

Considérations de santé publique en lien avec les activités du gaz de schiste: contamination de l'eau, de l'air et risques technologiques

Gaétan Carrier, ing., Ph.D., médecin conseil, Unité Santé et environnement,
INSPQ

Audrey Smargiassi, Ph.D. Santé au travail et santé environnement, Université de
Montréal

Rollande Allard, médecin conseil, Unité Santé et environnement, INSPQ

Présentation au BABE sur les enjeux liés à l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste
dans le shale d'Utica des basses-terres du Saint-Laurent, 3 avril, 2014

État des connaissances sur la relation entre les activités liées au gaz de schiste et la santé publique, MISE À JOUR. INSPQ septembre 2013

- Auteurs

- *Coordination scientifique*: Geneviève Brisson, Christiane Thibault, Marie-Christine Gervais
- *Air*: Audrey Smargiassi, Rémi Labelle
- *Eau*: Céline Campagna, Gaétan Carrier, Patrick Poulin, Patrick Levallois, Pierre Chevalier
- *Qualité de vie*: Emmanuelle Bouchard-Bastien

H₂O

Recension 2013

- Le risque de contamination des réserves d'eau potable relié aux activités d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste, était source de préoccupation pour la santé publique à long terme.
- Contaminants impliqués
 - Substances provenant des formations shales: méthane, saumures, métaux, substances radioactives, etc.
 - Fluides de fracturation.

H₂O

Résultats de la recension 2013

- Plusieurs enquêtes portant sur la contamination de l'eau potable de source souterraine réalisées suite à des accidents ou à des plaintes de citoyens.

Dans plusieurs cas, le lien entre la contamination des eaux souterraines et les installations associées à l'industrie gazière ont été confirmés, ex:

- ATSDR, 2011 (rupture de tête de puits durant la fracturation);
- DiGiolio *et al.*, 2011 (contamination de puits résidentiels par fluides de fracturation à Pavillon, WY).
- Contamination par les puits de forage abandonnés
- Études de contamination systémique de la nappe phréatique et puits d'eau privés par diverses substances chimiques
 - Osborn *et al.*, 2011; Jackson *et al.*, 2013

H₂O

Hypothèses de l'origine de la contamination

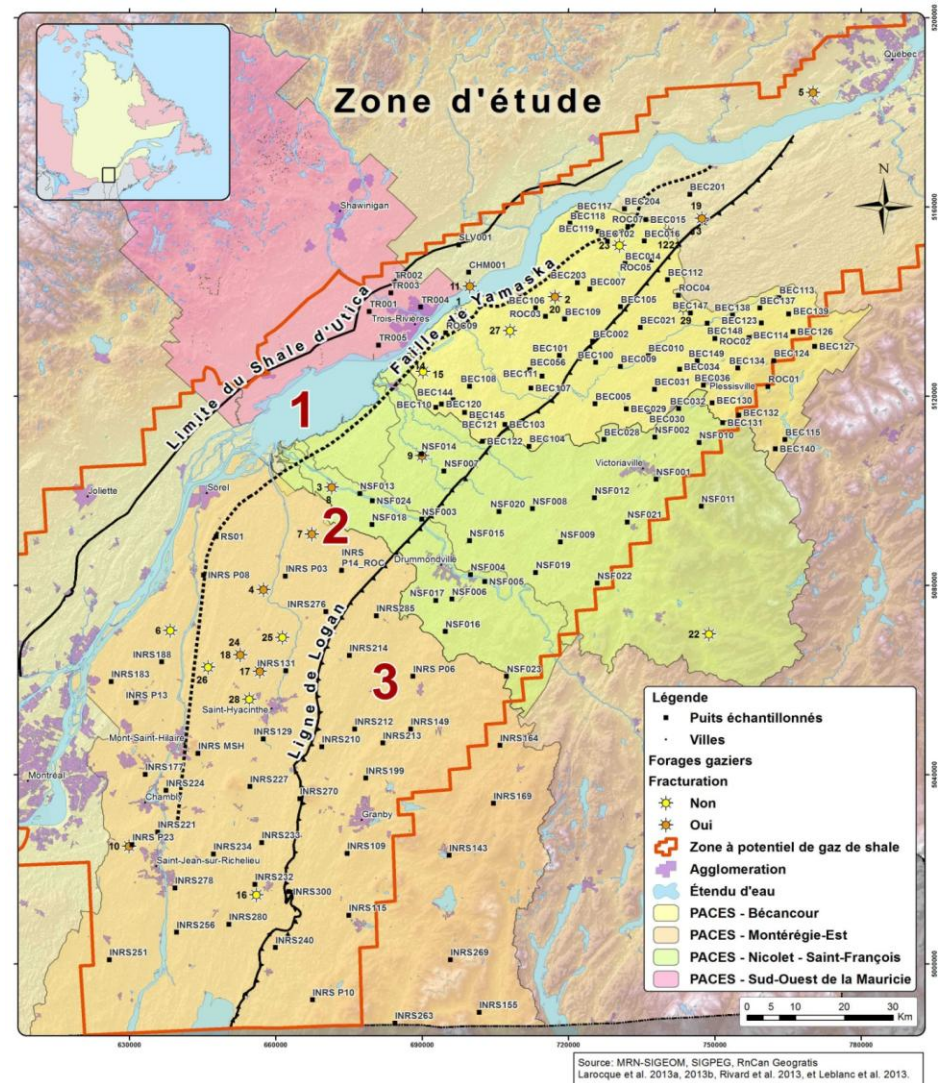
- Altération de l'intégrité des installations: défauts ou détérioration dans le coffrage de ciment.
(DiGiolio *et al.*, 2011; ATSDR, 2011; Osborn *et al.*, 2011; Jackson *et al.*, 2013).
- Migration accélérée des contaminants contenus dans la roche-mère vers la surface à travers des failles ou fissures naturelles ou causées ou accentuées par la fracturation hydraulique.
(Osborn *et al.*, 2011; Jackson *et al.*, 2013; Rozell et Reaven, 2012; Hunt *et al.*, 2012; Warner *et al.*, 2012; Mayer, 2012).

Etude E3-9: Concentrations, sources et mécanismes de migration préférentielle des gaz d'origine naturelle (méthane, helium, radon) dans les eaux souterraines des Basses-Terres du Saint-Laurent. Pinti et al., (2013)

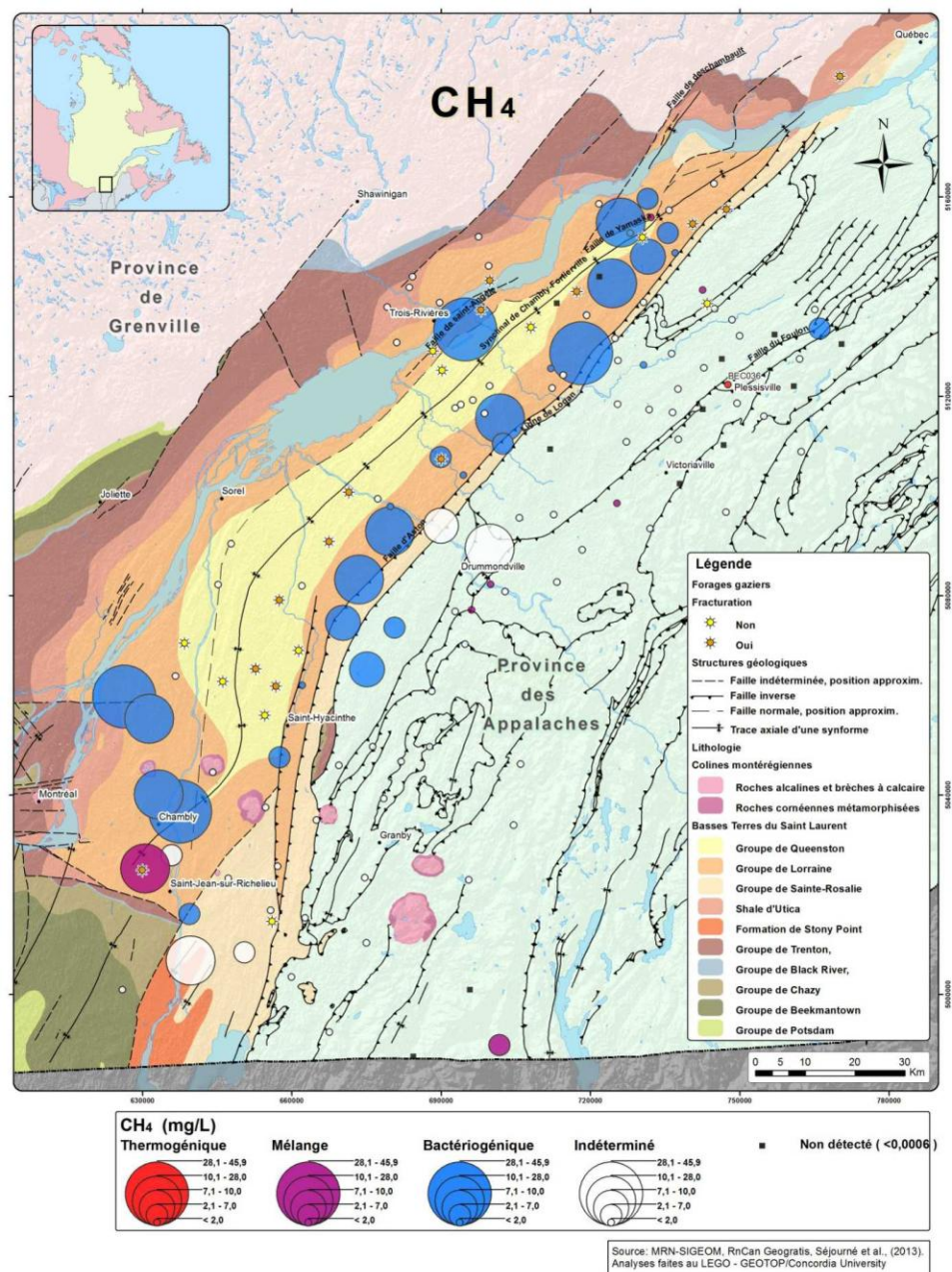
130 puits H₂O résidentiels, d'observation ou municipaux ont été échantillonnés

Sur ces 130 puits échantillonnés, 18 ont des concentrations de méthane supérieures à 7 mg/L

N.B: Cette étude québécoise sera utilisée à des fins de comparaison pour vérifier si les observations des auteurs de cette étude confirment/infirment les hypothèses de l'origine de la contamination émises par les divers auteurs cités dans la diapositive précédente.



Carte 1. Localisation des puits d'alimentation en eau potable échantillonnés. En fond de carte sont représentées les régions des différents programmes PACES réalisés ou en cours de réalisation. Les trois couloirs d'explorations sont aussi représentés (tiré de l'étude E3-9)



- Une certaine tendance est observée entre la concentration en méthane dissous par rapport à la distance entre les puits et les failles régionales majeures (Figure 12).
- Cette relation avec les accidents tectoniques de la région ne peut s'expliquer par la remontée des gaz des formations plus profondes, en raison de l'origine principalement bactériogénique, donc produit relativement proche de la surface, du méthane
- Une fracturation plus intense de la roche a proximité de ces gros accidents tectoniques pourrait faciliter la remobilisation du gaz piégé dans les sédiments et son transfert dans les nappes d'eaux souterraines.

Texte tiré de E3-9 page 50

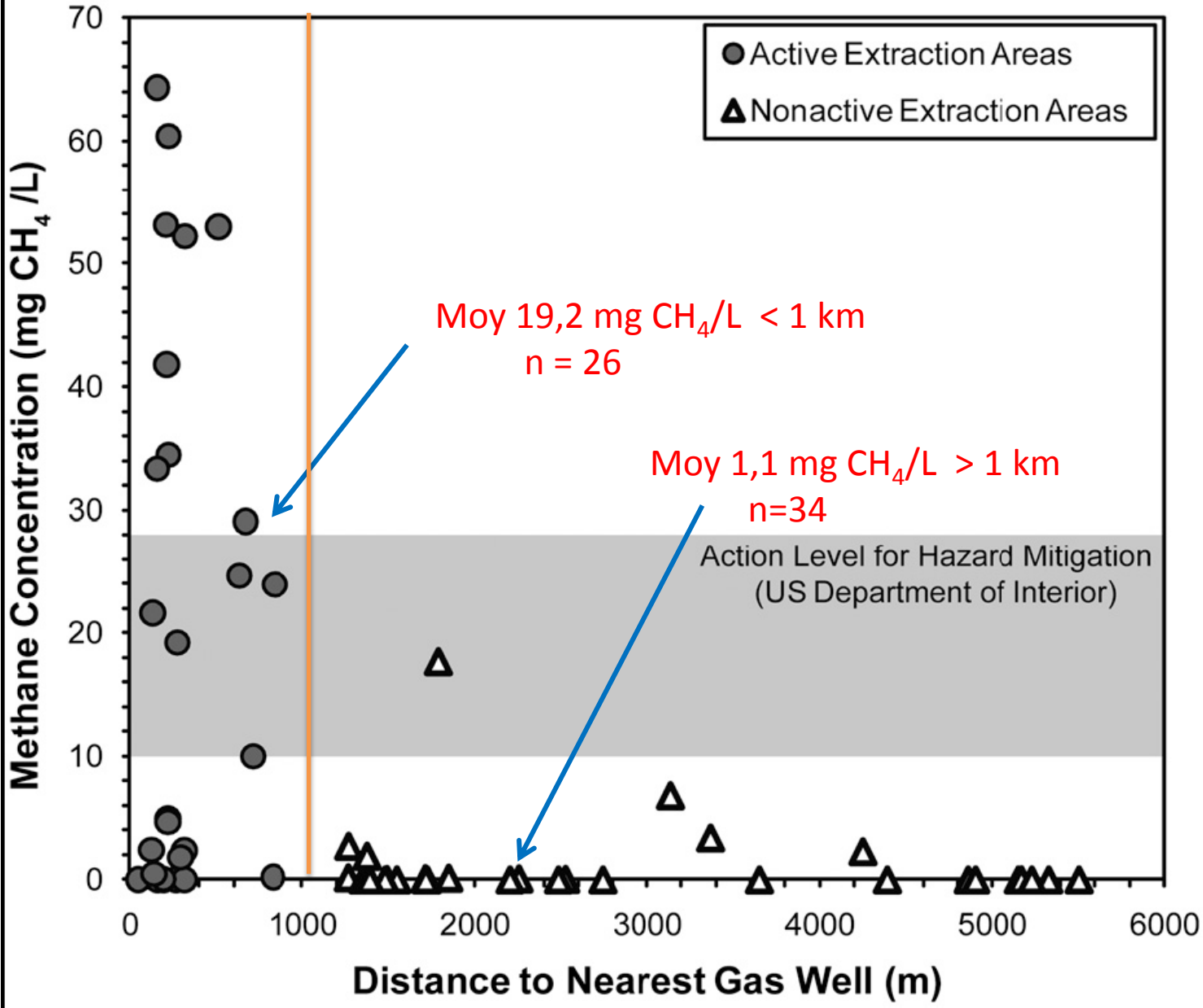
Carte 7. Concentrations ponctuelles de méthane, sur fond de carte géologique. La taille des bulles représente la concentration en méthane et les couleurs sont basées sur l'interprétation de la figure 11 (tirée de l'étude E3-9, page 49)

Stephen G. Osborn et al., 2011: Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing .

- www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1100682108. Étude publiée dans les dans les Proceedings of the National Academy of Sciences, USA.

H₂O

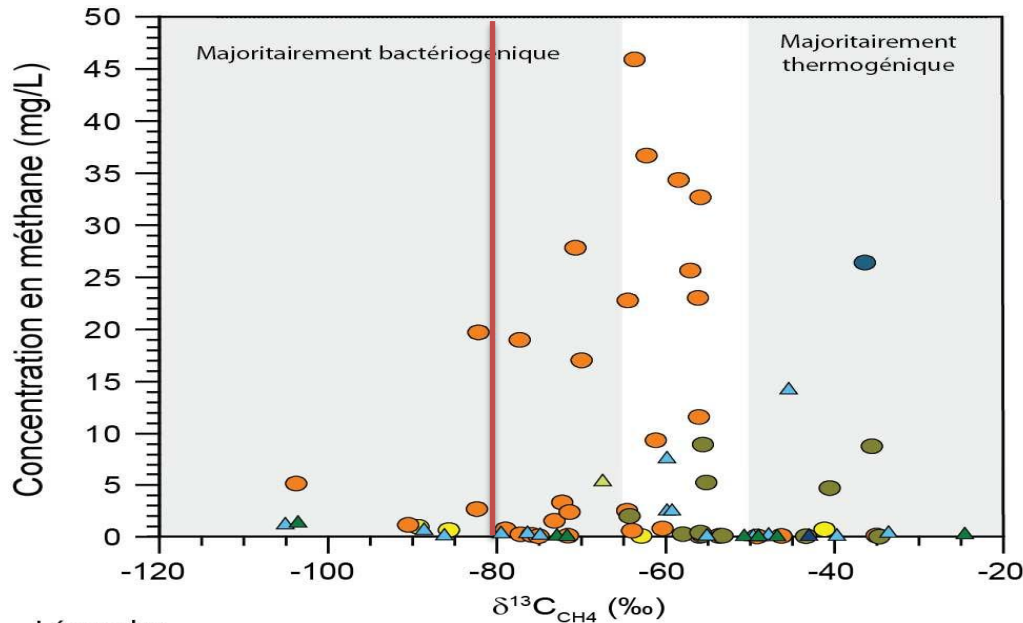
60 puits
d'eau
potable
analysés



Tiré de Osborn *et al.*, 2011

Comparaison de la distribution des concentrations en méthane dans l'eau des puits échantillonnés en fonction de la composition isotopique en carbone 13 du méthane, selon les formations géologiques.

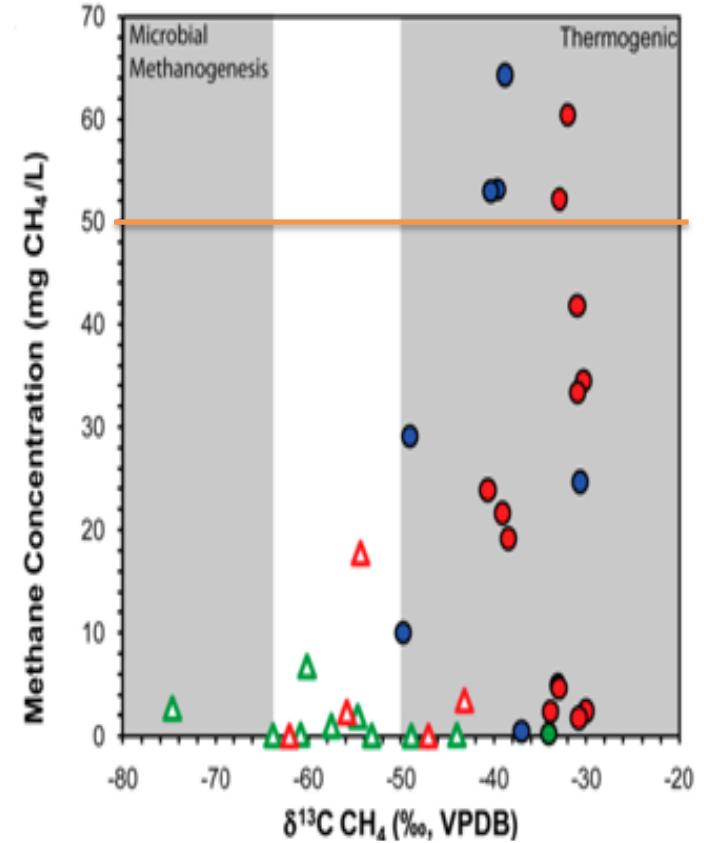
Fig 10: Pinti et al., (2013) , E3-9



Légende :

- | | |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ○ Formations géologiques des Basses-Terres du St-Laurent : | △ Formations géologiques des Appalaches : |
| ● Ordozien tardif (Groupe de Queenstone) | ▲ Ordozien moyen (Formations de Bulstrode, de Melbourne, de Bourret, Olistostromes de Drummondville et de la Rivière Etchemin) |
| ● Ordozien supérieur (Groupe de Lorraine) | ▲ Ordozien inférieur à moyen (Groupe de Stanbridge) |
| ● Ordozien moyen à supérieur (Groupe de Ste-Rosalie) | ▲ Cambrien inférieur à moyen (Groupe de Oak Hill) |
| ● Ordozien moyen (Formation de Stony Point) | ▲ Cambrien inférieur (Groupe de Sillery et Groupe de Shefford) |

Fig 4: Osborn et al., (2011)

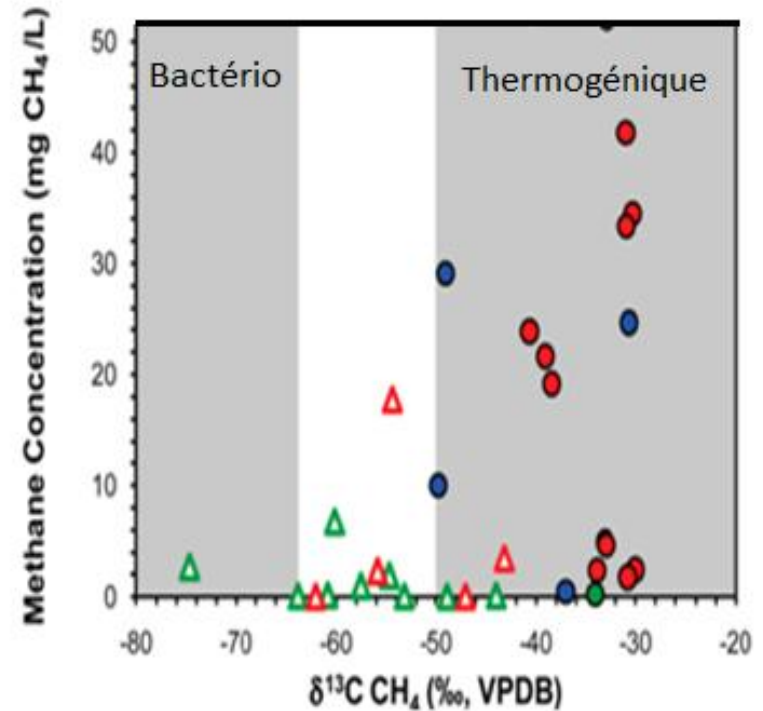
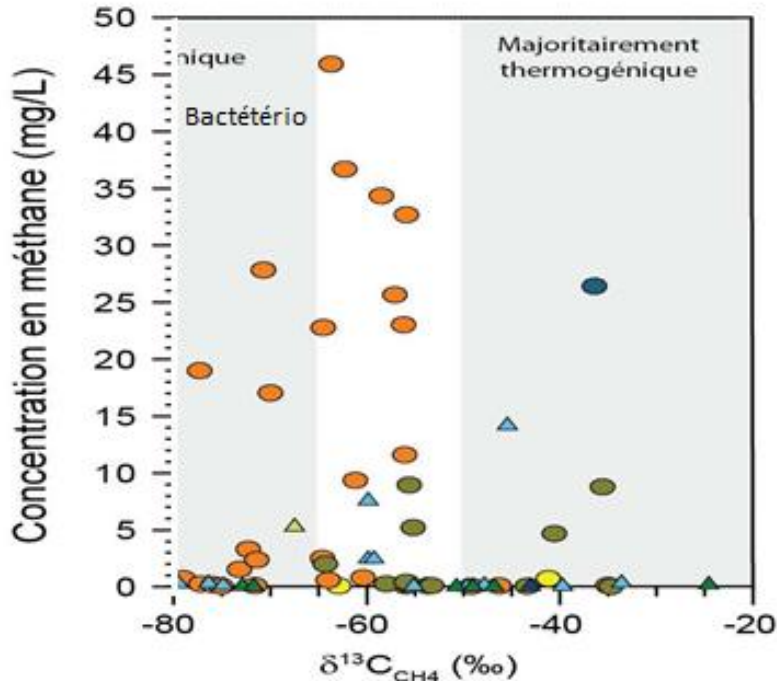


- Dissolved Gas Analyses (This Study)
- Active Extraction Area - Catskill
 - Active Extraction Area - Lockhaven
 - Active Extraction Area - Genesee
 - ▲ Nonactive Extraction Area - Catskill
 - ▲ Nonactive Extraction Area - Genesee

Comparaison de la distribution des concentrations en méthane dans l'eau des puits échantillonnés en fonction de la composition isotopique en carbone 13 du méthane, selon les formations géologiques.

Fig 10: Pinti et al., (2013) , E3-9 et

Fig 4: Osborn et al., (2011)



Légende :

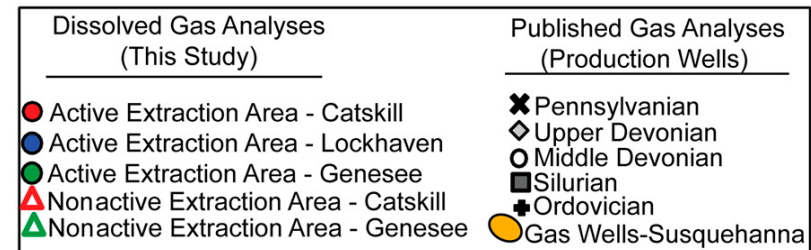
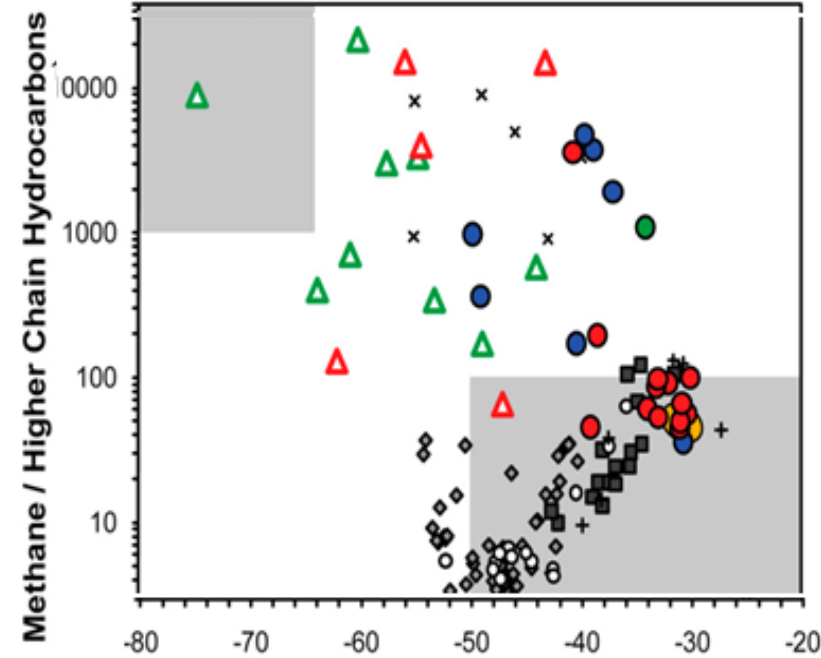
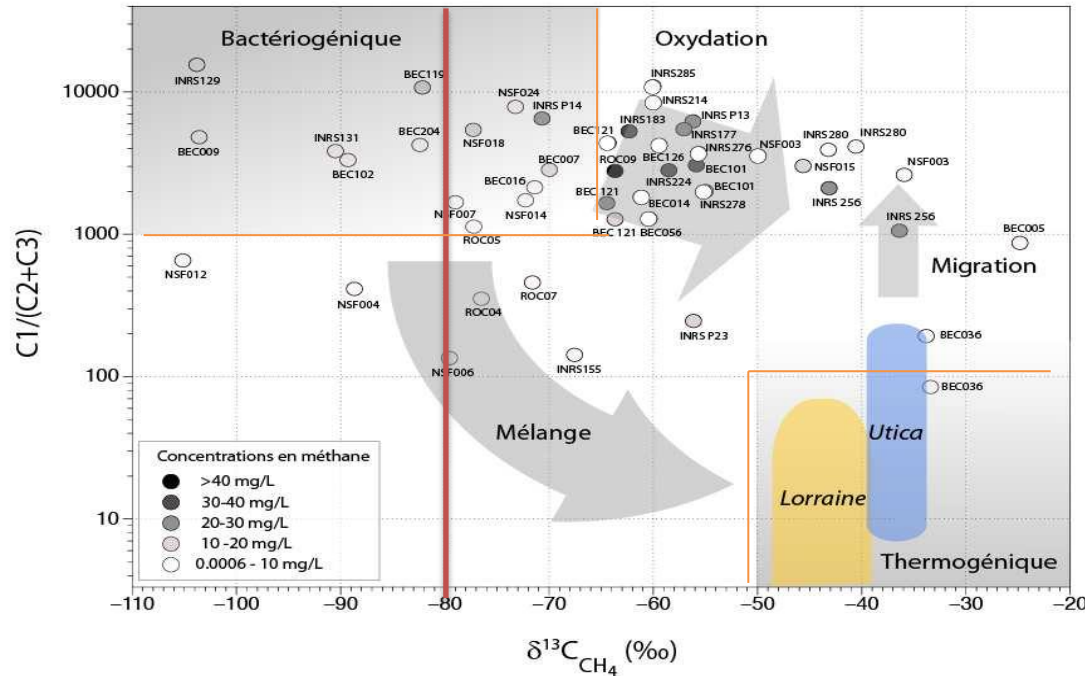
- | | |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ○ Formations géologiques des Basses-Terres du St-Lauren | △ Formations géologiques des Appalaches : |
| ● Ordozien tardif (Groupe de Queenstone) | ▲ Ordozien moyen (Formations de Bulstrode, de Melbourne, de Bourret, Olistostromes de Drummondville et de la Rivière Etchemin) |
| ● Ordozien supérieur (Groupe de Lorraine) | ▲ Ordozien inférieur à moyen (Groupe de Stanbridge) |
| ● Ordozien moyen à supérieur (Groupe de Ste-Rosalie) | ▲ Cambrien inférieur à moyen (Groupe de Oak Hill) |
| ● Ordozien moyen (Formation de Stony Point) | ▲ Cambrien inférieur (Groupe de Sillery et Groupe de Shefford) |

- Dissolved Gas Analyses (This Study)
- Active Extraction Area - Catskill
 - Active Extraction Area - Lockhaven
 - Active Extraction Area - Genesee
 - △ Nonactive Extraction Area - Catskill
 - △ Nonactive Extraction Area - Genesee

Rapport des concentrations molaires de méthane (C1) sur les concentrations en éthane (C2) et propane (C3) en fonction de la composition isotopique du carbone du méthane ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$)

Figure 11: de l'étude E3-9

Figure 4B : de l'étude de Osborn et al., 2011



Rapport des concentrations molaires de méthane (C1) sur les concentrations en éthane (C2) et propane (C3) en fonction de la composition isotopique du carbone du méthane ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$)

Figure 11 adaptée: étude E3-9

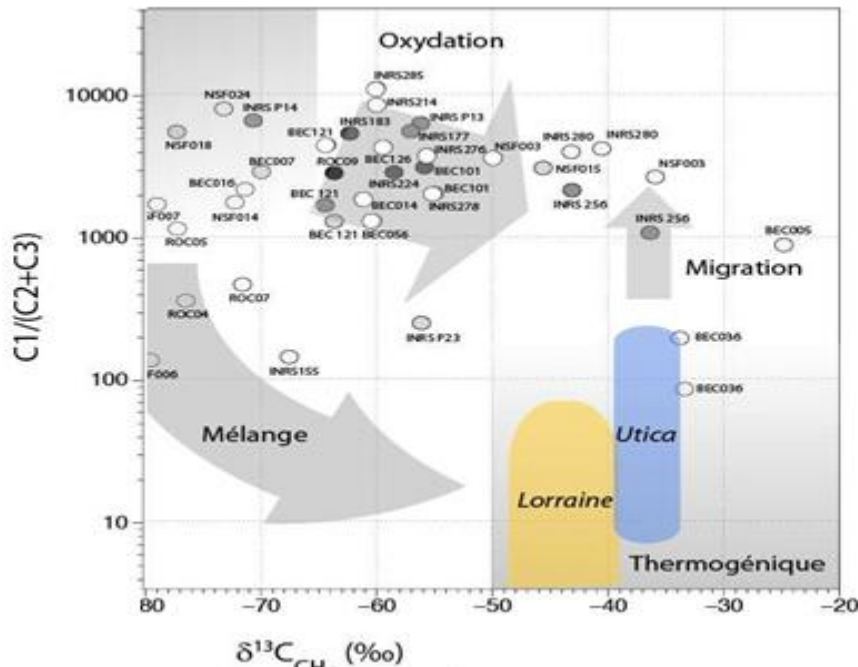
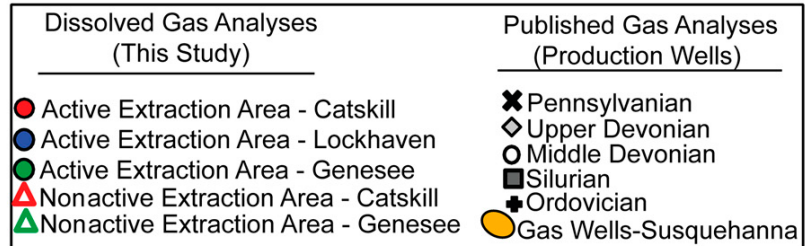
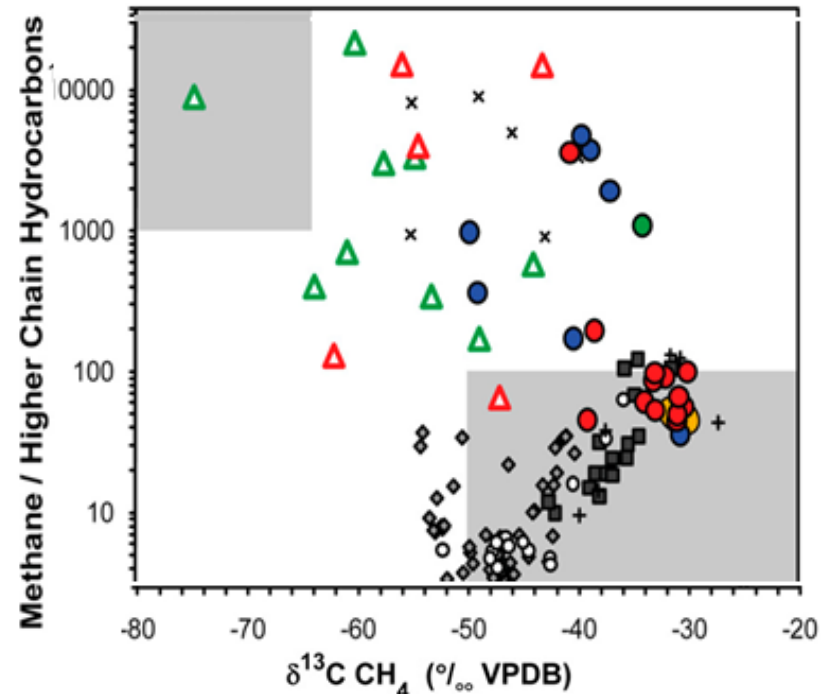


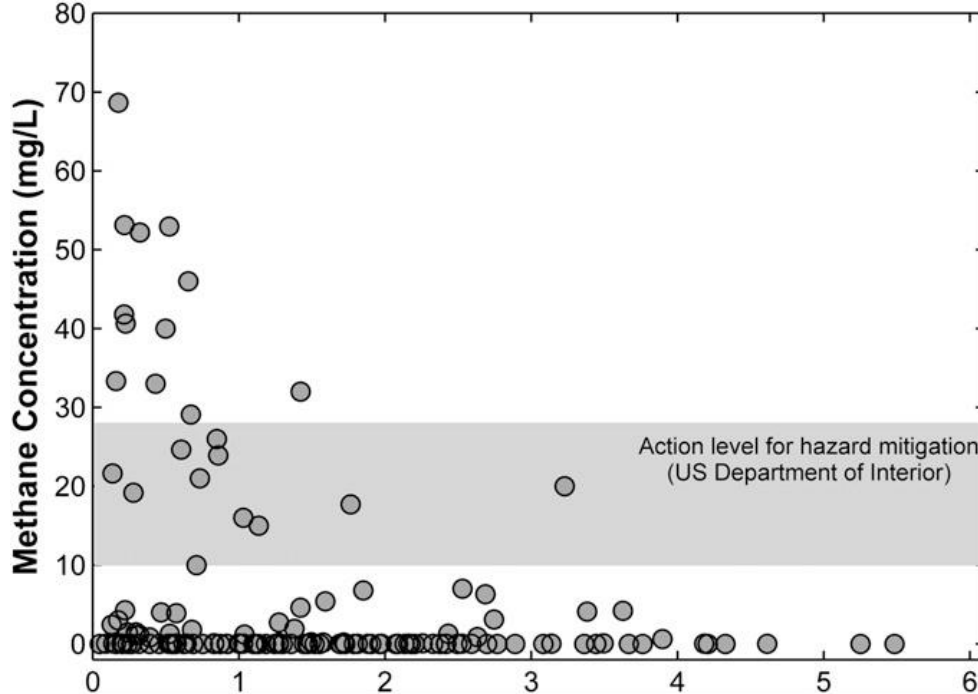
Figure 4B adaptée : étude de Osborn et al., 2011



Increased stray gas abundance in a subset of drinking water wells near Marcellus shale gas extraction (2013)

- Robert B. Jackson^{a,b}, Avner Vengosh^a, Thomas H. Darrah^a, Nathaniel R. Warner^a, Adrian Down^{a,b}, Robert J. Poreda^c, Stephen G. Osborn^d, Kaiguang Zhao^{a,b}, and Jonathan D. Karr^{a,b}

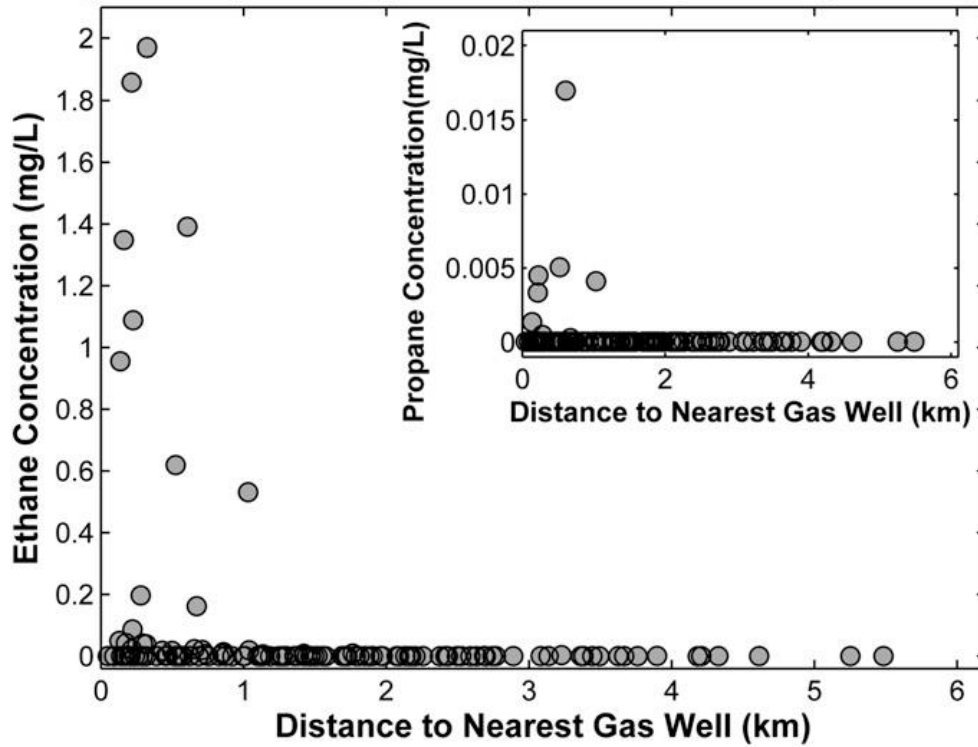
www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1221635110



Tiré de Jackson et al., 2013

CH₄ fut détecté dans 82% des 141 puits d'H₂O potable analysés.

Dans les résidences situées à <1 km d'un puits de gaz, les concentrations étaient en moyenne 6 fois plus élevées qu'à >1km (P = 0.0006).



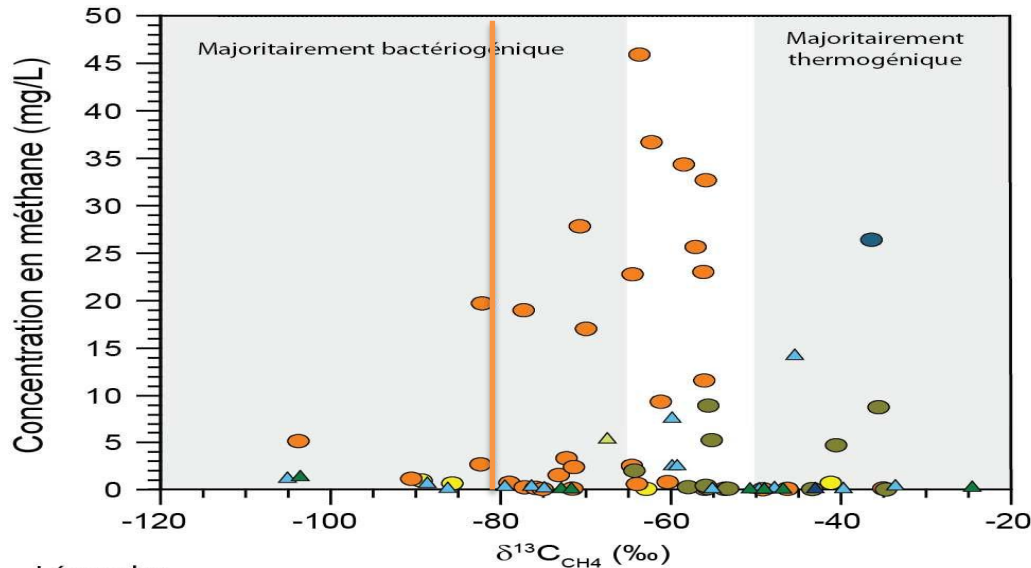
La C_{moy} en Éthane était 23 fois plus élevée dans les résidences à <1 km d'un puits de gaz (P=0.0013);

La C_{moy} en Propane fut détecté dans 10 puits d'H₂O potable, toutes à une distance inférieure à 1 km (P = 0.01).

(Fig. 1 de Jackson et al., 2013)

Comparaison entre Pinti et al., (2013) et Jackson et al., (2013), des concentrations en méthane en fonction de la composition isotopique en carbone du méthane dans l'eau des puits échantillonnés, en fonction des formations géologiques

Figure 10, Pinti et al., (2013) , E3-9



Légende :

○ Formations géologiques des Basses-Terres du St-Laurent :

- Ordozien tardif (Groupe de Queenstone)
- Ordozien supérieur (Groupe de Lorraine)
- Ordozien moyen à supérieur (Groupe de Ste-Rosalie)
- Ordozien moyen (Formation de Stony Point)

△ Formations géologiques des Appalaches :

- ▲ Ordozien moyen (Formations de Bulstrode, de Melbourne, de Bourret, Olistostromes de Drummondville et de la Rivière Etchemin)
- ▲ Ordozien inférieur à moyen (Groupe de Stanbridge)
- ▲ Cambrien inférieur à moyen (Groupe de Oak Hill)
- ▲ Cambrien inférieur (Groupe de Sillery et Groupe de Shefford)

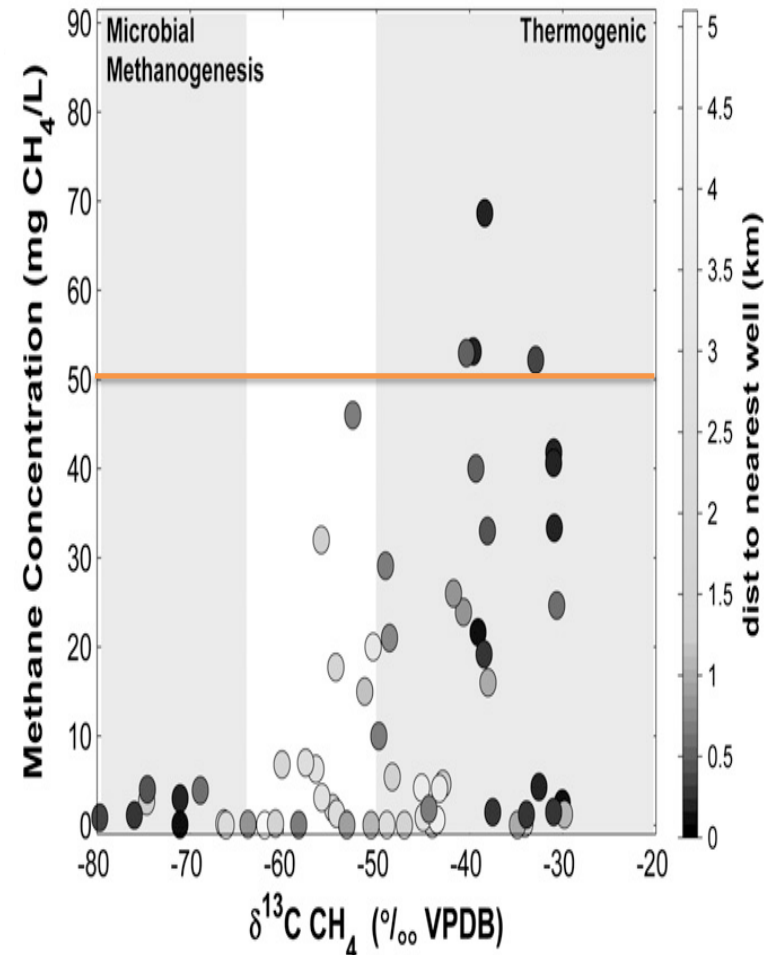
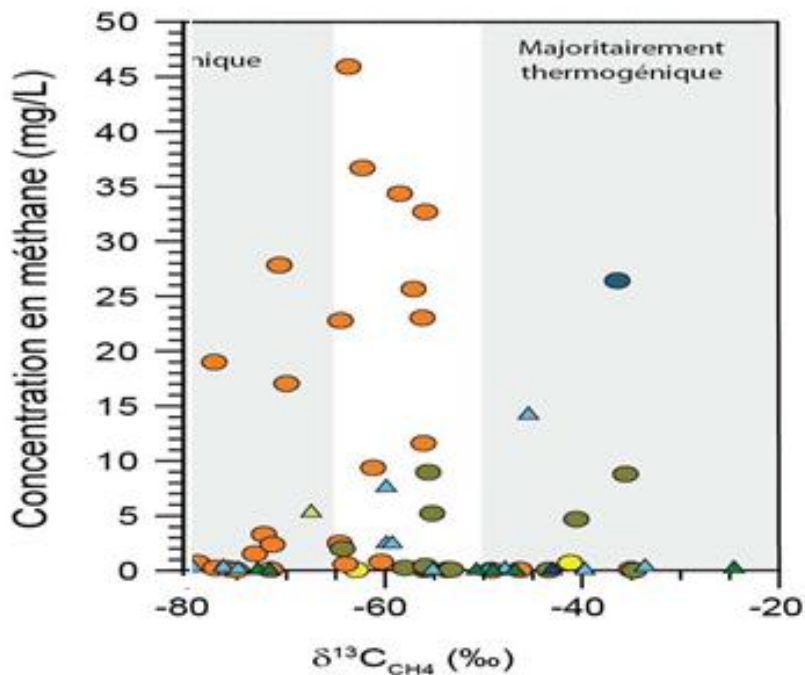


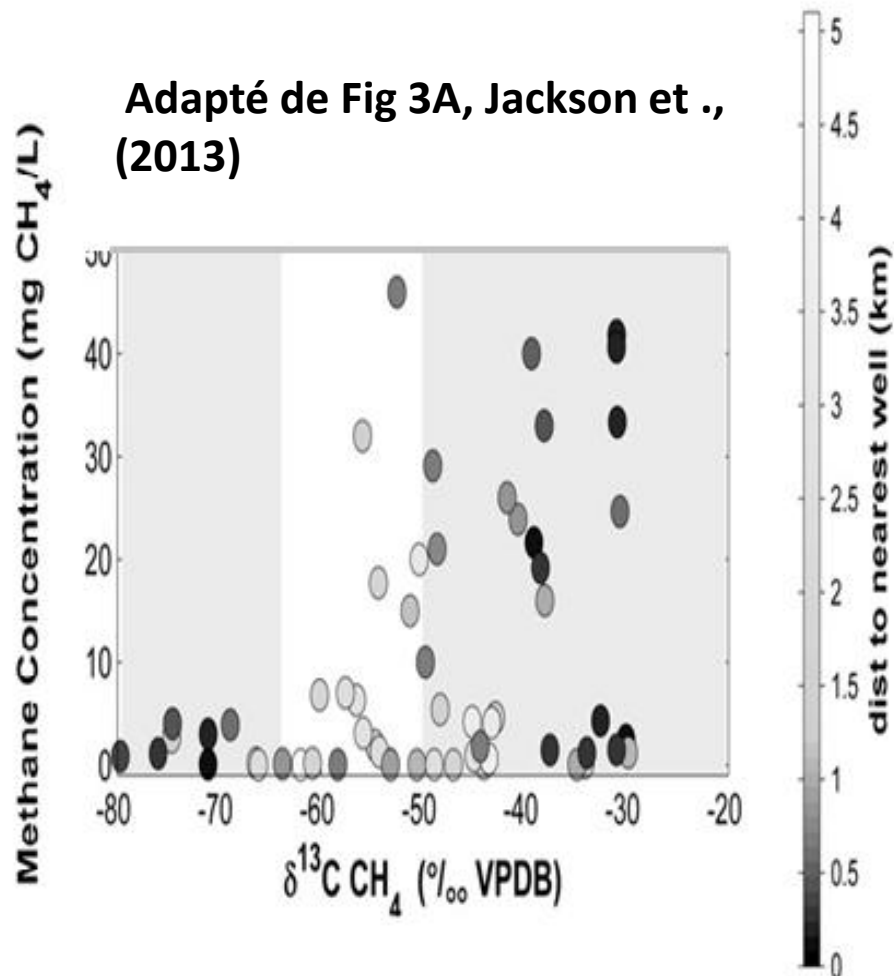
Fig 3A, Jackson et ., (2013)

Comparaison entre Jackson et al., (2013) et Pinti et al., (2013) des concentrations en méthane en fonction de la composition isotopique en carbone du méthane dans l'eau des puits échantillonnés, en fonction des formations géologiques

Adapté de Fig 10, Pinti et al., (2013) , E3-9



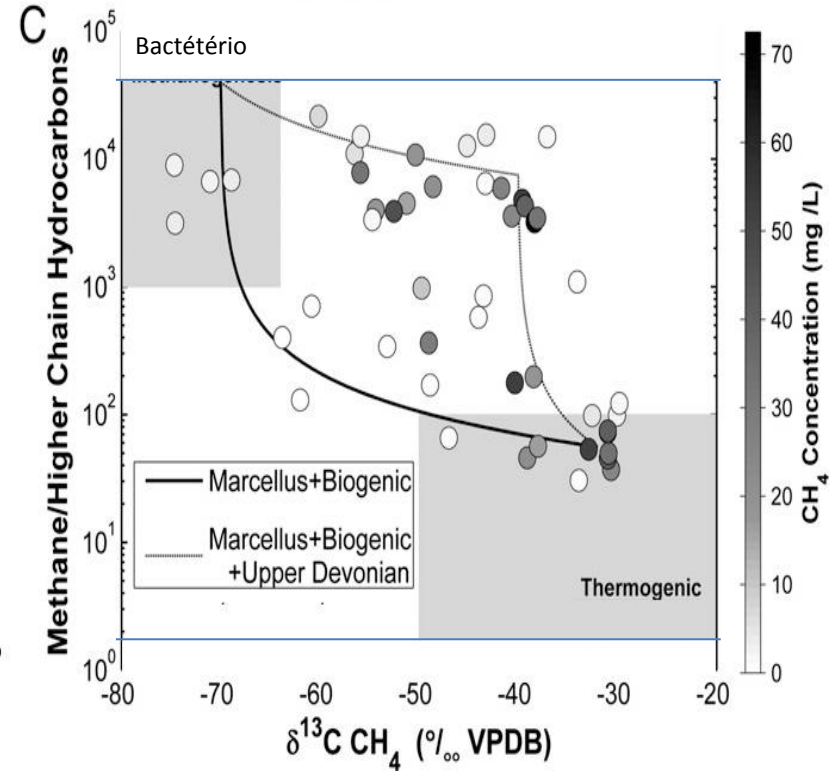
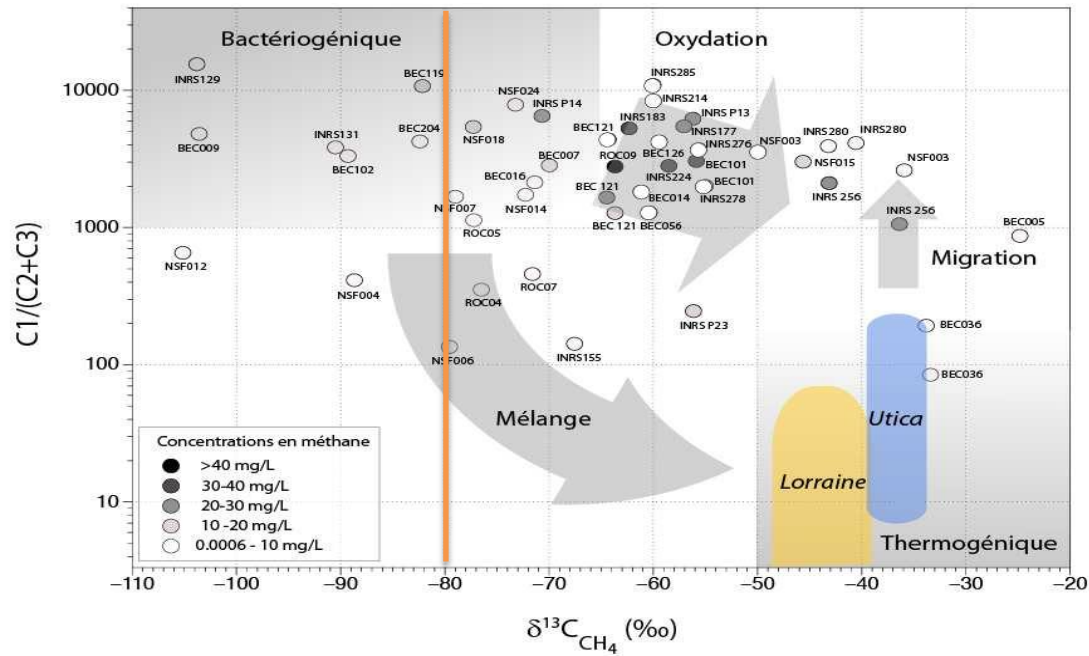
Adapté de Fig 3A, Jackson et al., (2013)



Rapport des concentrations molaires de méthane (C1) sur les concentrations en éthane (C2) et propane (C3) en fonction de la composition isotopique du carbone du méthane ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$)

Figure 11: de l'étude E3-9

Figure 3 : de l'étude de Jackson et al., 2013



Rapport des concentrations molaires de méthane (C1) sur les concentrations en éthane (C2) et propane (C3) en fonction de la composition isotopique du carbone du méthane ($\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$)

Adapté de Figure 11: de l'étude E3-9

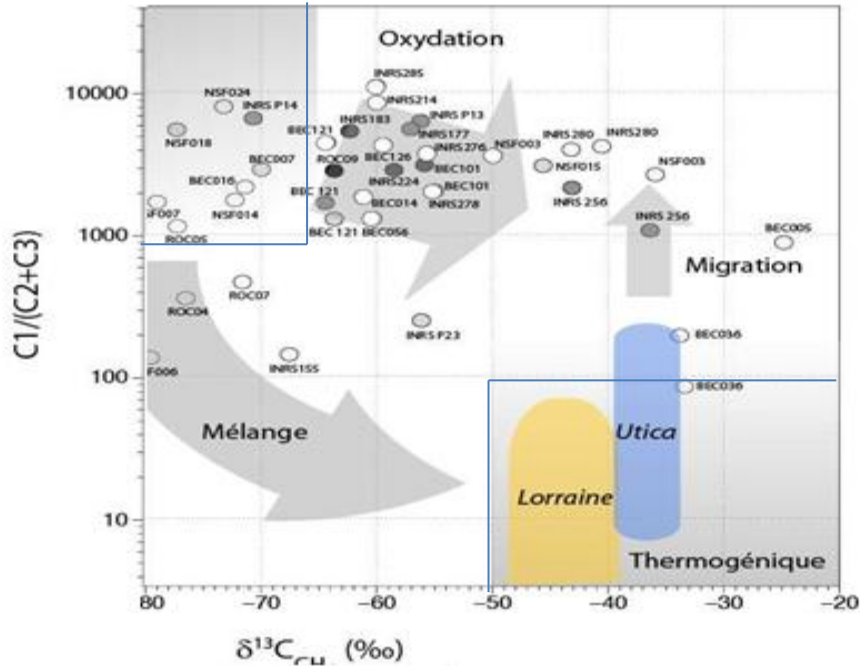


Figure 3 : de l'étude de Jackson et al., 2013

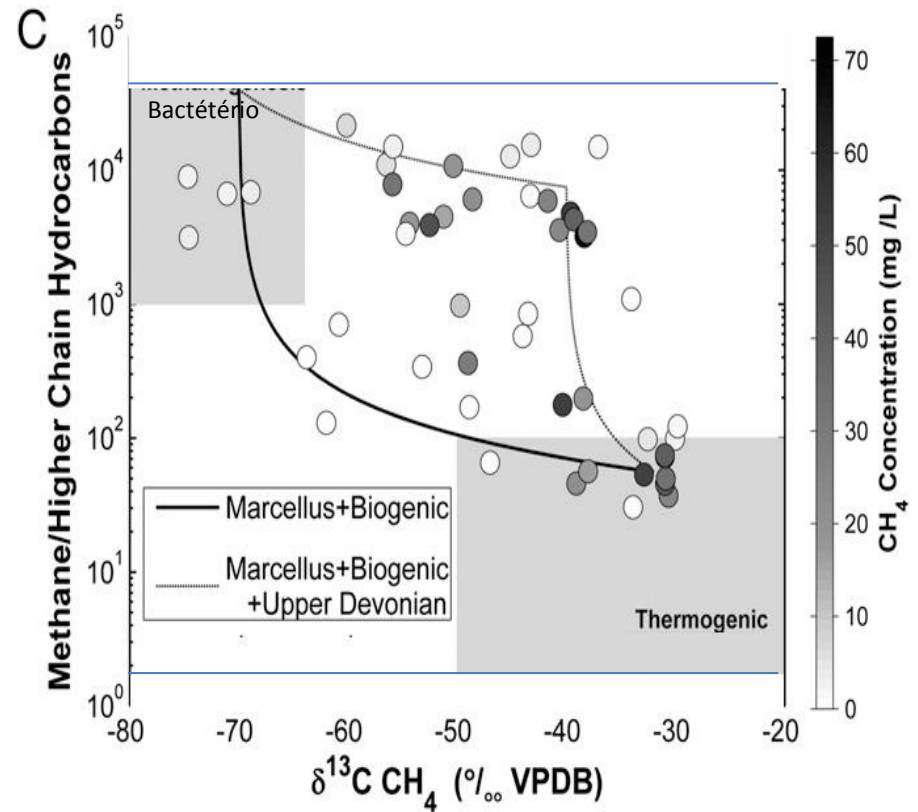
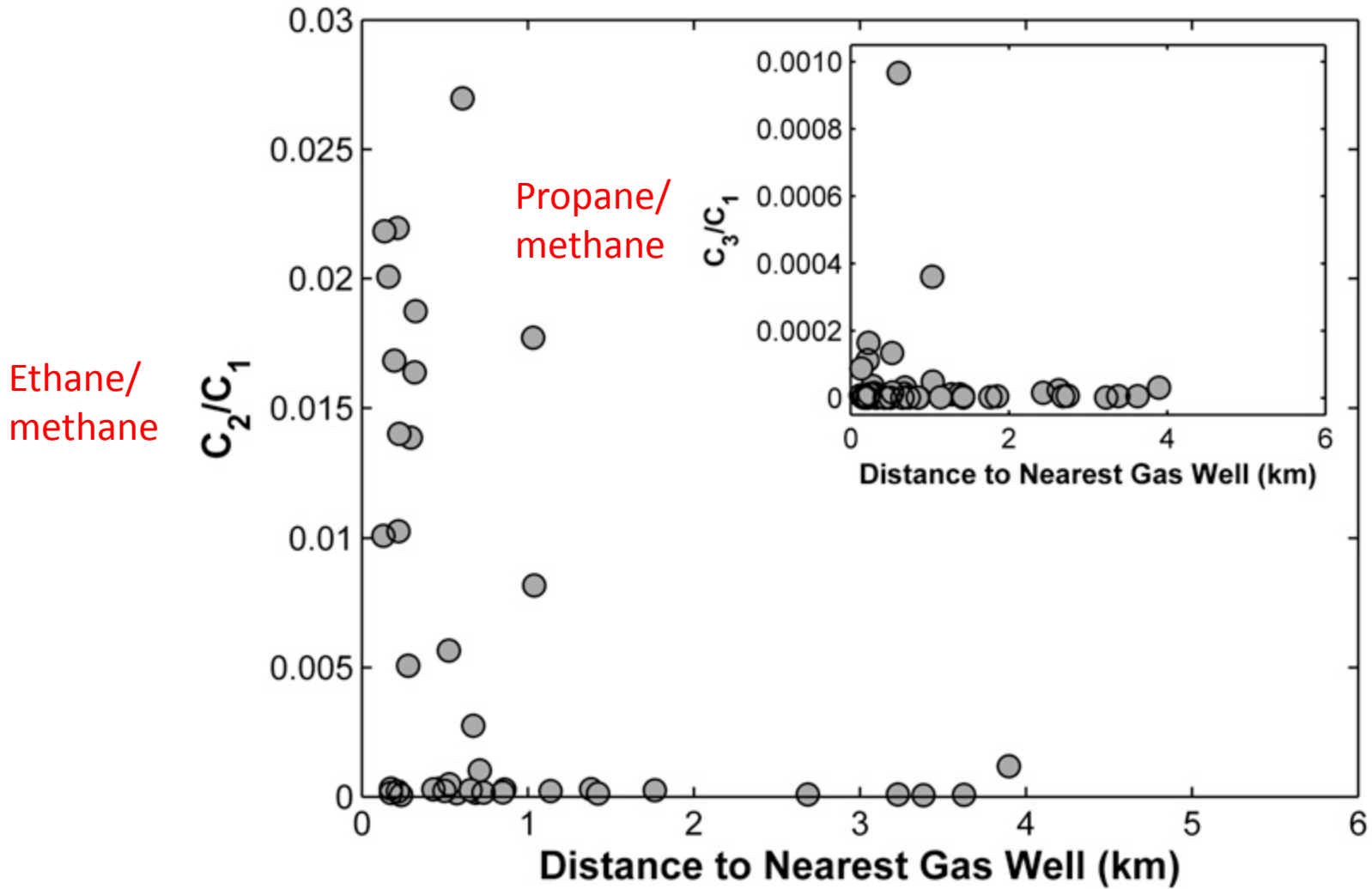


Figure 3 : de l'étude de Jackson et al., 2013



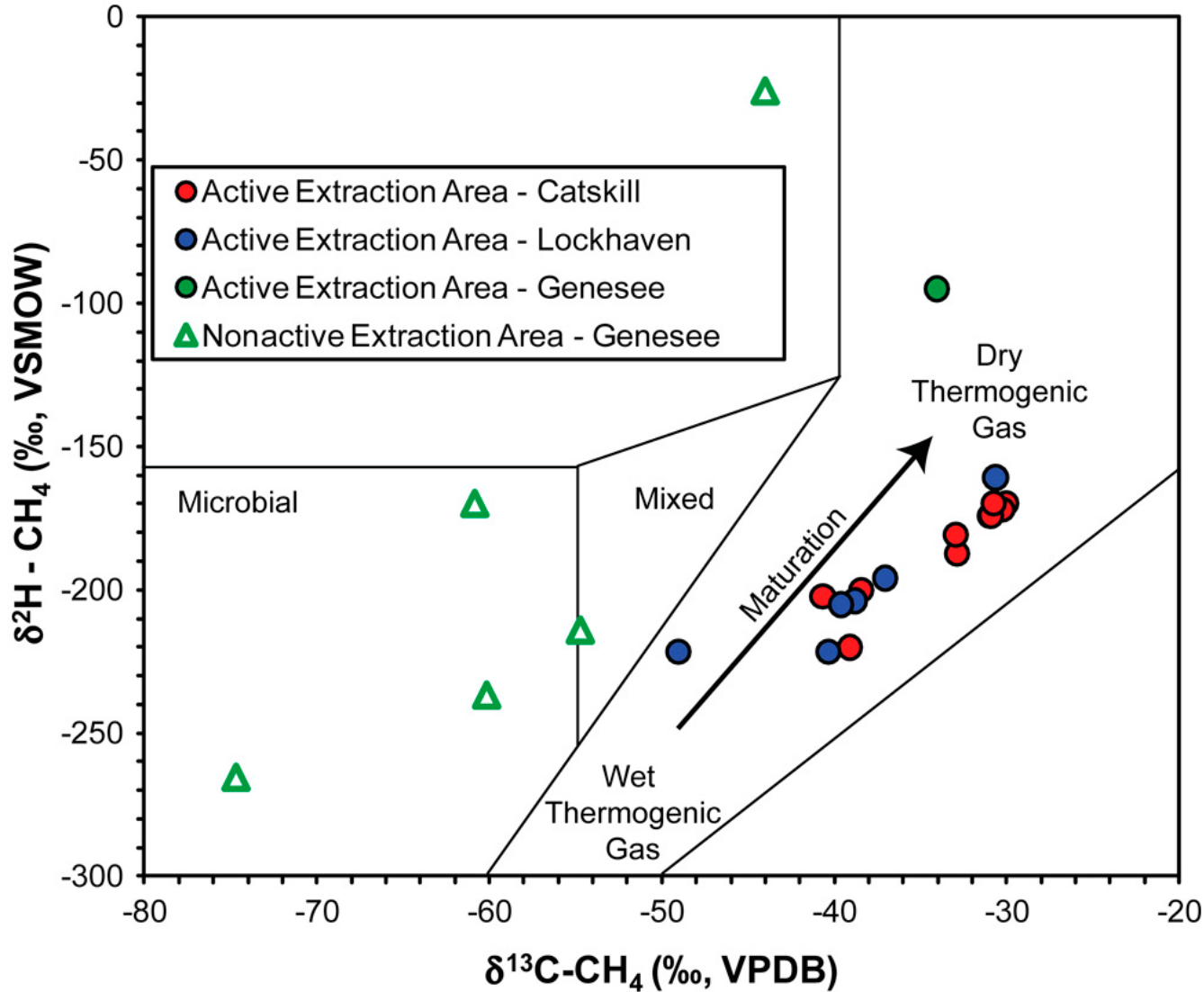


Fig. S2 Osborn 2011. Plot of ($\delta^2\text{H}-\text{CH}_4$) versus ($\delta^{13}\text{C}-\text{CH}_4$) in dissolved gas in shallow groundwater samples collected in the study area. Note that active area samples from all three aquifers plot within the thermogenic zone as defined by ref. 1 and nonactive samples within the mixed or microbial zones. VSMOW, Vienna Standard Mean Ocean Water; VPDB, Vienna Pee Dee belemnite .

Effets sur la santé

- À court terme, risque d'explosion dû au méthane
- À long terme, aucune étude sur le risque sanitaire n'a véritablement évalué les effets à la santé liés à l'exposition à un ou des contaminants retrouvés dans l'eau potable en lien avec les activités d'exploitation du gaz de schiste.
- Les problèmes de santé soupçonnés concernent surtout les maladies chroniques en lien avec une exposition à long terme à des produits chimiques à faibles doses, telles le cancer, les maladies affectant les systèmes nerveux, immunitaire, endocrinien et reproducteur. Ces maladies prennent des années à se manifester. La durée limitée d'exploitation du gaz de schiste explique l'absence d'études épidémiologiques sur le sujet jusqu'à maintenant.

Conclusion en lien avec l'eau potable

- Aux États-Unis, la contamination de l'eau souterraine a été observée suite à une période d'exploitation très courte, soit une durée moyenne inférieure à cinq ans.
- Il n'existe actuellement aucune autre étude qui permette de rejeter l'hypothèse du risque d'une contamination des sources d'eau souterraines en provenance des shales et, la source de la contamination n'est pas encore clairement établie.
- Le risque à plus ou moins long terme, de défauts ou détérioration dans le coffrage de ciment des puits forage paraît difficile à éliminer.
- Ainsi, le risque d'une contamination des sources d'eau souterraine demeure préoccupant d'un point de vue de santé publique.

Air

Informations sur les expositions (2010-2013)

Niveaux de polluants de l'air à proximité d'un site d'exploration/exploitation du gaz de schiste

- Les émissions de polluants (e.g. COV, NOx) par puits pourraient être plus importantes lors de la production que lors du forage^{1,2}; les compresseurs et torchères seraient des sources principales de polluants de l'air³.
- Les mesures et estimés de polluants rapportés dans quelques études montrent que la population située proche de puits peut être plus exposée aux PM_{2.5}, O₃ et COV^{4,5,6} que celles plus éloignées.

¹. ALL Consulting 2010; ². Litovitz et al. 2013; ³. Olager 2012 ; ⁴. NYSDEC 2011; ⁵. Rich et al. 2011; ⁶. Pa DEP 2011;

Risques pour la santé associés aux polluants de l'air émis par les activités liées au gaz de schiste

- Selon quelques évaluations de risque, pour les individus habitant à proximité de puits (e.g. < 1 km) ou dans les comtés américains où les activités sont le plus concentrées, les risques à la santé pourraient être plus importants, notamment les risques de cancer associés à l'exposition aux COV (e.g. benzène), mais des divergences existent dans les conclusions des quelques études ^{1,2}.

¹ ERG 2011; ² McKenzie et al. 2012

Air – modélisation récente de SNCL

Selon des projections du nombres et des lieux des puits futurs au Québec – SNCL estime que les niveaux de divers polluants (e.g. COV, PM2.5, NOx) dépasseront les critères du MDDEFP.

Points qui n'ont pas été documentés:

Combien d'individus seront exposés à des concentrations dépassant les critères et quel est le nombre d'événements de santé en excès associés à l'augmentation de divers contaminants (lors de l'exploration/exploitation du gaz de schiste).

Les risques de cancer associés à l'exposition aux principaux polluants de l'air extérieur et notamment aux PM2.5 n'a pas été évalué mais l'IARC a pourtant cette année reconnu ces polluants comme cancérigène pour l'humain (groupe 1)

Urgences de santé publique et risques technologiques

Explosions, incendies, fuites et déversements

- L'exploitation des gaz de schiste au Québec se situerait à proximité de zones densément peuplées et en zone rurale habitée;
- Des accidents peuvent survenir tout au long du processus d'exploration et d'exploitation, sur le site et durant le transport;
 - Les causes sont diverses, complexes et les contaminants variés
- Fréquence des incidents est difficile à documenter
 - les pratiques de l'industrie en matière de sécurité ne sont pas toujours conformes aux meilleures pratiques;
 - De 26,5 %;a 58,2 % de constats d'infraction émis, probabilité d'occurrence d'événements environnementaux majeurs d'environ 0,7 % (BMHC 2012; Staaf, 2012).
- Le territoire visé est sujet aux glissements de terrain rétrogressifs de caractère dévastateur
 - Des activités liées aux gaz de schistes pourraient agir comme facteur aggravants ou déclencheurs de glissements de terrain

Conclusion générale

- *Contamination de d'H₂O*
 - Sur la base des données scientifiques disponibles, le risque d'une contamination des réserves d'eau potable relié aux activités d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste n'est pas écarté.
 - L'eau étant un déterminant important de la santé, ce risque demeure préoccupant d'un point de vue de santé publique.
- *Contamination de l'air)*
 - Selon quelques évaluations de risque à la santé, pour les individus habitant à proximité de puits (e.g. < 1 km) ou dans les comtés américains où les activités sont le plus concentrées, les risques pourraient être accrus de façon significative à cause de l'augmentation de PM_{2.5}, O₃ et COV (e.g. benzène).
 - Toutefois, des divergences existent dans les conclusions des quelques études.
 - Au Québec, l'absence de données ne nous permet pas d'évaluer le risque à la santé qui pourrait être associé à ces activités.

Conclusion

- *Risque technologique et impact potentiel sur la santé*
 - En plus des risques d'accidents pouvant survenir directement sur les sites, le risque d'accidents routier pourrait être augmenté de manière significative.
 - La présence de matières dangereuses lors d'impact pourrait aggraver la situation avec les risques de déversement, explosion, incendie, pollution des eaux et des sols.
 - Certaines activités liées aux gaz de schiste pourraient agir comme des facteurs aggravants ou déclencheurs de glissements de terrains puisque la zone visée par l'industrie est propice aux dangers de glissements de terrains.
 - Tous ces éléments sont préoccupants d'un point de vue de santé publique. Des mesures préventives efficaces devraient être mises en place advenant l'exploitation de ce gaz.