



# Comprendre l'incidence sur la santé publique de la production de gaz de schiste et de la fracturation hydraulique

*Helen Ward, Ph. D.<sup>1</sup> et Anne-Marie Nicol, Ph. D.<sup>1</sup>*



## Introduction

Le présent document vise à synthétiser les données scientifiques liées aux préoccupations en matière de santé publique pertinentes pour le Canada par rapport à la production de gaz de schiste (y compris les étapes de préproduction – forage, fracturation hydraulique et complétion de puits – et de fermeture). Les politiques et les règlements actuels ne sont pas pris en compte. En général, les incidences sur l'environnement et la santé publique de la production de gaz de schiste s'appliquent aussi à d'autres types de production de nouveaux gaz naturels utilisant la fracturation hydraulique, dont celle de gaz de formation imperméable et de méthane de houille. Des descriptions sommaires et les définitions des termes liés à la production de gaz de schiste et au procédé de fracturation hydraulique se trouvent dans le résumé du CCNSE « Aperçu de l'exploitation du gaz de schiste et de la fracturation hydraulique au Canada » : <http://www.ccnse.ca/environmental-health-in-canada/health-agency-projects/gaz-de-schiste>.

En général, les effets de la fracturation hydraulique et de la production de gaz de schiste sur la santé publique sont déterminés par la proximité relative des zones habitées et les voies d'exposition. En plus des différences distinctes dans l'importance de la production de gaz de schiste au Canada, on reconnaît qu'il existe des variations des conditions géologiques, hydrologiques, paysagères, culturelles, sociales et économiques qui influent sur les effets potentiels sur la santé publique<sup>1</sup>.

La production de gaz de schiste exige une activité continue durant la journée, sept jours par semaine, souvent pendant plusieurs années<sup>2</sup>. La fracturation hydraulique ajoute l'effort d'injecter de grands volumes de mélanges d'eau à haut débit et à haute pression requis pour extraire le gaz naturel; plus de camions sont utilisés, le forage dure plus longtemps, les pompes sont plus puissantes et les étangs de retenue sont plus grands que pour la production de gaz classique. La fracturation hydraulique en plusieurs étapes est répétée consécutivement sur des sites à plateformes multipuits, qui peuvent compter de 6 à 21 puits par plateforme de forage<sup>3</sup>. En raison du grand nombre de conteneurs de stockage, de mélangeurs et de camions à pompe de pression et de leur grande taille, ainsi que des opérations de contrôle, une plateforme multipuits peut occuper de trois à sept acres<sup>4</sup>. La figure 1 représente une opération de fracturation hydraulique aux États-Unis.

<sup>1</sup> Centre de collaboration nationale en santé environnementale.



**Figure 1.** Une opération de fracturation hydraulique à une plateforme de forage de schiste Marcellus en Pennsylvanie, aux États-Unis, où on peut voir des pompes, des générateurs, des combustibles, des produits chimiques, du sable, des tuyaux et des camions de service (Creative Commons, U.S. Geological Survey, photographie : Doug Duncan<sup>5</sup>)

## Méthodes

Le présent document intègre une partie de l'information couverte par un récent rapport exhaustif de 308 pages sur les « incidences environnementales liées à l'extraction du gaz de schiste au Canada » publié par le Conseil des académies canadiennes et préparé pour le gouvernement du Canada en réponse à une demande du ministre de l'Environnement<sup>6</sup>. Le conseil comprend des membres de la Société royale du Canada, de l'Académie canadienne du génie et de l'Académie canadienne des sciences de la santé. En voici la référence :

Conseil des académies canadiennes. *Incidences environnementales liées à l'extraction du gaz de schiste au Canada : Comité d'experts chargé de l'évaluation Harnacher la science et la technologie pour comprendre les incidences environnementales liées à l'extraction du gaz de schiste*, Ottawa (Ontario), 2014<sup>6</sup>.

En raison de l'évolution rapide de la documentation à ce sujet, on a recherché des publications et des rapports récents et ajouté des citations pertinentes au document. Une recherche documentaire de la littérature publiée et de la littérature grise de 2013 à 2015 a été effectuée dans Google et les bases de données de l'Université de la Colombie-Britannique, avec les mots-clés « hydraulic fracturing » ou « shale gas » et « public health », « community health », « air », « water », « seismic » ou « earthquake » [« fracturation hydraulique » ou « gaz de schiste » et « santé publique », « santé communautaire », « air », « eau », « sismique » ou « tremblement de terre »], et dans d'autres références obtenues par recherche manuelle et citations bibliographiques. La majorité des études pertinentes publiées provenaient des États-Unis, qui ont une expérience plus importante de production de nouveaux gaz naturels.

Le présent document comprend les sections suivantes :

- Eau potable
- Qualité de l'air
- Sismicité induite
- Autres effets sur la communauté
- Conclusion
- Références

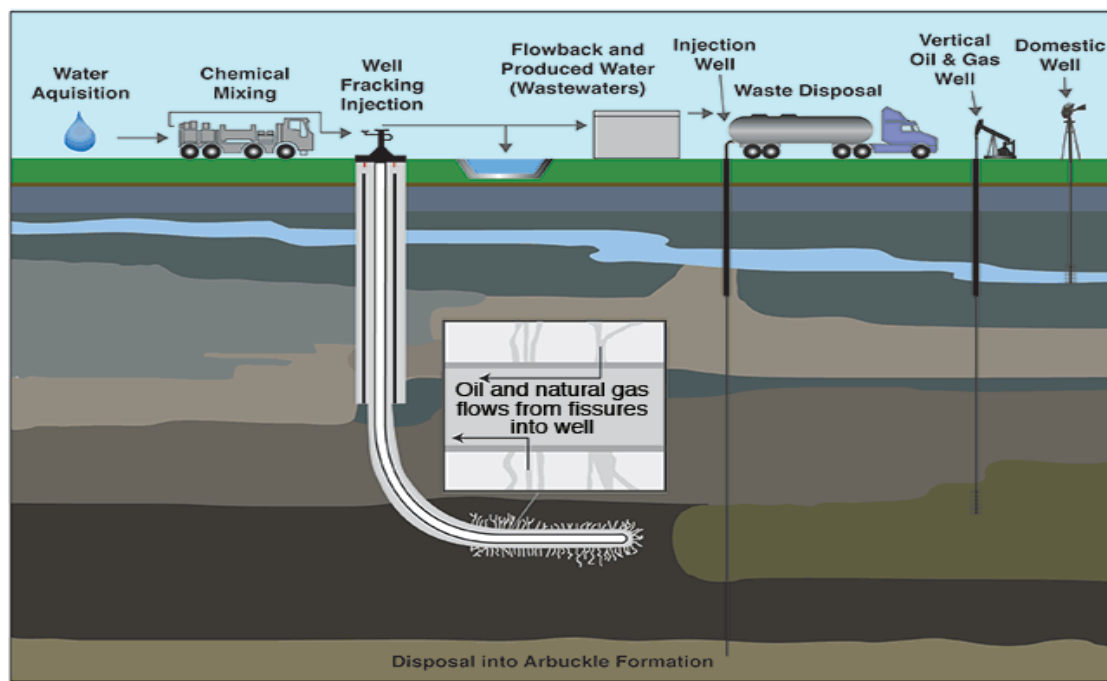
## Eau potable

La production de gaz de schiste est un procédé demandant beaucoup d'eau qui a des répercussions sur la quantité d'eau et la contamination de l'eau potable. En fracturation hydraulique, l'eau sert de fluide porteur principal pour le gaz de schiste. De grands volumes d'eau, généralement tirés d'eaux de surface (ruisseaux, rivières et lacs), mais aussi d'eaux souterraines, sont transportés à la plateforme d'exploitation (la partie des puits située à la surface) contenant l'équipement de forage et de production. Il y a typiquement plus d'un puits par plateforme. L'extraction du gaz de schiste requiert plus d'eau que celle du gaz classique, mais moins que celle du pétrole classique<sup>7</sup>.

Cependant, pour l'extraction de gaz de schiste, un grand volume d'eau est requis en peu de temps. En Colombie-Britannique, les volumes d'eau utilisés durant la fracturation hydraulique varient de 2 000 m<sup>3</sup> à plus de 75 000 m<sup>3</sup> (ce qui équivaut à des millions de gallons) par puits<sup>3</sup>. En 2013 seulement, 5 341 635 m<sup>3</sup> d'eau ont été injectés dans 433 puits de schiste dans la province<sup>1</sup>. Bien que la quantité d'eau soit rarement un problème au Canada, des effets saisonniers comme le gel des eaux de surface en hiver et la sécheresse locale en été peuvent diminuer temporairement l'approvisionnement en eau.

Une source importante d'inquiétude concernant la production de gaz de schiste est l'incidence potentielle sur la contamination chimique et radiologique de l'eau potable provenant des eaux souterraines (p. ex., puits d'eau potable) et des eaux de surface (p. ex., lacs, rivières ou ruisseaux). Le méthane, composant principal du gaz naturel, peut se trouver naturellement en petites quantités dans les sources d'eaux souterraines. Toutefois, il peut y avoir un risque d'ignition et d'explosion quand une forte concentration de méthane se dégage de la solution dans le puits sous forme gazeuse.

Les déversements accidentels, les fuites et le ruissellement durant les diverses étapes de production de gaz de schiste peuvent contaminer les eaux de surface et souterraines naturelles<sup>8</sup>. La figure 2 est un diagramme des procédés de base d'un puits horizontal comprenant des zones de fuite potentielle qui pourraient contaminer des eaux souterraines. Ces procédés comprennent l'approvisionnement en eau, la préparation du mélange chimique pour l'injection (fracturation hydraulique), le stockage des eaux usées (eau de reflux et eau produite) sur place, souvent dans des fosses ou des réservoirs ouverts, et le transport des eaux usées aux fins de traitement ou d'évacuation.



**Figure 2.** Schéma des sources potentielles de contamination de l'eau associées à l'extraction du gaz de schiste par fracturation hydraulique (Creative Commons, U.S. Environmental Protection Agency<sup>9</sup>)

## **Quelle est l'incidence des déversements en surface durant la production de gaz de schiste?**

Les fuites ou les déversements de produits chimiques, de pétrole, de boue de forage et de liquides de fracturation, ainsi que d'eau de reflux et d'eau produite, peuvent survenir durant de nombreux procédés de production de gaz de schiste. Les fuites peuvent survenir durant le stockage, le mélange ou le pompage des liquides de fracturation, en raison d'une évacuation ou d'un entreposage inadéquats des eaux usées, ou durant le transport par camion de liquides. En particulier, l'eau de reflux et l'eau produite du processus de fracturation hydraulique peuvent être une source de contamination de l'eau, puisqu'elles contiennent des produits chimiques de fracturation et des composés du réservoir de schiste, y compris des sels, des matières radioactives naturelles comme le radon, des métaux-traces (p. ex., de l'arsenic), et des gaz naturels (principalement du méthane).

Quelques rapports publiés décrivent des épisodes de contamination causés par des déversements majeurs liés à la production de gaz de schiste. Par exemple, en janvier 2012, un déversement près de Red Deer, en Alberta, de 500 barils d'eau de flux et d'eau produite a touché une zone de 4,5 hectares<sup>3</sup>. Grâce au sol gelé, qui avait empêché une grande partie du liquide de s'infiltrer, la majorité des opérations de nettoyage s'étaient terminées en moins de 72 heures. Après une contamination des eaux de surface survenue en 2007 au Kentucky, des effets toxiques ont été observés sur les poissons (y compris des lésions aux branchies) après le déversement accidentel de liquides de fracturation dans un ruisseau<sup>10</sup>. En outre, l'analyse d'une base de données constituée de rapports d'exploitants de sites d'exploitation pétrolière et gazière au Colorado a montré que la majorité des déversements avaient eu lieu dans les comtés ayant la plus grande densité de puits fracturés. Au cours d'une année, 77 déversements en surface ayant une incidence sur les eaux souterraines ont été signalés (moins de 0,5 % des puits actifs)<sup>11</sup>. Des 60 échantillons d'eaux souterraines, 90 % des mesures de benzène dépassaient le niveau maximal national de contamination de l'eau potable de 5 ppb de l'US EPA. Les mesures prises pour remédier aux déversements, et ainsi réduire les effets potentiels sur les communautés, ont été efficaces dans la plupart des cas (84 %).

## **La fracturation hydraulique peut-elle contaminer les eaux souterraines?**

Quand les réservoirs de schiste sont fracturés à l'aide de liquides injectés à haute pression, les nouvelles voies d'écoulement ouvertes permettent aux gaz ou aux liquides de migrer vers le haut en suivant les failles existantes ou les nouvelles fractures. La majorité du liquide injecté dans le sol est de l'eau, et environ 2 % des millions de gallons de liquide sont des additifs de fracturation (soit plusieurs tonnes de produits chimiques pour cinq millions de tonnes de liquide par événement de fracturation), dont un bon nombre ont des propriétés dangereuses ou cancérigènes<sup>8</sup>. La question est de savoir si le gaz, la saumure et le liquide de fracturation qui remontent du schiste fracturé ont pénétré dans les aquifères sus-jacents (une couche souterraine de roc aquifère perméable de laquelle des eaux souterraines sont extraites par des puits).

À ce jour, il existe peu de données démontrant une migration ascendante du liquide de fracturation des fractures aux aquifères, en partie en raison de la profondeur des puits<sup>8</sup>. Un rapport récent du département de l'Énergie des États-Unis a évalué la migration des gaz et des liquides pendant et après la fracturation hydraulique dans six puits de gaz de schiste Marcellus en Pennsylvanie à l'aide d'analyses chimiques et isotopiques des gaz et de l'eau, et d'une surveillance des traceurs dans les gaz produits dans les puits<sup>12</sup>. Aucun signe de migration de gaz ou de saumure n'a été observé à 3 800 pieds (environ 1,5 km) en haut du schiste dans un champ gazier sus-jacent surveillé situé au moins 1 300 pieds sous un aquifère d'eau douce. Cependant, on ne sait pas avec certitude si le processus de fracturation hydraulique peut fournir une voie pour la migration verticale de gaz en ouvrant les fractures existantes dans la roche.

## **À quel point l'intégrité des puits a-t-elle une incidence sur les sources d'eaux souterraines?**

La qualité d'un puits et la façon dont il est construit pour prévenir les fuites de gaz et de liquides vers le haut (ce qu'on appelle l'intégrité du puits) peuvent avoir un effet sur les sources d'eaux souterraines en cas de fuites. La migration de gaz et de liquides à partir des fuites dans les puits actifs, vieux ou abandonnés est considérée comme la principale cause de contamination de l'eau<sup>6</sup>. Les problèmes d'intégrité des puits peuvent résulter d'imperfections dans le ciment du puits et le tubage du trou de forage (tuyau d'acier inséré dans une section forée d'un trou de forage et tenu en place par du ciment). Une mauvaise couverture de béton et la dégradation au fil du temps du

tubage et de la gaine de ciment permettraient aux gaz naturels et aux eaux salines pouvant flotter de s'échapper vers le haut à partir des tubages de puits fuyants<sup>6</sup>.

L'intégrité des puits est un problème pour beaucoup de types de puits, y compris ceux qui servent à la production de gaz et de pétrole classiques et non classiques. Jusqu'à 2013, plus de 550 000 trous de forage de gaz et de pétrole (le trou qui forme le puits, généralement enrobé de ciment) ont été forés au Canada<sup>13</sup>. La création de joints de ciment inadéquats est un problème connu de longue date, mais toujours pas résolu. Les fuites de gaz naturel (ainsi que de boue de forage, de liquides de fracturation et d'eau produite) d'un trou de forage de gaz de schiste peuvent se produire lorsqu'il traverse l'aquifère<sup>3</sup>.

L'analyse de 75 505 rapports de conformité pour 41 381 puits de pétrole et de gaz forés de 2000 à 2012 en Pennsylvanie a démontré que l'incidence de problèmes de ciment ou de tubage était plus élevée pour les puits de gaz de schiste que pour les puits classiques<sup>14</sup>. Durant quatre ans à partir de 2009, 2 714 puits de nouveaux gaz (de schiste) ont présenté une perte d'intégrité structurelle. Dans une autre étude, le pourcentage de puits non classiques dans la formation de Marcellus qui avaient des problèmes d'intégrité variait de 2,58 % à 6,2 % selon la période, et la plupart des puits présentaient des concentrations mesurables de gaz à la surface<sup>15</sup>.

Au Canada, les trous de forage de pétrole ou de gaz abandonnés sont très répandus dans les régions où on exploite le pétrole et le gaz naturel<sup>13</sup>. Les puits abandonnés qui n'ont pas bien été désaffectés (scellés et fermés de façon permanente) peuvent être une source de fuites de saumure et surtout de méthane. Sur une longue période, le bouchon de ciment utilisé pour isoler les hydrocarbures liquides et gazeux et l'eau saline dans un puits abandonné peut se contracter, se fissurer ou se dégrader, et pourrait contaminer les aquifères d'eau douce qu'il traverse<sup>6</sup>.

### **Que fait-on des eaux usées?**

Les eaux usées sont constituées de liquides ou de boues de forage (eau, pétrole, ou liquides à base de gaz utilisés pour forer les trous dans la terre), de l'eau de reflux et de l'eau produite, et peuvent être stockées dans des fosses de surface, traitées, recyclées ou évacuées. Leur haute concentration saline peut poser un problème pour le stockage dans des fosses de surface, car elles érodent le matériau utilisé pour revêtir les fosses, causant des fuites.

Si elles ne sont pas traitées, les eaux usées peuvent contenir des métaux lourds comme du chrome, de l'arsenic et du mercure, des matières radioactives naturelles comme du radium et des rayons bêta, de très hautes concentrations de sel et des composés organiques volatils, comme le toluène et l'éthylbenzène. L'analyse des composants de l'eau produite de 541 sites production de gaz de schiste aux États-Unis a montré que les mesures maximales pour plusieurs composés minéraux, comme le zinc, l'aluminium et le magnésium, dépassaient les lignes directrices pour l'évacuation d'eaux de surface<sup>16</sup>.

Une partie des eaux usées peut être recyclée après une dilution ou un prétraitement et réutilisée dans le processus de fracturation hydraulique. Bien que le recyclage des eaux usées présente des avantages économiques en réduisant le besoin d'approvisionnement en eau, il peut causer des problèmes comme des réactions chimiques imprévues et l'exposition à des matières radioactives dans les eaux usées<sup>17</sup>. Les eaux usées qui ne sont pas stockées ou recyclées peuvent être transportées par camion vers des installations industrielles de traitement des eaux usées ou des puits profonds<sup>7</sup>.

Le traitement industriel des eaux usées peut ne pas convenir si le processus n'est pas conçu pour traiter des matières dissoutes totales. Par exemple, l'étude d'une installation de traitement des eaux usées en Pennsylvanie dans la formation Marcellus a examiné la qualité de l'eau des effluents évacués et des eaux de surface à proximité, et les sédiments de ruisseau<sup>18</sup>. En plus des concentrations de chlorure et de bromure en aval au-dessus des niveaux naturels, les concentrations de radium 226 mesurées dans les sédiments de ruisseau au point de déversement étaient environ 200 fois plus grandes qu'en amont, ce qui dépassait les seuils réglementaires pour l'élimination des déchets radioactifs et posait des risques de bioaccumulation de radium.

L'injection d'eaux usées sous terre dans des formations rocheuses profondes et poreuses par des puits d'évacuation entraîne un risque de contamination des eaux souterraines si le puits d'injection comporte des lacunes d'intégrité mécanique, permettant à des liquides de fuir par des tubages mal scellés directement dans les aquifères<sup>3</sup>. Dans l'ouest du Canada, la méthode de prédilection d'évacuation des eaux usées est l'injection dans des puits profonds; toutefois, dans l'est du Canada, la géologie ne convient pas à cette méthode<sup>1</sup>.

## **A-t-on démontré que la production de gaz de schiste peut entraîner une contamination des puits d'eau potable?**

Sans caractérisation des conditions de base des ressources d'eaux souterraines avant le forage, il est difficile de déterminer si les ressources d'eau potable ont été contaminées par la production de gaz de schiste. Des différences ont été observées dans la qualité de l'eau potable des résidents de régions américaines proches de puits de gaz de schiste, par rapport à ceux qui vivent plus loin. Une étude de 141 puits d'eau potable dans le nord-est de la Pennsylvanie a permis de détecter du méthane (le principal composant du gaz naturel) dans 82 % des échantillons d'eau potable, avec des concentrations moyennes six fois plus élevées dans les maisons situées à moins d'un kilomètre de puits de gaz naturel<sup>19</sup>. L'analyse de la composition de l'eau a montré que, bien que du méthane d'origine naturelle soit généralement présent dans une certaine mesure, la contamination des eaux souterraines de la région de production de schiste était la cause probable. Une autre étude des formations Marcellus et d'Utica aux États-Unis a aussi montré que les concentrations moyennes et maximales de méthane dans les puits d'eau potable augmentaient avec la proximité des puits de gaz, mais que rien n'indiquait une contamination des échantillons d'eau potable par des saumures ou des liquides de fracturation<sup>20</sup>.

Une autre étude a évalué la qualité de l'eau provenant de puits privés s'alimentant dans les aquifères sus-jacents à la formation de Barnett au Texas<sup>21</sup>. Les concentrations de matières dissoutes totales, d'arsenic et de sélénium dépassaient la limite maximale de contaminants dans l'eau potable de l'EPA, pour 55 %, 32 % et 20 % (respectivement) des échantillons de 91 puits d'eau privés situés à moins de trois kilomètres de puits actifs de gaz naturel. Les concentrations de certains contaminants, comme l'arsenic, le strontium et le baryum, étaient en moyenne plus faibles dans les zones des puits non actifs. Comme un certain nombre de puits d'eau privés près des puits de gaz naturel n'avaient pas de composante surélevée, les auteurs soulèvent la possibilité que des accidents industriels comme des défaillances de l'équipement, des tubages défectueux et des déversements aient eu lieu. Une grande partie des centaines de produits chimiques utilisés dans le liquide de fracturation hydraulique sont des perturbateurs endocriniens connus ou soupçonnés. La plupart des échantillons d'eaux de surface et souterraines recueillis dans les sites où avaient eu lieu des incidents de déversement lié au forage connus dans une région de forage de gaz naturel du Colorado présentaient une activité œstrogénique plus grande que les échantillons recueillis dans les sites de référence aux opérations de forage limitées<sup>22</sup>.

Les résultats d'une étude sur les résidents d'une communauté en Pennsylvanie illustrent la complexité de l'attribution de la contamination de l'eau de puits à la production de gaz de schiste<sup>23</sup>. Près de la moitié des personnes interrogées ont rapporté des changements dans la qualité de l'eau ou la quantité d'eau dans le puits depuis le début du forage de gaz de schiste et certains puits présentaient des concentrations accrues de manganèse, de fer, de bromure et de chlorure. Cependant, comme la communauté se trouvait au-dessus d'un champ gazier et qu'on y avait déjà mené des activités d'exploitation minière, pétrolière et gazière, la source de contamination de l'eau n'a pas été déterminée de façon concluante.

## **Lacunes dans les recherches et les connaissances sur l'eau potable**

- Sans de bonnes données de base sur la qualité des ressources en eau potable, il est difficile de différencier la contamination par le méthane et d'autres substances provenant de voies naturelles de celle qui peut être causée par le forage, la fracturation hydraulique et les autres activités de production de gaz de schiste. Une surveillance de la qualité des eaux souterraines est nécessaire à toutes les étapes d'exploration et de développement des puits de schiste.
- Les interactions des produits chimiques associés à la production de gaz de schiste sont généralement inconnues et non testées, ce qui complique la prédiction et l'évaluation des risques par l'exposition directe ou indirecte. On ignore si des réactions entre les produits chimiques lors de la réutilisation des eaux usées



peuvent produire de nouveaux produits chimiques toxiques et des mélanges complexes qui pourraient avoir des propriétés cumulatives ou synergiques<sup>6</sup>.

- Des recherches plus approfondies seront nécessaires pour déterminer le potentiel de migration ascendante des liquides vers les aquifères après la fracturation hydraulique ou par des tubages mal cimentés et des puits mal abandonnés.
- La mise au point de tubages et de bouchons de puits résistants à la corrosion et aux fuites est nécessaire.

## Eau potable – Récapitulatif

Les données scientifiques sur les incidences sur la santé publique des effets de la production de gaz de schiste sur la qualité de l'eau sont bien résumées dans une évaluation récente (juin 2015) de la U.S. Environmental Protection Agency (EPA) sur les effets potentiels de la fracturation hydraulique dans le cadre de l'exploitation du pétrole ou du gaz naturel sur les ressources en eau potable<sup>24</sup>. Voici des extraits du résumé<sup>24</sup> :

« D'après notre évaluation, nous concluons qu'il existe des mécanismes souterrains et en surface par lesquels les activités de fracturation hydraulique peuvent avoir une incidence sur les ressources en eau potable. Ces mécanismes comprennent : le prélèvement d'eau dans des périodes ou des zones de pénurie d'eau; les déversements de liquides de fracturation et d'eau produite; la fracturation survenant directement dans des ressources souterraines d'eau potable; la migration souterraine de liquides et de gaz; et l'évacuation et le traitement inadéquats des eaux usées.

« Parmi les mécanismes potentiels décrits dans ce rapport, nous avons trouvé des cas précis où un ou plusieurs mécanismes ont eu des effets sur les ressources en eau potable, y compris la contamination des puits d'eau potable. Le nombre de cas mis en évidence était toutefois petit par rapport au nombre de puits fracturés hydrauliquement. Ce résultat pourrait refléter une rareté des effets sur les ressources en eau potable, mais il pourrait aussi être dû à d'autres facteurs limitants, par exemple : des données insuffisantes sur la qualité de l'eau potable avant et après la fracturation; le manque d'études systématiques à long terme; la présence d'autres sources de contamination empêchant d'établir un lien définitif entre les activités de fracturation hydraulique et les effets; et l'inaccessibilité des certaines données sur les activités de fracturation hydraulique et les répercussions potentielles. »

## Qualité de l'air

L'extraction et le traitement du gaz de schiste peuvent générer une multitude de polluants atmosphériques dont le type et la quantité varient au fil du processus de production. Ces émissions diffèrent de celles l'exploitation du pétrole et du gaz classiques : les activités de complétion de puits sont de plus grande envergure, y compris la fracturation hydraulique, et la densité des puits est plus élevée et les activités de camionnage, plus intenses. Le tableau 1 dresse la liste des principaux polluants atmosphériques (avec leur symbole chimique) qui peuvent être émis durant les étapes de production du gaz de schiste, ainsi que de leurs effets potentiels sur la santé en cas d'exposition excessive.



**Figure 3.** Torche de gaz naturel (Creative Commons, Tod Baker<sup>25</sup>)

**Tableau 1.** Polluants atmosphériques associés à la production de gaz de schiste et leurs effets potentiels sur la santé<sup>8, 26-28</sup>

Agent	Effets potentiels sur la santé
Oxydes d'azote et de soufre (NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> )	Maladies pulmonaires, asthme, maladies cardiovasculaires Contribue à la production d'ozone troposphérique
Ozone (O <sub>3</sub> )	Asthme, effets cardiovasculaires, irritation des muqueuses, particulièrement chez les aînés et les populations vulnérables
Composés organiques volatils (COV) : benzène, toluène, éthylbenzène et xylène (BTEX)	Cancer (leucémies), anomalies congénitales, maladies pulmonaires et du système nerveux
Silice cristalline (fraction respirable)	Silicose et cancer du poumon, maladies du rein, particulièrement en cas d'exposition professionnelle
Échappement des diesels (contient des matières particulaires [MP], du monoxyde de carbone [CO], des hydrocarbures [HC], des NO <sub>x</sub> et des COV)	Cancer du poumon et de la vessie, asthme, autres maladies pulmonaires, maladies cardiaques
Sulfure d'hydrogène (H <sub>2</sub> S)	Mortel si inhalé à des concentrations élevées Maux de tête, irritation des voies respiratoires et des muqueuses, effets sur le système nerveux central (p. ex., confusion, perte de mémoire et temps de réaction prolongé), irritation sensorielle causée par l'odeur d'œufs pourris
Matières particulaires (MP)	Maladies respiratoires, y compris l'asthme, maladies cardiovasculaires et décès prématuré pour les patients atteints d'affections cardiorespiratoires
Méthane, éthane, propane et butane (COV légers)	Le méthane contribue aux gaz à effet de serre et peut causer des explosions ou causer l'asphyxie à des concentrations élevées
Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	Contribue aux gaz à effet de serre
Matières radioactives (radon)	Exposition au radon associée au cancer du poumon



## Quelle incidence a la production de gaz de schiste sur la qualité de l'air?

La production de gaz de schiste génère diverses émissions qui peuvent être qualifiées de sources ponctuelles (d'une cheminée ou d'un tuyau), de sources mobiles (de camions ou d'appareils de forage), de sources fugitives (de fuites) et de sources étendues (émissions globales)<sup>29</sup>. Chaque étape de préproduction et de production de gaz de schiste introduit différents types de polluants atmosphériques dont la quantité et la durée d'exposition peuvent varier (tableau 2).

L'étape de préproduction comprend le déblayage du terrain et la construction de routes, le forage, la fracturation hydraulique et la complétion de puits<sup>30</sup>. Durant la construction des plateformes d'exploitation, des étangs de retenue et du réseau routier de soutien, la circulation pour accéder au site est une source de gaz d'échappement des diesels et de MP. Des émissions de moteur diesel sont aussi produites durant le forage et la fracturation hydraulique par un grand nombre de machines lourdes et de camions transportant de l'eau, du sable et des produits chimiques. La circulation de camions génère également des MP émises par l'usure des pneus et des freins et la poussière en suspension des chemins<sup>30</sup>. Selon les estimations, environ 4 000 déplacements de camions lourds et légers sont requis pour chaque puits horizontal, si on considère que chaque puits peut être fracturé hydrauliquement plusieurs fois durant sa vie productive<sup>31</sup>.

Pendant le forage initial et la complétion des puits, le liquide de fracturation et l'eau produite par la roche de schiste qui retourne à la surface (eau de reflux) contiennent des produits chimiques, une petite quantité d'agents de soutènement et du gaz naturel (du méthane et certains hydrocarbures). L'eau de reflux peut émettre des toxines atmosphériques comme les COV, le méthane, le benzène, l'éthylbenzène et le *n*-hexane. La partie gazeuse de l'eau de reflux est souvent rejetée dans l'atmosphère (rejet contrôlé) ou brûlée à la torche (combustion contrôlée), car elle n'est pas commercialisable lorsqu'elle est contaminée par les autres agents du mélange (figure 3). Le rejet dans l'atmosphère et le brûlage à la torche peuvent émettre du dioxyde de carbone, du benzène et du formaldéhyde, ainsi que d'autres polluants atmosphériques toxiques connus selon les composés renvoyés à la surface par la complétion du puits. On estime qu'au cours de la vie d'un puits, de 3,6 % à 7,9 % du méthane généré par la production de gaz de schiste s'échappe par le rejet dans l'atmosphère et par les fuites<sup>32</sup>.

Durant la phase de production, les composés émis sont semblables à ceux de l'extraction de pétrole et de gaz classiques. À la plateforme d'exploitation, le gaz est séparé de l'eau produite et des hydrocarbures liquides par l'application de pression et de chaleur. Lorsque le gaz naturel brut est chauffé dans un déshydrateur au glycol, les hydrocarbures non méthaniques sont rejetés dans l'atmosphère ou amenés par tuyau dans un réservoir de condensats sur la plateforme. Des COV et des BTEX ont été détectés dans l'air près des réservoirs<sup>4</sup>. L'eau produite et les hydrocarbures peuvent être stockés dans des fosses ou des réservoirs, qui sont une source d'émissions fugitives comme le méthane et les COV<sup>29</sup>. Les stations de compression de gaz naturel servant à transférer le gaz dans des pipelines sous haute pression sont une source d'émissions dues à la combustion, comme les BTEX et les NO<sub>x</sub><sup>4</sup>.

**Tableau 2.** Sources d'émissions associées à la production de gaz de schiste<sup>8, 26, 29, 33</sup>.

Agent	Sources
Oxydes d'azote et de soufre (NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> )	Moteurs diesel, compresseurs de gaz naturel, évaporation de liquides, brûlage à la torche
Ozone (O <sub>3</sub> )	Sous-produit, créé par mélange de NO <sub>x</sub> et de COV au niveau du sol

Agent	Sources
Composés organiques volatils (COV) : benzène, toluène, éthylbenzène et xylène (BTEX)	Reflux durant les processus de complétion de puits, de déshydratation, de condensation et d'évaporation, émissions fugitives, rejet dans l'atmosphère et brûlage à la torche, déversements
Silice cristalline (fraction respirable)	Grandes quantités utilisées comme agent de soutènement dans les liquides de fracturation; l'exposition durant le chargement et le déchargement peut être considérable
Échappement des diesels (contient des matières particulaires [MP] du monoxyde de carbone [CO], des hydrocarbures [HC], des NO <sub>x</sub> et des COV)	Grand nombre de véhicules lourds accédant aux sites de forage, utilisation de moteurs diesel, y compris des générateurs, durant le forage et la production, compresseurs
Sulfure d'hydrogène (H <sub>2</sub> S)	Libéré durant le brûlage à la torche et le rejet dans l'atmosphère, les éruptions de puits, les libérations de conduites et les émissions fugitives des machines et des compresseurs
Matières particulaires (MP)	Préparation du site, processus de fracturation, construction de routes, circulation, rejet dans l'atmosphère et brûlage à la torche, échappement des moteurs des machines sur le site
Méthane, éthane, propane et butane (COV légers)	Émissions fugitives durant le forage et la production, échappement des moteurs de l'équipement de production et des pompes pneumatiques sur place, fuites causées par des problèmes d'intégrité du puits (c.-à-d. de puits mal construits). Rejet dans l'atmosphère et brûlage à la torche courants, échappement des moteurs de l'équipement sur place et sites mal désaffectés
Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	Rejet dans l'atmosphère et brûlage à la torche
Matières radioactives (radon)	Présentes naturellement à des concentrations variées dans la terre; peuvent être amenées à la surface par l'eau de reflux, l'eau produite et la saumure <sup>34</sup> ; exposition atmosphérique au radon

## En quoi la géologie et les conditions météorologiques influencent-elles les concentrations de polluants atmosphériques?

La géologie d'une zone de schiste (région géographique propice à l'exploration de gaz de schiste) influence le type et la quantité d'émissions, ainsi que le type de liquides de fracturation requis et les processus d'extraction de gaz naturel. Le gaz corrosif a une plus grande concentration de sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) que le condensat de gaz non corrosif<sup>33</sup>. Le gaz corrosif est considéré comme un risque plus important pour la santé que le gaz non corrosif, étant donné les dangers aigus associés à l'exposition au H<sub>2</sub>S. Le gaz de schiste est aussi qualifié de « humide » ou de « sec » selon la quantité de méthane et de COV (plus grande dans les régions humides) émise durant la production<sup>35</sup>. Le gaz naturel humide contient généralement moins de 85 % de méthane et plus d'hydrocarbures complexes que le gaz naturel sec.

Les conditions météorologiques, dont la vitesse et la direction du vent en amont ou en aval de la source d'émissions et le mélange de la colonne d'air, peuvent aussi influencer les niveaux de pollution atmosphérique<sup>36</sup>. Les émissions peuvent rester près du sol quand la topographie encourage les inversions d'air. Les conditions climatiques (comme la lumière du soleil et la température) peuvent interagir avec les émissions fugitives de méthane, les échappements de véhicules et de moteurs et les COV ambiants pour produire de l'ozone et du smog photochimique<sup>4</sup>. Les conditions hivernales peuvent exacerber la formation d'ozone troposphérique : des études

récentes en Utah, au Wyoming et au Texas rapportent de fortes concentrations d'ozone troposphérique près des champs gaziers et des exploitations<sup>4, 37, 38</sup>.

## **Les polluants atmosphériques issus de la production de gaz de schiste ont-ils un effet sur la santé des résidents?**

La proximité des exploitations de gaz de schiste est un facteur important d'exposition à des concentrations moyennes et élevées de pollution atmosphérique<sup>26</sup>. Certains États américains, comme le Texas, ont permis aux exploitations de gaz de schiste d'être construites dans des communautés établies et sur le territoire de villes<sup>39</sup> (forage en milieu urbain), ce qui a accru les préoccupations concernant la pollution atmosphérique pour les résidents dont les maisons sont situées à proximité des sites de forage. En plus de l'exposition extérieure, les contaminants atmosphériques peuvent entrer dans les maisons et influencer la qualité de l'air intérieur<sup>40</sup>.

Aucun lien direct par rapport aux effets sur la santé de la pollution atmosphérique attribuée à la production de gaz de schiste n'a été démontré en recherche épidémiologique, car peu d'études ont été conçues pour évaluer les effets sur la santé de l'exposition atmosphérique à l'échelle de la population. Les résidents de communautés américaines situées près des puits ont rapporté une prévalence accrue de symptômes par rapport à ceux qui habitent plus loin<sup>41, 42</sup>. Dans une région de forage actif de gaz de schiste en Pennsylvanie, des affections cutanées et des symptômes respiratoires ont été rapportés plus souvent par les résidents sondés vivant à moins d'un kilomètre des activités d'extraction<sup>41</sup>. Les symptômes respiratoires semblent indiquer un effet attribuable aux émissions atmosphériques, mais la contamination de l'eau de puits a aussi été envisagée comme un facteur de risque.

Deux études exploratoires ont évalué la qualité de l'air durant certaines étapes de la production de schiste. Dans le cadre d'une étude communautaire de cinq États américains, les résidents ont dû prélever des échantillons ponctuels et placer des détecteurs de formaldéhyde près de divers sites, notamment des plateformes de production, des stations de compression, des fermes de réservoirs de condensats, des installations de traitement du gaz et des bassins d'eaux usées et d'eau produite<sup>43</sup>. Les emplacements ont été choisis en fonction des sources d'inquiétude et des plaintes des résidents. Le benzène, le formaldéhyde et le sulfure d'hydrogène sont les composés qui dépassaient le plus souvent les seuils de risque pour la santé, aigus et autres. Des concentrations élevées de substances volatiles ont été relevées, dépassant les marges existantes de 150 à 500 pieds des têtes de puits aux maisons, y compris dans le cas du formaldéhyde (jusqu'à 2 591 pieds) et du benzène (jusqu'à 895 pieds)<sup>44</sup>. Dans une étude menée au Colorado, des échantillons prélevés sur une base hebdomadaire durant un an pendant le forage et la fracturation hydraulique d'une plateforme d'exploitation de gaz naturel ont permis de détecter dans chaque échantillon des COV (méthane, éthane, propane et toluène), du formaldéhyde et de l'acétaldéhyde ainsi qu'un HAP (naphthalène)<sup>45</sup>. Le pourcentage le plus élevé de détections a eu lieu durant la phase initiale de forage, avant la fracturation hydraulique. Aucune des deux études n'a évalué directement les relations exposition-réaction, ce qui aurait laissé place à des inférences causales.

Une étude récente a lié les concentrations accrues de radon dans l'air au premier étage à la proximité de puits de nouveaux gaz naturels forés et à leurs activités de production en Pennsylvanie<sup>46</sup>. L'étude avait pour but de démontrer l'existence de concentrations en radon élevées dans la formation Marcellus<sup>47</sup>. Des recherches plus approfondies sur la source du radon seront nécessaires, surtout compte tenu de la relation connue entre l'exposition au radon et le cancer du poumon.

## **Lacunes dans la recherche et les connaissances sur la qualité de l'air**

- On manque de donnée sur les mesures répétées de la qualité de l'air à toutes les étapes de la production. Il serait nécessaire d'obtenir des données de référence sur la qualité de l'air et sur la variabilité des émissions tout au long du processus de production.
- Il serait nécessaire d'effectuer un plus grand nombre d'évaluations des effets sur la santé et d'études épidémiologiques sur les communautés à proximité de plates-formes de puits de gaz de schiste; ces recherches devraient évaluer quantitativement l'exposition des résidents par la surveillance des émissions atmosphériques.

- Étant donné qu'une forte circulation de véhicules lourds est associée à la production de gaz de schiste, davantage de recherches devraient se pencher sur les répercussions des émissions associées à l'échappement des véhicules, aux routes et aux pneus ainsi qu'à leur contribution à la pollution atmosphérique dans les secteurs de production.

## Qualité de l'air – Récapitulatif

La qualité locale de l'air peut être affectée par la production de gaz de schiste. Durant les processus qui précèdent et qui suivent la production de ce type de gaz, les travailleurs et les résidents peuvent être exposés à un vaste éventail d'émissions, dont la plupart ont été associées à des maladies respiratoires et cardiovasculaires. L'exposition des résidents à des polluants atmosphériques varie en fonction de la proximité de la collectivité aux puits ainsi qu'en fonction des étapes de production et des conditions météorologiques et géologiques locales. La découverte récente de concentrations accrues de radon, un agent cancérigène pour les poumons connu, dans les maisons à proximité des puits est depuis peu une source de préoccupations. À ce jour, trop peu d'articles de nature épidémiologique revus par des pairs ont été publiés sur la production de gaz de schiste et la qualité de l'air pour cibler adéquatement les répercussions directes sur la santé; cependant le petit nombre d'études d'exposition qui ont été publiées semblent indiquer que l'exposition atmosphérique pourrait excéder les recommandations des lignes directrices sur la qualité de l'air.

## Sismicité induite

Il est reconnu que l'injection nécessaire à la production de gaz de schiste peut provoquer des tremblements de terre (d'origine anthropique) dont l'activité sismique atteint des niveaux jamais vus auparavant<sup>48, 49</sup>.

L'intensité d'un tremblement de terre se mesure de différentes façons. Le tableau 3 présente une échelle de magnitude (M) et décrit les effets associés à différents degrés. La magnitude se mesure selon une échelle logarithmique de base 10, c'est-à-dire qu'une augmentation de 1 échelon s'accompagne d'une multiplication par 10 de l'amplitude du mouvement. Par comparaison, un séisme de magnitude 3 ou 4 produit une sensation semblable à celle du passage d'un camion, tandis qu'un séisme de magnitude 4 ou 5 peut générer du bruit et des vibrations et renverser des objets instables<sup>50</sup>. Dernièrement, l'échelle de Richter (une échelle locale notée  $M_L$ ) a été remplacée par l'échelle de moment sismique ( $M_W$ ) pour décrire les phénomènes sismiques<sup>51</sup>.

**Tableau 3. Échelle de magnitude<sup>51</sup>**

Magnitude	Effets
2,5 ou moins	Habituellement imperceptible, mais peut être détectée par un sismographe.
2,5 à 5,4	Souvent perceptible, mais n'entraîne que des dommages mineurs.
5,5 à 6,0	Entraîne de légers dommages aux bâtiments et autres structures.
6,1 à 6,9	Peut provoquer de graves dommages dans les régions très peuplées.
7,0 à 7,9	Tremblement de terre majeur; entraîne de graves dommages.
8,0 ou plus	Tremblement de terre violent; peut détruire complètement les municipalités près de l'épicentre.

## Comment la fracturation hydraulique induit-elle l'activité sismique?

Le but de la fracturation hydraulique est de provoquer plusieurs microséismes (magnitude < 2) qui expulseront le gaz emprisonné dans la roche vers un puits<sup>52</sup>. Au départ, lorsqu'on crée et active un puits, l'injection de liquide à haute pression provoque dans le schiste des fractures (fissures et crevasses), qui libèrent le gaz et le liquide séquestrés dans la roche, mais peuvent aussi altérer l'équilibre tension-effort de la roche et entraîner la libération

d'énergie de déformation élastique. S'il se trouve des failles à proximité, cet effet peut provoquer des mouvements sismiques dus à des « glissements ».

La fracturation hydraulique ne génère qu'une activité sismique légère, et il est rare que cette étape entraîne du mouvement ou des dommages en surface. Des phénomènes isolés ont toutefois été liés directement aux activités de fracturation hydraulique dans la région du bassin de Horn River, au nord-est de la Colombie-Britannique<sup>53</sup>. À ce jour, le séisme le plus important attribué à l'injection de liquide est un tremblement de terre de magnitude 4,6 survenu en août 2015 dans la région de Fort St. John, également dans le nord-est de la C.-B.<sup>54</sup>. En outre, 193 des 231 phénomènes sismiques observés entre août 2013 et octobre 2014 dans la zone de Montney, toujours dans le nord-est de la C.-B., ont été provoqués par la fracturation hydraulique (c'est donc que 2,6 % des 7 400 étapes en auraient provoqué<sup>55</sup>). Dans la petite ville de Fox Creek, en Alberta, on recensait très peu d'activité sismique avant qu'y soit pratiquée la fracturation hydraulique. Or, depuis le début du forage, en 2013, des centaines de secousses ont été enregistrées, la plupart de faible magnitude, mais certaines atteignant 4,4<sup>50, 56</sup>.

### **L'injection d'eaux usées en puits profond peut-elle provoquer des tremblements de terre?**

Les liquides usés, notamment l'eau de reflux et l'eau produite (saumure) découlant de la production de gaz de schiste, aboutissent souvent sous terre par un processus appelé injection en puits profond. Cette pratique, utilisée dans la production pétrolière et gazière classique et non classique de même que dans d'autres industries, a été associée à la sismicité induite<sup>52</sup>. Cela dit, la majorité des puits ne causent aucun phénomène sismique perceptible à la surface<sup>57</sup>. L'injection d'importants volumes d'eau dans des dépôts sédimentaires profonds peut augmenter la pression souterraine et induire des glissements de failles. La U.S. Geological Survey a lié le volume total de liquide – à un rythme d'injection particulièrement rapide, soit de plus de 300 000 barils par mois – à l'induction de tremblements de terre<sup>58</sup>.

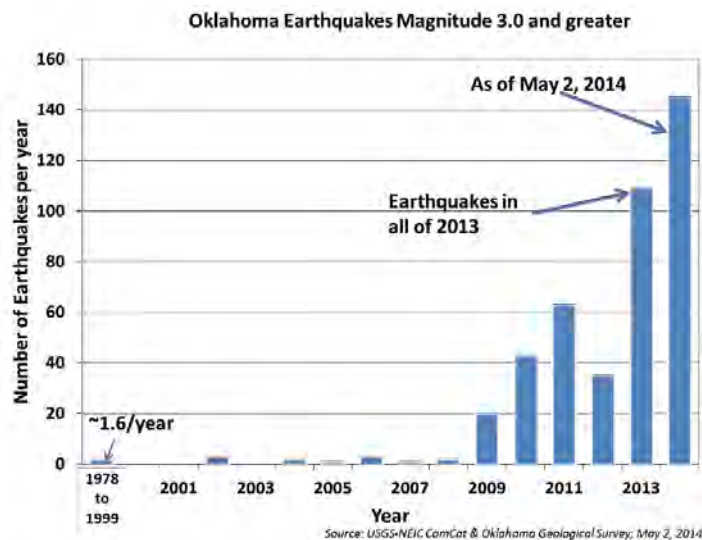
En 2011, trois tremblements de terre modérés de magnitude 5,0, 5,6 et 5,0 survenus en Oklahoma ont été attribués à l'injection d'eaux usées en puits profond près d'activités de production de gaz de schiste<sup>59</sup>. Le plus important a détruit 14 demeures et blessé deux personnes<sup>52</sup>. Des séismes d'une magnitude pouvant atteindre 4,7 ont également été liés directement à l'injection en puits profond en Ohio, en Arkansas, en Virginie-Occidentale et au Texas. Par exemple, en Arkansas, 98 % des tremblements de terre récents sont survenus à moins de 6 km d'un puits où l'on avait commencé à injecter des eaux usées<sup>60</sup>. L'analyse de la forme d'onde de tremblements de terre survenus dans le Cordell Field (Alberta) a mis en évidence une forte corrélation entre l'activité sismique et les opérations mensuelles menées dans un puits situé à proximité<sup>61</sup>.

Bien qu'il soit évident que l'injection d'eaux usées en puits profond peut provoquer d'importants phénomènes sismiques, il est pour le moment très difficile de prévoir quels puits sont susceptibles d'occasionner des séismes assez importants pour endommager les structures des localités environnantes<sup>62</sup>.

### **Les phénomènes sismiques induits sont-ils liés à l'augmentation de la production de gaz de schiste?**

Au Canada, le nombre de phénomènes sismiques survenant dans la région du bassin Horn River (C.-B.) est passé de 24 en 2002–2003, soit avant le début des activités de fracturation hydraulique, à 131 en 2011, au moment où la production était à son maximum. Parallèlement, la magnitude maximale de ces phénomènes est passée de 2,9 à 3,6 suivant l'intensification des opérations<sup>63, 64</sup>.

En Oklahoma, l'activité sismique est de plus en plus importante dans les régions où la production de gaz de schiste est intense et comprend l'injection d'eaux usées en puits profond. La U.S. Geological Survey a signalé un nombre annuel record de tremblements de terre les quatre premiers mois de 2014 (voir figure 7)<sup>65</sup>.



**Figure 7.** Tremblements de terre de magnitude 3,0 ou plus survenus en Oklahoma de 1978 à mai 2014 (Creative Commons, U.S. Geological Survey, source : NEIC ComCat et l'Oklahoma Geological Survey<sup>65</sup>)

De janvier à mai 2014 seulement, 145 tremblements de terre d'une magnitude de 3,0 ou plus ont été enregistrés, alors qu'en 2013, on en avait recensé 109. Par comparaison, la moyenne annuelle de séismes de 1978 à 2008 était de deux<sup>65</sup>. Compte tenu de l'augmentation rapide du nombre de tremblements de terre dans cette région des États-Unis, un avis de préparation en cas de tremblement de terre à l'intention des résidents, des écoles et des entreprises a été publié en mai 2014.

### Quels sont les risques de santé publique associés à l'activité sismique induite?

Dans les régions où la fracturation hydraulique et l'injection en puits profond augmentent l'activité sismique, il se pourrait que surviennent des tremblements de terre de magnitude élevée capables d'endommager les infrastructures ou de blesser des travailleurs ou des résidents. Des craintes ont été soulevées quant à l'absence de règles qui limiteraient la proximité entre les activités de production de gaz de schiste (notamment les puits) et des installations essentielles, comme les hôpitaux, les écoles, les barrages et les centrales électriques, et qui pourraient ainsi freiner les répercussions de l'activité sismique induite<sup>60</sup>. Dans au moins deux villes américaines (Dallas Fort Worth et Pittsburgh), des activités de production de gaz de schiste se trouvent très près d'un aéroport international<sup>66, 67</sup>.

Jusqu'à présent, le plus gros tremblement de terre à avoir été lié à l'injection d'eaux usées en puits profond est un séisme d'une magnitude de moment ( $M_w$ ) de 5,6 survenu à Prague (Oklahoma) en 2011<sup>68</sup>. Ressenti dans au moins 17 États, ce tremblement de terre faisait partie d'une série de secousses : il a été précédé d'un séisme de  $M_w$  5,0 et suivi par de nombreuses répliques. Il a blessé deux personnes, détruit 14 demeures, endommagé de nombreux édifices et brisé le revêtement routier, et se trouve maintenant au cœur de poursuites individuelles et de recours collectifs. Les dommages occasionnés aux édifices et aux maisons ont donné lieu à une hausse des ventes d'assurance contre les tremblements de terre en Oklahoma. À Rocky Mountain House, en Alberta, un tremblement de terre de magnitude 3,9 associé à l'injection d'eaux usées a provoqué une panne de courant ainsi que la fermeture d'un puits<sup>48</sup>. Une évaluation des risques sismiques menée par Taylor pour le U.S. Army Corp of Engineers a conclu que les régions les plus à risque en cas de phénomènes associés à la production de gaz de schiste sont celles qui étaient auparavant asismiques ou quasi asismiques<sup>69</sup>. En effet, il est probable que leur code du bâtiment n'ait jamais eu à tenir compte des effets de l'activité sismique, de sorte que leurs infrastructures y sont plus vulnérables.

Les secousses sismiques n'occasionnent pas que des dommages structurels. En effet, il arrive par exemple que des produits chimiques ou pétroliers toxiques s'échappent de puits ou de canalisations endommagées, contaminant ainsi l'air et l'eau<sup>70</sup>. Les tremblements de terre au sens large ont également été associés à des



troubles de santé mentale. Par exemple, en Californie, 65 % des répondants ayant connu un séisme de magnitude 6,0 (celui survenu au sud Napa en 2014) ont déclaré qu'au moins une personne de leur ménage avait vécu de l'anxiété, de la peur ou de l'inattention depuis l'événement<sup>71</sup>.

## Lacunes dans les recherches et les connaissances sur l'activité sismique

Des lacunes importantes subsistent dans notre compréhension des risques sismiques découlant de la production de gaz de schiste :

- Il faudrait approfondir les recherches sur le risque de glissements ou de séismes d'envergure associé aux microphénomènes provoqués par la fracturation hydraulique intensive ou l'injection d'eaux usées dans une région.
- Il faudrait approfondir les recherches sur les répercussions communautaires et les considérations de santé publique dans les régions où la sismicité induite pourrait représenter un danger.
- Il serait judicieux d'envisager l'utilisation de systèmes d'alerte précoce ou d'avis en cas de séisme pour les habitants de zones à risque.
- Il faudrait que les autorités de santé publique disposent de renseignements plus complets pour prévenir les effets potentiels de la sismicité induite; il pourrait s'agir de répertoires des infrastructures vulnérables à proximité des puits, comme les écoles, les hôpitaux, les services publics et les aéroports.

## Activité sismique – Récapitulatif

Le risque de tremblements de terre associé à l'extraction du gaz de schiste est de plus en plus étudié. Les études initiales visaient le risque de provoquer une activité sismique perceptible dans les régions avoisinantes en injectant des eaux usées en puits profond. La fracturation hydraulique vise à provoquer des microséismes, qui peuvent, à l'occasion, entraîner une activité sismique. Avec l'essor de l'industrie du gaz de schiste, il faudra redoubler de vigilance afin de détecter les dangers éventuels avant le début des activités exploratoires ainsi que de surveiller et de limiter le volume et le débit de liquide injecté.

## Autres effets sur la communauté

L'exploitation du gaz de schiste pourrait stimuler la diversification de l'économie locale et la création d'emplois et améliorer ainsi les perspectives économiques. Si elle est bien réglementée et bien gérée, la production de gaz de schiste pourrait procurer aux populations des avantages économiques directs, comme l'obtention de contrats pour l'offre de biens et services, la création d'emplois et l'amélioration du réseau routier. Elle pourrait également avoir des avantages indirects sur la santé de la population, étant donné que l'exploitation du gaz naturel améliorerait la sécurité énergétique et réduirait la dépendance au charbon et au pétrole<sup>72</sup>.

Parallèlement, cette industrie pourrait toutefois nuire au tourisme et perturber l'écosystème, ce qui occasionnerait des coûts économiques<sup>6</sup>. En plus des risques de contamination de l'eau, de pollution de l'air et d'activité sismique accrue (décrits précédemment), il se pourrait que la production de gaz de schiste ait des effets négatifs sur la santé des habitants des villages et des zones rurales à proximité des puits en raison de la circulation, du bruit, des enjeux socioéconomiques et de la perturbation de l'écosystème qu'elle entraînerait.

## Quels sont les effets potentiels de l'infrastructure routière?

Le défrichage et la fragmentation de massifs forestiers nécessaires à la mise en place de plateformes d'exploration et à la construction de routes de service, de canalisations et d'autres infrastructures de soutien perturbent les écosystèmes ainsi que les habitats fauniques et floristiques<sup>6</sup>. L'amélioration des réseaux routiers pourrait être bénéfique à l'économie et au tourisme en favorisant la chasse, la pêche et la trappe, mais elle pourrait également intensifier l'érosion, modifier le débit des cours d'eau, barrer le passage aux poissons et entraîner la disparition d'espèces, d'habitats et de végétation<sup>6</sup>.

Les matériaux utilisés pour la construction des plateformes et des infrastructures sont transportés par camion. Les puits de fracturation hydraulique exigent en outre l'acheminement de grandes quantités d'eau, de sable et de produits chimiques, de même que l'utilisation de gros camions-pompes. La charge due à la circulation est donc à son maximum pendant la construction de la plateforme, le forage et la complétion de puits (préparation en vue de la production). La circulation des camions peut endommager les routes rurales, accroître la congestion routière et augmenter le risque d'accidents d'automobile, en plus de contribuer à une hausse de l'exposition aux gaz d'échappement (notamment de moteurs diesel), au bruit et à la poussière. Une évaluation des effets sur la santé menée auprès d'une communauté du Colorado a conclu qu'une intensité sonore de 30 à 70 décibels émise par la circulation était associée à un certain nombre de problèmes de santé : troubles de sommeil, diminution du rendement à l'école, hypertension, etc. Les auteurs recommandent de construire des routes afin de détourner la circulation industrielle de la ville et ainsi de réduire les dangers connexes, les émissions de moteur diesel et le bruit<sup>73</sup>.



**Figure 8.** Camions transportant de l'eau vers un site de fracturation hydraulique (Creative Commons, National Public Radio<sup>74</sup>)

### **Quels sont les risques pour les travailleurs et les résidents?**

Le forage, la fracturation hydraulique (plusieurs camions fonctionnant à plein régime en même temps pendant l'étape d'injection), le fonctionnement continu de compresseurs et les travaux de construction génèrent beaucoup de bruit<sup>6</sup>. Toutefois, le volume et les effets sur la santé des travailleurs et des résidents n'ont pas été systématiquement étudiés<sup>6</sup>. L'exposition à long terme au bruit, peu importe l'origine, est typiquement associée aux à plusieurs effets : stress, contrariété, troubles de sommeil, hypertension et maladies cardiovasculaires<sup>75</sup>. Les travailleurs peuvent utiliser des protecteurs auditifs, et le niveau sonore peut être réduit si on augmente la distance du site et des routes.

Les craintes les plus courantes pour la sécurité des travailleurs touchent les risques d'explosion, d'accident ou de blessure sur place ou durant le transport et d'exposition aiguë à des vapeurs toxiques ou à des quantités importantes de poussière, notamment la poussière de silice utilisée dans le liquide de fracturation hydraulique<sup>76</sup>. Quant aux résidents, ils sont moins susceptibles de subir une exposition aiguë à des substances toxiques, mais ils sont vulnérables à une exposition chronique. En outre, il arrive souvent qu'ils se plaignent d'odeurs désagréables (œufs pourris, beurre brûlé, odeurs doucereuses ou chimiques) liées à la production de gaz naturel<sup>8</sup>.



**Figure 9.** *Un travailleur prend la pose au début des travaux de fracturation hydraulique à la formation de Bakken, dans le Dakota du Nord (Creative Commons, photographie : Joshua Doubek<sup>77</sup>)*

### **Quels sont les effets psychosociaux?**

Les résidents des régions rurales touchées par l'exploitation de nouveaux gaz naturels ont dû composer avec une hausse considérable de la circulation de camions et une forte croissance de la population, cette dernière s'accompagnant d'une inflation et de pressions sur les infrastructures (routes, services policiers, écoles, logements)<sup>4</sup>. Cet « effet champignon » associé à la présence d'une main-d'œuvre passagère perturbe la cohésion communautaire et entraîne une augmentation de la criminalité, de la toxicomanie ainsi que des infections transmissibles sexuellement.

La destruction de l'habitat peut également perturber les pratiques et l'identité culturelles et ainsi nuire à la santé et à la résilience, particulièrement chez les Autochtones<sup>6</sup>. Par ailleurs, selon une étude d'évaluation des effets sur la santé menée au Colorado, la dépréciation des propriétés constitue un facteur de stress psychosocial important lié à la production de gaz de schiste<sup>73</sup>. Le manque de transparence, les messages contradictoires et la perception que les responsables de l'industrie et du gouvernement cachent la vérité sur les risques potentiels peuvent également être des sources de stress psychosocial et créer de l'anxiété quant aux dangers potentiels de cette nouvelle industrie<sup>6</sup>. Une analyse du courrier des lecteurs concernant la production de nouveaux gaz naturels en Pennsylvanie a révélé que la détresse des citoyens était attribuable à un manque d'information sur les aspects économique, sanitaire, environnemental et social du sujet, notamment sur les changements au paysage rural<sup>78</sup>.

Un sondage mené aux États-Unis portant sur la perception du public à l'égard de la fracturation (« fracking ») a révélé que la majorité des Américains en savaient très peu sur la fracturation hydraulique, ou ne savaient pas quoi penser des risques associés<sup>79</sup>. La principale inquiétude des gens portait sur la contamination de l'eau potable.

### **Y a-t-il des preuves des répercussions sur la santé de la population?**

Plusieurs études de cas ont été réalisées sur les effets de la production de gaz de schiste sur les animaux de ferme qui paissent à proximité. Par exemple, chez les animaux destinés à l'alimentation se trouvant à proximité de zones de forage et de production, on a relevé des problèmes reproductifs liés au brûlage à la torche et à l'exposition à l'eau contaminée d'étangs ou de ruisseaux ou à des eaux usées<sup>80</sup>. Au moment du suivi (soit après en moyenne deux ans), l'exposition au brûlage était toujours présente dans la plupart des cas; si les problèmes reproductifs avaient diminué, les troubles respiratoires et liés à la croissance avaient pour leur part augmenté. Outre leurs répercussions pour l'agriculture, les perturbations du comportement animal peuvent être un signe d'éventuels effets sur la santé des personnes exposées à la pollution découlant de la production de gaz de schiste.

La majorité des articles scientifiques au sujet des effets de la production de gaz de schiste sur les communautés avoisinantes rendent compte d'études effectuées aux États-Unis. Parmi les symptômes signalés par les travailleurs et les résidents habitant à proximité des sites de production de gaz de schiste, notons les maux de tête, l'irritation

du nez, des yeux et de la gorge, des symptômes respiratoires, des éruptions cutanées et de la fatigue, souvent en lien avec des odeurs<sup>81</sup>. Dans le cadre d'une enquête d'autoévaluation auprès de 108 résidents de 14 comtés de Pennsylvanie, 81 % des répondants ont signalé la présence d'odeurs, souvent liées à des symptômes, comme de la nausée, des étourdissements, des maux de tête, des difficultés respiratoires ou des problèmes d'oreilles, de nez ou de gorge<sup>82</sup>. Des enquêtes menées auprès d'échantillons de commodité (non aléatoires) ont révélé une forte prévalence de symptômes autodéclarés chez les citoyens inquiets, surtout ceux qui vivent près de centrales au gaz naturel<sup>80</sup>. Par exemple, dans un sondage réalisé sur une base volontaire auprès de résidents vivant près d'installations de production de nouveaux gaz de la région des schistes Marcellus, 59 effets sur la santé ont été déclarés, le stress étant le plus courant; les préoccupations de santé étaient en tête de liste parmi les 13 agents stressants perçus<sup>83</sup>.

Les conséquences néfastes sur la santé des résidents pourraient être attribuables à l'exposition aux émissions atmosphériques, aux contaminants de l'eau ou à des agents stressants psychosociaux, ou encore à une combinaison de ces facteurs. Dans le cadre d'une étude écologique récente, on a utilisé le code postal des patients pour comparer le taux de recours aux soins hospitaliers dans deux comtés où étaient déployées des activités de fracturation hydraulique à celui d'un comté où aucune activité de cet ordre n'avait lieu<sup>84</sup>. Afin de tenir compte des comparaisons multiples, un seuil de signification statistique rigoureux a été appliqué. Une corrélation a été établie entre le taux de prévalence de patients hospitalisés en cardiologie et en neurologie et le nombre de puits par km<sup>2</sup>; des recherches approfondies seront toutefois nécessaires pour déterminer la pertinence de ces résultats.

On compte à l'heure actuelle très peu d'études épidémiologiques portant sur les risques de santé publique associés à la production de nouveaux gaz naturels, partiellement en raison de la jeunesse relative de cette industrie et de la période de latence associée aux maladies chroniques comme le cancer. Une enquête transversale a été réalisée auprès d'un échantillon aléatoire de 492 résidents de 180 ménages puisant leur eau du sol à proximité de puits de fracturation hydraulique actifs dans les schistes Marcellus, en Pennsylvanie<sup>41</sup>. La probabilité de signaler un problème dermatologique ou des symptômes touchant les voies respiratoires supérieures était significativement plus élevée chez les personnes vivant à moins de 1 km d'un puits d'extraction que chez celles vivant à 2 km ou plus, même en tenant compte des différences relatives à l'âge, au sexe, au niveau d'instruction, au tabagisme, à la connaissance des risques environnementaux, au type de travail et à la présence d'animaux de compagnie. Aucun lien n'a toutefois été établi entre la proximité des puits et le signalement de problèmes neurologiques, cardiovasculaires ou gastro-intestinaux. Les auteurs avancent que les symptômes pourraient être attribuables à l'exposition aux polluants atmosphériques (provenant entre autres du brûlage et de moteurs diesel) ou à l'eau contaminée, ou encore aux effets du stress, mais des études approfondies seront nécessaires.

Les nourrissons et les enfants sont tout particulièrement vulnérables à l'exposition environnementale, puisqu'ils sont en pleine croissance et que leur développement n'est pas terminé. Une étude de couplage des dossiers effectuée au Colorado a mis en évidence un lien entre les résultats à la naissance et la proximité de la résidence de la mère à un site de production de gaz naturel. Dans un rayon de 10 milles (16 km) des puits, et aux endroits où les puits se trouvaient en grande concentration, on a établi une association positive statistiquement significative avec les cardiopathies congénitales, mais pas avec les fentes labio-palatines, ni avec les naissances prématurées ou le faible poids à la naissance<sup>85</sup>. Il a été évoqué que l'exposition au benzène et aux hydrocarbures aromatiques volatils serait en cause, mais cette exposition n'a jamais été mesurée. Une autre étude de cohorte rétrospective a examiné la croissance fœtale en fonction de la densité des puits près de la résidence de la mère en Pennsylvanie<sup>86</sup>. Les bébés des catégories les plus exposées avaient un plus faible poids à la naissance, et un plus grand nombre d'entre eux étaient petits pour l'âge gestationnel, mais ce groupe ne comptait pas plus de naissances prématurées que les autres. Parmi les polluants atmosphériques associés à la production de gaz de schiste qui pourraient être liés au faible poids à la naissance, notons les émanations de moteurs diesel, les métaux lourds, le benzène et d'autres COV. Une autre étude de couplage des données menée en Pennsylvanie a mis en lumière un lien entre les résultats de grossesse et les activités de prospection de nouveaux gaz en tenant compte de la distance de la résidence de la mère et de la production enregistrée pendant la grossesse<sup>87</sup>. Les chercheurs ont noté une augmentation des naissances prématurées (rapport des cotes : 1,4; IC à 95 % : 1,0-1,9) mais pas de la proportion de bébés petits pour l'âge gestationnel ou de faible poids à la naissance. Les résultats divergents des études sur la croissance fœtale viennent souligner le besoin d'approfondir le sujet et de mieux évaluer l'exposition

ainsi que de tenir compte des différences régionales dans l'étude des répercussions de la production de gaz de schiste sur la santé publique.

### **Lacunes dans les recherches et les connaissances sur les effets sur la communauté**

- On en sait très peu sur les caractéristiques toxicologiques des produits de l'industrie du gaz de schiste. On ignore également quel est l'effet combiné de l'exposition à plusieurs agents chimiques et physiques et de leurs interactions avec des éléments stressants sur le plan psychosocial<sup>88</sup>.
- Il faudrait mener des études préliminaires sur le bassin atmosphérique et la qualité de l'eau des régions potentiellement touchées afin de pouvoir surveiller les indicateurs de santé. Les données de référence ainsi générées permettraient également de se pencher sur diverses questions écologiques, notamment les espèces en péril ainsi que les habitats fauniques et les cours d'eau essentiels, et de repérer tout changement lié à l'exploitation des gaz de schiste.
- Il serait nécessaire de mener des études épidémiologiques qui intègrent l'évaluation quantitative de l'exposition dans la détermination du risque d'effets aigus et chroniques sur la santé des résidents vivant très près des sites de production de gaz de schiste. Des travaux seraient nécessaires, non seulement pour déterminer les liens existants, mais aussi pour reproduire les résultats et perfectionner les méthodologies. Les maladies chroniques, plus particulièrement les cancers, se manifestent après une période de latence suivant l'exposition initiale, de sorte qu'il est difficile d'évaluer le lien avec les expositions découlant d'une industrie relativement jeune.
- Il faudrait accorder une attention particulière aux facteurs de vulnérabilité sociaux, économiques, géographiques et individuels du groupe touché, par exemple en ce qui concerne les enfants et les femmes enceintes ainsi que les peuples autochtones.
- Il faudrait mener des études sur le plan de la santé au travail, car les employés prenant part à l'exploration et à la production de gaz de schiste sont susceptibles de subir une exposition aiguë à des substances toxiques<sup>88</sup>.
- Il n'existe pour le moment aucune méthode normalisée pour mesurer les répercussions sociales ni pour mettre en œuvre des approches de prévention et d'atténuation de ces effets<sup>89</sup>.

### **Autres effets sur la communauté – Récapitulatif**

Une des particularités de la production de gaz de schiste par rapport à la production pétrolière et gazière classique est le grand nombre de puits et la grande quantité d'infrastructures nécessaires à la fracturation hydraulique à plusieurs étapes. En plus des éventuels risques associés à une diminution de la qualité de l'air et à la contamination des sources d'eau potable, les résidents habitant près d'installations de production de gaz de schiste pourraient être exposés à un stress psychosocial et à des problèmes de santé découlant de leur exposition à une circulation routière et à un bruit accru, de même qu'à des problèmes socioéconomiques causés par l'« effet champignon » de l'arrivée de travailleurs venus d'ailleurs. Jusqu'à présent, peu d'études épidémiologiques se sont penchées sur les risques d'effets nocifs sur la santé des résidents exposés aux contaminants issus des activités de production de gaz de schiste.

## **Conclusion**

À l'heure actuelle, les craintes sur le plan de la santé publique liées à la production de gaz de schiste et à la fracturation hydraulique reposent principalement sur des risques plausibles plutôt que sur des données probantes. Les données scientifiques sur les risques de santé publique associés aux gaz de schiste évoluent rapidement. En outre, les risques d'effets indésirables sur la santé des résidents habitant à proximité des puits de forage varient considérablement et dépendent en bonne partie du degré d'exposition à des agents physiques (bruit, matières et gaz radioactifs, activité sismique) et à des contaminants chimiques (liquide de fracturation, méthane). Un certain nombre de facteurs pourrait influencer sur l'exposition à ces éléments :



- *Proximité des communautés* – exposition à des produits toxiques dans l'eau et l'air, intrusion physique (bruit, routes) et risque de perturbation socioéconomique par la main-d'œuvre passagère.
- *Considérations géologiques* – caractéristiques du schiste, notamment l'âge, la composition minéralogique et l'épaisseur, qui déterminent le procédé d'extraction (produits chimiques utilisés) et les risques sismiques associés aux failles;
- *Intensité de la production* – importance des infrastructures, notamment le nombre de puits par plateforme, qui augmente le risque de contamination de l'eau et de l'air (y compris par les émissions des camions).

Habituellement, les effets aigus liés aux agents physiques et chimiques toxiques émanant de la production de gaz de schiste suscitent surtout des craintes pour la santé des travailleurs. Les inquiétudes pour la santé des résidents sont plutôt associées à des problèmes chroniques (cancer, etc.) pouvant découler d'une exposition faible, mais prolongée à des contaminants atmosphériques comme le benzène et les COV ou à la présence de radionucléides dans l'eau potable. D'autres agents, comme le bruit et l'effet « champignon » associé à la présence passagère de travailleurs, pourraient venir exacerber le stress psychosocial. Par ailleurs, d'après de nouvelles données sur l'activité sismique induite associée à la production de gaz de schiste, notamment l'injection d'eaux usées en puits profonds, certaines communautés avoisinantes risqueraient de subir des dommages en cas de tremblement de terre. Comme l'industrie des gaz de schiste est relativement jeune, il est encore difficile d'entreprendre des études épidémiologiques de qualité (plus poussées que des sondages) établissant un lien entre l'exposition mesurée et les effets indésirables pour la santé. Les données disponibles ne lient les résultats négatifs à la naissance qu'aux cas où les mères vivaient très près des activités de production de nouveaux gaz. Des recherches approfondies devront être entreprises, notamment des études épidémiologiques, afin que soit établi avec certitude le lien entre exposition mesurée et effets sur la santé en ce qui concerne la fracturation hydraulique ainsi que toutes les étapes de la production de gaz de schiste.

Pour le moment, on ne sait pas exactement dans quelle mesure les risques pour la santé publique évoqués sont des conséquences inévitables de la fracturation hydraulique et de la production de gaz de schiste au Canada. Bon nombre d'articles évalués par des pairs portent sur l'exposition potentielle dans des agglomérations américaines situées très près des sites de forage. Actuellement, la majeure partie de la production canadienne a lieu dans des zones rurales relativement peu peuplées. Une éventuelle contamination du bassin d'eau ou d'air serait toutefois susceptible de se propager. Il est donc essentiel de surveiller en continu la qualité de l'air et de l'eau et l'activité sismique près des sites actuels et futurs de production de gaz de schiste afin de protéger la santé publique.

## Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier pour leur contribution les personnes suivantes : Michele Wiens, spécialiste de l'information au CCNSE, qui a effectué des recherches documentaires et fourni des références, et Merry Turtiak, M.Sc., Catherine Donovan, M.D., Roy Purssell, M.D., Emily Peterson, M.H.P., et Lydia Ma, Ph.D., qui ont examiné les documents. Ce projet s'appuie sur des travaux du CCNSE entrepris par Luisa Giles, Ph.D.

## Références

1. Canadian Water Network, Goss G (lead researcher). Water and hydraulic fracturing report. Waterloo, ON: Canadian Water Network; 2015. Available from: <http://www.cwn-rce.ca/focus-areas/energy-and-resources/water-and-hydraulic-fracturing-report>.
2. McCoy D, Saunders P. Health and fracking. The impacts & opportunity costs. London, UK: Medact; 2015. Available from: [http://www.medact.org/wp-content/uploads/2015/03/medact\\_fracking-report\\_WEB3.pdf](http://www.medact.org/wp-content/uploads/2015/03/medact_fracking-report_WEB3.pdf).
3. Rivard C, Lavoie D, Lefebvre R, Séjourné S, Lamontagne C, Duchesne M. An overview of Canadian shale gas production and environmental concerns. Int J Coal Geol. 2014. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166516213002711>.



4. Lampe DJ, Stolz JF. Current perspectives on unconventional shale gas extraction in the Appalachian Basin. *J Environ Sci Health Part A Tox Hazard Subst Environ Eng.* 2015;50(5):434-46. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/10934529.2015.992653>.
5. U.S. Geological Survey. Energy multimedia gallery: hydraulic fracturing ("fracking") /unconventional oil & gas. Reston, VA: USGS; 2014 May 2. Available from: <http://energy.usgs.gov/Portals/0/EasyGalleryImages/12/95/DSCN040118287.JPG>.
6. Council of Canadian Academies. Environmental impacts of shale gas extraction in Canada. Ottawa, ON: The Expert Panel on Harnessing Science and Technology to Understand the Environmental Impacts of Shale Gas Extraction, Council of Canadian Academies; 2014. Available from: [http://www.scienceadvice.ca/uploads/eng/assessments%20and%20publications%20and%20news%20releases/shale%20gas/shalegas\\_fullreporten.pdf](http://www.scienceadvice.ca/uploads/eng/assessments%20and%20publications%20and%20news%20releases/shale%20gas/shalegas_fullreporten.pdf).
7. Kuwayama Y, Olmstead S, Krupnick A. Water quality and quantity impacts of hydraulic fracturing. *Curr Sustain/Renewa Energy Rep.* 2015;2(1):17-24.
8. Werner AK, Vink S, Watt K, Jagals P. Environmental health impacts of unconventional natural gas development: a review of the current strength of evidence. *Sci Total Environ.* 2015 Feb 1;505:1127-41. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25461113>.
9. U.S. Environmental Protection Agency. EPA's study of hydraulic fracturing and its potential impact on drinking water resources. Figure of the stages of the hydraulic fracturing water cycle. Washington, DC: EPA; 2015 [updated Jun 1]; Available from: <http://www2.epa.gov/hfstudy/hydraulic-fracturing-water-cycle>.
10. Papoulias DM, Velasco AL. Histopathological analysis of fish from Acorn Fork Creek, Kentucky exposed to hydraulic fracturing fluid releases. *Southeast Nat.* 2013;12(4). Available from: <http://pubs.er.usgs.gov/publication/70047892>.
11. Gross SA, Avens HJ, Banducci AM, Sahmel J, Panko JM, Tvermoes BE. Analysis of BTEX groundwater concentrations from surface spills associated with hydraulic fracturing operations. *J Air Waste Manag Assoc.* 2013 Apr;63(4):424-32. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23687727>.
12. Hammack R, Harbert W, Sharma S, Stewart B, Capo R, Wall A, et al. An evaluation of fracture growth and gas/fluid migration as horizontal Marcellus shale gas wells are hydraulically fractured in Greene County, Pennsylvania. Pittsburgh, PA: U.S. Department of Energy, National Energy Technology Laboratory; 2014 Sep. Available from: [http://www.netl.doe.gov/File%20Library/Research/onsite%20research/publications/NETL-TRS-3-2014\\_Greene-County-Site\\_20140915\\_1\\_1.pdf](http://www.netl.doe.gov/File%20Library/Research/onsite%20research/publications/NETL-TRS-3-2014_Greene-County-Site_20140915_1_1.pdf).
13. Dusseault MB, Jackson RE, Macdonald D. Towards a road map for mitigating the rates and occurrences of long-term wellbore leakage. Waterloo, ON: University of Waterloo; 2014 May. Available from: [http://www.geofirma.com/Links/Wellbore\\_Leakage\\_Study%20compressed.pdf](http://www.geofirma.com/Links/Wellbore_Leakage_Study%20compressed.pdf).
14. Ingraffea AR, Wells MT, Santoro RL, Shonkoff SB. Assessment and risk analysis of casing and cement impairment in oil and gas wells in Pennsylvania, 2000-2012. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2014 Jul 29;111(30):10955-60. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24982144>.
15. Davies RJ, Almond S, Ward RS, Jackson RB, Adams C, Worrall F, et al. Oil and gas wells and their integrity: implications for shale and unconventional resource exploitation. *Marine Petrol Geol.* 2014;56:239-54. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264817214000609>.
16. Alley B, Beebe A, Rodgers J, Jr., Castle JW. Chemical and physical characterization of produced waters from conventional and unconventional fossil fuel resources. *Chemosphere.* 2011 Sep;85(1):74-82. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21680012>.
17. Vidic RD, Brantley SL, Vandenbossche JM, Yoxtheimer D, Abad JD. Impact of shale gas development on regional water quality. *Science.* 2013 May 17;340(6134):1235009. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23687049>.
18. Warner NR, Christie CA, Jackson RB, Vengosh A. Impacts of shale gas wastewater disposal on water quality in western Pennsylvania. *Environ Sci Technol.* 2013 Oct 15;47(20):11849-57. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24087919>.

19. Jackson RB, Vengosh A, Darrah TH, Warner NR, Down A, Poreda RJ, et al. Increased stray gas abundance in a subset of drinking water wells near Marcellus shale gas extraction. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2013 Jul 9;110(28):11250-5. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23798404>.
20. Osborn SG, Vengosh A, Warner NR, Jackson RB. Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2011 May 9. Available from: <http://www.pnas.org/content/early/2011/05/02/1100682108.abstract>.
21. Fontenot BE, Hunt LR, Hildenbrand ZL, Carlton DD, Jr., Oka H, Walton JL, et al. An evaluation of water quality in private drinking water wells near natural gas extraction sites in the Barnett Shale formation. *Environ Sci Technol*. 2013 Sep 3;47(17):10032-40. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23885945>.
22. Kassotis CD, Tillitt DE, Davis JW, Hormann AM, Nagel SC. Estrogen and androgen receptor activities of hydraulic fracturing chemicals and surface and ground water in a drilling-dense region. *Endocrinology*. 2014 Mar;155(3):897-907. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24424034>.
23. Alawattegama SK, Kondratyuk T, Krynock R, Bricker M, Rutter JK, Bain DJ, et al. Well water contamination in a rural community in southwestern Pennsylvania near unconventional shale gas extraction. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng*. 2015;50(5):516-28. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25734827>.
24. U.S. Environmental Protection Agency. Assessment of the potential impacts of hydraulic fracturing for oil and gas on drinking water resources (external review draft). Washington, DC: U.S. EPA; 2015 Jun. Available from: <http://cfpub.epa.gov/ncea/hfstudy/recordisplay.cfm?deid=244651>.
25. Baker T. Natural gas: Flickr; 2005. Available from: <https://www.flickr.com/photos/todbaker/9148692/>.
26. Brown DR, Lewis C, Weinberger BI. Human exposure to unconventional natural gas development: a public health demonstration of periodic high exposure to chemical mixtures in ambient air. *J Environ Sci Health Part A Tox Hazard Subst Environ Eng*. 2015;50(5):460-72. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/10934529.2015.992663>.
27. Goldstein BD, Brooks BW, Cohen SD, Gates AE, Honeycutt ME, Morris JB, et al. The role of toxicological science in meeting the challenges and opportunities of hydraulic fracturing. *Toxicol Sci*. 2014 Jun;139(2):271-83. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24706166>.
28. U.S. Centers for Disease Control and Prevention. Air pollutants. Atlanta, GA: CDC; 2010 [updated 24 Nov 2014; cited 2016 Jan 12]; Available from: <http://www.cdc.gov/air/pollutants.htm>.
29. Field RA, Soltis J, Murphy S. Air quality concerns of unconventional oil and natural gas production. *Environ Sci Process Impacts*. 2014;16(5):954-69. Available from: <http://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleLanding/2014/EM/C4EM00081A#!divAbstract>.
30. Moore CW, Zielinska B, Petron G, Jackson RB. Air impacts of increased natural gas acquisition, processing, and use: a critical review. *Environ Sci Technol*. 2014 Aug 5;48(15):8349-59. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24588259>.
31. Hays J, Law A. Public health concerns of shale gas development. Washington, DC: Physicians For Social Responsibility; 2012. Available from: <http://www.psr.org/environment-and-health/environmental-health-policy-institute/responses/public-health-concerns-of-shale-gas-development.html>.
32. Howarth R, Santoro R, Ingraffea A. Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations. *Climatic Change*. 2011;106(4):679-90. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s10584-011-0061-5>.
33. Eapi GR, Sabnis MS, Sattler ML. Mobile measurement of methane and hydrogen sulfide at natural gas production site fence lines in the Texas Barnett Shale. *J Air Waste Manag Assoc*. 2014;64(8):927-44. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/10962247.2014.907098>.
34. Burkhart J, Huber T, Bolling G. Potential radon release during fracking in Colorado. In: Burkhart JF, Brodhead W, George A, Hodgden G, Jenkins P, Moorman L, et al., editors. *Proceedings of the 2013 International AARST Symposium*; Sep 22-25; Springfield, IL: American Association of Radon Scientists and Technologists; 2013. p. 22-9. Available from:

[http://www.aarst.org/proceedings/2013/PROCEEDINGS\\_OF\\_THE\\_2013\\_INTERNATIONAL\\_AARST\\_SYMPOSIUM.pdf](http://www.aarst.org/proceedings/2013/PROCEEDINGS_OF_THE_2013_INTERNATIONAL_AARST_SYMPOSIUM.pdf).

35. Bunch AG, Perry CS, Abraham L, Wikoff DS, Tachovsky JA, Hixon JG, et al. Evaluation of impact of shale gas operations in the Barnett Shale region on volatile organic compounds in air and potential human health risks. *Sci Total Environ*. 2014 Jan 15;468-469:832-42. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24076504>.
36. Allen DT. Atmospheric emissions and air quality impacts from natural gas production and use. *Annu Rev Chem Biomol Eng*. 2014;5:55-75. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24498952>.
37. Pacsi AP, Kimura Y, McGaughey G, McDonald-Buller EC, Allen DT. Regional ozone impacts of increased natural gas use in the Texas power sector and development in the Eagle Ford Shale. *Environ Sci Tech*. 2015;49(6):3966-73. Available from: <http://dx.doi.org/10.1021/es5055012>.
38. Helmig D, Thompson CR, Evans J, Boylan P, Hueber J, Park JH. Highly elevated atmospheric levels of volatile organic compounds in the Uintah Basin, Utah. *Environ Sci Tech*. 2014;48(9):4707-15. Available from: <http://dx.doi.org/10.1021/es405046r>.
39. Baker MB. Drilling bill revised to address concern from cities. *Star-Telegram*. 2015 Mar 30. Available from: <http://www.star-telegram.com/news/business/barnett-shale/article16919810.html>.
40. Leung DY. Outdoor-indoor air pollution in urban environment: challenges and opportunity. *Front Environ Sci*. 2015 Jan;2. Available from: [http://www.frontiersin.org/Journal/Abstract.aspx?s=1478&name=air\\_pollution&ART\\_DOI=10.3389/fenvs.2014.00069](http://www.frontiersin.org/Journal/Abstract.aspx?s=1478&name=air_pollution&ART_DOI=10.3389/fenvs.2014.00069).
41. Rabinowitz PM, Slizovskiy IB, Lamers V, Trufan SJ, Holford TR, Dziura JD, et al. Proximity to natural gas wells and reported health status: results of a household survey in Washington County, Pennsylvania. *Environ Health Perspect*. 2015 Jan;123(1):21-6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25204871>.
42. McKenzie LM, Witter RZ, Newman LS, Adgate JL. Human health risk assessment of air emissions from development of unconventional natural gas resources. *Sci Total Environ*. 2012;424:79-87. Available from: <http://cogcc.state.co.us/library/setbackstakeholdergroup/Presentations/Health%20Risk%20Assessment%20of%20Air%20Emissions%20From%20Unconventional%20Natural%20Gas%20-%20HMcKenzie2012.pdf>.
43. Rich A, Grover JP, Sattler ML. An exploratory study of air emissions associated with shale gas development and production in the Barnett Shale. *J Air Waste Manag Assoc*. 2013 2014/01/02;64(1):61-72. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/10962247.2013.832713>.
44. Macey GP, Breech R, Chernaik M, Cox C, Larson D, Thomas D, et al. Air concentrations of volatile compounds near oil and gas production: a community-based exploratory study. *Environ Health*. 2014;13:82. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25355625>.
45. Colborn T, Schultz K, Herrick L, Kwiatkowski C. An exploratory study of air quality near natural gas operations. *Hum Ecol Risk Assess*. 2012;20(1):86-105. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/10807039.2012.749447>.
46. Casey JA, Ogburn EL, Rasmussen SG, Irving JK, Pollak J, Locke PA, et al. Predictors of indoor radon concentrations in Pennsylvania, 1989-2013. *Environ Health Perspect*. 2015 Apr 9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25856050>.
47. Rowan EL. Radon-222 Content of natural gas samples from Upper and Middle Devonian sandstone and shale reservoirs in Pennsylvania—Preliminary data. Reston, VA: U.S. Geological Survey; 2012. Available from: <http://pubs.usgs.gov/of/2012/1159>.
48. Atkinson G, Assatourians K, Cheadle B, Greig W. Ground motions from three recent earthquakes in Western Alberta and Northeastern British Columbia and their implications for induced-seismicity hazard in eastern regions. *Seismol Res Lett*. 2015 Apr. Available from: <http://srl.geoscienceworld.org/content/early/2015/03/30/0220140195.abstract>.
49. Eaton DW, Rubinstein JL. Preface to the focus section on injection-induced seismicity. *Seismol Res Lett*. 2015 Jul;86(4):1058-9. Available from: <http://srl.geoscienceworld.org/content/86/4/1058.short>.

50. Alberta Energy Regulator. Seismicity in Alberta. Calgary, AB: AER; [cited 2015 Jul 19]; Available from: <https://www.aer.ca/about-aer/spotlight-on/seismicity-in-alberta>.
51. UPSeis. Earthquake magnitude scale. Houghton, MI: Michigan Technological University; [cited 2015 Jul 21]; Available from: <http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/magnitude.html>.
52. Ellsworth WL. Injection-induced earthquakes. *Science*. 2013 Jul 12;341(6142). Available from: <http://www.sciencemag.org/content/341/6142/1225942.abstract>.
53. Farahbod AM, Kao H, Cassidy JF, Walker D. How did hydraulic-fracturing operations in the Horn River Basin change seismicity patterns in northeastern British Columbia, Canada? *The Leading Edge*. 2015;34(6):658-63. Available from: <http://tle.geoscienceworld.org/content/34/6/658.abstract>.
54. British Columbia Oil and Gas Commission. August seismic event determination [Industry bulletin]. Victoria, BC: BC Oil and Gas Commission; 2015 Dec 15. Available from: <http://www.bcogc.ca/node/8233/download>.
55. British Columbia Oil and Gas Commission. Defining induced seismicity. Victoria, BC: BC Oil and Gas Commission; 2015 Nov. Available from: <http://www.bcogc.ca/node/12925/download>.
56. Alberta Energy Regulator. Subsurface order no. 2: Monitoring and reporting of seismicity in the vicinity of hydraulic fracturing operations in the Duvernay Zone, Fox Creek, Alberta. Calgary, AB: AER; 2015 Feb 19. Available from: <https://www.aer.ca/documents/bulletins/Bulletin-2015-07.pdf>.
57. Rubinstein JL, Mahani AB. Myths and facts on wastewater injection, hydraulic fracturing, enhanced oil recovery, and induced seismicity. *Seismol Res Lett*. 2015 Jul/Aug;86(4):1-8. Available from: [https://profile.usgs.gov/myscience/upload\\_folder/ci2015Jun1012005755600Induced\\_EQs\\_Review.pdf](https://profile.usgs.gov/myscience/upload_folder/ci2015Jun1012005755600Induced_EQs_Review.pdf).
58. Weingarten M, Ge S, Godt JW, Bekins BA, Rubinstein JL. High-rate injection is associated with the increase in U.S. mid-continent seismicity. *Science*. 2015 Jun;348(6241):1336-40. Available from: [https://profile.usgs.gov/myscience/upload\\_folder/ci2015Jun1814143055600Weingarten\\_etal.pdf](https://profile.usgs.gov/myscience/upload_folder/ci2015Jun1814143055600Weingarten_etal.pdf).
59. Folger P, Tiemann M. Human-induced earthquakes from deep-well injection: a brief overview. Washington, DC: Congressional Research Service; 2015 May. Available from: <https://www.fas.org/sgp/crs/misc/R43836.pdf>.
60. Horton S. Disposal of hydrofracking waste fluid by injection into subsurface aquifers triggers earthquake swarm in central Arkansas with potential for damaging earthquake. *Seismol Res Lett*. 2012 Mar/Apr;83(2):250-60. Available from: [http://yosemite.epa.gov/oa/eab\\_web\\_docket.nsf/Attachments%20By%20ParentFilingId/8D96B3596E81A7A285257DE30050EE10/\\$FILE/T%20Arkansas%20EQ%20article.pdf](http://yosemite.epa.gov/oa/eab_web_docket.nsf/Attachments%20By%20ParentFilingId/8D96B3596E81A7A285257DE30050EE10/$FILE/T%20Arkansas%20EQ%20article.pdf).
61. Schultz R, Stern V, Gu YJ. An investigation of seismicity clustered near the Cordel Field, west central Alberta, and its relation to a nearby disposal well. *J Geophys Res: Solid Earth*. 2014;119(4):3410-23. Available from: <http://dx.doi.org/10.1002/2013JB010836>.
62. U.S. Geological Survey. Earthquakes induced by fluid injection FAQs. Reston, VA: USGS; [updated 2015 Aug 19; cited 2015 Oct 15]; Available from: <http://www.usgs.gov/faq/categories/9833/3418>.
63. Farahbod AM, Kao H, Walker DM, Cassidy JF. Investigation of regional seismicity before and after hydraulic fracturing in the Horn River Basin, northeast British Columbia. *Can J Earth Sci*. 2015 Feb;52(2):112-22. Available from: <http://dx.doi.org/10.1139/cjes-2014-0162>.
64. Kao H. Natural Resources Canada's induced seismicity research Geological Survey of Canada (presentation). Ottawa, ON: Natural Resources Canada; 2015. Available from: <http://www.seismo.ethz.ch/research/groups/schatzalp/Download/Kao.pdf>.
65. U.S. Geological Survey. Record number of Oklahoma tremors raises possibility of damaging earthquakes. Reston, VA: USGS; 2014 May 2. Available from: [http://earthquake.usgs.gov/contactus/golden/newsrelease\\_05022014.php](http://earthquake.usgs.gov/contactus/golden/newsrelease_05022014.php).
66. Frohlich C, Hayward C, Stump B, Potter E. The Dallas–Fort Worth earthquake sequence: October 2008 through May 2009. *Bull Seismol Society Amer*. 2011 Feb;101(1):327–40. Available from: [https://scits.stanford.edu/sites/default/files/327.full\\_1.pdf](https://scits.stanford.edu/sites/default/files/327.full_1.pdf).



67. Wald ML. Now Arriving at Pittsburgh International: fracking. New York Times. 2014 Aug 11. Available from: [http://www.nytimes.com/2014/08/12/business/energy-environment/frackers-trove-under-airport-in-pittsburgh.html?\\_r=1](http://www.nytimes.com/2014/08/12/business/energy-environment/frackers-trove-under-airport-in-pittsburgh.html?_r=1).
68. Keranen KM, Weingarten M, Abers GA, Bekins BA, Ge S. Induced earthquakes. Sharp increase in central Oklahoma seismicity since 2008 induced by massive wastewater injection. *Science*. 2014 Jul 25;345(6195):448-51. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24993347>.
69. Taylor O, Lee T, III, Lester A. Hazard and risk potential of unconventional hydrocarbon development-induced seismicity within the Central United States. *Nat Hazards Rev*. 2015;16(4):04015008. Available from: <http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29NH.1527-6996.0000178>.
70. Naghii MR. Public health impact and medical consequences of earthquakes. *Rev Panam Salud Publica*. 2005 Sep;18(3):216-21. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16269124>.
71. Attfield KR, Dobson CB, Henn JB, Acosta M, Smorodinsky S, Wilken JA, et al. Injuries and traumatic psychological exposures associated with the South Napa Earthquake — California, 2014. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2015 Sep;64(35):975-8. Available from: <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm6435a4.htm>.
72. Wheeler D, MacGregor M, Atherton F, Christmas K, Dalton S, Dusseault M, et al. Hydraulic fracturing – Integrating public participation with an independent review of the risks and benefits. *Energy Policy*. 2015;85:299-308. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421515002268>.
73. Witter RZ, McKenzie L, Stinson KE, Scott K, Newman LS, Adgate J. The use of health impact assessment for a community undergoing natural gas development. *Am J Public Health*. 2013 Jun;103(6):1002-10. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23597363>.
74. Henry T. Northeast debates benefits and dangers of hydrofracking. Figure - Shale gas trucks carrying water in a hydraulic fracturing site. Houston, TX: National Public Radio; 2012 Aug 23. Available from: <https://stateimpact.npr.org/texas/2012/08/23/what-texas-can-do-about-roads-damaged-by-drilling/northeast-debates-benefits-and-dangers-of-hydrofracking-2/>.
75. Stansfeld SA, Matheson MP. Noise pollution: non-auditory effects on health. *Br Med Bull*. 2003;68:243-57. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14757721>.
76. Small MJ, Stern PC, Bomberg E, Christopherson SM, Goldstein BD, Israel AL, et al. Risks and risk governance in unconventional shale gas development. *Environ Sci Tech*. 2014. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24983403>.
77. Doubek J. Fracking the Bakken keeping American energy independent: Wikimedia Commons; 2011. Available from: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fracking\\_the\\_Bakken\\_keeping\\_American\\_energy\\_independent.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fracking_the_Bakken_keeping_American_energy_independent.JPG).
78. Powers M, Saberi P, Pepino R, Strupp E, Bugos E, Cannuscio CC. Popular epidemiology and "fracking": citizens' concerns regarding the economic, environmental, health and social impacts of unconventional natural gas drilling operations. *J Community Health*. 2015 Jun;40(3):534-41. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25392053>.
79. Boudet H, Clarke C, Bugden D, Maibach E, Roser-Renouf C, Leiserowitz A. "Fracking" controversy and communication: Using national survey data to understand public perceptions of hydraulic fracturing. *Energy Policy*. 2014;65:57-67. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421513010392>.
80. Bamberger M, Oswald RE. Long-term impacts of unconventional drilling operations on human and animal health. *J Environ Sci Health Part A Tox Hazard Subst Environ Eng*. 2015 2015/04/16;50(5):447-59. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/10934529.2015.992655>.
81. Rafferty MA, Limonik E. Is shale gas drilling an energy solution or public health crisis? *Public Health Nurs*. 2013;30(5):454-62. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/phn.12036>.
82. Steinzor N, Subra W, Sumi L. Investigating links between shale gas development and health impacts through a community survey project in Pennsylvania. *New Solut*. 2013;23(1):55-83. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23552648>.

83. Ferrar KJ, Kriesky J, Christen CL, Marshall LP, Malone SL, Sharma RK, et al. Assessment and longitudinal analysis of health impacts and stressors perceived to result from unconventional shale gas development in the Marcellus Shale region. *Int J Occup Environ Health*. 2013 Apr-Jun;19(2):104-12. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23684268>.
84. Jemielita T, Gerton GL, Neidell M, Chillrud S, Yan B, Stute M, et al. Unconventional gas and oil drilling is associated with increased hospital utilization rates. *PLoS ONE*. 2015;10(7):e0131093. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26176544>.
85. McKenzie LM, Guo R, Witter RZ, Savitz DA, Newman LS, Adgate JL. Birth outcomes and maternal residential proximity to natural gas development in Rural Colorado. *Environ Health Perspect*. 2014 Jan 28. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24474681>.
86. Stacy SL, Brink LL, Larkin JC, Sadvovsky Y, Goldstein BD, Pitt BR, et al. Perinatal outcomes and unconventional natural gas operations in Southwest Pennsylvania. *PLoS ONE*. 2015 Jun;10(6). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4454655/>.
87. Casey JA, Savitz DA, Rasmussen SG, Ogburn EL, Pollak J, Mercer DG, et al. Unconventional natural gas development and birth outcomes in Pennsylvania, USA. *Epidemiology*. 2015 Sep 30. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26426945>.
88. Shonkoff SB, Hays J, Finkel ML. Environmental public health dimensions of shale and tight gas development. *Environ Health Perspect*. 2014. Available from: <http://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/advpub/2014/4/ehp.1307866.pdf>.
89. Office of the Chief Medical Officer of Health (OCMOH). Chief Medical Officer of Health's recommendations concerning shale gas development in New Brunswick. Fredericton, NB: New Brunswick Department of Health; 2012 Sept. Available from: [http://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/h-s/pdf/en/HealthyEnvironments/Recommendations\\_ShaleGasDevelopment.pdf](http://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/h-s/pdf/en/HealthyEnvironments/Recommendations_ShaleGasDevelopment.pdf).



Le présent document a été produit en janvier 2016 par le Centre de collaboration nationale en santé environnementale, basé au Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique.

Il est permis de reproduire le présent document en entier seulement.

*La production de ce document a été rendue possible grâce à une contribution financière provenant de l'Agence de la santé publique du Canada par l'intermédiaire du Centre de collaboration nationale en santé environnementale.*

Photographies : JamesReillyWilson; sous licence de iStockphoto

ISBN : 978-1-988234-01-4

© Centre de collaboration nationale en santé environnementale, 2016.

200 – 601 West Broadway  
Vancouver, BC V5Z 4C2

tél. : 604-829-2551  
[contact@ccnse.ca](mailto:contact@ccnse.ca)



National Collaborating Centre  
for Environmental Health

---

Centre de collaboration nationale  
en santé environnementale

Pour nous faire part de vos commentaires sur ce document : <http://www.ccnse.ca/forms/commentaires>.