

Le changement climatique c'est sérieux ?

Arthur Riedacker (ancien membre de la Mission Interministérielle de l'Effet de Serre)

En 2008 les pays du G8 réunis à Hokkaido au Japon se sont engagés à diviser par deux les émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2050. Cet objectif a été soutenu par les pays signataires de la Convention sur le climat, même par les États Unis, bien que ces derniers n'aient par ailleurs, contrairement aux autres pays riches, jamais pris d'engagement de réductions quantifiées de leurs émissions dans le cadre du Protocole de Kyoto.

Cet engagement, basé sur les travaux du Groupe Intergouvernemental pour l'Étude du Climat (GIEC, IPCC en anglais)¹, doit éviter les risques et dangers d'une dérive climatique susceptible de devenir incontrôlable en cas de dépassement, d'ici cette date, d'une augmentation de la température moyenne du globe supérieure à 2 °C. Cela suppose de maintenir d'ici là les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère en dessous de 450 ppm.

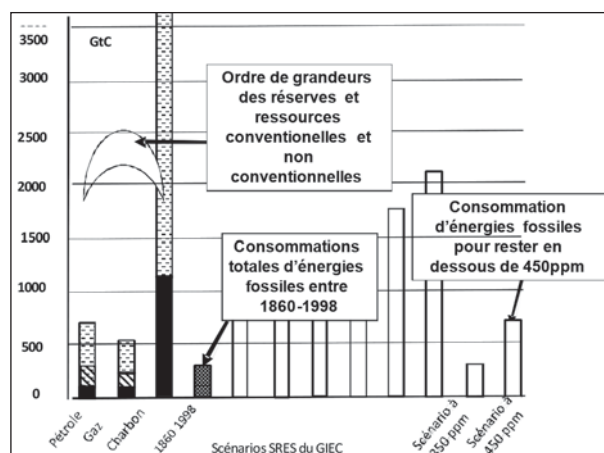
Très légitimement, les experts se sont donc penchés sur la question des scénarios d'émissions de GES pour éviter une augmentation supérieure à 2 °C. C'est en principe encore à notre portée soulignait récemment Valérie Masson-Delmotte², dans l'un des scénarios - *le plus optimiste* - du prochain rapport du GIEC, à paraître en 2014.

Regardons donc ces scénarios et en particulier ce que cela suppose comme choix dans l'utilisation des combustibles fossiles.

Vers des pénuries de combustibles fossiles ?

Ce n'est pas la pénurie naturelle de combustibles fossiles qui va permettre d'atteindre la stabilisation du climat. Les ressources fossiles seront toujours supérieures à la capacité d'absorption et d'auto-régulation du système climatique. Cette conclusion figurait déjà dans le résumé pour décideurs du troisième rapport du GIEC de 2001 (Fig. 1)

Fig. 1 : Quantités de carbone présentes dans les réserves et les ressources de pétrole, de gaz et de charbon par rapport aux émissions historiques des combustibles fossiles entre 1860 et 1998.



1 - Conclusions du troisième rapport de 2001 confirmées par le quatrième rapport de 2007

2 - La Recherche, février 2013

Ces consommations sont comparées aux émissions pour divers scénarios d'émissions, d'ici 2100, et au scénario de stabilisation à 450 ppm de GES dans l'atmosphère³.

Dès le second rapport du GIEC de 1995⁴, on estimait que les réserves de pétrole conventionnel identifiées en 1990 (6000 EJ – 144 milliards de tep) atteignaient presque le double des consommations historiques entre 1860 et 1990 (80 Gtep) et que celles de pétrole non conventionnel (de sable bitumeux, d'huile de schistes, etc.) étaient encore légèrement supérieures (170 Gtep) aux réserves conventionnelles.

Pour le gaz, on estimait les consommations historiques jusqu'en 1990 de ressources conventionnelles à 115 Gtep et de ressources non conventionnelles dont celles des « schistes »⁵, (ou des shale) à 165 Gtep.

Pour le charbon les consommations historiques étaient estimées à 220 EJ et les ressources identifiées à plus de 1 000 Gtep.

À côté de ces ressources théoriquement exploitables il y en a d'autres comme les clathrates (des hydrates de méthane du fonds des océans), qui étaient évaluées alors à plus de 19 000 Gtep. Mais celles-ci ne seront peut-être jamais exploitables ; elles sont encore techniquement inaccessibles. En outre, leur exploitation risque de s'accompagner de fuites très importantes de méthane vers l'atmosphère.

Christophe de Margerie, PDG de Total, dans une interview au journal Le Monde du 11 janvier 2013 confirme l'importance des gisements d'énergie fossile : « *Les découvertes et le développement de nouvelles technologies ont permis d'accroître les ressources pétrolières dont le monde dispose sur le long terme. Grâce en particulier aux huiles et gaz de schistes. Concernant le pétrole nous estimons que nous disposons de plus de cent ans de ressources sur la base des consommations actuelles. Et plus de cent trente ans pour le gaz. En revanche nous sommes confrontés au « peak capacity », c'est-à-dire à notre capacité à transformer toutes ces ressources en réserves développées. Le niveau de production de pétrole devrait donc commencer à plafonner vers 2020-2025.* »

Ce ne sont donc pas les pénuries de ressources fossiles qui vont limiter suffisamment les émissions de GES des combustibles fossiles. Ni, sans doute, les coûts d'exploitation des divers gisements, mais bien, idéalement, une réduction volontaire de l'utilisation de ces combustibles fossiles, ainsi qu'un choix des ressources les moins dommageables pour le climat. Avec l'objectif de limitation des concentrations de GES dans l'atmosphère à 450 ppm plus des deux tiers des réserves actuellement prouvées d'énergies fossiles - estimait l'AIE à la conférence sur le climat de Doha en décembre 2013- ne devront d'ailleurs pas être exploitées d'ici 2050!

Le gaz d'abord ?

Dans une optique d'arbitrage entre différentes ressources fossiles, il est donc légitime de s'intéresser tout d'abord au gaz naturel. Le gaz naturel ne dégage en effet lors de sa combustion que 2,4 t de CO₂ par tep (tonne d'équivalent pétrole, ou 42 GJ) contre 3,2 t et plus de 4 t de CO₂, respectivement pour le pétrole et le charbon. En outre, quand ce gaz est utilisé pour la production d'électricité, les différences d'émissions sont encore plus grandes : à l'avantage du gaz naturel, puisque les rendements des centrales à charbon classiques n'atteignent qu'environ 35 %, contre près de 60 % pour les centrales à gaz modernes à cycles combinés⁶. Si l'on pouvait capturer et stocker géologiquement le gaz carbonique résultant des combustions dans les centrales thermoélectriques, après la combustion, ce qu'on appelle généralement la CSC, (Capture et Stockage du CO₂ ou CCS en anglais), le surcoût par kWh électrique, bien que conséquent, serait évidemment nettement inférieur avec du gaz comme énergie primaire à la place du charbon encore utilisé dans la moitié des centrales électriques thermiques des États Unis et dans la majeure partie de ces centrales en Chine et en Inde.

On ne s'étonnera donc pas que l'Agence Internationale pour l'Énergie mette aujourd'hui l'accent sur le scénario gaz présenté ci-dessous (fig. 2). Dans ce scénario il s'agit, notamment, d'accroître tout d'abord l'efficacité énergétique, de remplacer du charbon par du gaz et surtout, à partir de 2025, de stocker le gaz carbonique résultant des combustions du gaz naturel.

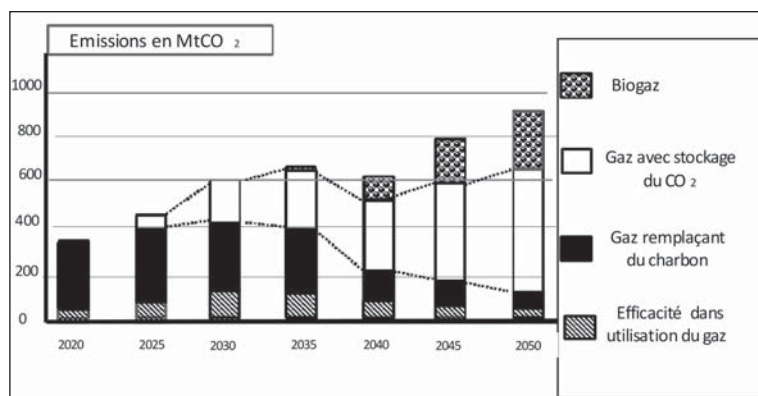
3 - D'après la figure 2 du résumé pour décideurs du troisième rapport du GIEC, (2001).

4 - Rapport de base « Impacts adaptation et réduction des émissions de GES », 879 pages, tableau B-3, page 87).

5 - Traduction inexacte de « shale gas » pour le gaz naturel extractible des roches sédimentaires, les schistes ne renferment en effet pas de gaz naturel cf. Normand Mousseau (2010) *La révolution des gaz de schistes* ; Éditions Multimondes, Québec 146 pages,

6 - Par exemple de l'ordre de 820 g de CO₂ par kWh électrique pour une centrale à vapeur à charbon contre 430 à 470 g pour une centrale à gaz avec un rendement de 52 %. Source : Guide Biomasse Énergie, Publication de l'IEPF Collection Point Repère N° 4 Sous la direction d'Yves Schenckel et Boufeldja Abdallah avec la collaboration d'Arthur Riedacker et de Philippe Girard 2005.

Fig. 2 : Scénarios d'utilisation du gaz pour éviter une augmentation de la température moyenne du globe supérieure à 2 °C d'ici 2050



(D'après la présentation de l'AIE à la conférence sur le climat à Doha, en décembre 2012)

La capture - stockage géologique du CO₂ (CSC) et les fuites de méthane lors de l'exploitation des gaz de schistes dans ce scénario ?

Ce scénario pose deux problèmes : D'une part arrivera-t-on vraiment à des coûts de CSC par tonne de CO₂ acceptables ? Et d'autre part, les fuites de méthane accompagnant l'extraction des gaz de schistes (ou de shale) ne sont-elles pas susceptibles de remettre en cause l'avantage présumé de ce gaz par rapport au charbon ? Si « le changement climatique c'est sérieux »⁷, il convient certainement de regarder d'un peu plus près ces deux questions.

Le stockage géologique du CO₂

Pour la CSC voici ce que recommandait Bert Bolin, premier président du GIEC, dans son intervention aux Nations Unies en mai 1992 : à côté de l'augmentation de l'efficacité énergétique, « les technologies pour séquestrer le gaz carbonique issu des combustions d'énergies fossiles méritent des investigations, car nous dépendons encore pendant un certain temps des ces combustibles comme sources primaires d'énergie ».

Beaucoup de spécialistes travaillent sur cette question depuis le début des années 1990. Mais dans la pratique, on repousse régulièrement les échéances de mise en place de cette technique, en apparence séduisante :

- On a abandonné l'injection du gaz carbonique dans le fond des océans ; parce que cela acidifiait localement la mer et aussi parce que, sous l'effet de la circulation des masses d'eau et du réchauffement qui réduit sa solubilité, ce gaz risquait de repartir ultérieurement vers l'atmosphère.
- On a également avancé le danger des fuites lors du transport dans des carbo-duc. Car à la différence du méthane et de l'hydrogène, dont les densités sont inférieures à celles de l'air et qui de ce fait montent et se diluent dans l'atmosphère quand ils s'échappent, le gaz carbonique reste tout d'abord près du sol. Ce qui peut entraîner des insuffisances d'oxygène dans les zones de fuite, comme par exemple celles qui ont été constatées jadis à l'occasion de fuites naturelles du lac Nyos.
- Certains craignent aussi qu'après enfouissement, non pas dans les anciennes poches de gaz ou de pétrole, mais dans certains aquifères salins, le gaz puisse à nouveau s'échapper. La combinaison du gaz carbonique avec certaines roches comme les péridotites permettrait de remédier à cet inconvénient.
- Les sites d'enfouissement proches des lieux d'émissions pourraient en outre être insuffisamment nombreux et trop mal répartis pour que cette technique puisse se développer largement. Mais en fin de compte ce qui paraît le plus réhibitoire est le coût de la CSC, que certains industriels ont essayé d'évaluer. Celui-ci se situerait encore autour de 100 \$ la tonne de CO₂. Et aucun de ceux que nous avons interrogés n'estime actuellement qu'il puisse atteindre moins de 60 \$ la tonne de CO₂ avant 2020. Or, sur le marché des droits d'émissions européens le prix de la tonne de CO₂ oscillait, avant la crise de 2008, entre 15 et 20 € la tonne de CO₂ ; il est maintenant d'environ 6 €, c'est-à-dire presque dix fois inférieur au prix estimé de la CSC en 2020.

Pas étonnant donc qu'aucune des nouvelles centrales électriques à charbon, pour lesquelles on avait pourtant annoncé qu'elles seraient couplées à des CSC, n'ait encore été équipée de ce procédé. Pour l'instant, et depuis le début des années 1990, on en est toujours au stade des recherches. Il paraît donc peu probable que cette option puisse vraiment devenir économiquement viable de sitôt. Il y a encore de sérieux progrès techniques et économique à réaliser avant de pouvoir envisager l'introduction et la diffusion à réellement grande échelle de ce procédé.

7 - Titre du journal « Le Monde » attribuant cette affirmation à Christophe de Margerie.

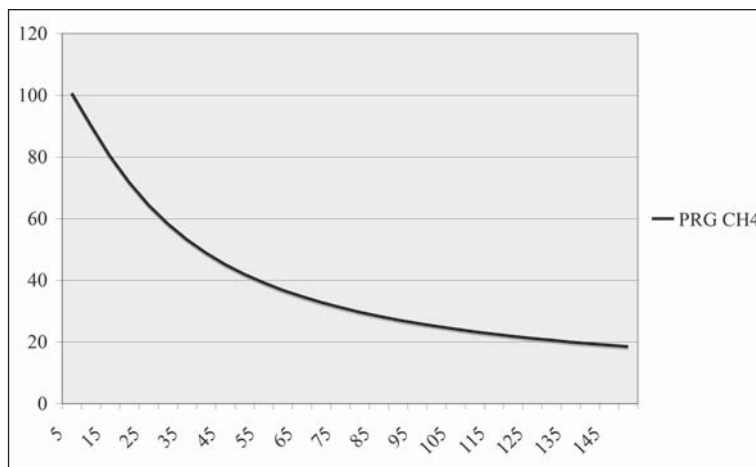
Les fuites de méthane

Dans ce qui précède on a par ailleurs supposé qu'il n'y avait pas de fuites de méthane entre le site d'extraction et son site d'utilisation. Or il y en a⁸. Dans ces conditions l'avantage du gaz sur le charbon se maintient-il ?

Une tonne de méthane émise dans l'atmosphère provoque en effet selon le GIEC, à l'horizon de 20 ans, un réchauffement entre 64 fois (chiffres des années 1990) et 72 fois (chiffre plus récent) plus important que l'émission d'un même poids de gaz carbonique. À l'horizon de 100 ans, étant donné que le méthane a une durée de vie inférieure à celle du CO₂, cet effet n'est, toujours selon le GIEC, plus que de 20 à 23 fois plus important que celui du CO₂. Pour un horizon de 50 ans, ce potentiel, désigné sous le nom de Pouvoir de Réchauffement Global (PRG), se situerait autour de 42 (cf. Fig. 3 et tableau Dessus et al. 2008⁹).

Compte tenu de la décroissance du PRG, ces derniers ont proposé d'utiliser des valeurs du PRG en fonction des horizons temporels choisis (Fig. 3). Ainsi, si on voulait réellement stabiliser le climat d'ici 2050 il faudrait au moins retenir en 2015, tout au moins pour le méthane, un PRG de 53, c'est-à-dire au moins deux fois plus important que celui (entre 21 et 25) qui est habituellement retenu pour un horizon de 100 ans !

Fig. 3 : Évolution du PRG du méthane en fonction des horizons temporels considérés (Dessus et al. 2008)



Année	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
PRG	101	90	80	72	64	58	53	49	45	42
Année	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
PRG	39	37	35	33	31	30	28	27	26	25
Année	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
PRG	24	23	23	22	21	21	20	19	19	18

Daniel et al.(2009) reconnaissent, dans le rapport du GIEC sur les métriques alternatives¹⁰, que « les PRG ont de nombreuses insuffisances, bien documentées, quand ils sont utilisés dans les métriques pour atténuer le changement climatique dans une approche multi-gaz » (...) Si l'on autorise des droits à polluer permettant d'échanger les émissions de CO₂, contre du CH₄ ou d'autres gaz à effet de serre de durées de vie encore plus courtes (que le méthane) en utilisant un PRG à 100 ans, un forçage radiatif à long terme supplémentaire est ajouté au système (...). En faisant de tels échanges (et avec ces équivalences à 100 ans pour le méthane et le gaz carbonique comme par exemple dans les projets MDP du Protocole de Kyoto) le forçage radiatif est prolongé.(...) Si le PRG continue à être choisi dans la métrique des protocoles internationaux il est essentiel que les décideurs politiques soient bien informés des conséquences des choix des horizons temporels ».

Dans leurs conclusions de 2009 les experts du GIEC reconnaissent par ailleurs dans le résumé exécutif que :

- (3) Le PRG à 100 ans est utilisé dans le Protocole de Kyoto. Les valeurs numériques du PRG peuvent dépendre fortement du choix de l'horizon. Le choix de tout horizon implique des jugements de valeurs en termes d'engagements futurs concernant le forçage radiatif.
- (4) Des informations en temps utile sur les futurs objectifs politiques faciliteraient la recherches de métriques alternatives.

8 - La remise du rapport de l'EPA (Agence pour l'Environnement des États Unis) sur la vaste enquête sur les gaz de schistes qui devait paraître fin 2012 semble maintenant reportée à 2014. Entre temps le directeur de l'EPA aura changé de même que le Secrétaire d'État à l'Énergie (Le Monde 8/2/ 201).

9 - Dessus B., B. Laponche et H. Letreut (2008) Réchauffement climatique : l'importance du méthane, Cahier de Global Chance N° 24 mars 2008 et des mêmes auteurs (2013) Quelles émissions de gaz à effet de serre faut-il réduire, La Recherche, février 2013, N° 472, 46-50.

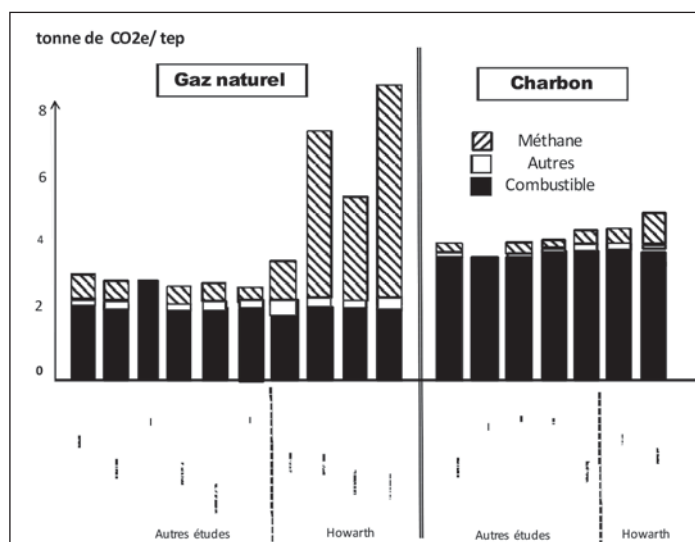
10 - Plattner G.K., Stocker T., Midgley P., et Tignor M. (2009), IPCC Expert Meeting on the Science of Alternatives Metrics, 75 pages, IPCC publication. Il y est précisé que c'est un "Supporting material prepared for consideration by the Intergovernmental Panel on Climate Change. This material has not been subjected to formal IPCC process review".

Conséquences du choix des PRG pour les gaz de schistes

Benjamin Dessus, dans l'article « Que penser de l'affaire des gaz de schistes »¹¹ décrit bien les processus d'extraction et les nuisances que peuvent générer ces extractions. Nous nous contenterons donc ici de souligner les malentendus que l'ignorance de cette décroissance temporelle du PRG du méthane peut entraîner. Des études récentes d'Howarth et al.(2011), de l'Université de Cornell aux États Unis, ont montré qu'avec les méthodes actuelles d'extraction, les fuites, en particulier pour les gaz de schistes, pourraient ne pas être négligeables. Cela pourrait remettre en cause, tout au moins pour le climat, la supériorité des gaz de schistes par rapport au charbon, et bien évidemment aussi par rapport au pétrole.

L'UIG (Union internationale du gaz) d'où est tiré la Fig. 4 ci-dessous, conteste cependant les conclusions d'Howarth et al. 2011. Elle avance que d'autres études montrent que, malgré les fuites de méthane, l'avantage du gaz ne serait pas à remettre en cause. Dans toutes les études les autres émissions liées à l'extraction comme la gestion de l'eau génèrent des gaz n'ayant qu'un faible effet de serre supplémentaire par rapport aux émissions provenant de l'utilisation des combustibles. Elle reproche à Howarth et al. (2011) « d'avoir utilisé un potentiel de réchauffement (PRG) du gaz supérieur à celui largement accepté par le GIEC » et de n'avoir pas utilisé les données de l'EPA (Agence Américaine pour l'Environnement) et donc ne pas aboutir aux mêmes conclusions que les autres auteurs¹². Or ces autres auteurs employaient, mais cela n'est pas précisé dans la brochure, des PRG à des horizons de 100 ans. Pas étonnant donc qu'il y ait des divergences...

Fig. 4 : Analyses de cycles de vies pour le gaz et le charbon d'après diverses études, dont celle de Howarth et al (2011).



Ces analyses tiennent compte des émissions provenant de fuites de méthane (en hachuré) accompagnant l'extraction des combustibles et les émissions de GES provenant de la gestion de l'eau (en blanc) et de la combustion du gaz naturel ou du charbon (en noir).

Howarth et al. distinguent pour le gaz naturel les émissions des extractions conventionnelles et des extractions de gaz de schiste (shale gas). Pour le charbon ils distinguent les extractions de charbon affleurant et souterrain. On a exprimé ici les émissions en tonnes eq CO₂ par tep.

Quelles conclusions tirer ?

« Si le climat c'est sérieux », et si l'objectif retenu par le G8 réuni à Hokkaido en 2008 est sérieux, il importe que les négociateurs de la Convention climat, mandatés par leurs pays, demandent officiellement au GIEC de préciser la métrique qu'il convient de retenir pour le méthane à différents horizons temporels¹³, notamment pour limiter le réchauffement moyen mondial à moins de 2 °C d'ici 2050. Il convient à cet effet de suivre les procédures officielles de saisine du GIEC par les gouvernements sous la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement cli-

11 - Dans ce même numéro de Global Chance.

12 - Shale Gas. The Facts about the Environment Concerns, (juin 2012), Brochure de l'Union Internationale du Gaz, juin 2012, pages 36-37 (www.igu.org).

13 - Par exemple la courbe des PRG proposée par B. Dessus, B. Laponche et H. Letreut. Grâce à un mandat politique clair donné par les gouvernements au GIEC, qui est un organe intergouvernemental. Ce dernier devrait alors pouvoir répondre positivement et rapidement à cette demande. H. Letreut est en effet par ailleurs membre du groupe I du GIEC (de celui qui s'occupe de la science du climat) et Jean Jouzel, vice-président de ce même groupe. Ils devraient donc pouvoir appuyer cette demande de manière interne au GIEC.

matique. Cela exige notamment que le gouvernement français mette cette question à l'ordre du jour d'une réunion des parties à la convention climat, par exemple pour la prochaine réunion de mai 2013.

D'autre part, compte tenu des menaces pour le climat que constituent les fuites de méthane, notamment lors de l'exploitation des gaz de schistes, il importe de renforcer sérieusement les études et mesures relatives à ces fuites, et le cas échéant, de proposer un moratoire mondial¹⁴ pour l'exploitation des gaz de schistes, en attendant que l'on ait réussi à mettre au point des techniques qui rendent réellement ces fuites négligeables pour le renforcement de l'effet de serre et qui rendent par ailleurs l'exploitation de ces ressources acceptable localement¹⁵.

À défaut il faudrait peut-être envisager d'instaurer, pour les importations de produits fabriqués dans les pays exploitant, ou utilisant, des gaz de schistes (de shale) et dont le niveau moyen d'émissions de GES par habitant est égal ou supérieur à la moyenne européenne (comme par exemple les États Unis, le Canada et l'Australie), une taxe carbone aux frontières de l'Europe. Cela devrait évidemment également inciter à plus de rigueur et de précautions les Polonais ainsi que les Anglais qui envisagent d'autoriser l'exploitation des gaz de schistes.

Si, compte tenu de l'ampleur que semblent prendre les gaz de schistes dans les bouquets énergétiques mondiaux, les questions que nous venons de poser n'étaient pas prises en compte correctement, à quoi serviraient les inventaires de gaz à effet de serre par pays ? Et comment ferait-on alors pour diviser réellement les émissions par 2 d'ici 2050 au niveau mondial comme le recommandaient les chefs d'états du G8 réunis à Hokkaido en 2008 ?

« Aucun pays du monde, soulignait déjà en 1990 Mostafa Tolba, alors Secrétaire Général du Programme des Nations Unies pour l'Environnement, « ne peut protéger son propre morceau de ciel ni réduire les émissions de gaz à effet de serre au-dessus de son territoire uniquement. Nous avons besoin d'un véritable partenariat mondial »

14 - Le Québec impose un moratoire total sur les gaz de schiste en attendant l'évaluation du BAPE selon Alexandre Robillard, *La Presse Canadienne* Publication : 06/02/2013. Aux États Unis le gouverneur du New Jersey avait imposé un moratoire d'un an, mais celui-ci risque d'expirer avant la remise du rapport de l'EPA.

15 - e qui est une autre exigence qu'on ne peut ignorer. Voir à ce sujet l'article de B. Dessus.