



Council of Canadian Academies
Conseil des académies canadiennes

POINTS SAILLANTS DU RAPPORT

juillet 2008

La production d'énergie à partir des hydrates de gaz – potentiel et défis pour le Canada

Les hydrates de gaz¹ se forment lorsque l'eau et le gaz naturel se combinent dans des conditions de basse température et de pression élevée, comme, par exemple, dans des régions où se trouve le pergélisol ou dans des couches sédimentaires sous les fonds marins. Ces hydrates sont présents en quantité abondante partout dans le monde et, d'après certaines estimations, la quantité totale de gaz naturel sous forme d'hydrates pourrait dépasser la quantité totale de gaz naturel en provenance de toutes les sources conventionnelles de même que la quantité totale d'énergie que représentent l'ensemble des hydrocarbures, si on combine le charbon, le pétrole et le gaz naturel. Le gaz extrait des hydrates pourrait donc constituer une source potentiellement vaste d'énergie, qui permettrait de compenser la diminution des réserves conventionnelles de gaz naturel en Amérique du Nord et d'assurer

une plus grande sécurité sur le plan énergétique pour des pays comme le Japon et l'Inde, dont les sources locales sont limitées.

Il y aurait des problèmes complexes à surmonter si on voulait que les hydrates de gaz jouent un rôle important dans l'avenir du Canada et du reste du monde sur le plan

énergétique. Ces problèmes découlent des inconnues concernant la ressource elle-même. De quelle quantité dispose-t-on? Où cette ressource se situe-t-elle, dans quelles concentrations et dans quels types de milieux géologiques? Quelle serait la meilleure forme de production de gaz à partir de cette ressource? Ce sont ces questions relevant de la physique et du génie qui, dans leur entrecroisement avec des considérations concernant l'avenir économique, les politiques environnementales et les préoccupations concernant l'impact sur les communautés, détermineront la possibilité de produire ou non du gaz naturel à partir des hydrates et les lieux où cette production sera possible.

Pour mieux comprendre toutes ces questions et se constituer ainsi une meilleure base d'informations en vue d'élaborer des politiques concernant la possibilité d'utiliser les hydrates de gaz comme source d'énergie au Canada à l'avenir, Ressources naturelles Canada a demandé au Conseil des académies canadiennes de constituer un comité d'experts chargé de répondre à la question suivante :

Quels sont les défis liés à l'exploitation opérationnelle des hydrates de gaz au Canada?

La tâche du comité d'experts n'était pas de fournir des recommandations explicites en matière de politiques publiques, mais plutôt d'évaluer les connaissances actuelles concernant les questions qui ont de la pertinence vis-à-vis des choix qu'il pourrait y avoir à faire en matière de politiques publiques.

Survol des hydrates de gaz – Le gaz contenu dans l'hydrate de gaz d'origine naturelle se forme lors de l'altération microbienne ou thermique de la matière organique sous les fonds marins ou sous le pergélisol, qui dégage du méthane et d'autres produits gazeux. (Le méthane est de loin le gaz le plus répandu dans les hydrates de



Figure 1 - Hydrate de gaz en combustion
Photo offerte par le Conseil national de recherches Canada.

Comité d'experts sur les hydrates de gaz: **John Grace (président) (MSRC, MACG)** Professeur de génie chimique et biologique et titulaire de la chaire de recherche du Canada sur les processus d'énergie propre à l'Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.) **Timothy Collett** Chercheur géologue à la Division de la géologie de l'U.S. Geological Survey (Denver, Colorado) **Frederick Colwell** Professeur au College of Oceanic and Atmospheric Sciences d'Oregon State University (Corvallis, Oregon) **Peter Englezos** Professeur du département de génie chimique et biologique à l'Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.) **Emrys Jones** Ingénieur consultant principal à Chevron (Richmond, Californie) **Robert Mansell** Agrégé principal de l'Institute for Sustainable Energy, Environment and Economy et Professeur au département d'économie de l'Université de Calgary (Calgary, Alb.) **J. Peter Meekison** Professeur auxiliaire de sciences politiques à l'Université de Victoria (Victoria, C.-B.) et Professeur émérite de sciences politiques à l'Université d'Alberta (Edmonton, Alb.) **Rosemary Ommert** Directrice de l'Institute for Coastal and Oceans Research à l'Université de Victoria (Victoria, C.-B.) **Mehran Pooladi-Darvish** Professeur de génie chimique et pétrolier à l'Université de Calgary (Calgary, Alb.) et Conseiller technique principal à Fekete Associates Inc. **Michael Riedel** Professeur agrégé du département Earth and Planetary Sciences à l'Université McGill (Montréal, Qué.) **John Ripmeester (MSRC)** Agent principal de recherche du groupe Structure et fonction des matériaux du Conseil national de recherches Canada (Ottawa, Ont.) **Craig Shipp** Chef d'équipe pour la Geohazards Assessment and Pore Pressure Prediction Team de Shell International Exploration and Production Inc. (Houston, Texas) **Eleanor Willoughby** Associée de recherche au Marine Geophysics Group de l'Université de Toronto (Toronto, Ont.)

Le rapport complet sera publié en août 2008. Pour plus de renseignements veuillez consulter www.sciencepourlepublic.ca.

gaz, ce qui explique qu'on parle souvent d'hydrates de méthane.) Même si les chimistes sont au courant de l'existence des hydrates de gaz depuis près de 200 ans, l'industrie pétrolière n'a commencé à s'y intéresser que dans les années 1930, lors de la découverte que la formation d'hydrate de gaz dans les canalisations pouvait entraîner des blocages problématiques. Ce sont des scientifiques russes qui, les premiers, ont avancé l'idée, à la fin des années 1960, que l'hydrate de gaz pouvait exister à l'état naturel dans des gisements en haute mer et sur les côtes, du moment que les conditions de pression et de température permettaient à cet hydrate de se former et de rester dans un état stable.

Sites et quantités dans le monde - De vastes portions des marges continentales et des régions de pergélisol de notre planète semblent renfermer des gisements d'hydrates de gaz. Au cours des dernières années, on a consacré un nombre croissant d'expéditions de forage en haute mer à l'évaluation des gisements d'hydrate de gaz sous les fonds marins et à l'approfondissement des connaissances concernant les facteurs géologiques favorisant leur apparition. On a aussi pu établir l'existence de gisements d'hydrate de gaz sous le pergélisol au Canada, en Alaska et dans le nord de la Russie. L'un des gisements d'hydrate de gaz sous le pergélisol les plus étudiés est celui de Mallik, dans le delta du Mackenzie, au Canada.

D'après les estimations établies au cours des dernières années, le volume mondial de gaz renfermé dans des gisements d'hydrate se situerait entre 1 et $120 \times 10^{15} \text{ m}^3$ (soit entre 35 000 et 4 200 000 billions de pieds cube). Mais vu qu'on dispose de très peu de séries de données obtenues grâce à des forages et à des carottages, il reste difficile de fournir une estimation fiable du volume mondial d'hydrate de gaz naturel. De surcroît, les diverses évaluations portant sur la planète n'indiquent pas combien de gaz on pourrait produire à partir des gisements d'hydrate de gaz. Il faudra faire beaucoup plus de travail pour affiner les estimations du volume total d'hydrate de gaz et pour quantifier les volumes de gaz naturel qu'il serait possible de produire. À titre de simple comparaison (et pour donner au lecteur une idée de l'ordre de grandeur des autres ressources), on estime que les gisements de gaz naturel conventionnels — y compris les réserves et les ressources planétaires dont la récupération serait techniquement faisable — représentent environ $4,4 \times 10^{14} \text{ m}^3$ (soit 15 500 billions de pieds cube).

Les ressources potentiellement vastes en hydrate de gaz du Canada pourraient représenter une contribution essentielle en vue de répondre à la demande en énergie en Amérique du Nord au cours du siècle présent.

Rôle potentiel à l'avenir dans le domaine énergétique - La viabilité commerciale de l'hydrate de gaz en tant que future source d'énergie dépendra de l'offre et de la demande et donc des prix sur le marché énergétique (en particulier pour le gaz naturel) à moyen et long terme. Les estimations du ministère de l'énergie des États-Unis et de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) indiquent que la demande énergétique mondiale va augmenter de 40 à 70 % d'ici à 2030. On prévoit que plus de 80 % de cette croissance sera couverte par les ressources en pétrole, en gaz naturel et en charbon. On s'attend aussi à ce que le gaz naturel, du fait que ses émissions de CO₂ sont nettement inférieures à celles du pétrole et du charbon, croisse proportionnellement plus rapidement que le pétrole et le charbon.

Pour ce qui est du Canada, on prévoit que la production de gaz naturel commencera à diminuer après 2010, tandis que la consommation du pays continue d'augmenter. Ces prévisions impliquent que les exportations de gaz du Canada aux États-Unis diminueront. Pour les États-Unis, il est à prévoir que le pays dépendra de plus en plus d'importations de gaz naturel liquéfié (GNL) pour remplacer l'approvisionnement conventionnel en provenance des États-Unis ou du Canada. C'est dans un tel contexte et à la lumière des préoccupations croissantes concernant la sécurité de l'approvisionnement que la possibilité de produire du gaz en quantité importante à partir de l'hydrate de gaz prend un relief tout particulier. Les ressources potentiellement vastes en hydrate de gaz du Canada pourraient représenter une contribution essentielle en vue de répondre à la demande en énergie en Amérique du Nord au cours du siècle présent. Étant donné le volume potentiel d'une telle ressource à l'échelle planétaire et sa répartition relativement vaste, bon nombre de pays — comme les États-Unis, le Japon, l'Inde, la Chine et la Corée du Sud — expriment un intérêt substantiel pour l'exploitation de cette ressource à long terme.

Considérations environnementales pour la planète - Le gaz naturel extrait de l'hydrate de gaz produirait du dioxyde de carbone (CO₂) lors de sa combustion, même si la proportion est moindre, par unité d'énergie produite, que pour le charbon ou le pétrole. La question globale du rôle des hydrocarbures à l'avenir dans l'approvisionnement énergétique de la planète dépasse le cadre du rapport. Il convient de noter que les inquiétudes croissantes concernant le changement climatique suscitent beaucoup de recherche et développement (R-D) dans le monde en vue d'élaborer des procédures efficaces pour limiter ou piéger les émissions de CO₂. Les résultats de ces efforts en R-D auront un impact important sur la demande en gaz naturel à moyen terme et à long terme. Si les hydrocarbures continuent, comme on s'y attend, de constituer une composante importante de l'approvisionnement énergétique de la planète pendant au moins plusieurs décennies, alors le fait que le gaz naturel (et donc l'hydrate de gaz) engendre moins de CO₂ fera de ce combustible une solution de plus en plus attrayante par rapport au charbon et au pétrole.

La possibilité que le réchauffement de la planète entraîne des phénomènes de dissociation (c'est-à-dire de « fonte ») de l'hydrate de gaz à grande échelle et dégage ainsi de grandes quantités de méthane (lequel est lui-même un gaz à effet de serre puissant) dans l'atmosphère — accélérant donc, dans un cercle vicieux, le réchauffement planétaire — fait l'objet de recherches sur l'explication des changements climatiques par le passé et de prévisions concernant l'impact climatique de l'hydrate de gaz à l'avenir. Les modèles de simulation semblent indiquer qu'il est possible que le méthane produit par l'hydrate de gaz amplifie largement le réchauffement climatique causé par l'activité humaine sur des échelles de temps allant de 1000 à 100 000 ans. Il convient également de noter que la production commerciale d'hydrate de gaz ne permettrait pas d'éliminer des quantités suffisantes d'hydrate de la croûte terrestre pour pouvoir atténuer de façon substantielle les phénomènes de dissociation de l'hydrate de gaz à long terme en raison du réchauffement climatique. À la lumière des technologies existantes, les émissions de gaz naturel dans l'atmosphère qui découlent de la production de gaz à partir de l'hydrate de gaz devraient être analogues à celles de la production de gaz naturel conventionnel.

D'après les enquêtes sur les marges continentales et les études approfondies effectuées par les sociétés d'exploitation des ressources énergétiques en haute mer, il est évident qu'il n'y a pas, à l'heure actuelle, d'instabilité importante aux marges continentales dues à la dissociation des hydrates de gaz et qu'il n'y en a pas eu non plus au cours des 5 000 dernières années environ. Il semble que l'instabilité des fonds marins aura peu d'impact sur l'exploitation de l'hydrate de gaz en tant que source d'énergie.

Contribution du Canada dans un contexte planétaire - Même si le Canada n'a pas de programme national officiel concernant les hydrates de gaz, le pays a apporté des contributions importantes à la recherche sur les hydrates. Les scientifiques et les ingénieurs canadiens sont des chefs de file pour ce qui est d'élucider la structure chimique et les propriétés physiques des hydrates de gaz et le Canada compte sur son territoire deux sites qui font partie des gisements naturels d'hydrates de gaz sous le pergélisol et sous les fonds marins les plus étudiés, à Mallik dans le delta de Mackenzie et dans la marge de Cascadia, au large de la côte ouest. La principale force du Canada est qu'il dispose de personnes hautement qualifiées, qui apportent une contribution à l'échelle mondiale et qui forment des chercheurs de pays où les hydrates de gaz sont un sujet de plus en plus important. Jusqu'à présent, à tout le moins, il n'y a eu que très peu d'intérêt ou de soutien de la part de l'industrie au Canada pour l'hydrate de gaz en tant que source potentielle d'énergie au Canada, contrairement à ce qui se passe aux États-Unis.

Quantité et localisation de l'hydrate de gaz au Canada

Estimations des quantités au Canada - Il n'existe que peu de recherches évaluant la répartition géographique et le volume total de l'hydrate de gaz au Canada. En 2001, on estimait que le volume total de méthane renfermé dans des gisements d'hydrate au Canada se situait entre 10^{12} et 10^{14} m³ (soit entre 35 et 3 500 billions de pieds cube)². La fiabilité de cette estimation est limitée, du fait que l'analyse ne prend pas en compte les conditions géologiques et tectoniques dans les sites et les caractéristiques des bassins. D'après une évaluation ultérieure plus fine (en 2005) de la seule région du delta de Mackenzie et de la mer de Beaufort, on arrive à une estimation se situant entre 8,8 et $10,2 \times 10^{12}$ m³ (soit entre 310 et 360 billions de pieds cube) pour le volume de gaz sous forme d'hydrate dans cette région. On ne dispose d'estimation récapitulative équivalente ni pour le nord de la marge de Cascadia au large de l'île de Vancouver, ni pour la côte atlantique, ni pour l'archipel Arctique.

Localisation des hydrates de gaz - En dépit de recherches approfondies dans certains sites spécifiques et de la grande qualité des travaux canadiens dans ce domaine, on ne dispose pas d'études détaillées concernant les marges côtières et les régions du pergélisol au Canada pour ce qui est des hydrates de gaz (voir figure 2). On fait couramment des estimations des autres ressources minérales sans dresser de carte de tous les sites où on en trouve et il ne serait pas réaliste d'essayer de dresser une carte de tous les gisements d'hydrates bassin par bassin, en raison de la longueur des côtes du Canada.

Cela fait plus de deux décennies qu'on étudie les gisements d'hydrates de gaz d'origine naturelle au large de l'île de Vancouver. La marge de Cascadia est probablement l'un des milieux les mieux étudiés au monde dans la catégorie des marges

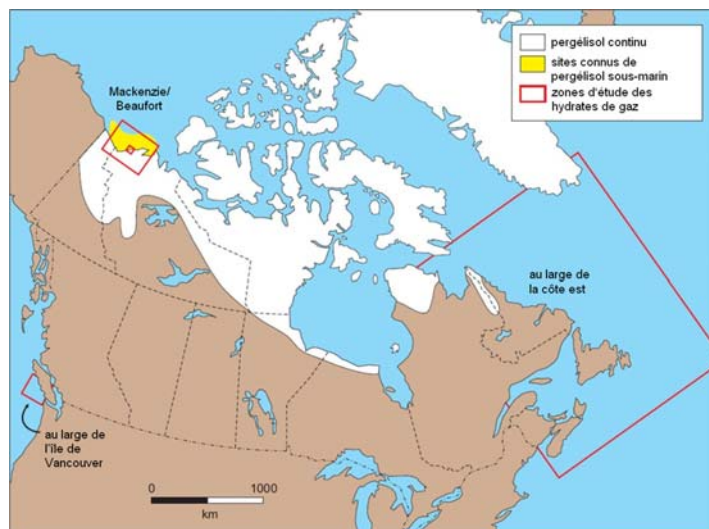


Figure 2 - Évaluations régionales des gisements d'hydrate de gaz au Canada

Veillez noter que, si cette carte montre les trois régions sur lesquelles les évaluations se sont concentrées jusqu'à présent, il est possible qu'on trouve de l'hydrate de gaz dans d'autres zones de la marge. (tirée de la carte de J.A. Majorowicz et K. G. Osadetz, « Gas hydrate distribution and volume in Canada », *AAPG Bulletin*, American Association of Petroleum Geologists, 85:7, 2001, p. 1213. AAPG © 2001 adapté et réimprimé avec la permission de l'AAPG dont la permission est requise pour utilisation future.)

continentales pour ce qui est de l'hydrate de gaz. Ces études ont compris, entre autres, deux expéditions de forage spécifiques, celle de l'ODP (Ocean Drilling Program, Leg 146) en 1992 et celle de l'IODP (Integrated Ocean Drilling Program, Expedition 311) en 2005. Les résultats les plus importants de la récente expédition 311 de l'IODP à Cascadia sont les suivants :

- L'hydrate de gaz se forme principalement dans les formations riches en sable et est presque totalement absent des sédiments fins. La présence de l'hydrate de gaz est donc définie principalement par la lithologie (c'est-à-dire par le type de formation sédimentaire et par ses caractéristiques granulométriques).
- Le RSF (réflecteur de simulation du fond) (signature sismique susceptible d'indiquer la présence d'hydrate de gaz) n'a pas de rapport avec la concentration en hydrate de gaz dans la zone de température et de pression stables et ne constitue qu'un indicateur de premier niveau concernant la présence potentielle d'hydrate de gaz.
- Tous les sites présentent un niveau élevé d'hétérogénéité pour ce qui est de la présence d'hydrate de gaz (sur une échelle allant du rayon de 10 mètres à proximité du trou de forage jusqu'à l'échelle de la marge, sur plusieurs kilomètres). Il faut donc se méfier si on veut faire des extrapolations à partir d'observations de forages à petite échelle pour obtenir des estimations d'échelle régionale.

Les recherches sur l'hydrate de gaz sur la côte est du Canada sont très limitées. De nouvelles analyses des données sismiques montrent qu'il y a peu de RSF au large de la côte est du Canada. Cependant ceci n'implique pas nécessairement qu'il n'y a pas d'hydrate de gaz. Les données géophysiques existantes ne sont pas concluantes pour ce qui est du potentiel des ressources en hydrate de gaz dans cette région et il sera nécessaire de faire des recherches supplémentaires, en particulier en prélevant des

échantillons directs à l'aide de forages et de carottages en profondeur.

On a fait plusieurs tentatives en vue de préciser le potentiel global de l'Arctique canadien – incluant la plateforme marine de Beaufort, le delta de Mackenzie et l'archipel Arctique – pour ce qui est des hydrates de gaz. Voici quelques-uns des principaux résultats dans les milieux de pergélisol :

- Dans la région du delta de Mackenzie et de la mer de Beaufort (d'après plus de 200 forages), il y a plus d'hydrate de gaz au large, où on pense que 45 % des puits de forage contiennent de l'hydrate de gaz, que sur la côte, où on pense que seuls 14 % des puits en contiennent.
- Dans l'archipel Arctique, il y a une présence probable d'hydrate de gaz dans plus de la moitié des 168 puits de forage creusés dans le bassin de Sverdrup.
- Il y a plus de chances de trouver de l'hydrate de gaz dans les couches sablonneuses ou les sédiments à granulométrie plus grossière.

Pour obtenir une estimation plus fiable des gisements d'hydrate de gaz au Canada et de leur volume, il faudra effectuer des études approfondies sur le terrain, avec des forages et des carottages ponctuels, en particulier dans les régions encore sous-représentées, comme la côte est et les îles de l'Arctique.

Bien qu'on ait signalé la présence d'hydrate de gaz dans de nombreux puits de forage partout dans l'Arctique, certaines des preuves sont douteuses et les données ne sont pas concluantes, en raison du manque de connaissances concernant l'ampleur verticale de la zone de stabilité contenant de l'hydrate de gaz.

Pour obtenir une estimation plus fiable des gisements d'hydrate de gaz au Canada et de leur volume, il faudra effectuer des études approfondies sur le terrain, avec des forages et des carottages ponctuels, en particulier dans les régions encore sous-représentées, comme la côte est et les îles de l'Arctique. Comme bon nombre des régions qui nous intéressent ont fait l'objet d'études par le passé dans le cadre des explorations industrielles visant à mettre en évidence des gisements d'hydrocarbures conventionnels, il serait peut-être possible de faire participer le secteur privé de façon plus étroite à la recherche de gisements d'hydrate de gaz dans les régions peu explorées du Canada.

La production du gaz naturel à partir de l'hydrate de gaz

Les connaissances actuelles concernant l'hydrate de gaz sont équivalentes aux connaissances qu'on possédait concernant le méthane de houille (MH) ou les sables bitumeux il y a trois décennies environ. S'il a fallu plusieurs décennies pour que le MH et les sables bitumeux deviennent commercialement viables, il est trop tôt pour décider si les perspectives en matière de développement de la ressource que constitue l'hydrate de gaz seront plus longues ou plus courtes. On peut s'attendre, par analogie avec les sables bitumeux et le MH, que la production de gaz à partir de l'hydrate de gaz soit facilitée (peut-être de façon importante) par des idées innovantes et originales, mais le présent rapport concentre exclusivement son attention sur les technologies disponibles à l'heure actuelle pour la production d'hydrocarbures.

Produire du gaz naturel à partir de l'hydrate de gaz – D'après l'expérience acquise grâce aux puits de forage expérimentaux à Mallik et ailleurs, il semblerait que la plupart des problèmes relatifs au forage et à la construction de puits pour extraire l'hydrate soient prévisibles et puissent être réglés à l'étape de conception des installations. Il faut cependant acquérir une expérience à long terme pour pouvoir mieux saisir la gravité des problèmes associés à la production d'hydrate de gaz, y compris les problèmes relatifs aux coulées de sable. Il est possible que certains problèmes affectent la rentabilité des exploitations, mais on ne s'attend pas à ce qu'ils représentent des obstacles insurmontables sur le plan technique. Une fois qu'on a dissocié le gaz de la phase hydratée et extrait ce gaz du puits, il se comporte comme le gaz naturel conventionnel, dont le traitement et la commercialisation sont tous deux familiers.

D'après les connaissances actuelles, l'évaluation technique de la productibilité s'effectue principalement si l'hydrate se trouve dans des formations sablonneuses à des températures supérieures au point de congélation de l'eau, que ce soit en dessous du pergélisol ou dans les sables marins. L'hydrate de gaz peut aussi se trouver, dans de faibles concentrations, dans des sédiments fins. Il peut être possible d'obtenir un flux de gaz dans de tels systèmes à l'échelle locale, mais il n'est pas établi que ces structures perméables soient des étendues continues, ce qui est nécessaire pour pouvoir produire une quantité importante de gaz à partir de l'hydrate, et les analogies avec la production des autres hydrocarbures sont limitées. L'analyse du présent rapport concernant la productibilité ne tient pas compte des grosses quantités d'hydrates qui se concentrent dans et autour des événements du plancher océanique, en raison des incertitudes très importantes sur le plan technique et environnemental et en matière de sécurité qui entourent l'exploitation potentielle de telles sources.

La hiérarchie de faisabilité pour la production de gaz naturel à partir d'hydrate peut s'illustrer schématiquement sous la forme d'une pyramide (figure 3). La distance verticale par rapport à la pointe de la pyramide correspond, de façon qualitative, à la facilité relative de la production. Les hydrates qui se trouvent au sommet de la pyramide – c'est-à-dire ceux sur lesquels on se concentrerait initialement dans les expériences et l'exploration – sont les hydrates de gaz des formations sablonneuses marines et sous le pergélisol.

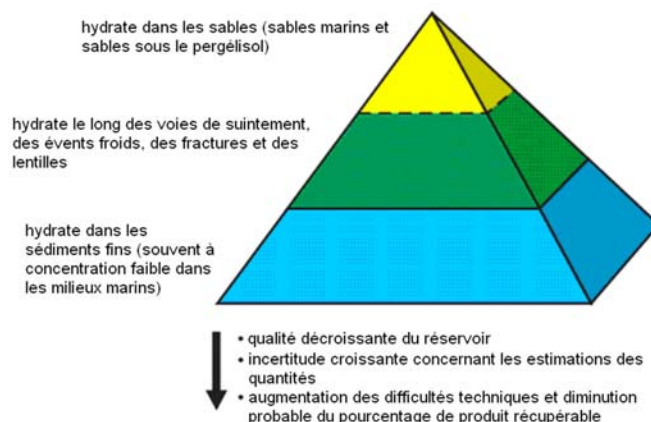


Figure 3 - Représentation schématique de la productibilité technique de la ressource, du plus facile au plus difficile, avec le plus facile au sommet

(tirée de Boswell, R., and T. Collett. 2006. "The gas hydrates resource pyramid". DOE-NETL Newsletter "Fire in the Ice", Automne 2006, p.5)

La récupération commence par la dissociation de l'hydrate du réservoir en ses deux composantes, à savoir le gaz naturel et l'eau, dans le réservoir lui-même. On produit ensuite le gaz à la surface par l'intermédiaire d'un puits. Comme l'hydrate de gaz n'est stable que dans certaines conditions de température et de pression, les trois techniques les plus couramment proposées sont : (i) la stimulation thermique, dans laquelle on fait chauffer l'hydrate de gaz au-delà de sa zone de stabilité; (ii) la dépressurisation, dans laquelle on fait baisser la pression dans le réservoir en deçà du point d'équilibre de l'hydrate de gaz à la température qui règne dans le réservoir; et (iii) l'injection d'un « inhibiteur », dans laquelle on injecte un produit chimique dans le réservoir afin de modifier les conditions de stabilité de l'hydrate de gaz. La dépressurisation est considérée comme la méthode de production la plus prometteuse, lorsqu'on prend en compte le coût et l'impact sur l'environnement.

Le disponibilité d'un fluide en dessous de l'hydrate et le type de fluide concerné ont une grande importance, parce que le volume d'hydrate qu'on peut évaluer à l'aide d'une technique de production comme la dépressurisation et le taux de transfert de chaleur nécessaire pour dissocier l'hydrate sont fortement affectés par la présence d'un fluide sous-jacent. Le type le plus prometteur d'hydrate de gaz semble être l'hydrate de gaz en dessous duquel se trouve du gaz libre.

(a) Gaz libre sous-jacent - Dans de telles conditions, la production de gaz à partir de l'hydrate peut se faire de manière semblable à ce qui se fait dans un réservoir d'hydrocarbure conventionnel, en extrayant le gaz libre sous-jacent. Cette extraction déclencherait une réduction de la pression et donc une décomposition à l'interface entre l'hydrate et le gaz libre. D'après les modèles, une portion importante de l'hydrate se décomposerait naturellement à des taux prometteurs. Il est possible que l'on puisse réaliser, techniquement parlant, la production de gaz à partir de tels « sites idéaux » dans les 10 années à venir. Il reste des incertitudes, cependant, concernant la fiabilité des modèles utilisés pour prédire le rendement des réservoirs d'hydrates, parce que ces modèles n'ont pas été confrontés à des données rassemblées sur le terrain à long terme.

(b) Eau libre sous-jacente - Lorsque le fluide sous-jacent est de l'eau, on peut déclencher la dépressurisation en enlevant l'eau. D'après les études effectuées, il semblerait qu'il soit techniquement faisable d'exploiter les gisements d'hydrate avec de l'eau libre sous-jacente, mais les modèles indiquent que cette exploitation serait moins intéressante sur le plan économique que pour les gisements avec du gaz libre sous-jacent.

(c) Pas de fluide sous-jacent - Le taux de production de gaz à partir des réservoirs d'hydrate sans fluide libre sous-jacent – c'est-à-dire des réservoirs entourés de couches sédimentaires imperméables tant au-dessus qu'en dessous – reste incertain. Certaines études semblent indiquer que, en l'absence de fluide sous-jacent, il soit nécessaire d'avoir un certain nombre d'autres facteurs favorables (dont la pression, la température et le taux de saturation en hydrate) pour qu'il soit possible d'obtenir des flux intéressants sur le plan économique à partir de ces gisements d'hydrate.

Le programme de recherche sur la production à Mallik de 2006–2008 a permis de valider le principe de la production d'hydrate de gaz par dépressurisation.

Tests de production à Mallik - Au Canada, les tests de production d'hydrate se sont concentrés sur le site de Mallik, qui est le seul réservoir du Canada à avoir été étudié suffisamment dans les détails pour pouvoir faire des analyses du taux et du volume de production. Les principaux résultats et les principales implications des trois programmes scientifiques internationaux à Mallik (1998, 2002 et 2006–2008) se résument ainsi³ :

- L'hydrate de gaz se présente principalement sous la forme d'une substance remplissant les pores dans les sables (saturation des pores de 50 à 90 %). On n'observe que peu ou pas d'hydrate dans les sections où prédomine le silt, ce qui semble indiquer que la lithologie a une forte incidence sur la formation d'hydrate de gaz.
- La présence d'hydrate de gaz semble contribuer de façon substantielle à consolider la matrice sédimentaire, car l'hydrate lui-même renforce la structure.
- Le test de production de 2007 a été délibérément organisé sans mesures d'élimination du sable, de façon à déterminer si la réduction de la « solidité » du sédiment causée par la dissociation de l'hydrate entraînerait un influx substantiel de sédiment dans le puits. On a observé un influx substantiel de sable, ce qui a limité la durée du test à environ 24 heures.
- Le test de production de six jours en mars 2008 a été une réussite opérationnelle incontestable, avec un excellent rendement de l'équipement. (On a installé des tamis à sable de façon à retenir les sédiments à granulation grossière.) Les données brutes du test et l'interprétation détaillée des résultats restent confidentielles, mais on a obtenu un débit gazeux régulier de 2000 à 4000 m³/jour (soit 70 000 à 140 000 pi³/jour) pendant toute la durée du test et les opérations physiques se sont déroulées tout en douceur lors de la progression à trois paliers de dépressurisation.
- Le programme de recherche sur la production à Mallik de 2006–2008 a permis de valider le principe de la production d'hydrate de gaz par dépressurisation. Les tests à Mallik indiquent que l'on peut obtenir un débit régulier à partir d'un réservoir d'hydrate de gaz à dominante sablonneuse, avec des sables saturés d'eau sous-jacents, grâce à la réduction de la pression par des trous sous la couche d'hydrate, à l'aide de technologies conventionnelles des champs pétrolifères adaptées à un système d'hydrate de gaz en milieu arctique.

Dimension économique de la production d'hydrate de gaz - Les études de la dimension économique de la production de gaz à partir de gisements d'hydrate sur les côtes et en haute mer sont limitées. Celles qui sont disponibles semblent indiquer que l'interaction de plusieurs facteurs rend l'exploitation d'un gisement d'hydrate plus coûteuse que celle d'un réservoir comparable de gaz naturel, parce que le réservoir d'hydrate va probablement :

- avoir une production d'un taux moins élevé
- exiger une compression dès le début
- exiger des travaux plus chers pour la construction du puits, en raison des facteurs suivants :

- (i) il produit plus d'eau et exige, par conséquent, un acheminement de cette eau à la surface pour l'éliminer
- (ii) il exige un équipement d'injection de produits chimiques ou des dispositifs de chauffage ponctuels pour éviter la (re)formation d'hydrate et les bouchons
- (iii) il exige l'application de techniques appropriées pour éviter la production de sable.

Scénarios concernant le prix du gaz naturel - L'un des facteurs cruciaux pour déterminer les perspectives d'avenir pour l'exploitation commerciale des hydrates de gaz sera la comparaison entre le coût de la production et l'éventail probable des prix du gaz sur le marché. L'Office national de l'énergie (ONE) du Canada a fait, en 2007, des prévisions concernant les prix du gaz naturel selon plusieurs scénarios en matière d'offre et de demande d'ici à 2030. L'éventail des prix prévus va d'environ 5,70 \$US par gigajoule (GJ) à 11,40 \$US/GJ, pour la livraison à Henry Hub, en Louisiane (qui constitue le point de repère pour les prix du gaz en Amérique du Nord.) Si on prend en compte (a) le coût moyen du transport par canalisation de Henry Hub au concentrateur de Calgary (AECO-C) et (b) une estimation de 2,85 \$US/GJ (ou même plus) pour assurer la liaison à une éventuelle canalisation dans la vallée de Mackenzie, cela implique que les prévisions actuelles de l'ONE pour le prix du gaz correspondraient à des prix se situant entre 1,90 \$US/GJ et 7,60 \$US/GJ aux zones potentielles d'approvisionnement dans le delta de Mackenzie. (Si on suppose que le taux de change se situera à 0,90 \$US pour 1,00 \$CAN à long terme, alors les prévisions pour le prix seront approximativement 2,15 \$CAN/GJ à 8,50 \$CAN/GJ).⁴

Pour le champ à Mallik, les estimations préliminaires semblent indiquer que le total des coûts de construction et d'exploitation pour la production de gaz se situerait entre 4,75 et 5,70 \$CAN/GJ pour l'hydrate de gaz avec gaz libre sous-jacent et entre 6,20 et 9,00 \$CAN/GJ pour l'hydrate de gaz avec eau libre sous-jacente. Si on ajoute le coût des redevances, des impôts et du rendement du capital, il semblerait que le prix de ce gaz serait compétitif du moment que les prix se situent au-delà ou légèrement en dessous à la limite supérieure de l'intervalle des scénarios de l'ONE. Il est cependant indispensable de faire preuve d'une prudence considérable lorsqu'on fait des estimations du coût de la production du gaz naturel à partir de l'hydrate, en raison des grandes incertitudes techniques.

Il est peu probable qu'il y ait de nouveaux développements à Mallik ou aux autres sites d'hydrate de l'Arctique canadien tant que la canalisation de la vallée de Mackenzie ou un autre type semblable de canalisation pour l'accès aux sites ne sera pas en place.

Infrastructures de transport du gaz - La perspective d'une extraction d'hydrate de gaz au Canada, même à moyen terme (c'est-à-dire d'ici à 20 ou 30 ans), dépend des décisions de politiques publiques prises par le gouvernement et des décisions commerciales prises par les sociétés produisant de l'énergie, qui affecteront la mise en place ou non d'infrastructures dans les régions où existent des gisements d'hydrate de gaz présentant des caractéristiques favorables à proximité des réservoirs conventionnels de gaz. (Le document de 2006 intitulé *Carte routière de la technologie des gaz non classiques*⁵, feuille de route pour les technologies relatives aux nouveaux gaz, soutient que

l'absence de systèmes de transport pour acheminer le gaz naturel des exploitations d'hydrate au marché est le problème crucial auquel est confronté le développement du secteur de l'hydrate de gaz au Canada.) Il est par conséquent peu probable qu'il y ait de nouveaux développements à Mallik ou aux autres sites d'hydrate de l'Arctique canadien tant que la canalisation de la vallée de Mackenzie ou un autre type semblable de canalisation pour l'accès aux sites ne sera pas en place.

Le coût de l'exploitation des ressources en hydrocarbures *en haute mer*; quant à lui, est si grand que seules quelques grandes sociétés du secteur de la production d'énergie travaillent dans ce secteur, même pour les hydrocarbures conventionnels. Les perspectives de développement au large de la côte du Pacifique au Canada sont également affectées par un moratorium général sur toutes les activités d'exploration et de développement des ressources énergétiques en haute mer. Sur la côte atlantique, les plateformes existantes sont si rares que l'absence d'infrastructures adjacentes aurait sans doute un impact important sur la rentabilité économique de la production de gaz à partir de l'hydrate.

Les questions de sécurité actuelles associées à la production de gaz à partir d'un réservoir d'hydrate semblent être semblables à celles qu'on rencontre lorsqu'on produit du gaz à partir d'un champ de gaz naturel conventionnel.

Sécurité de l'approvisionnement et développement économique - Il y aura certes un marché de plus en plus grand pour les exportations de gaz du Canada aux États-Unis, mais ces exportations feront face à la concurrence des importations de gaz naturel liquéfié (GNL). Une fois qu'on aura fait des investissements majeurs en vue de permettre l'importation de GNL, il est possible que son avantage concurrentiel devienne insurmontable. Ceci semble indiquer qu'il faudrait instaurer une « prime à la sécurité » ou un autre type semblable de mesure incitative favorisant le développement de l'approvisionnement en gaz au Canada, pour que les exploitations du nord du pays et peut-être d'autres nouvelles sources de gaz puissent entrer en jeu. Il est par conséquent probable que le gouvernement ait à adopter des mesures incitatives, à tout le moins dans les premières phases, afin de favoriser le développement du secteur de l'exploitation de l'hydrate de gaz.

Considérations concernant la sécurité des exploitations d'hydrate de gaz - Les problèmes actuels de sécurité qui se rapportent à l'hydrate de gaz découlent principalement des situations où l'on rencontre de l'hydrate de gaz dans le cadre de l'exploration et de l'exploitation de gisements d'hydrocarbures *conventionnels* (en haute mer et dans l'Arctique). Ces problèmes se posent lorsqu'on cible des gisements d'hydrocarbures plus profonds et qu'on essaye en fait d'*éviter* les gisements d'hydrate. Les connaissances actuelles concernant les problèmes de sécurité dans de telles situations sont principalement de nature anecdotique et on ne dispose que de quelques publications portant principalement sur les problèmes de forage rencontrés. La plupart des informations sur la sécurité dans le domaine de l'hydrate de gaz sont des informations qui sont la propriété exclusive de programmes énergétiques nationaux à l'étranger ou de l'industrie commerciale de l'énergie. Même si on prend en compte le manque de documentation à la disposition du public, les questions de sécurité actuelles associées à la production de gaz à partir d'un réservoir d'hydrate semblent être semblables à

celles qu'on rencontre lorsqu'on produit du gaz à partir d'un champ de gaz naturel conventionnel.

Considérations concernant l'environnement, les compétences et les communautés

Considérations d'ordre environnemental – L'extraction du gaz naturel à partir de l'hydrate de gaz fait intervenir principalement des problèmes qu'elle partage avec l'exploitation des autres sources d'hydrocarbures et en particulier des gisements de gaz naturel. L'expérience passée acquise dans le développement des ressources au Grand Nord et en haute mer devrait servir de modèle.

Les fuites de méthane gazeux d'une formation contenant de l'hydrate de gaz qui résultent directement des activités de production ne seront probablement pas un problème, puisqu'il serait possible de maîtriser toute fuite importante dans un puits en cessant la dépressurisation. Une fois que la production de méthane à partir de strates contenant de l'hydrate de gaz serait achevée, on s'attendrait à ce que ces formations reviennent à leur état d'origine. Toute perte de méthane par inadvertance lors de la déstabilisation de l'hydrate se ferait au détriment de l'exploitation, tant pour des raisons économiques et environnementales que pour des raisons de sécurité. Les exploitants des puits auraient donc tout intérêt à minimiser les risques.

Même si la dissociation de l'hydrate produirait des quantités importantes d'eau, la situation est semblable à celle des procédés utilisés dans la production des autres hydrocarbures. Lorsque les hydrates de gaz sont déstabilisés, ils produisent de l'eau purifiée par l'effet de dessalure.

Certains suggèrent qu'on piège le CO₂ émis par la combustion de carburants fossiles dans les réservoirs d'hydrate, en remplaçant l'hydrate de méthane par de l'hydrate de CO₂. Même si le concept de combinaison de l'extraction du méthane et du piégeage du CO₂ est attrayant, il est probable qu'il faudrait encore des décennies avant qu'on dispose d'une procédure pratique pour le réaliser. Les recherches sur les détails et les impacts de cette idée méritent cependant d'être soutenues.

Considérations concernant les compétences – L'exploitation de l'hydrate de gaz à l'avenir serait affectée par un certain nombre de problèmes de compétence spécifiques pour le Canada. La situation est différente selon qu'on parle de l'est, de l'ouest ou du nord. Seule la côte est dispose d'un cadre fédéral-provincial détaillé pour le développement des ressources, à savoir les accords atlantiques. Ces accords pourraient servir de cadre pour parvenir à une entente semblable pour la côte ouest. Il ne sera pas possible de développer le secteur de l'hydrate de gaz tant que les moratoires des gouvernements fédéral et provincial concernant l'exploration pétrolière et gazière au large de la côte de la Colombie-Britannique n'auront pas été levés et qu'on n'aura pas mis en place un nouveau régime réglementaire. Même si les études et les rapports scientifiques émanant tant de la Colombie-Britannique que du Canada depuis 2001 ont conclu qu'il n'y avait pas de raisons scientifiques justifiant les moratoires, la suppression de ces moratoires représente des difficultés considérables en raison du scepticisme du grand public et de l'inévitable complexité du régime réglementaire requis. D'après une des études, par exemple, il y a 60 lois fédérales et 38 lois provinciales qui

s'appliquent aux activités d'exploitation de ressources en haute mer.

Les arrangements concernant l'Arctique seront probablement influencés par les ententes associées au travail sur la canalisation proposée pour la vallée de Mackenzie et par le débat sur le transfert des pouvoirs aux gouvernements territoriaux. Le gouvernement fédéral accorde à l'heure actuelle une plus grande priorité aux régions de l'Arctique canadien, parce qu'elles renferment une bonne partie du potentiel du pays en matière de ressources énergétiques. De surcroît, le Canada pourrait se servir du développement et de la réglementation concernant les ressources en haute mer, y compris l'hydrate de gaz, pour consolider ses revendications concernant le territoire arctique.

Il faut que les nombreuses leçons qu'on a pu tirer de l'expérience de développement des ressources dans des régions fragiles sur le plan environnemental et culturel et les protocoles qu'on a élaborés pour s'assurer qu'on consulte les habitants des régions concernées et qu'on respecte la loi s'appliquent également à tout projet futur d'exploitation des sources d'hydrate dans l'Arctique et en haute mer.

Considérations concernant l'impact sur les communautés – Les considérations concernant le développement social, culturel et économique qui se rapportent à l'exploitation de l'hydrate de gaz au nord et en haute mer sont semblables à celles qui se rapportent à la production de gaz conventionnel dans les régions peu explorées. Même s'il faudra s'attarder sur les circonstances propres à chaque projet proposé, la production de gaz naturel à partir de l'hydrate ne semble pas soulever de problèmes sociaux ou culturels propres à l'hydrate de gaz, c'est-à-dire qui ne concerneraient pas les réservoirs de gaz naturel conventionnels de volume comparable. Il faut que les nombreuses leçons qu'on a pu tirer de l'expérience de développement des ressources dans des régions fragiles sur le plan environnemental et culturel et les protocoles qu'on a élaborés pour s'assurer qu'on consulte les habitants des régions concernées et qu'on respecte la loi s'appliquent également à tout projet futur d'exploitation des sources d'hydrate dans l'Arctique et en haute mer.

Il faut beaucoup de temps pour obtenir la collaboration des communautés et parvenir à un consensus. Pour les projets importants d'exploitation de sources d'hydrate, il pourrait falloir au moins 10 ans pour élaborer un processus acceptable et ouvert concernant la définition des connaissances scientifiques et technologiques nécessaires, la création des infrastructures nécessaires, la consultation appropriée des communautés locales et le développement du savoir et du consensus dans la région. Il faut que les organismes responsables de la planification de grands projets en matière d'hydrate de gaz soient prêts à prendre en compte de telles échéances sur la durée.

Perspectives pour l'exploitation des sources d'hydrate de gaz au Canada

Le Canada pourrait être bien placé parmi les chefs de file mondiaux dans le domaine de l'exploitation des gisements d'hydrate de gaz, si du moins il décide d'investir suffisamment d'argent dans l'exploration, la recherche, le développement et la production. Il faudrait que le gouvernement prenne un

engagement à long terme, parce qu'il est peu probable qu'on ait une production commerciale de gaz à partir d'hydrate au Canada avant deux décennies au moins.

Trois approches générales pour l'avenir – Pour combler les lacunes dans les connaissances concernant le potentiel de l'hydrate de gaz, il faut que le Canada choisisse, explicitement ou implicitement, un niveau d'engagement et d'investissement. Le soutien des gouvernements – fédéral, provinciaux et territoriaux – pourrait s'appuyer sur l'une des trois approches générales suivantes :

- **Recherche seulement** – Le Canada pourrait continuer à faire des recherches scientifiques sur l'hydrate de gaz, tout en laissant, du moins dans un avenir prévisible, le soin de développer l'exploitation de l'hydrate de gaz en tant que ressource à d'autres pays, qui ont des besoins plus urgents en matière de sources d'énergie de substitution.
- **Recherche et développement limité** – Le Canada pourrait consacrer beaucoup plus de fonds et d'efforts qu'à l'heure actuelle à la recherche et au développement dans le domaine de l'hydrate de gaz dans les « sites idéaux », afin de mieux comprendre cette ressource et d'acquiescer le savoir-faire nécessaire pour pouvoir extraire et traiter la ressource, tout en laissant à d'autres pays le soin de se lancer dans de grands projets de développement. Cette approche permettrait de tenir compte du fait que l'hydrate de gaz ne représente qu'une des sources possibles d'énergie à l'avenir au Canada qui exigent un financement en recherche et développement jusqu'à qu'on ait mieux défini le mérite relatif de chacune d'entre elles.
- **Projets majeurs ciblés de recherche et développement** – Le Canada pourrait se décider à faire de véritables efforts afin de devenir un chef de file international en développement de l'hydrate de gaz, en faisant de l'exploitation de l'hydrate une priorité nationale. Ces efforts exigeraient non seulement des investissements très importants, mais également des activités stratégiques ciblées de R-D, des mesures facilitant le développement des infrastructures et l'élaboration de programmes de formation. Une telle approche reviendrait à considérer que l'hydrate de gaz est l'une des meilleures options pour assurer la transition vers un avenir dans lequel les émissions de carbone seront nettement moins importantes et la sécurité énergétique de l'Amérique du Nord sera mieux garantie.

La première approche (recherche seulement) répondrait au besoin qu'éprouve le Canada de mieux comprendre son territoire et ses ressources physiques. Elle signifierait cependant que le Canada perdrait l'occasion d'être à l'avant-garde de ce qui pourrait devenir un développement majeur dans le monde. La seconde approche (recherche et développement limité) présente certains risques sur le plan financier et ces risques sont vraiment importants pour la troisième (projets majeurs ciblés de recherche et développement). On pourrait envisager la troisième approche comme un prolongement possible de la deuxième, puisqu'il faudra beaucoup de travail préparatoire avant de pouvoir s'engager dans la voie de l'exploitation commerciale. Si le Canada décide de négliger complètement le secteur des hydrates de gaz, il risque d'adopter des approches plus dommageables pour répondre à ses besoins énergétiques et pourrait perdre face à la concurrence d'autres pays, à tel point peut-être qu'on pourrait voir d'autres pays exploiter les

ressources canadiennes. D'un autre côté, à mesure que le phénomène du changement climatique prend de l'ampleur, il est possible que les Canadiens décident de considérer que les sources d'énergie à base de carbone sont inacceptables.

Mesures que le Canada pourrait prendre – Étant donné la grande incertitude et les grands risques associés au potentiel commercial de l'hydrate de gaz, il faudrait que le gouvernement fédéral apporte un financement important ou bien assume certains risques pour ce qui est de bon nombre des activités suivantes, que nous proposons à titre d'exemples de ce qu'on pourrait faire et qui sont présentées en gros en allant de l'aspect de la recherche à celui de l'exploitation commerciale :

- entreprendre des études géologiques, géophysiques et géochimiques afin de mieux définir l'étendue, la géographie, la qualité et le potentiel de récupération des ressources en hydrate de gaz du Canada.
- participer plus pleinement aux occasions de collaboration internationale dans la recherche sur l'hydrate de gaz.
- entreprendre un vaste éventail de recherches fondamentales et appliquées afin de mieux comprendre les problèmes environnementaux liés à l'exploitation de l'hydrate de gaz.
- soutenir la R-D sur tous les aspects de la technologie de l'extraction de l'hydrate de gaz.
- encourager les entreprises du secteur privé à rassembler et à présenter les données sur la présence et la géographie des gisements d'hydrate de gaz dans le cadre de leurs activités de forage traversant des formations d'hydrate de gaz.
- mettre en évidence les possibilités d'élaboration de nouvelles technologies pour l'hydrate de gaz en ce qui concerne les instruments, le forage et le traitement sur les côtes, afin de créer des possibilités d'exportation de technologies.
- soutenir les initiatives d'éducation et de formation en vue de former un personnel disposant des compétences et du savoir-faire pertinents dans le domaine de l'hydrate de gaz.
- mettre l'hydrate de gaz à l'ordre du jour dans les discussions en cours sur le développement communautaire dans les communautés côtières et les communautés du nord et avec les peuples autochtones.
- entreprendre un ou deux projets majeurs de démonstration de la production ou de tests pour renforcer le savoir-faire que possèdent déjà les ingénieurs et les scientifiques – Par exemple, après avoir étudié les résultats du projet de 2006–2008 à Mallik, le Canada pourrait lancer, de préférence à nouveau en collaboration avec des partenaires internationaux et avec l'industrie, un nouveau programme à Mallik, avec de nouveaux objectifs, afin de prolonger les leçons tirées des programmes antérieurs.
- collaborer avec les provinces et les territoires en vue d'établir des systèmes de taxation et d'autres mesures permettant de garantir : (a) que l'exploitation des ressources en hydrate de gaz soit régie par des règles claires; et (b) que les zones concernées en tirent elles-mêmes des avantages, qui aideront les communautés locales et contribueront à développer les technologies des énergies renouvelables et le piégeage des gaz à effet de serre.

- évaluer les coûts différentiels, les risques et les avantages relatifs de l'inclusion de l'extraction de l'hydrate de gaz, avant de décider si on va poursuivre les projets d'extraction de gaz naturel conventionnel au Grand Nord et au large des côtes est et ouest.

Résumé de la réponse du comité d'experts à la question

La réponse du Comité à la question globale peut se résumer en répondant aux trois sous-questions qui faisaient partie de la tâche attribuée au comité d'experts :

Quelle proportion du total des réserves canadiennes [d'hydrate de gaz] est-il possible d'extraire de façon rentable?

Il est impossible, au moment présent, de fournir une évaluation exacte de l'étendue des ressources exploitables en hydrate de gaz du Canada. Le mieux que l'on puisse dire, c'est que ces ressources sont potentiellement vastes, peut-être même d'un ordre (ou de plusieurs ordres) de grandeur plus vaste que les ressources en hydrocarbures conventionnels. Les informations disponibles semblent indiquer que l'on trouve de l'hydrate de gaz sous les régions côtières de l'ouest, du nord et de l'est du Canada et qu'on trouve également des quantités importantes d'hydrate de gaz sous le pergélisol de l'Arctique. Les gisements d'hydrate de gaz les plus attrayants sont ceux qui se trouvent dans le sable sous le pergélisol. On ne sait pas quelle proportion du total des ressources en hydrate de gaz ces gisements les plus attrayants représentent.

L'exploitation de l'hydrate de gaz se fera probablement alors que l'extraction de gaz conventionnel se poursuivra ou que les gisements de gaz conventionnel seront épuisés dans les puits de forage du nord (par exemple dans le delta de Mackenzie) ou en haute mer, en construisant des puits aux endroits où l'on aura trouvé de l'hydrate de gaz lors des forages initiaux. La rentabilité de l'extraction de l'hydrate de gaz dépendra de l'élaboration plus avancée de moyens de production efficace, mais aussi des mêmes facteurs imprévisibles qui toucheront la rentabilité à venir de l'extraction du gaz naturel conventionnel. Dans certaines circonstances et avec des investissements substantiels, l'hydrate de gaz pourrait devenir une source importante d'énergie pour le Canada à l'avenir. Cependant, il est également possible que d'autres solutions s'avèrent plus attrayantes sur le plan économique et environnemental, à un point tel que l'hydrate de gaz ne pourrait pas leur faire concurrence dans un avenir prévisible.

Quels sont les besoins sur le plan scientifique et technologique pour pouvoir utiliser sans risque l'énergie issue des hydrates de gaz?

Sous réserve de la confirmation qu'apportera l'expérience de la production à long terme, il ne semble que la production de gaz à partir de l'hydrate de gaz ne présente pas de problèmes de sécurité importants autres que ceux qu'on rencontre et qu'on gère déjà dans le cadre de la production de gaz naturel conventionnel, aussi bien sur les côtes qu'en haute mer.

Quelles sont les considérations d'ordre environnemental se rapportant à l'utilisation ou à la non-utilisation de cette ressource?

Du point de vue environnemental, le gaz, une fois qu'il est produit à partir de l'hydrate de gaz, est essentiellement identique au gaz naturel conventionnel. Par conséquent, l'utilisation de l'hydrate de gaz déboucherait sur des émissions de dioxyde de carbone (gaz à

effet de serre) lorsque le gaz sert de carburant. À moyen terme, le gaz pourrait remplacer le pétrole ou le charbon dans certaines utilisations (parce que ces carburants fossiles émettent plus de gaz à effet de serre par unité d'énergie), mais il y a un consensus de plus en plus large sur le fait que, à long terme, il faudra mettre fin à l'utilisation des carburants fossiles ou bien prendre des mesures importantes de capture et de piégeage du carbone.

Il est possible que les hydrates de gaz qui se trouvent dans la terre se réchauffent du fait du changement climatique, à tel point qu'ils deviennent instables et se dissocient, produisant ainsi du méthane, lequel accélérerait encore à son tour le réchauffement climatique. Malgré que le méthane que renferme l'hydrate de gaz dans les fonds marins ne devrait pas se dissocier sous l'influence du réchauffement planétaire au cours du siècle présent, il est cependant possible que l'hydrate de gaz qui se trouve sous le pergélisol soit affecté par le réchauffement dans certains endroits spécifiques. Dans un tel cas, on s'attendrait à ce que la production de méthane se fasse dans la durée plutôt que de façon abrupte. L'exploitation potentielle de l'hydrate de gaz ne pourrait pas contribuer à réduire de façon sensible ce risque, parce qu'elle n'extraierait et ne convertirait qu'une fraction minuscule de la quantité totale d'hydrate et que cela n'aurait qu'un impact négligeable sur la quantité globale d'hydrate de gaz et sur la production de méthane qui pourrait découler, à terme, de la déstabilisation naturelle des gisements d'hydrate de gaz.

Notes

¹ Dans le présent rapport, le comité d'experts fait généralement référence à *l'hydrate de gaz* au singulier, mais utilise à l'occasion la forme plurielle (*les hydrates*), dans les cas où il veut souligner la multiplicité des types d'hydrate ou des lieux dans lesquels on trouve de l'hydrate.

² À titre de comparaison, l'ONE estimait en 2004, que le potentiel ultime du Canada en gaz naturel conventionnel était de $14,2 \times 10^{12}$ m³, soit environ 500 billions de pieds cube.

³ Le comité d'experts tient à remercier de leur aide (qui a servi à établir les résultats fournis dans la liste) S.R. Dallimore et J.F. Wright, de la Commission géologique du Canada, et K. Yamamoto, de Japan Oil, Gas, Metals National Corporation.

⁴ Étant donné qu'il est possible, dans une certaine mesure, de substituer le gaz au pétrole sur des périodes plus longues, on pourra s'attendre, à long terme, à avoir une certaine corrélation entre l'augmentation (ou la diminution) du prix du pétrole et l'augmentation (ou la diminution) du prix du gaz. Comme les pics récents du prix du pétrole dépassent de façon importante les gammes de prix à long terme sur lesquelles les scénarios de l'ONE s'appuient, on pourrait penser que les prix (réels) prévus par l'ONE pour 2030 sont de loin trop bas. Cependant, si l'on reconnaît qu'il y a des incertitudes tout à fait substantielles dans les prévisions, il convient de noter (a) que les conditions dans le marché intérieur en matière d'offre et de demande en gaz peuvent être très différentes de celles du marché mondial du pétrole, et que donc la corrélation entre le prix du gaz et le prix du pétrole pourrait être très différente à l'avenir de ce qu'elle a été par le passé, et (b) que le pic actuel du prix du pétrole ne reflète pas nécessairement ce qui se passera à l'avenir. Si le prix du gaz à moyen terme ou à long terme dépasse effectivement ce qu'indiquent les scénarios de l'ONE, la viabilité de la production de gaz à partir de l'hydrate augmentera, toutes choses étant égales par ailleurs.

⁵ Petroleum Technology Alliance Canada. 2006. *Carte routière de la technologie des gaz non classiques*. Accessible à : www.ptac.org/cbm/dl/PTAC.UGTR.pdf. [Consulté le 26 juin 2008]

Récapitulatif des principaux points et des principales questions

- L'hydrate de gaz naturel est une source d'énergie potentiellement vaste et pour le moment inexploitée au niveau mondiale.
- Comme le Canada semble disposer de conditions parmi les meilleures au monde pour ce qui est du potentiel d'occurrence de gisements d'hydrate de gaz et qu'il est un chef de file dans l'évaluation des hydrates sur le plan géophysique et en laboratoire, ainsi que dans le domaine des tests sur le terrain et de l'élaboration de modèles, le Canada est bien placé pour devenir un chef de file mondial dans le domaine de l'exploration, de la R-D et de l'exploitation des gisements d'hydrate de gaz. À tout le moins, il est nécessaire d'assumer la responsabilité d'un approfondissement des connaissances concernant les ressources physiques du Canada et donc de faire les recherches requises.
- L'hydrate de gaz permet de produire du gaz naturel. La plupart des considérations en matière d'environnement, de sécurité, de réglementation et d'impact pour la société concernant son exploitation sont par conséquent semblables à celles qu'on associe à la production de gaz conventionnel dans les régions peu explorées, que ce soit dans le nord ou en haute mer.
- On ne prévoit pas rencontrer de problème technique insurmontable dans la production de gaz à partir d'hydrate, mais cette production coûterait plus cher que la production de gaz à partir de réservoirs conventionnels dans des milieux semblables.
- La méthode de production la plus prometteuse semble être la dissociation de l'hydrate de gaz grâce à la dépressurisation dans le réservoir. Les conditions les plus favorables sont celles où l'hydrate se présente dans des formations riches en sable en mer et sous le pergélisol.
- Même si la combustion du gaz extrait des hydrates produirait moins de CO₂ par unité d'énergie que le charbon ou le pétrole,

la proportion de l'hydrate de gaz et des autres hydrocarbures dans le portfolio d'approvisionnement énergétique à l'avenir dépendra des décisions qui seront prises en vue de réduire du mieux possible les facteurs humains à l'origine du changement climatique.

- Il n'est pas possible de quantifier de façon adéquate, au moment présent, le volume et la localisation géographique des gisements d'hydrate de gaz qui pourraient déboucher sur une production rentable de gaz au Canada. Il faudra des activités soutenues d'exploration et de recherche pour tracer les limites de cette ressource et pour définir les facteurs techniques et économiques qui régiront la production de gaz.
- La production commerciale de gaz à partir d'hydrate de gaz au Canada commencerait probablement dans le cadre de projets associés aux champs de gaz naturel (dans les régions peu explorées), dont le développement vise l'exploitation de ressources conventionnelles. La production d'hydrate de gaz pourrait profiter des infrastructures déjà en place, en particulier pour le transport du gaz.
- Étant donné qu'il faut poursuivre l'exploration et l'évaluation des ressources en hydrate de gaz, construire de nouvelles infrastructures de transport et obtenir diverses approbations gouvernementales autorisant l'exploitation de ces ressources, il est peu probable qu'on ait une production commerciale à grande échelle et indépendante de gaz extrait d'hydrate au Canada dans les deux prochaines décennies au moins.
- Si on les compare aux autres possibilités actuelles de sources d'énergie de substitution pour les sociétés d'approvisionnement en énergie, les incertitudes économiques et environnementales et certaines incertitudes techniques affectant les perspectives commerciales pour l'hydrate de gaz font qu'il est peu probable que le secteur privé se lance, de lui-même, dans l'exploitation de l'hydrate de gaz au Canada au moment présent. Il faut obtenir un véritable engagement de l'industrie si on veut faire des progrès importants. La mise en place de partenariats entre le gouvernement et l'industrie pourrait offrir l'option d'inclure l'hydrate de gaz dans le portfolio énergétique pour diversifier ce dernier à l'avenir.

Cette évaluation a été rendue possible grâce au soutien du gouvernement du Canada.

Canada



Council of Canadian Academies
Conseil des académies canadiennes

Le savoir au service du public

Le Conseil des académies canadiennes (CAC) apporte son appui à des évaluations indépendantes et spécialisées des données scientifiques qui ont de la pertinence vis-à-vis des questions d'intérêt public. Il s'agit d'un organisme privé à but non lucratif qui dispose d'une subvention de lancement de 30 millions de dollars accordée en 2005 par le gouvernement du Canada. Les présents « Points saillants du rapport » ont été préparés par le CAC à partir du rapport du comité d'experts sur les hydrates de gaz. Photo de couverture de Mallik offerte gracieusement par l'équipe de recherche Aurora/JOGMEC/RNCan 2008.

© 2008 Conseil des académies canadiennes

Le rapport complet sera publié en août 2008. Pour plus de renseignements veuillez consulter www.sciencepourlepublic.ca.