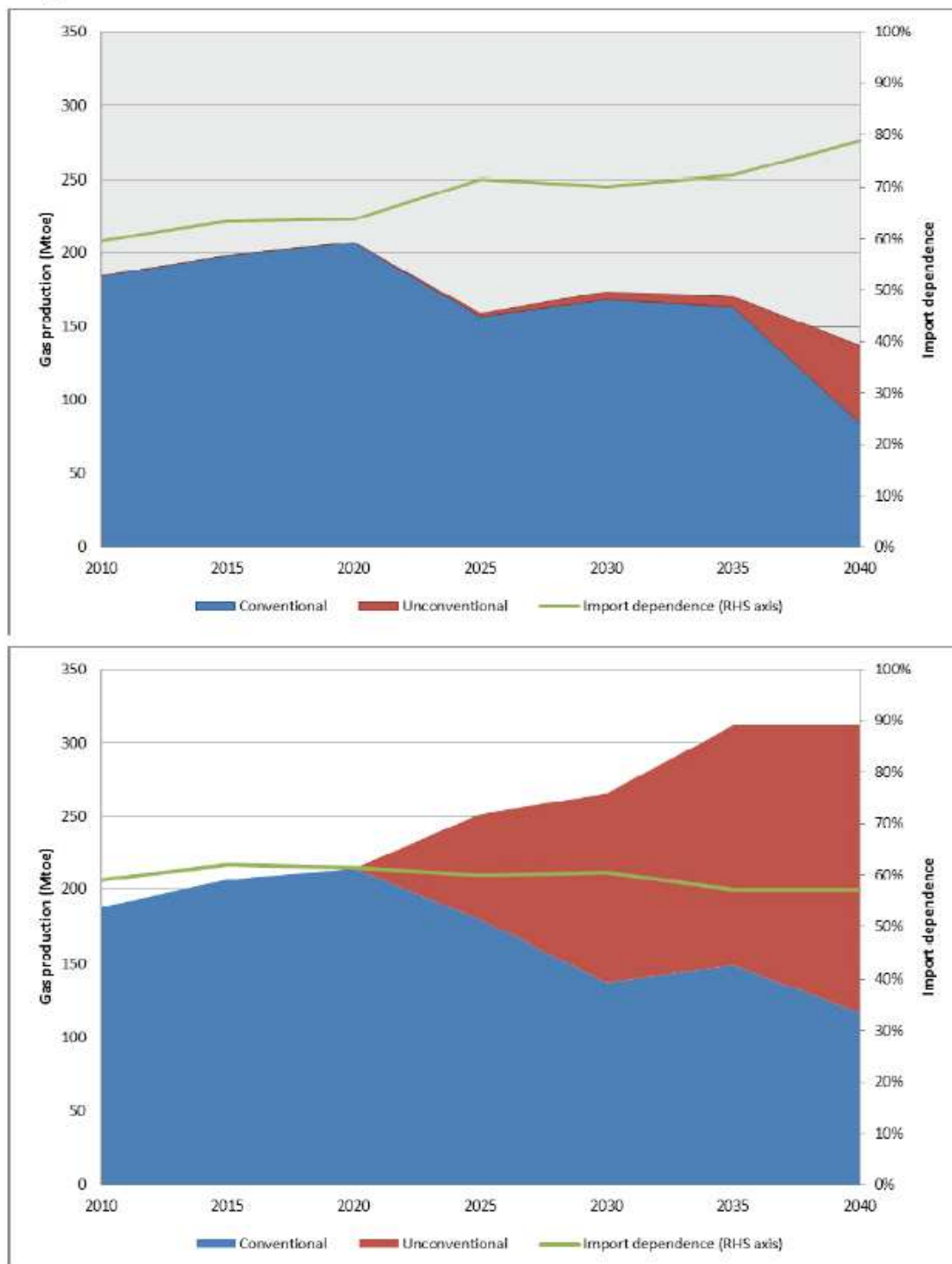


Figure 22 présentant deux scénarios du développement de l'exploitation des gaz de schistes dans l'Europe des 27. Dans le scénario du haut, la production de gaz de schistes ne se développe que très peu alors que la production de gaz conventionnel ne cesse de décroître. Cette ressource se raréfiant, le niveau de dépendance énergétique augmente fortement. Dans le scénario du bas, le potentiel disponible dans le sous-sol européen fait l'objet d'une exploitation accrue ce qui permet faire face à l'augmentation des besoins, tout en jugulant les niveaux de dépendance énergétique. *Pearson et al. (2012)*.

Cependant, la question de l'indépendance énergétique n'est pas la seule qui se pose sur le terrain géopolitique. En effet, l'exploitation massive des gaz de schistes permet aux Etats-Unis de disposer d'une ressource énergétique 50 à 70 % moins chère qu'ailleurs dans le monde, mais aussi d'une nouvelle source de matière première pour relancer la pétrochimie et donc la production de produits tels que les plastiques,

solvants, emballages, lubrifiants ou peintures. De même, certaines industries particulièrement gourmandes en énergie comme la sidérurgie ou encore la cimenterie pourraient recoloniser les Etats-Unis après avoir été délocalisées à de nombreux endroits ailleurs dans le monde. Des investissements massifs dans des centres de production pétrochimiques ont eu lieu ces derniers mois aux Etats-Unis et sont emblématiques de cette redistribution des forces qui est entrain de se produire.

En effet, le principal composant pétrochimique à la base de très nombreux plastiques est l'éthylène. Jusqu'alors cet éthylène était principalement produit à partir de naphta, un dérivé du pétrole. Lors de la production de gaz de schistes, des grandes quantités d'éthane sont récupérés et ce dérivé du gaz permet aussi de produire de l'éthylène. Dès lors, les producteurs de gaz de schistes possèdent une matière première de qualité, l'éthane, à un prix environ 3 fois inférieur à celui du naphta. PricewaterhouseCoopers souligne que le coût de l'éthylène aux Etats-Unis pourrait tomber de 1000 dollars la tonne avant l'ère des gaz de schistes à quelque 300 dollars la tonne. Du coup, la production américaine deviendra la plus compétitive au monde devant celle de l'Arabie saoudite (455 dollars la tonne). En Europe, à défaut de disposer d'éthane en suffisance, les industriels utilisent principalement le naphta comme matière première et, malgré les coûts de logistique, produisent de l'éthylène environ 30 à 50% plus cher qu'aux Etats-Unis.

Le tableau de la figure 23 montre les très nombreux projets d'investissement dans l'industrie pétrochimique aux Etats-Unis qui résultent de l'émergence des gaz de schiste, et qui déboucheront sur une capacité supplémentaire de production d'éthylène de 11 millions de tonnes à l'horizon 2017. Dow Chemical a notamment récemment annoncé qu'elle avait demandé un permis de construire pour élever sa plus grande usine de production d'éthylène à Freeport, Texas qui aura une capacité de 1,5 millions de tonnes par an. Il s'agit d'un investissement de 1,7 milliard de dollars, qui s'inscrit dans un programme de 4 milliards de dollars au Texas et en Louisiane (De Meyer, 2012). Exxon de son côté va construire une usine de production d'éthylène à Baytown au Texas pour un investissement de plus d'un milliard de dollars. Dès 2016-2017, l'usine d'éthylène alimentera deux usines de polyéthylène d'une capacité annuelle de 1,3 millions de tonnes. D'autres groupes tels que Chevron Philips Chemical s'inscrivent dans ce schéma et projettent de construire de nouveaux centres de production.

L'Europe a déjà commencé à réduire ses capacités de production depuis 2010 et va devoir continuer car la situation s'aggrave. Total, par exemple, a réduit ses capacités de production de 20% entre 2007 et 2011 et a annoncé qu'il continuerait à ce rythme entre 2012 et 2017. Il semble que tous les vapocraqueurs qui produisent moins de 400'000 tonnes par an sont menacés de fermeture car pas assez rentables. Ineos a fermé des installations à Grangemouth en Ecosse, Shell a réduit sa production à Wesseling et à Heide en Allemagne et ExxonMobil a fait de même à Fawley en Angleterre.

L'impact sur les autres parties du monde est moins bien documenté mais on peut néanmoins mentionner le fait que Saudi Basic Industries Corp. (SABIC), le principal acteur pétrochimique du monde, actif principalement en Arabie Saoudite, réfléchit sérieusement à être prochainement un investisseur actif aux Etats-Unis et ailleurs dans le monde où les gaz de schistes seront exploités (Bloomberg, novembre 2012).

Les nouveaux centres de production pétrochimiques américains seront opérationnels dès fin 2016-2017. Il faut donc s'attendre à d'importantes redistributions des forces à cette échéance. L'Europe consomme aujourd'hui 13 millions de tonnes de polyéthylène et en importe 2,5 millions, alors que sa capacité de production est de 17 millions de tonnes. Déjà en très forte surcapacité, l'Europe va devoir complètement restructurer ses centres de production et se spécialiser sur des produits de niche, si elle veut pouvoir faire face aux nouvelles exportations américaines vers l'Europe qui pourraient atteindre 6 millions de tonnes d'ici quelques années (Feitz, A. 2013).

Recent and Potential Investment in the Petrochemical Industry Resulting from Shale Gas Extraction

Company	Company Headquarters	Project	Capacity (tonnes/year)	Location of US Development/Expansion	Cost	Start-up
ExxonMobil Chemical	TX, USA	New cracker	1.5 m	Baytown, TX	N/A	2016
Chevron Phillips Chemical	TX, USA	New cracker	1.5 m	Cedar Bayou, TX	N/A	Q1 2017
Dow Chemicals	MI, USA	New cracker	World-scale	Gulf Coast	N/A	2016–2017
Shell Chemicals	Netherlands	New cracker	World-scale	Northeast	N/A	2016–2017
Formosa Plastics	Taiwan	New cracker	800,000	Point Comfort, TX	\$ 1.7 billion	2016
Dow Chemical	MI, USA	Restart	390,000	St. Charles, LA	N/A	End 2012
Westlake Chemical	TX, USA	Expansion	108,863	Lake Charles, LA	N/A	H2 2012
Williams	OK, USA	Expansion	272,158	Geismar, LA	\$ 350–400 m	Q3 2013
INEOS	Switzerland	Debottleneck	115,000	Chocolate Bayou, TX	N/A	End 2013
Westlake Chemical	TX, USA	Expansion	113,399	Lake Charles, LA	N/A	2014
LyondellBasell	Netherlands	Expansion	386,000	Laporte, TX	N/A	2014
Methanex	Canada	Relocating methanol plant	N/A	LA	N/A	N/A
Considered Expansions						
Bayer MaterialScience	Germany	New cracker	N/A	WV	N/A	N/A
Sasol	South Africa	New cracker	1.0-1.4 m	Lake Charles, LA	\$ 3.5–4.5 billion	N/A
Indorama Ventures	Thailand	New cracker	World-scale	N/A	N/A	2017
LyondellBasell	Netherlands	Expansion	N/A	Channelview, TX	N/A	N/A
SABIC	Saudi Arabia	New cracker	World-scale	N/A	N/A	N/A
Braskem	Brazil	New cracker	N/A	N/A	N/A	N/A
Occidental Chemical	CA, USA	New cracker	N/A	Ingleside, TX	N/A	N/A
Aither Chemicals, Renewable Manufacturing Gateway	WV, USA	New cracker	N/A	Northeast	\$ 750 m	2016

Sources: Joe Chang, AFPM: Shale Gas Leads to Mega-Projects; American Chemical Council (ACC), USA, report, Shale Gas and New Petrochemicals Investment, 2011; Jesse Thompson, Booming Shale Gas Production Drives Texas Petrochemical Surge.

Figure 23. Nouveaux investissements prévus dans l'industrie pétrochimique aux Etats-Unis.

Sur le terrain de la stabilité internationale, les choses pourraient très largement changer ces prochaines années. En effet, les Etats-Unis pourraient être autosuffisants au niveau énergétique d'ici quelques années et risquent fort dès lors d'être moins soucieux d'assurer la stabilité de certaines contrées, notamment moyen-orientales, qui étaient stratégiquement très importantes jusqu'alors.

D'autres pays tels que la Chine continuent de dépendre très fortement (et pour quelques années encore même si l'exploitation des gaz de schiste commence en Chine aussi) de ressources du Golfe, dont la sécurisation par les Etats-Unis pourrait se fragiliser. La Chine ne disposant pas d'une flotte militaire capable de sécuriser les routes maritime d'acheminement du pétrole du Golfe, il est possible que se soit quand même les Etats-Unis qui continuent d'assurer ce rôle pour des Etats tiers, tout en renforçant sa position vis-à-vis de ces derniers à qui des compensations pour services rendus pourraient être demandées.

On voit donc bien que la question de l'exploitation des gaz de schiste est complexe et que les débats entourant cette thématique sont très loin d'être aboutis. Il y a autant de situation qu'il y a de pays dans le monde et tant l'appréciation des enjeux environnementaux que les contextes de niveau de dépendance

énergétique sont très différents d'un pays à l'autre. Cet état de fait implique qu'il sera difficile de dégager un consensus international unique face à l'attitude à adopter en matière d'exploitation de gaz de schistes.

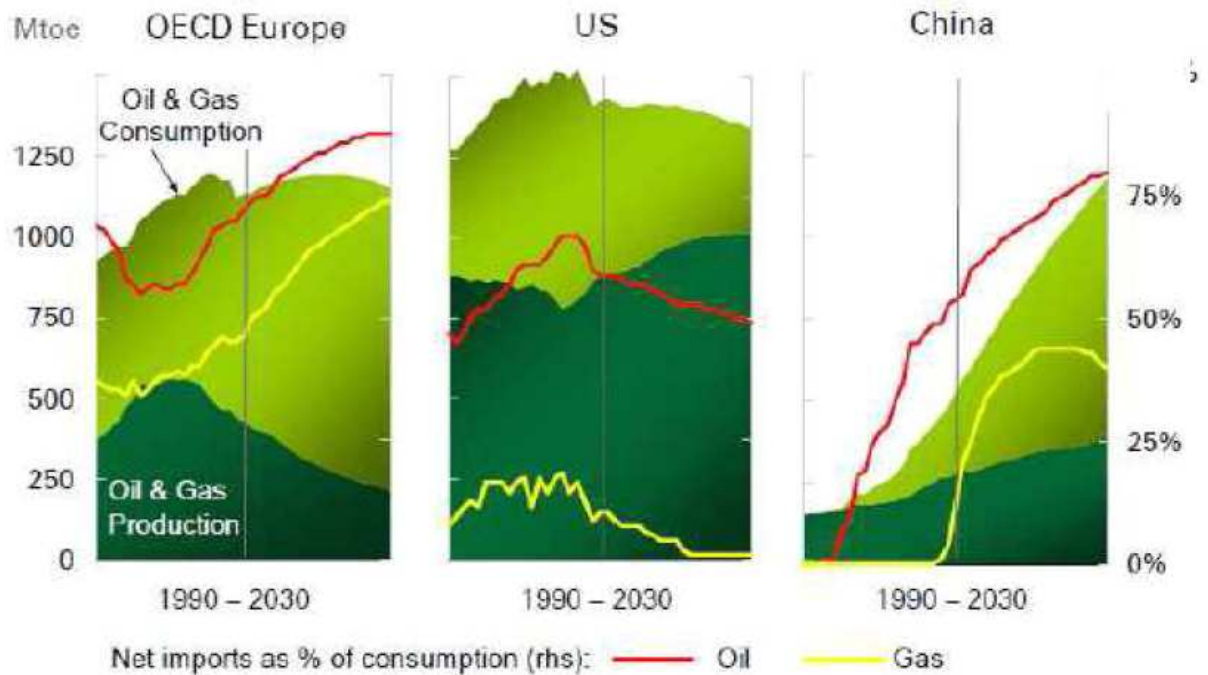


Figure 24 montrant les différences très importantes existantes et attendues entre l'Europe, les Etats-Unis et la Chine en matière production de gaz et de pétrole et de niveau de dépendance aux hydrocarbures. Dans les grandes lignes, la position américaine va se renforcer face aux européens et chinois pour qui la dépendance énergétique ne devrait cesser d'augmenter. BP Energy outlook 2030 in *Ministères français (2012)*

9. Bibliographie

ACC (2011). Shale Gas and New Petrochemical Investment : Benefits for the Economy, Jobs and U.S. Manufacturing. *Report of American Chemistry Council, March 2011. 31 pages*

AEA (2012). Support to the identification of potential risks for the environment and human health arising from hydrocarbons operations involving hydraulic fracturing in Europe. *AEA/R/ED57281. Issue Number 17. 292 pages.*

AEA (2012). Climate impact of potential shale gas production in the EU. *Final Report. AEA/R/ED57412. Issue 2. 158 pages.*

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2012). Umweltauswirkungen von Fracking bei der Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas der unkonventionellen Lagerstätten. *Risikobewertung, Handlungsempfehlungen und Evaluierung bestehender rechtlicher Regelungen und Verwaltungsstrukturen. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. FG II 2.1, FKZ 3711 23 2999. 467 pages.*

Burri, P. (2010). A revolution in gas – The rise of the unconventional. *Swiss Bull. Angew. Geol. Vol. 15/2, pp. 35-44.*

Burri, P. et al. (2011). The Potential of Unconventional Gas – energy bridge to the future (with a review of European unconventional gas activities). *Swiss Bull. angew. Geol, vol 16/2, pp. 3-55.*

Conseil général (de l'économie), de l'industrie, de l'énergie et de technologies. Conseil général de l'environnement et du développement durable (2012). Les hydrocarbures de roche-mère en France. *Rapport initial et rapport complémentaire (suite à la loi du 13 juillet 2011) créant la Commission d'orientation, de suivi et d'évaluation des techniques d'exploration et d'exploitation des hydrocarbures liquides et gazeux. 201 pages.*

De Meyer, Karl (2012). Les gaz de schiste bouleversent la pétrochimie aux Etats-Unis. *Les Echos, 17 décembre 2012.*

Favreau, D. et Rouaud, T. (2012). Gaz non conventionnels. *Dossier Techniques de l'Ingénieur. 9 pages.*

Feitz, Anne (2013). L'essor des gaz de schiste américains menace la pétrochimie européenne. *Les Echos, 12 février 2013.*

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (2012). Environmental Impacts of Hydraulic Fracturing Related to Exploration and Exploitation of Unconventional Natural Gas Deposits – *Short Version. 38 pages.*

Pearson, I. et al. (2012). Unconventional Gas : Potential Energy Market Impacts in the European Union. *A Report by the energy security unit of the European commission's joint research centre. JRC Scientific and Policy reports. European Commission. 328 pages.*

Philippe & Partner (2011). Final report on unconventional gas in Europe. *In the framework of the multiple framework service contract for legal assistance, TREN/R1/350-2008 lot 1. Brussels, 104 pages.*

Poissonier, H. (2013). La révolution géopolitique du gaz de schiste s'accomplit sans l'Europe. *Le Monde 17.01.2013.*