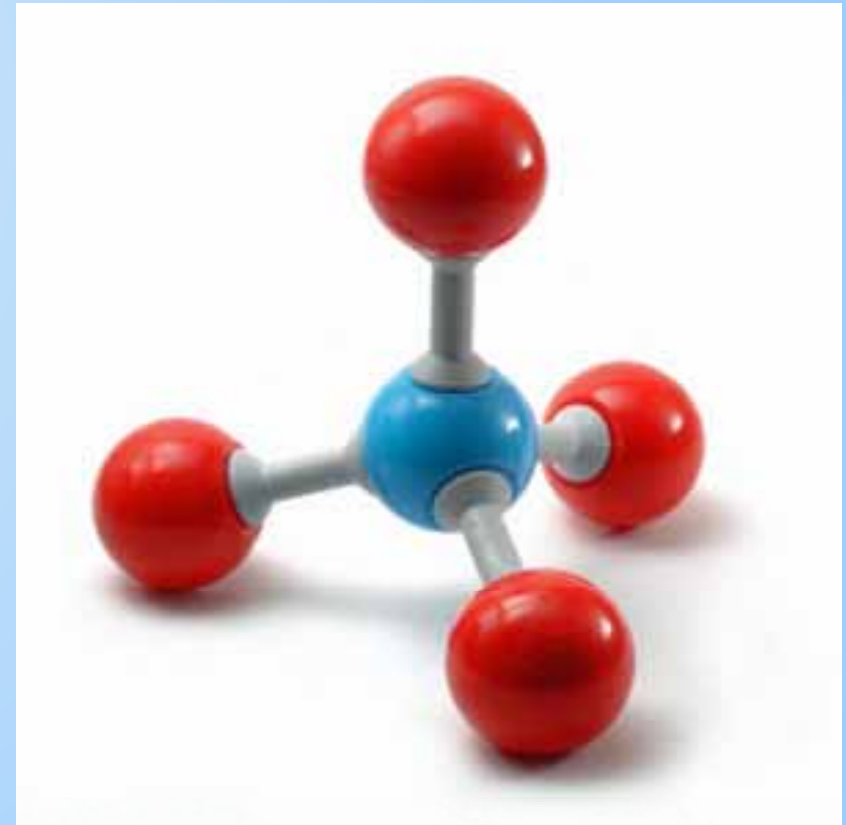


# EXPLOITATION DE GAZ DE SHALE DANS LES BASSES TERRES DU ST. LAURENT : ASPECTS TECHNIQUES ET DE SÉCURITÉ

**Paul Glover**

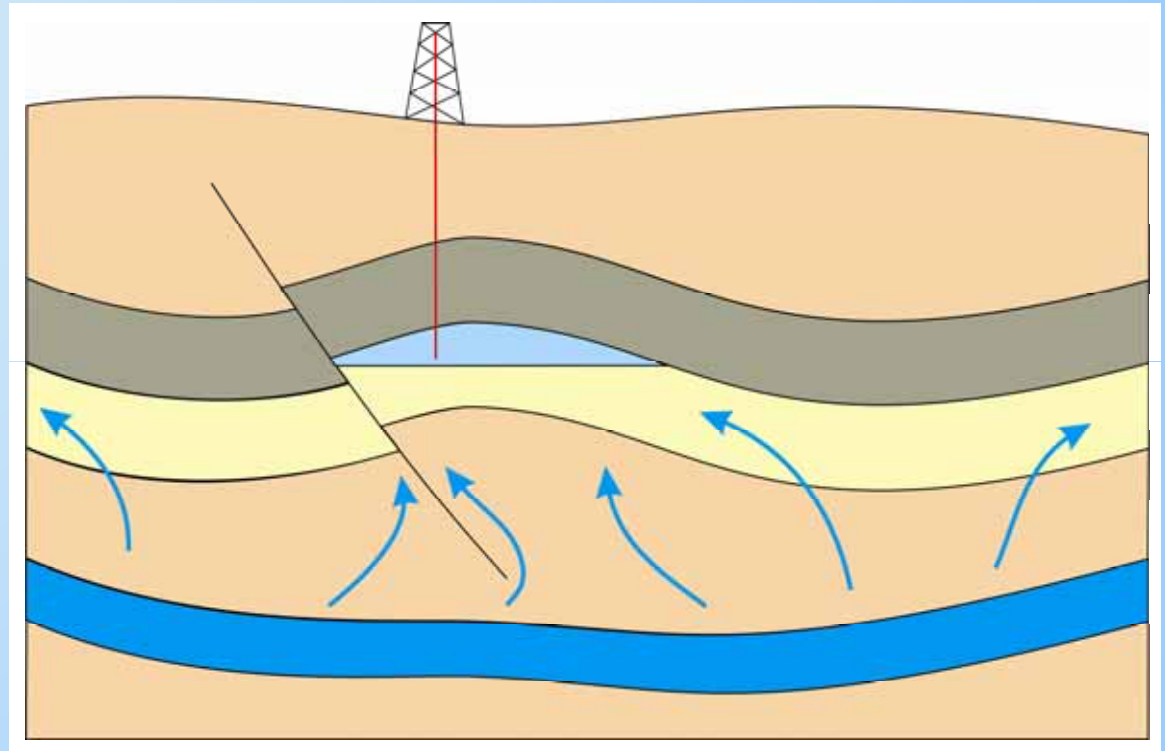
Université Laval, Québec, Canada

- ❖ Le même gaz que le gaz exploité traditionnellement
- ❖ >80% méthane
- ❖ Petites fractions d'autres chimiques organiques (alkanes, alkenes, alkynes, aromatiques etc)
- ❖ Une source de chaleur extrêmement bon
- ❖ La plus petite production de  $\text{CO}_2$  per calorie
- ❖ Pas un matière première

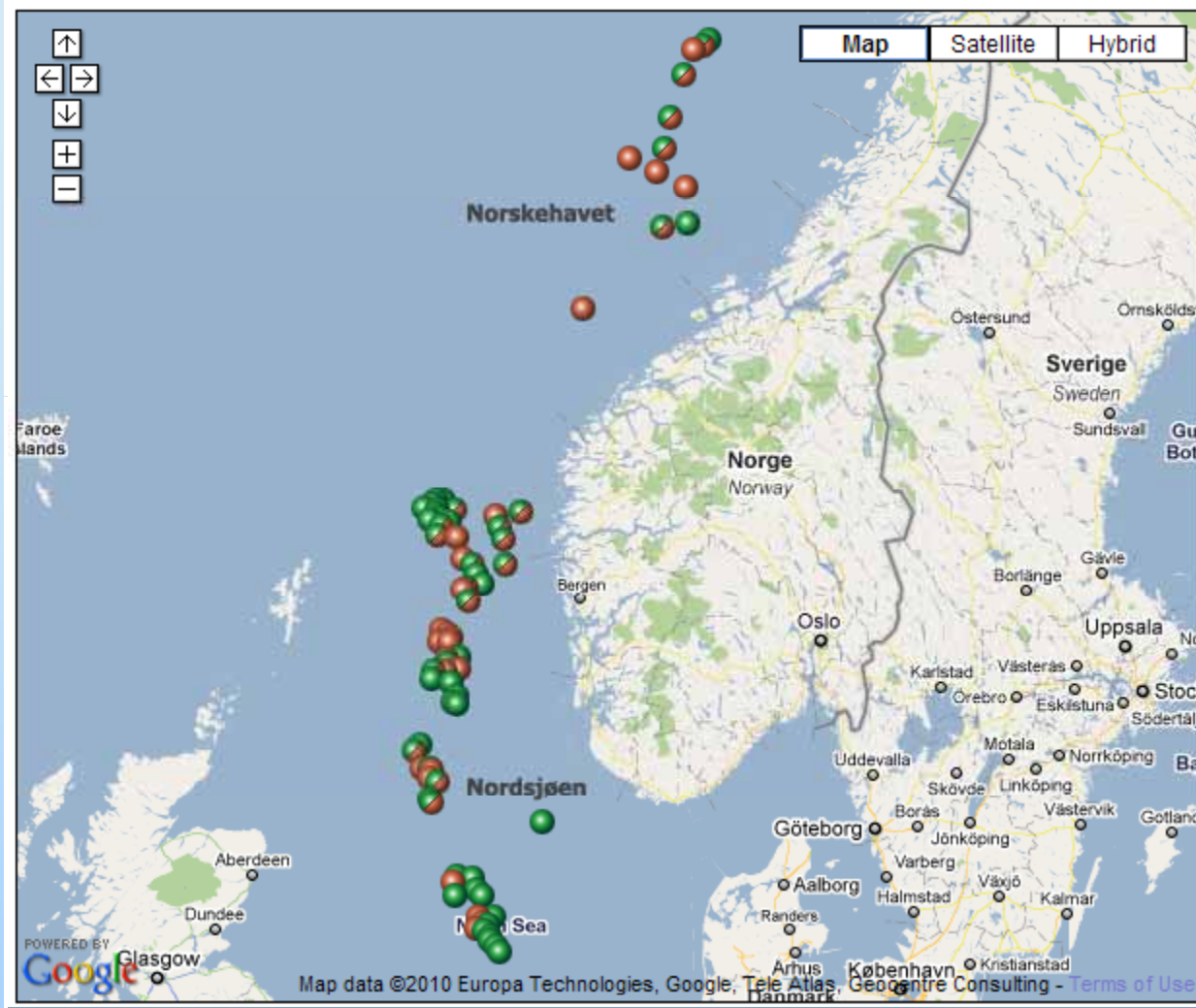


Méthane

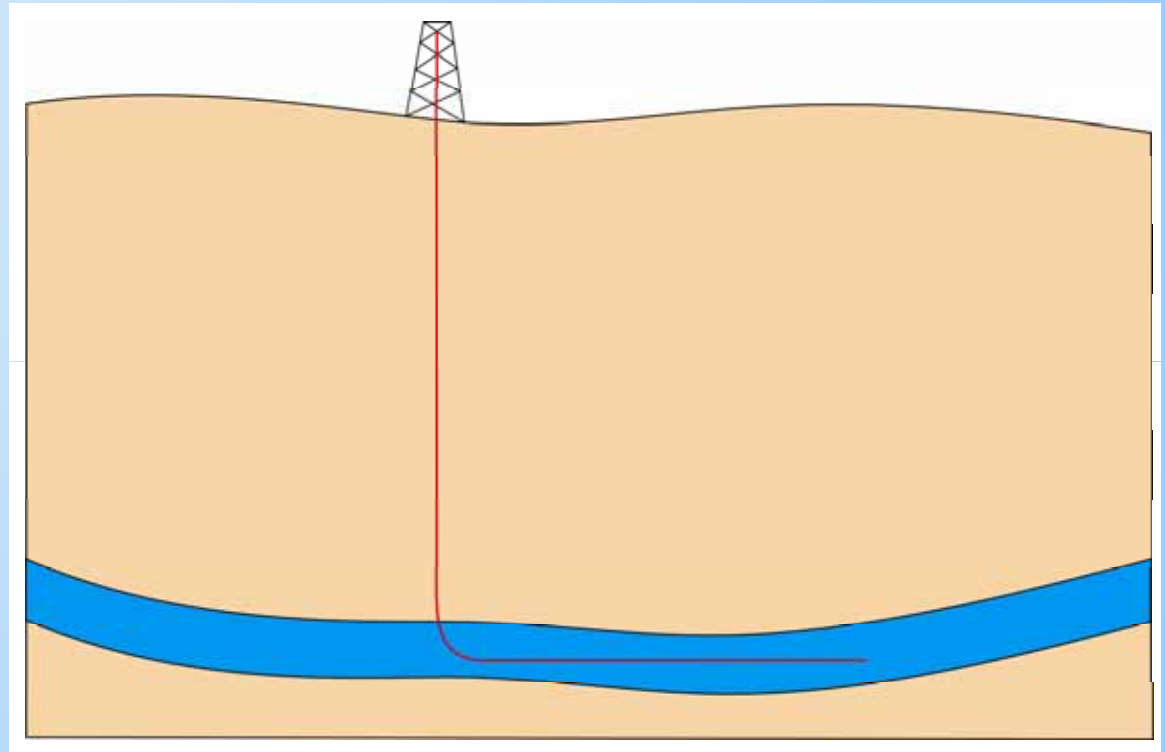
- ❖ **Source: roches mères**
  - Matière organique
- ❖ **Converti en gaz**
  - Mise sous pression
  - À haute température
  - Millions d'années
- ❖ **Migration**
  - Chemin ouvert
- ❖ **Stockage en reservoir**
  - Bonne porosité
  - Bonne perméabilité
- ❖ **Roche couverture**
  - Roche de petite porosité
  - Roche de perméabilité négligible
- ❖ **Structure**
  - Structure fermé pour le contenir



© Paul Glover

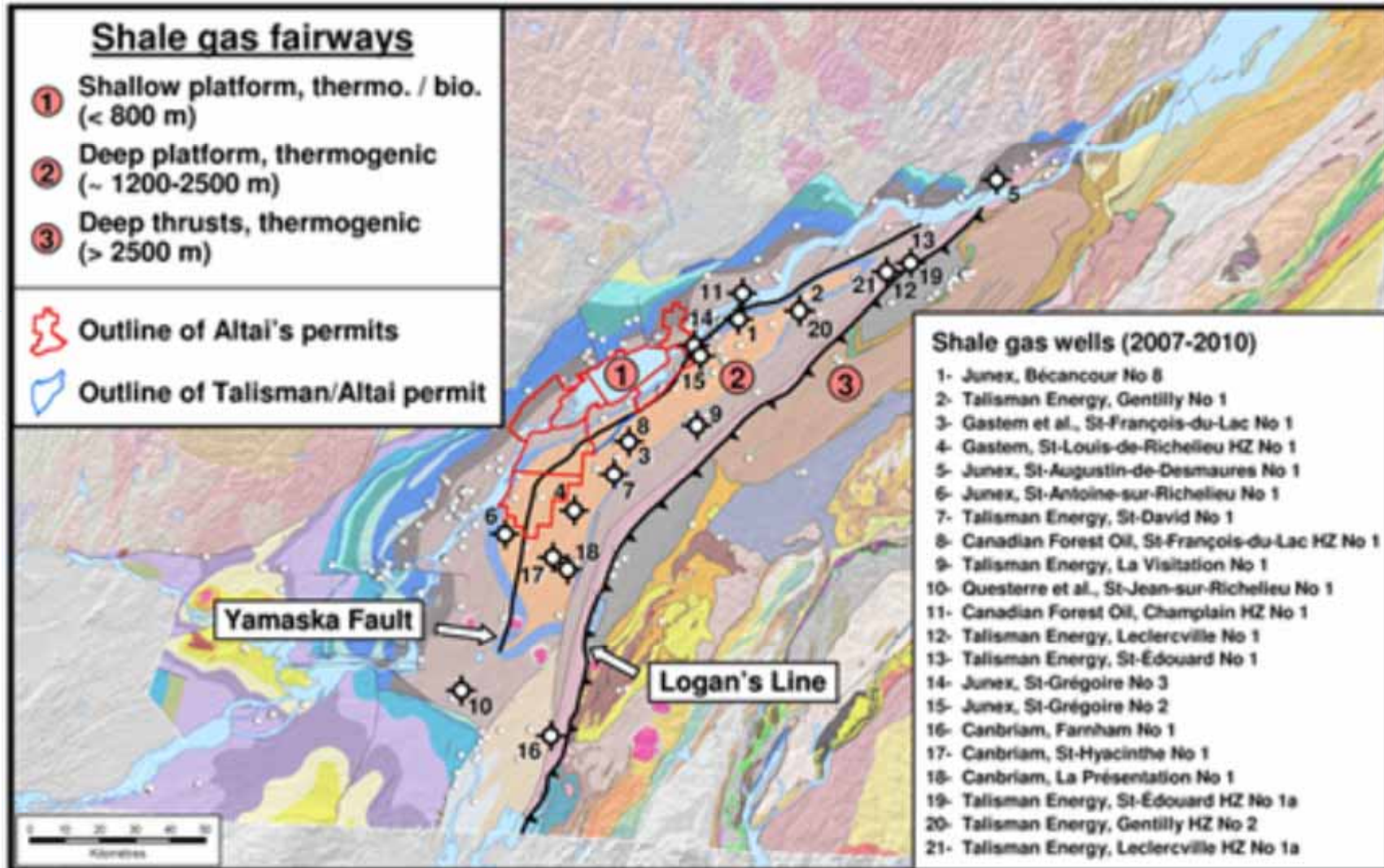


- ❖ Source: roches mères
  - Matière organique
- ❖ Converti en gaz
  - Mise sous pression
  - À haute température
  - Millions d'années

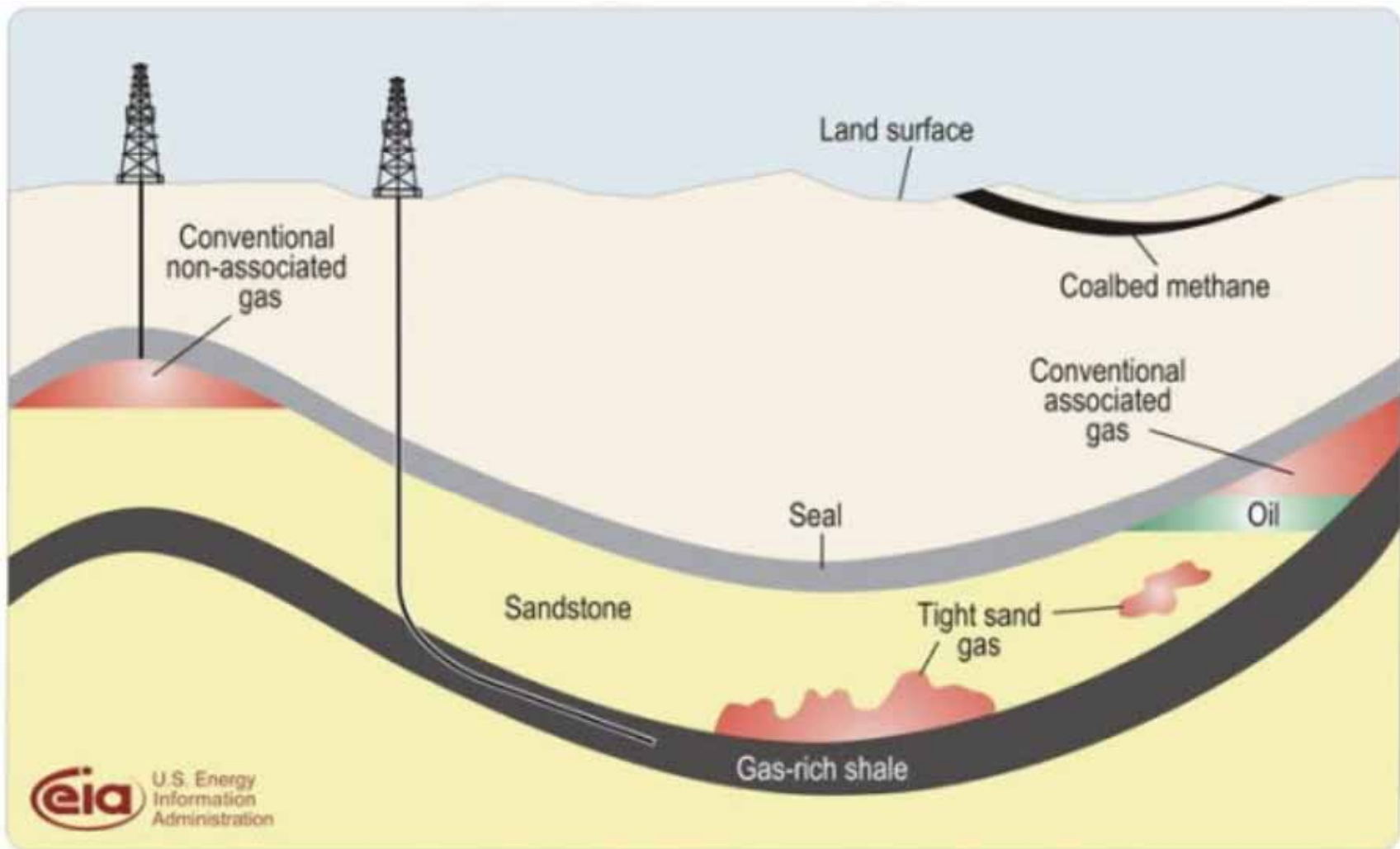


© Paul Glover

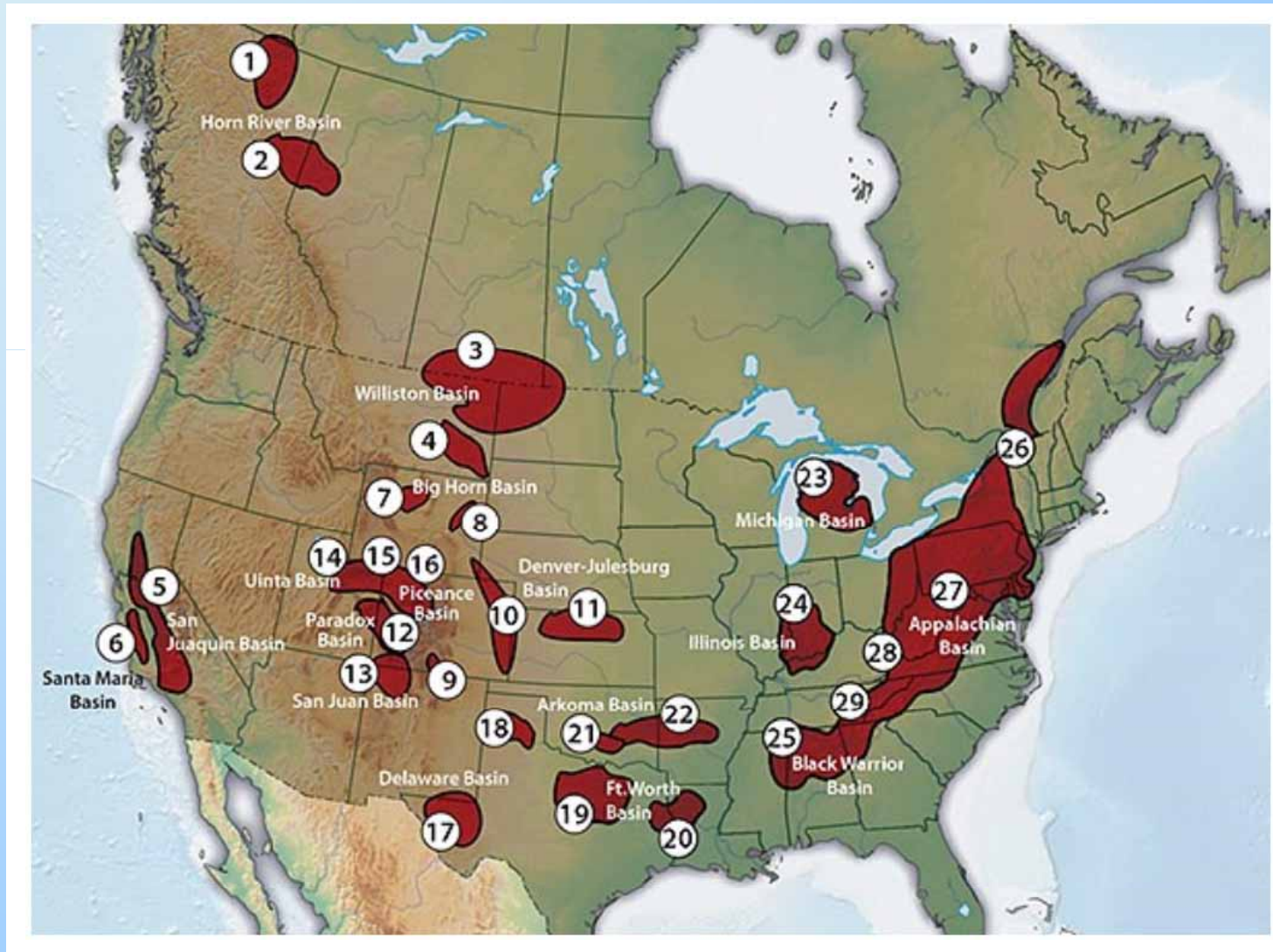
- ❖ Pas de migration
- ❖ Pas de stockage
- ❖ Pas de roche couverture
- ❖ Pas de structure spéciale nécessaire



<http://www.altairresources.com/page.aspx?id=62>

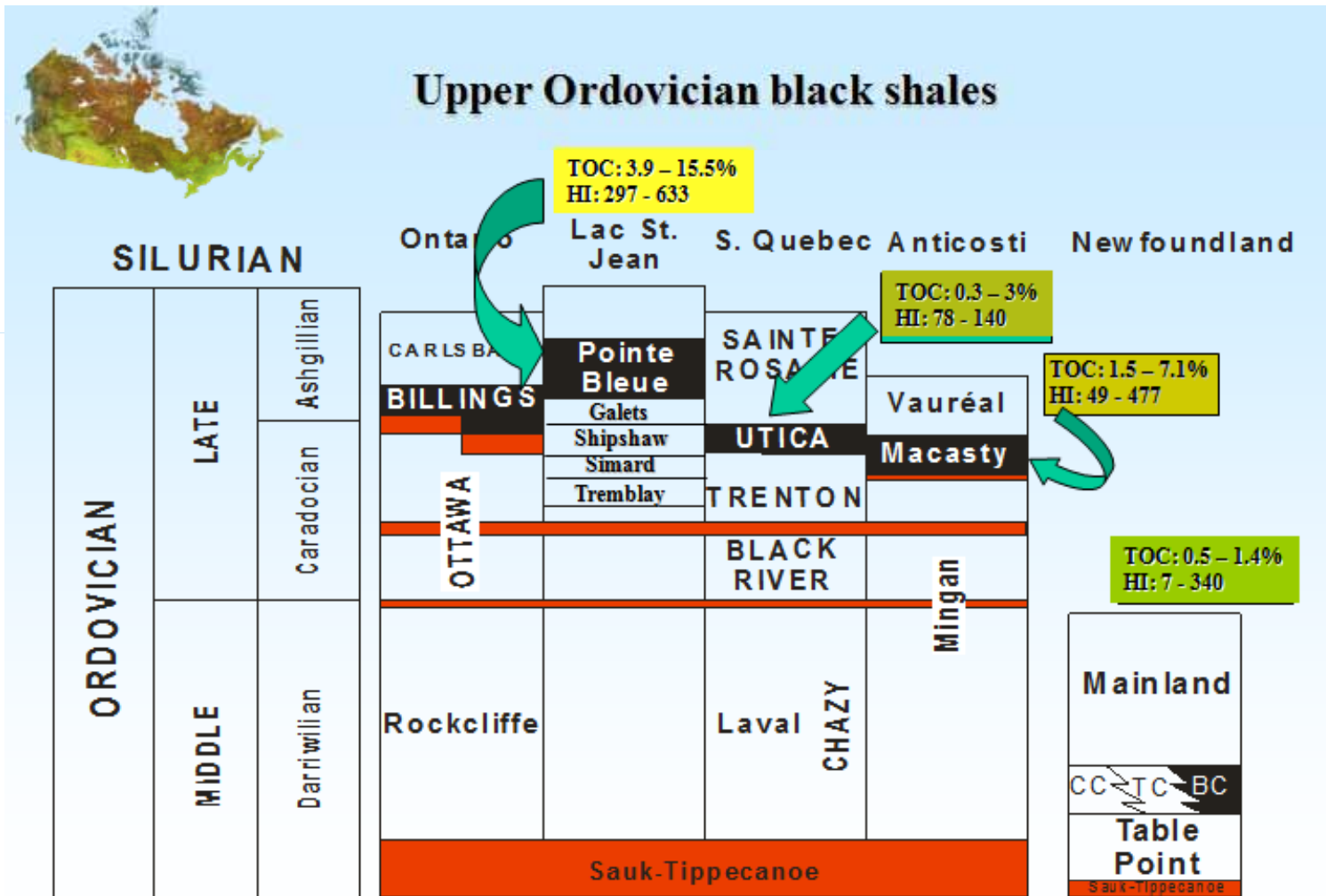


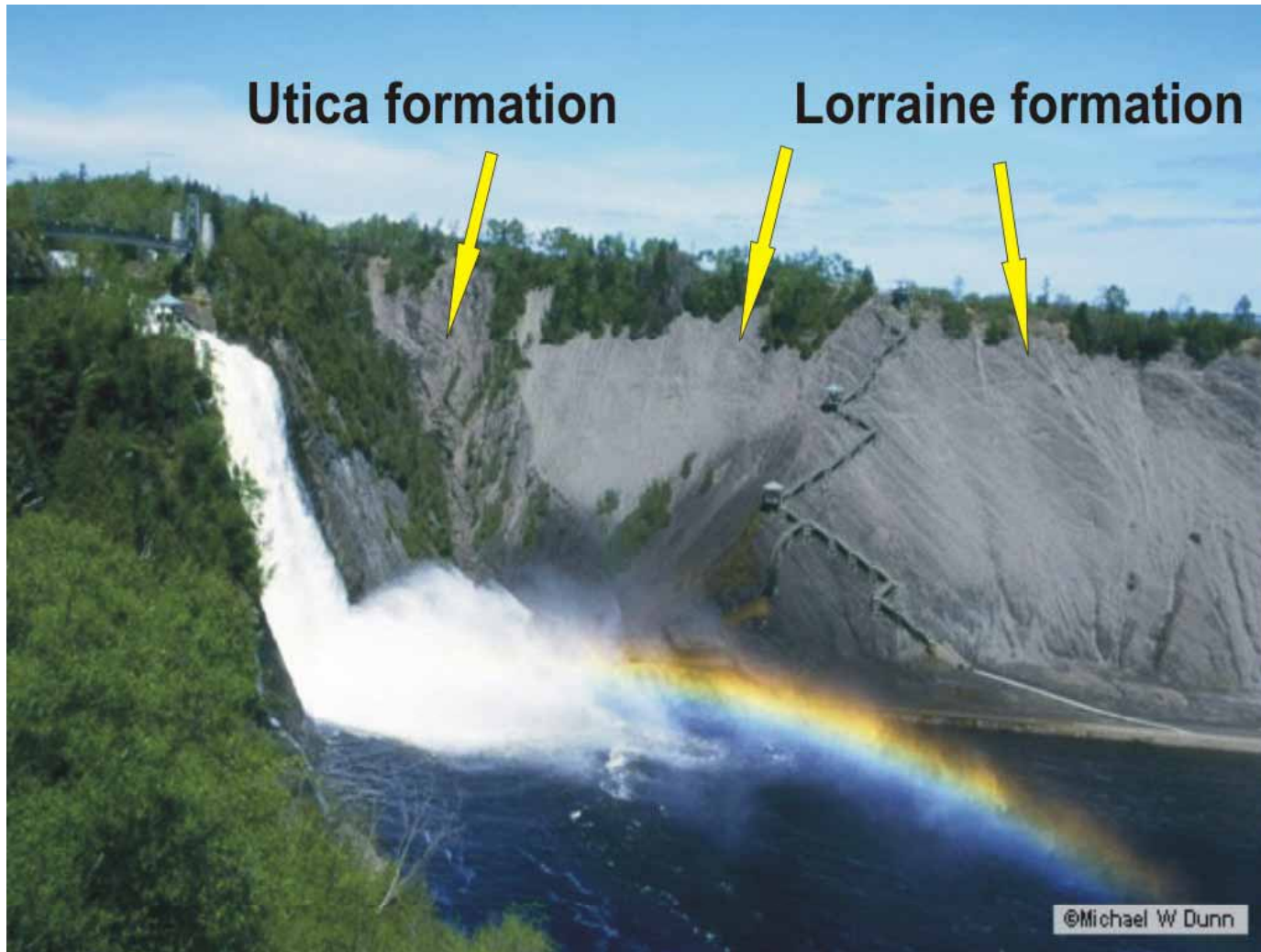
Source: EIA



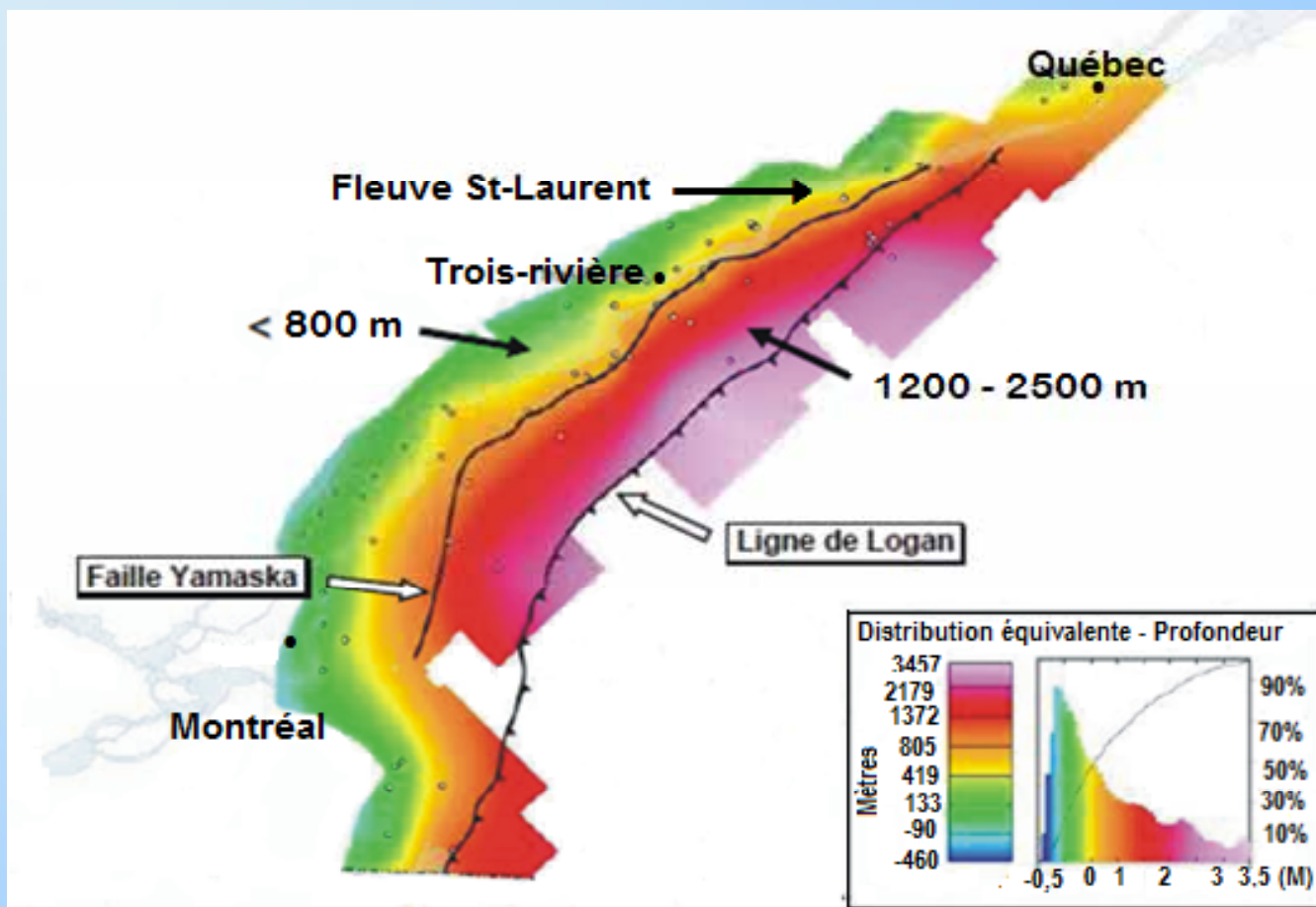
[http://www.energyindustryphotos.com/shale\\_gas\\_map\\_shale\\_basins.htm](http://www.energyindustryphotos.com/shale_gas_map_shale_basins.htm)

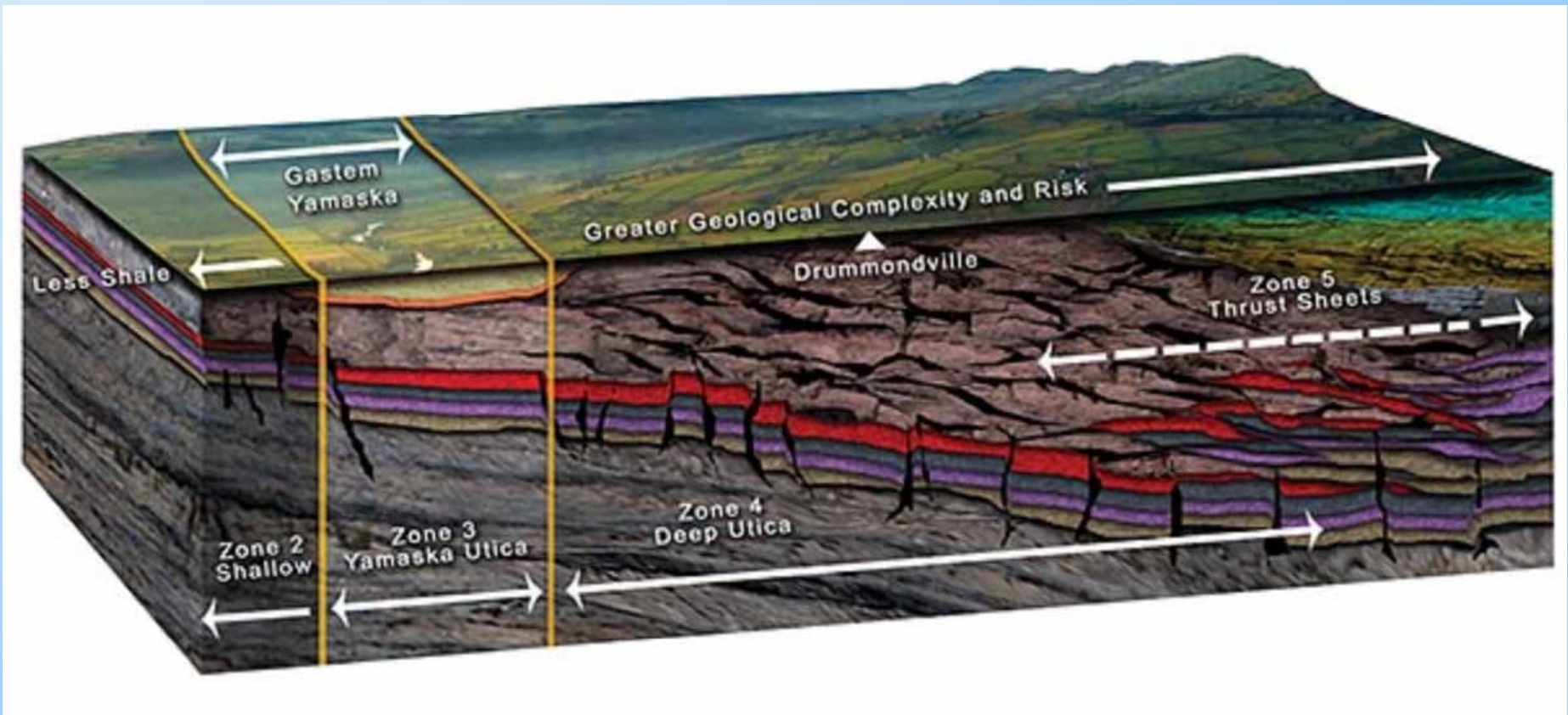




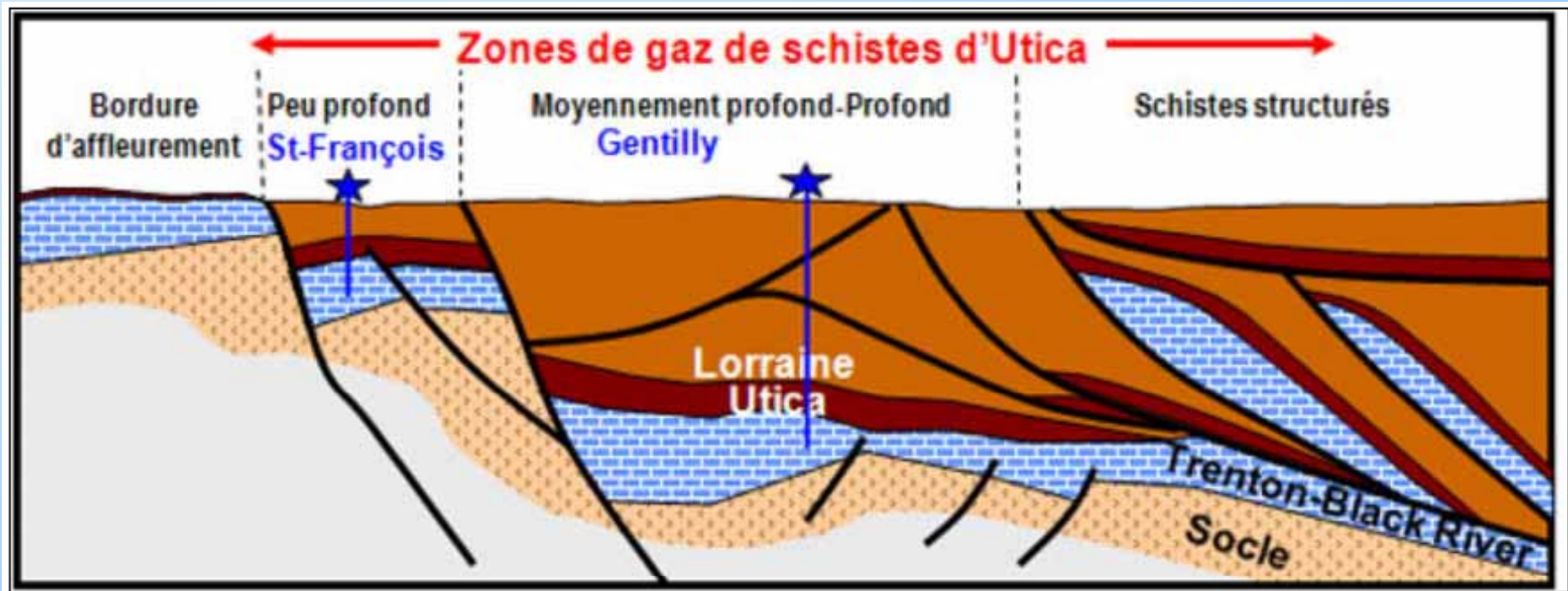


© Paul Glover

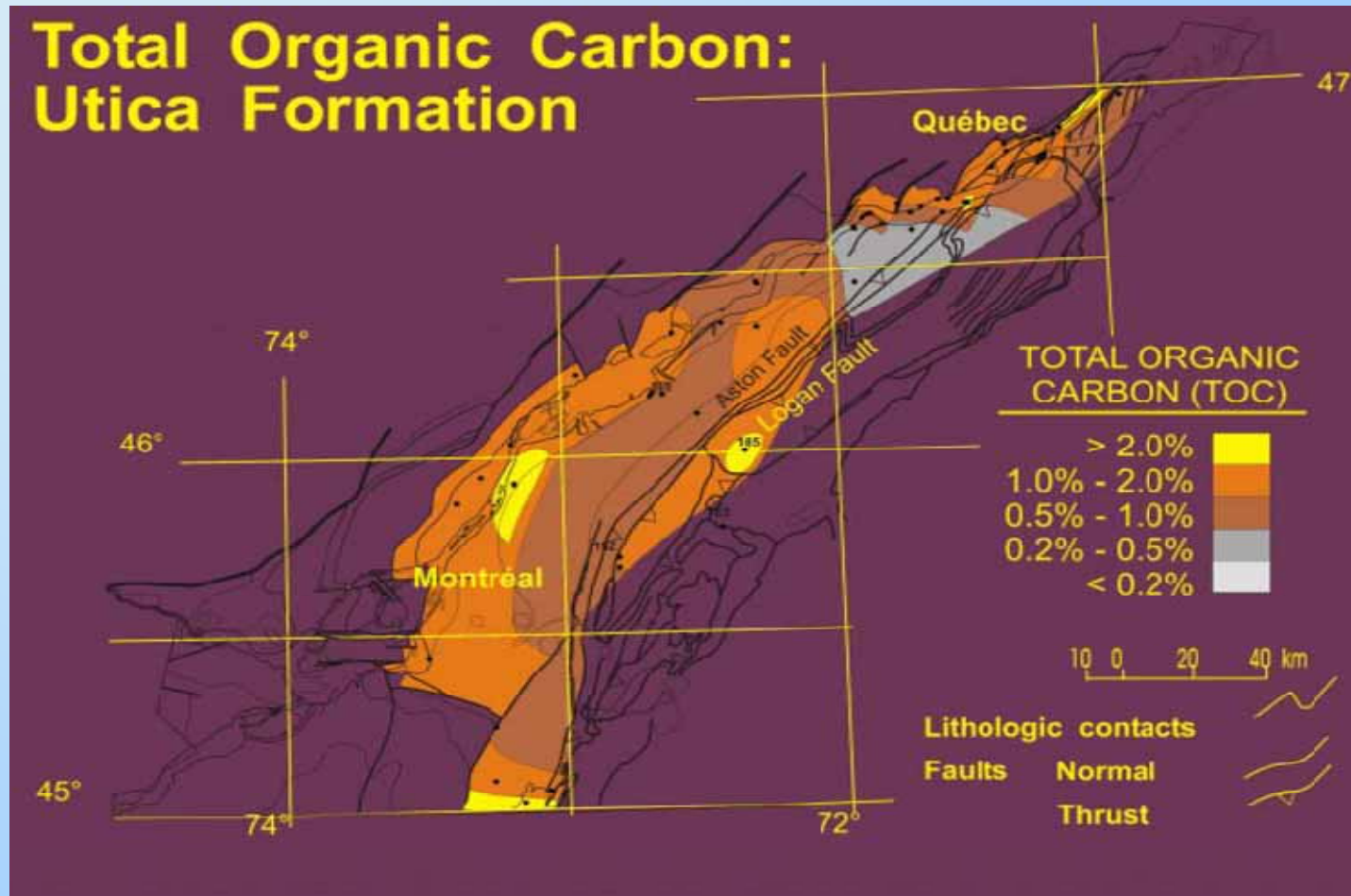


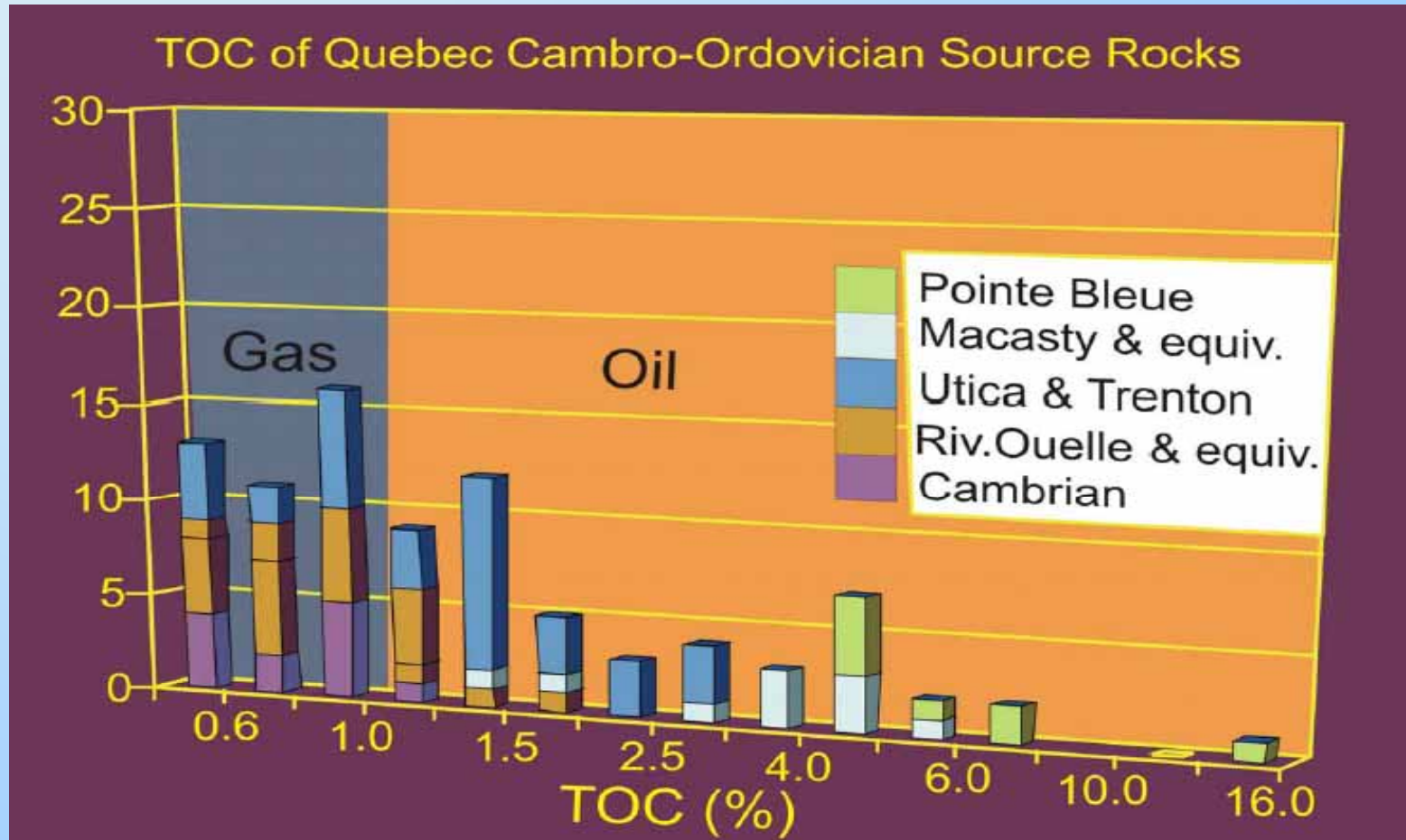


<http://www.aapg.org/explorer/2010/01jan/shale0110.cfm>



Source: Ziff Energy Group with modifications from Talisman Energy, 2008.





	Utica Shale : QC & NY	Barnett Shale
Depth (ft)	2,000 – 6,000	4,500 – 9,000
Thickness (ft)	250 – 800	150-700
% Clay	15 – 26 <sup>1</sup>	15 - 30
TOC (%)	1.0 – 3.1	3.5 – 5.0
% Porosity (Free Gas)	3.2 – 3.7 <sup>1</sup>	3.0 – 4.8
Pressure Gradient	0.45 – 0.60 <sup>1</sup>	0.46 – 0.50
Thermal Maturity	1.3 - 2.0	1.0 – 2.2
OGIP	93 - 100 BCF/ Section <sup>1</sup>	207 BCF/ Section <sup>3</sup>
Gas Price (USD)	NYMEX + \$1.00 <sup>2</sup>	NYMEX – \$0.53 <sup>1</sup>

Graphic courtesy of Gastem Inc.

Jean-Yves Chatellier (Talisman Energy) a constaté publiquement “The Utica has Incredible-Gas-In-Place.”

“In some areas, the Utica is overpressured, delivering more gas per unit volume of rock.”



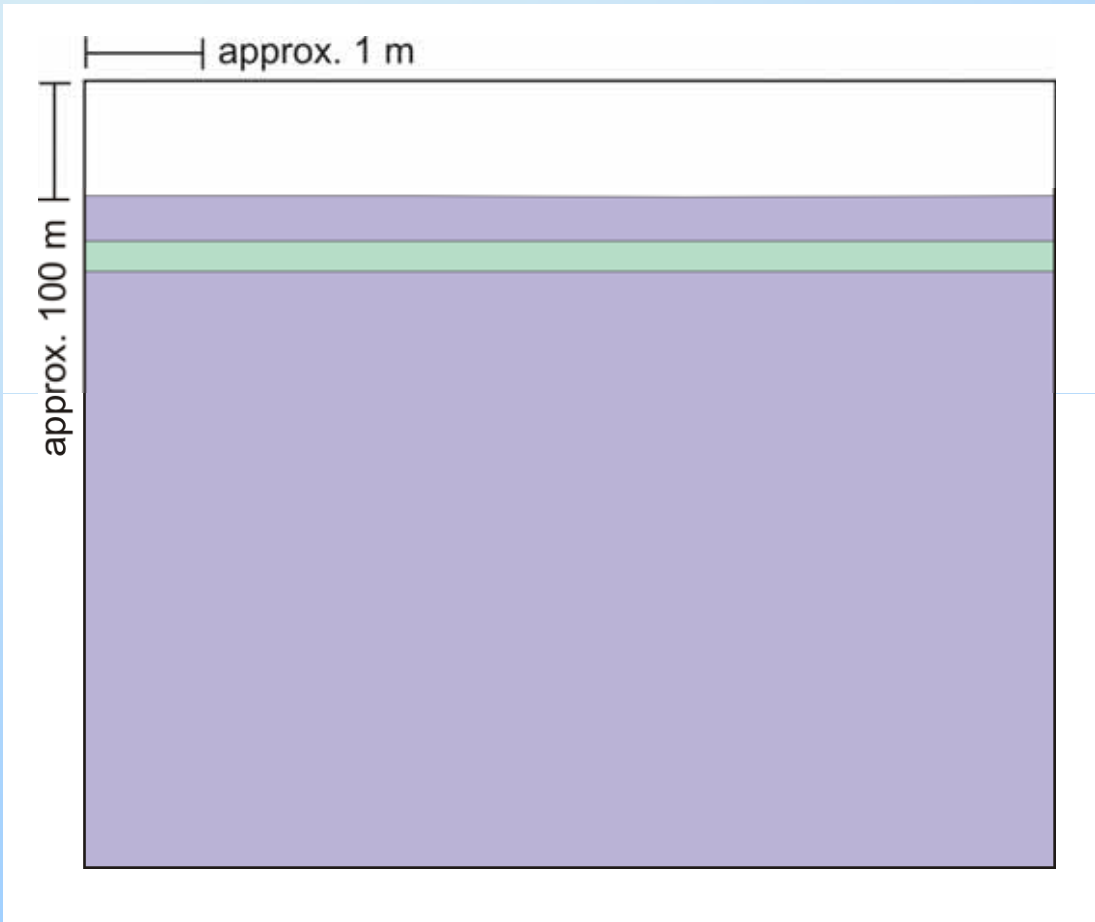


- ❖ Utica peut donner plus du gaz que le volume de roche qui le produise.
- ❖ Le gaz peut être produit peut à peut selon la demande
- ❖ De haute qualité (>90% méthane)
- ❖ Peut être vendu à une bonne prix (NYMEX+\$1)
- ❖ Il est une source d'énergie nette
- ❖ Il libère des ressources pétrolières en haut limitées pour des utilisations matérielles et substantielles
- ❖ Le réseau des gazoducs sont déjà 90% construit
- ❖ Il y a une marché locale et une marché internationale Local market and international facilement accessible

- ❖ Il exige une meilleure gestion des ressources en eau
- ❖ Il exige un meilleur traitement et recyclage des fluides d'hydrofracturation
- ❖ Il exige une meilleure gestion de transports routiers
- ❖ Il exige la construction de quelques gazoducs et routes temporaires
- ❖ Il exige la bonne communication et des arrangements de compensation pour des populations locales
- ❖ Il exige la nouvelle réglementation du secteur par le gouvernement

Pour le vidéo que l'on a montré  
ici dans la présentation originale,  
allez s'il vous plaît à

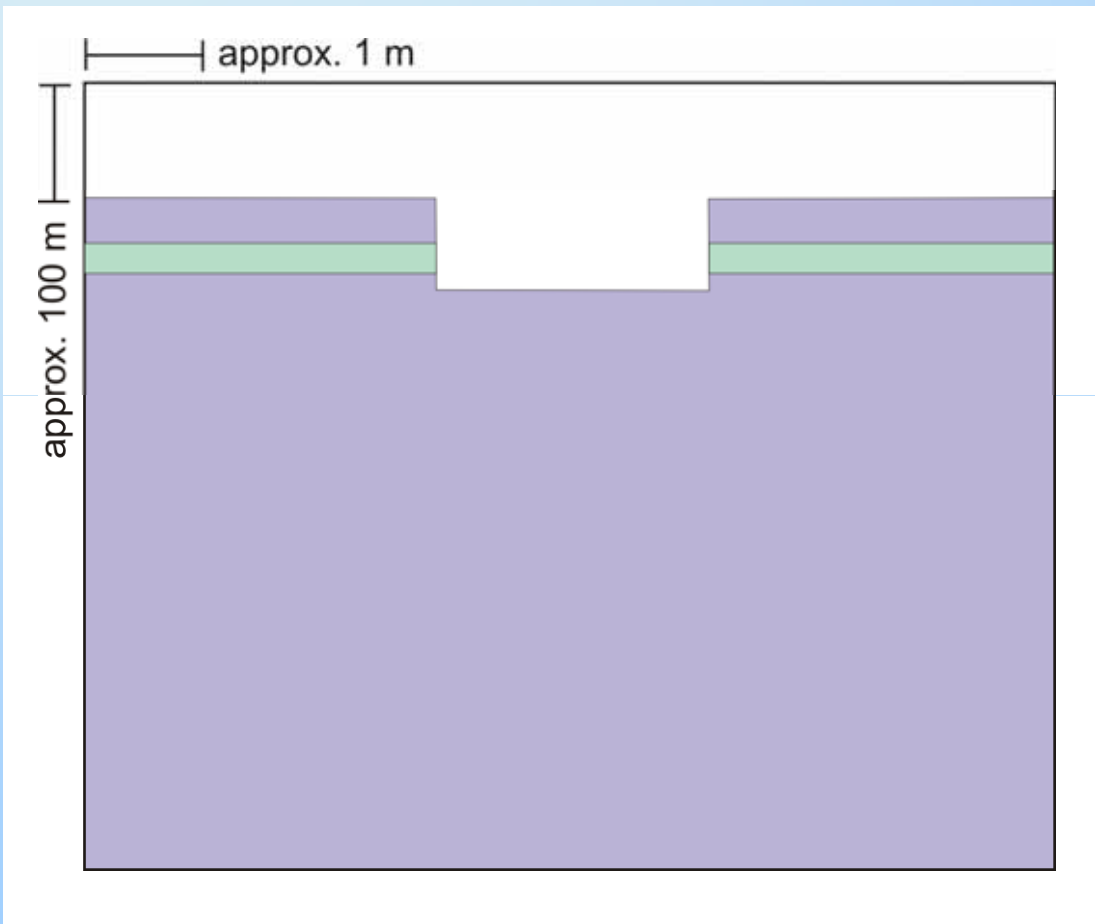
<http://www.questerre.com/fr/gaz-de-shale/french-videos/>



© Paul Glover

**Échelles verticales et latérales sont différentes**

**Un aquifère existe près de la surface**



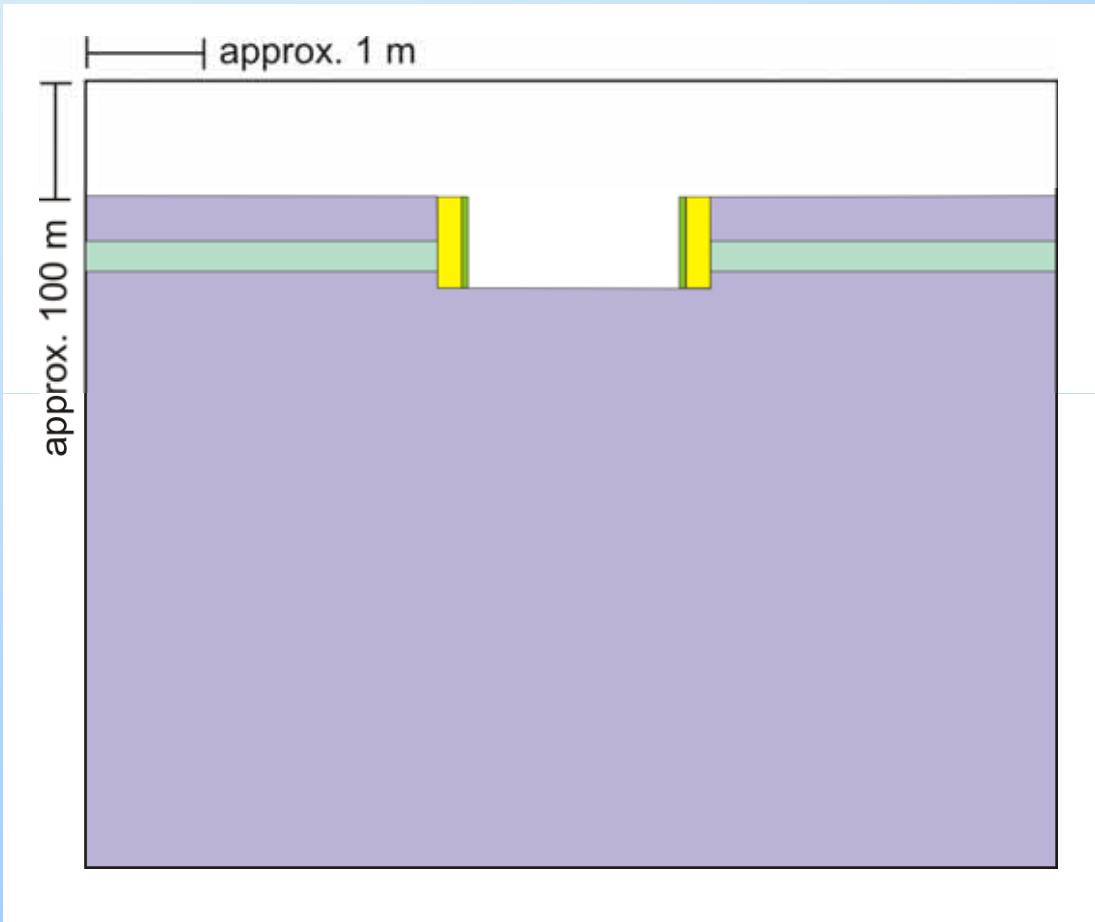
© Paul Glover

**Forez le premier 50 – 100 m**

**Avec un grand trépan**

**À travers l'aquifère**

**Le parois devient couvert du  
boue de forage, qui protège  
l'aquifère temporairement**

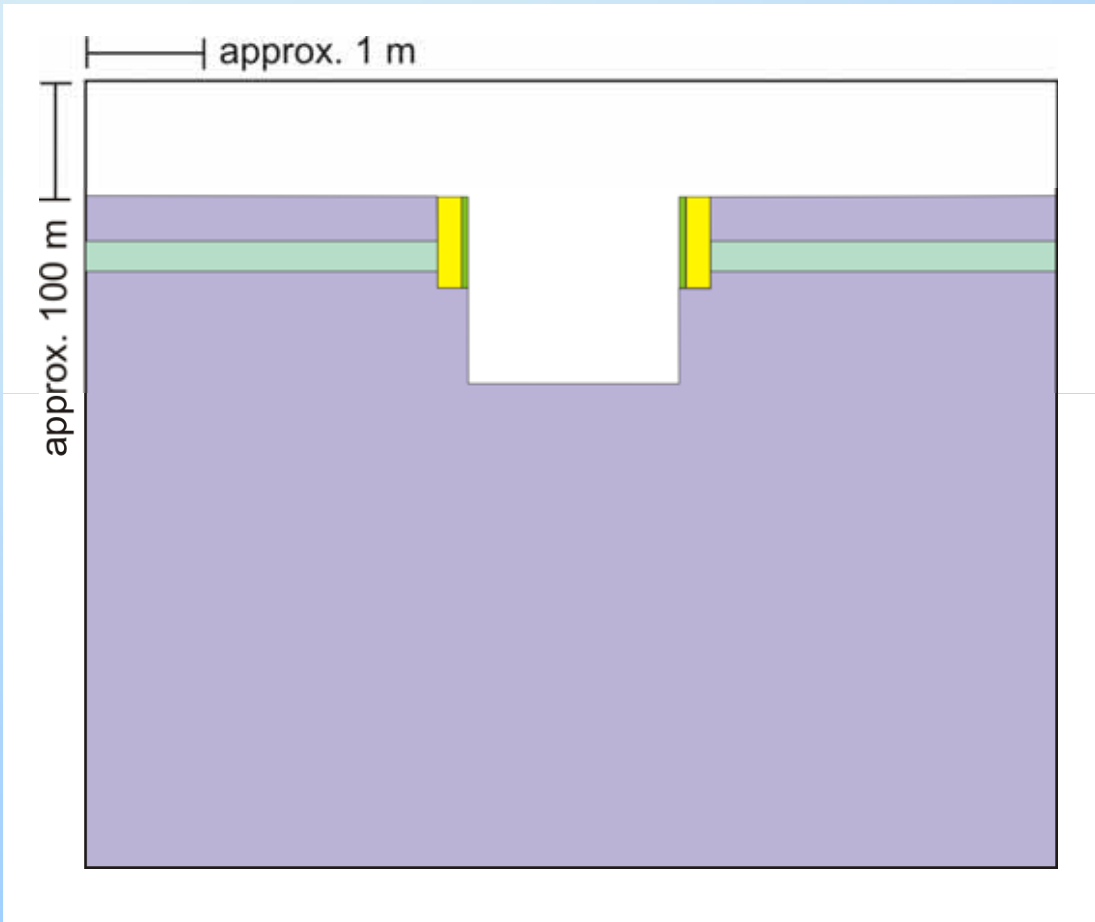


© Paul Glover

**Une tubage en acier est  
insérée (vert) - coffrage**

**Fixez le tube en place avec le  
ciment**

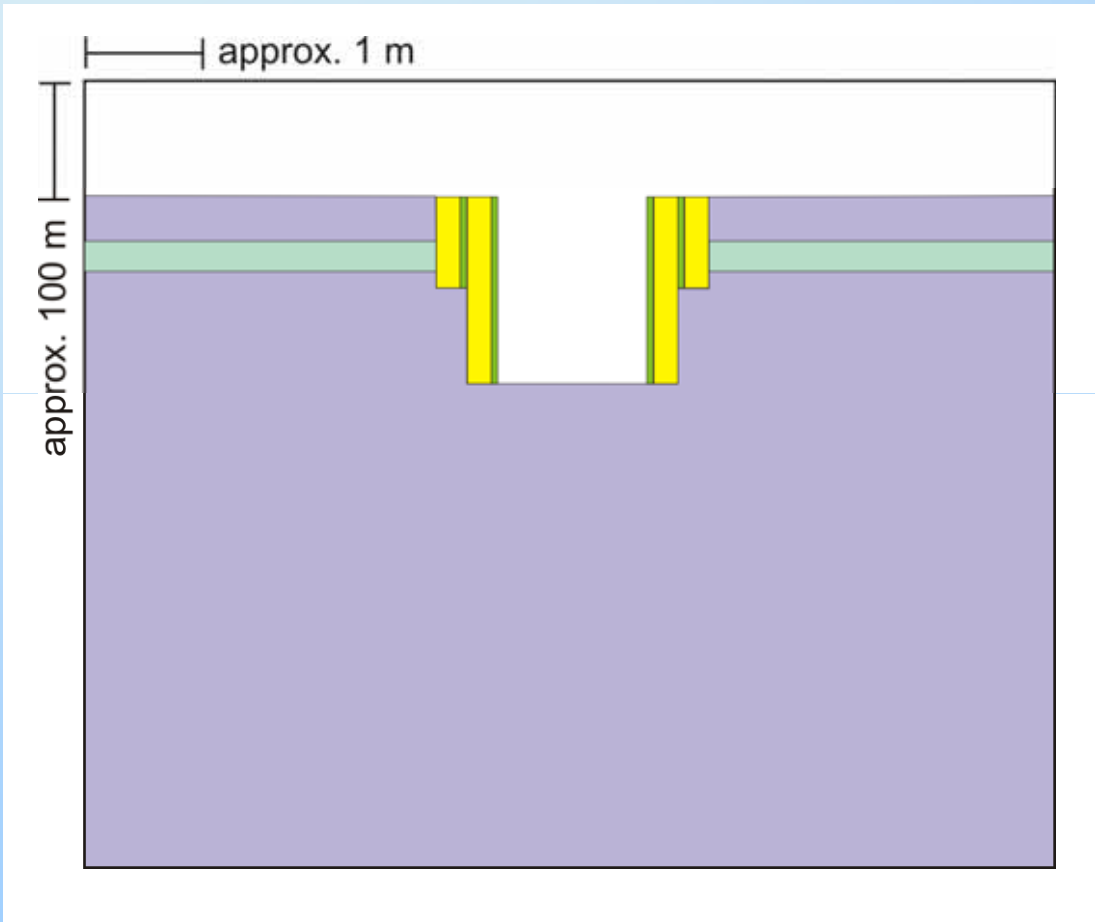
**L'aquifère est protégé de  
manière permanente par une  
couche d'acier et une couche  
de ciment imperméable**



© Paul Glover

**Forez plus loin avec un  
trépan assez petit pour entrer  
dans le tubage en acier**



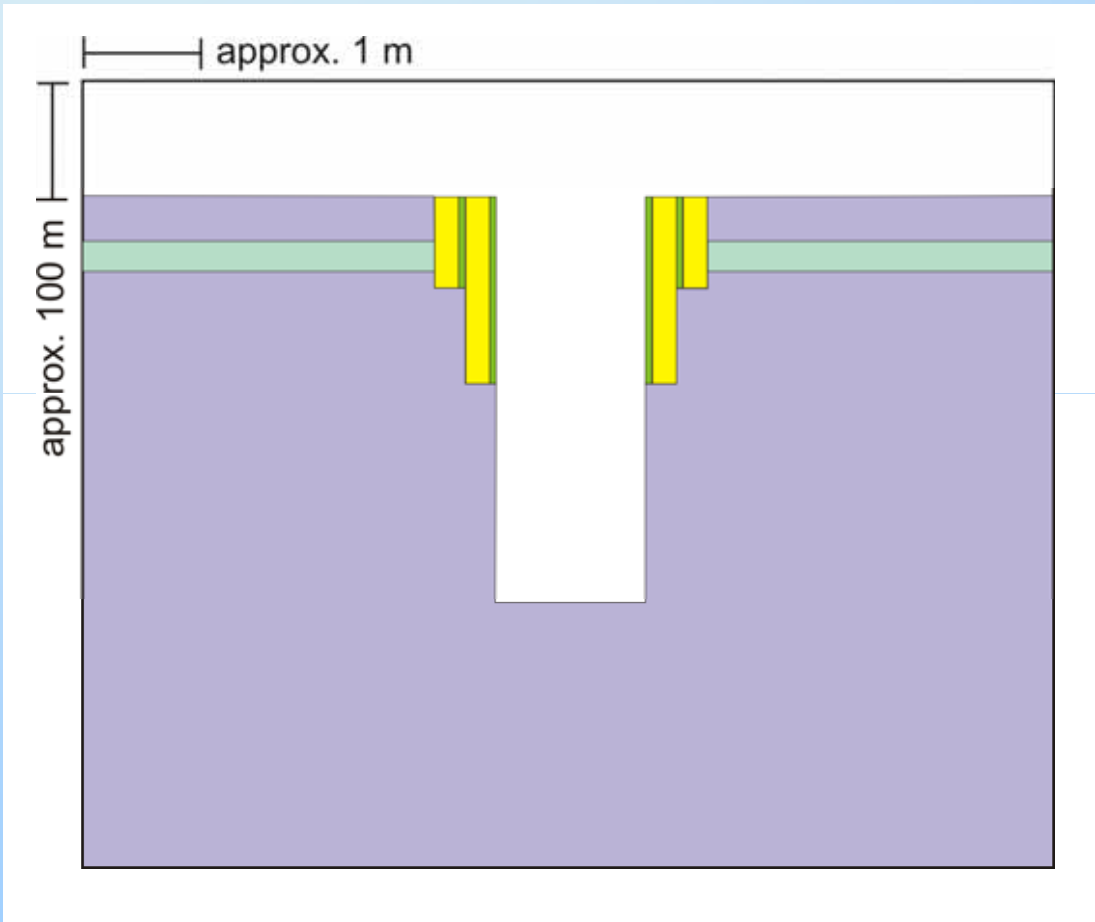


© Paul Glover

**Ajouter une deuxième tubage en acier (vert)**

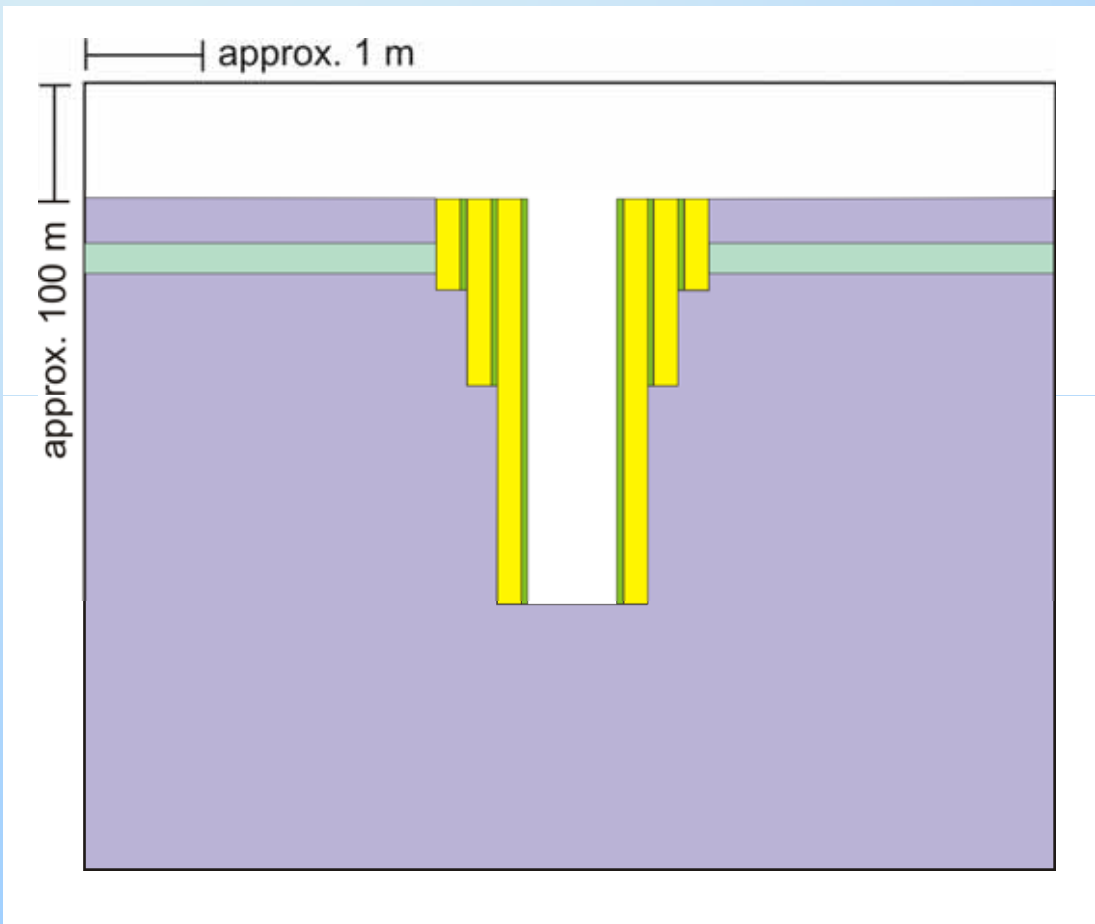
**Fixez le tube en place avec le ciment**

**L'aquifère est protégé de manière permanente par 2 couches d'acier et 2 couches de ciment imperméable**



© Paul Glover

**Forez plus loin avec un  
trépan assez petit pour entrer  
dans le tubage en acier**

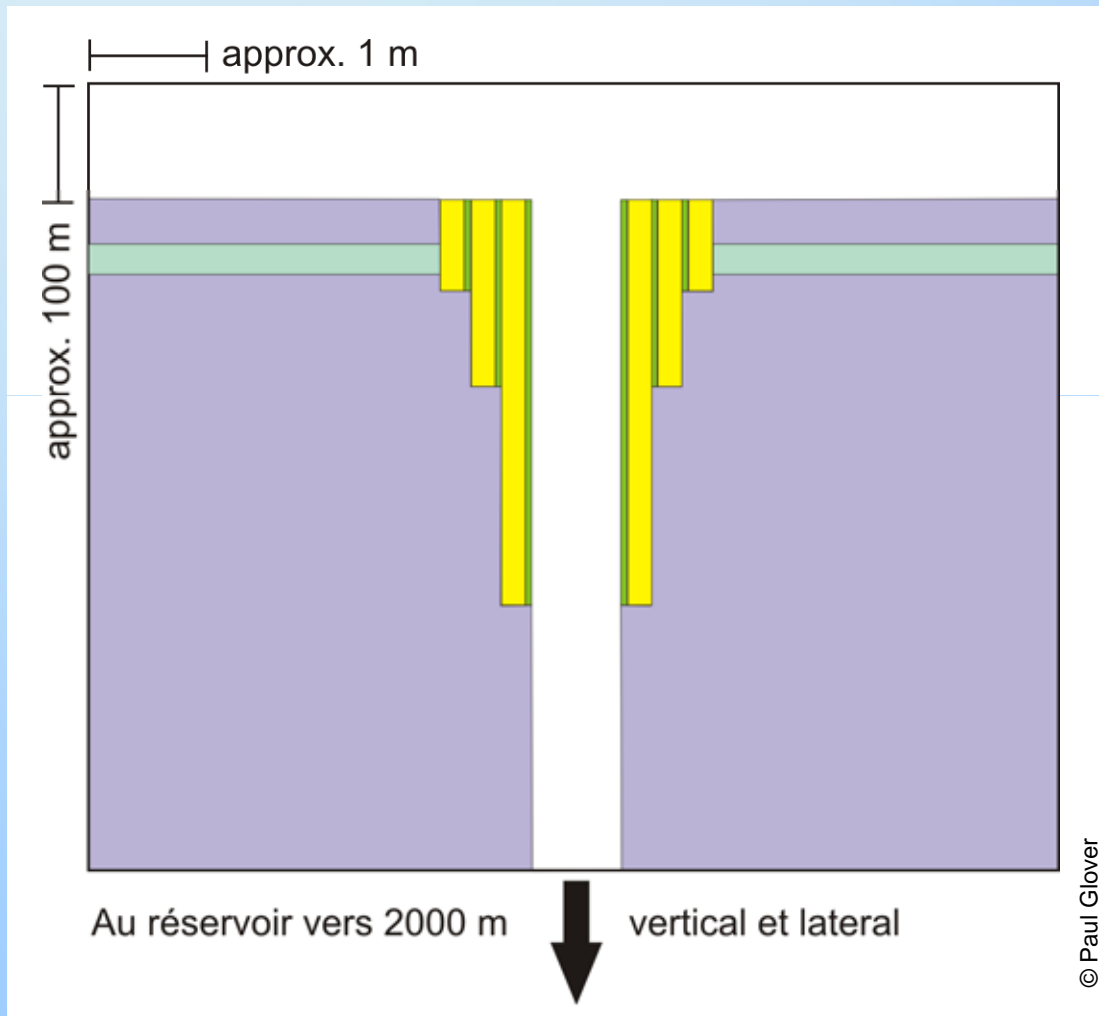


© Paul Glover

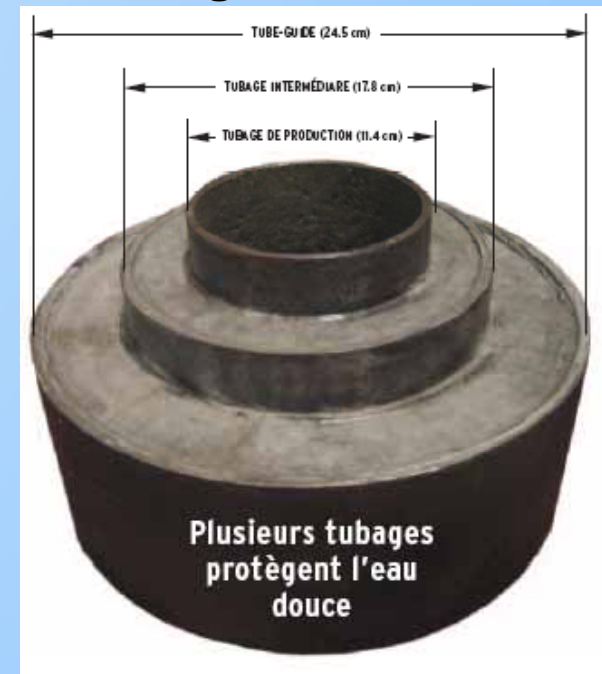
**Ajouter une troisième tubage en acier (vert)**

**Fixez le tube en place avec le ciment**

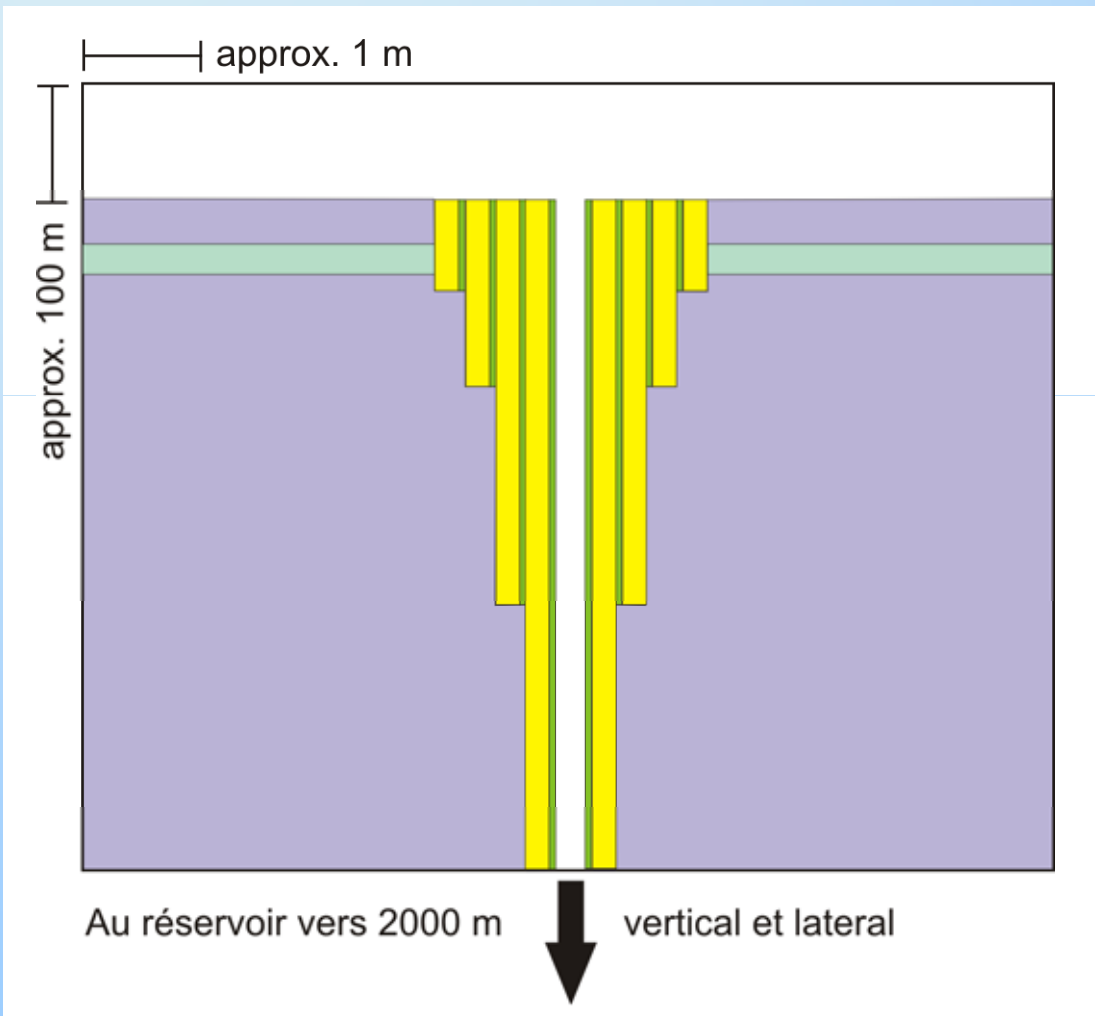
**L'aquifère est protégé de manière permanente par 3 couches d'acier et 3 couches de ciment imperméable**



**Forez au fin de la section verticale du puits, puis tournez et forez horizontalement avec un trépan assez petit pour entrer dans le tubage en acier**



<http://www.questerre.com/assets/files/PDF/Hydraulic%20Fracturing%20Backgrounder%20FR%20%283%29.pdf>

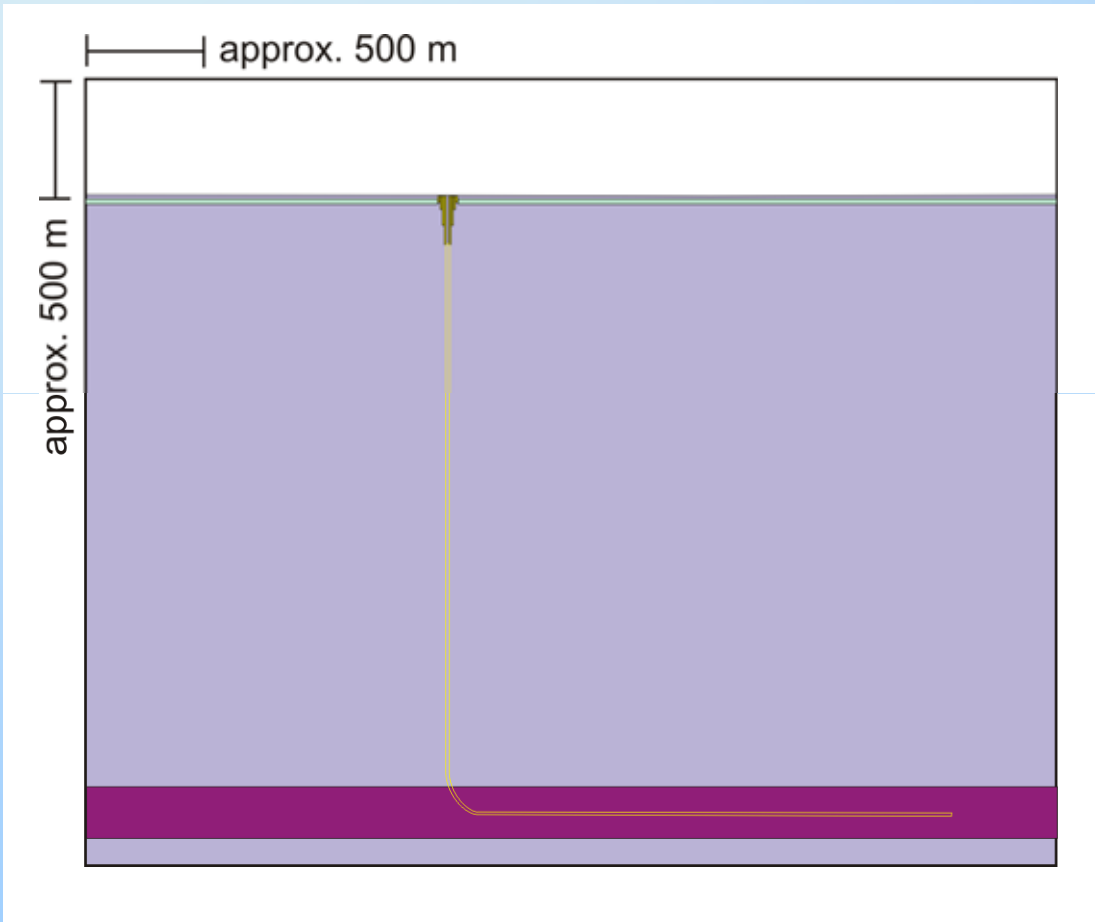


**Ajouter une autre tubage en acier (vert) – le coffrage de production**

**Fixez le tube en place avec le ciment**

**L'aquifère est protégé de manière permanente par 4 couches d'acier et 4 couches de ciment imperméable**

© Paul Glover



**Il y a du coffrage toute la longueur du puits (le puits est completé)**

© Paul Glover



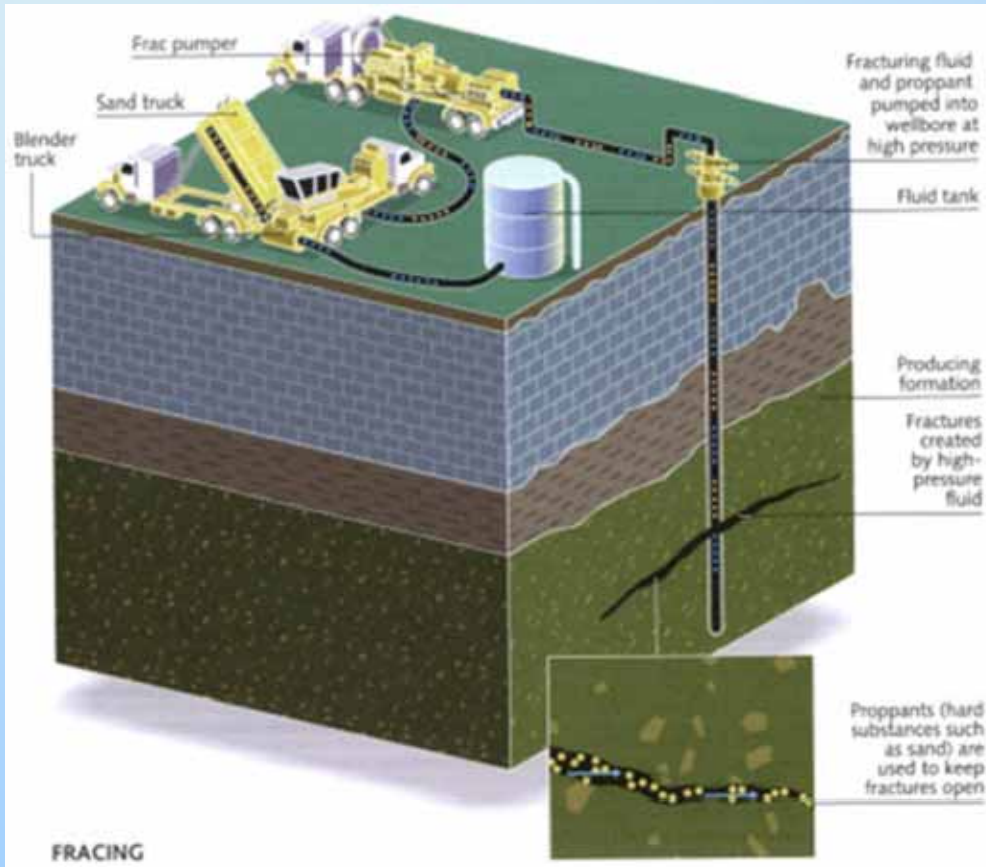
Photo © 2010 J. Henry Fair

Chaque 'pad' comprend approx. 60 m x 60 m

Photo © 2010 J. Henry Fair



Site restoration leaves only a  
hard standing, a BOP and a  
compressor



Source: JuneWarren Publishing, 2008.

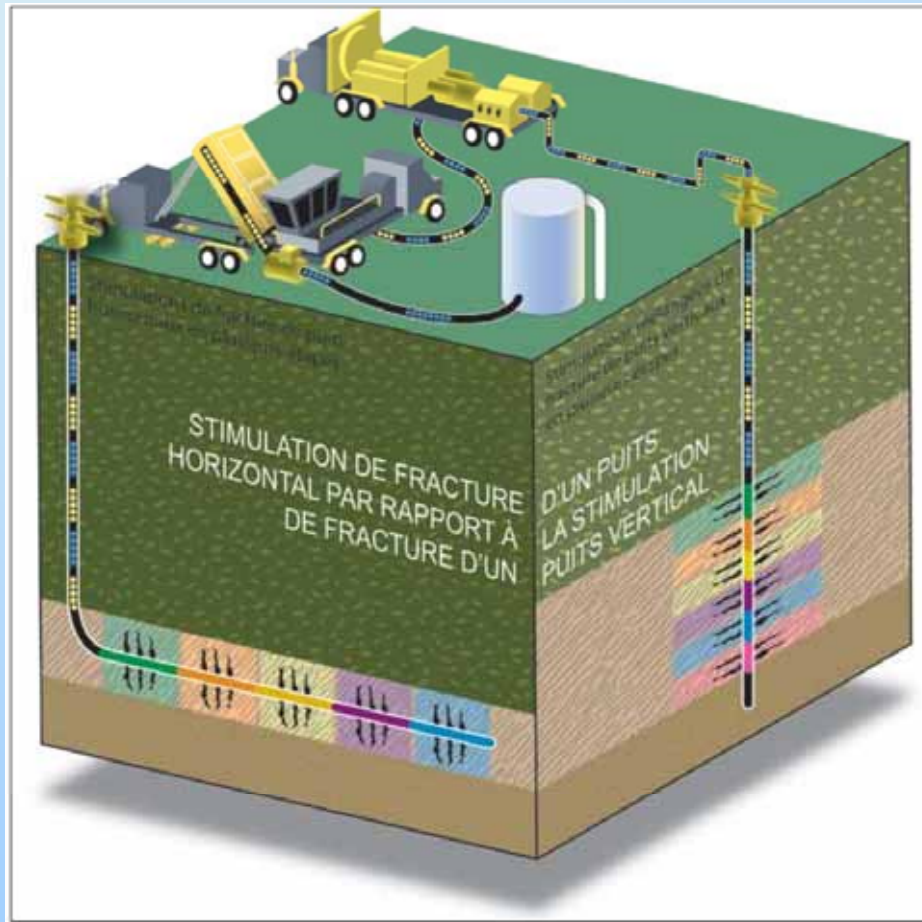
**Pression:** Plus grand que celle imposé par le poids de la roche et des fluides au dessous et des contraintes horizontales

**Épaisseur des fractures:**  
Approx. une demie pouce

**Longeur des fractures:**  
10 cm – 10 m

Les fractures sont gardées ouvertes avec du sable





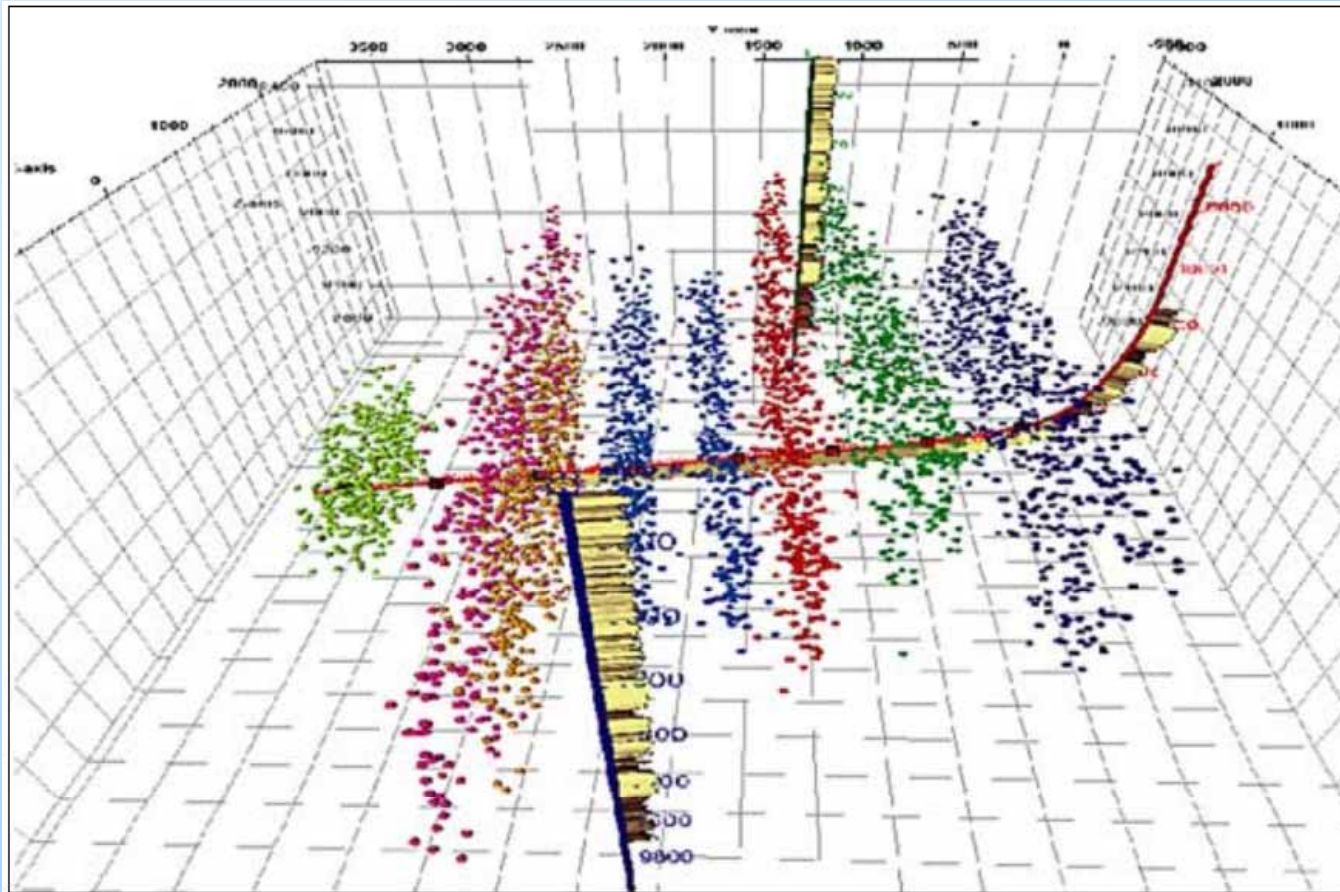
Source: JuneWarren Publishing, 2008.

**Pression:** Plus grand que celle imposé par le poids de la roche et des fluides au dessous et des contraintes horizontales

**Épaisseur des fractures:**  
Approx. une demie pouce

**Longeur des fractures:**  
10 cm – 10 m

Les fractures sont gardées ouvertes avec du sable



Source: Schlumberger, 2007.

**La technique microsismique peut indiquer en temps réel la progression de la fracturation**

- ❖ Fluides d'hydrofracturation
  - Composants
  - Source & volumes
  - Recyclage et traitement
- ❖ Contamination d'aquifères
  - 3 sources possibles
- ❖ Acidification
- ❖ Radiation et métaux toxiques
- ❖ Sismologie
- ❖ Transport
- ❖ Gazoducs
- ❖ Dégâts et implications environnementaux (aesthetique et pratique) et restoration

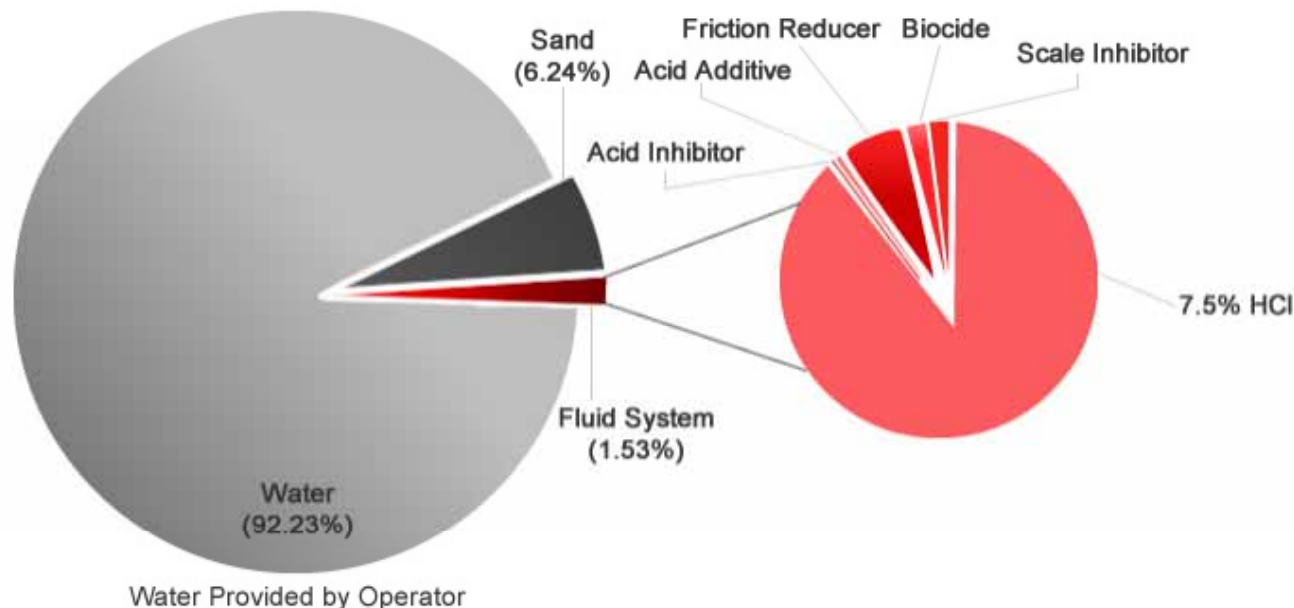
## ❖ Fluides d'hydrofracturation - Composants

- Composants sont variable mais peut être vu sur le site

[http://www.halliburton.com/public/projects/pubsdata/Hydraulic\\_Fracturing/index.html](http://www.halliburton.com/public/projects/pubsdata/Hydraulic_Fracturing/index.html)

## ❖ Typiquement

### Overall Percentage



### Additives

[Additives](#) | [Overall Percentage](#) | [Constituents](#)

Product Name	Additive	Purpose	Concentration	U.S. MSDS
BE-9	Biocide	Prevents or limits growth of bacteria that can cause formation of scale and other deposits in the wellbore and fracture network	0.3 gal/1000 gal	
	Acid treatment		5 gal/ 1000 gal of HCl acid volume	
	Fracturing fluid with the least		0.5 – 1 gal/1000 gal	
	Fracturing fluid (ellbore and		0.1-2.0 gal/1000 gal of HCl acid volume	
	Fracturing treatment		1000-4000 gal run ahead of frac	
	Fracturing fluid (pale) on sides of the		0.25 – 0.5 gal/1000 gal	
	Fracturing fluid (w to well)		0.5 – 1.0 lbs	
	Fracturing fluid (w to well)		0.75 – 3.0 lbs	
	Fracturing fluid (w to well)		2.0 - 3.0 lbs	
	Fracturing fluid (part, also can be		N/A	Supplied by Customer

- ❖ Fluides d'hydrofracturation
  - En détail avec les utilisations domestiques
- ❖ Le diesel qui était le seule inquiétude du EPA en 2004 n'est plus utilisé
- ❖ Au Québec il faut qu'il existe les règlements sur la publication des composants
- ❖ Le même information est disponible au Québec  
<http://www.questerre.com/assets/files/PDF/Hydraulic%20Fracturing%20Background%20%282%29.pdf>

## Constituents

[Additives](#) | [Overall Percentage](#) | [Constituents](#)

Constituents are the individual components used to form the additives described above.

In the table below, we identify these associated components, disclose their specific Chemical Abstracts Service (CAS) identification numbers, and list several prominent common uses for each.

Constituent Name	Generic Name	CAS Number	Common Use	Hazardous as Appears on MSDS
Acetic Acid	Organic Acid	64-19-7	Processed Fruit, Cheese, Meat and Poultry	Yes
Acetic Anhydride	Anhydride	108-24-7	Agricultural Microbiocide Agent	Yes
Acetophenone, Thiourea, Formaldehyde Polymer	Modified Thiourea Polymer	68527-49-1	Industrial Acid Corrosion Inhibitor for Cooling Towers and Boilers	No
Alcohol, C14-C15 Ethoxylate	Polyoxyalkylene	68951-67-7	Liquid Detergent, Disinfectant Toilet Cleaner, Stain Remover	No
Alcohol C12-C16 Ethoxylated	Alcohols, Ethoxylated	68551-12-2	Car Wash Liquid, Laundry Stain Remover, Air Freshener	No
Ammonium Chloride	Inorganic Salt	12125-02-9	Hand Wash, Shampoo, Breakfast Cereal	Yes
Alpha Olefin Blend	Olefins	64743-02-8	Industrial / Commercial Metal Cutting Agent	No
Crystalline Silica, Quartz	Silica	14808-60-7	Hand Cleaner, Laundry Cleaner, Cat Litter	Yes
Fatty Acid Tall Oil Blend	Fatty Acids, Tall Oil	61790-12-3	Car Polish, Industrial Hand Cleaner	No
Formaldehyde	Aldehyde	50-00-0	Liquid Detergent, School Glue, Hand Soap	No
Hydrochloric Acid	Inorganic Acid	7647-01-0	Table Olives, Unripened Cheese, Cottage Cheese	Yes
Hydrotreated Light Petroleum Distillate	Hydrocarbon - Petroleum Distillate	64742-47-8	Oil Wood Stain, Air Freshener, Surface Cleaner Aerosol	Yes
Methanol	Alcohol	67-56-1	Furniture Refinisher, Liquid Hand Soap, Windshield Washer Concentrate, Hops Extract	Yes
Phosphonic Acid, [[[phosphonomethyl]imino]bis[2,1-ethanediylnitro]bis(methylene)] tetrakis-, Ammonium Salt	Organic Phosphonate	70714-66-8	Biocide in Industrial Water Treatment applications**, Industrial and Institutional Cleaning, Pulp and Paper Industry	No
2-Propenoic Acid, Polymer with 2-Propenamide and Sodium 2-Propenoate	Polyacrylamide Copolymer	*	Testing for Use as Drug Delivery**, Testing for Use in Textile Dye Removal**	No
Propargyl Alcohol	Alcohol	107-19-7	Cement and Grout Cleaner, Industrial / Commercial Metal Cleaner	Yes
Sodium Chloride	Inorganic Salt	7647-14-5	Macaroni and Noodle Products, Canned Corn, Tomato Concentrate, Frozen Peas	No
Sorbitan Monooleate	Fatty Acid Ester	1338-43-8	Vitamin A Supplements, Sun Block, Towels	No
Sorbitan Monooleate Ethoxylated	Fatty Acid Ester Ethoxylate	9005-65-6	Shortening, Ice Cream, Chocolate and Chocolate Products	No
Tall Oil Acid Diethanolamide	Fatty Acid Tall Oil Amide	68155-20-4	Liquid Wax, Antiseptic Hand and Body Wash	No
Tributyltetradecylphosphonium Chloride	Organic Phosphonium Salt	81741-28-8	Restricted to Laboratory or Scientific Use Only	Yes
Water	Water	7732-18-5	Water Present in Additives (Not Water used as Carrier Fluid)	No

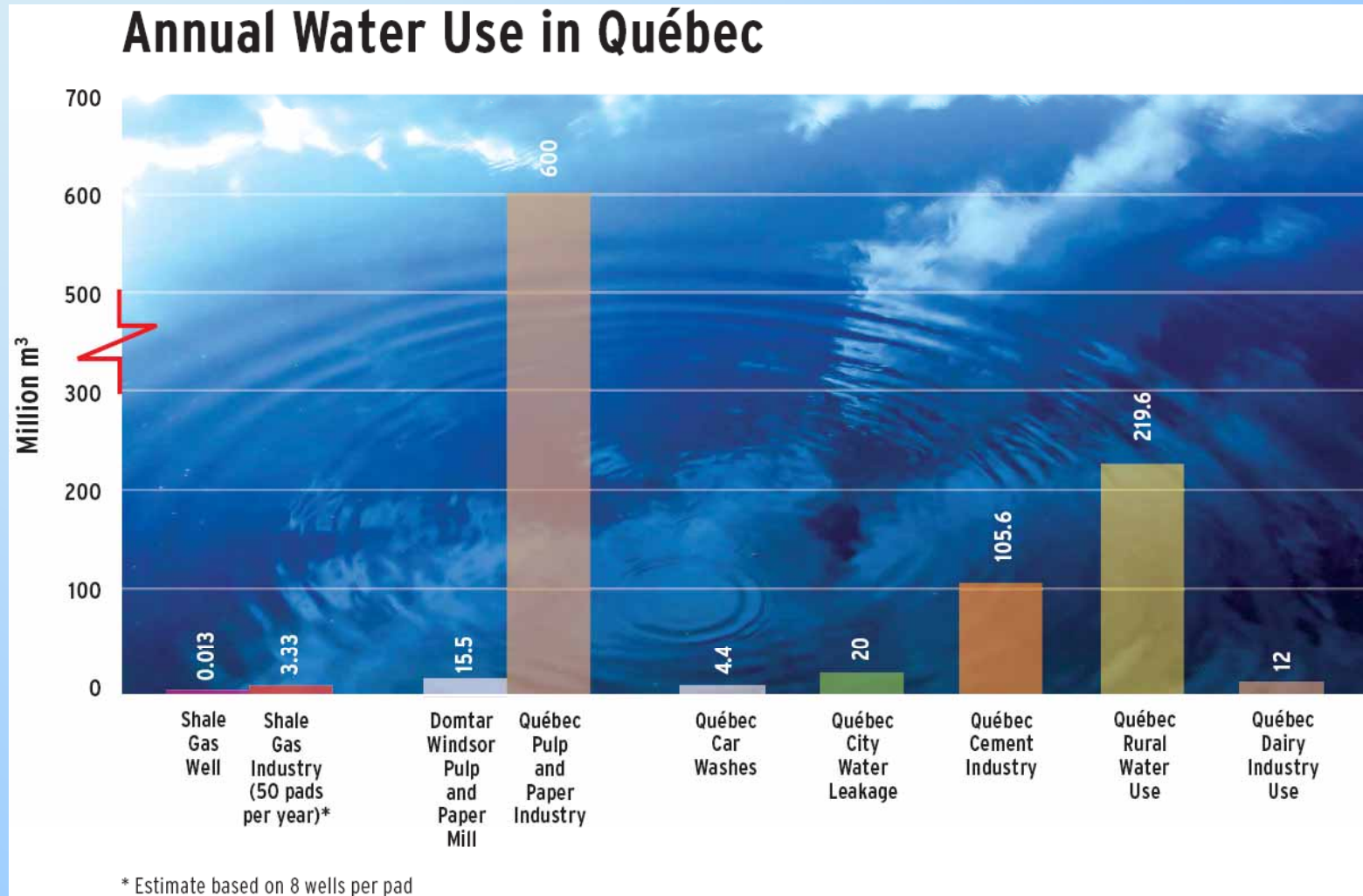
## ❖ Fluides d'hydrofracturation – Source & volume

### ❖ Eau

- ❖ Toute l'eau utilisée est prise de la surface (des rivières, des ruisseau, des lacs etc) l'utilisation de navires-citernes ou des pipelines temporaire
- ❖ Aucune eau n'est prise de réserves souterraines d'eau

- ❖ 1 grand puits horizontal avec multi-fracturation 20,000 m<sup>3</sup>
- ❖ Si on fait 200 par année qui représentent une exploitation mature des Basses Terres 4,000,000 m<sup>3</sup>
- ❖ **L'industrie papetière au québec par année utilise** **600,000,000 m<sup>3</sup>**
- ❖ Donc <1% des fluides utilisé par l'industrie papetière

## ❖ Fluides d'hydrofracturation – Volumes

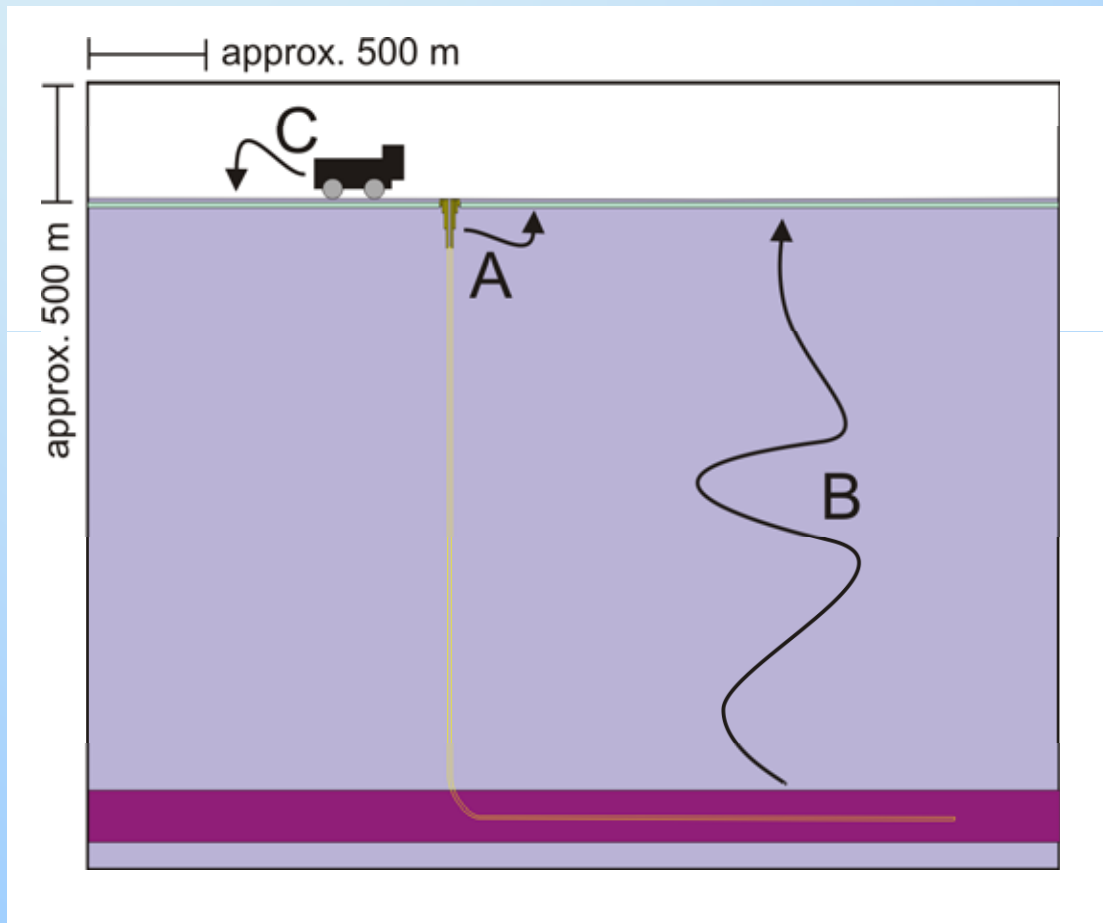


<http://www.questerre.com/assets/files/PDF/Water%20Use%20Background%20FR%20FINAL.pdf>

- ❖ **Fluides d'hydrofracturation – Recyclage et traitement**
- ❖ Les fluides recouvrée ont été analysé indépendement
  - Moins saline que l'eau de mer
  - Contient des traces des métaux lourds
  - Radioactivité négligible  
(plus petit que celui associé avec la granite des bordures de trottoir et de construction dans Vieux Québec)
- ❖ Résultats déjà soumis aux gouvernements et les usines de traitement d'eau
- ❖ Il peut être nécessaire de construire une usine de recyclage consacrée pour traiter l'eau si l'industrie grandit
- ❖ Ces niveaux de contamination ne causent aucune difficulté pour l'eau moderne réutilisant des unités



## ❖ Contamination d'aquifères



**Il s'agit 3 chemins potentiels pour la contamination d'aquifères**

© Paul Glover

- ❖ Contamination d'aquifères
  - Source A

Contamination possible mais la chance est très petite

- Chaque année il existe quelques puits avec cette problème
- Mais il y a des dizaines de mille des puits forés globalement chaque année
- Techniques existent pour diagnoster cette problème
- Techniques existent pour ameliorer les puits avec cette problème

On manque la reglementation à exiger la verification d'un puits avant hydrofracturation

- ❖ Contamination d'aquifères
  - Source B

Contamination possible en principe, mais ...

- Profondeur maximale de nappes phréatiques est approx 200 m
- Profondeur de l'Utica est approx 2200 m
- L'épaisseur du formation Lorraine est de 2000 m
- La Fm. Lorraine est un shale (↓ porosité, ↓ perméabilité, et plastique)
- Il n'y a pas de fractures en grand nombre dans la Lorraine
- La longueur des fractures est approx. 10 m

La contamination des nappes phréatiques par source B est minuscule

- ❖ Contamination d'aquifères
  - Source C

## Contamination possible à petite échelle



Photo: J. Henry Fair

On ne manque pas la réglementation, mais on manque l'enforcement

## ❖ Acidification

De temps en temps un acid (e.g., HCl) est mélangé avec le fluide d'hydrofracturation – quand il y a du calcite dans la roche à profondeur

Tous l'acide est transformé en  $H_2O$ ,  $CO_2$  (gaz) et  $CaCl_2$  par réaction avec la roche

Une goutte d'eau bouillante dans une piscine

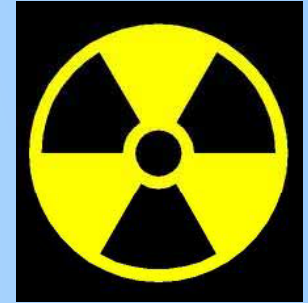
Il n'y a pas un risque pour les aquifères



<http://www.earth.ox.ac.uk/~oesis/field/index.html>

## ❖ Radiation et métaux toxiques

Il n'y a pas des choses radioactive ou des métaux toxiques dans le fluide d'hydrofracturation

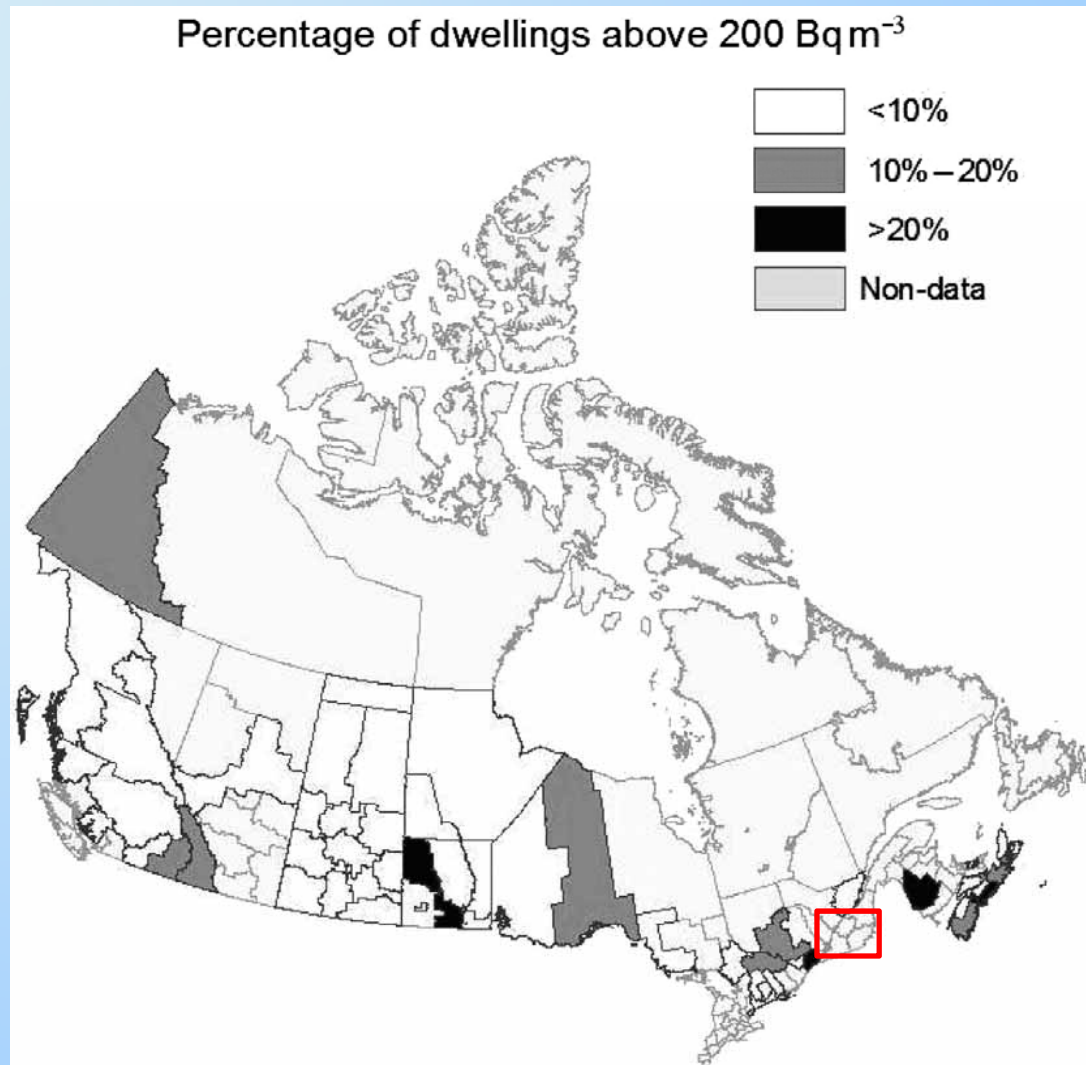


Il est possible qu'un peu de matériel radioactif ou des métaux toxiques dans l'Utica soit transporté à la surface au fur et à mesure que les fluides d'hydrofracturation sont recouvré, mais

- L'Utica ne contient pas ces matériaux en grande concentration, et
- La superficie et le temps pour la réaction (solution) est très petite
- Le problème des matériaux radioactifs naturels et généralement plus applicable aux terrains ignés (N. Québec) où il n'a pas de gaz de shale

Il n'y a pas une risque pour les aquifères, mais peut être une petite complication pour le traitement des fluides

## ❖ Radiation



<http://rpd.oxfordjournals.org/content/130/1/92/F2.large.jpg> modified by P. Glover

- ❖ Hydrofracturation déclenche des tremblements de terre
- ❖ Seulement une après 60 an d'hydrofracturation (millions des essaies)
- ❖ Extrêmement difficile de déclenché un
- ❖ Besoins
  - Une grande faille
  - pre-existante,
  - qui est grande, et
  - instable
  - dans une roche qui a une grande résistance à la compression , et
  - qui est fragile
  - De plus, le processus d'hydrofracturation doit croise la faille et
  - augment la pression fluide dans la faille suffissament de propager la faille, et
  - La propagation doit être instable



Basel	Basses terres
Très petite (M = 3.4)	cf. Charlevoix typique M=3 (4 depuis août 2010)
Faille majeur inconnue	Toutes les failles majeur sont connue
Région sujet aux secousses (failles sont instable)	Pas de secousses dans la région (failles ne sont pas instables)
Roches dures	Roches molles
Roches fragiles	Roches plastiques

© Paul Glover

## ❖ Transport



Beaucoup de choses à transporter

Il faut que l'infrastructure des chemins soit suffisante!



<http://www.marcellus-shale.us/MARCELLUS-AIR-II.htm>

<http://www.marcellus-shale.us/MARCELLUS-AIR-II.htm>

Une taxe locale pour couvrir les coûts de transport et de sécurité locale?

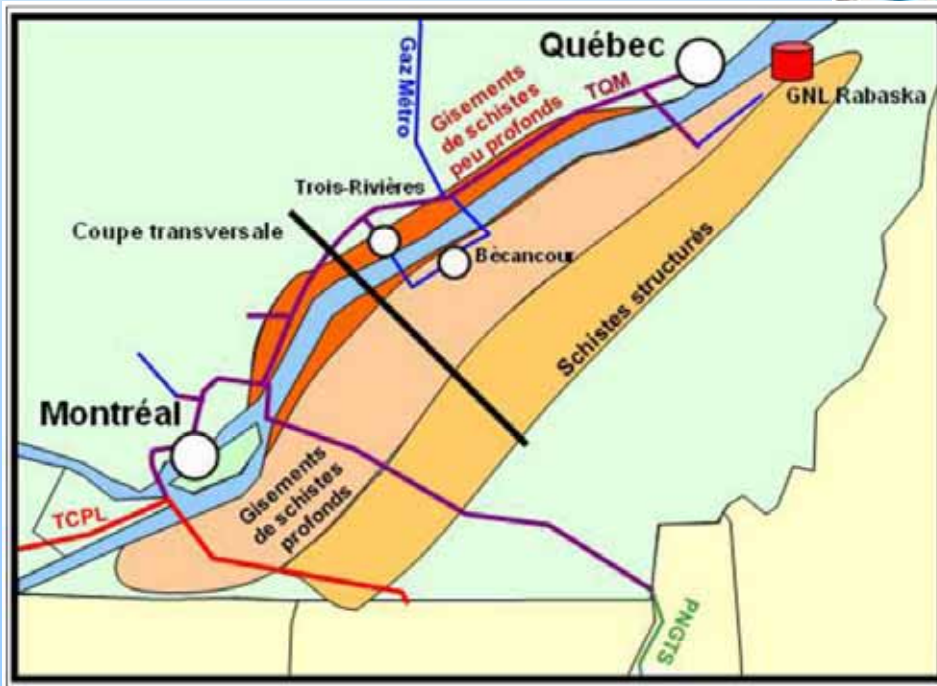
Il faut que la communauté rurale a une planification pour gérer l'utilisation des chemins et donner accès au services d'urgence

## ❖ Gazoducs

- Gazoducs de grande capacité disponible
- Chantiers grands ne sont pas nécessaire



<http://www.canadianenergyadvantage.com/resource-maps.php>



- Emplacement des petits gazoducs est similaire des chantiers normaux sur les chemins
- Réglementation déjà disponible

Source: modified from illustration provided by Ziff Energy Group, 2008.

## ❖ Dégâts et implications environnementaux

De court terme



Impact dépend sur la puissance des réglementations et l'opinion publique

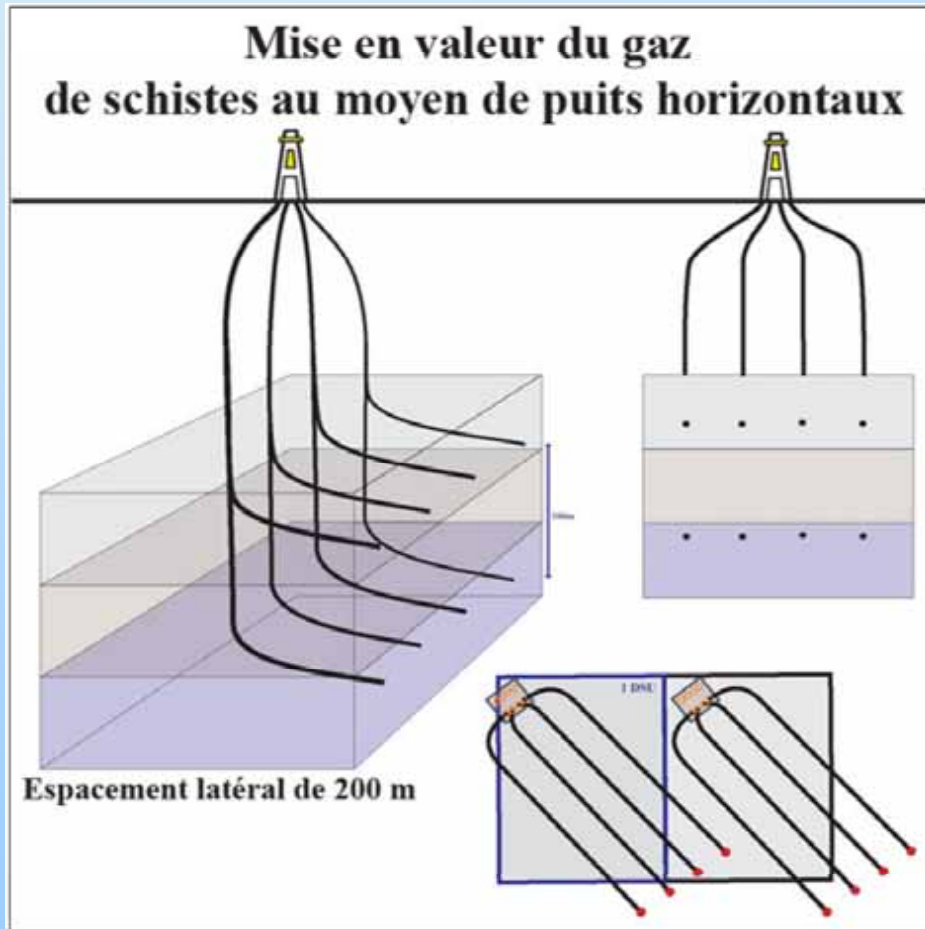
De long terme



<http://www.statoil.com/en/NewsAndMedia/News/2008/Pages/Chesapeake.aspx>

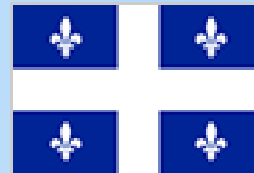


- ❖ Seulement quelques puits du même 'pad' sont nécessaire pour exploité une grande volume à profondeur

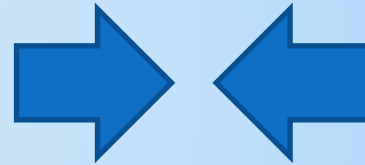


<http://www.statoil.com/en/NewsAndMedia/News/2008/Pages/Chesapeake.aspx>

<http://www.neb-one.gc.ca/clfnsi/nrgynfmrtn/nrgyrprt/ntrlgs/prmndrstndngshlgs2009/prmndrstndngshlgs2009-eng.html>



- ❖ La réglementation actuelle n'est pas conçue pour l'exploitation de gaz de shale
- ❖ Cependant, le plupart des aspects importants sont déjà couvrés par les réglementations sur les exploitation et transport de ressources en général (e.g., permits de forage, transport des matériaux sur les chemins, gazoducs)
- ❖ Si le secteur pousse, il devrait y avoir les règlements spécifiques pour l'industrie



- ❖ Si la nouvelle réglementation est trop lâche, l'environnement ne sera pas suffisamment protégé
- ❖ Si la nouvelle réglementation est trop strict, nos sociétés innovatrices locales du gaz (Junex, Gastem, Questerre etc) sera vente en solde aux multinationales, en perdant des avantages d'emploi locaux et le contrôle local de l'environnement
- ❖ Si la nouvelle réglementation est trop lent, l'environnement ne sera pas suffisamment protégé et des sociétés locales n'auront aucune option d'autre qu'arrêter le développement

- ❖ Le gaz de shale dans Québec est un ressource naturelle de plus haut qualité
- ❖ Québec peut devenir autosuffisant en energie
- ❖ Le développement prudent ne mènera pas aux dégâts de l'environnement à long terme
- ❖ Le développement prudent a la chance négligeable d'endommager des ressources naturelles d'eau
- ❖ Le développement prudent aidera le développement industriel et rural de Québec et le Canada
- ❖ Des lois nouvelles, bien équilibrées et précises sont exigées pour régler la nouvelle industrie



Photo courtesy of Robert Thériault.



This work has been made possible  
thanks to funding by the  
**Natural Sciences and Engineering  
Research Council of Canada  
(NSERC)**  
Discovery Grant Programme

My apologies for the few uncited sources that I did not note when I created the presentation and could not find again – If you are the copyright holder, please inform me and I will either cite the source fully or remove the material according to your wishes.