État des connaissances sur la relation entre les activités liées au gaz de schiste et la santé publique

RAPPORT PRÉLIMINAIRE

INSTITUT NATIONAL
DE SANTÉ PUBLIQUE
DU QUÉBEC

Québec

État des connaissances sur la relation entre les activités liées au gaz de schiste et la santé publique

RAPPORT PRÉLIMINAIRE

Direction de la santé environnementale
et de la toxicologie

Novembre 2010

Institut national de santé publique Québec

AUTEURS

Geneviève Brisson, LL.B., Ph. D.
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Céline Campagna, Ph. D.
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Gaétan Carrier, M.D., Ph. D.
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Pierre Chevalier, Ph. D.
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Leylâ Deger, M. Sc.
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Denis Gauvin, M. Sc.
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Lise Laplante, M.D., M. Sc.
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Albert Nantel, M.D., M. Sc., ABMT
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Audrey Smargiassi, Ph. D.
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

AVEC LA COLLABORATION DE

Daniel Bolduc, M. Sc.
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Pierre Gosselin, M.D., M. Sc.
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Patrick Levallois, M.D., M. Sc.
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Christiane Thibault, M. Sc.
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

SECRÉTARIAT

Diane Bizier-Blanchette
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : http://www.inspq.qc.ca.

Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php, ou en écrivant un courriel à : droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

DÉPÔT LÉGAL – 4e TRIMESTRE 2010
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES NATIONALES DU QUÉBEC
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES CANADA
ISBN : 978-2-550-60590-4 (VERSION IMPRIMÉE)
ISBN : 978-2-550-60591-1 (PDF)

©Gouvernement du Québec (2010)

RÉSUMÉ

L'exploration et l'exploitation du gaz de schiste sont en plein développement et utilisent une technologie récente, celle de la fragmentation horizontale en profondeur. Cette activité soulève des débats publics au Québec et ailleurs en Amérique du Nord. Récemment, le Bureau des audiences publiques sur l'environnement du Québec (BAPE) a été saisi de ce dossier. C'est dans ce contexte qu'un mandat a été confié par le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) à l'unité Santé et environnement de l'Institut national de santé publique (INSPQ).

Les objectifs du mandat confié à l'INSPQ sont :

1) Dresser un état des connaissances sur les risques d'atteinte à la santé associés au gaz de schiste;
2) Cibler les zones de connaissances à développer afin d'évaluer ces risques pour la population québécoise.

Plusieurs experts ont été sollicités pour réaliser ce mandat, qui a pris la forme d'une recension des écrits disponibles de nature scientifique et technique associés aux activités d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste. À l'aide de mots-clés spécifiques, plusieurs banques documentaires et des moteurs de recherche ont été consultés. Les documents ont été retenus sur la base de leur pertinence et de leur qualité générale.

État des connaissances sur les risques d'atteinte à la santé

Les résultats de cette recension d'écrits sont présentés selon les différentes thématiques énoncées par le mandat du MSSS.

Risques technologiques et les urgences en santé publique

Des accidents et des incidents en lien avec les activités d'exploitation du gaz de schiste ont été rapportés dans la littérature. La gravité des atteintes à la santé rapportées varie, allant de blessures légères à des décès, et ce, auprès de travailleurs de l'industrie du gaz de schiste et de la population en général. Des causes multiples sont associées à ces événements (erreurs humaines, défaillances matérielles, erreurs techniques, entreposage inadéquat, migration de gaz, accidents de transport, etc.). Il est cependant impossible d'estimer leur fréquence historique aux États-Unis et au Canada. La mise en place de mesures d'urgence efficaces et opérationnelles représente un défi important, particulièrement si les installations de cette industrie sont situées à proximité des zones d'habitation.

Risques liés à la pollution de l'air

Les activités sur le site utilisent des combustibles fossiles (diesel, par exemple) et contribuent à augmenter les polluants traditionnels émis par cette combustion. Certains de ces polluants, comme les composés organiques volatils (COV), sont aussi émis lors des essais de production. Il est probable que l'augmentation des niveaux de polluants soit surtout localisée à proximité des sites d'activité. Même si les effets de ces polluants sont en général bien connus, il est impossible d'estimer *a priori* le risque associé à leur exposition en lien

avec l'exploitation et l'exploration du gaz de schiste car les conditions d'exposition ne sont pas connues.

Risques reliés à la contamination de l'eau

Les procédés d'exploitation de cette industrie utilisent ou rejettent, lors des opérations, plusieurs substances chimiques dont certaines ont un potentiel toxique reconnu et qui pourraient affecter la santé de la population advenant une contamination de l'eau. Les connaissances sur la qualité de l'eau liée à l'exploitation du gaz de schiste sont fragmentaires. Des cas de contamination de l'eau souterraine (par des substances diverses) ont été rapportés dans la littérature et sont suspectés, mais non confirmés, être reliés à l'exploitation du gaz de schiste. La gestion des eaux usées paraît un enjeu important. Il a été impossible d'estimer le risque associé à l'exposition à ces contaminants de l'eau. Les premiers résultats préliminaires de l'étude exhaustive menée sur le sujet par l'Agence de protection américaine de l'environnement (US EPA) devraient être accessibles vers la fin de l'année 2012.

Risques d'effets sur la qualité de vie

Certains changements sont survenus dans la qualité de vie des populations avoisinant l'exploitation du gaz de schiste. Ils sont d'abord associés à l'augmentation importante de nuisances spécifiques (circulation, bruit, luminosité, vibrations). Par ailleurs, des effets sociaux ont été constatés, dont une bonne part semble directement associée à l'effet *boomtown*, lié à l'arrivée de travailleurs et de leurs familles, et donc à l'augmentation rapide de la population. Cette croissance comporte une dimension positive associée à l'accroissement des activités économiques, mais son bilan à moyen et à long termes est plutôt négatif, en raison de nouvelles dynamiques sociales et d'une demande accrue en matière de services et d'infrastructures de tous secteurs.

Zones de connaissances à développer

La recension des écrits réalisée a permis d'identifier quelques dangers, réels, soupçonnés ou potentiels, mais ne permet pas, pour l'instant, d'évaluer les risques à la santé pour la population québécoise. Pour chacune des thématiques abordées, l'absence de certaines informations essentielles à cette évaluation doit être notée, notamment quant aux techniques employées, aux substances utilisées ainsi qu'à la quantité de polluants émis. De surcroît, à l'égard des impacts sociaux et psychologiques, les effets constatés sont liés à des conditions locales particulières qui doivent être documentées.

Perspectives de réflexion

Le document soulève plusieurs éléments de préoccupation au regard des risques à la santé. De plus, l'évaluation des risques comporte une difficulté particulière, puisque cette situation est historiquement nouvelle et progresse rapidement. Les impacts potentiels sur la santé et les milieux de vie sont ainsi plus difficiles à cerner car ils naissent de systèmes qui ne sont pas complètement connus. De nouvelles connaissances, mais aussi de nouvelles sources de questionnements, peuvent cependant émerger des travaux entrepris récemment aux États-Unis.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX ..... **V**

LISTE DES FIGURES ..... **V**

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES ..... **VII**

INTRODUCTION **1**

1 MÉTHODOLOGIE **5**

2 LES RISQUES TECHNOLOGIQUES **7**

2.1 Les risques technologiques et les urgences en santé publique 7

2.2 État des connaissances 7

2.2.1 Identification des dangers pour la santé humaine 7

2.2.2 Exposition des populations 9

2.3 Défis reliés à la gestion des risques dans le contexte québécois 11

2.4 Constats 12

3 POLLUANTS DE L'AIR ÉMIS LORS DE L'EXPLORATION ET DE L'EXPLOITATION GAZIFIÈRE NON TRADITIONNELLE **13**

3.1 Identification des dangers 13

3.1.1 Polluants atmosphériques et sources 13

3.1.2 Effets des polluants de l'air 14

3.2 Caractérisation du risque à la santé 15

3.3 Constats 16

4 L'EAU SOUTERRAINE ET DE SURFACE **17**

4.1 Procédés technologiques pouvant contaminer l'eau 17

4.2 Identification des dangers 19

4.2.1 Disponibilité de la ressource eau 19

4.2.2 Nature des composés et effets potentiels sur la santé 20

4.2.3 Traitement et élimination des eaux usées et effets potentiels 32

4.3 Analyse des données de la littérature sur la contamination possible du milieu hydrique 33

4.3.1 Contamination du milieu hydrique en exploitation normale 34

4.3.2 Contamination du milieu hydrique reliée à des incidents et des accidents lors de l'exploitation 35

4.3.3 Contamination du milieu hydrique liée au traitement des eaux usées 36

4.4 Caractérisation du risque à la santé et incertitude 38

4.4.1 La caractérisation du risque et les activités reliées au gaz de schiste 38

4.4.2 Le besoin de connaissance quant à la caractérisation du risque 39

4.5 Constats 41

5 ASPECTS ASSOCIÉS A LA QUALITÉ DE VIE ET À LA SANTÉ PSYCHOLOGIQUE ET SOCIALE 43

5.1 Nuisances potentielles de l'activité du gaz de schiste et effets sur la qualité de vie 44
5.1.1 Circulation 44
5.1.2 Bruit 47
5.1.3 Luminosité 49
5.1.4 Vibrations 49
5.2 Dimensions sociales associées à l'industrie du gaz de schiste 50
5.2.1 Acceptabilité et effets sociaux 50
5.2.2 L'effet *boomtown* 51
5.2.3 Effets socioéconomiques potentiels 52
5.2.4 Effets potentiels sur le tissu social 53
5.2.5 Effets potentiels sur les services et les infrastructures 55
5.3 Dimensions psychologiques associées à l'industrie du gaz de schiste 57
5.4 Constats 58
5.4.1 Connaissance de l'activité et du milieu où elle s'implante 58
5.4.2 Connaissance des effets potentiels 59

CONCLUSION 61

RÉFÉRENCES 65

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Classement de cancérogénicité des composés chimiques pouvant être utilisés lors des opérations d'exploitation du gaz de schiste 22

Tableau 2 Classement de cancérogénicité des composés naturels pouvant être détectés dans les liquides résiduels issus de l'exploitation du gaz de schiste 30

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Cadre de gestion des risques du réseau québécois de la santé publique (selon Ricard, 2003) 2

Figure 2 Les déterminants de la santé (modifié à partir de Boivin 2007) 44

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

2-BEP	2-butoxyéthanol phosphate
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BAPE	Bureau d'audiences publiques sur l'environnement du Québec
BCOGC	British Columbia Oil and Gas Commission
BTEX	Composés mono-aromatiques benzène, le toluène, l'éthylbenzène et xylène
CHEC	Center for Healthy Environments and Communities, University of Pittsburgh - Graduate School of Public Health
CIRC	Centre international de recherche sur le cancer
CO_2	Dioxyde de carbone
COV	Composés organiques volatiles
dB	Décibel
DMRM	Division of Mineral Resources Management du Department of Natural Resources de l'Ohio
DSP	Directions régionales de santé publique du Québec
EID	*Energy in Depth*
GES	Gaz à effet de serre
H_2S	Sulfure d'hydrogène
HAP	Hydrocarbure aromatique polycyclique
HSDB	*Hazardous Substances Data Bank* de la U.S. National Library of Medicine
IAIA	International Association for Impact Assessment
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
IRIS	*Integrated Risk Information System* de l'US EPA
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MIT	Massachusetts Institut of Technology
MRNF	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec
NOx	Oxydes d'azote
NTP	*National Toxicology Program*
NYCDEP	New York City Department of Environmental Protection
NYSDEC	New York State Department of Environmental Conservation
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
ODNR	Ohio Department of Natural Resources
OMS	Organisation mondiale de la Santé
PDEP	Pennsylvania Department of Environmental Protection

PALTA	Pennsylvania Land Trust Administration
PEMA	Pennsylvania Emergency Management Agency
$PM_{2.5}$	Particules de matières dont le diamètre médian est inférieur à 2.5 µm
QEC	Questerre Energy Corporation
SGEIS	*Supplemental Generic Environmental Impact Statement* (New York State Department of Environmental Conservation)
SOx	Oxydes de soufre
SPL	*Sound pression loudness* (niveau de pression du son)
TEUSA	Talisman Energy USA
US EPA	United States Environmental Protection Agency
USDE	United States Department of Energy
WVDEP	West Virginia Department of Environmental Protection

INTRODUCTION

L'exploitation gazifière non traditionnelle de gaz naturel, plus spécifiquement celle du gaz de schiste, est une industrie en plein développement. Les technologies associées à la fragmentation horizontale sont récentes, et leur utilisation à grande échelle l'est tout autant. L'exploration et l'exploitation du gaz de schiste ont d'abord été mises en œuvre aux États-Unis et en Colombie-Britannique. Au Québec, quelques forages d'exploration ont été réalisés sur une base limitée depuis quelques années, aucun puits étant actuellement en phase d'exploitation. Il s'agit toutefois d'un dossier soulevant depuis peu des débats publics, y compris en matière d'impacts potentiels sur la santé.

Le 31 août 2010, le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement du Québec (BAPE) a été saisi de ce dossier à la demande du ministre du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), afin de « proposer un cadre de développement durable de l'exploration et de l'exploitation du gaz de schiste ». Pour répondre à ce mandat, le BAPE a créé une commission d'enquête et d'audiences publiques spécifique à cette question; le ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec (MSSS) a subséquemment été sollicité pour y participer. Le MSSS a par la suite mandaté l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) pour faire une revue des connaissances scientifiques sur les impacts de santé environnementale associés à l'industrie du gaz de schiste.

Mandat

Le mandat reçu par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) répond aux objectifs de cet organisme gouvernemental. Il vise à faire progresser les connaissances et les compétences et à proposer des stratégies et des actions intersectorielles susceptibles d'améliorer l'état de santé et le bien-être de la population. La mission de l'INSPQ est de soutenir le MSSS, les directions régionales de santé publique ainsi que les établissements de services de la santé dans l'exercice de leurs responsabilités, en rendant disponibles son expertise et ses services spécialisés de laboratoire et de dépistage. Les experts de l'INSPQ sont issus des sciences de la santé, appliquées, sociales et humaines.

Pour réaliser le mandat relatif au gaz de schiste, l'INSPQ a mis sur pied un comité de coordination regroupant des représentants des directions régionales de santé publique du Québec (DSP), du MSSS et de l'Unité de santé environnementale de l'INSPQ. Par la suite, des experts de plusieurs disciplines de cette unité ont été regroupés par thématiques de santé publique : urgences et risques technologiques, air, eau souterraine et de surface, qualité de vie et nuisances ainsi que dimensions psychologiques et sociales. Chacun de ces thèmes est d'ailleurs l'objet d'un chapitre de ce rapport. Ce mandat a été réalisé entre le 13 septembre et le 4 novembre 2010.

Les principaux objectifs de ce travail sont les suivants :

- Dresser un état des connaissances sur les risques d'atteinte à la santé reliés à l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste[1];
- Cibler les zones de connaissances à développer afin d'évaluer les risques à la santé pour la population québécoise.

Cadre de référence

Ce travail s'inscrit notamment dans le cadre de la gestion des risques en santé publique qui permet de lier toutes les dimensions d'une intervention afin de minimiser les risques ou de les éviter. L'approche est balisée par sept principes directeurs qui sont : l'appropriation des pouvoirs, l'équité, l'ouverture, la protection de la santé humaine, la prudence, la rigueur scientifique et la transparence. Plus particulièrement, la santé publique québécoise se base sur une démarche décrite dans le *Cadre de référence en gestion des risques pour la santé dans le réseau québécois de la santé publique* (Ricard, 2003), et schématisée comme suit :

Adaptée de PCCRARM (1997a) et de Santé Canada (2000)

Figure 1 Cadre de gestion des risques du réseau québécois de la santé publique (selon Ricard, 2003)

L'une des phases importantes de ce processus est l'évaluation des risques pour la santé humaine (incluant l'intégrité des individus). Cette phase vise à estimer la probabilité qu'une exposition à un ou des agents environnementaux (les « dangers ») produise des effets néfastes sur la santé humaine. Les principales composantes de cette démarche sont, notamment, l'identification des dangers, l'évaluation des hypothèses de causalité, l'estimation de l'exposition, l'estimation du risque, l'évaluation des perceptions du risque et la

[1] Les travailleurs sont volontairement exclus de cette analyse, le mandat se concentrant sur les thématiques de santé environnementale et ayant mobilisé des spécialistes de ce champ d'expertise.

caractérisation du risque. Il s'agit d'une étape où l'expertise de l'INSPQ est souvent sollicitée.

La caractérisation du risque pour la santé d'une population associée à une activité industrielle peut se définir comme étant le processus qui permet d'estimer chez cette population l'incidence ou la probabilité d'altérations de la santé qui seraient attribuables à des facteurs de risque reliés à cette activité, par exemple la pollution de l'air, de l'eau et des aliments.

Les approches utilisées et les facteurs à considérer pour évaluer le risque pour la santé attribuable à divers facteurs de risque sont variables selon que l'on s'intéresse à des effets aigus, subaigus ou chroniques, ou encore selon le moment où l'on souhaite évaluer ce risque (lors d'activités d'exploitation normales, à la suite d'un accident ou d'un incident induisant un risque de contamination de l'eau potable par exemple), selon la durée de l'exposition ou encore lorsque l'on souhaite avoir une idée du risque potentiel advenant la mise en place de ces activités dans un milieu donné.

Il existe diverses approches méthodologiques dans le domaine des sciences de la santé pour évaluer ou caractériser ces risques. Ces approches font appel principalement à deux domaines scientifiques : l'épidémiologie et la toxicologie.

L'épidémiologie est la discipline qui permet d'étudier l'apparition et la répartition de la maladie dans une population et de quantifier l'impact de plusieurs facteurs (dont l'exposition à des agents toxiques) sur la santé des individus. Dans ce dernier cas, elle vise habituellement à comparer, sur une période de temps donnée, l'incidence des effets sur la santé soupçonnés être causés par ces agents, avec l'incidence de ces mêmes effets chez une population non exposée, mais qui aurait des caractéristiques sociodémographiques et des habitudes de vie similaires à la population exposée. L'épidémiologie permet de tenir compte de diverses variables autres que le ou les agents toxiques étudiés qui pourraient agir sur la maladie à l'étude afin de mieux estimer leur contribution réelle. Ces variables peuvent être l'âge, le sexe, des habitudes de vie, la présence dans l'environnement d'autres agents toxiques, etc. Idéalement, il faut chercher à mesurer l'exposition aux agents toxiques étudiés et l'effet lui-même de façon la plus précise possible.

La toxicologie, quant à elle, cherche à comprendre la réponse des organismes vivants exposés aux agents toxiques. Elle étudie particulièrement le devenir des substances toxiques dans l'organisme humain et leurs effets, les mécanismes impliqués et la relation « doses-réponse » des effets étudiés. Habituellement, la relation doses-réponse chez l'humain est extrapolée à partir de la relation observée chez les animaux de laboratoire. En confrontant la distribution des doses d'exposition d'une population exposée, lorsque connue ou facilement estimable, à la relation « doses-réponse chez l'humain » des effets étudiés, il est possible d'estimer le risque encouru par cette population. On obtient ainsi une estimation de l'incidence attendue attribuable à cette exposition dans la population.

Chacune de ces approches s'applique dans un contexte particulier qui est dépendant de plusieurs facteurs tels que : les connaissances existantes au moment de la réalisation de l'étude, la population concernée par l'étude, la situation géographique, l'exposition présente

ou anticipée, les budgets disponibles, la disponibilité des données nécessaires à l'étude, etc. Chaque approche à ses avantages et ses limites. L'énumération de ces avantages et de ces limites dépasse le cadre de ce travail.

Thèmes abordés

Dans ce contexte, nous avons réalisé une revue de la littérature scientifique sur le sujet des risques potentiels à la santé associés à l'activité d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste. Le mandat du MSSS à l'INSPQ ciblait plus particulièrement certains thèmes prioritaires en santé environnementale, qui font l'objet de ce rapport. Une première section présente la méthode de recherche adoptée. Chacun des chapitres suivants présente un champ d'étude distinct, et pour lequel une équipe scientifique distincte de l'INSPQ a effectué les recherches et l'écriture. Les thèmes abordés sont les suivants :

- Risques technologiques (Lise Laplante, Leylâ Deger, Gaétan Carrier, Albert Nantel);
- Pollution de l'air (Audrey Smargiassi);
- Pollution de l'eau (souterraine et de surface) (Céline Campagna, Denis Gauvin, Gaétan Carrier, Pierre Chevalier, Patrick Levallois);
- Qualité de vie et nuisances (Geneviève Brisson);
- Dimensions psychologiques et sociales (Geneviève Brisson).

Enfin, une conclusion synthétise les résultats de ces travaux et l'atteinte des objectifs.

1 MÉTHODOLOGIE

Ce document présente essentiellement une revue de la littérature scientifique et technique publiée et accessible. Ce processus a été réalisé dans un contexte difficile. D'une part, il a fallu tenir compte des limites de temps imparties pour la réalisation de ce mandat. D'autre part, la technique de forage à grande échelle, impliquant la fracturation hydraulique, est relativement récente et très peu de documentation était accessible. Ainsi, un petit nombre d'articles ont été publiés dans des revues scientifiques spécialisées, avec comité de révision par des pairs, quant aux risques pour la santé et l'environnement associés aux activités de l'exploitation du gaz de schiste. La plupart des documents recensés sont des rapports d'organismes publics ou non gouvernementaux. De plus, dans les bases de données que nous avons consultées, la majorité des documents traitent plutôt d'aspects biophysiques ou techniques peu pertinents pour nos objectifs.

Les thèmes présentés dans ce rapport résultent d'une démarche similaire de recherche documentaire, menée par les différentes équipes d'experts de l'INSPQ impliquées dans les domaines suivants : l'eau, la qualité de l'air, les urgences de santé publique et les risques technologiques, la qualité de vie et les dimensions psychologiques et sociales. Premièrement, chaque équipe a effectué une recherche avec des bases de données scientifiques reconnues pour colliger les articles publiés dans des périodiques scientifiques avec révision par les pairs. Ce processus s'est réalisé avec des mots-clés communs, utilisés selon diverses combinaisons, associés à la **ressource** (*shale*, *shale gas*, *natural gas*), à l'**évaluation des risques** (*risk assessment*; *risk*) et à la **santé publique** (*population health*, *public health*). Certaines équipes ont ajouté des mots-clés spécifiques à leur thématique[2]. Les banques communes suivantes ont été consultées : Embase, PubMed (Medline), Current Contents, de même que les plateformes de recherche CSA Illumina et 360 Search. Certaines équipes ont également ajouté des banques documentaires spécifiques[3]. Les banques de données ont été consultées entre le 13 septembre et le 15 octobre. Chacun des titres des articles répertoriés a été évalué. Un petit nombre d'entre eux sont apparus pertinents et ont été retenus. Les articles accessibles ont ensuite été évalués globalement, selon des critères de pertinence et de qualité générale de la démarche scientifique proposée. Notamment, les textes devaient être spécifiques au gaz de schiste ou inclure spécifiquement cette industrie, présenter une méthodologie de recherche et des données originales, traiter d'un contexte comparable au Québec[4] et avoir été menés par des organismes reconnus.

[2] Pour les **risques technologiques** : mots-clés associés à l'industrie gazière (*extraction*, *operations*, *gas industry*, *gas operations*, *gas extraction*), aux risques technologiques (*incident*, *accident*, *leak*, *spill*, *blowout*, *injuries*, *fatalities*, *industrial risks*), à la planification des mesures d'urgence (*emergency*, *emergency preparedness*, *emergency planning*). Pour la **qualité de l'air** : *air pollution*, *pm2.5*, *VOC*, *benzene*, *ozone*, *particulate matter*, *particles*, *volatile organic carbon*, *nitrogen*, *sulphur dioxide*. Pour **l'eau souterraine et de surface** : *hydraulic fracturing*, *fracking*, *water*, *human health*. Pour la **qualité de vie** : *attitude*, *perception*, *psychologic**, *social*, *psychosocial*, *annoyance*.

[3] Dans le cas de la qualité de vie et des dimensions psychosociales, les banques suivantes ont été ajoutées : Anthropology Plus; Anthropological Abstracts; Sociological Abstracts; JStor; Francis; Proquest et Proquest Dissertation; Science direct; Ébsco; Anthrosource. Pour l'eau souterraine et de surface : Biological Abstract.

[4] C'est-à-dire des sites implantés dans des pays dits industrialisés, dotés d'une économie de marché ouverte et où l'État encadre les activités par des instances et des politiques publiques.

Deuxièmement, une démarche de recherche documentaire générale a été lancée dans les sites des bases de données de Web of science et sur Internet avec les moteurs de recherche Google et Google scholar. Dans le cas des risques technologiques et reliés à la contamination de l'eau, d'autres sites ont aussi été consultés[5]. Des contacts ont aussi établi avec quelques organismes canadiens ou américains concernés par la santé environnementale. Toutes ces démarches ont permis d'identifier des documents issus d'agences gouvernementales, de groupes de recherche universitaires, de firmes d'ingénierie, etc. Les mots-clés généraux déterminés pour la recherche dans les bases de données scientifiques ont été utilisés. Cette recherche a été effectuée entre le 13 et le 24 septembre, puis une fois par semaine jusqu'au 20 octobre, et ce, afin de pouvoir ajouter les documents nouvellement publiés. Tous les titres ont été évalués globalement quant à leur pertinence. Les documents retenus sont ceux dont la qualité était jugée suffisante, en fonction de critères comparables aux articles scientifiques. Ces documents ont été utilisés comme source privilégiée d'information pour la rédaction du présent rapport.

[5] Outre les bases énumérées, les incidents associés à l'exploration et à l'exploitation du gaz de schiste ont été documentés à l'aide d'autres outils de recherche (Google, Google scholar, IxQuick, Exlead, Scirius) ainsi qu'à partir d'une base de données répertoriant les notices bibliographiques de plusieurs bibliothèques au Canada, aux États-Unis et ailleurs dans le monde (Worldcat). Pour la section eau souterraine et de surface, les outils de recherche Google et Google scholar ont été interrogés et des sites gouvernementaux ou étatiques ont été consultés (USEPA, départements de santé publique ou de protection de l'environnement américains, etc.).

2 LES RISQUES TECHNOLOGIQUES

2.1 LES RISQUES TECHNOLOGIQUES ET LES URGENCES EN SANTÉ PUBLIQUE

Dans le contexte de la revue de la littérature scientifique disponible au sujet de l'exploration et de l'exploitation du gaz de schiste au Canada et aux États-Unis, l'identification des principaux dangers et l'exposition de la population sont présentées. Pour chacune de ces composantes, nous décrirons la situation aux États-Unis et au Canada, puis l'implication de cette information dans le contexte québécois.

2.2 ÉTAT DES CONNAISSANCES

À notre connaissance, la documentation scientifique spécifique aux risques technologiques et aux urgences de santé publique associés aux activités d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste est très limitée. À ce jour, nous n'avons pu trouver de documentation scientifique révisée par un comité de pairs. L'information recueillie provient principalement de rapports universitaires et d'autorités gouvernementales canadiennes et américaines. Leur recension constitue un premier pas dans l'acquisition de connaissances sur le sujet des risques technologiques et des urgences de santé publique associés aux activités d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste.

2.2.1 Identification des dangers pour la santé humaine

Aux États-Unis et au Canada

Les principaux incidents susceptibles de menacer la santé de la population sont les explosions, les incendies, les fuites et les déversements de substances dangereuses (Michaels *et al.*, 2010; Witter *et al.*, 2010). Ils peuvent survenir tout au long du processus d'exploration et de production de cette ressource, dont au cours du forage, de la complétion et de l'entretien des puits, de la fracturation hydraulique, de la collecte et du traitement du gaz naturel capté, du transport de substances dangereuses vers les sites de forage, du transport routier de matières contaminées (boues et résidus de forage, liquides de fracturation) vers les sites de traitement ou d'entreposage, ainsi que lors du transport par gazoduc et de l'entreposage du gaz naturel (McKenzie *et al.*, 2010; PALTA, 2010; Witter *et al.*, 2010). Des incidents sont susceptibles de survenir tant sur le site d'exploration ou d'exploitation du gaz de schiste que hors site (transport routier vers des installations fixes à l'extérieur du site ou distribution du gaz par pipeline) (McKenzie *et al.* 2010; Witter *et al.*, 2010).

En lien avec l'industrie du gaz de schiste, peu d'informations sont disponibles sur les incidents relatifs au transport de matières dangereuses par voie routière ou du gaz par pipeline. Il est cependant connu que certaines opérations, particulièrement le forage, la fracturation et l'entretien des puits, sont associées à un trafic routier plus important et à une augmentation de l'utilisation du réseau routier pouvant se traduire par un risque accru d'accidents (Witter *et al.*, 2010) avec son lot de décès et de blessures. Du point de vue des urgences de santé publique, les impacts sanitaires potentiels d'un déversement ou d'une fuite de substances dangereuses d'un camion à la suite d'un accident sont appréhendés (Witter *et al.*, 2010).

Des causes multiples sont à l'origine des incidents pour lesquels sont principalement rapportés des risques anthropiques directs ou indirects, dont l'erreur humaine, la panne ou la défaillance matérielle (ex. : dispositif de maintien de la pression au puits de forage), la complétion inadéquate d'un puits de forage (pouvant être à l'origine d'une migration de gaz à la surface), la manipulation inadéquate ou l'entreposage inapproprié de substances dangereuses (incluant leur rejet volontaire ou involontaire dans l'environnement), la migration de gaz à la surface (contaminant la nappe phréatique, les puits de surface ou les puits artésiens des habitations), la rupture d'un pipeline et des accidents de transport (Witter *et al.*, 2010). De plus, la littérature rapporte que certains incidents peuvent être causés ou aggravés par des risques naturels (incendie à proximité, foudre, vent violent, pluie abondante, chaleur et froid extrêmes, etc.) (Witter *et al.*, 2010).

Des lacunes ont été constatées en matière de mise en œuvre des mesures d'urgence de l'industrie (Vittitow, 2010), de même que dans la coordination des mesures d'urgence entre l'industrie et les autorités locales (BCOGC, 2010). Ces manquements ont entravé les interventions d'urgence sur le site concerné et il est sans doute possible qu'ils aient été, dans certains cas, un facteur d'aggravation de l'incident.

La nature des dangers varie selon la source. Certains sont associés aux activités de l'industrie gazière, soit l'utilisation, la production, l'entreposage et le transport de diverses substances dangereuses (ex. : méthane, hydrocarbures, résidus de forage contaminés, composés organiques volatils). Certaines substances peuvent être émises lors d'un incendie (ex. : oxydes de soufre, oxydes d'azote) (Witter *et al.*, 2010).

La fréquence des incidents et des accidents est peu documentée. En effet, les informations recueillies ne permettent pas d'estimer la fréquence historique des incidents et des accidents aux États-Unis et au Canada. Néanmoins, selon un rapport récent, à savoir une évaluation d'impacts sur la santé d'un projet gazier projeté dans une communauté du Colorado, la proportion d'accidents et d'anomalies relative aux activités gazières représente environ 6 % des puits (ex. : 6 accidents ou anomalies pourraient être signalés sur un total de 100 puits) (Witter *et al.*, 2010).

La gravité des atteintes à la santé rapportées varie de blessures légères à des décès parmi les travailleurs de l'industrie du gaz de schiste et la population. Ces effets sur la santé résultent essentiellement d'incendies et d'explosions sur le site et hors site (quelques situations sont brièvement présentées ultérieurement). À notre connaissance, aucune intoxication chimique n'a été rapportée dans la littérature consultée (Michaels *et al.*, 2010).

Au Québec

Les dangers potentiels pour la santé de la population pourraient être similaires à ceux rapportés aux États-Unis et dans d'autres provinces canadiennes, ceux-ci pouvant être d'ordre physique ou toxicologique. Rappelons que le danger d'ordre physique (ex. : explosion, incendie) est déterminé par la présence de matières dangereuses sur le site des opérations ou par leur transport éventuel vers le site d'opération ou à partir du site. Un inventaire détaillé, tant qualitatif que quantitatif, de ces matières permet d'établir le niveau de danger potentiel du processus industriel impliqué. Dans un contexte d'exploration ou d'exploitation du gaz de schiste, une quantité et une variété importante de matières

explosives (ex. : méthane, propane) et inflammables (hydrocarbures volatils) seront soit extraites du sol, soit utilisées dans les procédés industriels. Pour le moment, nous ne disposons pas de données précises quant à cet inventaire pour les sites qui sont actuellement en phase d'exploration au Québec. Tout au plus, nous pouvons nous référer aux rapports publiés principalement sur les sites exploités aux États-Unis.

Le danger toxicologique est d'abord fonction de la nature des substances chimiques qui seront transportées, utilisées, extraites ou traitées lors des différentes étapes du procédé industriel. Nous pouvons déjà prévoir que des quantités importantes d'hydrocarbures sous forme tant gazeuse que liquide seront impliquées aux différentes étapes de l'exploration et de l'exploitation du gaz de schiste. De nouveau, la nature exacte de ces hydrocarbures de même que les quantités impliquées ne sont pas encore connues.

2.2.2 Exposition des populations

Les sources et les voies potentielles d'exposition des populations ont été documentées dans un premier temps à partir d'un modèle conceptuel présenté dans une évaluation des risques pour la santé parue récemment aux États-Unis et dans un deuxième temps, à partir d'incidents survenus aux États-Unis et au Canada.

Modèle conceptuel

Publiée récemment par une équipe de recherche de l'Université du Colorado, une évaluation des risques pour la santé des résidants d'une communauté de ce même État américain propose un modèle conceptuel illustrant des sources d'exposition variées et potentielles à diverses substances chimiques associées aux activités de l'industrie du gaz de schiste (McKenzie *et al.*, 2010). Ce travail de recherche est complémentaire à une évaluation d'impact sur la santé du même projet d'exploitation gazière (Witter *et al.*, 2010).

À notre connaissance, ce travail de recherche (McKenzie *et al.*, 2010; Witter *et al.*, 2010) est à ce jour l'unique document publié identifiant des activités et des incidents spécifiques à cette industrie, des milieux pouvant être contaminés (air, eau, sol) et les modes de contact potentiels chez l'homme (inhalation, ingestion, contact cutané). Ce modèle suggère que les populations peuvent être éventuellement directement ou indirectement exposées à des substances dangereuses pour la santé humaine.

Incidents survenus aux États-Unis et au Canada

Quelques références rapportent des incidents associés aux activités d'exploitation de l'industrie du gaz de schiste (Christen, 2010; PALTA, 2010; Witter *et al.*, 2010). Il faut mentionner la contribution d'un rapport paru récemment, préparé par un organisme environnemental américain, qui a relevé de nombreux incidents survenus en lien avec l'exploitation du gaz de schiste et diverses infractions environnementales commises par cette industrie au cours des dernières années aux États-Unis, particulièrement dans l'exploitation des schistes de Marcellus (Pennsylvanie, Ohio et Virginie-Occidentale), de Barnett (Texas), de Fayetteville (Louisiane et Arkansas) et dans des formations du Wyoming et du Colorado (Michaels *et al.*, 2010). Les événements rapportés s'appuient, entre autres, sur des rapports

d'enquête et des avis émis par des autorités étatiques et fédérales américaines, incluant des agences de protection de l'environnement (ex. : EPA, PDEP, NYCDEP, etc.).

En lien avec l'exploitation du gaz de schiste, les principaux incidents identifiés aux États-Unis et au Canada susceptibles de menacer la santé de la population sont les explosions, les incendies, les fuites et les déversements, comme mentionnés précédemment. Parmi ceux-ci, quelques-uns ont sensibilisé les autorités publiques et la population générale, particulièrement parce qu'ils ont ou auraient pu porter atteinte à la santé humaine en raison de la contamination de l'environnement et que les mesures d'urgence des municipalités et de l'industrie ont été mises à l'épreuve.

Quelques exemples d'incidents survenus aux États-Unis et au Canada sont sommairement présentés ci-après[6] :

- Le 5 mars 2004, une explosion est survenue dans une habitation à la suite de la migration de gaz (méthane) à la surface qui a entraîné la contamination de la nappe phréatique et des puits artésiens résidentiels; trois décès rapportés (résidants de cette habitation) – comté de Jefferson, Pennsylvanie (Michaels *et al.*, 2010; PDEP, 2009).
- Le 15 décembre 2007, une explosion est survenue dans une habitation à la suite de la migration de gaz (méthane) à la surface qui a entraîné la contamination de la nappe phréatique et des puits artésiens résidentiels; aucun blessé ou décès rapporté – comté de Geauga, Ohio (ODNR, 2008).
- Le 22 novembre 2009, une rupture de pipeline a provoqué une fuite de gaz naturel (méthane) avec présence d'hydrogène sulfureux (H_2S) (un gaz toxique); aucun blessé ou décès rapporté – à proximité du village de Pouce Coupe, Colombie-Britannique. Cet incident a entraîné l'évacuation de la population résidant à proximité du site concerné (BCOGC, 2010).
- Le 3 juin 2010, pendant une opération de forage, une explosion d'un puits de forage est survenue entraînant une fuite dans l'environnement de gaz naturel (méthane) (gaz inflammable), et d'eau contaminée (produits chimiques utilisés pour la fracturation et forte teneur en sel) dont le volume rejeté est estimé à 35 000 gallons; aucun blessé ou décès rapporté – comté de Clearfield, Pennsylvanie (PEMA, 2010; Vittitow, 2010).
- Le 7 juin 2010, pendant une opération de forage, un incendie est survenu à un puits de forage à la suite d'une explosion provoquée par une fuite de méthane; 7 travailleurs blessés (brûlures) – comté de Moundsville, Virginie-Occidentale (WVDEP Office of Oil and Gas, 2010a,b; AB Resources PA LLC, 2010).

Dans plusieurs cas, les incidents rapportés sont survenus dans des zones éloignées de la population. Les personnes les plus exposées aux risques d'accidents industriels sont d'abord les travailleurs, puis les personnes qui résident à proximité des sites d'exploitation et des réseaux routiers empruntés par les camions de transport.

[6] Pour plus de détails, veuillez consulter les documents de référence suggérés.

Au Québec

Une fois que le danger a été identifié, nous devons établir le niveau d'exposition de la population à ce danger. En effet, si une explosion importante survient au milieu du désert, elle ne présente qu'un risque très faible ou nul pour la santé humaine. La même explosion qui survient dans un marché public en pleine activité peut avoir un impact significatif sur la santé. De la même façon, une quantité importante de matières très toxiques entreposées dans des contenants sécuritaires dans un endroit éloigné des populations ne présente pas de risque pour la santé humaine tant que cette situation persiste.

Au Québec, la majorité des secteurs visés par l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste est située à proximité des populations et constitue, de ce fait, une question particulière sur laquelle il est nécessaire de se pencher en matière d'urgences de santé publique.

Nos connaissances actuelles de la nature, des quantités, des procédures de manipulation et de transport de ces substances chimiques dans le cadre de l'exploration et de l'exploitation du gaz de schiste, ne nous permettent pas d'évaluer le niveau potentiel d'exposition tant des travailleurs que de la population environnante à ces substances. Une telle exposition potentielle pourrait survenir à différentes étapes du processus par différents modes d'exposition (inhalation, ingestion d'eau contaminée, sols contaminés). Pour l'instant, tous ces scénarios ne sont qu'hypothétiques et non quantifiables.

2.3 DÉFIS RELIÉS À LA GESTION DES RISQUES DANS LE CONTEXTE QUÉBÉCOIS

Les urgences en santé publique reliées aux risques technologiques constituent l'une des nombreuses préoccupations exprimées par les populations situées à proximité des activités de cette industrie (Michaels *et al.*, 2010; Witter *et al.*, 2010). Cette question comporte d'ailleurs divers enjeux et des défis en matière de santé publique, tant aux États-Unis (French, 2010; Iannacchione, 2010) qu'au Canada (Bush, 2007).

Comme discuté auparavant, au Québec, l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste présentent des défis particuliers, notamment parce que la technologie utilisée est encore récente et en constant développement et qu'elle n'opère pas dans des conditions traditionnelles. En effet, cette technologie ne se situe pas dans un espace industriel construit, disposant des infrastructures habituelles. En raison de la localisation des sources de gaz, cette industrie peut devoir se situer en zone rurale habitée. Cela implique de transporter sur place tout l'équipement et le matériel requis pour les différentes étapes du processus d'exploration et d'exploitation. Ceci requiert, entre autres, le transport sur le site, par exemple, de grandes quantités d'eau, de substances chimiques et de carburant diesel et, possiblement, de gaz propane. De façon générale, les véhicules lourds circuleront sur un réseau routier rural qui n'a pas été conçu pour ce type de transport. Ce type de trafic routier dont le volume sera plus important durant certaines phases de production du gaz de schiste circulera au sein de zones habitées, empruntant entre autres les mêmes routes que les résidants, les agriculteurs, les commerçants et les industriels locaux, ainsi que les écoliers (autobus scolaires). Le risque d'accidents impliquant entre autres des matières dangereuses pourrait être significativement accru.

L'élaboration et la mise à l'essai d'un plan d'urgence pour chacun des sites d'exploration et d'exploitation québécois représentent d'autres défis importants. En effet, c'est généralement à partir de ces plans d'urgence que les autres intervenants (municipalité, sécurité civile, santé publique, etc.) vont développer leurs propres plans d'interventions en cas d'incident ou d'accident. D'ailleurs, le ministère des Ressources naturelles et de la Faune prévoit en faire une obligation dans le cadre du processus de révision du *Règlement sur le pétrole, le gaz naturel et les réservoirs souterrains* en cours (MRNF, 2010).

En attendant la mise en place de cette mesure, un des principaux défis consiste à favoriser la collaboration entre les entreprises et les principaux organismes publics concernés (ex. : municipalités, ministère de la Sécurité civile, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Commission de la santé et de la sécurité du travail, ministère de la Santé et des Services sociaux), à partir d'un cadre de référence commun. Dans ce contexte, le document d'orientation de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE, 2003) constitue un point de départ pour la prévention, la préparation et l'intervention en matière d'accidents chimiques puisqu'il interpelle l'ensemble des acteurs impliqués dans ce dossier.

2.4 CONSTATS

L'évaluation des risques nécessite des informations scientifiques quantitatives et qualitatives. Or, à l'heure actuelle, la disponibilité de données scientifiques tenant compte de l'impact sur la santé humaine est limitée et ne nous permet pas de compléter cette démarche. Dans le contexte québécois actuel, pour chacun des sites en activité et à venir (exploration et exploitation), un inventaire détaillé des substances chimiques qui seront utilisées sur le site et qui seront transportées sur les routes, les sites d'entreposage, le volume et la durée des activités, la proximité de la population, les plans de mesures d'urgence élaborés et la réelle capacité des petites municipalités de les mettre en œuvre sont quelques-unes des nombreuses données nécessaires pour documenter et évaluer les risques pour la santé. Des scénarios d'incidents plausibles et leur rayon d'impacts potentiels seraient également essentiels dans le cadre de cette démarche.

L'évaluation du risque nécessite une meilleure connaissance de la situation. Par conséquent, dans le contexte des urgences de santé publique, nous ne sommes pas en mesure de nous prononcer spécifiquement quant aux impacts sanitaires reliés aux risques technologiques en lien avec l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste au Québec. Or, dans tous les États ou provinces où cette exploitation a eu lieu, nous constatons qu'encore tout récemment certains incidents ont entraîné blessures et décès, ce qui constitue un enjeu réel même avec les techniques les plus récentes.

3 POLLUANTS DE L'AIR ÉMIS LORS DE L'EXPLORATION ET DE L'EXPLOITATION GAZIFIÈRE NON TRADITIONNELLE

3.1 IDENTIFICATION DES DANGERS

La démarche de recherche documentaire réalisée dans le cadre de ce mandat et l'expertise générale de l'INSPQ en matière de polluants atmosphériques permettent d'avoir une vue d'ensemble des dimensions associées à la qualité de l'air dans le cas d'une exploitation gazifière non traditionnelle telle celle du gaz de schiste. À la lumière des connaissances disponibles, certains constats peuvent être émis sur les sources, les effets potentiels et la caractérisation du risque pour la santé des populations avoisinantes.

3.1.1 Polluants atmosphériques et sources

Les concentrations d'une variété de polluants sont susceptibles d'augmenter dans l'air ambiant, sur le lieu des sites d'exploration (forage et essais de production) et d'exploitation gazifière non traditionnelle ou à leur proximité, pouvant ainsi accroître l'exposition des populations environnantes. Les principaux polluants d'intérêt émis lors de l'exploitation incluent les oxydes de soufre (SOx), les particules, les oxydes d'azote (NOx) et les composés organiques volatiles (COV). Les NOx et les COV sont des précurseurs de l'ozone au sol, un contaminant dont les concentrations dans l'air sont aussi susceptibles d'augmenter.

Lors de l'exploration et de l'exploitation gazifière non traditionnelle, les sources principales d'émissions de particules fines (PM2.5, particules dont le diamètre médian < 2,5 µm[7], de SOx et de NOx sont les équipements (US EPA 2008a; Ground Water Protection Council et ALL Consulting, 2009; Witter *et al.*, 2010). Ces équipements incluent les véhicules lourds utilisés pour creuser, ceux employés pour transporter l'eau et les diverses substances requises pour la fracturation, de même que les pompes et les compresseurs utilisés lors du forage. Les émissions, dans l'air ambiant, de PM2.5, NOx et SOx proviennent de l'utilisation de combustibles fossiles comme le diesel (US EPA 2008a; Ground Water Protection Council et ALL Consulting, 2009; Witter *et al.*, 2010). Les émissions associées aux équipements sont vraisemblablement plus importantes en phase d'exploration gazifière et diminuent lors du pompage, si des oléoducs sont en place pour transporter le gaz naturel. Notons que les polluants émis par les équipements lors de l'exploitation/exploration du gaz de schiste ne sont pas spécifiques à ce type d'exploitation.

Par ailleurs, lors de l'exploration et de l'exploitation gazifière non traditionnelle, une augmentation des émissions et des concentrations de particules grossières (dont le diamètre médian > 2,5 µm) dans l'air ambiant a aussi été observée à proximité de sites d'exploration et d'exploitation. L'augmentation de ces particules serait associée à l'augmentation de la circulation de véhicules lourds sur des routes non pavées (Ground Water Protection Council et ALL Consulting, 2009), la plupart des routes d'accès aux sites étant provisoires, donc habituellement en gravier ou en terre.

[7] µm : micromètre ou micron; 1 µm = 0,000 001 m.

Pour ce qui est des COV, ils sont retrouvés de façon naturelle dans les gisements de pétrole et de gaz; ils sont aussi ajoutés aux eaux de fracturation (US EPA 2008a; Ground Water Protection Council et ALL Consulting, 2009; Witter *et al.*, 2010). Parmi les COV qui sont émis aux sites d'exploration et d'exploitation gazifière non traditionnelle on retrouve de nombreux COV dont notamment des composés mono-aromatiques[8] comme le benzène, le toluène, l'éthylbenzène, et le xylène (collectivement appelés BTEX). Ces COV peuvent provenir de différentes sources, dont les puits lors du pompage du gaz naturel et les réservoirs d'entreposage d'eaux usées utilisées pour la fracturation. La combustion du gaz naturel des puits, lors des essais de production de la phase d'exploration du gaz naturel (« gaz flaring »), est associée, en plus des COV, à l'émission de NOx et d'aldéhydes (US EPA 2008a; Ground Water Protection Council et ALL Consulting, 2009; Witter *et al.*, 2010). Notons que le « flaring » survient aussi lors de l'exploitation traditionnelle du gaz naturel.

Finalement, l'exploitation gazifière non traditionnelle a été associée dans un cas précis à la production d'ozone au sol, en raison de l'augmentation de l'émission de gaz précurseurs à sa formation (les COV et les NOx). En effet, on rapportait en 2008 à proximité de sites d'exploitation gazifière au Wyoming, des concentrations d'ozone au sol très élevées en hiver (Pinto, 2009). Ces concentrations hivernales élevées sont particulièrement surprenantes. Normalement les concentrations d'ozone ne sont élevées qu'en été dans l'hémisphère nord (de mai à septembre), lorsque le rayonnement ultraviolet du soleil et les températures sont élevés et accélèrent ainsi les réactions chimiques créant l'ozone près du sol. Les concentrations hivernales rapportées ont été associées à l'émission de gaz précurseurs à proximité du site d'activité gazière.

3.1.2 Effets des polluants de l'air

Les effets potentiels des polluants de l'air émis dans le cas du gaz de schiste ont été cernés à partir de données probantes bien établies en santé publique. Le constat est donc fondé sur une littérature générale sur les polluants atmosphériques et n'est pas spécifique au gaz de schiste (à moins de spécifications dans le texte).

Les évidences quant aux risques sanitaires associés à l'exposition aux principaux contaminants de l'air (particules, NOx, SOx et ozone) proviennent surtout d'études épidémiologiques, notamment pour les particules fines (PM2.5). L'exposition journalière (soit pendant 24 heures, considérée comme une exposition de courte durée) aux principaux contaminants de l'air, à des concentrations mesurées aujourd'hui dans l'air ambiant des régions urbaines et rurales du Québec, a été associée à des symptômes respiratoires, à la baisse des fonctions pulmonaires, à des augmentations de visites à l'urgence et d'hospitalisations pour problèmes respiratoires ainsi qu'à une augmentation de la mortalité prématurée (US EPA 2006, 2008b, 2008c, 2009). L'exposition journalière aux particules fines (PM2.5) a aussi été associée à une altération du rythme cardiaque et à une augmentation de la mortalité consécutive à des problèmes cardiovasculaires (US EPA 2009). Pour ce qui est des effets d'une exposition à long terme, celle aux particules fines (PM2.5) et aux émissions des véhicules routiers a été associée à une altération du développement des poumons ainsi qu'au développement de l'asthme chez l'enfant (US EPA

[8] Les composés aromatiques contiennent le noyau benzénique.

2009), de même qu'à une augmentation de la mortalité cardio-pulmonaire et par cancers (US EPA 2009).

L'exposition aux COV aromatiques ainsi qu'aux BTEX a aussi été associée à des effets aigus et chroniques. Toutefois, contrairement aux principaux contaminants de l'air mentionnés plus haut, les effets chez l'humain ont surtout été documentés en milieu de travail, à des concentrations d'au moins 10 à 100 fois plus élevées que les concentrations retrouvées dans l'air ambiant général; par contre, on ne trouve généralement pas en milieu de travail de groupes populationnels plus sensibles en raison de leur physiologie, comme les enfants ou les femmes enceintes, pour lesquels des facteurs de protection rigoureux sont appliqués. Les COV aromatiques sont des substances neurotoxiques, l'exposition à court et long terme (de quelques jours à quelques années) à ces composés en milieu de travail ayant été associée à des effets cognitifs et comportementaux[9]. L'un des BTEX, le benzène, est aussi une substance cancérigène reconnue, l'exposition prolongée à ce polluant ayant été associée au développement de la leucémie.

3.2 CARACTÉRISATION DU RISQUE À LA SANTÉ

Les concentrations de COV aromatiques dans l'air ambiant sont susceptibles d'augmenter surtout dans l'environnement immédiat des sites d'exploration et d'exploitation gazifière. Les risques pour la population générale environnante, associés à ces polluants, seraient donc limités. L'augmentation des concentrations de COV attendue serait très localisée étant donné que les quantités émises seraient relativement faibles, et que ces polluants se diluent dans l'air ambiant avant d'atteindre les populations (Ground Water Protection Council et ALL Consulting, 2009). Cependant, selon une étude récente effectuée au Texas (Ethridge, 2010), des augmentations des concentrations de divers COV (ex. : 2-dibromoéthane, BTEX), parfois à des niveaux d'odeur perceptibles, ont été notées sous les vents dominants des sources d'émissions des installations gazifières, à proximité d'habitations résidentielles. Des augmentations des niveaux de contaminants comme le benzène pourraient donc être observés dans les résidences localisées très près des installations gazifières et contribuer à augmenter les risques de cancer et d'effets neurotoxiques des habitants si l'exposition est d'une durée de plusieurs années. Il faut aussi noter que les travailleurs des sites d'exploitation sont exposés à des concentrations plus élevées que la population environnante. Les travailleurs des sites d'exploitation sont aussi exposés à des émissions de diesel; l'exposition prolongée à ce polluant en milieu de travail a été associée au cancer du poumon (US EPA 2002).

En ce qui concerne les risques associés à l'exposition aux principaux contaminants de l'air (particules, NOx, SOx et ozone), les associations avec la panoplie d'effets de santé mentionnés sont faibles (RR[10] < 1,3 pour une augmentation d'un interquartile des niveaux d'exposition) (US EPA 2006, 2008b, 2008c, 2009). Malgré le fait que les associations soient faibles, et même lorsque les concentrations de contaminants sont basses, le nombre

[9] Voir la documentation de la base de données IRIS : www.epa.gov/iris/.

[10] RR : risque relatif; mesure d'association entre l'exposition et l'effet de santé; un RR de moins de 1,3 pour un interquartile d'exposition signifie qu'il y a une augmentation maximale de 30 % des effets avec une augmentation d'un interquartile des niveaux d'exposition. L'interquartile correspond à l'étendue de l'exposition allant du 25e au 75e percentile de la distribution des niveaux d'exposition.

d'individus souffrant d'effets sanitaires attribuables à l'exposition aux principaux contaminants de l'air peut quand même être important, lorsque le nombre de personnes exposées est élevé (US EPA 2006, 2008b, 2008c, 2009). On ne sait pas, dans le cas de l'exploration et de l'exploitation gazifière non traditionnelle, si un nombre important d'individus verront leur exposition aux principaux contaminants de l'air (PM2.5, NOx, SOx et ozone) augmenter.

Les populations dont l'exposition aux polluants de l'air est susceptible d'augmenter sont celles dont les résidences et les aires d'activités sont situées à proximité des sites de production. Afin d'estimer l'augmentation de l'exposition de la population (tant aux COV comme le benzène qu'aux principaux contaminants de l'air), des informations sur la nature des projets d'exploration et d'exploitation sont requises. Il est nécessaire de mieux connaître le type et le nombre des équipements mécaniques utilisés ainsi que les combustibles employés, la durée de fonctionnement de ces équipements et machineries (heures par jour, nombre d'années en activité, par exemple), les taux d'émissions de polluants des équipements et des installations, les vents dominants ainsi que la distance entre les sources d'émissions et les milieux de vie des populations. Sans ces informations, il est impossible d'estimer adéquatement l'augmentation des émissions et des concentrations des polluants de l'air, et donc les risques auxquels les communautés locales seront exposées.

D'autres contaminants de l'air ont aussi été associés à l'exploration et à l'exploitation gazifière, comme le sulfure d'hydrogène. Toutefois, les émissions de ce composé seraient rares et dans les schistes d'Utica au Québec, il n'aurait pas été détecté (MRNF, 2010; Ground Water Protection Council et ALL Consulting, 2009).

Finalement, l'exploration et l'exploitation gazifière sont associées à des émissions de gaz à effet de serre (GES) dont le CO_2 et le méthane. Cependant, les chiffres sur les émissions de GES associées à cette activité sont rares et discutables.

3.3 CONSTATS

Des informations sur la nature de chaque projet d'exploration et d'exploitation gazifière sont requises pour évaluer les risques à la santé de façon adéquate. Pour l'instant, toutes ces données ne sont pas disponibles. Celles qui devraient être demandées incluent le type et le nombre des équipements mécaniques utilisés, les combustibles employés, la durée de fonctionnement de ces équipements et machineries (heures par jour, nombre de jours en activité, par exemple), les taux d'émissions de polluants des équipements et des installations, le volume et la durée d'évaporation des lagunes pour les eaux usées, le volume final des eaux usées à traiter, le trafic routier supplémentaire induit, la distance entre les sources d'émissions et les milieux de vie des populations ainsi que les concentrations de polluants attendues. Ces informations devraient permettre d'estimer les risques associés aux émissions des puits individuels de même que les risques associés à plusieurs puits sur un site restreint ou dans une sous-région.

4 L'EAU SOUTERRAINE ET DE SURFACE

La qualité et la quantité de l'eau destinée à la consommation humaine sont un enjeu de santé publique important dans le cadre de l'évaluation des impacts de l'industrie du gaz de schiste au Québec, au Canada et aux États-Unis. Les prochaines sections présentent les procédés pouvant entraîner une contamination des sources d'eau potable, les dangers possibles associés à la contamination de l'eau de consommation (pénurie, contamination), ainsi que l'évaluation de l'exposition à ces dangers.

4.1 PROCÉDÉS TECHNOLOGIQUES POUVANT CONTAMINER L'EAU

Dans le cadre du forage des puits, et de leur exploitation subséquente, il existe plusieurs activités pouvant être associées à une contamination de l'eau souterraine (nappes phréatiques) ou de surface (lacs, rivières et eau de ruissellement sur le sol). Cette section présente succinctement les principales activités et leur potentiel de contamination hydrique.

Activité industrielle

La circulation de véhicules lourds pouvant laisser échapper divers liquides, notamment des hydrocarbures, est à considérer. S'ajoute la machinerie fixe sur les lieux du forage, comme des générateurs d'électricité fonctionnant à l'essence ou au diesel, ainsi que la manipulation de divers liquides, comme des lubrifiants. Tout déversement de telles substances peut contaminer tant l'eau de surface que souterraine.

Forage

Lors du forage d'un puits vertical, préalable au forage horizontal en profondeur, un mélange d'eau et de diverses substances est injecté vers le trépan (tête de forage) sous forme de boue, laquelle revient en surface et doit être transportée hors du site pour être éliminée; la quantité de boue de forage peut être importante et atteindre 100 à 125 mètres cubes par puits (100 000 à 125 000 litres) (MDDEP, 2010a).

Fracturation hydraulique

La fracturation hydraulique nécessite l'utilisation de nombreuses substances chimiques et en quantité importante. Le retour prévu d'une partie de l'eau de fracturation, incluant ses additifs (reflux, « flowback »), ou son jaillissement accidentel (« blowout »), à la suite de la rupture de la tête d'un puits ou d'une canalisation, sont aussi des situations pouvant entraîner une pollution aquatique, initialement de l'eau de surface, mais aussi des nappes souterraines, suite à une infiltration. Il faut ici rappeler que la fracturation du schiste nécessite l'utilisation moyenne d'environ 12 000 mètres cubes (12 millions de litres) d'eau douce par puits, prélevée dans le milieu naturel (par exemple, puisée dans une rivière ou dans une nappe d'eau souterraine) (Arthur *et al.*, 2009; MRNF, 2010; Office national de l'énergie, 2009). Selon le MDDEP, ce volume peut varier de 4 à 35 millions de litres d'eau, selon la longueur du forage horizontal et le nombre de fracturations requises (MDDEP, 2010a). L'eau de reflux, qui remonte à la surface, peut ainsi représenter un pourcentage appréciable de la quantité utilisée pour la fracturation, soit entre 25 et 50 %.

Bien qu'une proportion significative de cette eau puisse être réutilisée pour de nouvelles fracturations, chaque puits génère plusieurs millions de litres d'eaux usées qui peuvent être entreposées dans une lagune sur les lieux du site. Celle-ci doit être ultimement expédiée à un centre de traitement des eaux usées, municipal ou spécialisé. (NYSDEC, 2009). Il faut par ailleurs noter que la fracturation, qui génère ces importants volumes d'eau, se fait habituellement sur une période de 2 à 8 semaines, suivie du pompage du gaz naturel. Cependant, si la production de gaz naturel d'un puits diminue, il est possible de le fracturer à nouveau (MDDEP, 2010a).

Extraction du gaz

Lors de la phase d'exploitation du puits, la remontée du gaz naturel en surface peut être accompagnée d'une eau saumâtre, laquelle est naturellement présente à de grandes profondeurs dans le schiste; en effet, cette formation géologique emprisonne avec elle l'eau d'anciennes mers. Une quantité très variable de cette eau saumâtre peut être générée lors de l'exploitation d'un puits, allant d'une quantité négligeable à des milliers de litres par jour, selon la formation géologique (Office national de l'énergie, 2009; NYSDEC, 2009). Le gaz naturel ainsi « contaminé » par cette eau saumâtre peut être déshydraté pour en extirper cette eau salée. Dans certains cas, ce processus de « déshydratation » peut durer jusqu'à 18 mois avant d'obtenir du gaz naturel sans eau (Sumi, 2008). La teneur en sels de cette eau nécessite qu'elle soit entreposée dans une lagune sur place, puis acheminée vers un centre de traitement ou encore injectée dans des formations géologiques de la même profondeur que le schiste (Office national de l'énergie, 2009). Selon le MDDEP, les résultats des premières explorations réalisées dans les basses-terres du Saint-Laurent montrent cependant que le méthane serait pur à 98 %, ce qui signifie qu'il serait peu contaminé par les eaux salées du schiste (MDDEP, 2010a).

Intégrité des structures

Concernant plus spécifiquement l'eau souterraine, l'intégrité de la gaine de béton et des tubages d'acier qui la traversent doit être assurée afin de prévenir sa contamination par les fluides de fracturation, l'eau saumâtre en profondeur ou par le gaz naturel lors de sa remontée. Selon le MDDEP, « c'est la qualité de la cimentation du puits qui est l'élément le plus déterminant pour prévenir la migration des fluides et du gaz » (MDDEP, 2010a). Le Département de conservation de l'environnement de l'État de New York estime la probabilité d'une rupture des tubulures d'acier ou de la gaine de béton adéquatement installée, à la suite de la corrosion, à une sur 50 millions (2×10^{-8}) pour la durée de vie du puits (NYSDEC, 2009). Par contre, des faiblesses dans l'intégrité de ces structures se sont avérées être parmi les causes d'accidents répertoriés (voir plus loin).

Une autre source de contamination potentielle de l'eau souterraine pourrait provenir de fissures provoquées par la fracturation, pouvant favoriser la migration des contaminants depuis la zone de fracturation jusqu'à la base d'une nappe d'eau souterraine. Généralement, la distance entre la nappe aquifère et la zone de fracturation est cependant suffisante pour empêcher que les fissures remontent vers la nappe souterraine. Le MRNF indique que les nappes phréatiques sont généralement près de la surface (dans les 100 premiers mètres de profondeur) alors que la couche sédimentaire du schiste d'Utica à exploiter se situe entre 600 mètres et 3 000 mètres (MRNF, 2010). Selon le NYSDEC (2009), une nappe aquifère ne

devrait pas être plus profonde que 330 mètres (1 000 pieds) alors que la zone de fracturation devrait être plus profonde que 650 mètres (2 000 pieds) pour prévenir la contamination par des fissures issues de la zone de fracturation. Au Québec, le forage dans le schiste d'Utica se ferait à une profondeur de 1 000 à 2 500 mètres (MDDEP, 2010a). Selon ces données, en Amérique du Nord, les nappes aquifères seraient donc peu vulnérables à une telle contamination par des microfissures, compte tenu de leur profondeur (Ground Water Protection Council et ALL Consulting, 2009).

4.2 IDENTIFICATION DES DANGERS

Les dangers potentiels à la santé reliés à l'exploitation du gaz de schiste se divisent en trois problématiques, soit la disponibilité des ressources en eau, les contaminants potentiels pouvant éventuellement entrer en contact avec l'humain, ainsi que la gestion inadéquate des eaux usées.

4.2.1 Disponibilité de la ressource eau

Le prélèvement de la ressource en eau douce lors des opérations de l'exploitation des schistes peut entraîner une réduction des quantités et des débits d'eau disponibles à des fins de consommation humaine (US EPA, 2010c; Office national de l'énergie, 2009). Dans des cas extrêmes, le manque d'eau peut forcer une population à opter pour des sources d'eau non salubres, en plus de réduire l'utilisation de l'eau à des fins d'hygiène (OMS, 2009). Cette préoccupation doit aussi tenir compte des effets probables du changement climatique sur l'étiage en période estivale au Québec méridional (Ouranos, 2010). De plus, la réduction d'une source d'eau potable peut aussi entraîner des conséquences non négligeables pour les communautés affectées.

Comme mentionné par le MRNF, le prélèvement d'un important volume d'eau douce dans le milieu naturel sur une courte période de temps pourrait avoir des effets sur les puits d'eau potable ou tout autre usage de l'eau (MRNF, 2010).

Les opérations de forage nécessitent au total quelques centaines de mètres cubes d'eau (soit entre 100 000 et 300 000 litres), tandis que les opérations de fracturation hydraulique peuvent nécessiter environ 2 millions de litres d'eau par étape de fracturation (MRNF, 2010). Puisqu'un puits vertical peut générer de 6 à 10 étapes de fracturation (MRNF, 2010), le volume d'eau nécessaire à toutes les étapes de l'exploitation peut être estimé à près de 12 à 20 millions de litres d'eau par puits vertical. Ainsi, la quantité d'eau utilisée par l'industrie gazière dépendra du nombre de puits verticaux en exploitation par kilomètre carré.

Au Québec, tout prélèvement d'eau douce (de surface ou souterraine) doit faire l'objet d'un certificat d'autorisation émis par le MDDEP en vertu de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (MRNF, 2010). En contrepartie, l'eau utilisée peut aussi provenir du réseau d'approvisionnement des municipalités (MRNF, 2010). Dans ce cas, il s'agit plutôt d'une augmentation d'un prélèvement connu (MDDEP, 2010a).

Lorsque l'eau est prélevée à partir d'une eau de surface, le volume prélevé ne devrait pas dépasser 20 % du débit d'étiage de récurrence sur deux ans calculé pour une période de 7 jours (MRNF, 2010; MDDEP, 2010a). Selon le MDDEP, les volumes d'eau nécessaires à l'exploitation du gaz de schiste au Québec devraient surtout provenir des eaux de surface situées à proximité ou transportées par camion-citerne (MDDEP, 2010a).

Par contre, aux États-Unis, les industries gazières préfèrent extraire sur place l'eau souterraine nécessaire en raison des coûts élevés liés au transport de l'eau sur de longues distances (Kargbo *et al.*, 2010). Cette pratique n'est cependant pas sans risque. Ainsi, en Pennsylvanie, des cas d'assèchement de la ressource liés au prélèvement excessif en eau provenant de l'exploitation gazière dans les schistes de Marcellus ont été observés (Parsons, 2008, cité dans NYCDEP, 2009). Au Québec, selon le MDDEP, les nappes phréatiques des basses-terres du St-Laurent ne seraient pas assez productives pour fournir les volumes d'eau requis lors des étapes de fracturation (MDDEP, 2010a), ce qui laisse entendre que les entreprises de forage devraient plutôt s'approvisionner en eaux de surface. Par ailleurs, la caractérisation des eaux souterraines québécoises n'est pas encore achevée (Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines) et ses résultats ne seront pas connus avant l'année 2013 (MDDEP, 2010b). Ainsi, il est difficile de préciser l'impact possible sur la population touchée par les zones d'utilisation des ressources en eau.

4.2.2 Nature des composés et effets potentiels sur la santé

À la lumière de la recherche bibliographique effectuée, il n'existe pas de publications scientifiques ayant étudié les effets potentiels sur la santé des composés utilisés lors de l'exploitation du gaz provenant du schiste.

Les sources potentielles de contamination ont été abordées précédemment. La présente section porte sur la nature des composés pouvant être rencontrés au Québec et leur effet potentiellement cancérigène. Compte tenu des limites de temps pour faire ce travail, le potentiel cancérigène des composés a été le seul paramètre étudié lors de l'identification des dangers puisqu'il est généralement admis que ce paramètre n'a pas de seuil d'effets. Pour des effets sans seuil, le risque zéro n'existe que lorsque la substance n'est pas présente. Ces composés peuvent aussi causer d'autres types d'effets chroniques sur divers systèmes (par exemple le développement, la reproduction, le foie ou les reins), mais l'évaluation de ces effets potentiels doit tenir compte des seuils d'effets reconnus et donc des doses d'exposition. De plus, pour bon nombre de substances, il existe de nombreuses inconnues sur leur potentiel toxique (en particulier pour la toxicité chronique et le potentiel cancérogène), compte tenu du manque d'informations disponibles sur les substances elles-mêmes.

Dans la littérature, certains documents font état de listes de composés pouvant être ou étant utilisés lors de l'exploitation de gaz naturel, mais ces listes incluent souvent des composés utilisés dans l'industrie du gaz dérivé du méthane houiller (*coalbed methane*) et de l'industrie des gaz naturels conventionnels, ce qui rend difficile la comparaison avec l'industrie du gaz de schiste au Québec. L'organisation non gouvernementale TEDX (The Endocrine Disruption Exchange) a fait un exercice de priorisation des composés potentiellement utilisés dans l'exploitation du gaz naturel et a relevé de nombreux produits ayant de multiples effets

potentiels à la santé (Colborn *et al.*, 2010). Cet exercice a de nombreuses limites quant à son application en santé publique, puisque la notion de seuil d'effets potentiels n'a pas été prise en compte. Cependant, il met en lumière le manque de données disponibles sur ce sujet, ce qui empêche de faire une évaluation quantitative des risques à la santé reliés à l'exploitation du gaz de schiste.

L'évaluation du potentiel cancérigène des composés identifiés dans cette section a été tirée des évaluations d'organismes internationaux reconnus pour leur expertise dans le domaine, tels que l'US EPA (IRIS, 2010), le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC, 2010) associé à l'Organisation mondiale de la Santé, le Programme de toxicologie national (NTP, 2010) des Instituts nationaux des sciences de la santé environnementale (NIEHS), et le *Hazardous Substances Data Bank* de la Bibliothèque nationale de médecine (National library of medicine) américaine (HSDB, 2010).

Produits chimiques issus de l'industrie (anthropique)

Comme décrit auparavant, les composés d'origine anthropique peuvent provenir des véhicules et d'équipements présents sur le site d'exploitation, ou entrer dans la composition des boues de forage ou des fluides de fracturation. Aux États-Unis, malgré le fait que l'exploitation du gaz de schiste est en exploitation depuis plusieurs années, la nature des composés ou des solutions utilisés lors des diverses opérations est peu connue. Devant ce peu de données disponibles, l'Agence américaine de protection de l'environnement (US EPA) a récemment demandé aux compagnies de gaz de fournir volontairement toute l'information sur les composés chimiques qu'elles utilisent dans le but de mieux caractériser les impacts possibles de ces produits sur l'eau potable (US EPA, 2010a). En 2009, une évaluation environnementale portant sur le développement des schistes de Marcellus dans l'État de New York fait état des listes de composés étant utilisés comme additifs lors des opérations d'exploitation ou étant retrouvés dans les eaux usées (NYSDEC, 2009).

Les composés présentés dans le tableau 1 ont été retenus à partir de listes de composés déclarés être utilisés au Québec et publiés par les industries du gaz de schiste ou par le MDDEP (BAPE, 2010a; Energy in Depth, 2009; MDDEP, 2010a; Office national de l'énergie, 2009; Questerre Energy Corporation, 2010; MRNF, 2010; Talisman Energy USA, 2010; MDDEP, 2010a). Les composés non déclarés être utilisés au Québec, mais utilisés dans les schistes de Marcellus, aux États-Unis, ont été retenus comme contaminants potentiels puisque l'industrie en est seulement au stade de l'exploration du gaz de schiste au Québec, et que les composés déclarés être utilisés peuvent vraisemblablement être amenés à changer selon le puits à fracturer et le type de géologie rencontré, comme cela a été rapporté dans les schistes de Marcellus (Kargbo *et al.*, 2010; NYCDEP, 2009; NYSDEC, 2009).

Parmi les substances chimiques répertoriées dans le tableau 1, 7 substances ont un potentiel cancérogène (reconnu, probable ou possible) selon les différentes organisations internationales d'évaluation des risques, soit environ 11 % des substances. Les nuances sur le type d'évaluation (cancérigène possible; probable) sont décrites dans le tableau 1.

Tableau 1 Classement de cancérogénicité des composés chimiques pouvant être utilisés lors des opérations d'exploitation du gaz de schiste

Composé	No CAS	Type d'opération	Utilisation déclarée au Québec	Classement par organisme				Référence
				CIRC (2010)	CalEPA (2010)	IRIS (2010)	NTP (2010a,b)	
2,2-dibromo-3-nitrilopropionamide	10222-01-2	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Acide acétique	64-19-7	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Acide benzènesulphonique, dérivés d'alkyl C10-C16	68584-22-5	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Acide citrique	77-92-9	fracturation		aucun	aucun	aucun	aucun	Kargbo *et al.*, 2010
Acide formique	64-18-6	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Acide nitrilotriacétique et ses sels	139-13-9	fracturation	X	classe 2B, cancérogène possible (1999)	cause le cancer (1988)	aucun	anticipé être un cancérogène humain (1983)	BAPE, 2010a
Acides gras et huile de tall	61790-12-3	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Acrylamide	79-06-1	fracturation	X	classe 2A, cancérogène probable	cause le cancer (1990)	cancérogène probable pour l'humain (2010)	anticipé être un cancérogène humain (1991)	BAPE, 2010a
Alcool acétylénique (ethyl octynol)	5877-42-9	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Alcool propargylique	107-19-7	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	certaines preuves (2008)	BAPE, 2010a

Tableau 1 Classement de cancérogénicité des composés chimiques pouvant être utilisés lors des opérations d'exploitation du gaz de schiste (suite)

Composé	No CAS	Type d'opération	Utilisation déclarée au Québec	Classement par organisme				Référence
				CIRC (2010)	CalEPA (2010)	IRIS (2010)	NTP (2010a,b)	
Alcools éthoxylés, C12-C15	68131-39-5	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Alcools éthoxylés, C14-C15	68951-67-7	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Alcools éthoxylés, ramifiés	78330-19-5	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Alkènes, C > 10 alpha-	64743-02-8	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Alkylphénol oxyalkylé	68891-11-2	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Amines quaternaires	106233-03-8	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	QEC, 2010
Amino-2 éthanol	141-43-5	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Azote, gazeux	7727-37-9	fracturation		aucun	aucun	aucun	aucun	Kargbo *et al.*, 2010
Bentonite	1302-78-9	forage	X	aucun	aucun	aucun	à venir	BAPE, 2010a
Benzène	71-43-2	transport		classe 1, cancérogène pour l'humain (2010)	cause le cancer (1987)	cancérogène chez l'humain	connu pour être un cancérogène humain (1980)	NYSDEC, 2009
Bisulfate d'ammonium	7803-63-6	fracturation		aucun	aucun	aucun	aucun	EID, 2009
Borate, sels de		fracturation		aucun	aucun	aucun	aucun	EID, 2009

Tableau 1 Classement de cancérogénicité des composés chimiques pouvant être utilisés lors des opérations d'exploitation du gaz de schiste (suite)

Composé	No CAS	Type d'opération	Utilisation déclarée au Québec	Classement par organisme				Référence
				CIRC (2010)	CalEPA (2010)	IRIS (2010)	NTP (2010a,b)	
Butoxy-2 éthanol	111-76-2	fracturation	X	classe 3, non classifiable (2006)	aucun	peu probable (2010)	preuves équivoques (2000)	BAPE, 2010a
Chlore	7782-50-5	fracturation	X	classe 3, non classifiable (1991)	aucun	aucun	pas de preuve (1992)	BAPE, 2010a
Chlorure d'ammonium	12125-02-9	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Chlorure de potassium	7447-40-7	fracturation		aucun	aucun	aucun	aucun	EID, 2009
Chlorure d'hydrogène	7647-01-0	fracturation	X	classe 3, non classifiable (1992)	aucun	pas évalué	aucun	BAPE, 2010a
Complexe alkylaryl polyo-ester	68188-40-9	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Copolymère d'acrylamide	38193-60-1	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Dibromoacétonitrile	3252-43-5	fracturation	X	classe 3, non classifiable (1999)	aucun	aucun	preuve claire (2010)	TEUSA, 2010
Diesel		forage		classe 3, non classifiable (1989)	aucun	aucun	aucun	Kargbo *et al.*, 2010
Dioxyde de carbone, liquide	124-38-9	fracturation		aucun	aucun	aucun	aucun	Kargbo *et al.*, 2010

Tableau 1 Classement de cancérogénicité des composés chimiques pouvant être utilisés lors des opérations d'exploitation du gaz de schiste (suite)

Composé	No CAS	Type d'opération	Utilisation déclarée au Québec	Classement par organisme				Référence
				CIRC (2010)	CalEPA (2010)	IRIS (2010)	NTP (2010a,b)	
Dipropylène glycol	25265-71-8	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	pas de preuve (2004)	BAPE, 2010a
d-Limonène	5989-27-5	fracturation		classe 3, non classifiable (1999)	aucun	aucun	preuve claire (rat mâle) (1990)	BAPE, 2010a
Esters d'acides gras	91744-20-6	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Éthylbenzène	100-41-4	transport		classe 2B, cancérogène possible (2000)	cause le cancer (2004)	non classifiable (1991)	certaines preuves (1999)	NYSDEC, 2009
Éthylène glycol	107-21-1	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	pas de preuve (1993)	BAPE, 2010a
Formaldéhyde	50-00-0	fracturation	X	classe 1, cancérogène pour l'humain	cause le cancer (1988)	cancérogène probable (1991)	anticipé être un cancérogène humain (1981)	BAPE, 2010a
Glutaraldéhyde	111-30-8	fracturation		aucun	aucun	aucun	aucun (1999)	EID, 2009
Gomme de guar	9000-30-0	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun (1981)	QEC, 2010
Huile de ricin éthoxylée	61791-12-6	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Hydroxy-2 éthyl cellulose	9004-62-0	fracturation		aucun	aucun	aucun	aucun	Kargbo *et al.*, 2010
Hydroxyde de sodium	1310-73-2	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a

Tableau 1 Classement de cancérogénicité des composés chimiques pouvant être utilisés lors des opérations d'exploitation du gaz de schiste (suite)

Composé	No CAS	Type d'opération	Utilisation déclarée au Québec	Classement par organisme				Référence
				CIRC (2010)	CalEPA (2010)	IRIS (2010)	NTP (2010a,b)	
Hypochlorite de sodium	7681-52-9	fracturation	X	classe 3, non classifiable (1991)	aucun	aucun	aucun (1992)	BAPE, 2010a
Isopropanol	67-63-0	fracturation	X	classe 3, non classifiable (1999)	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Méthanol	67-56-1	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
N,N-Diméthylformamide	68-12-2	fracturation		classe 3, non classifiable (1999)	aucun	aucun	aucun	EID, 2009
Naphtalène	91-20-3	fracturation	X	classe 2B, cancérogène possible (2002)	cause le cancer (2002)	ne peut être déterminé (1998)	preuve claire (2000)	BAPE, 2010a
Persulfate de sodium	7775-27-1	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Phosphate de tributyl	126-73-8	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	QEC, 2010
Polyacrylamide, anionique	9003-05-8	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	TEUSA, 2010; QEC, 2010
Polyéthylène glycol	25322-68-3	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	TEUSA, 2010

Tableau 1 Classement de cancérogénicité des composés chimiques pouvant être utilisés lors des opérations d'exploitation du gaz de schiste (suite)

Composé	No CAS	Type d'opération	Utilisation déclarée au Québec	Classement par organisme				Référence
				CIRC (2010)	CalEPA (2010)	IRIS (2010)	NTP (2010a,b)	
Polymère de l'acide acrylique	9003-01-4	fracturation	X	classe 3, non classifiable (1987)	aucun	aucun	aucun	TEUSA, 2010
Propylène glycol	57-55-6	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Quinoline quaternaire, dérivés de	72480-70-7	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Sels sulfonatés, dérivés de benzène	147732-60-3	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Solvant naphta (fraction des aromatiques lourds), C9-C16	64742-94-5	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Thiourée, polymère de	68527-49-1	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Toluène	108-88-3	transport		classe 3, non classifiable (1999)	aucun	information inadéquate pour l'évaluation (2005)	aucun (1990)	NYSDEC, 2009
Triéthylène glycol	112-27-6	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Triméthyl -1,2,4 benzène	95-63-6	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a

Tableau 1 Classement de cancérogénicité des composés chimiques pouvant être utilisés lors des opérations d'exploitation du gaz de schiste (suite)

Composé	No CAS	Type d'opération	Utilisation déclarée au Québec	Classement par organisme				Référence
				CIRC (2010)	CalEPA (2010)	IRIS (2010)	NTP (2010a,b)	
Triméthyloctadécylammonium	15461-40-2	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	QEC, 2010
Triméthyloctadécylammonium, Chlorure de	112-03-8	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010a
Trisodium, nitrilotriacétate de (monohydrate)	18662-53-8	fracturation	X	classe 2B, cancérogène possible (1999)	cause le cancer (1989)	aucun	anticipé être un cancérogène humain (1983)	BAPE, 2010a
Xylène de sodium sulfonate	1300-72-7	fracturation	X	aucun	aucun	aucun	pas de preuve (1998)	BAPE, 2010a

Abréviations : CAS : Chemical Abstracts Service; CalEPA : California Environmental Protection Agency; IRIS : Integrated Risk Information System de l'US EPA; EID : Energy in Depth; QEC : Questerre energy corporation; TEUSA : Talisman Energy USA; NTP : National Toxicology Program; NYSDEC : New York State Department of Environmental Conservation; CIRC : Centre international de recherche sur le cancer; BAPE : Bureau d'audiences publiques sur l'environnement.

Composés d'origine naturelle pouvant être libérés par les opérations d'exploitation

La turbidité de l'eau à court terme est l'aspect de contamination la plus commune au forage et à l'activité gazière sur les captages en puits privés (NYCDEP, 2009). Cette turbidité est liée à n'importe quelle activité de forage à travers l'aquifère et se rétablit généralement dans un court laps de temps (NYSDEC, 2009). Les matières en suspension peuvent inclure diverses toxines, telles que des métaux lourds. La turbidité peut aussi avoir une influence sur la qualité microbiologique de l'eau, en plus d'être associée à des goûts et des odeurs désagréables.

Les composés d'origine naturelle proviennent habituellement du sol et sont captés ou libérés lors des opérations de forage, de fracturation ou de production du gaz. Ces composés peuvent être présents naturellement dans les eaux souterraines selon la géologie du sol, d'où l'importance d'en connaître la qualité avant de commencer à forer le sol. La liste de ces paramètres et leurs effets potentiellement cancérogènes sont présentés au tableau 2. Les eaux salées provenant de formations salines profondes, le méthane libéré lors des opérations de production, les métaux et radionucléides issus du schiste sont des exemples de contaminants potentiels d'origine naturelle (Office national de l'énergie, 2009; Kargbo et collab., 2010; NYCDEP, 2009; BAPE, 2010b; MRNF, 2010; NYSDEC, 2009).

Les composés présentés dans le tableau 2 ont été retenus à partir de listes de composés présents dans les eaux de reflux au Québec et dans les schistes de Marcellus (BAPE, 2010b; Kargbo *et al.*, 2010; NYCDEP, 2009; NYSDEC, 2009). Parmi les composés identifiés, 8 ont un potentiel cancérogène (reconnu ou possible) selon les différentes organisations internationales d'évaluation des risques, soit 30 % des substances. Les nuances sur le type d'évaluation (cancérigène possible; probable) sont décrites dans le tableau 2.

Tableau 2 Classement de cancérogénicité des composés naturels pouvant être détectés dans les liquides résiduels issus de l'exploitation du gaz de schiste

Composé	Présence détectée dans les résidus au Québec	Classement par organisme			Référence
		CIRC (2010)	CalEPA (2010)	IRIS (2010)	
Aluminium		aucun	aucun	aucun	NYSDEC, 2009
Antimoine		aucun	aucun	aucun	NYSDEC, 2009
Baryum	X	aucun	aucun	peu probable (1998)	BAPE, 2010b
Bore	X	aucun	aucun	données inadéquates pour l'évaluation (2004)	BAPE, 2010b
Cadmium	X	classe 1, cancérogène pour l'humain (en préparation)	cause le cancer (1987)	cancérogène probable (1992)	BAPE, 2010b
Chlorures	X	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010b
Cobalt		classe 2B, cancérogène possible (1991)	cause le cancer (1992)	aucun	NYSDEC, 2009
Cyanure	X	aucun	aucun	non classifiable (1991)	BAPE, 2010b
Fer	X	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010b
Lithium		aucun	aucun	aucun	NYSDEC, 2009
Magnésium		aucun	aucun	aucun	NYSDEC, 2009
Manganèse		aucun	aucun	non classifiable (1996)	NYSDEC, 2009
Méthane		aucun	aucun	aucun	Ohio, 2008
Molybdène	X	aucun	aucun	aucun	NYSDEC, 2009
Nickel	X	classe 2B, cancérogène possible (1990)	cause le cancer (1989)	aucun	BAPE, 2010b
Phosphore	X	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010b
Plomb		classe 2B, cancérogène possible (1987)	cause le cancer (1992)	cancérogène probable (1993)	NYSDEC, 2009
Plomb-210		classe 1, cancérogène pour l'humain (en préparation)	cause le cancer (1989)	aucun	NYSDEC, 2009

Tableau 2 Classement de cancérogénicité des composés naturels pouvant être détectés dans les liquides résiduels issus de l'exploitation du gaz de schiste (suite)

Composé	Présence détectée dans les résidus au Québec	Classement par organisme			Référence
		CIRC (2010)	CalEPA (2010)	IRIS (2010)	
Radium -226		classe 1, cancérogène pour l'humain (en préparation)	cause le cancer (1989)	évaluation retirée (1993)	NYSDEC, 2009
Sélénium		classe 3, non classifiable (1987)	aucun	non classifiable (1993)	NYSDEC, 2009
Sels (eaux sursalées)		aucun	aucun	aucun	Office national de l'énergie, 2009
Sulfates	X	aucun	aucun	aucun	BAPE, 2010b
Thallium		aucun	aucun	aucun	NYSDEC, 2009
Thorium-234		classe 1, cancérogène pour l'humain (en préparation)	cause le cancer (1989)	aucun	NYSDEC, 2009
Titanium		aucun	aucun	aucun	NYSDEC, 2009
Uranium-235		classe 1, cancérogène pour l'humain (en préparation)	cause le cancer (1989)	évaluation retirée (1993)	NYSDEC, 2009
Zinc	X	aucun	aucun	non classifiable (2005)	BAPE, 2010b

Abréviations : CalEPA : California Environmental Protection Agency; IRIS : Integrated Risk Information System de l'US EPA; NTP : National Toxicology Program; NYSDEC : New York State Department of Environmental Conservation; CIRC : Centre international de recherche sur le cancer; BAPE : Bureau d'audiences publiques sur l'environnement; ONE : Office national de l'énergie; ODNR : Ohio Department of Natural Resources.

Le potentiel de radioactivité des débris de forage et des eaux usées, ainsi que des eaux sursalées est réel. Dans les schistes de Marcellus (New York), le radium-226 a été retrouvé dans les eaux usées et est devenu une grande préoccupation (NYSDEC, 2009). Ce dernier est sensiblement soluble dans l'eau et a une demi-vie d'environ 1 600 ans (NYSDEC, 2009). Les eaux sursalées ont aussi indiqué des taux élevés d'activité alpha et bêta brute, ainsi que du radium-226 (Kargbo *et al.*, 2010). Une problématique additionnelle connue consiste en l'élimination adéquate de ces déchets potentiellement radioactifs. En effet, les options de disposition des déchets solides et liquides radioactifs ne sont pas clairement établies et ne sont pas encadrées, même aux États-Unis où cette problématique est connue depuis quelques années (Kargbo *et al.*, 2010). Cet enjeu pourrait devenir une problématique de santé publique si les déchets des schistes d'Utica et de Lorraine démontrent de la radioactivité.

Finalement, les composés utilisés lors des opérations de forage et de fracturation hydraulique peuvent interagir entre eux et avec les composés libérés du sol, ou encore réagir à la pression et à la température lors des opérations pour former de nouveaux composés qui ne sont pas encore bien connus. Il en est de même des composés chimiques formant les eaux usées. Les effets sur la santé de ces composés inconnus sont d'autant plus incertains.

4.2.3 Traitement et élimination des eaux usées et effets potentiels

Dans la littérature, il existe différents procédés utilisés pour éliminer ou traiter les eaux usées issues de l'exploitation du gaz de schiste. Un traitement ou une élimination inadéquate de ces substances peut mener à une contamination de la ressource en eau potable et avoir des impacts de santé pour la population.

Traitement des eaux usées

La méthode d'élimination la plus fréquente est l'envoi de ces eaux usées vers des usines de traitement des eaux usées municipales (Office national de l'énergie, 2009; NYSDEC, 2009; MRNF, 2010). Par contre, ce procédé contient de nombreuses limites, puisque les méthodes de traitement ne sont probablement pas adaptées aux contaminants présents et aux concentrations de solides dissous totaux (Kargbo *et al.*, 2010; US EPA, 2010b). De plus, l'usine doit être habilitée pour traiter ce surplus d'eau et s'assurer de ne pas engorger son système, ce qui mènerait à un débordement et une évacuation directe dans les cours d'eau récepteurs (NYSDEC, 2009). Un traitement inapproprié des solides dissous totaux et le déversement subséquent dans un cours d'eau peuvent mener à une augmentation des solides dissous totaux dans les eaux douces, mettant ainsi à risque l'utilisation de cette eau pour la consommation humaine (US EPA, 2010c). Compte tenu du manque d'informations sur les produits contenus et de la difficulté à garantir le traitement complet et efficace de ces composés, le traitement adéquat de ces eaux usées est donc un enjeu majeur.

Au Québec, il n'y a pas de données disponibles sur l'efficacité des traitements au niveau municipal ou industriel pour éliminer l'ensemble des contaminants contenus dans cette eau. Un certificat d'autorisation est délivré par le MDDEP pour l'installation ou l'utilisation d'un système de traitement des eaux usées provenant du forage (MRNF, 2010). Néanmoins, ce certificat ne prend pas en compte l'ensemble des composés pouvant être à traiter et avoir potentiellement un impact sur la santé.

D'autres techniques sont utilisées au Canada ou aux États-Unis pour éliminer les eaux usées, telles que l'injection de celles-ci dans des formations salines profondes, la réutilisation des eaux usées pour la fracturation hydraulique, et le traitement de ces eaux sur le site même (procédés de distillation, de précipitation, de distillation/cristallisation, d'évaporation thermique, ou d'osmose inversée) (Kargbo *et al.*, 2010; Office national de l'énergie, 2009).

Stockage en bassin des eaux usées

Les fluides de forage (boue), les déblais de forage et les eaux usées issues de la fracturation hydraulique sont emmagasinés dans des bassins de rétention situés sur le site de forage (MRNF, 2010). Cependant, il manque d'informations sur l'intégrité des membranes et des installations de stockage, ainsi que sur la durée de l'entreposage des déchets dans ces bassins de rétention, pour assurer l'absence de risque de contamination de l'eau souterraine.

4.3 ANALYSE DES DONNÉES DE LA LITTÉRATURE SUR LA CONTAMINATION POSSIBLE DU MILIEU HYDRIQUE

L'évaluation de l'exposition de la population à un ou des contaminants représentant une menace pour la santé est une des étapes-clés dans l'estimation du risque. L'évaluation de l'exposition à une substance toxique est définie comme l'évaluation quantitative ou qualitative de la quantité de substance avec laquelle l'humain entre en contact. Cette évaluation demande de considérer la fréquence, la durée et le taux de contact, la voie d'exposition (orale, respiratoire ou cutanée), la dose moyenne d'exposition et idéalement la dose moyenne absorbée par unité de temps (quotidiennement) pendant la durée totale de l'exposition). Ainsi, cette évaluation ne peut se faire sans posséder des données sur les concentrations possibles des contaminants de l'eau consommée par la population. Dans cette section nous analyserons les données disponibles sur le risque de contamination du milieu hydrique par les activités d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste.

Les connaissances et les données de qualité d'eau liées à l'exploitation du gaz de schiste sont fragmentaires à l'heure actuelle. Peu de caractérisations du milieu hydrique ont été réalisées et les quelques données disponibles ont été principalement obtenues à la suite d'incidents lors d'activités d'exploration ou de production, ou encore lors de plaintes de citoyens ayant observé une modification de la qualité de leur eau de consommation lors de telles activités.

Le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) a confirmé le peu d'information disponible sur les quantités et la nature des rejets liés aux activités d'exploration et d'exploitation gazières, principalement du fait que celles-ci n'en sont qu'à leurs débuts au Québec (MDDEP, 2010a). Les expériences réalisées ailleurs, principalement aux États-Unis, sont donc utilisées pour documenter cette problématique.

Ainsi, la présente section souligne, à l'aide d'événements concrets, les risques réels ou appréhendés de contamination du milieu hydrique et plus spécifiquement des sources d'eau potable. La première partie se rapporte aux connaissances actuelles quant au risque de contamination du milieu hydrique en exploitation normale d'exploitation. La suite traite spécifiquement de situations ou d'incidents survenus lors des opérations d'exploration ou d'exploitation du gaz. Ces évènements ont pu contaminer les ressources hydriques et, subséquemment, présenter une menace à la santé pour ceux qui consomment cette eau. Nous abordons également les incertitudes liées aux traitements des eaux usées résultant de ces activités d'exploitation.

4.3.1 Contamination du milieu hydrique en exploitation normale

Selon le MDDEP, les cas rapportés de contamination des aquifères sont rares, et ceci, en dépit de la mise en place de milliers de puits aux États-Unis (MDDEP, 2010a). Le New York State Department of Environmental Conservation Division of Mineral Resources ainsi que le New York State Department of Health indiquent également qu'aucun cas de contamination des eaux souterraines liées aux opérations de fracturations hydrauliques horizontales n'a été documenté sur leur territoire (NYSDEC, 2009).

Cependant, dans un rapport récent, l'US EPA rapporte dans la région de Pavillion au Wyoming, la détection de composés chimiques pouvant résulter d'opérations de forage dans plusieurs puits d'alimentation en eau potable (US EPA, 2010d). En effet, à la suite de l'observation par des citoyens de modifications de la qualité organoleptique de leur eau potable (couleur jaunâtre, augmentation de la turbidité, taches d'huile, odeurs d'hydrocarbures), l'US EPA a procédé à des évaluations environnementales afin de mesurer les contaminants présents et, dans la mesure du possible, identifier la ou les sources de contamination. Une inspection préliminaire de l'US EPA, réalisée en 2009, a permis de déceler la présence de méthane et d'autres substances telles que des hydrocarbures volatils issus de composés pétroliers. Lors d'une évaluation plus détaillée et présentée dans un rapport en août 2010, l'US EPA a réalisé l'analyse extensive de plusieurs composés d'intérêt. L'échantillonnage comprenait 19 puits d'alimentation en eau potable (17 privés et 2 publics), des puits d'irrigation, d'observation ainsi que des échantillons de fluides de production associés à l'exploitation du gaz.

De faibles concentrations en phénol, benzène, naphtalène et adamantane ont été détectées dans certains puits. Des hydrocarbures totaux, dérivés du pétrole, ont été détectés dans 17 des 19 puits. Les concentrations en plomb, en phtalates et en nitrates pouvaient excéder les recommandations américaines en de rares occasions. L'US EPA précise que ces composés ne sont toutefois pas spécifiques aux opérations d'extraction du gaz. L'US EPA rapporte également la présence du 2-butoxyéthanol phosphate (2-BEP) en faibles concentrations (moins de 5 ppb) dans 11 des puits; le 2-BEP quant à lui n'est habituellement pas un composé que l'on retrouve dans l'eau des puits. Des analyses faites par l'U.S. Geological Survey dans le cadre d'une étude nationale sur la qualité des eaux souterraines n'auraient, pour leur part, détecté ce composé que dans seulement un puits sur 200 (la même limite de détection était utilisée) (US EPA, 2010d).

À l'heure actuelle, l'US EPA ne tire aucune conclusion quant à la provenance des composés détectés dans l'eau de ces puits. Les investigations additionnelles seraient utiles pour aider à déterminer la cause de cette contamination, mais l'US EPA précise qu'il est possible qu'elle ne soit pas en mesure d'identifier la source spécifique de contamination. À la suite d'évaluations environnementales limitées, et devant les incertitudes présentes, l'Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR, 2010), a recommandé entre autres que les résidants de Pavillion utilisent une autre source d'eau ou une eau traitée comme source d'eau potable. De plus, en attente d'une solution à long terme, un programme de surveillance de la qualité de l'eau domestique a été recommandé.

Globalement, on constate qu'en situation normale d'exploitation du gaz naturel, il n'y aurait pas de cas confirmés de contamination de la nappe aquifère. Néanmoins, le peu de données disponibles quant au suivi de la qualité des eaux près des sites d'exploitation et la suspicion de cas potentiels de contamination ne permettent nullement d'exclure un tel risque.

4.3.2 Contamination du milieu hydrique reliée à des incidents et des accidents lors de l'exploitation

Bien que des incidents et des accidents ne soient pas communs, leur survenue n'est pas exceptionnelle en ce qui concerne la pollution de l'eau. Ainsi, Michaels et ses collaborateurs (2010) rapportent quelques incidents ou accidents récents (2009-2010), comme le déversement non contenu de liquide de fracturation, l'écoulement de divers liquides, dont du diesel, le débordement de lagunes d'entreposage de liquide de fracturation ou le non-respect des normes concernant le traitement desdits liquides déversés directement dans l'eau de surface, sans traitement.

Parmi les accidents récents les plus spectaculaires, signalons le reflux accidentel de 35 000 gallons (environ 132 000 litres) de liquide de fracturation et de saumure à la suite de l'explosion d'une tête de puits à Punxsutawney en Pennsylvanie (Vittitow, 2010). La principale cause de l'incident serait reliée à la protection inadéquate et au nombre insuffisant de barrières de pression mises en place entre la formation productrice et l'atmosphère. Bien que les dommages aient été restreints, une lettre du Department of environmental protection de Pennsylvanie indique que l'incident, bien que limité, aurait pu avoir de graves conséquences. Aucune information quant aux concentrations des contaminants mesurés dans l'environnement n'est précisée.

Comme précisé précédemment, un des impacts le plus souvent rapportés, lors des opérations de forage d'huile et de gaz, sur la qualité de l'eau des puits est l'augmentation temporaire de la turbidité (NYSDEC, 2009). Des opérations de forage inadéquates ont été responsables de la présence de turbidité élevée de façon plus étendue dans des puits d'alimentation en eau dans la ville de Brookfield dans le canton de Madison. Lors des procédures de forage, un opérateur aurait utilisé du gaz comprimé sur plusieurs heures afin de tenter de déloger l'équipement de forage coincé dans le puits. Cette manœuvre inappropriée a été responsable de la turbidité élevée de puits et a conduit, entre autres, à l'installation d'appareils de traitement auprès de 11 puits de résidences. Il est précisé que ce cas demeure un cas isolé et ne résulte pas des opérations de fracturation hydraulique (NYSDEC, 2009; NYSDEC, 2008). Ce cas démontre la possibilité d'impact sur la qualité d'eau lors d'opération de forage inadéquate.

L'une des situations les plus problématiques quant aux risques à la santé liés aux opérations d'extraction de gaz est le risque d'explosion lié à l'intrusion de gaz naturel dans les résidences par l'intermédiaire des puits d'eau potable (voir la section sur les risques technologiques). Cette intrusion de gaz peut conduire à l'adoption de mesures préventives afin de limiter le risque à la santé. Ainsi, à la suite de l'explosion d'une résidence et de la détection d'intrusion de gaz naturel par les puits d'alimentation en eau de résidences à Bainbridge en Ohio (décembre 2007), on a procédé au débranchement de 26 puits ainsi qu'à la distribution d'eau embouteillée auprès de 48 résidences qui en avaient fait la demande

(ODNR, 2008). Le Department of Natural Resources de l'Ohio a conclu qu'une surpressurisation du gaz combinée à une cimentation inadéquate d'un puits ainsi que la longue période de fracturation avant la période de fermeture du puits sont responsables de cet incident. À la suite de cet événement, la Division of Mineral Resources Management (DMRM) du Department of Natural Resources de l'Ohio a coordonné un programme d'échantillonnage auprès de puits. Sur une période de 9 mois, la concentration maximale en méthane dissous observée dans 79 puits d'eau souterraine était de 1,04 mg/L. À ce niveau, le Federal Office of Surface Mining recommande un échantillonnage périodique (ODNR, 2008). Sur la base des données de qualité d'eau et d'autres observations, le DMRM a déterminé que 22 puits résidentiels d'alimentation ainsi qu'un puits public ont été contaminés par le gaz naturel résultant des opérations sur un puits d'extraction. Le DMRM précise que depuis 1984, c'est le premier cas documenté d'incident d'intrusion de gaz naturel dans la nappe aquifère mettant en lien une opération déficiente de cimentation d'un puits.

D'autres situations d'infiltration de gaz par les systèmes d'eau potable sont rapportées. Parmi celles-ci nous pouvons citer le cas de Dimock Township à Susquehanna où des résidants reçoivent leur eau potable du Pennsylvania American Water en remplacement de leurs puits d'alimentation contaminés par la présence de méthane (PDEP, 2010). Selon le secrétaire du service de protection de l'environnement de Pennsylvanie, la cause de la contamination serait reliée à la construction déficiente de puits de gaz naturel et à la migration du gaz vers les puits d'alimentation en eau potable. Cette migration du gaz aurait contaminé 17 sources d'alimentation en eau potable. Le coût de l'extension du réseau d'alimentation en eau potable et des équipements associés a été évalué à 11,8 millions de dollars.

Récemment, l'Environmental Quality Board a approuvé la proposition d'un resserrement des règles afin d'assurer une meilleure sécurité des puits de gaz en Pennsylvanie. Le Department of Environmental Protection précise que ces nouvelles règles, visant entre autres le tubage et la cimentation des puits, aideront à prévenir la migration des gaz naturels vers les puits d'eau potable associée à la contamination de l'approvisionnement en eau et à des effets néfastes sur la santé publique et la sécurité (Commonwealth of Pennsylvania, 2010).

Bien que des incidents liés à l'exploration et à l'exploitation du gaz soient rapportés, le lien entre la contamination potentielle du milieu hydrique et les risques à la santé humaine demeure difficile à établir. Des investigations complémentaires sont nécessaires pour mieux documenter ces problématiques.

4.3.3 Contamination du milieu hydrique liée au traitement des eaux usées

L'impact sur l'environnement le plus visible associé à l'exploitation du gaz naturel par procédé de fracturation semble être relié au recueil et au traitement des eaux usées résultant de ces opérations (Soeder, 2010). Le traitement de ces liquides peut être problématique en particulier à cause du volume d'eau à gérer et des concentrations élevées en solides totaux dissous. La plupart des usines de traitement des eaux usées ne traiteraient pas efficacement ces solides totaux dissous (Soeder, 2010). Ainsi, on suspecte que plusieurs épisodes d'eau salée dans les rivières appalachiennes seraient en lien avec un traitement inadéquat des

eaux de fracturation de la formation Marcellus (Soeder, 2010). En Pennsylvanie, le rejet d'eaux usées provenant des opérations de forage inadéquatement traitées a été suspecté comme une des causes possibles de concentration élevée en solides totaux dissous et autres composés chimiques dans la rivière Monongahela. À la suite de cette concentration élevée en solides totaux dissous, le Pennsylvania Department of Environnement Protection aurait recommandé l'utilisation d'eau embouteillée auprès de 325 000 consommateurs (Kargbo, 2010).

Le NYSDEC (2009) présente dans un document préliminaire une série d'analyses sur un certain nombre d'échantillons d'eau de fracturation (*flowback*). De nombreux contaminants organiques et inorganiques ont été détectés. Parmi ceux les plus souvent détectés, on retrouve le 4-Nitroquinoline-1-oxide (24/24 échantillons, médiane à 13 908 mg/L), le baryum (34/34 échantillons, médiane à 662 mg/L), le benzène (14 sur 29 échantillons, médiane à 280 µg/L), les chlorures (58/58 échantillons, médiane à 56 900 mg/L), l'éthyle benzène (14/29 échantillons, médiane à 54 µg/L), le sodium (28/31 échantillons, médiane à 19 650 mg/L), le strontium (27/30 échantillons, médiane à 821 mg/L), le toluène (15/29 échantillons, médiane à 833 µg/l), les solides totaux dissous (58/58 échantillons, médiane à 93 200 mg/L) et le xylène (14 sur 22 échantillons, médiane à 487 µg/L). Les données au Québec quant à l'analyse de ces types de composés pouvant être liés à la fracturation hydraulique sont fragmentaires ou non disponibles et leurs impacts potentiels associés au procédé de traitement des eaux usées ne peuvent être précisés.

La présence dans les eaux usées d'autres composés, naturellement présents dans le sol peut également s'avérer problématique lors du traitement. Kargbo et ses collaborateurs (2010) indiquent que certains constituants naturels des eaux peuvent être détectés en concentrations importantes, tels que le baryum, le calcium, le fer, le manganèse, le magnésium et le strontium. ProChem Tech International Inc. précise que le baryum est l'un des paramètres pouvant présenter un problème pour la disposition des eaux usées (ProChemTech International Inc.). Les concentrations mesurées dans les eaux de fracturation peuvent être très variables comme le démontre le NYSDEC (2009) qui rapporte des analyses auprès de 34 échantillons variant entre 0,6 et 15 700 mg/L. Les données disponibles en baryum dans les eaux usées résultant de la fracturation hydraulique au Québec sont trop limitées pour une caractérisation adéquate de la situation.

Enfin, comme précisé précédemment, un des défis associés aux traitements des eaux usées provenant des opérations d'exploitation du gaz de schiste pourrait être relié à la présence potentielle de concentrations élevées en radionucléides. Les niveaux observés lors d'analyses antérieures réalisées dans la formation Marcellus aux États-Unis ne laissaient pas présager de préoccupations des paramètres radiologiques dans l'eau tant pour les travailleurs que pour la population générale (Kargbo *et al.*, 2010). Néanmoins, des analyses récentes rapportées par le New York's Department of Environmental Conservation (NYDEC) dans 13 échantillons d'eaux usées issues de l'extraction du gaz de schiste dans la formation Marcellus, indiquent la présence de radionucléides en concentrations importantes. Ainsi, selon ce département, le radium-226 a été détecté à des niveaux jusqu'à 267 fois supérieures à la limite de disposition sécuritaire. De plus, le New York Department of Health rapporte dans trois échantillons de saumure de la formation Marcellus une activité élevée alpha (α) et bêta (β) ainsi que du radium-226 (NYSDEC, 2009).

À l'heure actuelle, l'INSPQ n'a trouvé aucune information ou évaluation spécifique quant aux radionucléides de la formation d'Utica au Québec, ni de précision quant à l'impact potentiel du traitement par les usines municipales des eaux usées issues de l'exploitation du gaz.

4.4 CARACTÉRISATION DU RISQUE À LA SANTÉ ET INCERTITUDE

4.4.1 La caractérisation du risque et les activités reliées au gaz de schiste

Compte tenu de ce qui a été exposé dans les sections précédentes, on peut facilement déduire le niveau de complexité auquel tout évaluateur est confronté dans une tentative d'estimation des risques associés à une contamination éventuelle de l'eau due aux activités d'exploration ou d'exploitation du gaz de schiste au Québec. Ceci est également vrai aux États-Unis et dans l'Ouest canadien où de nombreux puits de forage utilisant la technologie de fracturation horizontale sont en activité.

Au Québec, le MDDEP indique présentement que nous ne possédons pas de données sur la qualité des nappes phréatiques de la vallée du Saint-Laurent, soit la région visée par l'exploitation du gaz de schiste. Qui plus est, si nous voulons pouvoir réaliser une étude d'impact dans le futur en cas de contamination d'une source d'eau potable dans un secteur donné, il sera nécessaire de vérifier avant toute opération si les substances chimiques qui seront utilisées pour la fracturation des schistes dans les environs sont déjà présentes dans cette source d'eau (bruit de fond). Cette connaissance est nécessaire afin d'établir la part attribuable à une contamination éventuelle pendant et après la fin des activités d'exploitation de ce gaz de schiste en comparant les concentrations de ces substances avec celle du bruit de fond.

Nous ne possédons pas de données sur l'efficacité et la disponibilité du traitement des eaux usées au Québec, ce qui pourrait amener l'entreposage de millions de litres d'eau contaminée lors des activités de fracturation hydraulique dans des bassins de rétention pendant de longues périodes. La sécurité à long terme de ces bassins devrait faire l'objet d'une analyse approfondie et des moyens de prises en charge de cette eau après la fermeture des puits. Il faut s'assurer de prévenir toute fuite qui pourrait à long terme contaminer les eaux de surface et l'eau contenue dans la nappe phréatique susceptible d'alimenter en eau des résidences du secteur.

Aux États-Unis, des milliers de puits de forage utilisant la fracturation horizontale sont en exploitation. Dans les divers États concernés, l'exploitation du gaz de schiste s'étale sur une période moyenne de moins de 10 ans. Le nombre de puits exploités ne cesse de croître depuis environ cinq ans. Pourtant, malgré ce nombre imposant de puits en activité, le nombre de cas de contamination de la nappe phréatique, de l'eau de surface et de l'eau potable rapportés dans la littérature et qui ont fait l'objet d'enquêtes est assez limité. En revanche, rares sont les zones d'exploitation du gaz de schiste qui font l'objet d'une surveillance régulière de la qualité de l'eau, ce qui ne permet pas de conclure à l'absence de risque de contamination. Une surveillance a généralement lieu à la suite d'un incident ou d'un accident (fuite, déversement, défaillance de l'équipement de forage, etc.). Toutefois, à l'exception de contamination de l'eau de surface par du méthane qui, dans certains cas, a été la cause d'explosion dans des résidences, jusqu'à maintenant les investigations

réalisées par des organismes gouvernementaux ne semblent pas permettre de conclure, hors de tout doute, que la contamination identifiée est due aux activités du gaz de schiste. L'absence de connaissances du bruit de fond des contaminants utilisés dans le procédé de fracturation rend difficile la détermination d'un lien causal. Selon la littérature disponible, la liste et les volumes des produits chimiques utilisés semblent rarement divulgués par les compagnies gazières.

4.4.2 Le besoin de connaissance quant à la caractérisation du risque

Devant un accroissement des inquiétudes du public et de plusieurs experts universitaires (MIT[11], Pittsburg :CHEC[12]) et gouvernementaux en regard de la contamination de l'eau douce aux États-Unis, et également à cause de l'expansion rapide de mise en place de puits de forage dans plusieurs États, le Congrès américain a mandaté au mois de mars 2010 l'Agence de protection environnementale américaine (US EPA) pour réaliser une étude exhaustive visant à déterminer les impacts des activités de fracturation hydraulique horizontale sur les sources d'approvisionnement en eau potable. À la suite d'une période de consultation de quelques mois, l'US EPA a amorcé récemment une vaste investigation dans le but de tirer le plus d'informations possibles sur les causes des accidents répertoriés par les autorités gouvernementales et l'industrie gazière en vue de trouver des solutions pour prévenir tout impact sur l'environnement et les populations dans l'avenir. Elle a demandé à neuf compagnies qui exploitent le gaz de schiste de leur fournir la liste des produits chimiques utilisés dans leur procédé de fracturation hydraulique et elle demande leur collaboration de façon volontaire pour leur fournir toute information relative à la contamination de l'eau près de leur installation. Une telle étude devient possible seulement en se basant sur un ensemble d'incidents et d'accidents déjà documentés pour lesquels il y a eu des enquêtes sur les causes et l'ampleur des contaminations. Des études additionnelles de surveillance du milieu sont prévues pour tenter de déterminer plus précisément l'origine de ces contaminations. L'US EPA prévoit pouvoir fournir vers la fin 2012 des résultats préliminaires des éléments de l'étude qu'ils ont priorisés[13].

Il est important de prendre conscience que la caractérisation des risques à la santé liés à une exposition prolongée à l'eau potable n'est pas une tâche facile.

- Ainsi, pour les maladies chroniques comme le cancer ou les atteintes du système nerveux, les signes cliniques apparaissent après un temps de latence de plusieurs années, par exemple le délai pour l'apparition de la majorité des cancers est de l'ordre de 15 à 20 ans. Ainsi, puisque la durée moyenne de l'exploitation du gaz de schiste dans la plupart des États américains et au Canada est inférieure à cette période de latence, il est théoriquement impossible de détecter, pendant la période d'exploitation, une

[11] Le Massachusetts Institut of Technology affirmait dans un rapport publié en 2010 que la gestion des eaux de fracturation allait devenir l'enjeu principal de cette nouvelle industrie.

[12] Center for Healthy Environments and Communities (CHEC) of the University of Pittsburgh Graduate School of Public Health.

[13] C'est d'ailleurs dans ce contexte que les spécialistes de santé publique et de l'environnement de la ville de New York ont recommandé l'instauration d'un moratoire relatif à l'exploitation du gaz de schiste dans la zone d'approvisionnement d'eau potable de la ville de New York, considérant que les données actuelles ne permettaient pas de garantir l'absence de risque de contamination par cette industrie des eaux de surface dans lesquelles ils puisent leur eau potable pour alimenter des millions de personnes.

augmentation de l'incidence de cancers dans une population qui serait attribuable à une exposition à des substances cancérogènes résultant d'une contamination de la source d'approvisionnement en eau par cette industrie.

- Contrairement aux études épidémiologiques classiques consacrées aux maladies transmissibles telles la rubéole, la rougeole, les oreillons et le SIDA, un lien spécifique entre l'agent à l'étude et un problème de santé donné est plus l'exception que la règle. Les maladies sont multifactorielles avec une intrication de facteurs endogènes et exogènes.
- L'évaluation de l'exposition des populations impose un défi de taille à cause de :
  - La variabilité de l'exposition au cours des ans.
  - La présence d'un bruit de fond avec distribution variable dans la population.
  - La détermination de l'apport attribuable aux diverses sources d'exposition à un agent donné.

Le défi n'est pas moins grand en ce qui concerne la mesure de l'effet attribuable à un polluant spécifique en provenance d'une source donnée.

- La relation dose-réponse des effets étudiés est-elle bien connue?
- Existe-t-il un mécanisme d'action spécifique à l'agent étudié?
- Avons-nous un moyen de mesurer cet effet avec un haut degré de sensibilité et de spécificité?
- Quelle est la prévalence de cet effet dans la population non exposée?
- Avons-nous pris soin de contrôler les facteurs confondants ou modifiants potentiels?

À cause de cette difficulté, généralement, les organismes dont le mandat est de protéger la santé des populations, tels l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), l'US EPA, Santé Canada et les directions de santé publique, recommandent de se conformer à des normes ou des critères élaborés dans le but de prévenir des effets toxiques chez les individus. Une telle approche rend la gestion des risques relativement simple[14].

Une telle approche de gestion nécessite la mise en place de protocoles pour une surveillance régulière des contaminants considérés toxiques qui suscitent des inquiétudes relativement au risque de contamination d'une activité industrielle. Ce qui, dans le cas de l'exploitation du gaz de schiste, implique de connaître *a priori* la concentration des substances en question (bruit de fond) et un suivi périodique de plusieurs années de la concentration de ces substances dans les sources d'eau à risque.

[14] En effet, devant un dépassement de normes, la conduite consiste généralement à limiter ou à interdire la consommation de l'eau potable comme boisson ou à des fins de cuisson des aliments jusqu'à ce qu'une solution permette d'être conforme aux normes. Ce fut l'approche utilisée par l'US EPA dans une zone où l'eau est contaminée dans la région de Pavillon, Wyoming (voir section 4.3.1); cette interdiction est toujours en vigueur. Selon le type de contamination, d'autres solutions peuvent être envisagées (traitement, limitation de ou ventilation lors de bain ou de douche, etc.).

4.5 CONSTATS

La production du gaz de schiste est une activité complexe dont les impacts environnementaux sont imparfaitement connus. Les éléments suivants sont nécessaires pour identifier les dangers reliés à la contamination hydrique lors de l'exploitation du gaz de schiste :

- liste complète des produits chimiques et quantités utilisés lors des opérations liées à l'industrie du gaz de schiste;
- connaissance des quantités d'eau utilisées par l'industrie et leur répercussion sur la disponibilité des sources d'eau potable;
- connaissance du type d'événements pouvant mener à une contamination des sources d'eau potable par les produits chimiques utilisés ou par la mobilisation d'éléments naturels libérés par le sol lors des opérations liées à l'industrie du gaz de schiste;
- données sur l'efficacité et la disponibilité des traitements des eaux usées;
- données sur la probabilité d'accidents pouvant entraîner une contamination des sources d'eau potable;
- concentrations environnementales pré-exploration et post-exploitation des produits chimiques utilisés ou d'éléments naturels pouvant être libérés par les opérations liées à l'industrie des gaz de schiste.

De plus, les éléments suivants sont nécessaires pour procéder à la réalisation de l'évaluation et de la gestion des risques à la santé :

- données toxicologiques propres aux substances considérées précédemment;
- données sur l'intensité et la durée des expositions possibles de la population lors de contamination des sources d'eau;
- caractérisation des populations exposées;
- données sur la durée et la réversibilité des contaminations, lorsque présentes;
  - connaissance sur les mesures à prendre pour surveiller adéquatement les sources d'eau et prévenir leur contamination.

5 ASPECTS ASSOCIÉS A LA QUALITÉ DE VIE ET À LA SANTÉ PSYCHOLOGIQUE ET SOCIALE

Le concept de qualité de vie peut inclure la santé générale, les fonctions et les symptômes physiques et psychologiques; les fonctions émotives, cognitives, identitaires et sociales, sexuelles et spirituelles ainsi que le bien-être et la satisfaction. Les aspects généraux de la qualité de vie sont reliés aux perceptions des individus quant : 1) aux choix offerts pour réaliser leur vie quotidienne et 2) au sentiment de respect des membres importants de leur famille et de leur communauté. Par exemple, ont de l'importance : le sentiment de bien-être, la pleine jouissance du milieu de vie et l'absence de désagréments ou de nuisances (Fayers et Machin, 2000).

L'impact est un effet produit sur un individu ou une situation par un événement ou une action. Ce terme est synonyme d'effet, mais a un sens plus fort que le mot « influence » (Grawitz, 2003). Deux classes d'impacts sont concernées par les aspects psychosociaux :

- Les impacts sociaux se réfèrent aux liens qui s'établissent entre les individus et à l'organisation de ces liens. Au sens large, le mot « social » recouvre aussi sans distinction les mondes économique, politique et les conditions de vie humaine, ainsi que toutes les structures affiliées à ces milieux. Des éléments aussi variés que la confiance, la réciprocité, l'identité collective, le bien commun, la démocratie, la participation, la gouvernance, les luttes sociales, etc. peuvent se retrouver inclus dans le terme social.
- Les éléments suivants sont habituellement considérés par le terme psychologique : les comportements (attitudes, personnalité, développement, motivations, manifestations neurobiologiques), l'autonomie, les capacités de résilience, les perceptions sensorielles, les modalités d'apprentissage, de connaissance et de mémorisation, le jugement, le raisonnement, les affects (émotions, humeurs, sentiments).

Ces concepts sont en lien avec la définition proposée par l'Organisation mondiale de la Santé (1946) et reprise par la Loi québécoise de santé publique, où la santé n'est pas seulement l'absence de maladies, mais également un état permettant le plein développement des individus et des communautés. La santé se conçoit alors comme le résultat d'un ensemble de déterminants (figure 2), et met en perspective les sources potentielles d'impacts indirects sur l'environnement et les communautés. Ainsi, des changements induits par une activité donnée sur certains déterminants de la santé pourraient entraîner des effets sanitaires sur les individus et leur milieu. Par exemple, selon le Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale (1992), s'il est généralement admis que l'état de santé s'améliore proportionnellement au statut économique, on peut également prétendre que le développement peut contribuer par ailleurs à intensifier les perturbations sociales et les malaises psychosociologiques.

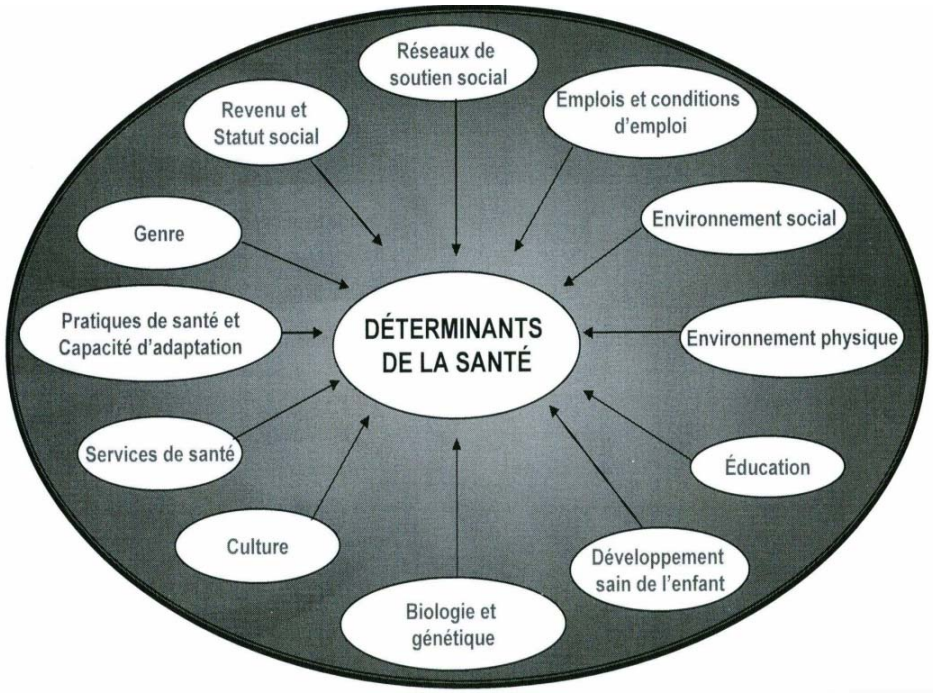


Figure 2 Les déterminants de la santé (modifié à partir de Boivin 2007)

Cette approche permet de penser en termes de promotion et de prévention de la santé des populations, notamment en ce qui a trait aux impacts psychologiques et sociaux de projets sur les communautés limitrophes.

5.1 NUISANCES POTENTIELLES DE L'ACTIVITÉ DU GAZ DE SCHISTE ET EFFETS SUR LA QUALITÉ DE VIE

Les écrits sur les projets industriels d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste mettent en lumière certains changements dans la qualité de vie des populations avoisinantes. Ces changements sont associés à des sources de nuisance spécifiques et peuvent produire des effets sur la qualité de vie. L'intensité et la durée de ces effets varient, et plusieurs facteurs les modulent, dont : les activités industrielles, les populations impliquées et le contexte propre à chaque communauté.

Les principales nuisances en lien avec la santé publique seront maintenant présentées, soit la circulation, le bruit, la luminosité et les vibrations.

5.1.1 Circulation

Les documents consultés montrent que l'industrie reliée au gaz de schiste entraînerait une circulation accrue des véhicules, des camions et des machineries industrielles dans les communautés. Les études spécifiques consultées évaluent que la circulation est beaucoup plus importante pour le gaz de schiste que pour d'autres types d'industries énergétiques, en raison du transport de l'eau (Anderson et Theodori, 2009). Lors d'enquêtes réalisées dans les régions des schistes de Barnett et de Marcellus ayant déjà vécu des activités reliées au

gaz de schiste, ces effets représentent la première des préoccupations des élus et des parties intéressées (Anderson et Theodori, 2009; Alter *et al.*, 2010).

Sources et durée

Dans les écrits consultés sur l'activité du gaz de schiste, l'accroissement de la circulation est associé aux étapes d'exploration, de mise en place du site, de forage et de réaménagement post-production, qui toutes paraissent demander un grand nombre de véhicules et d'équipements (SGEIS, 2009; Permits West, 2009). L'étape de production semble moins concernée par cet afflux de circulation, et donc moins sujette à des effets sur la santé. Dans les documents, le nombre de voyages de camions est variable, mais semble toujours très élevé, par exemple entre 800 et 2 000 pour un seul puits, par année (Hazen and Sawyer, 2009; SGEIS, 2009).

Les documents consultés ne s'entendent pas tous sur la durée de circulation accrue des véhicules pour les activités liées au gaz de schiste. Certains documents s'en tiennent à la période planifiée par l'industrie pour chaque phase d'activités (USDE 2009). Par contre, des études d'impacts évaluent la durée selon une période beaucoup plus longue que celle de chaque étape comme telle, calculant aussi la circulation causée par la préparation et le démantèlement de chaque opération (SGEIS 2009; Permits West, 2009; Hazen and Sawyer, 2009). Par exemple, le forage représente chaque fois une étape de quelques semaines, mais la circulation de véhicules associée à cette étape pourrait s'étendre sur plusieurs mois[15]; de plus, cette durée s'accroîtrait encore lorsque des forages multiples sont planifiés sur un même site. Pour cette raison, une évaluation en vient à estimer la circulation selon une durée similaire à celle de toute la phase de développement; ainsi, dans le cas de la communauté de Battlement Mesa au Colorado (2 000 habitants), la circulation accrue est estimée à une durée de 5 ans pour un forage de plus de 200 puits répartis sur une dizaine de sites (*pads*) (Witter *et al.*, 2010).

Enfin, une analyse réalisée en Arkansas et au Texas, régions expérimentant l'activité reliée au gaz de schiste depuis une dizaine d'années, relate que les autorités ont avoué que l'ampleur de la circulation n'a pas été anticipée à sa juste mesure. Selon eux, ils auraient dû exiger plus d'informations de l'industrie afin de faciliter leur compréhension de l'étendue réelle, et apparemment très forte, de cette circulation accrue (Alter *et al.*, 2010).

Effets

La recension d'écrits effectuée montre que la circulation associée aux activités du gaz de schiste peut entraîner différents effets, directs et indirects (SGEIS, 2010; MRNF, 2010; Anderson et Theodori, 2009; USDE, 2009; Hazen and Sawyer, 2009; Ecosystem Research Group, 2008; Permits West, 2009; Witter *et al.*, 2010). Des cas recensés illustrent des effets associés à des modifications de la qualité de vie, par exemple :

- des changements dans les habitudes (trajets, etc.);
- la dégradation des conditions de conduite (infrastructures routières; fluidité de la circulation);

[15] Dans une étude réalisée dans l'État de New York, une période de 4 à 10 mois est mentionnée (SGEIS, 2009).

- lorsque la circulation cause de la poussière et l'augmentation de polluants atmosphériques, elle peut aussi mener à la dégradation de la pratique d'activités de loisir et de transport actif (cyclisme, marche, etc.).

Ces mêmes écrits font état d'effets indirects à la qualité de vie associés à la création de nouvelles routes et chemins. Dans certains cas, cet événement semble avoir entraîné une perte de milieux naturels et d'autres milieux fréquentés par la population locale pour des activités variées (loisirs, etc.). Cependant, ces nouveaux chemins pouvaient également avoir un effet positif, soit de favoriser l'accès à de nouveaux territoires ou des territoires moins facilement accessibles.

Par ailleurs, la circulation est souvent citée comme un facteur de risques accrus d'accidents, de traumatismes et de décès routiers. Des cas ont été recensés dans certaines études réalisées en milieu rural (Jacquet, 2009). Dans les documents consultés, les éléments contributifs suivants ont été relevés pour les risques potentiels de l'activité du gaz de schiste. Ces points ont été évalués *a priori* comme des facteurs de risques accrus, et leur présence a aussi été observée a posteriori dans différentes communautés étudiées :

- l'augmentation de l'achalandage sur les routes;
- la dégradation des infrastructures routières;
- la présence de véhicules lourds, hors-normes et autres;
- l'augmentation des infractions au Code de la route (vitesse, manœuvres dangereuses, etc.).

Enfin, d'autres effets indirects de la circulation de l'activité reliée au gaz de schiste sont associés au bruit ainsi qu'à la qualité de l'air. Ils ont été traités dans d'autres sections de ce document.

Population affectée

Une étude d'impact prospective dans le cas du gaz de schiste (Witter *et al.*, 2010) estime qu'une communauté entière peut être touchée par les changements de circulation, compte tenu du fait que les routes constituent un réseau dont chaque segment interfère sur les autres. Selon les phases d'activité industrielle, les résidants de certaines zones expérimenteraient toutefois de plus grands impacts. Par exemple, lors de la phase de fracturation, les habitations à proximité des axes routiers employés pour le transport de l'eau seraient plus exposées aux nuisances.

Certaines populations peuvent être identifiées comme plus vulnérables aux risques potentiels de la circulation. Ainsi, pour la communauté de Battlement Mesa (Colorado), les enfants ont été identifiés comme la population plus vulnérable en raison de leur niveau de prudence moins développé et de leur utilisation plus fréquente de la route pour marcher ou pour rouler à bicyclette (Witter *et al.*, 2010). Des zones peuvent aussi être identifiées comme étant plus à risque; elles varient selon chaque communauté affectée (Witter *et al.*, 2010).

5.1.2 Bruit

Le bruit peut être entendu comme un son non désiré (SGEIS, 2009). Le niveau de pression (SPL, exprimé en décibels), les fréquences, la durée, et la tonalité composent les éléments habituellement analysés comme des nuisances sonores. La perception du bruit est directement associée à la distance de la source sonore et à un ensemble de facteurs externes tels la topographie, le type de sol et les conditions atmosphériques (SGEIS, 2009; MRNF, 2010; MDDEP, 2010; Permits West, 2009). L'accoutumance individuelle au bruit, facteur subjectif et très variable, peut aussi être prise en compte (Witter *et al.*, 2010).

Sources

Des éléments sonores sont spécifiquement attribués à l'industrie du gaz de schiste. Des études se penchant sur les impacts de cette activité mettent en évidence certaines sources de bruit (SGEIS, 2009; USDE, 2009; Permits West, 2009; Witter *et al.*, 2010; MDDEP, 2010) :

- Les compresseurs d'air, qui génèrent le plus haut degré de bruit. C'est un bruit constant. Il s'agit de la source principale de bruit durant les opérations de forage, et ils semblent également en activité sur les pipelines pendant les années de production de gaz.
- Les opérations de mise en place de la foreuse, qui requièrent le nettoyage de débris. Dans cette opération, les travailleurs utilisent marteaux, pics et pioches. Ce travail représenterait l'une des principales préoccupations du voisinage, surtout en raison de la nature irrégulière, mais aiguë, du bruit.
- Les élévateurs de forage, qui ont une durée d'utilisation associée à la profondeur du puits. Ils sont de faible degré sonore.
- La mise en place de foreuses additionnelles, au fur et à mesure que la profondeur du puits s'accroît. Pour ajouter ces foreuses à air comprimé (*air-drilling*), un relâchement de la pression doit avoir lieu. Cette étape crée un impact sonore.
- Le travail de maintenance du puits, une fois l'exploitation débutée.
- Les équipements et les véhicules contribuent aussi au niveau sonore élevé du site et de la communauté; ils créent un bruit récurrent. On note la circulation et les opérations de véhicules lourds et de machineries, d'automobiles, etc. Le niveau sonore de chaque véhicule est comparable à celui d'autres opérations industrielles. Cependant, comme nous l'avons déjà mentionné précédemment, le volume de circulation est différent, notamment pour les camions-citernes. Cet aspect doit être pris en compte dans l'évaluation de cette source sonore. Spécifiques à ce type d'industrie sont les pompes et les camions-citernes pour l'eau et les équipements permettant différentes opérations de coulage de ciment. Les niveaux sonores qu'ils ajoutent sont jugés de court terme et d'un niveau moins élevé que les compresseurs.

Très peu de documents fournissent un niveau de bruit pour chacune de ces sources d'activités. Le document du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (MRNF) est le seul à estimer que « le bruit généré par les activités de forage équivaut à 40 dB à une distance de 1,5 km du lieu de forage » (MRNF, 2010); par contre, aucune

référence scientifique n'appuie cette estimation spécifique aux activités de forage, et cette mesure ne tient apparemment pas compte des autres bruits ambiants. Dans plusieurs autres documents le bruit des activités reliées au gaz de schiste est plutôt présenté comme des ajouts aux éléments sonores déjà présents dans une communauté donnée. Pour cette raison, l'une des études d'impacts consultées a d'abord fait le point sur le niveau de bruit de la communauté à l'étude avant l'activité reliée au gaz de schiste, puis a estimé le bruit additionnel anticipé par la présence de cette industrie (Witter *et al.*, 2010).

Durée

Dans les études d'impacts consultées et spécifiques au gaz de schiste, le bruit se manifesterait surtout au moment de l'exploration, de la construction et du forage, soit pour une période de quelques mois (SGEIS, 2009; USDE, 2009; Permits West, 2009; Witter *et al.*, 2010; Anderson et Theodori, 2009). Des études évaluent que les étapes subséquentes de production du gaz produisent un faible niveau sonore, et représentent une source négligeable de nuisances additionnelles (SGEIS, 2009; Witter *et al.*, 2010). Par ailleurs, une étude d'impacts générique établit que les effets potentiels du bruit doivent être évalués sur la base de toute l'activité reliée au gaz de schiste d'une région. Les risques de nuisance potentielle ne seront pas bien évalués sur la base d'un unique forage. Plusieurs forages peuvent avoir lieu dans un même secteur et, pour cette raison, il est possible que le voisinage puisse éprouver des nuisances sonores d'une part plus élevées, car cumulatives de plusieurs projets simultanés, et d'autre part répétitives, car avant une durée calculée en termes d'années en raison de la succession de forages (SGEIS, 2009).

Effets

Selon une étude d'impact sur la santé réalisée au Colorado (Witter *et al.*, 2010), le bruit créé par les activités reliées au gaz de schiste ne créerait pas directement de maladie ou d'effets sur la santé (telles par exemple une baisse auditive, des maladies cardiovasculaires ou respiratoires, etc.). Ce bruit entraînerait plutôt une nuisance qui, à son tour, peut causer des impacts sur la santé et la qualité de vie tels des troubles de sommeil, de la fatigue, du stress, une concentration intellectuelle plus difficile et des difficultés d'apprentissage, etc. Pour certaines personnes, cette nuisance peut être importante et produire des effets sur la santé nécessitant entre autres une assistance médicale. Par ailleurs, il importe aussi de comprendre les éléments sonores déjà présents dans une communauté, et auxquels s'ajoutent les bruits propres à l'activité du gaz de schiste (Witter *et al.*, 2010).

Une recension de la littérature plus générale sur les dimensions de santé publique associées aux activités d'exploration et d'exploitation des hydrocarbures compile peu d'études qui rapportent des effets sur la santé liés au bruit pour la population avoisinante[16]. Les symptômes rapportés sont de nature psychologique (stress, irritation, fatigue) ou liés à la santé physique (maux de tête, dysfonctions visuelles, troubles du sommeil) (Christen, 2010). Notons aussi qu'une étude d'impacts consultée souligne les lacunes de connaissances dans

[16] Notons que dans le cas des effets sur la santé des travailleurs, les données sont aussi très limitées. Une seule étude aurait été publiée récemment sur le sujet, suggérant un accroissement des troubles auditifs chez les travailleurs exposés pendant plus de 15 ans (Chen, dans Witter *et al.*, 2010). Un petit nombre d'études pointent pour leur part des problèmes auditifs associés à l'industrie pétrochimique lors d'expositions combinant bruits et produits chimiques (Witter *et al.*, 2010).

ce domaine. Elles ont été attribuées dans le cas à l'étude, le comté de Sublette (Wyoming), à l'absence de suivi et d'évaluation a posteriori (Blevins *et al.*, 2004).

Population affectée

Une étude d'impacts prospective estime que, selon les phases de l'activité industrielle et les sources, ce ne sont pas toujours les mêmes personnes qui seront affectées par le bruit (Witter *et al.*, 2010). Par exemple, les résidences ou les écoles à proximité des routes seraient plus touchées au moment de l'intensification de la circulation routière. Cette même étude estime que les travailleurs à domicile, les enfants, les personnes âgées et celles éprouvant un handicap auditif représentent les populations les plus vulnérables.

5.1.3 Luminosité

Pendant certaines phases d'activité reliées au gaz de schiste, les sites semblent éclairés 24 heures sur 24 afin d'assurer la sécurité (MRNF, 2010; USDE, 2009). Les documents consultés pointent ainsi les phases d'exploration, le forage et le début de l'exploitation; ces étapes ont été associées à une activité humaine journalière continue nécessitant un éclairage direct constant et sont évaluées de quelques semaines à plusieurs mois (Anderson et Theodoris, 2009; USDE, 2009; Permits West, 2009; MDDEP, 2010). Pour les autres phases, dont la phase d'exploitation et celle de post-exploitation, aucun renseignement n'est disponible. Par ailleurs, la présence d'une torchère ajoute une source lumineuse additionnelle au moment des essais de production; elle est apparemment visible à quelques centaines de mètres du puits et pour une période de quelques semaines à quelques mois (MDDEP, 2010).

Des effets indirects peuvent être associés à la nuisance causée par cet éclairage constant. La littérature générale cite surtout les troubles de sommeil (Gagnon, 1994). Dans le cas du gaz de schiste, les documents consultés ne fournissent pas de détails sur les effets sur la santé, et ne permettent donc pas de conclure à ce sujet. Il s'agirait cependant d'un élément susceptible d'incommoder la population avoisinante selon la synthèse réalisée par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP) (MDDEP, 2010).

5.1.4 Vibrations

Deux documents ministériels du Québec font état d'un phénomène de vibrations associé à l'activité reliée au gaz de schiste au moment des forages et de l'exploration (MRNF, 2010; MDDEP, 2010). Une évaluation d'impacts sur la santé traite aussi de cet élément (Witter *et al.*, 2010). Les autres études recensées pour étudier l'impact du gaz de schiste ne font pas état de cette source potentielle de nuisance. Deux sources principales semblent produire ces vibrations : d'une part les camions affectés à l'exploration; d'autre part l'intensification de la circulation de camions lourds et d'autres équipements pendant les premières phases de l'activité industrielle.

Dans le document du MRNF, les vibrations sont présentées comme la source d'une nuisance faible, localisée et d'une durée limitée; cependant, cette affirmation n'est pas appuyée par des références scientifiques. Le document du MDDEP fait plutôt état de fortes

vibrations au moment de l'exploration, de nature à inquiéter la population si elle n'en a pas été suffisamment informée (MDDEP, 2010). Les vibrations au moment du forage ne sont pas autrement précisées. Les autres documents ne mentionnent pas l'intensité, l'étendue et la durée des vibrations.

Selon une étude d'impacts sur la santé, les effets des nuisances associées aux vibrations industrielles sont du même type que le bruit. Elles pourraient se traduire par du stress, des difficultés de sommeil, etc. (Witter *et al.*, 2010). Cependant, dans les documents consultés ces effets n'ont pas été évalués pour le cas spécifique des vibrations associées à l'industrie des gaz de schiste.

5.2 DIMENSIONS SOCIALES ASSOCIÉES À L'INDUSTRIE DU GAZ DE SCHISTE

5.2.1 Acceptabilité et effets sociaux

Les dimensions psychosociales sont souvent abordées sous l'angle de l'acceptabilité sociale, y compris en matière d'activité reliée au gaz de schiste. À propos de l'industrie du gaz de schiste, les études consultées montrent que la population locale peut avoir des opinions contrastées et que les consensus ne se dégagent pas facilement au sein des communautés (Alter *et al.*, 2010). Par ailleurs, certains documents évaluent que l'accord initial aux projets diminue de façon significative une fois les projets implantés, et que l'insatisfaction croît avec le temps et la durée des projets (Anderson et Theodoris, 2009; Alter *et al.*, 2010). Les effets constatés sur l'environnement et le milieu de vie motivent alors cette désaffection. Il s'agit d'une situation différente de celle d'autres problématiques environnementales. Par exemple, les fermes porcines sont souvent fortement controversées à l'étape de projets, mais elles auraient plutôt tendance à être mieux acceptées par la population avoisinante une fois réalisées (Brisson *et al.*, 2009).

L'étude de l'acceptabilité peut être intéressante dans certains contextes, mais elle ne permet pas de statuer sur les risques potentiels ou avérés de problématiques données (Gagnon, 2010). Que les projets liés au gaz de schiste soient socialement acceptés ou non, ils peuvent comporter des effets sociaux positifs et négatifs. Ne pas pouvoir les prendre en compte devient une importante limite lorsque la perspective sociale reste trop axée sur l'acceptabilité, au détriment par exemple d'une estimation en profondeur des effets sociaux potentiels (Gagnon, 2010). Pour notre part, nous n'aborderons pas les conditions d'acceptabilité, puisque notre mandat est de nous pencher sur les effets sociaux et sur les éléments permettant de les identifier et de les mesurer.

Mentionnons toutefois que la dimension communicationnelle n'est pas étrangère aux approches de santé publique. Entre autres, elle demeure au cœur du processus de gestion des risques par la santé publique québécoise. Toutefois, elle se propose à la fois comme une reconnaissance des préoccupations et des perceptions du risque de la population, et comme une ouverture à la participation des citoyens et de toutes les parties intéressées à toutes les étapes du processus de gestion, y compris à la caractérisation du risque et dans l'identification et l'examen des options pour le réduire (Ricard, 2003). La notion de communication va ainsi bien au-delà de la simple diffusion d'information, et de la recherche d'un assentiment.

5.2.2 L'effet *boomtown*

Les écrits scientifiques documentent bien les effets sociaux d'industries énergétiques majeures, et ce, depuis plusieurs dizaines d'années. Récemment, les études de sciences sociales réalisées sur l'industrie du gaz de schiste ont permis de constater que ce type d'effet peut aussi s'appliquer à ce cas spécifique. Toutes celles-ci ont relevé des effets sociaux, dans les différents contextes où ont été réalisées ces études (Jacquet 2009; Anderson et Thoeodori, 2009; Alter *et al.*, 2010; Kelsey, 2010; Blevins *et al.*, 2004; Witter *et al.*, 2010). Ces contextes d'études sont variés : une région rurale isolée du Wyoming, où les services de type « centre d'achats » ou « centre de loisirs » sont à plus d'une centaine de kilomètres; une région plus densément peuplée du même État et ayant un long historique d'exploitation énergétique; des communautés périurbaines et de petits noyaux urbains de la Pennsylvanie; des milieux densément peuplés du Texas et de l'Arkansas; une petite communauté du Colorado composée de retraités et de jeunes familles.

L'effet social constaté dans les communautés étudiées est qualifié d'effet *boomtown* (Anderson et Theodori, 2009; Jacquet, 2009). Il s'agit d'un effet de croissance rapide de la taille des communautés hôtes de l'activité industrielle, et entraînant diverses ruptures du tissu social. La croissance annuelle serait alors au-dessus du taux habituel (plus de 15 %, alors que le taux habituel se situerait environ à 5 %), et ce, pour une période de plusieurs années (Jacquet, 2009). Par exemple, dans le comté de Sublette (Wyoming), la population initiale, comptant près de 6 000 habitants en 2000, a cru de 40 % en cinq ans (Kelsey, 2010; Ecosystem Research Group, 2008). Une part plus ou moins grande de cet apport populationnel semble transitoire, et ne s'établirait pas à long terme ou de façon stable (Anderson et Theodori, 2009). Ainsi, toujours dans la région de Sublette, 53 % des employés de l'industrie du gaz de schiste résidaient dans des résidences de tourisme ou des camps de travailleurs (Blevins *et al.*, 2008; Jacquet, 2009). Ce phénomène transitoire pourrait amener des fluctuations de croissance. Un cas au Wyoming peut l'illustrer : en raison de l'exploitation des ressources énergétiques, le comté de Sweetwater a ainsi connu trois séquences de croissance et de décroissance depuis 1970, oscillant entre 18 000 et 37 000 habitants (Blevins *et al.*, 2004).

Outre les caractéristiques propres au projet gazier et ce qu'il comporte, des facteurs internes moduleraient aussi l'impact de cette croissance. Par exemple, l'effet *boomtown* semble plus ressenti lorsque la communauté présente l'une ou plusieurs de ces caractéristiques : petite taille, isolée, rurale, en faible croissance démographique préalable (Anderson et Theodori, 2009; Jacquet, 2009). Des études menées dans une région métropolitaine du Texas montrent cependant que cet effet peut aussi être présent dans une zone urbaine et densément peuplée, ce qui rend les facteurs moins prédictibles (Anderson et Theodori, 2009; Jacquet, 2009). Des auteurs déplorent par ailleurs le fait que peu de recherches documentent présentement l'ensemble des facteurs internes, nuisant du même coup à une approche préventive et préparatoire à l'égard de ce phénomène (Anderson et Theodori, 2009; Witter *et al.*, 2010).

À son tour, l'effet *boomtown* pourrait potentiellement entraîner différents impacts sociaux et socioéconomiques. Plusieurs effets positifs sont recensés et plusieurs effets négatifs également. Des synthèses d'écrits spécifiques au gaz de schiste concluent qu'il semble

maintenant établi que les effets négatifs supplantent habituellement les avantages de l'activité reliée au gaz de schiste à long terme (Anderson et Theodori, 2009; Jacquet, 2009). Les impacts économiques paraissent mixtes, mais ceux purement sociaux sont jugés plus négativement. Cependant, les mêmes auteurs évoquent aussi le fait que le changement peut représenter une opportunité de développement social plus positif, à condition qu'il soit correctement préparé et planifié. Une autre étude estime pour sa part nécessaire de s'assurer avant l'implantation d'un développement gazier que les effets bénéfiques du projet seront suffisants pour mitiger les possibles impacts négatifs, directs, indirects et cumulatifs (Blevins *et al.*, 2008). En raison de la classe d'impacts concernée, soit les dimensions sociales, il importerait alors de réaliser des études contextualisées et propres à chaque communauté touchée.

5.2.3 Effets socioéconomiques potentiels

Des effets positifs de croissance économique sont souvent invoqués dans la littérature sur le gaz de schiste. Cette dimension étant l'un des déterminants sociaux de la santé, nous l'aborderons brièvement.

D'entrée de jeu, notons que plusieurs facteurs semblent importants pour estimer le niveau d'effets socioéconomiques potentiels. Il s'agit des facteurs généraux pouvant être appliqués aux cas de ressources non renouvelables (Kelsey, 2010; Considine *et al.*, 2010; Ecosystem Research Group, 2008).

Une perception de croissance économique locale est associée au gaz de schiste, surtout dans les localités où les compagnies ont implanté leur centre d'opération (garages et entrepôts, bureaux administratifs, etc.) (Alter *et al.*, 2010). Elle se traduit d'abord dans l'activité commerciale locale, et plus particulièrement dans les secteurs de la restauration et de l'hébergement (Alter *et al.*, 2010; Kelsey, 2009), ainsi que dans d'autres secteurs industriels (équipement, transport, construction) (Considine *et al.*, 2010; Kelsey, 2009; Jacquet, 2009).

Quelques études propres au gaz de schiste évaluent la création d'emplois pour les personnes habitant déjà les communautés de régions américaines diversifiées (Wyoming, Pennsylvanie, Texas). Un impact positif serait ressenti (Alter *et al.*, 2010; Jacquet, 2009). Toutefois, plusieurs des emplois occupés localement demeureraient dans des champs peu spécialisés, exigeant une faible scolarité et offrant des salaires plus faibles[17]. De plus, ces créations d'emplois pourraient s'accompagner d'effets plus négatifs pour des entreprises locales et régionales, et particulièrement celles n'ayant pas de relations directes avec l'industrie (Ecosystem Research Group, 2008; Jacquet, 2009).

Dans certaines communautés étudiées, la présence d'activités reliée aux gaz de schiste serait liée à une augmentation du revenu familial (Anderson et Theodoris, 2009; Jacquet, 2009). Toutefois, certains chercheurs considèrent que cette hausse doit être mise en relation

[17] L'écart de niveau de vie se présentant dans le comté de Sublette pourrait être représentatif : en 2005, les salaires les plus élevés ont été ceux des employés du secteur gazier et alors que le revenu annuel moyen de la région était de 56 000 $, les employés des secteurs de l'alimentation, de la création et des services déclaraient un revenu moyen de 22 000 $/an (Kelsey, 2010; Ecosystem Research Group, 2008).

avec l'augmentation du coût de la vie connue dans la même période (Jacquet, 2009; Blevins *et al.*, 2008). Enfin, quelques études ont mis en lumière les difficultés associées aux ententes économiques convenues entre les propriétaires et les compagnies privées. Cet effet d'enrichissement pourrait aussi mener à des iniquités, plus ou moins importantes selon le mode de tenure des terres en vigueur (Kelsey, 2009; USDE, 2009; Permits West, 2009; Anderson et Theodoris, 2009). D'une part, les voisins subissant des risques ou des effets ne sont pas nécessairement indemnisés. D'autre part, ces paiements créent un groupe de personnes beaucoup plus riches dans la communauté, et ce de façon subite (Blevins *et al.*, 2008). Rappelons que l'équité est l'un des principes directeurs de la gestion des risques en santé publique, et que ce point est donc d'intérêt (Ricard, 2003).

Des évaluations d'impacts soulèvent aussi des effets bénéfiques potentiels à un niveau collectif, soit en lien avec les taxes (niveaux local et central) et les redevances. Les documents consultés estiment toutefois qu'il est impossible de généraliser cet impact socioéconomique car ces revenus dépendent directement des politiques publiques de chaque site étudié, par exemple des règles de taxation et des modes de tenure des terres et du sous-sol (SGEIS, 2009; Considine *et al.*, 2010; Anderson et Theodoris, 2009; Kelsey, 2009; Blevins *et al.*, 2004; Ecosystem Research Group, 2008). À un niveau individuel, les mêmes études concluent que cette limite à la généralisation s'applique également aux redevances versées aux propriétaires terriens accueillant les sites d'activité. Par ailleurs, plusieurs études précisent l'importance d'évaluer si les sommes de taxation et de redevances sont réaffectées par la suite pour faire face aux changements amenés par les activités reliées au gaz de schiste, et entre autres réinvesties dans des infrastructures additionnelles ou à des coûts de traitement des eaux, d'entretien routier, etc. (Ecosystem Research Group, 2008; Blevins *et al.*, 2004; Anderson et Theodoris, 2009).

5.2.4 Effets potentiels sur le tissu social

Les écrits consultés présentent des effets sociaux potentiels dans des communautés ou des régions diversifiées. Une bonne part des effets sociaux négatifs attribués à l'industrie du gaz de schiste semblent directement liés à l'effet *boomtown* : à l'arrivée de nouveaux membres dans la communauté et à l'augmentation de sa population. Des exemples ont été recensés dans plusieurs écrits (Anderson et Theodori, 2009; Kelsey, 2009; Jacquet, 2009; Murray et Ooms, 2008; Ecosystem Research Group, 2008; Alter *et al.*, 2010; Blevins *et al.*, 2004).

Sociodémographie

Au plan sociodémographique, les écrits recensent les effets potentiels suivants :

- Modifications de la pyramide des âges et de l'équilibre entre les genres, avec l'arrivée de jeunes familles et de travailleurs (Anderson et Theodori, 2009);
- Accroissement des jeunes et des étudiants[18], y compris allophones (Ecosystem Research Group, 2008; Witter *et al.*, 2010).

[18] Par exemple, dans le comté de Sublette (Wyoming), le nombre d'étudiants a augmenté de 23 % entre 2000 et 2006 (soit au moment des activités reliées aux gaz de schiste), alors que ce nombre était stable au cours des dix années antérieures (Ecosystem Research Group, 2008).

Ordre public

Au niveau de la sécurité et de l'ordre public, certains effets ont été mesurés dans le cadre d'études localisées et en lien avec les activités reliées au gaz de schiste, mais peu sont généralisables. Les résultats semblent contradictoires sur les cas de criminalité violente recensés (Witter *et al.*, 2010), et trop peu d'études documentent la possible hausse de consommation de drogues, de stupéfiants et d'alcool (Kelsey, 2010; Witter *et al.*, 2010). Les effets potentiels associés aux infractions et à la criminalité non violente (trafic de stupéfiants, crimes contre la propriété, etc.) paraissent les mieux documentés (Witter *et al.*, 2010); ces manifestations ont par exemple été constatées dans des études portant sur deux régions distinctes du Wyoming (Kelsey, 2010; Blevins *et al.*, 2004; Witter *et al.*, 2010).

Dynamiques sociopolitiques

Au plan sociopolitique, les conséquences possibles de l'effet *boomtown* sont précisées par plusieurs études réalisées dans des communautés hôtes de l'industrie reliée au gaz de schiste. La création de groupes d'opposition aux projets gaziers est parfois constatée, par exemple dans des situations où les individus n'ont pas la propriété du sous-sol (Alter *et al.*, 2010), lorsque les forages ne s'effectuent pas toute l'année (Ecosystem Research Group, 2008), ou lorsque les citoyens sont en désaccord avec les politiques publiques (de tous niveaux) encadrant l'activité reliée au gaz de schiste (Anderson et Theodori, 2009). De façon plus précise encore, l'apparition de clivages sociaux et de conflits entre les membres de la communauté a été constatée entre ceux bénéficiant directement de l'industrie reliée au gaz de schiste (emploi, redevances, transactions commerciales) et ceux n'en bénéficiant pas; ce phénomène paraît confirmé par plusieurs études, dont celles recensées par Jacquet (2009). Associé à la hausse du coût de la vie, le revenu plus élevé des travailleurs de l'industrie entraînerait aussi une distinction importante à propos de la qualité de vie entre citoyens (Ecosystem Research Group, 2008). Par ailleurs, plusieurs études notent une recomposition des dynamiques politiques, soit l'apparition de nouvelles classes sociales ou l'accroissement du poids socioéconomique de certaines de celles-ci (Anderson et Theodori, 2009; Kelsey, 2010; Ecosystem Research Group, 2008; Jacquet, 2009). Ce phénomène tiendrait entre autres aux salaires et au niveau de vie plus élevés des travailleurs directement associés à l'industrie; à la capacité des dirigeants du secteur gazier d'investir localement ou d'octroyer des indemnisations; à l'enrichissement subit de certains propriétaires terriens, en raison des redevances versées pour accueillir les sites d'activité industrielle.

Culture

Sur un plan culturel et symbolique, l'augmentation de la population en milieu rural ou périurbain paraît modifier la perception de ce qu'est la communauté : perçue souvent comme un village, elle deviendrait alors davantage assimilée à une ville (Jacquet, 2009; Witter *et al.*, 2010). Plusieurs citoyens peuvent ainsi associer leur milieu de vie à un monde plus impersonnel, moins sécuritaire, moins familier. Un surcroît d'activités, des modifications dans les relations de voisinage et les visages connus, l'affaiblissement des liens d'entraide sont des éléments cités pour expliquer ce changement dans les communautés étudiées. En découle un possible affaiblissement de l'identité communautaire ou à une réinterprétation de celle-ci (Anderson et Theodori, 2009), ainsi que des défis possibles aux plans du tourisme, des loisirs et des activités (Jacquet, 2009). Par ailleurs, sans être en soi un élément négatif,

l'arrivée de nouveaux arrivants peut aussi confronter les citoyens locaux à des différences culturelles plus ou moins fortes, en lien avec la langue, les pratiques religieuses, les coutumes ou les habitudes de vie (Anderson et Theodori, 2009).

Ces modifications peuvent mener des citoyens à percevoir une dégradation de leur qualité de vie. Peu importe les localités, plusieurs citoyens rencontrés dans les études consultées associent en effet leur qualité de vie au fait d'habiter un milieu tranquille, cohérent, au tissu social étroitement tissé par des liens de voisinage et par une forte confiance entre les individus (Alter *et al.*, 2010; Permits West, 2009;Witter *et al.*, 2010). Cette cause possible de diminution de la qualité de vie perçue peut s'ajouter aux effets potentiels des nuisances, recensés précédemment.

5.2.5 Effets potentiels sur les services et les infrastructures

Plusieurs études consultées et propres au développement de l'industrie du gaz de schiste présentent des effets, potentiels ou réellement vécus, en matière d'offre et de demande de services et d'infrastructures de tous secteurs. Sur ce plan, l'effet *boomtown* pourrait possiblement jouer de façon importante par l'arrivée de travailleurs extérieurs et de leurs familles (Jacquet, 2009; Anderson et Theodori, 2009; Kelsey, 2009; Blevins *et al.*, 2004; Ecosystem Research Group, 2008).

L'habitat représente l'un des domaines les plus documentés à ce titre, autant sous forme de loyer que de propriété. Il s'agit de l'un des déterminants de la santé. Pour les logements locatifs ou temporaires[19], l'accroissement de travailleurs transitoires peut entraîner une demande accrue, ainsi qu'une possible hausse du prix locatif (Ecosystem Research Group, 2009; Blevins *et al.*, 2009; Jacquet, 2009). Cette situation semble aussi entraîner des difficultés pour l'hébergement de personnes non impliquées dans l'industrie reliée au gaz de schiste, dont les plus vulnérables seraient les personnes retraitées ou à faible revenu (Jacquet, 2009; Blevins *et al.*, 2004). Sur le plan des propriétés domiciliaires, une demande accrue peut aussi exister[20]. Des hausses du coût d'acquisition et de construction sont documentées pour plusieurs situations propres au gaz de schiste (Blevins *et al.*, 2004; Kelsey, 2010; Jacquet, 2009; Ecosystem Research Group, 2008).

Par ailleurs, l'accroissement de propriétés et de la population associée à l'activité reliée au gaz de schiste peut également entraîner la mise en place ou l'amélioration des infrastructures associées, comme les égouts, l'aqueduc, le traitement des eaux usées, les lieux d'enfouissement sanitaire, les écocentres, etc. (Blevins *et al.*, 2004; Ecosystem Research Group, 2008; Jacquet, 2009). Ces changements se répercuteraient aussi sur l'encadrement et les pratiques d'aménagement et de planification territoriale, qui peuvent se modifier ou se complexifier (MacRaild 2010; Blevins *et al.*, 2004; Ecosystem Research Group, 2008; Jacquet, 2009).

[19] Motels, résidences de tourisme, etc.

[20] Par exemple, dans le comté de Sublette (Wyoming), 500 maisons additionnelles ont été construites entre 2000 et 2005, pour une population permanente initialement estimée à 7 000 citoyens et ayant cru de 20 % (Blevins *et al.*, 2004; Ecosystem Research Group, 2008).

D'autres secteurs pourraient ressentir des effets potentiels en raison de l'effet *boomtown* de l'industrie reliée au gaz de schiste; ces effets sont présentés comme plus nuancés, améliorant souvent la vie communautaire tout en entraînant des coûts (Witter *et al.*, 2010; Ecosystem Research Group, 2008) :

- Les services et les infrastructures associés à la santé, au soutien communautaire et social, ainsi qu'aux urgences sanitaires et environnementales (Witter *et al.*, 2010; Blevins *et al.*, 2004; Kelsey, 2010; Ecosystem Research Group, 2008; Anderson et Theodori, 2009; Jacquet, 2009);
- Les réseaux routiers (Ecosystem Research Group, 2008; Anderson et Theodori, 2009; MRNF, 2010; MDDEP, 2010);
- Les infrastructures et les services éducatifs et récréatifs (Blevins *et al.*, 2004; Ecosystem Research Group, 2008; Witter *et al.*, 2010);
- Les services et les infrastructures associés à l'ordre public (Blevins *et al.*, 2004; Kelsey, 2010; Ecosystem Research Group, 2008);
- Les services de suivi et d'évaluation (Witter *et al.*, 2010).

Autorités locales : réponse et préparation

Certains des cas étudiés et recensés montrent que l'apport démographique soudain et les demandes accrues de services peuvent prendre au dépourvu les autorités locales et les dirigeants de tous les secteurs, faute de temps et d'information pour planifier au préalable leur développement (Jacquet, 2009; Blevins *et al.*, 2004). Cette situation peut complexifier la planification et la gestion (MacRaild, 2010; Ecosystem Research Group, 2008). Elle peut aussi requérir de nouveaux spécialistes pour pourvoir les services, par exemple aux plans médical et éducatif (MacRaild, 2010; Ecosystem Research Group, 2008). Les autorités locales semblent recevoir peu de revenus additionnels pour payer ces nouveaux services (Kelsey, 2010). La très grande rapidité des réactions demandées aux différentes instances en raison de l'implantation de l'industrie du gaz de schiste a été soulignée dans quelques documents, dont une assemblée délibérative d'experts en aménagement territorial de la Colombie-Britannique (MacRaild, 2010). Ce groupe a constaté que la gestion du développement énergétique, dont l'industrie reliée au gaz de schiste, était à la fois trop rapide et trop fragmentée. Les orientations actuelles se concentrent sur une approche « projet par projet », ce qui est identifié comme une faiblesse des politiques publiques actuelles. Le dossier nécessitait plutôt une stratégie provinciale globale, entre autres prenant en compte les différents éléments contextuels et les cumuls d'impacts (MacRaild, 2010). Cette conclusion est similaire à celle d'études de cas menées dans des communautés ayant vécu l'implantation des industries énergétiques (Blevins *et al.*, 2004; Ecosystem Research Group, 2008).

Enfin, des documents font également état de la planification de la fin des activités d'exploitation reliée au gaz de schiste. Au niveau des services et des nouvelles infrastructures réalisées, des expériences antérieures montrent que le fait que l'activité reliée au gaz de schiste soit limitée dans le temps peut entraîner, en soi, des impacts. Ce phénomène jouerait beaucoup dans le cas des services et des infrastructures. Ainsi, une fois l'exploitation terminée, certaines municipalités et d'autres instances semblent s'être retrouvées avec des infrastructures ou des services implantés pour faire face à la demande

initiale, mais devenant peu à peu moins utiles; des surplus d'espaces[21] ou de logements, etc. (Blevins *et al.*, 2004; Ecosystem Research Group, 2008). La planification de la période post-exploitation est donc recommandée (Blevins *et al.*, 2004).

5.3 DIMENSIONS PSYCHOLOGIQUES ASSOCIÉES À L'INDUSTRIE DU GAZ DE SCHISTE

En général, les éléments associés à la qualité de vie et les dimensions sociales peuvent se répercuter sur la santé psychologique des citoyens et d'autres personnes concernées. Ce fait a notamment été constaté dans le cas de dossiers controversés, par exemple dans le cas de fermes d'élevage animal et dans le cas de risques côtiers (Brisson *et al.*, 2009; Brisson et Richardson, 2008). Pareilles répercussions ont également été observées dans le cadre de projets industriels d'envergure (Gagnon *et al.*, 2002). Une grande variété de facteurs peut provoquer ces effets; par exemple : les conflits et les tensions causées par un projet donné; le processus de gestion et de décision, y compris son rythme et son ouverture aux acteurs locaux; les perceptions du risque potentiel que ce soit celui du problème ou de ses solutions; les inégalités et les iniquités perçues et réelles; etc. Les manifestations psychologiques souvent mentionnées sont le stress, l'anxiété et l'angoisse, la colère, l'abattement, ainsi que différents sentiments de désengagement social, de perte de contrôle et de perte de confiance envers les autorités, dont l'État.

Les documents mis au jour et analysant les effets spécifiques de l'activité reliée au gaz de schiste sur les populations avoisinantes abordent peu la question de la santé psychologique. Il est donc plus difficile de dégager les impacts potentiels possibles à ce stade-ci de notre démarche de connaissances. Ce fait ne signifie pas pour autant que les effets seraient mineurs ou inexistants. Ils auraient plutôt été moins étudiés que d'autres aspects de la problématique. Les quelques études d'impacts abordant ce sujet ont d'abord fait état des effets possibles des nuisances sur la santé psychologique (Christen, 2010), point déjà traité précédemment. De façon générale, on aurait constaté une augmentation des effets de stress, d'anxiété, d'inquiétudes et d'insatisfactions dans certaines régions où se déroulent des activités associées aux hydrocarbures ou expérimentant un effet *boomtown* (Christen, 2010; Blevins *et al.*, 2004; Ecosystem Research Group, 2008; Witter *et al.*, 2010). Ces effets paraissent ressentis aussi bien par les citoyens de longue date que par les nouveaux arrivants.

Certains effets pourraient particulièrement être ressentis par les nouveaux arrivants, tels que le présentent certains documents consultés (Witter *et al.*, 2010; Anderson et Theodori, 2009; Jacquet, 2009; Kelsey, 2010) :

- Sentiment d'isolement des nouveaux arrivants;
- Problèmes d'intégration pour les nouveaux arrivants et leur famille;
- Nécessité d'adaptation à un milieu non familier;
- Désarroi devant de possibles difficultés pour se loger, se divertir, avoir des services (médecin, dentiste, éducation, etc.) et pour s'approvisionner en certaines denrées.

[21] Par exemple, dans la région de Sublette, l'augmentation prévue de 50 % de la clientèle de niveau secondaire (250 élèves) a entraîné la construction d'une seconde école. Elle n'a finalement jamais été occupée, et a entraîné une dette des autorités scolaires locales (Blevins *et al.*, 2004).

En contrepartie, une recension d'écrits sur les effets *boomtown* documente les effets du changement sur les citoyens de longue date. Dans leur cas ainsi que celui des autorités locales, l'effet *boomtown* paraît faire vivre des émotions variées au cours des phases d'activité reliées au gaz de schiste, soit successivement de l'enthousiasme à l'inquiétude, puis la quasi-panique, avant de passer à un moment d'adaptation relative (Jacquet, 2009).

Toutes les manifestations peuvent avoir un impact sur les demandes de services de consultation et de traitement psychosocial; à ce titre, des effets ont été documentés au Wyoming et ont été notamment demandés par les populations non permanentes (transitoires) (Blevins *et al.*, 2004). La revue de littérature préparée par Jacquet (2009) semble confirmer ce phénomène général pour les effets *boomtown*.

Enfin, quant aux problèmes de santé mentale et de suicide, les études menées dans des communautés de type *boomtown* ne semblent pas mener à des données probantes claires à ce sujet, quoique des cas aient été relatés dans les écrits consultés (Witter *et al.*, 2010; Jacquet, 2009).

5.4 CONSTATS

Sur le plan des impacts associés à la qualité de vie et à la santé psychologique et sociale, bien évaluer les effets potentiels d'une situation donnée nécessitent de connaître les sources, les effets et l'exposition des individus ou des communautés.

5.4.1 Connaissance de l'activité et du milieu où elle s'implante

En premier lieu, il est important de connaître l'apport au milieu des activités reliées au gaz de schiste, et donc de tenir compte des sources de risque préalablement existantes et de leur combinaison avec les dangers spécifiquement associés au gaz de schiste. Un état initial de chacun des milieux sociaux concernés permet alors de comprendre le degré d'exposition à des effets potentiels.

La démarche d'évaluation nécessite aussi une connaissance détaillée de l'activité planifiée (source) afin de comprendre ses répercussions potentielles sur chacun des contextes où elle prendra place. Cette nécessité a souvent été relevée dans la littérature consultée. Elle va de pair avec la présentation du fait que peu de généralisations peuvent être utilisées pour évaluer les impacts du gaz de schiste en raison notamment de l'extrême variabilité des communautés et de leurs aspects sociaux et des disparités importantes entre les industries impliquées (compagnie impliquée, configuration du site, type géologique, modalités d'opération, etc.). Par ailleurs, les études recensées abordent souvent l'intérêt d'adopter une échelle plus large que le « cas par cas » afin d'évaluer l'ensemble des impacts et leurs cumuls possibles. Pour l'instant, au Québec, les documents disponibles au moment de la rédaction de ce rapport ne permettent pas de documenter ces éléments, et donc de conclure sur les impacts potentiels de l'activité reliée au gaz de schiste au Québec.

5.4.2 Connaissance des effets potentiels

En ce qui concerne les effets potentiels, les documents spécifiques au gaz de schiste demeurent peu nombreux. Outre quelques études d'impacts localisées, une seule étude générique environnementale a pu être consultée (SGEIS, 2009), et une seule concernant directement les impacts sur la santé (Witter *et al.*, 2010). Nous ignorons donc possiblement plusieurs classes d'effets potentiels sur la qualité de vie et les dimensions psychologiques et sociales. Habituellement, en matière psychosociale, les changements et leurs impacts sont définis selon des axes généraux standards (Vanclay, 2000; US Interorganizational Committee, 2002; IAIA, 2003).

Pour ce qui est des méthodes d'études d'impact social et psychosocial, plusieurs ont été développées. Dans ce domaine, les impacts étant dépendants de contextes sociaux particuliers, plusieurs ne sont mis à jour que lors de leur analyse elle-même (Gagnon, 1994). En conséquence, la détermination exacte de ce qui doit être étudié ne peut se faire que dans une optique itérative et participative (Gagnon 1994; Vanclay, 2000), par exemple par la formation d'un comité de suivi du projet incluant des représentants de toutes les parties intéressées, y compris les citoyens, ou par la participation effective de la société civile au processus (Gagnon *et al.*, 2002).

Au Québec, pour l'instant, nous ignorons une très grande partie des éléments nous permettant d'évaluer les effets sur la qualité de vie et la santé psychologique et sociale, à la fois sous un angle scientifique, mais aussi dans la perspective des perceptions et des appréhensions de certains citoyens. Les écrits font état d'effets réellement survenus et en lien direct avec le gaz de schiste. Il est donc possible que ces situations surviennent au Québec si des conditions similaires sont réunies.

CONCLUSION

La santé publique a pour mandat de protéger et d'améliorer la santé et le bien-être des populations. Cette étude, réalisée dans un très court laps de temps à partir d'une recension des écrits techniques et scientifiques, visait à identifier l'impact potentiel sur la santé humaine à court et à long termes, pouvant être associé aux activités d'exploitation du gaz de schiste au Québec. Le soudain intérêt suscité par cette industrie crée des tensions dans la population. Des débats animés s'élèvent sur les enjeux de cette exploitation, incluant ceux d'ordre environnemental et de santé publique. Ceci n'est pas l'apanage du Québec : pareils débats existent également aux États-Unis, où l'industrie gazière s'est installée depuis quelques années. Pourquoi des enjeux sanitaires sont-ils soulevés? Le problème est complexe et comporte des volets variés. Le présent rapport a abordé chacun de ces aspects.

Bilan de l'état des connaissances sur les effets possibles à la santé

Cette étude a documenté les impacts possibles des activités de cette industrie sur la santé. En fait, la démarche a cherché à vérifier l'hypothèse d'un lien causal entre divers événements (effets sur la santé, contamination ou modifications de l'environnement) et les activités d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste. L'accent a été mis sur les facteurs de risques à la santé, à court et long termes, ainsi que sur les éléments à considérer pour identifier et pour prévenir ces risques. Les résultats se fondent sur une analyse des écrits disponibles, qui sont uniquement nord-américains. Les informations ainsi obtenues ont permis en partie d'étayer l'hypothèse d'un lien causal entre l'exploitation du gaz de schiste et certains effets sur la santé. Pour chacune des thématiques abordées dans ce document, des constats se dégagent.

Risques technologiques

Des accidents et des incidents en lien avec les activités d'exploitation du gaz de schiste ont été rapportés dans la littérature. La gravité des atteintes à la santé rapportées varie de blessures légères à des décès, auprès de travailleurs de l'industrie du gaz de schiste et de la population en général. La fréquence des incidents et des accidents étant toutefois peu documentée et leur surveillance non systématique, il est impossible d'estimer leur fréquence historique aux États-Unis et au Canada. Des causes multiples sont associées à ces événements (erreurs humaines, défaillances matérielles, erreurs techniques, entreposage inadéquat, migration de gaz, accidents de transport, etc.). Par ailleurs, des lacunes ont été constatées en matière de mise en œuvre des mesures d'urgence de l'industrie. La mise en place de mesures d'urgence efficaces et opérationnelles dans chaque zone d'exploitation de ce gaz représente un défi important, particulièrement si les installations de cette industrie sont situées à proximité des zones d'habitation.

Risques liés à la pollution de l'air

Les activités sur le site utilisent des combustibles fossiles (diesel, par exemple) et contribuent à augmenter les polluants traditionnels émis par cette combustion, tels les oxydes d'azote (NOx) et de soufre (SOx), les composés organiques volatils (COV), les particules et plusieurs autres. Certains de ces polluants, comme les COV, sont aussi émis lors des essais de production car des émissions sont associées au *gas flaring*. Il est

probable que l'augmentation des niveaux de polluants soit surtout localisée à proximité des sites d'activité. Les travailleurs et les résidants demeurant à proximité du site seraient donc les personnes les plus à risque de respirer ces polluants. Cependant, des données sont manquantes pour appuyer cette hypothèse. Même si les effets de ces polluants sont en général bien connus, il est impossible d'estimer *a priori* le risque associé à leur exposition en lien avec l'exploitation et l'exploration du gaz de schiste car les conditions d'exposition ne sont pas connues. Des informations sur la nature de chaque projet d'exploration et d'exploitation gazifière sont requises (c.-à-d. quantification des émissions) afin d'estimer l'exposition des populations. Ces informations devraient permettre d'estimer les risques associés aux émissions de chacun des puits, de même que les risques associés à plusieurs puits sur un site restreint ou dans une sous-région.

Risques reliés à la contamination de l'eau

À ce jour, il n'existe pas d'étude approfondie sur les effets à la santé reliés à l'eau et l'exploitation du gaz de schiste. Les procédés d'exploitation de cette industrie utilisent ou rejettent, lors des opérations, plusieurs substances chimiques dont certaines ont un potentiel toxique reconnu et qui pourraient affecter la santé de la population advenant une contamination de l'eau. Les connaissances sur la qualité de l'eau liée à l'exploitation du gaz de schiste sont fragmentaires; les zones d'exploitation qui font l'objet d'une surveillance de la contamination de l'eau sont rares. Des cas de contamination de l'eau souterraine (par des substances diverses) ont été rapportés dans la littérature et sont suspectés, mais non confirmés, être reliés à l'exploitation du gaz de schiste. Parmi ces cas, des contaminations par du méthane ont été associées aux activités d'exploitation du gaz de schiste, à la suite d'explosions de résidences résultant de l'infiltration du méthane des puits privés. La gestion des eaux usées paraît un enjeu important. Il a été impossible d'estimer le risque associé à l'exposition à ces contaminants de l'eau en lien avec l'exploitation du gaz de schiste puisque leur nature, leur toxicité, leur concentration environnementale et l'exposition à ces contaminants ne sont pas connues. Considérant l'accroissement de cas suspectés et pour pallier à ce manque d'information, l'Agence de protection américaine de l'environnement (US EPA) a d'ailleurs été mandatée pour réaliser une étude exhaustive visant à déterminer les impacts sanitaires et environnementaux des activités de fracturation hydraulique sur les sources d'approvisionnement en eau potable; les premiers résultats préliminaires devraient être accessibles vers la fin de l'année 2012. Cette initiative devrait amener le Québec à être prudent en développant ses connaissances au sujet de cette industrie naissante.

Risques d'effets sur la qualité de vie

Les écrits sur les projets industriels d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste mettent en lumière certains changements dans la qualité de vie des populations avoisinantes. Ces changements sont d'abord associés à l'augmentation importante de nuisances spécifiques, issues de la circulation, du bruit, de la luminosité et des vibrations. Des effets sociaux ont aussi été constatés dans des communautés ou des régions diversifiées, et une bonne part semble directement associée à l'effet *boomtown*, lié à l'augmentation rapide de la population. Quoique cette croissance comporte une dimension positive associée à l'accroissement des activités économiques, le bilan à moyen et à long termes est toutefois plutôt négatif selon les études disponibles. Ces aspects négatifs sont notamment associés à de nouvelles

dynamiques sociales et à une demande accrue en matière de services et d'infrastructures de tous secteurs.

Est-il possible d'identifier les risques à la santé pour la population québécoise?

La recension des écrits réalisée a permis d'identifier quelques dangers, réels, soupçonnés ou potentiels, mais ne permet pas pour l'instant d'évaluer les risques à la santé pour la population québécoise. Pour chacune des thématiques abordées, l'absence de certaines informations essentielles à cette évaluation doit être notée, notamment quant aux techniques employées, aux substances utilisées ainsi qu'à la quantité de polluants émise[22].

En matière de risques technologiques, un inventaire détaillé des substances transportées et utilisées, de même que la connaissance de scénarios d'incidents plausibles dans des régions précises, seraient entre autres requis pour une évaluation adéquate. En matière d'impacts sur la qualité de l'air, la démarche d'évaluation demande la connaissance du type d'équipements, de leur nombre, de leur emplacement et de leur durée de fonctionnement. En ce qui concerne les effets sanitaires potentiels liés à la qualité de l'eau de consommation (souterraine ou de surface), les mêmes constats se dressent, soit que des informations complémentaires sur la nature et la toxicité des substances utilisées lors du forage et de la fracturation, des données sur les quantités d'eau prélevées, l'entreposage des eaux usées et l'efficacité de son traitement sont requises pour poursuivre l'évaluation des impacts. À l'égard des impacts sociaux et psychologiques, quelques études font état d'effets réels et mesurés, dont le bilan est plutôt négatif. Cependant, puisque ces effets sont intimement liés aux conditions locales particulières, l'extrapolation de ce qui a été observé ailleurs ne permet pas d'évaluer correctement les risques au Québec. C'est pourquoi, à l'instar des autres thèmes, une information plus précise sur la nature et l'ampleur des projets d'exploitation du gaz de schiste au Québec est souhaitable, de même que sur chaque contexte communautaire où prennent place ces projets.

Perspectives de réflexion sur l'évaluation des risques à la santé

Les principes directeurs du cadre de gestion du risque adopté par la santé publique québécoise fournissent une base de réflexion et d'action pour les différentes étapes de ce processus, dont pour l'évaluation des risques. En effet, ce cadre préconise : la primauté de la santé sur les autres considérations; la prudence afin d'éviter ou de prévenir les effets néfastes; la rigueur scientifique au cœur des processus; l'équité dans le partage des bénéfices et des inconvénients; la transparence et l'ouverture à toutes les parties intéressées. Ultimement, la démarche vise le renforcement de la capacité d'action des communautés pour construire leur avenir. Ces principes font écho aux éléments soulignés dans ce rapport.

Le document soulève plusieurs éléments de préoccupation au regard des risques à la santé. Pour l'évaluation des risques, cette situation met en évidence une difficulté particulière : il s'agit d'une situation historiquement nouvelle qui progresse rapidement, à la vitesse des avancées technoscientifiques. Or, comme dans plusieurs situations semblables, les

[22] L'exemple type est la connaissance de la nature précise des substances utilisées comme adjuvants à l'eau dans le processus de fracturation. Des listes existent, mais elles sont en général génériques ou n'en révèlent pas les concentrations utilisées.

avantages retirés peuvent s'accompagner de plusieurs inconvénients à court et à long termes qui ne sont pas toujours surveillés. Les impacts potentiels sur la santé et les milieux de vie sont ainsi plus difficiles à cerner car ils naissent de systèmes qui ne sont pas complètement connus. La connaissance est demeurée parcellaire jusqu'ici. Toutefois, sa progression pourrait maintenant être plus rapide en raison de décisions récentes aux États-Unis amorçant des études approfondies sur le sujet. De nouvelles connaissances, mais aussi de nouvelles sources de questionnements, peuvent donc émerger de ces travaux. Elles permettront une prise de décision plus éclairée en matière d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste, dont le Québec pourrait bénéficier.

RÉFÉRENCES

Ricard S (2003). Cadre de référence en gestion des risques pour la santé dans le réseau québécois de la santé publique. Institut national de santé publique du Québec, 85 pages.

SECTION 2 : RISQUES TECHNOLOGIQUES

AB Resources PA LLC (2010). Response to Notice of Violation 8403 (« NOV 8403 ») and the Order to Cease Operations Issued Under West Virginia Code, Chapter 22, Article 6 (the « Order to Cease Operations »). En ligne : http://www.dep.wv.gov/oil-and-gas/GI/Documents/Marshall%20County%20Well%20Fire/AB%20Resources%20July%2016%20Letter%20signed.pdf (consulté en octobre 2010).

BCOGC (2010). Failure Investigation Report (Wellsite A5-7-77-14) - Piping at EnCana Swan wellsite. British Columbia Oil and Gas Commission. En ligne : http://www.ogc.gov.bc.ca/document.aspx?documentID=518&type=.pdf (consulté en octobre 2010).

Bush K (2007). Population health and oil and gas activities. A report from the Medical Health Officer to the Board of Northern Health. En ligne : http://www2.northernhealth.ca/About/NH_Reports/documents/OilandGasreport.pdf (consulté en octobre 2010).

Christen C (2010). Public health implications for Marcellus shale development. Center for Healthy Environments and Communities. University of Pittsburg Graduate School of Public Health. En ligne : http://www.chec.pitt.edu/documents/Marcellus%20Shale/GSPH_8-27-10_MarcellusHealthOverview_Christen.pdf (consulté en octobre 2010).

French R (2010). Statement for the Full Committee Field Hearing – Emergency Response in the Marcellus Region (Panel I, July 26 2010). United States Senate Committee on Health Education, Labor & Pensions. En ligne : http://help.senate.gov/imo/media/doc/French.pdf (consulté en octobre 2010).

Iannacchione A (2010). Statement for the Full Committee Field Hearing – Emergency Response in the Marcellus Region (Panel I, July 26 2010). United States Senate Committee on Health Education, Labor & Pensions. En ligne : http://help.senate.gov/imo/media/doc/Iannacchione.pdf (consulté en octobre 2010).

McKenzie L, Witter R, Adgate J (2010). Human Health risk assessment for Battlement Mesa health impact assessment. University of Colorado Denver, Colorado School of Public Health, Denver, Colorado. En ligne : http://www.garfield-county.com/Modules/ShowDocument.aspx?documentid=8598 (consulté en octobre 2010).

Michaels C, Simpson JL, Wegner W (2010). Fractured communities. Case studies of the environemental impacts of industrial gas drilling. En ligne : http://www.riverkeeper.org/wp-content/uploads/2010/09/Fractured-Communities-FINAL-September-2010.pdf (consulté en octobre 2010).

MNRF (2010). Le développement du gaz de schiste au Québec. Document technique. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. En ligne : http://www.mrnf.gouv.qc.ca/publications/energie/exploration/developpement_gaz_schiste_quebec.pdf (consulté en octobre 2010).

OCDE (2003). Principes directeurs de l'OCDE pour la prévention, la préparation et l'intervention en matière d'accidents chimiques. Document d'orientation à l'intention de l'industrie (incluant direction et travailleurs), des pouvoirs publics, des collectivités et d'autres parties prenantes. Organisation de coopération et de développement économiques. En ligne : http://www.oecd.org/dataoecd/11/57/33685281.pdf (consulté en octobre 2010).

ODNR (2008). Report on the investigation of the natural gas invasion of aquifers in Bainbridge Township of Geauga County, Ohio. Ohio Department of Natural Resources, Division of Mineral Resources Management. En ligne : http://www.dnr.state.oh.us/Portals/11/bainbridge/report.pdf (consulté en octobre 2010).

PALTA (2010). Marcellus Shale Drillers in Pennsylvania Amass 1435 Violations in 2.5 Years. Pennsylvania Land Trust Administration. En ligne : http://landandwater.org/assets/pdfs/report_finalaug10.pdf (consulté en octobre 2010).

PDEP (2009). Stray natural gas migration associated with oil and gas wells. Rapport préliminaire. Pennsylvania Department of Environmental Protection. Bureau of Oil and Gas Management. En ligne : http://www.dep.state.pa.us/dep/subject/advcoun/oil_gas/2009/Stray%20Gas%20Migration%20Cases.pdf (consulté en octobre 2010).

PEMA (2010). State emergency operations center. Daily Summary Report. June 4, 2010. Pennsylvania Emergency Management Agency. En ligne : http://www.portal.state.pa.us/portal/server.pt/gateway/PTARGS_0_2_842940_0_0_18/20100604%20Daily%20Incident%20Report.pdf (consulté en octobre 2010).

Vittitow JG (2010). Well control incident analysis. EOG Resources Inc. Punxautawney Hunting Club 36H, Clearfield County, Pennsylvania. En ligne : http://www.dep.state.pa.us/dep/deputate/minres/oilgas/PunxsutawneyHuntingClub36HWell%20Report/2.BEDROCK_ENGINEERING_PHC_36H_Incident_Report.Final.709.pdf (consulté en octobre 2010).

WVDEP (2010a). Notice of Violation 8403. West Virginia Department of Environmental Protection. Office of Oil and Gas. En ligne : http://www.dep.wv.gov/oil-and-gas/GI/Documents/Marshall%20County%20Well%20Fire/NOV%208403.pdf (consulté en octobre 2010).

WVDEP (2010b). Order to Cease Operations Issued Under West Virginia Code, Chapter 22, Article 6. West Virginia Department of Environmental Protection. Office of Oil and Gas. En ligne : http://www.dep.wv.gov/oil-and-gas/GI/Documents/Marshall%20County%20Well%20Fire/AB%20Resources%20Abatement%20Order_AB.pdf (consulté en octobre 2010).

Witter R, McKenzie L, Towle M, Stinson K, Scott K, Newman L, Adgate J (2010). Health impact assessment for Battlement Mesa, Garfield County Colorado. University of Colorado Denver, Colorado School of Public Health, Denver, Colorado. En ligne : http://www.garfield-county.com/Modules/ShowDocument.aspx?documentid=8537 (consulté en octobre 2010).

SECTION 3 : POLLUANTS DE L'AIR

Ethridge S (2010). Interoffice Memorandum of the Texas Commission on Environmental Quality, Health Effects of Barnett Shale Follow-up study project, En ligne : http://www.tceq.state.tx.us/assets/public/implementation/barnett_shale/2010.01.27-healthEffects-BarnettShale.pdf (consulté le 31 octobre 2010).

Ground Water Protection Council et ALL Consulting (2009). Modern Shale Gas Development in the United States: A Primer, 96 pages.

MRNF (2010). Développement du gaz de schiste au Québec. Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, 26 pages.

Pinto J. (2009). Wyoming winter smog. Nature geosciences; 2;88-90.

US EPA (2002). Health Assessment Document for Diesel Engine Exhaust. US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment, Washington Office, Washington, DC, EPA/600/8-90/057F.

US EPA (2006). Air Quality Criteria for Ozone and Related Photochemical Oxidants (2006 Final). US Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-05/004aF-cF.

US EPA (2008a). An Assessment of the Environmental Implications of Oil and Gas Production: A Regional Case Study, Region 8, Working Draft.

US EPA (2008b). Integrated Science Assessment for Oxides of Nitrogen – Health Criteria (First External Review Draft). US Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-07/093.

US EPA (2008c). Integrated Science Assessment (ISA) for Sulfur Oxides – Health Criteria (Final Report). US Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-08/047F.

US EPA (2009). Integrated Science Assessment for Particulate Matter (Final Report). US Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-08/139F, 2009.

Witter R, McKenzie L, Towle M, Stinson K, Scott K, Newman L, Adgate J. (2010). Health Impact Assessment for Battlement Mesa, Garfield County Colorado, University of Colorado, 77 pages.

SECTION 4 : EAU SOUTERRAINE ET DE SURFACE

ATSDR (2010). Evaluation of contaminants in private residential well water. Health consultation. Pavillion, Wyoming Fremont County, August 31, 2010.

Arthur, JD, Bohm, B, Layne, M (2009). Considerations for development of Marcellus Shale gas. World Oil. July: 65-68.

BAPE (2010a). Intrants utilisés dans les solutions de fracturation - gaz de schiste, DB10, Déposé dans le cadre des Audiences publiques sur le développement durable de l'industrie des gaz de schiste au Québec, le 6 octobre 2010.

BAPE (2010b). Tableau synthèse des résultats de caractérisation des eaux usées résultant de la fracturation hydraulique des puits de gaz de schiste, DB11, Déposé dans le cadre des Audiences publiques sur le développement durable de l'industrie des gaz de schiste au Québec, le 6 octobre 2010.

Cal EPA (2010). Chemicals known to the State to cause cancer or reproductive toxicity, Office of environmental health assessment, Safe drinking water and toxic enforcement act of 1986, Proposition 65, 21 p. En ligne : http://www.oehha.ca.gov/prop65/prop65_list/files/P65single100810.pdf.

CIRC (2010). Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to human; Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1-100. En ligne : http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php (dernière mise à jour le 30 août 2010, consulté le 6 octobre 2010).

CHEC. FracTracker - Marcellus Shale Data Tracking. tracking the impacts of the natural gas industry - piloting in the Marcellus Shale region. The Center for Healthy Environments and Communities of the University of Pittsburgh Graduate School of Public Health. En ligne : http://www.fractracker.org/p/about-us.html (consulté le 16 octobre 2010).

Colborn, T, Kwiatkowski, C, Schultz, K, Bachran, M (2010, in press). Natural gas operation form a public health perspective, International Journal of Human and Ecological Risk Assessment.

Commonwealth of Pennsylvania (2010). Environmental Quality Board approves improved well construction standards to prevent gas migration, protect public and environnement. Dept. Of Environmental Protection, Harrisburg, Pennsylvania, Oct 12, 2010. En ligne : www.newsroom.dep.state.pa.us/newsroompublic/Print.aspx?id=14737&typeid=1.

Energy in Depth (2009), A fluid situation: typical solution used in hydraulic fracturing. En ligne : http://www.energyindepth.org/in-depth/frac-in-depth/ (dernière mise à jour en 2009, consulté le 15 octobre 2010).

Ground Water Protection Council et ALL Consulting (2009) Modern Shale Gas Development in the United States: a Primer. Preparé pour: U.S. Department of Energy et Office of Fossil Energy, 96 p.

HSDB (2010) Comprehensive, peer-reviewed toxicology data for about 5,000 chemicals. En ligne : http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB (dernière mise à jour le 6 octobre 2010, consulté le 6 octobre 2010).

IRIS (2010) En ligne : http://www.epa.gov/ncea/iris/index.html (dernière mise à jour le 30 septembre 2010, consulté le 6 octobre 2010).

Kargbo, DM, Wilhelm, RG, Campbell, DJ (2010), Natural Gas Plays in the Marcellus Shale: Challenges and Potential Opportunities, Environmental Science & Technology, Vol. 44, No. 15, pp. 5679-5684.

MIT (2010). The Future of Natural Gas. An Interdisciplinary MIT Study. Interim Report. 104 p. En ligne : http://web.mit.edu/mitei/research/studies/report-natural-gas.pdf.

Michaels, C, Simpson, JL et Wegener, W (2010). Fractured communities; case studies of the environmental impacts of industrial gas drilling. Riverkeeper Inc., 39 p.

MDDEP (2010a). Les enjeux environnementaux de l'exploration et de l'exploitation gazières dans les basses-terres du St-Laurent, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Gouvernement du Québec, 46 p. + annexe.

MDDEP (2010b). Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines. En ligne : http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/souterraines/programmes/acquisition-connaissance.htm (dernière mise à jour le 8 octobre 2010, consulté le 10 octobre 2010).

MRNF (2010). Le développement du gaz de schiste au Québec; Document technique, Direction générale des hydrocarbures et des biocarburants, Gouvernement du Québec, 26 p.

NYCDEP (2009). Final impact assessment report: Impact assessment for natural gas production in the New York City water supply watershed, New York City Department of Environmental Protection, and Hazen and Sawer, Environmental Engineers and Scientists, New York City, 51 p.

NYSDEC (2009). Draft - Supplemental generic environmental impact statement on the oil, gas and solution mining regulatory program; Well permit issuance for horizontal drilling and high-volume hydraulic fracturing to develop the Marcellus shale and other low-permeability gas reservoirs, Bureau of Oil and Gas Regulation, New York State Department of Environmental Conservation Division of Mineral Resources, Albany, NY, 804 p.

NTP (2010a). Report on Carcinogens, Eleventh Edition; U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. En ligne : http://ntp.niehs.nih.gov/index.cfm?objectid=32BA9724-F1F6-975E-7FCE50709CB4C932 (dernière mise à jour le 13 octobre 2010, consulté le 16 octobre 2010).

NTP (2010b). Testing statut database search; U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. En ligne : http://ntpsearch.niehs.nih.gov/index.html?col=010stat (dernière mise à jour le 22 juillet 2010, consulté le 16 octobre 2010).

Office national de l'énergie (2009). L'ABC des gaz de schistes au Canada; Note d'information sur l'énergie Calgary, Gouvernement du Canada, 23 p.

ODNR (2008). Report on the investigation of the natural gas invasion of a aquifers in Bainbridge township of Geauga County, Ohio. Division of Mineral resources Management, Septembre 1, 2008.

OMS (2009), 10 facts about water scarcity, World Health Organisation. En ligne : http://www.who.int/features/factfiles/water/en/index.html, (dernière mise à jour en mars 2009, consulté le 22 octobre 2010).

Ouranos (2010). Savoir s'adapter aux changements climatiques, Consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques, rédaction : C. DesJarlais, M. Allard, D. Bélanger, A. Blondlot, A. Bouffard, A. Bourque, D. Chaumont, P. Gosselin, D. Houle, C. Larrivée, N. Lease, A.T. Pham, R. Roy, J.-P. Savard, R.qTurcotte et C. Villeneuve, Montréal, 2010, 128 p.

Parsons, J (2008). Pa. Streams drained dry by drillers, WTAE, Pittsburg, november 13, 2008. En ligne : http://www.thepittsburghchannel.com/news/17973811/detail.html (cité dans NYCDEP, 2009).

PDEP (2010). Public Water Lines to Provide Safe, Permanent Water Supply to Susquehanna County Residents Impacted by Natural Gas Migration. Commonwealth of Pennsylvania, Dept. Of Environmental Protection , September 30, 2010. En ligne : http://www.portal.state.pa.us/portal/server.pt/community/news_releases/14288.

Questerre Energy Corporation (QEC) (2010). Fracturation hydraulique. En ligne : http://www.questerre.com/fr/medias (dernière mise à jour le 2010, consulté le 25 septembre 2010).

Soeder, DJ (2010). The Marcellus Shale: Resources and Reservations, Eos Transactions American Geophysical Union, 91(32), p 277.

Sumi, L (2008). Shale Gas: focus on the Marcellus Shale. Oil and Gas Accountability Project, Earthworks, 21 p.

Talisman Energy USA (2010). Chemical description for Marcellus shale wells. En ligne : http://www.talismanusa.com/what_we_do/fracturing-a-well.html (dernière mise à jour en 2010, consulté le 28 septembre 2010).

US EPA (2010a). EPA news release (HQ): EPA formally requests information from companies about chemicals used in natural gas extraction. En ligne : www.epa.gov/epahome/hydraulicfracturing/ (dernière mise à jour le 10 septembre 2010, consulté le 26 septembre 2010a).

US EPA (2010b). Hydraulic fracturing: Application of the Safe Drinking Water Act and Clean Water Act. 2010.

US EPA (2010c). Opportunity for stakeholder input on EPA's hydraulic fracturing research study : Study design. En ligne : http://www.epa.gov/safewater/uic/pdfs/hydrofrac_landscapemodel.pdf (dernière mise en 2010, consulté le 26 septembre 2010).

US EPA (2010d). Pavillion area groundwater investigation. Pavillion, Fremont County, Wyoming. Expanded site investigation – Analytical results report. Superfund technical assessment and response team 3 – Region 8. TDD No. 0901-01, August 30, 2010.

Vittitow, JG (2010). Well control incident analysis; EOG Ressources Inc, Punxautawney Hunting Club 36H, Clearfield County, Pennsylvania. Bedrock Engineering, 17p.

SECTION 5 : QUALITÉ DE VIE ET SANTÉ PSYCHOLOGIQUE ET SOCIALE

Alter S, Brasier K, McLaughlin D, Willits F (2010). *Baseline socioeconomic analysis for the Marcellus shale development in Pennsylvania.* Pennsylvania State University, Department of agricultural economics and rural sociology. 70 p. + annexes.

Anderson B et Theodori G (2009). Local leaders' perceptions of energy development in the Barnett shale, *Southern rural sociology*, vol. 24, n.1. pp. 113-129.

Blevins AK Jensen et Utz S (2004). *Social and economic impact assessment of oil and gas development in Sublette and Sweetwater Counties.* Département de sociologie, University du Wyoming. 67 p.

Brisson G et Richardson M (2008). *Perception de l'érosion des berges de la Côte-Nord et perspectives de santé publique; Analyse de discours du Forum citoyen sur l'érosion des berges 2007*. Agence de la santé et des services sociaux de la Côte-Nord, 41 pages.

Brisson G, Godbout S, Lemay S, Mercier G (2009). *La ferme porcine et son impact sur la qualité de vie des populations en milieu rural. Revue systématique des écrits.* Québec, Institut national de santé publique, 78 p.

Christen C (2010). *Public health implications for Marcellus shale development. Center for Healthy Environments and Communities.* University of Pittsburg Graduate School of Public Health. Conférence prononcée le 27 août 2010. En ligne : http://www.chec.pitt.edu/documents/Marcellus%20Shale/GSPH_8-27-10_MarcellusHealthOverview_Christen.pdf (consulté le 20 septembre 2010).

Conseil canadien de la recherche sur l'évaluation environnementale (1992). *La santé dans le cadre de l'évaluation environnementale : exposé de recherche*, Hull, Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales, 15 pages.

Considine T, Watson R, Blumsack S (2010). *The economic impacts of the Pennsylvania Marcellus shale natural gas play: an update*. Pennsylvania State University. 21 p.

Ecosystem Research Group (2008). *Sublette County socioeconomic impact study; phase 1: final report.* Missoula, Ecosystem Research Group. 97 p.

Fayers MF, Machin D (2000). *Quality of life: Assessment, Analysis and Interpretation.* New York, John Wiley and Sons, LTD. 458 p.

Gagnon C (2010). *L'évaluation des impacts sociaux : un incontournable pour une prise de décision éclairée, équitable et durable*. Présentation au Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, St-Hyacinthe, 12 octobre 2010. En ligne : http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/Gaz_de_schiste/documents/DB40_Schiste%20version%205%20(2).pdf (consulté le 20 octobre 2010).

Gagnon C (1994) *Évaluation ex post des impacts sociospatiaux d'un projet industriel (Laterrière, Québec)*. Chicoutimi. GRIR/UQAC. Notes de recherche no. 13. 65 p.

Gagnon C, Lepage L, Gauthier M (2002). *Les comités de suivi au Québec : un nouveau lieu de gestion environnementale?, Rapport de recherche*, UQAC/UQAM, GRIR, 154 p.

Grawitz M (2003). *Dictionnaire des sciences sociales*. Paris, Dunod. 324 p.

Hazen and Sawyer Inc. (2009). *Impact assessment of natural gas production in the New York City water supply watershed*. New York, Department of Environmental protection. 51 p. + annexes.

IAIA (2003). *Social impact assessment; international principles*, Special publication series n.2. 8 pages.

Jacquet J (2009). *Energy boomtowns et natural gas: implications for Marcellus shale local governments and rural communities*. Northeast regional center for rural development, Cornell University et Pennsylvania State University. 63 p.

Kargbo D, Wilhelm R, Campbell, D (2010). Natural gas plays in the Marcellus shale: challenges and potential opportunities, *Environmental science and technology*, n. 44. pp. 5679-5684.

Kelsey T (2009). *Natural gas and Local governments*. Conférence, PennState University: Cooperative extension. En ligne : http://downloads.cas.psu.edu/naturalgas/EconomicImpactMarcellus.pdf (consulté le 30 septembre 2010).

MacRaild F (2010). *Environmental considerations early in the tenure process for BC energy development. Policy Report*. School of public administration, University of Victoria. 77 p.

MDDEP (2010). *Les enjeux environnementaux de l'exploration et de l'exploitation gazières dans les basses-terres du Saint-Laurent. Document de travail.* Québec, MDDEP.

MRNF (2010). *Le développement du gaz de schiste au Québec; document technique.* Québec, Ressources naturelles et faune, Direction générale des hydrocarbures et des biocarburants. 26 p.

Murray S et Ooms T (2008). *The impact of Marcellus shale in northeastern Pennsylvania with an emphasis on charities, crime and poverty*. Pennsylvania State University, Département des études urbaines.

Permits West Inc. (2009). *Environmental assessment for Questar exploration and production company Cutthroat 1-23 (…) prepared for US department of interior*. 49 p.

Ricard S (2003). *Cadre de référence en gestion des risques pour la santé dans le réseau québécois de la santé publique*. Institut national de santé publique du Québec, Québec. 85 p.

SGEIS (2009). Chapter 6. Potential environmental impacts, dans *Draft supplemental generic enviromnental impact statement on the oil, gas and solution mining regulatory program.* New York State department of Environmental conservation, Division of mineral resources. Pp. 6.1-6.163.

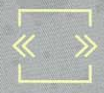
US Interorganizational Committee (2003). US Principles and Guidelines, *Impact assessment and project appraisal*, vol. 21, n. 3, pp. 231-250.

USDE (2009). *Modern shale gas development in the United States: a primer.* Washington: Office of fossil energy/national technology laboratory. 96 p.

Vanclay F (2000). *Social impact assessment. Contributing paper to the World commission of dams, prepared for thematic review v. 2: Environmental and social assessments for large dams*. Cape Town, South Africa.

Witter R, McKenzie L *et al.* (2010). *Health impact assessment for Battlement Mesa, Garfield County, Colorado*. Denver, Colorado School of Public Health, Colorado University. 77 p. + annexes.

N° de publication : 1177



EXPERTISE
CONSEIL

INFORMATION

FORMATION

www.**inspq**.qc.ca

RECHERCHE
ÉVALUATION
ET INNOVATION

COLLABORATION
INTERNATIONALE

LABORATOIRES
ET DÉPISTAGE

Institut national de santé publique Québec