

Gaz du shale d'Utica

Contexte géologique
et

Impacts potentiels sur les eaux
souterraines

Plan de la présentation

- Histoire géologique des Basses-terres;
- Le système pétrolier;
- Les propriétés du shale d'Utica et de Lorraine;
- L'exploration du gaz de shale;
- Enjeux pour les eaux souterraines

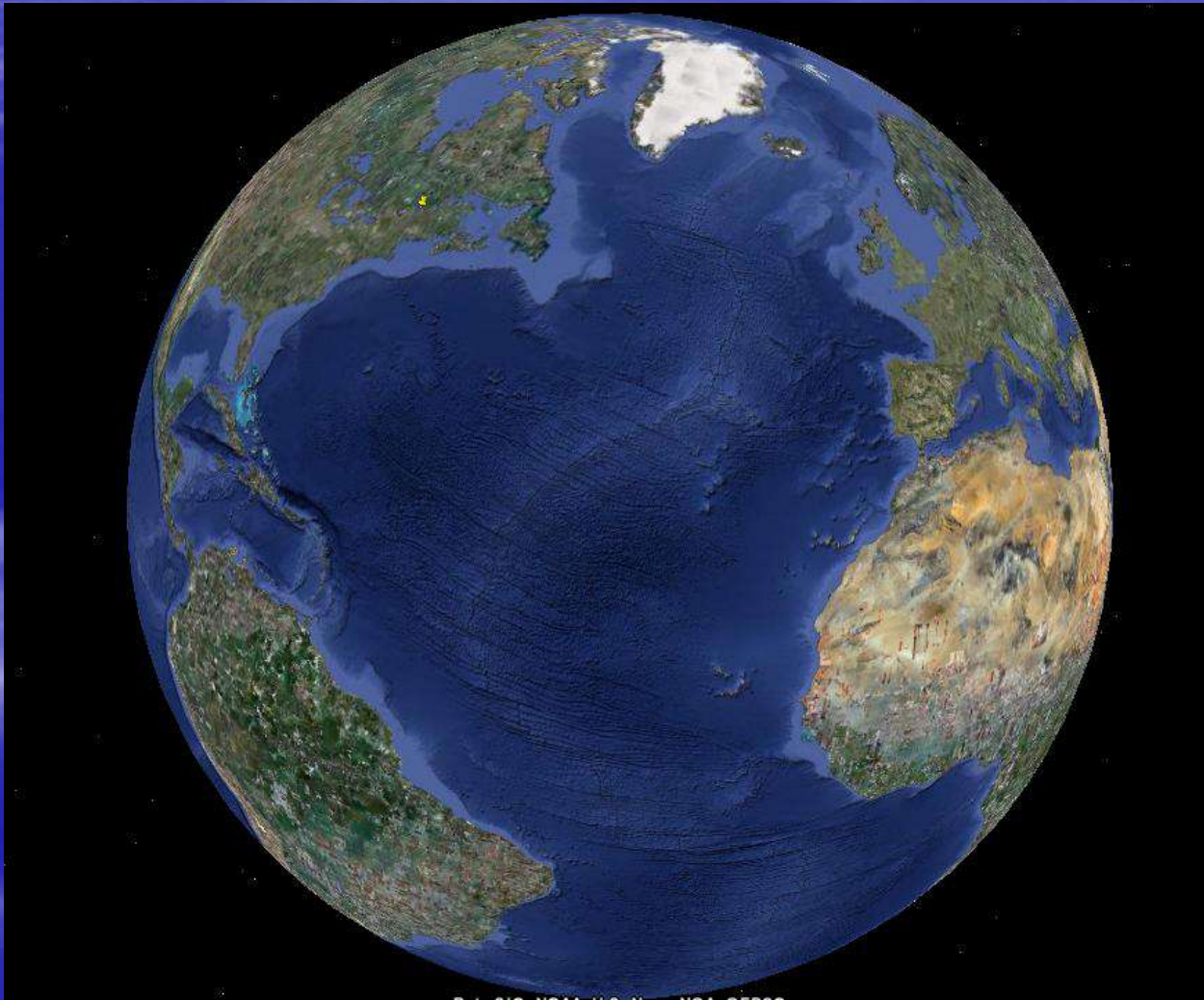
Histoire géologique

Formation des Basses-terres du
Saint-Laurent

Au commencement...



On commence plutôt avec la terre et les plaques tectoniques

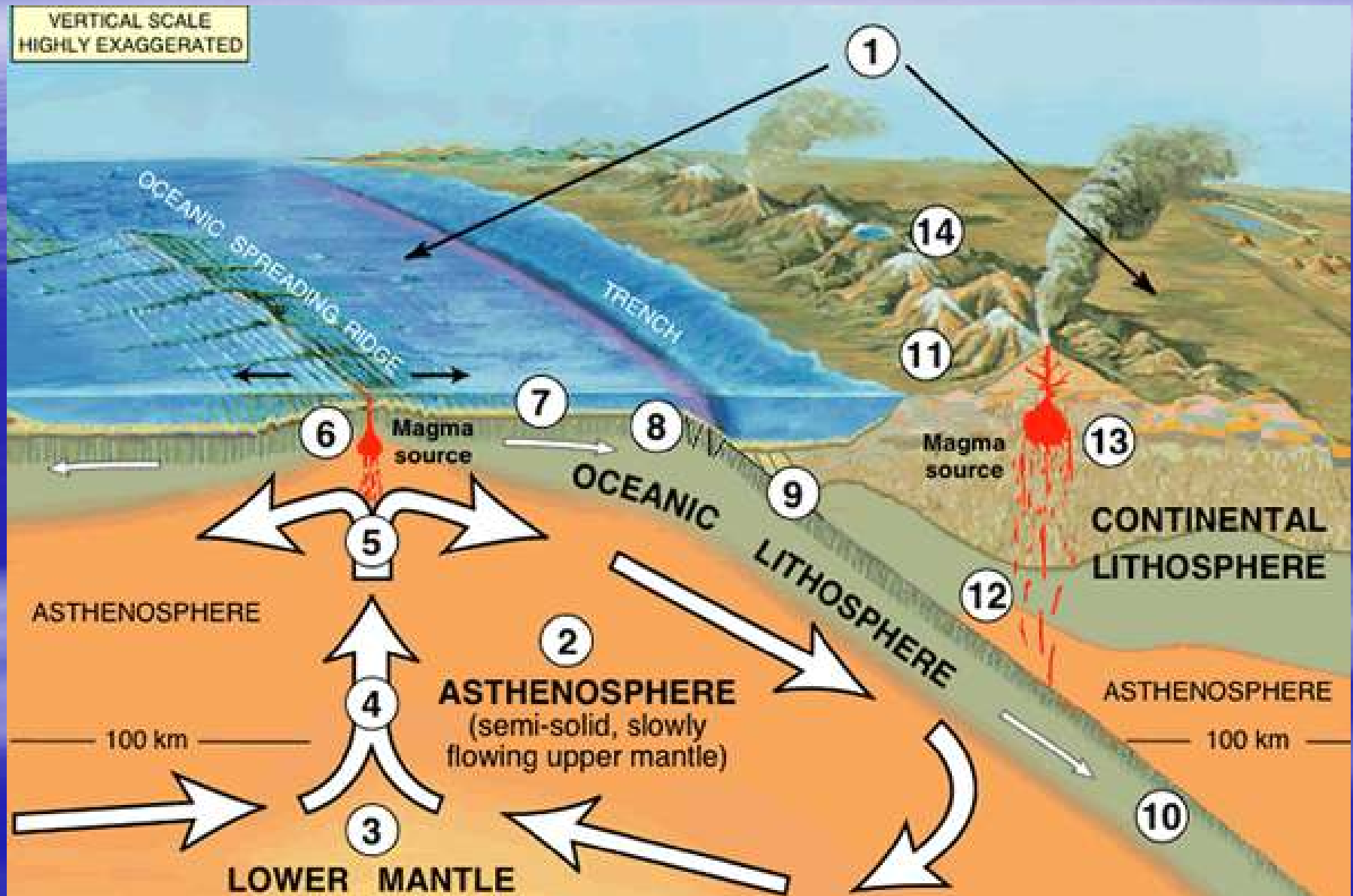


On peut voir les plaques grâce aux volcans et tremblements de terre

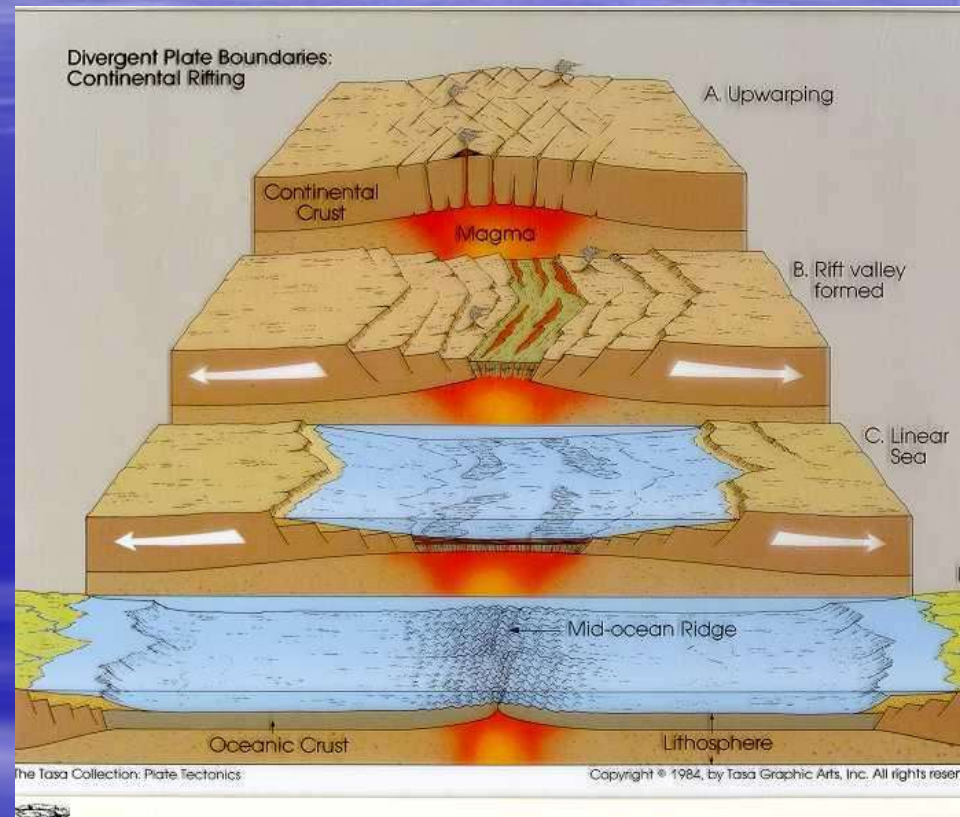
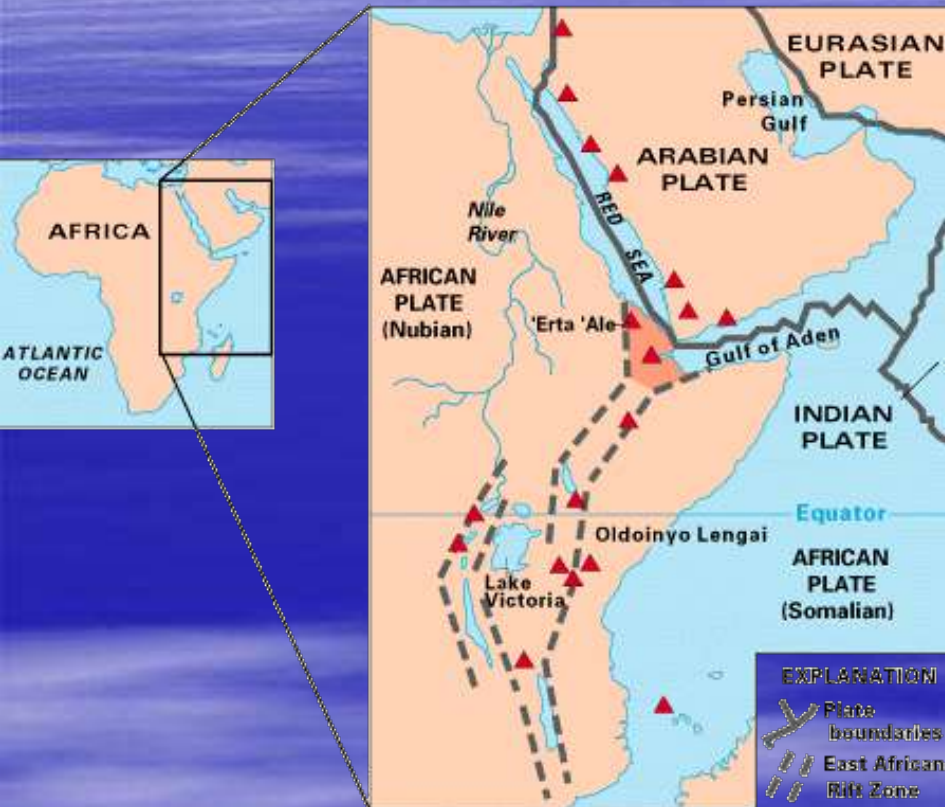
Active Volcanoes, Plate Tectonics, and the "Ring of Fire"



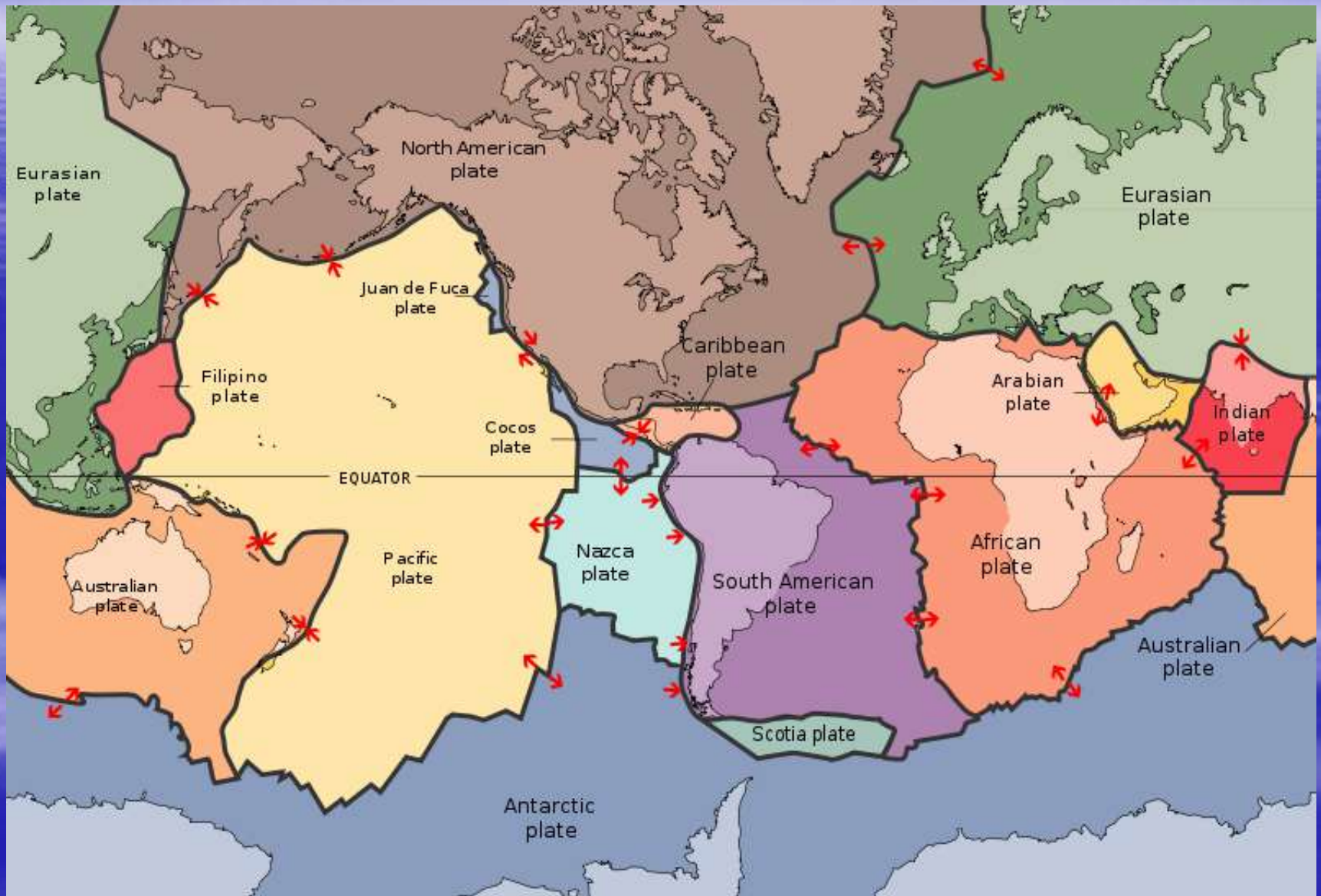
Mécanisme: plaques convergentes



Mécanisme: plaques divergentes



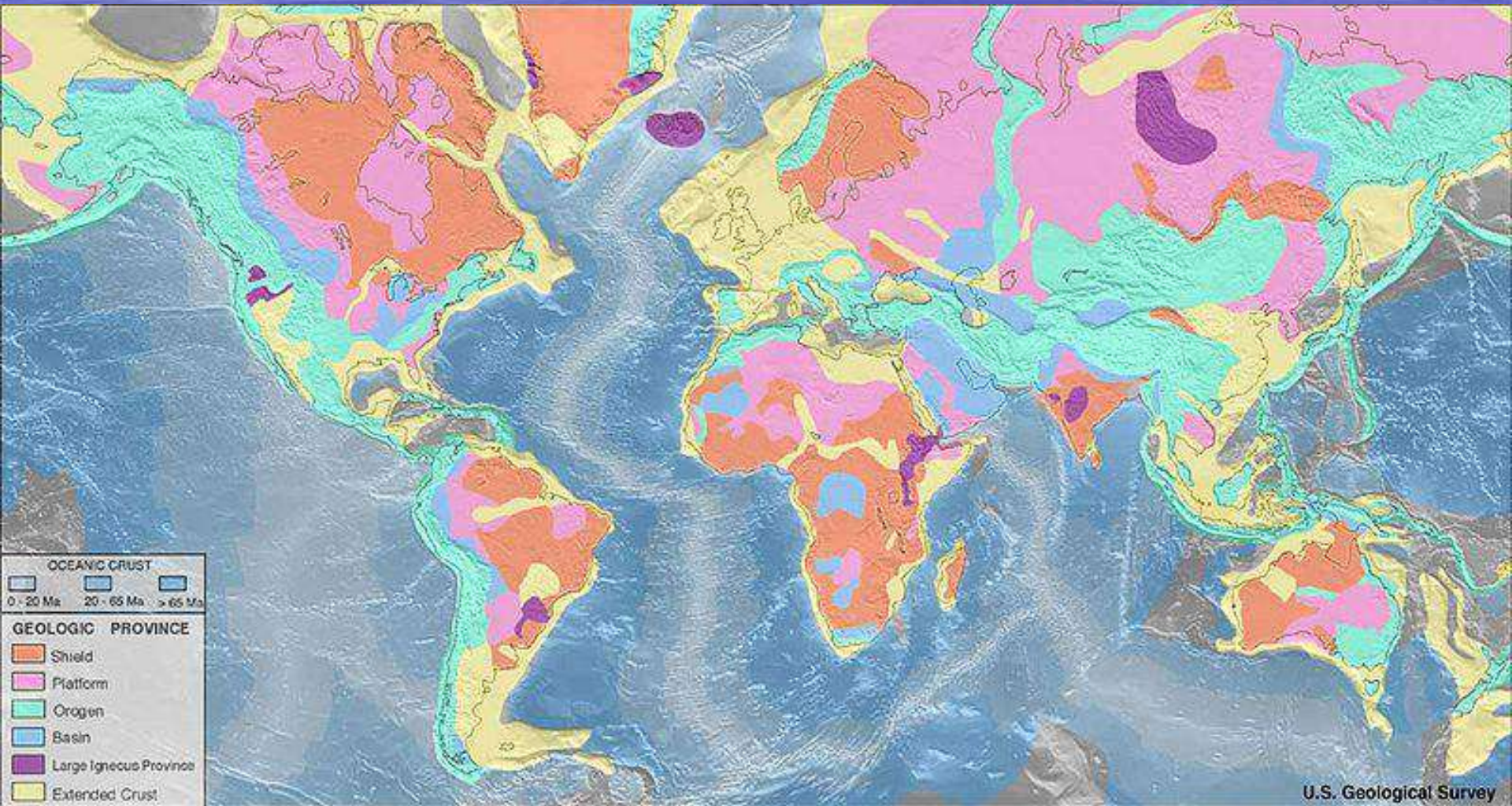
Les plaques tectoniques



Pour les curieux

- La circonférence de la terre est d'environ 40 000 km
- La vitesse typique de dérive de continents est de l'ordre de 1 cm par an.
- Donc en 1 million d'années, on fait 100 km
- Entre la fin du Cambrien et aujourd'hui, il y a 514 millions d'années, un parcours potentiel de 51 400 km (soit plus que le tour de la terre)

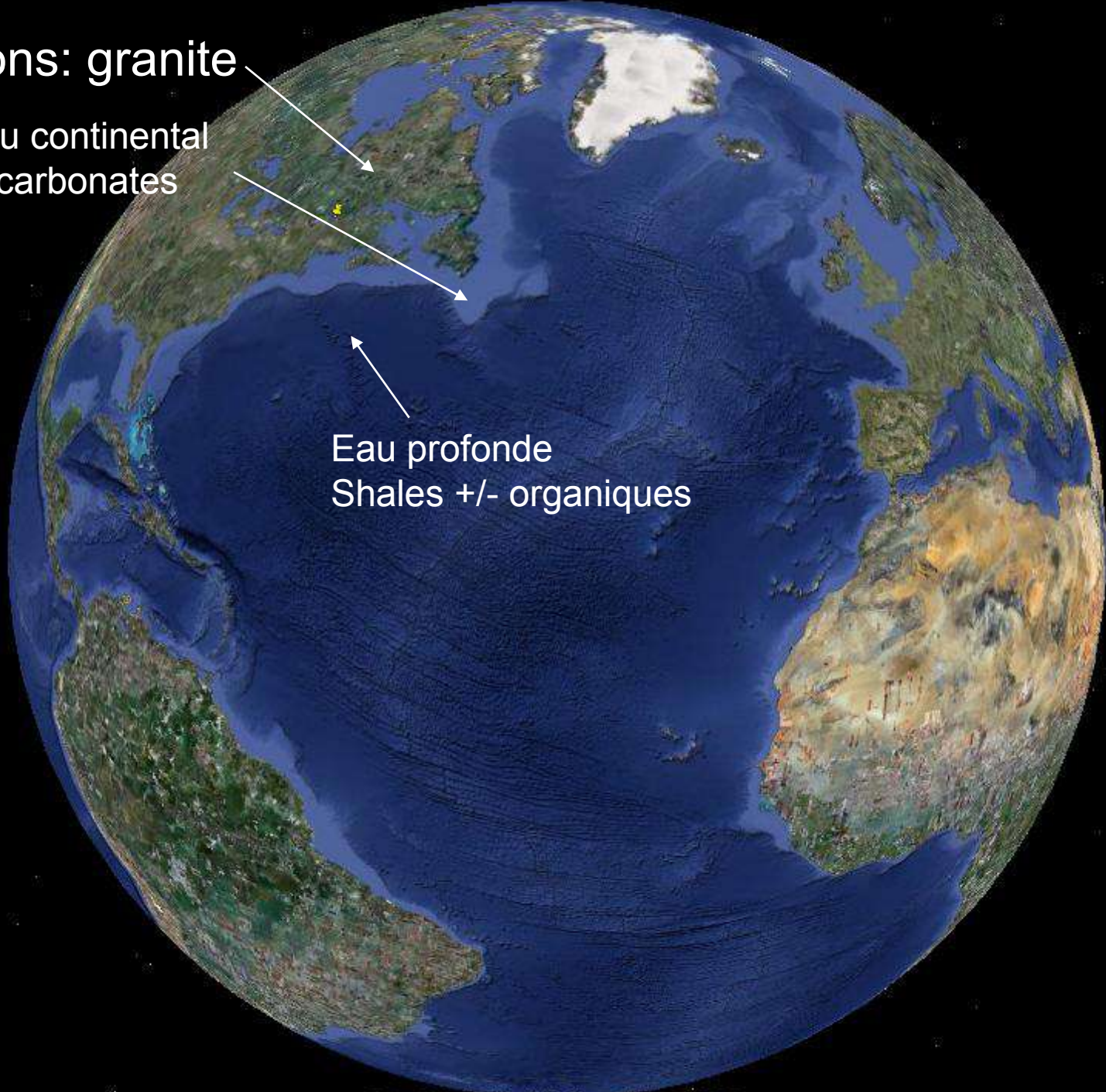
En orange, les plus anciens cratons



Cratons: granite

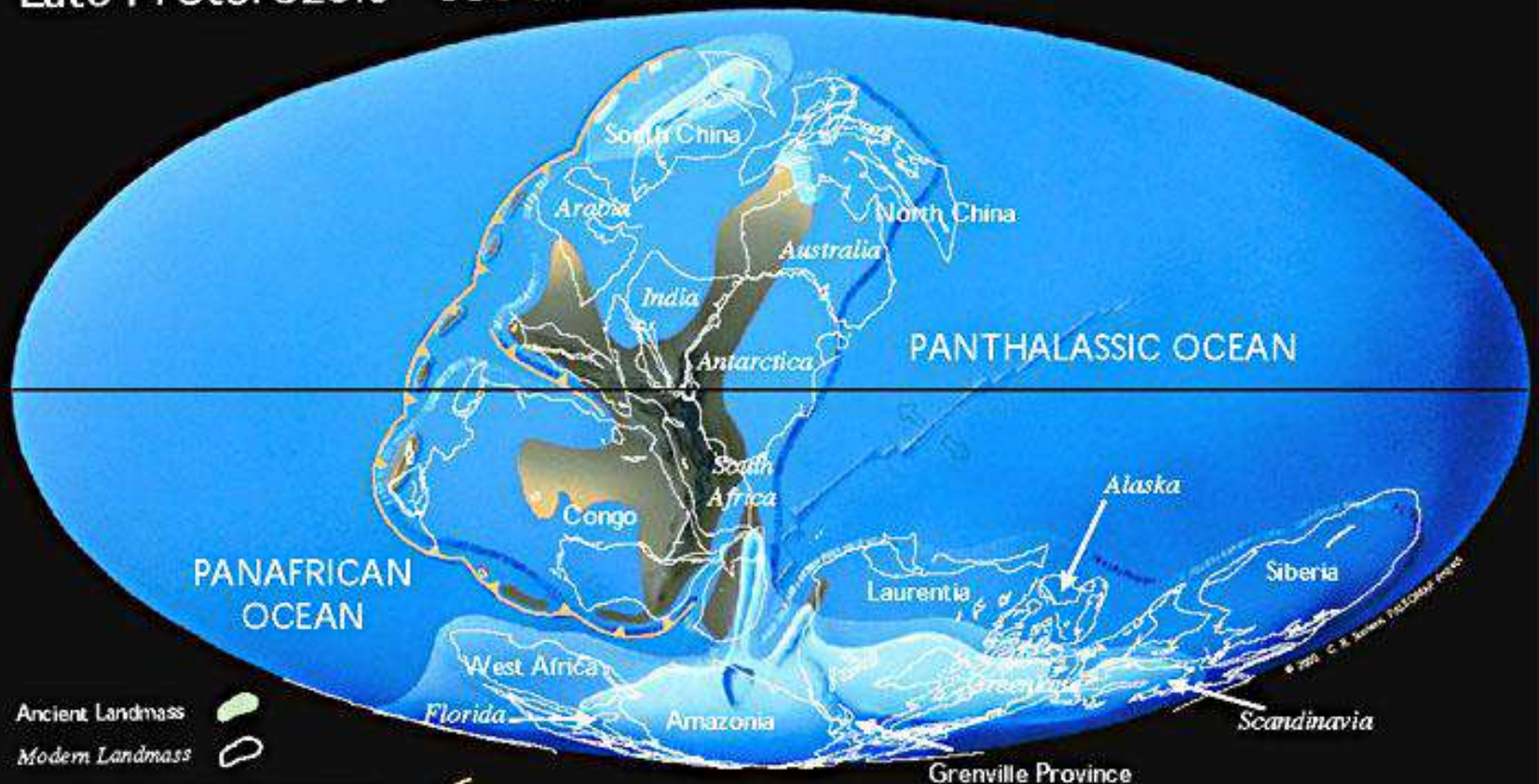
Plateau continental
Grès, carbonates

Eau profonde
Shales +/- organiques



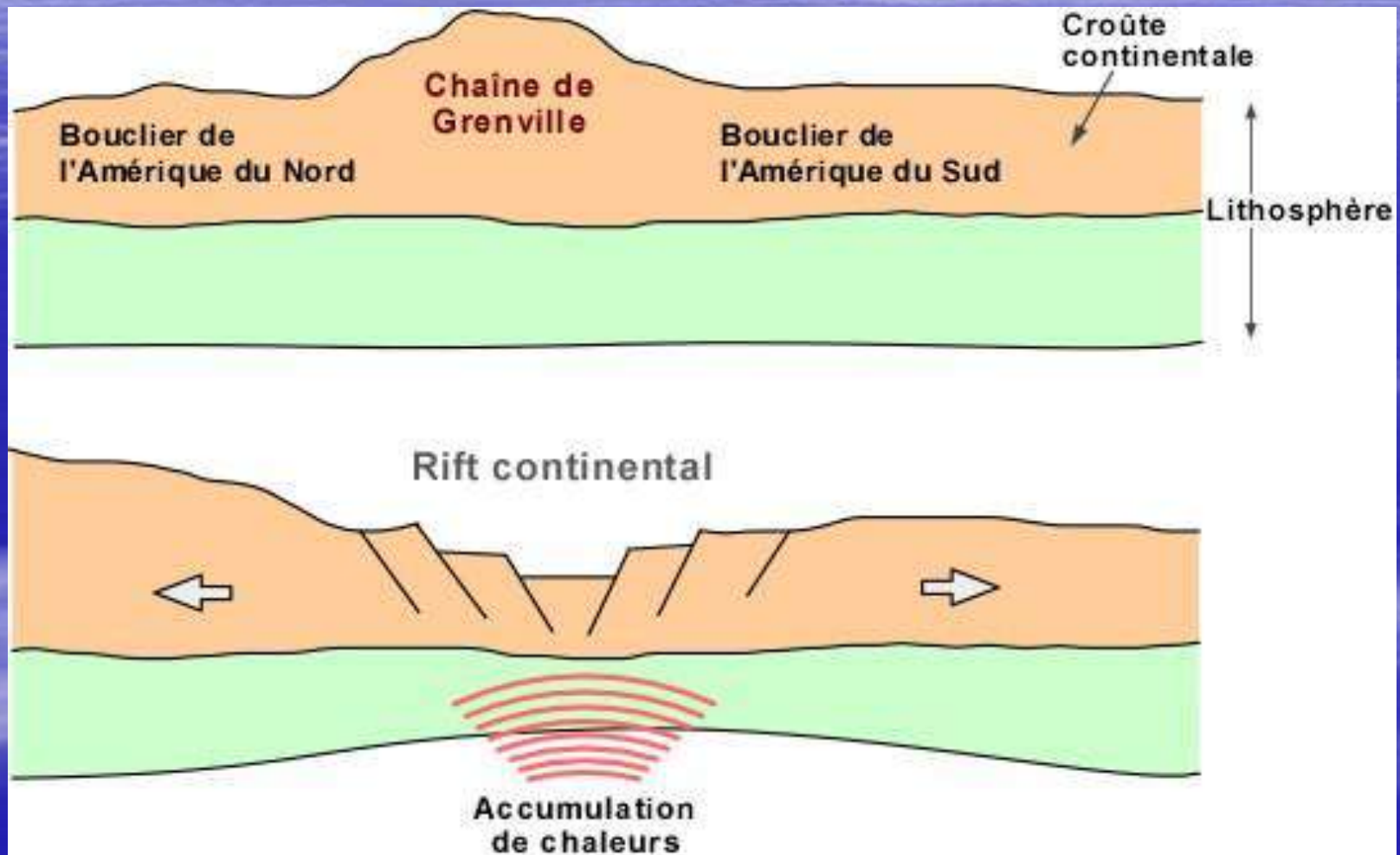
Fin du précambrien: démembrement de Rhodinia

Late Proterozoic 650 Ma

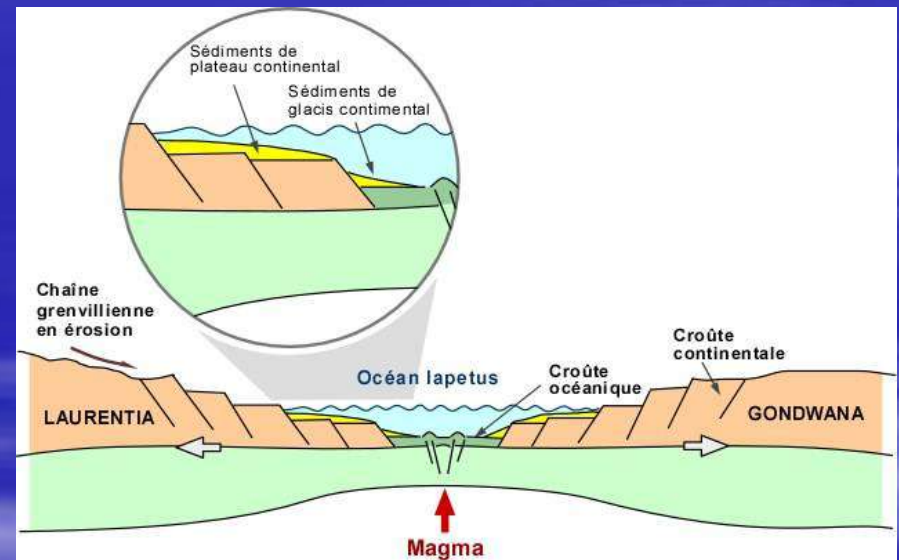
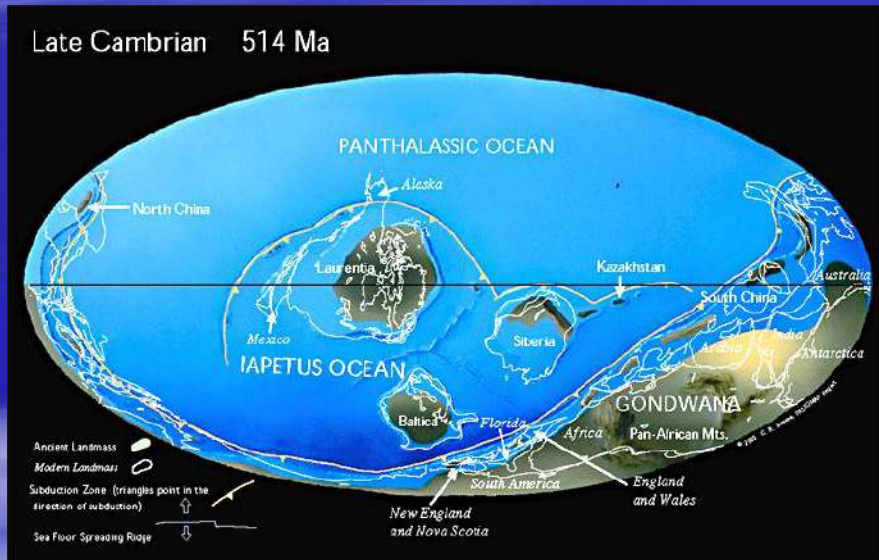


Source : Paleomap Project - <http://www.scotese.com/earth.htm>

Fin du précambrien

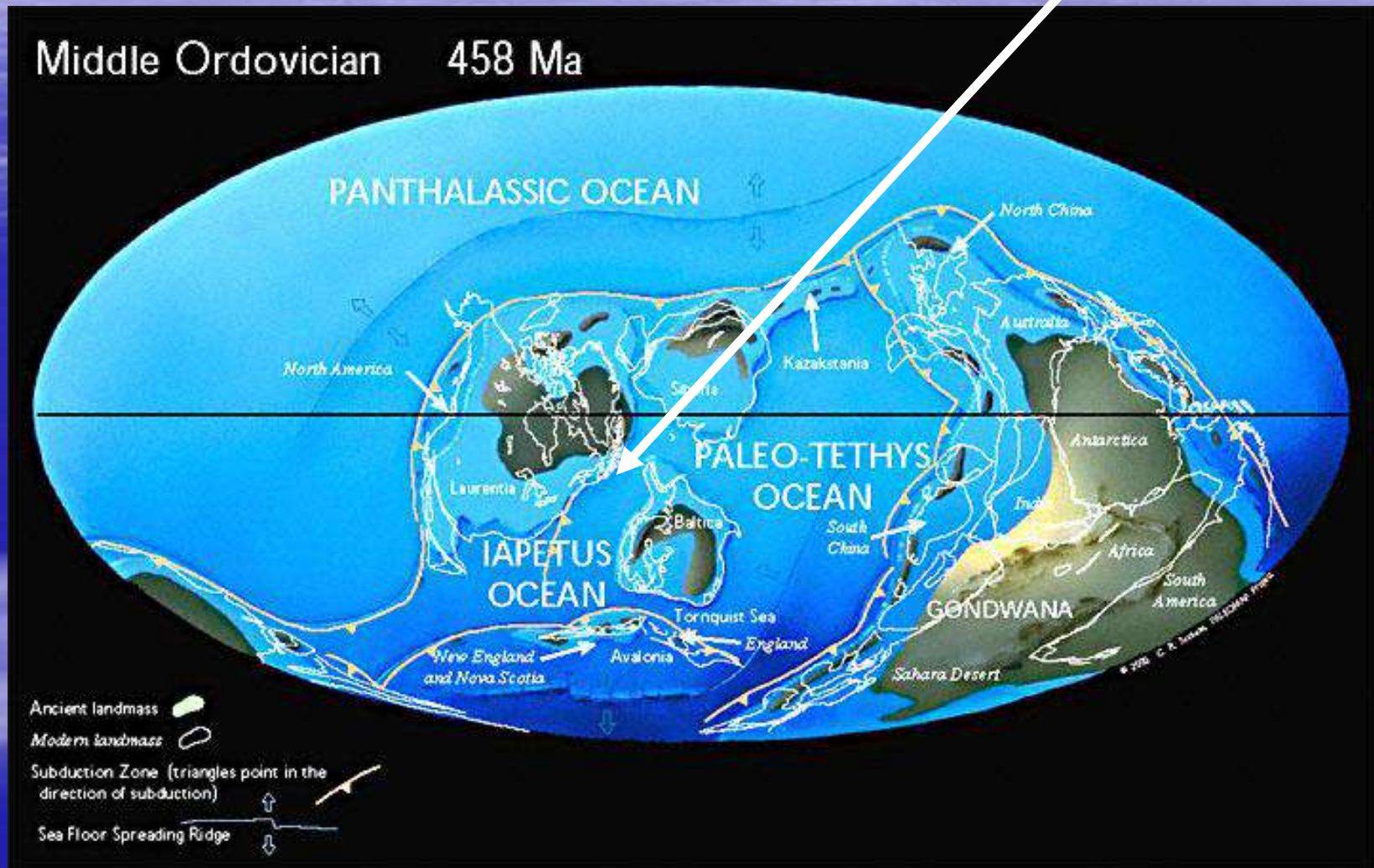


Fin du Cambrien

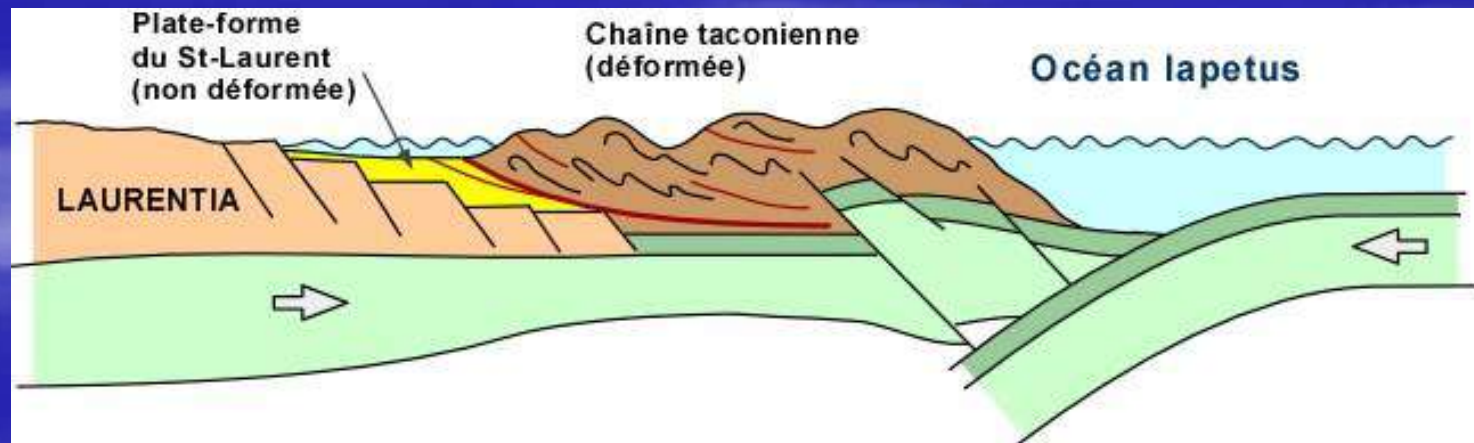
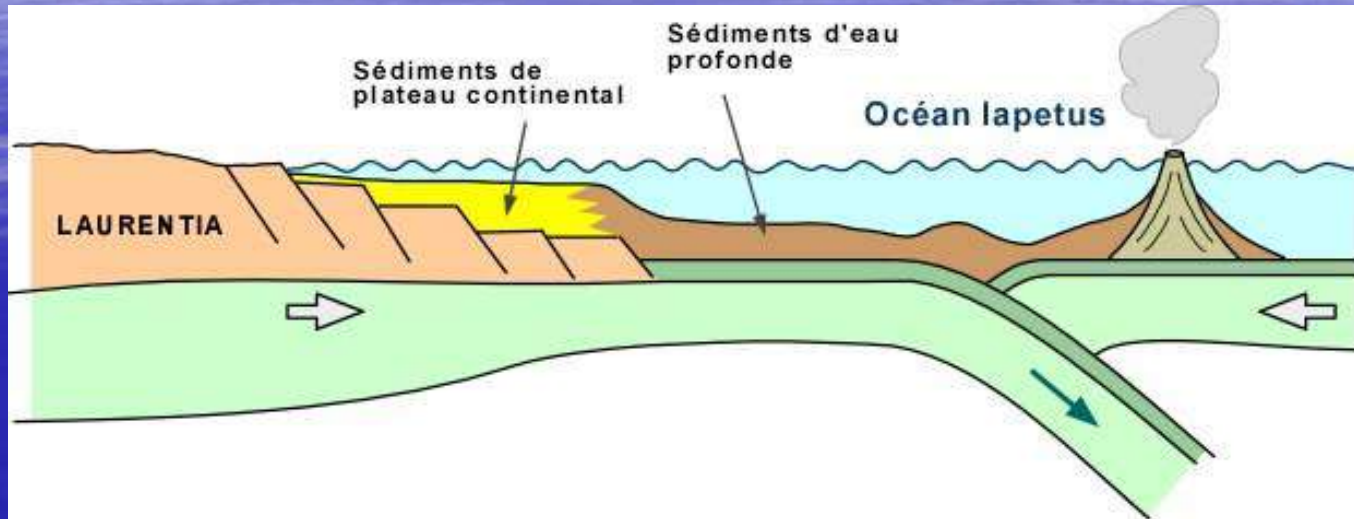


Ordovicien moyen

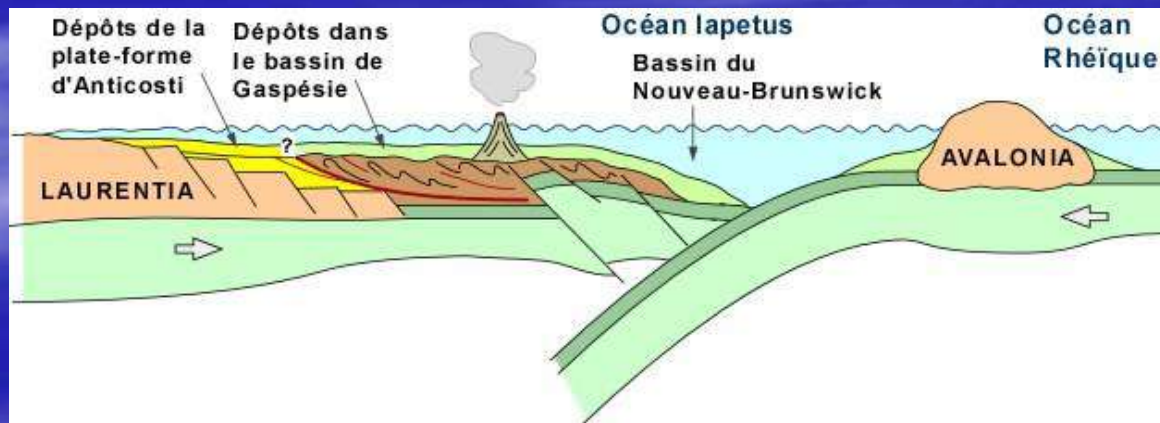
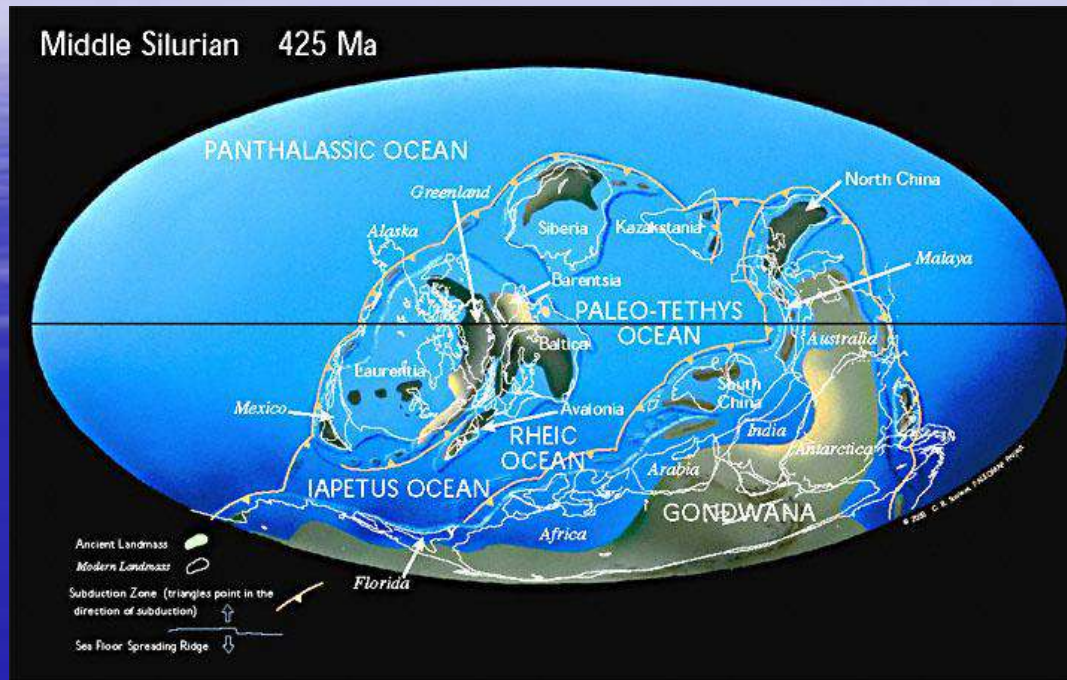
Lieu de dépôt
de l'Utica



Ordovicien inférieur et moyen

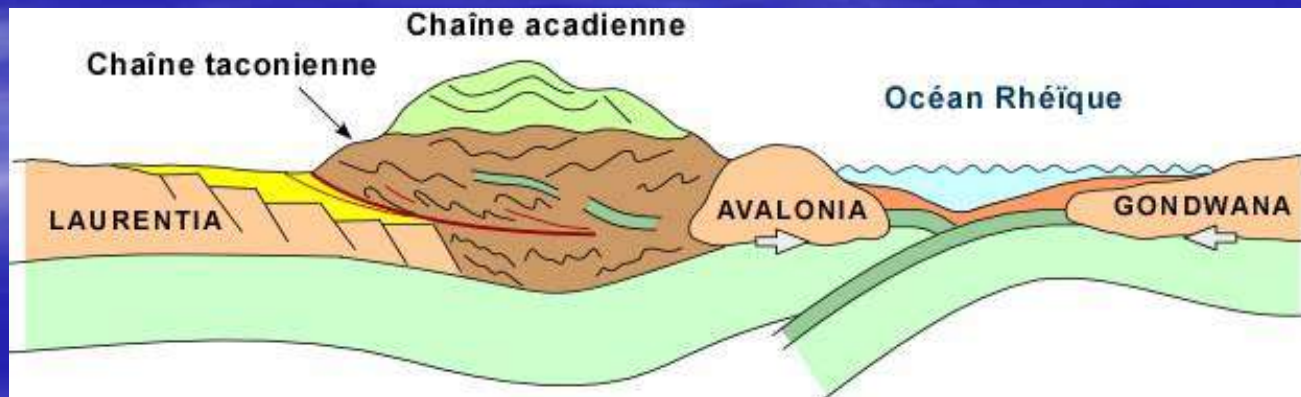
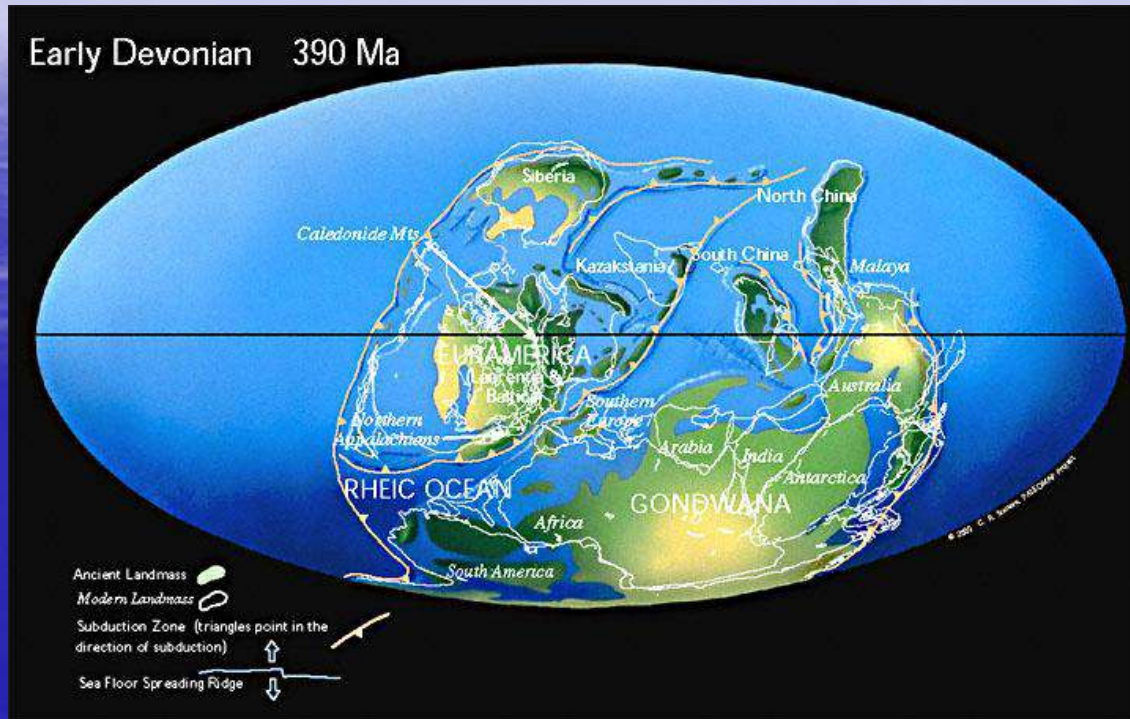


Silurien

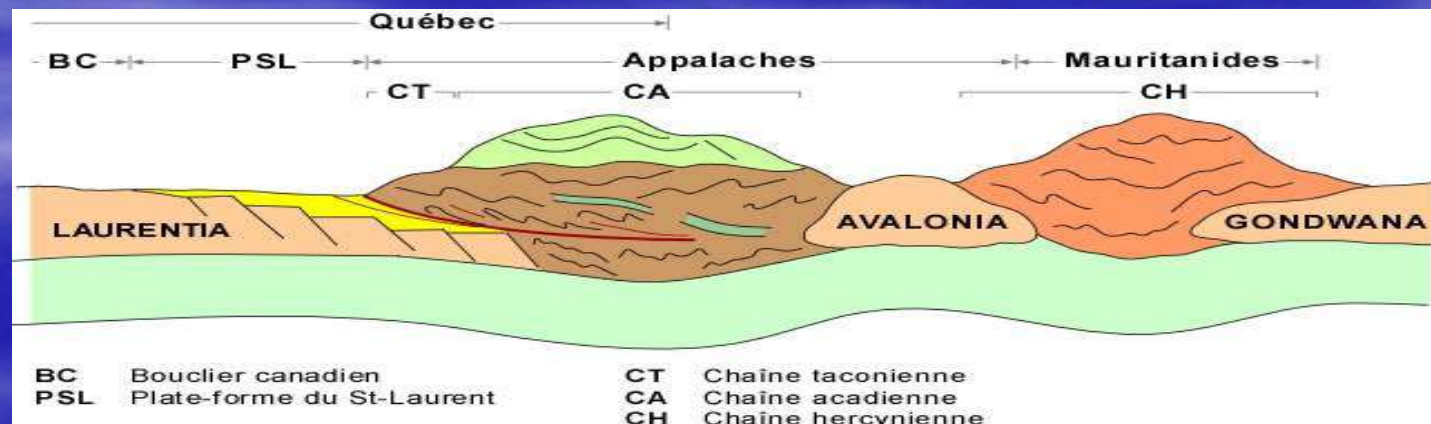
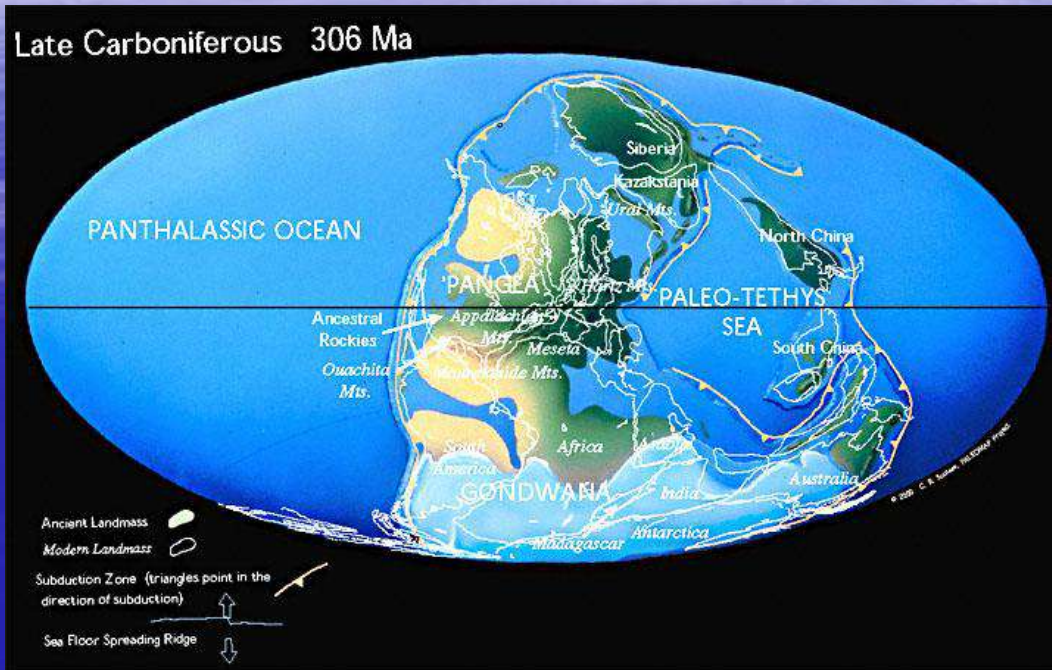


Dévonien

Early Devonian 390 Ma



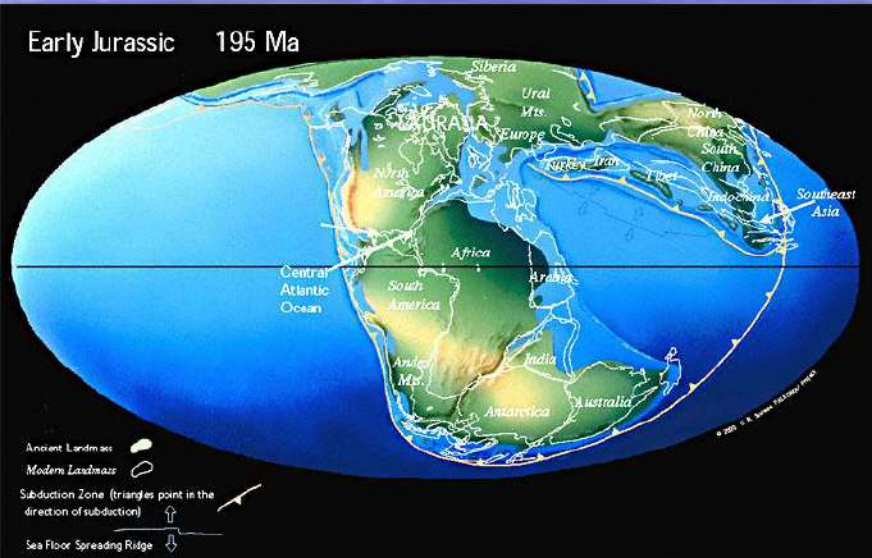
Carbonifère : la Pangée



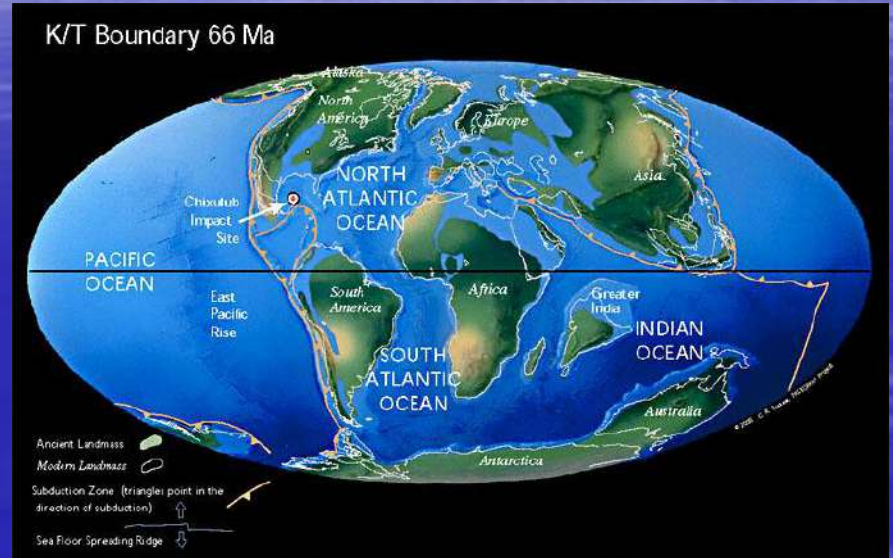
Jurassique

Crétacé

Early Jurassic 195 Ma



K/T Boundary 66 Ma

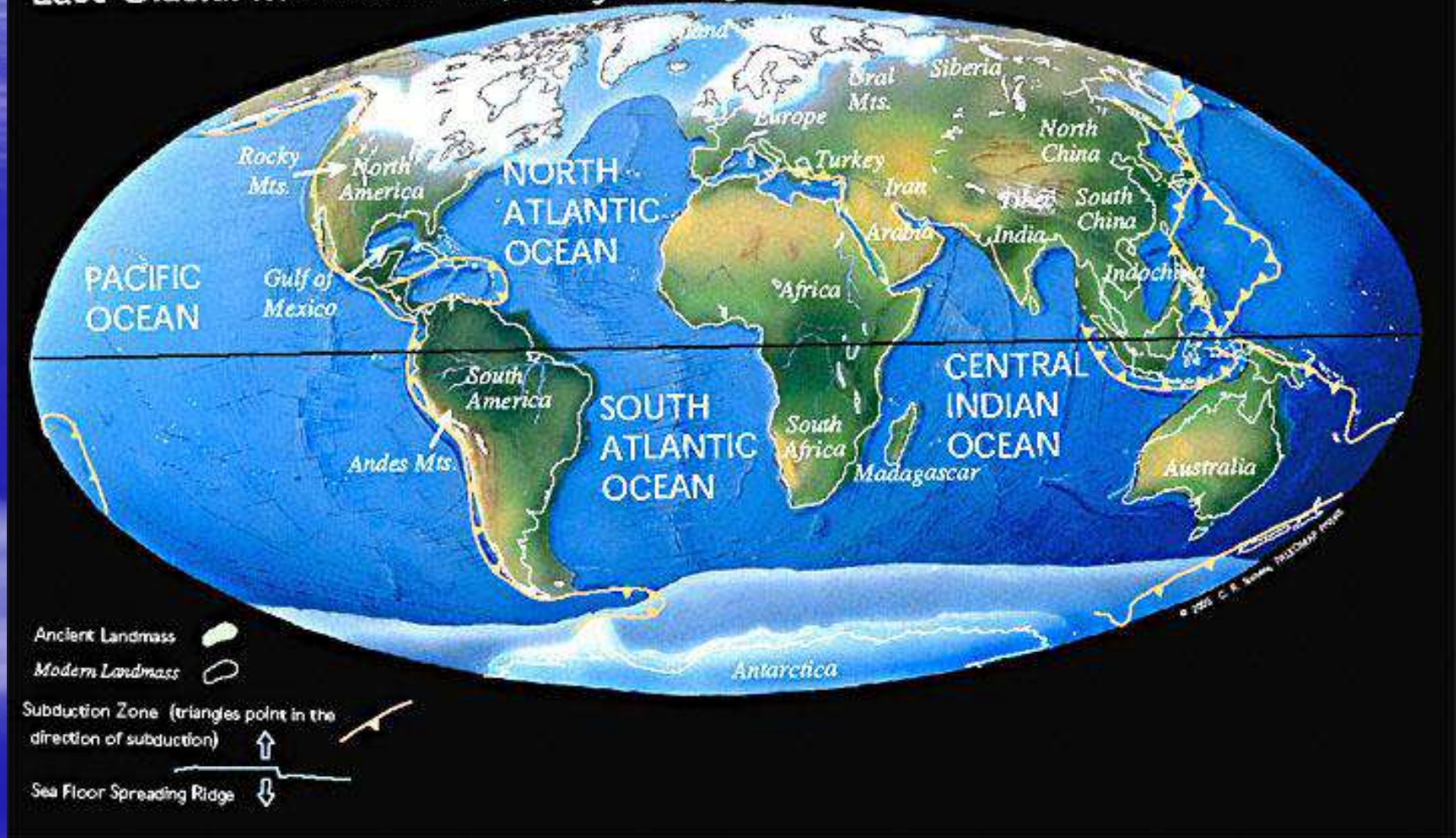


Crétacé les roches les + jeunes du Québec

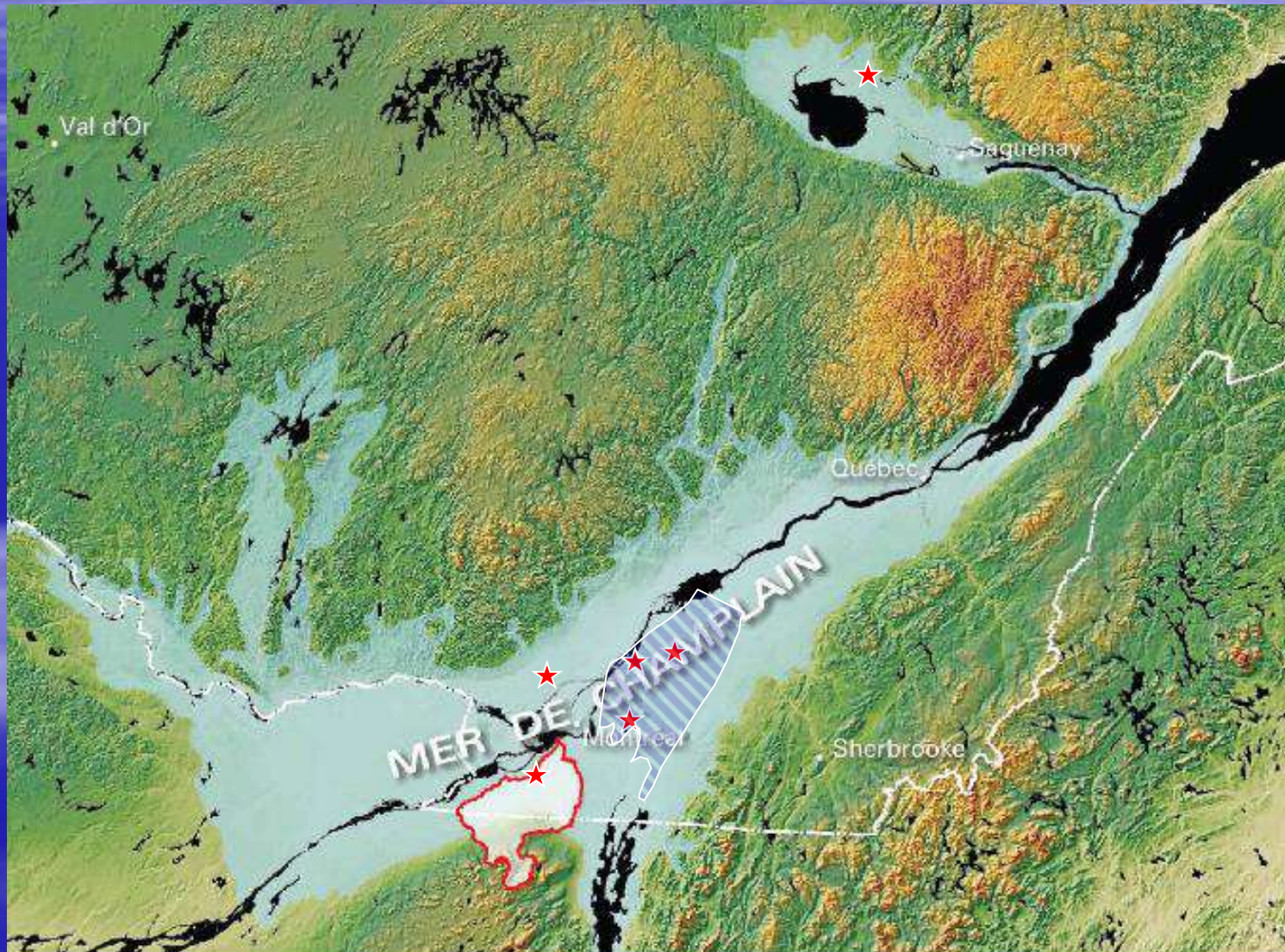


Quaternaire

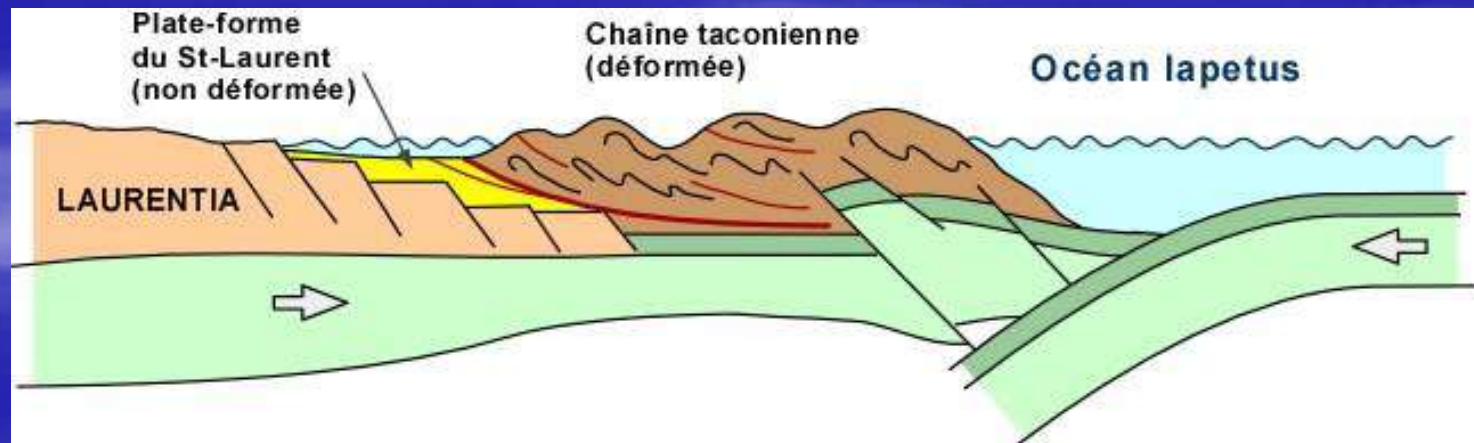
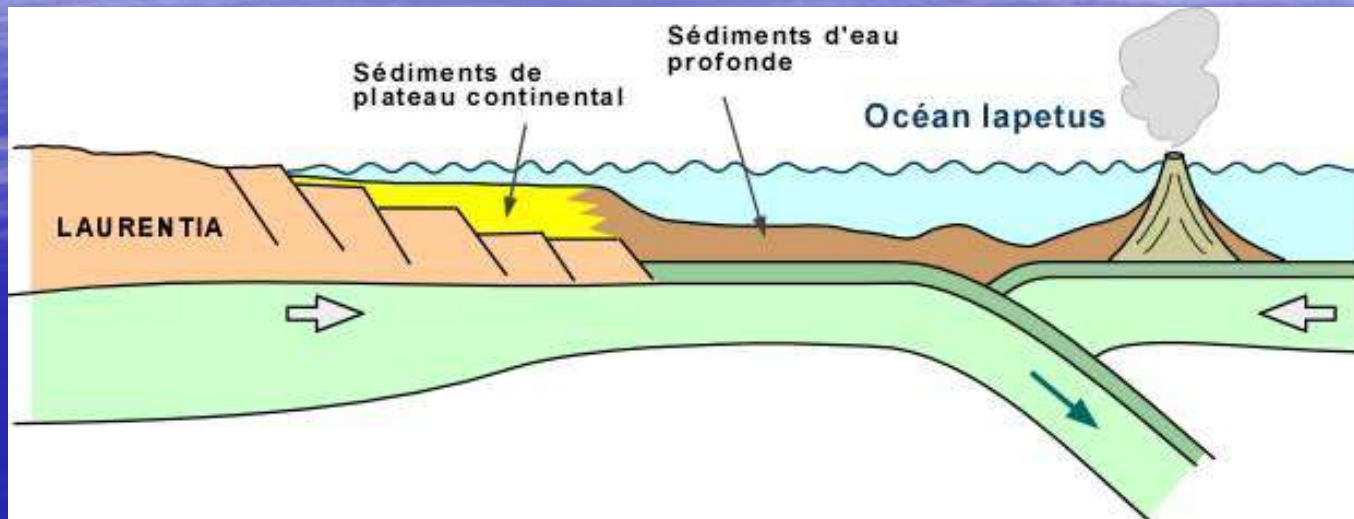
Last Glacial Maximum 18,000 years ago



**À la fin du Quaternaire, il y a 7000 ans la mer de Champlain envahissait les basses terres ;
Il y a encore du sel dans l'eau souterraine à plusieurs endroits, aussi l'eau de fonte a laissé des argiles**

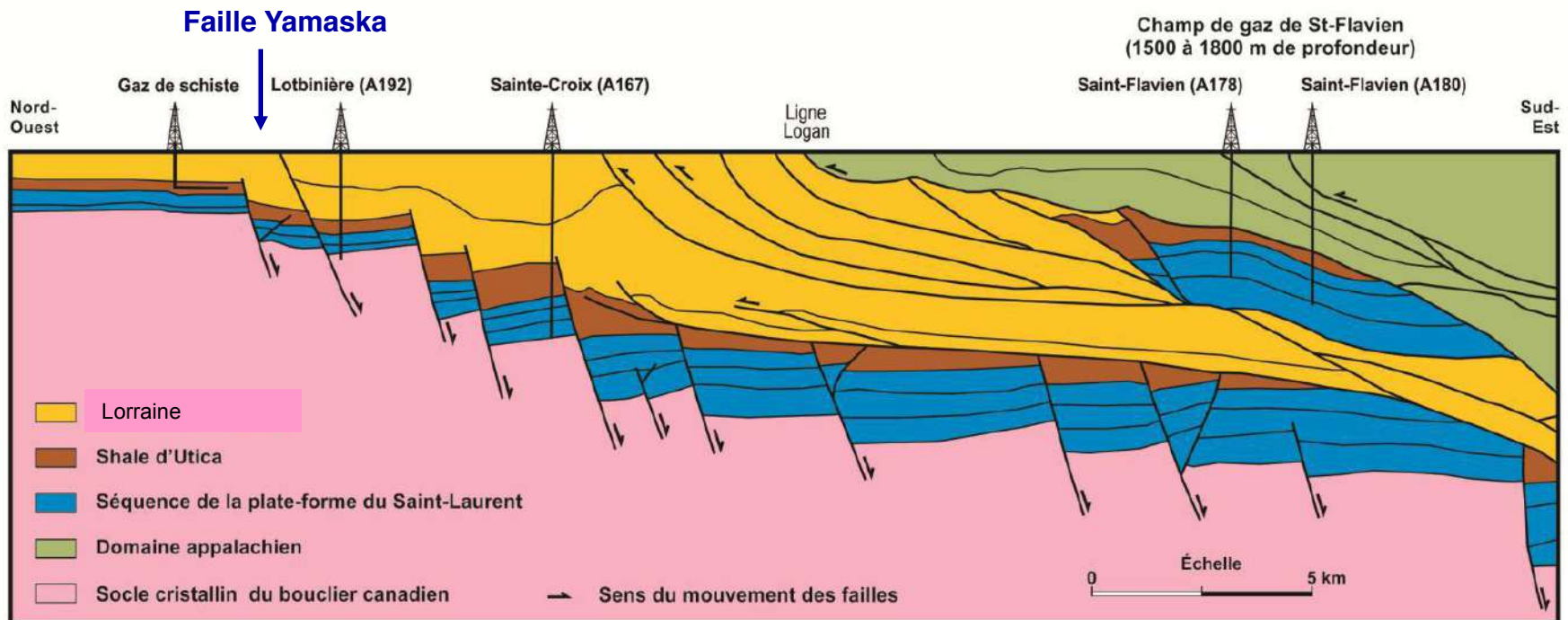


Revenons à l'Utica

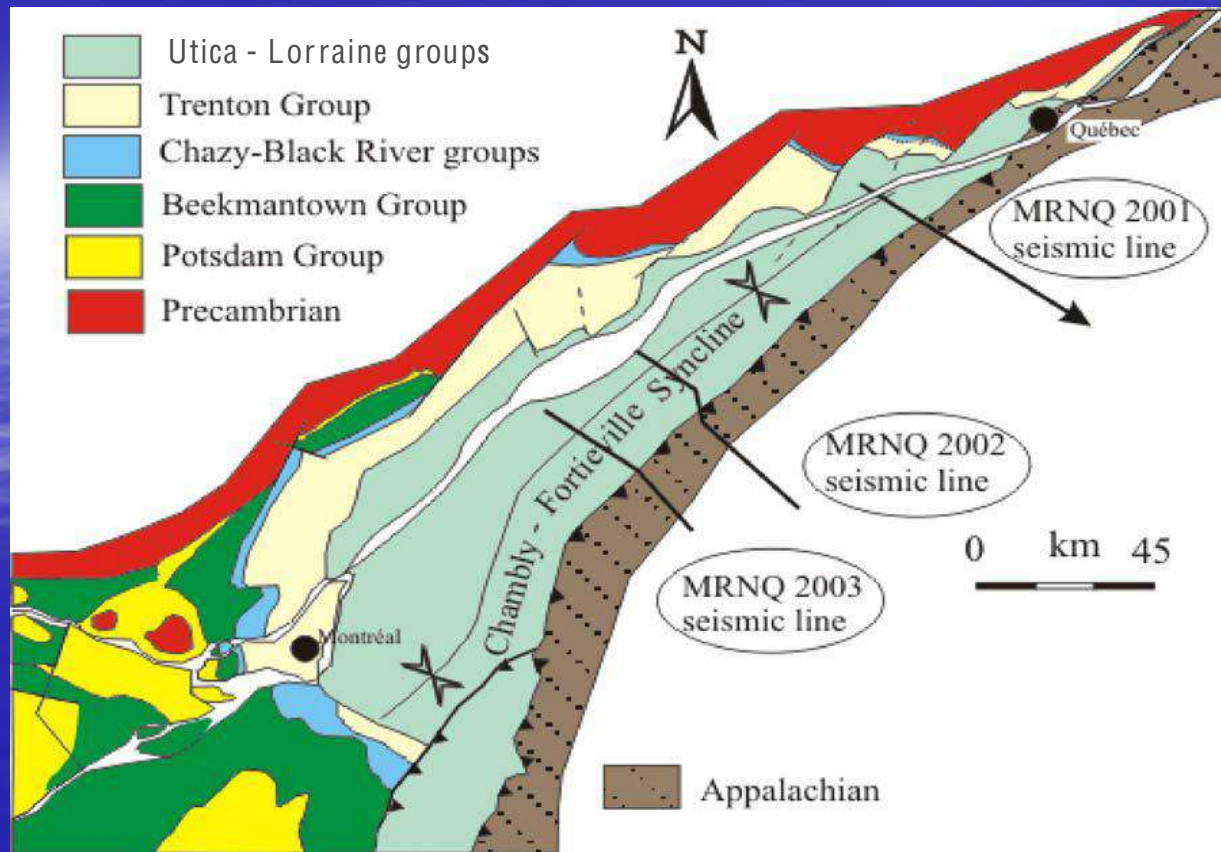


Profil sismique M-2001 du MRNF

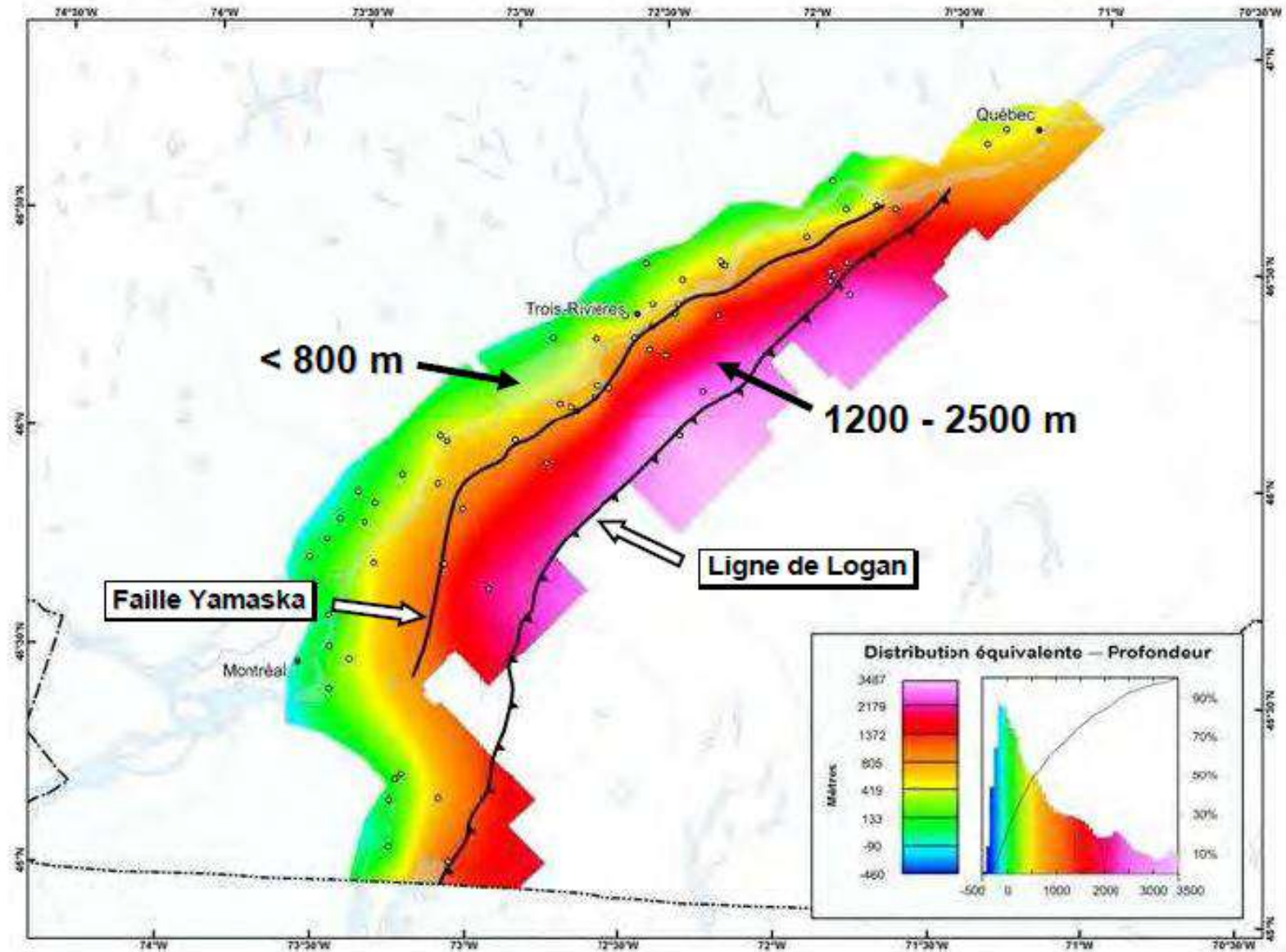
Coupe géologique au sud du Fleuve Saint-Laurent au sud de Québec



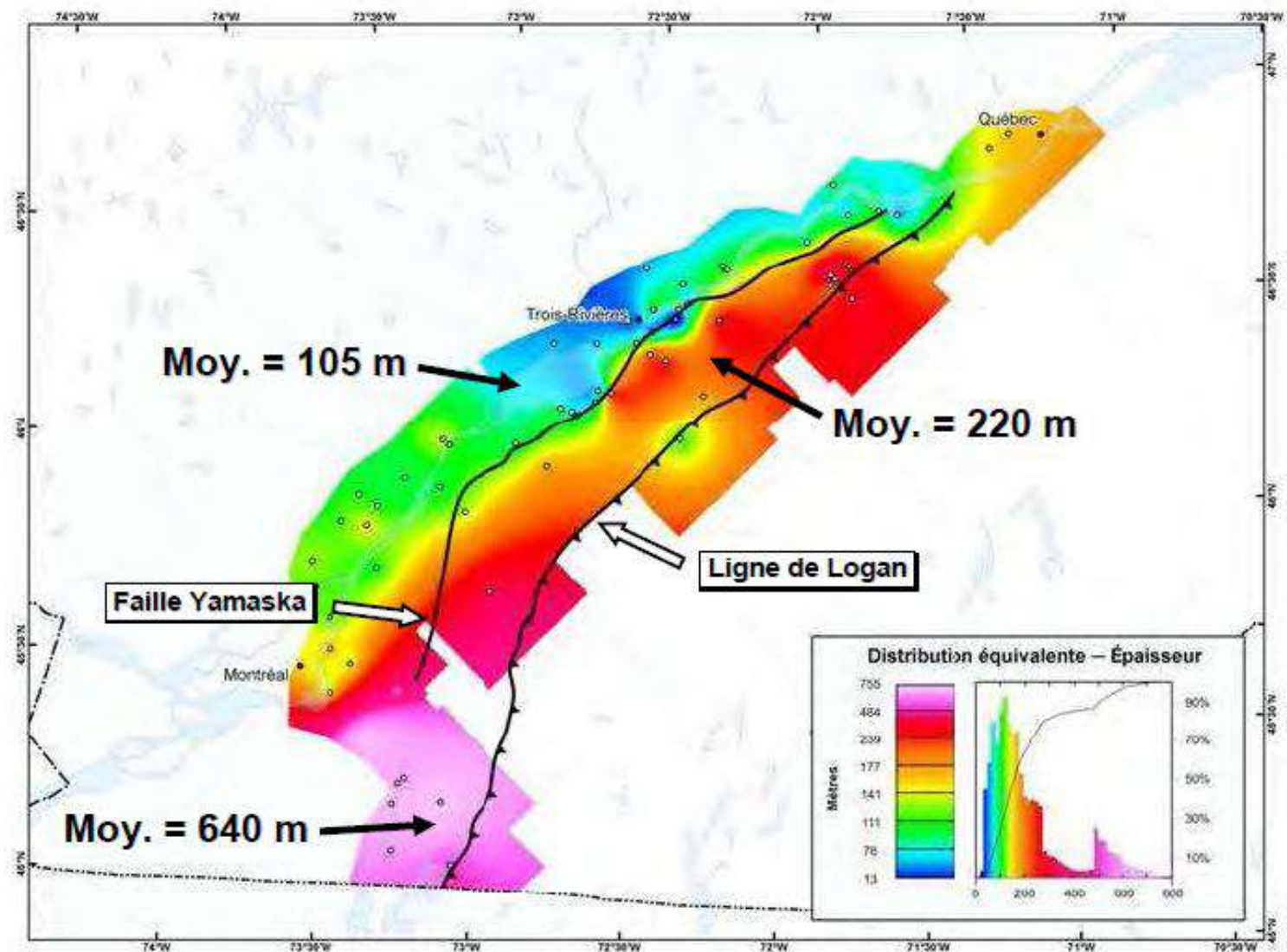
Modifiée de Castonguay et al., Commission géologique du Canada, Dossier public 5328, 2006



Profondeur au toit du Shale d'Utica



Épaisseur du Shale d'Utica (isopache)



Le shale d'Utica

Un système pétrolier

Genèse des hydrocarbures

- Les shales d'Utica, comme le Lorraine, représente une sédimentation océanique en eau profonde. Aux sédiments argileux, provenant des Appalaches qui se soulevaient, se sont mêlés les restes d'organismes vivants à cette époque, dans l'océan Iapetus.

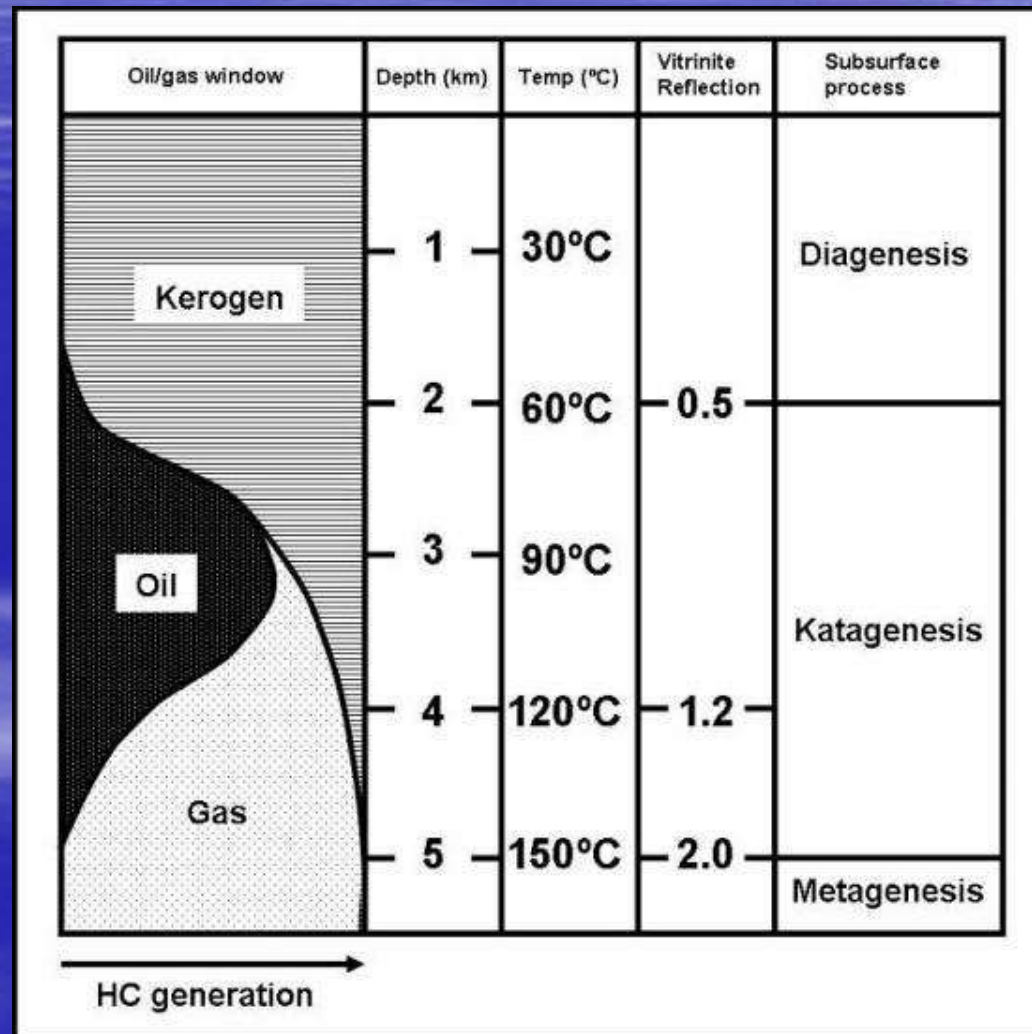
Genèse des hydrocarbures

- Un environnement pauvre en oxygène et sans population nécrophage, permet à la matière organique (protéines, lipides...) présente dans les sédiments de se dégrader lentement pour produire du kérogène, un mélange de composés organiques qui constitue un intermédiaire entre la matière organique et les combustibles fossiles.

Genèse des hydrocarbures

- L'enfouissement progressif de l'ensemble sédimentaire s'accompagne d'une augmentation de la pression et de la température ambiante;
- Le kérogène subit alors une lente dégradation thermique qui produit des hydrocarbures.

Conditions des fenêtres à hydrocarbures



Systeme conventionnel

- Une roche-mère ayant permis la maturation/génération d'hydrocarbures, puis leur expulsion/migration;
- Une roche réservoir dont la porosité « effective » permet non seulement l'emmagasinement mais la circulation des hydrocarbures;
- Une roche de couverture dont la très faible perméabilité permet de confiner la roche réservoir;
- Un piège, c'est-à-dire un assemblage stratigraphique combiné à un élément structural permettant d'emprisonner les hydrocarbures sous la surface.

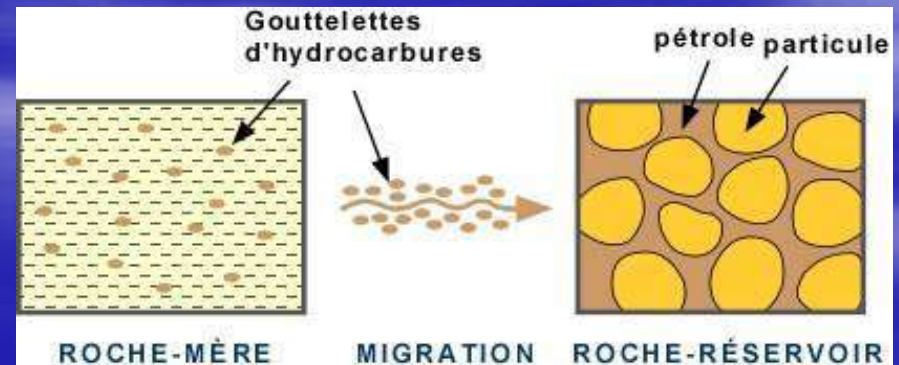
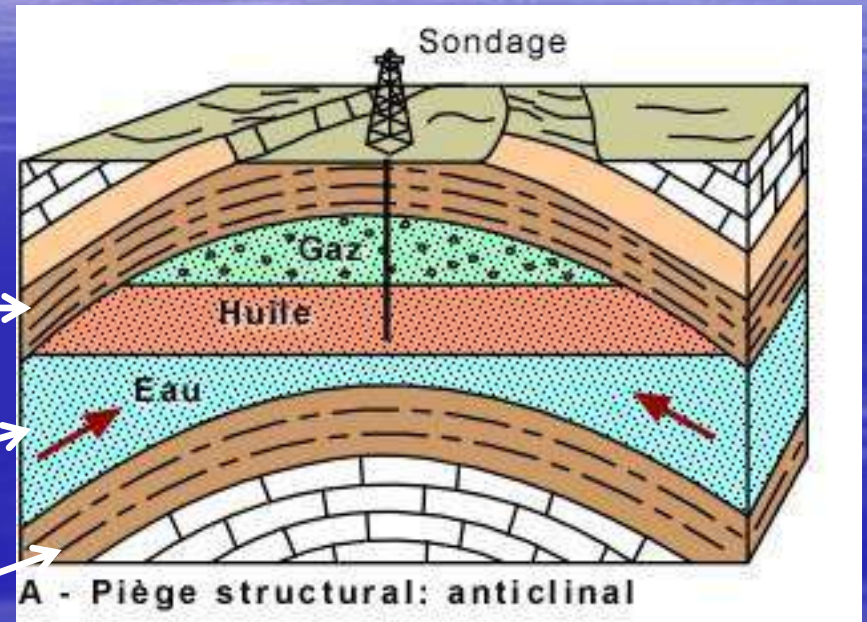
Systeme pétrolier conventionnel

1 – Piège (pli anticlinal)

2 – Roche de couverture →

3 – Roche réservoir →

4 – Roche-mère →



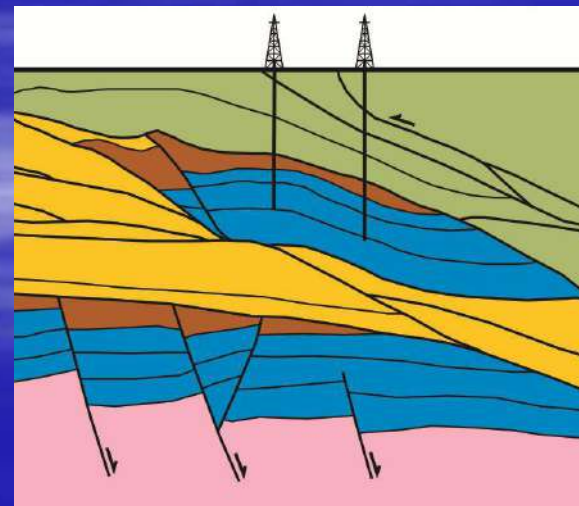
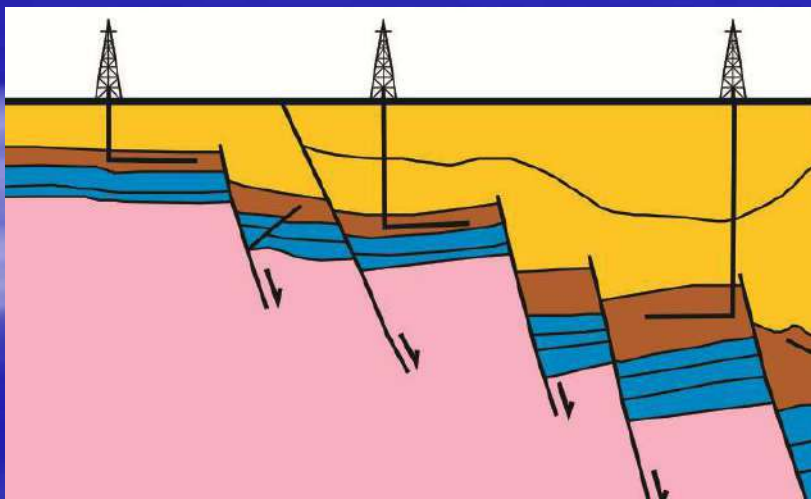
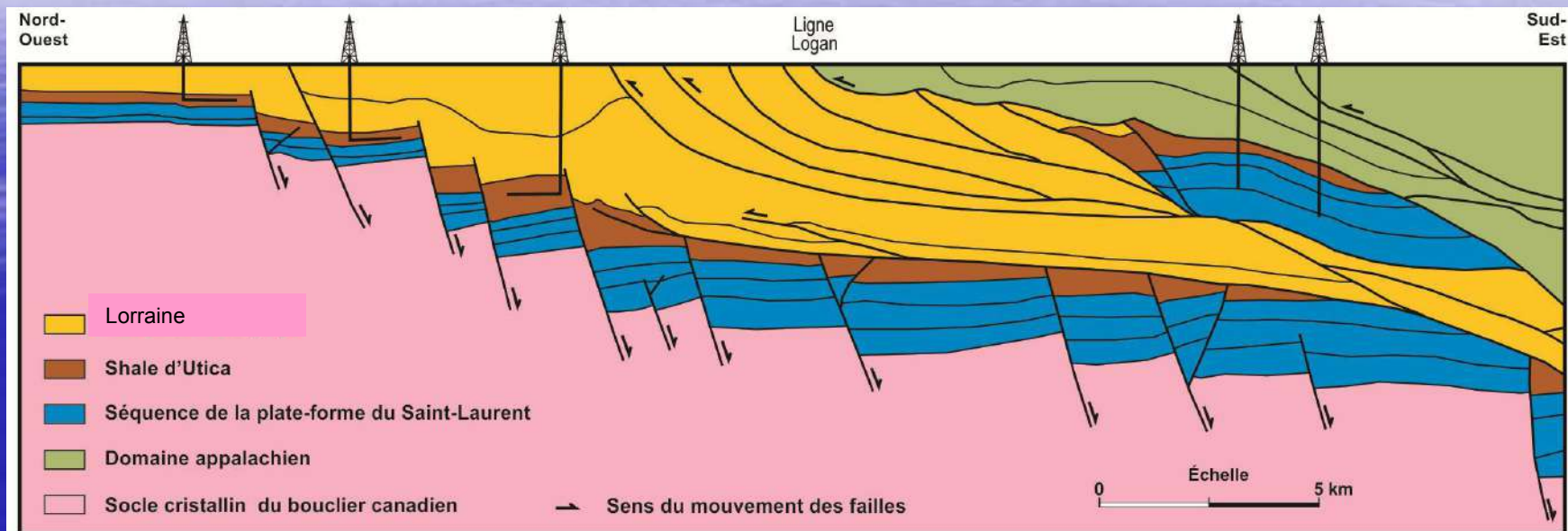
Systeme non conventionnel

- Une roche qui est à la fois:
 - Roche mère (maturation/génération);
 - Roche réservoir (microporosité qui emmagasine les hydrocarbures);
 - Roche de couverture (emprisonne les hydrocarbures);
 - Un piège stratigraphique (il peut en avoir d'autres par-dessus).

L'Utica joue un rôle dans les deux systèmes au Québec

Gaz de schiste

Saint-Flavien



RÉGION DE ST-JEAN-REINHÉ

Endroit: 992, Avenue King George, Notre-Dame du Sacré-Coeur,
comté de Napierville-Laprairie

Propri Endroit: 909, rue Donneville, Notre-Dame du Sacré-Coeur, comté
de Napierville-Laprairie

Elém Propriétaire: Roger Latour

d'info Eléments

d'information: Puits foré en 1948. Vingt pieds d'argile; puis huit it
pieds de roche brayée et d'argile à l'approche du roc. it une
L'eau est souvent blanchâtre et gazeuse. A l'arrêt
de la pompe, une forte poussée de gaz se produit au
moment où cesse l'écoulement de l'eau. Le gaz brûle
avec une flamme de trois pieds; l'opération peut être
répétée approximativement toutes les heures. Aucun
essai de contrôle ou d'utilisation

Date:
Dat Date: Janvier 1950

QUÉBEC
RÉDEMPTI PARADIS
IMPRIMEUR DE SA MAJESTÉ LA REINE

Propriétés physiques

Shales d'Utica et de Lorraine

Les roches impliquées dans un système pétrolier

- Pour que le système pétrolier fonctionne, les roches doivent présenter des propriétés physiques particulières:
 - Pour la roche mère, il faut une roche riche en matière organique (un haut niveau de COT et une maturation thermique adéquate);
 - Pour les roches de réservoir et de couverture, la porosité et la perméabilité sont importantes

Notions de porosité

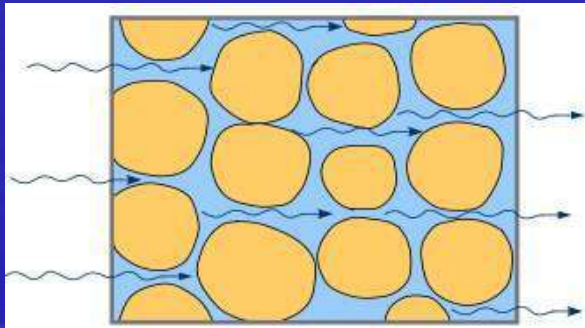
- La porosité totale correspond au pourcentage de vides par unité de volume de sédiments ou de roche. La mesure s'exprime en %.
- La porosité effective correspond au pourcentage de vides par unité de volume de sédiments ou de roche dont l'interconnection permet la migration d'un fluide au sein du volume de sédiments ou de roche.

Notions de perméabilité

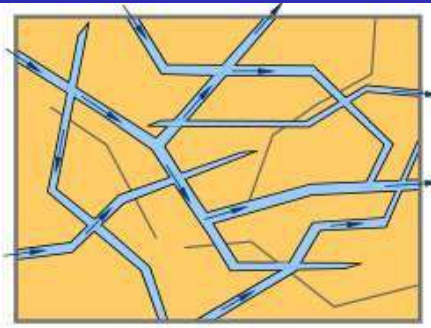
- La perméabilité, dite intrinsèque, réfère à la capacité du volume de sédiments ou de roche à permettre le transfert des fluides qui se trouvent dans les pores.
- Elle est fonction de la dimension, de la configuration et du degré d'interconnection des pores, donc de la porosité effective. Sa valeur est uniquement fonction des caractéristiques du milieu poreux/fracturé donc indépendante des propriétés du fluide.

Notions de perméabilité

Grès

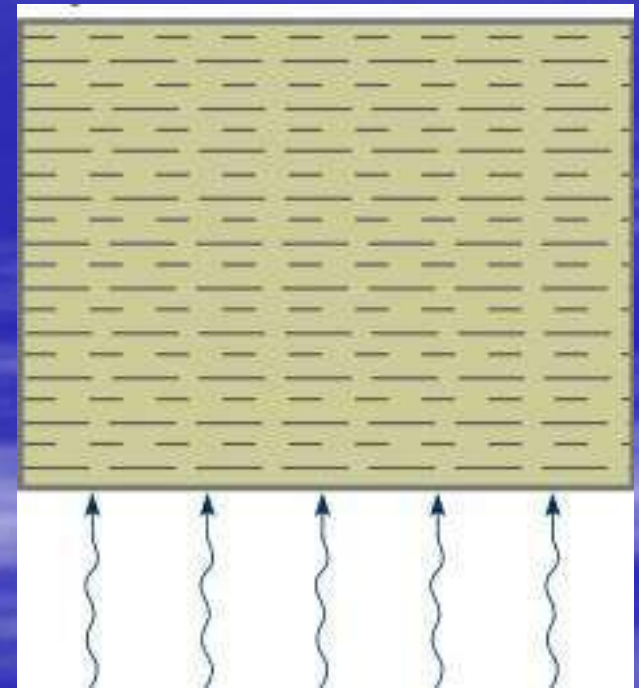


Calcaire



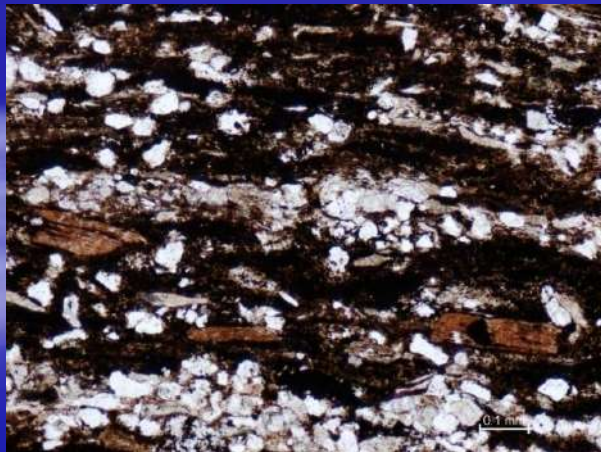
Roches perméables

Shale



Roche peu perméable

Shale d'Utica

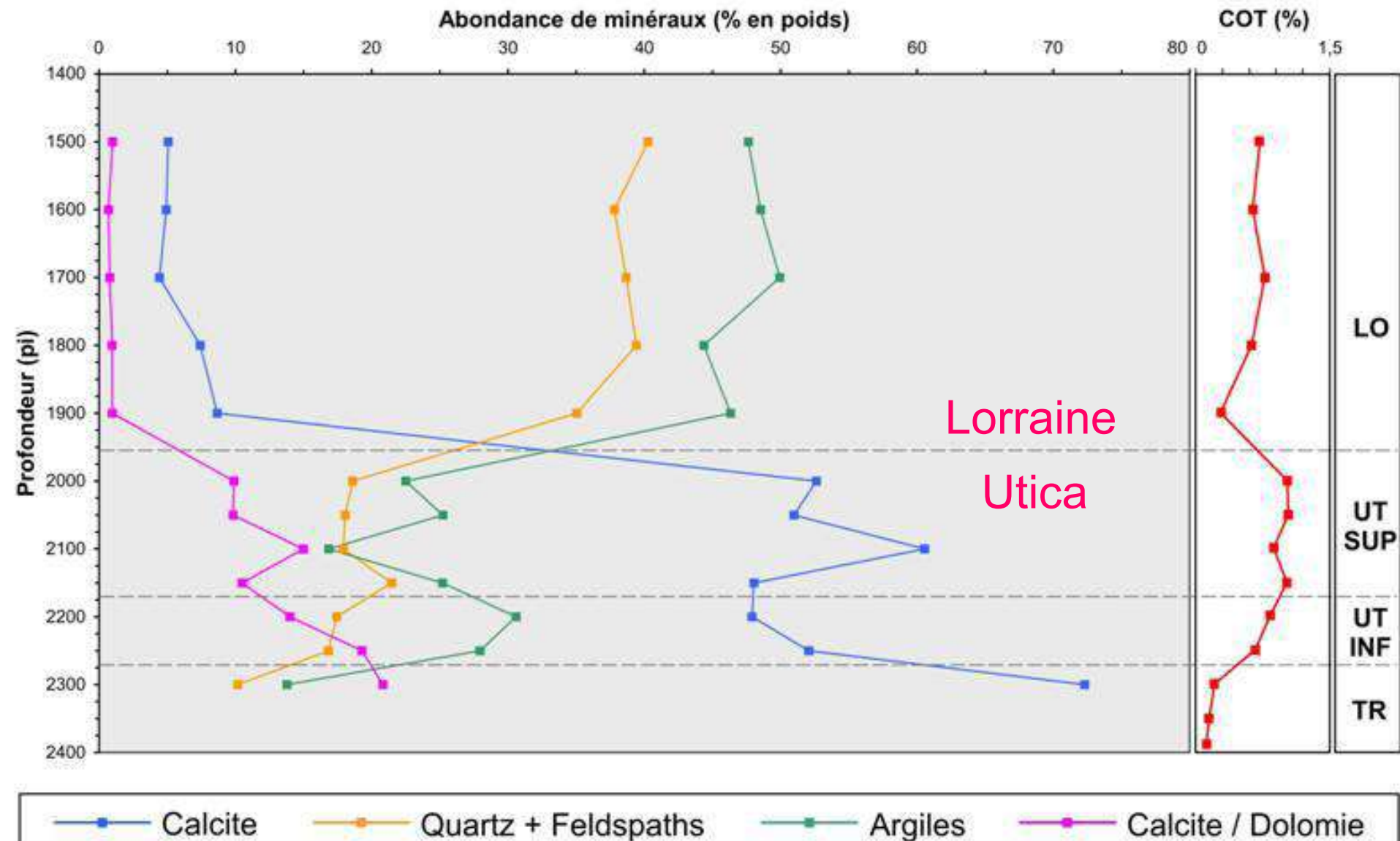


Propriétés physiques

	Utica	Lorraine
COT %	0,3 – 2,0	0,3 – 2,0
Porosité totale %	0,7 – 6,6	5
Perméabilité (mD)	$3,0 \times 10^{-4}$	$4,0 \times 10^{-4}$
Température (°C)	40 - 60	40 - 60

Minéralogie – Composition des phases majeures

A069 - Impérial Lowlands No 1



Comportement des roches à la fracturation

■ Plus compétent
cassant



■ Moins compétent
plie

- - dolomite
- - arkose
- - grès siliceux
- - grès lithique
- - calcaire à grains grossiers
- - calcaire à grains fins
- - siltstone
- - marne (shale calcaireux)
- - shale
- - anhydrite
- - halite

Exploration du gaz de shale

Les éléments d'un puits

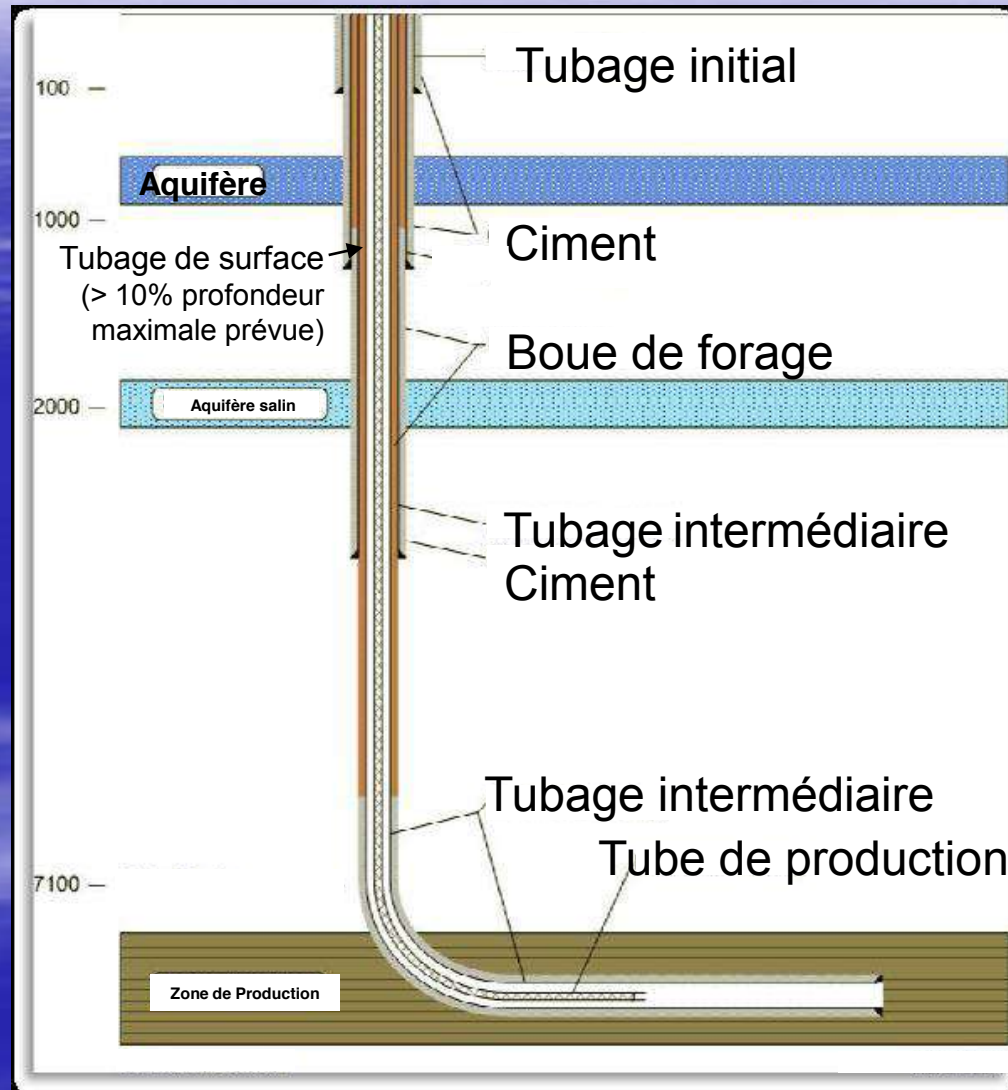
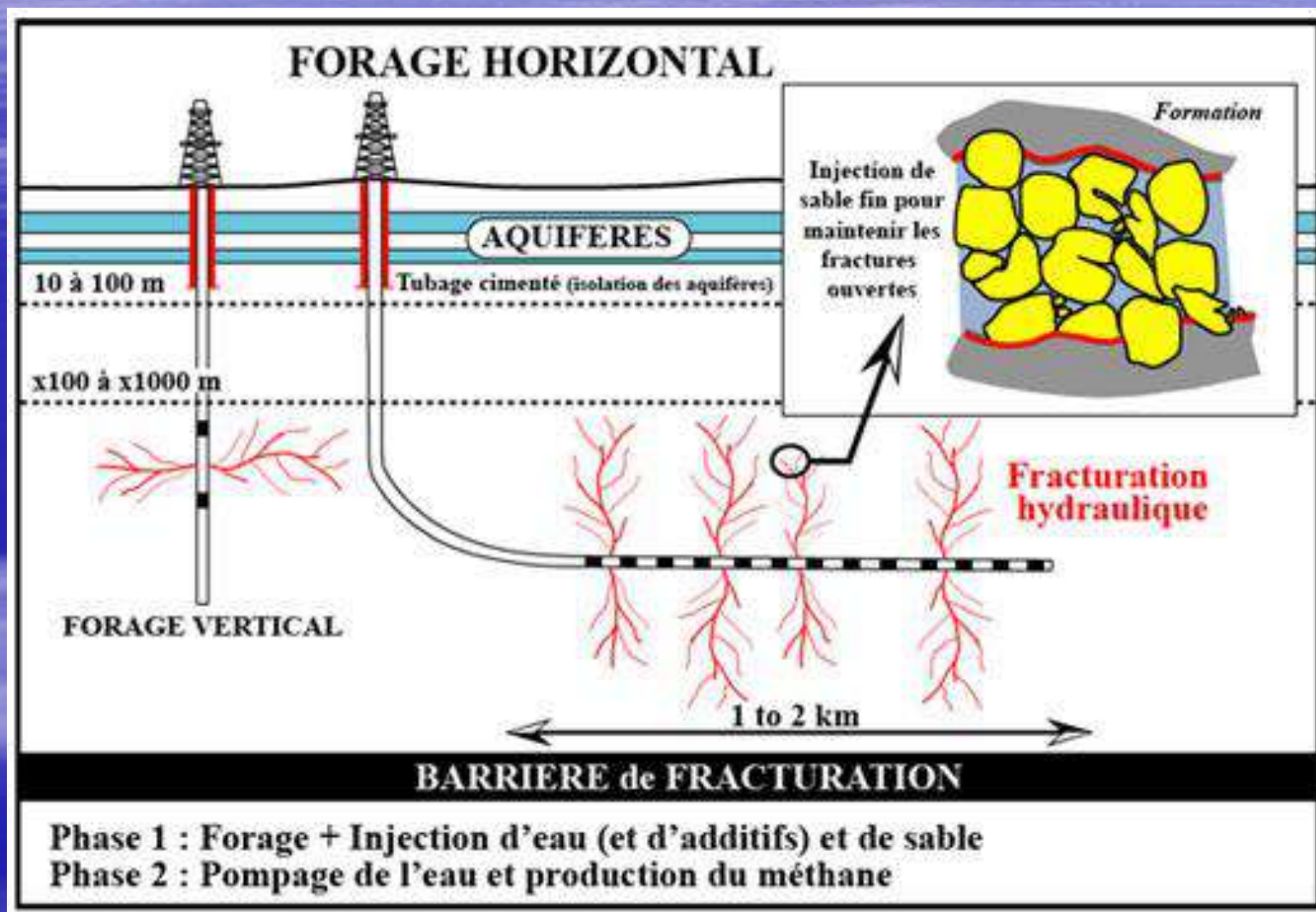
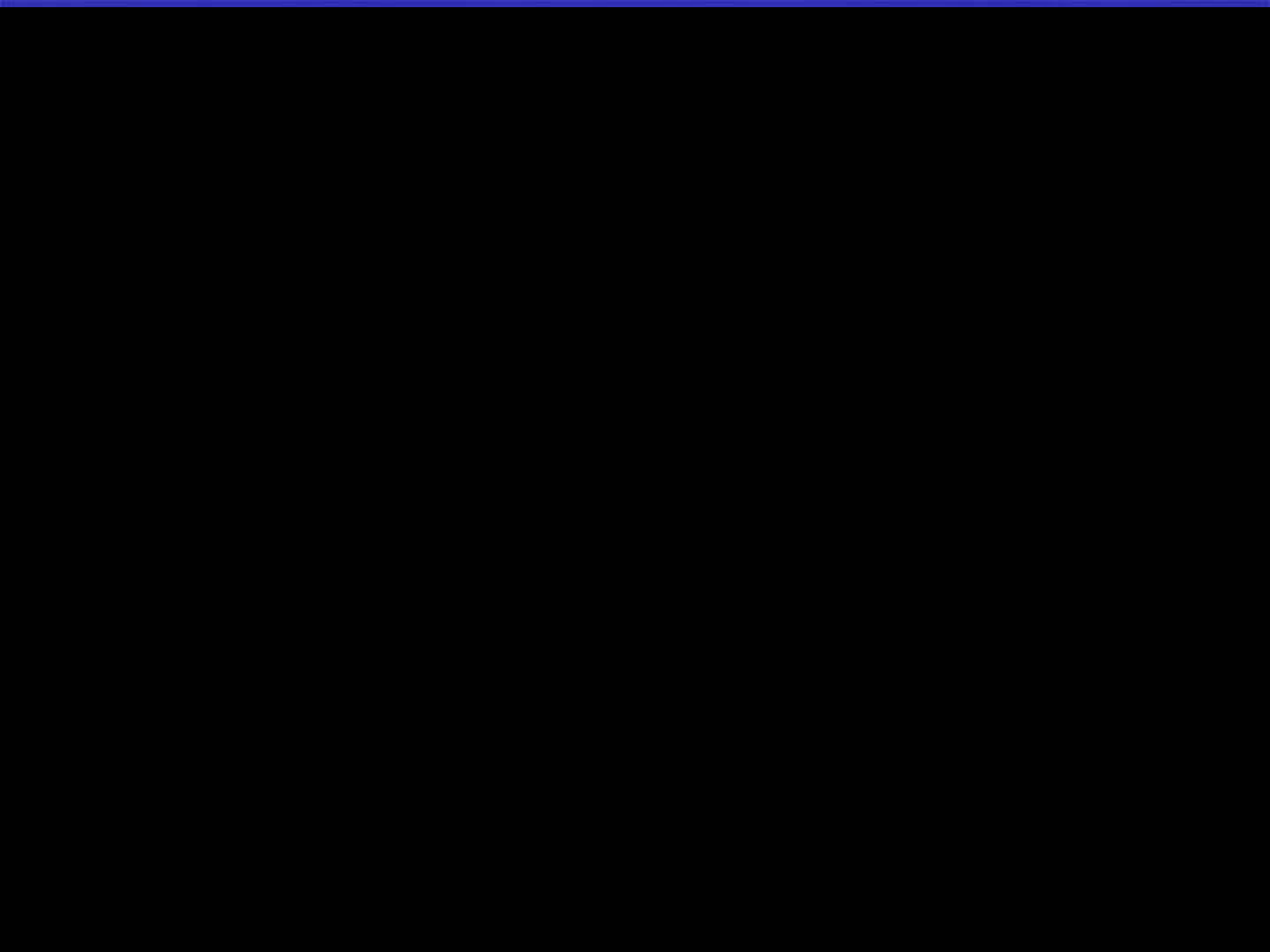


Illustration des composantes d'un puits de gaz de schiste

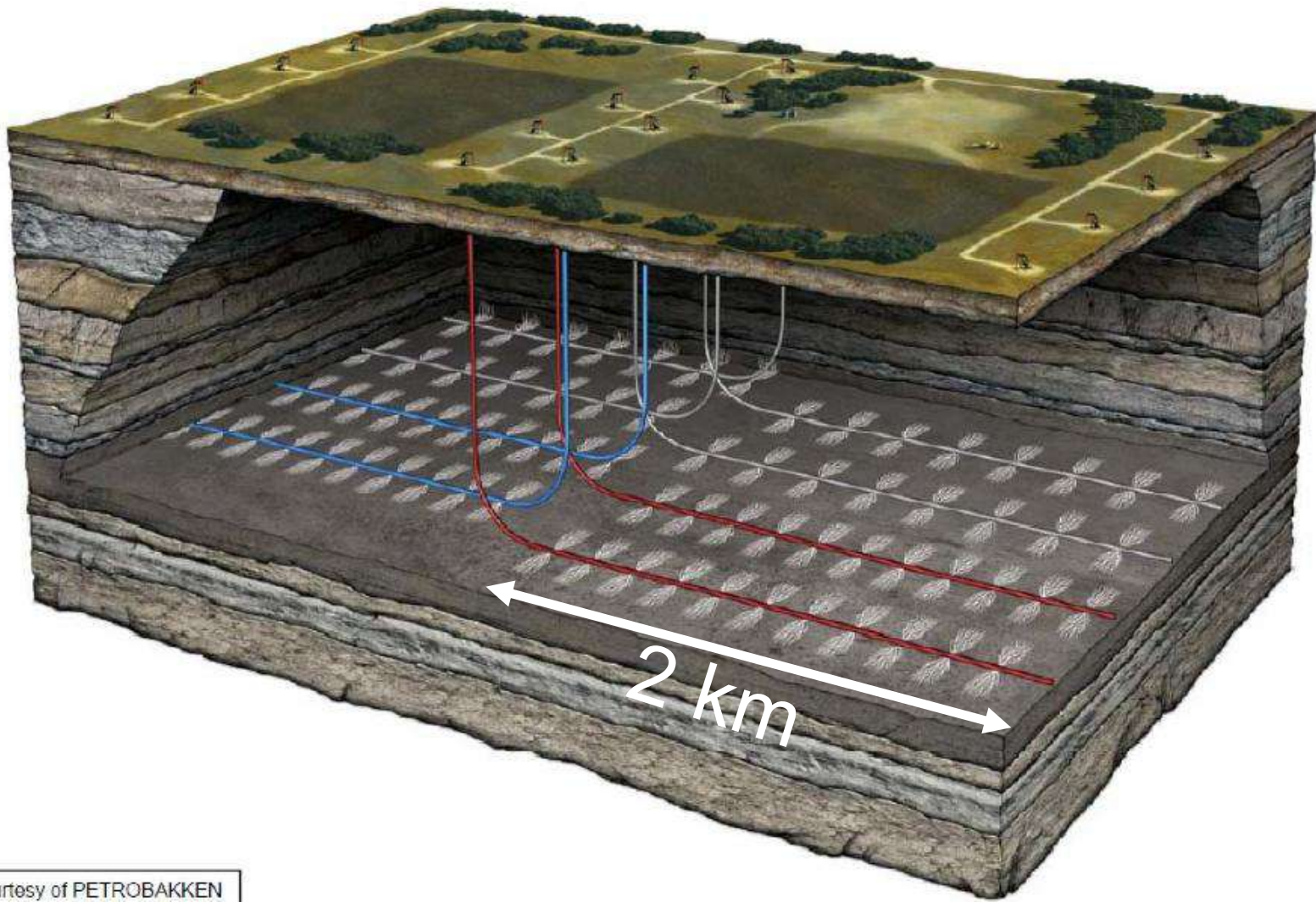
L'hydrofracturation



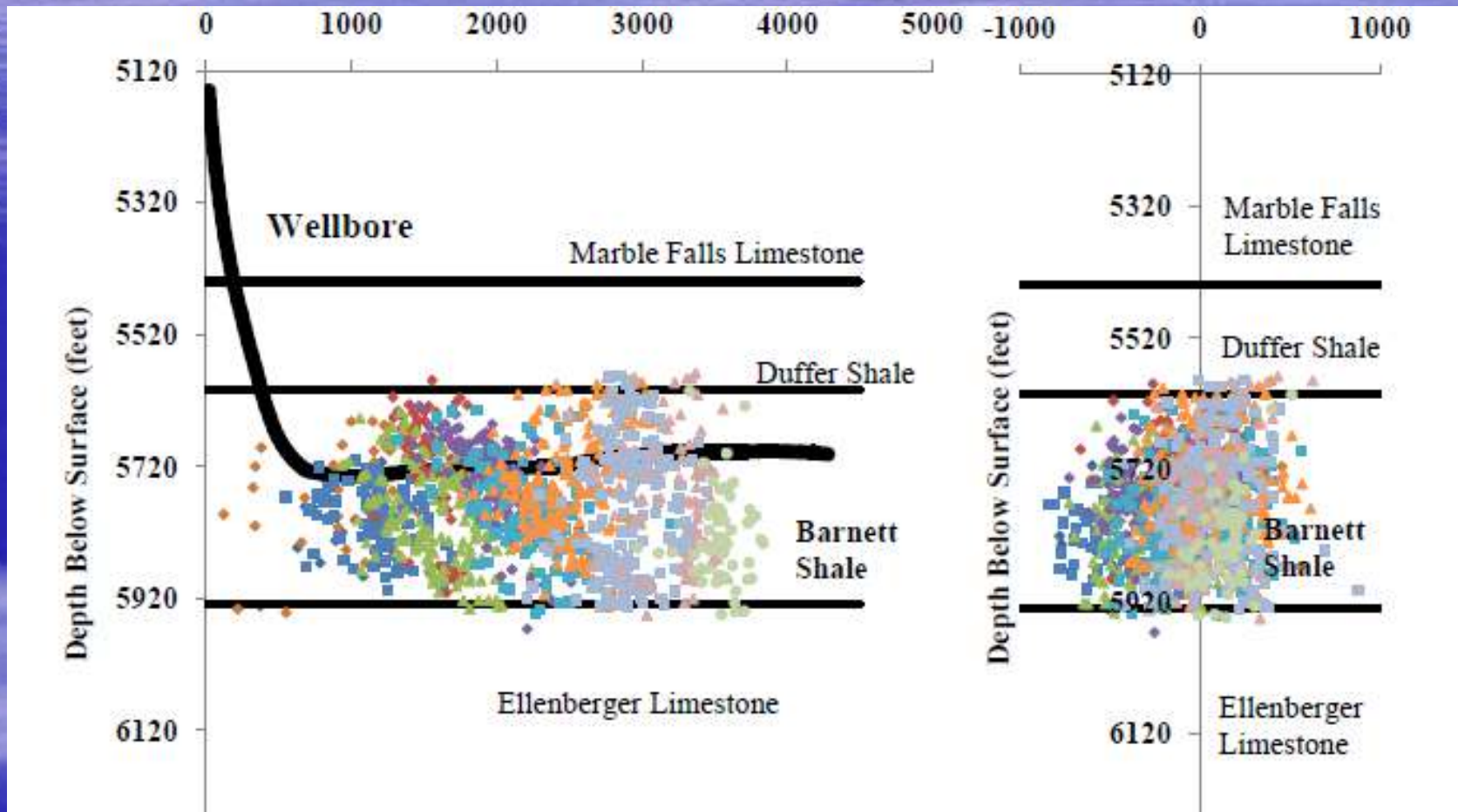
Pause cinéma



Pour développer un fait plusieurs puits à un espacement optimal



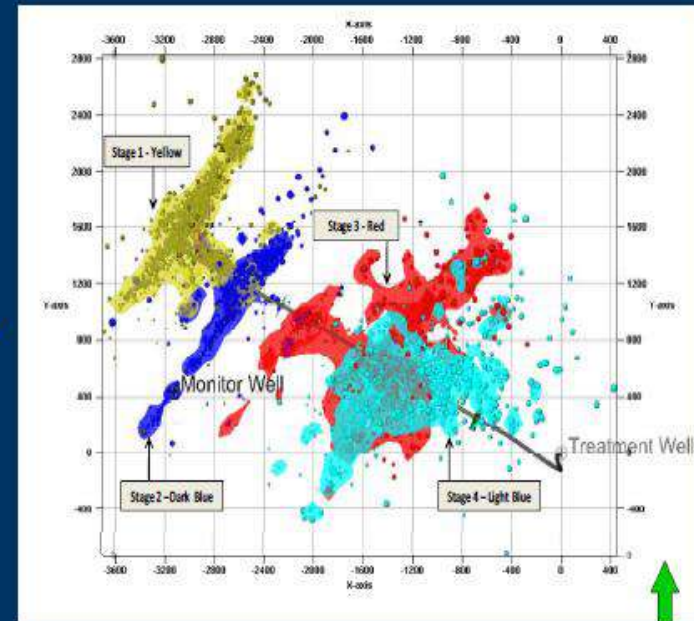
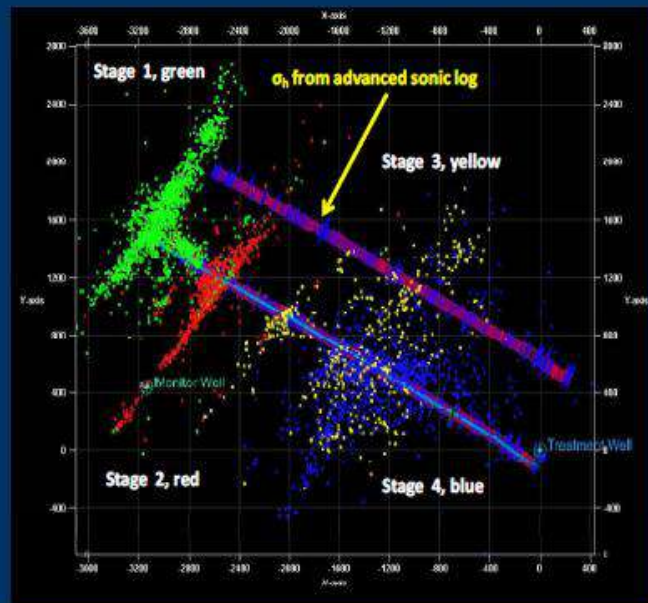
Enveloppes de fracturation (ex: Barnett Shale)



Source : Zoback et al., 2010. Addressing the environmental risks from shale gas development. Briefing Paper 1. Worldwatch Institute. Natural gas and sustainable energy initiative

Et une autre vue

Estimated Stimulated Volume (ESV)



Stimulated Reservoir Volume (SRV)

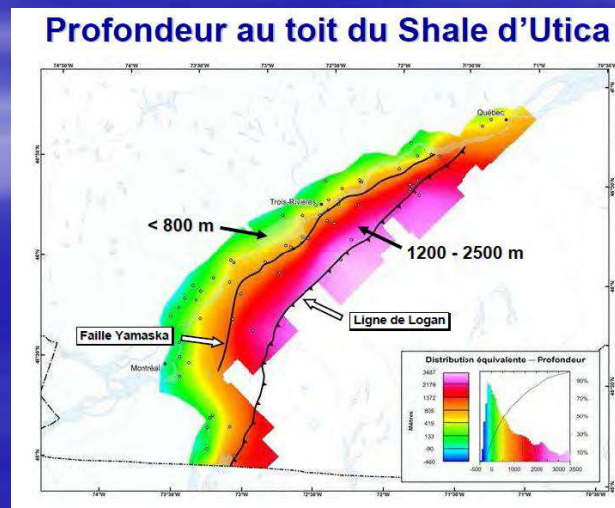
Enjeux pour les eaux souterraines

Dans notre banque des puits,
il y a environ 80 000 puits sur
le territoire des basses terres

Enjeux pour les eaux souterraines

De ces puits, plus de 99% sont moins de 120 de profond

Dans le corridor le plus favorable entre la faille Yamaska et la ligne de Logan, l'utica se situe entre 1200 et 2500 m de profondeur – il y a une bonne marge de sécurité

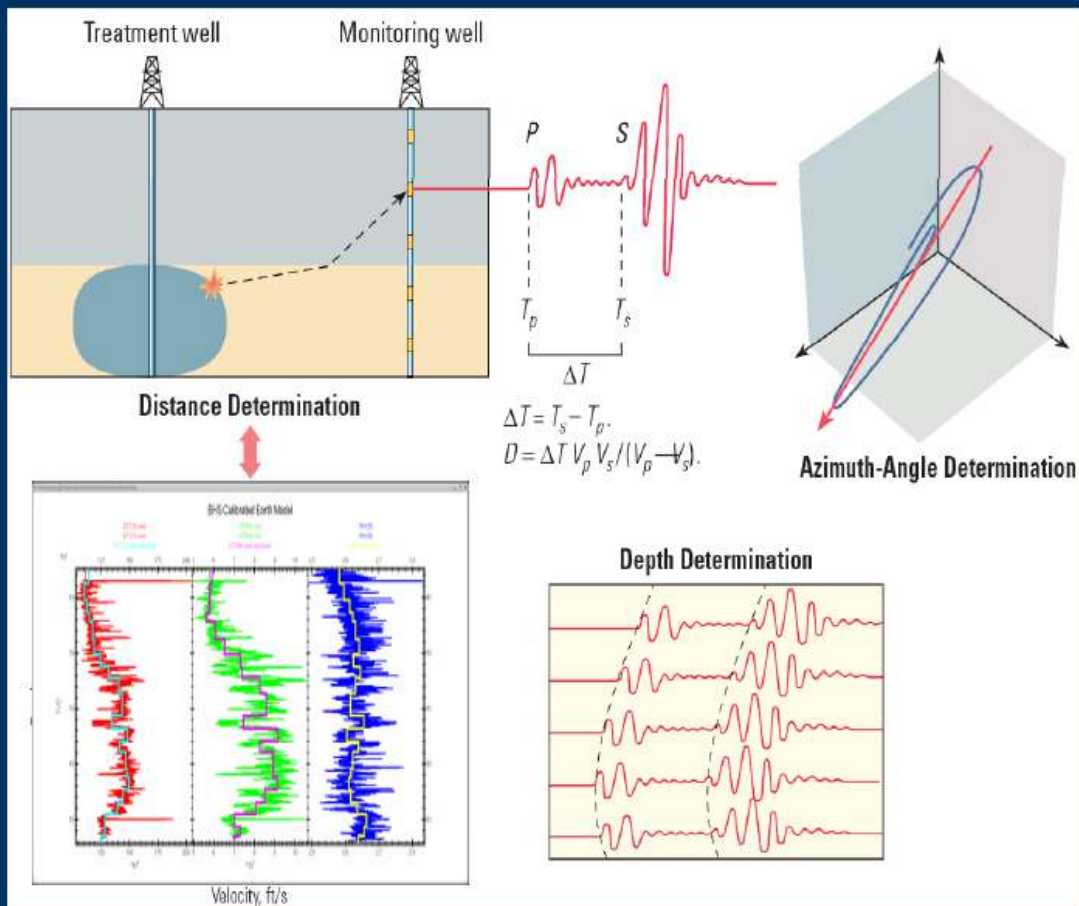


Fracturation hydraulique

- Cette opération suscite bien des appréhensions.

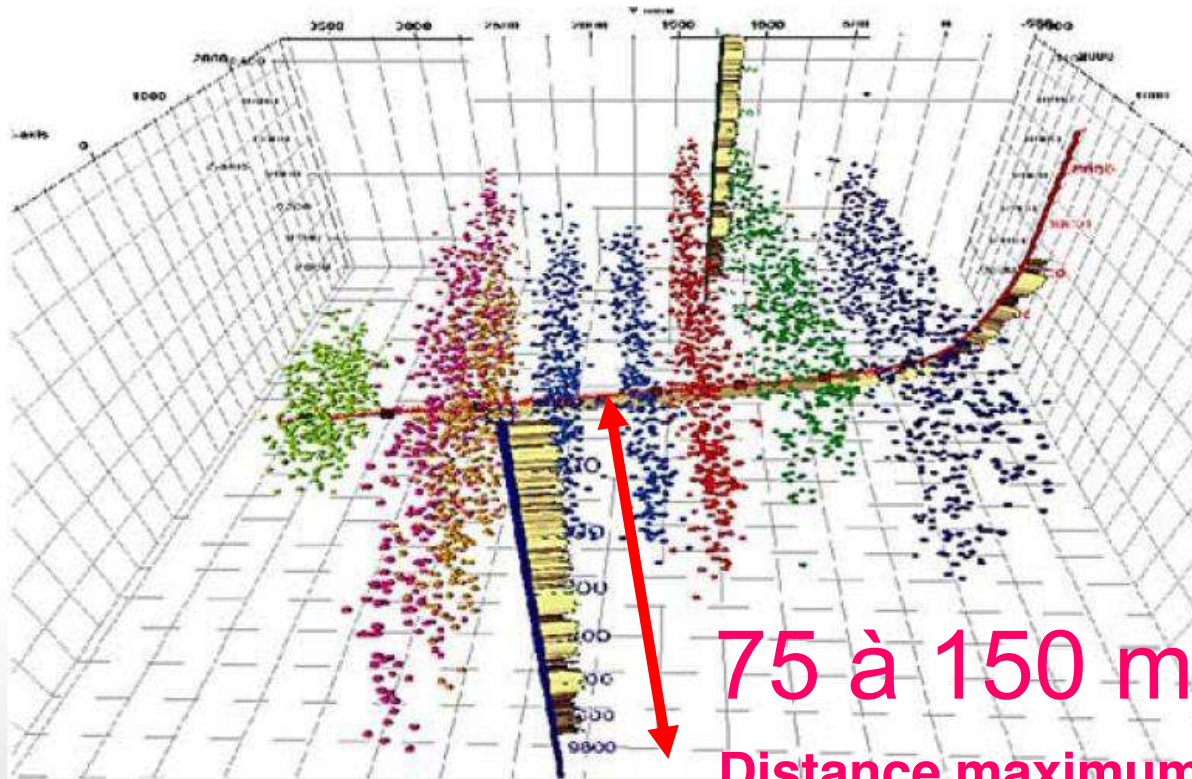
Pourtant, on peut mesurer les fractures avec de la micro-sismique

Microseismic Basics



Les stages de fracturation

Micro Seismic



Source: NEB

75 à 150 m

Distance maximum du forage

Fracturation hydraulique

- De plus, en raison des caractéristiques du Lorraine (pauvre en carbonates, riche en argile, faible perméabilité, puissance...), cette formation qui recouvre l'Utica fracture mal
- La fracturation est l'étape qui est la moins susceptible d'affecter la qualité des eaux souterraines exploitées ou présentant un potentiel d'exploitation.

Scellement du coffrage

- Opération cruciale qui a pour but d'isoler les unités géologiques les unes des autres de manière à éviter les échanges de fluides entre elles;
- Il s'agit d'une opération délicate qui, en pratique, peut échouer partiellement (écoulement du scellant selon des chemins préférentiels);
- Des tests de pressions et des logs géophysiques doivent être réalisés.
- Des fuites "fugitives" demeurent possibles.

On fait du ciment depuis longtemps



Viaduc d'Aspendos construit il y a 1800 ans

Activités en surface (plateforme de forage)

- Ce sont les activités se déroulant en surface, au niveau de la plateforme de forage qui sont les plus susceptibles d'affecter la qualité des eaux souterraines;

Activités en surface

- Une attention particulière doit être accordée à la gestion des fluides de forage et d'hydrofracturation soit leur stockage (risques de fuite) au site et à leurs manipulations (déversement accidentel);

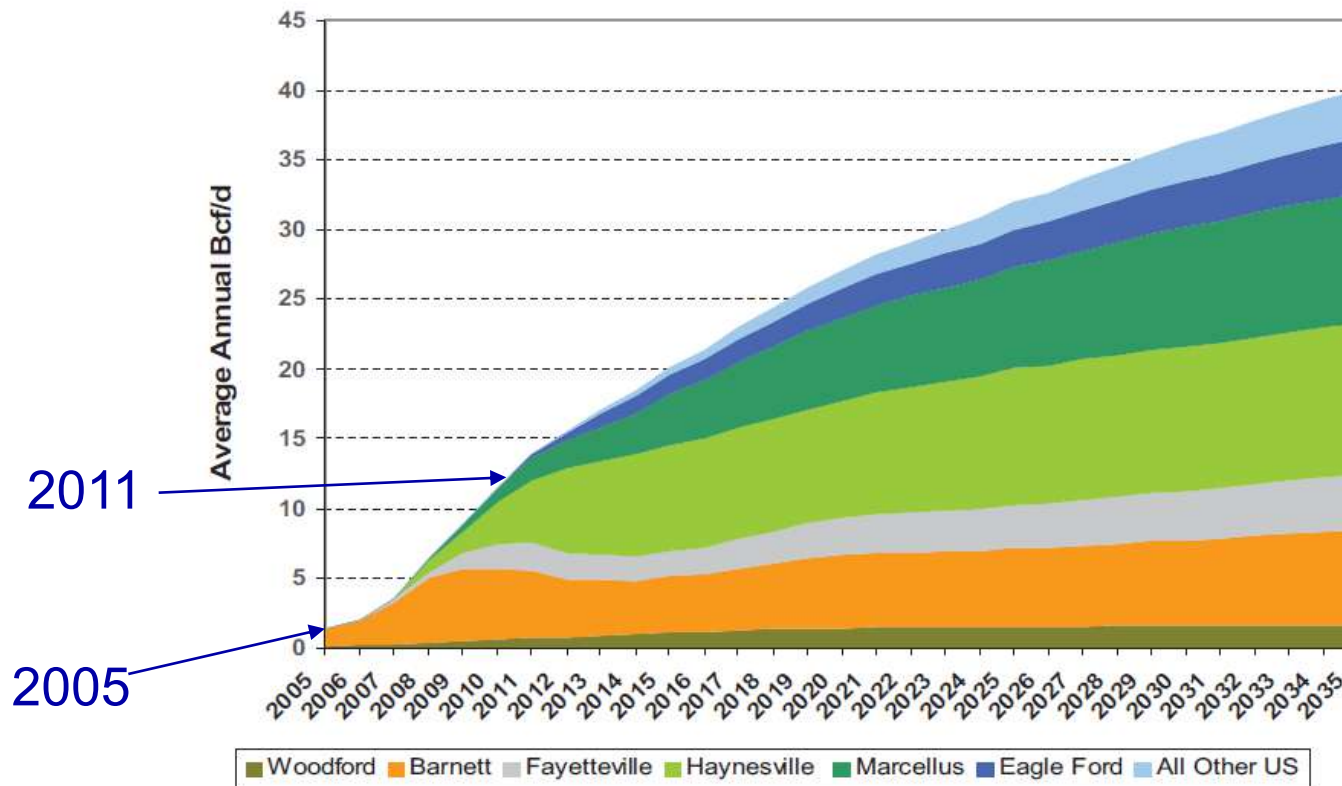


Réservoirs et bassins en Colombie Britannique

Section Bonus sur l'industrie

importance de l'industrie ; milliards de pieds cubes

La production a augmenté de 10 milliards de pi cubes en 10 ans

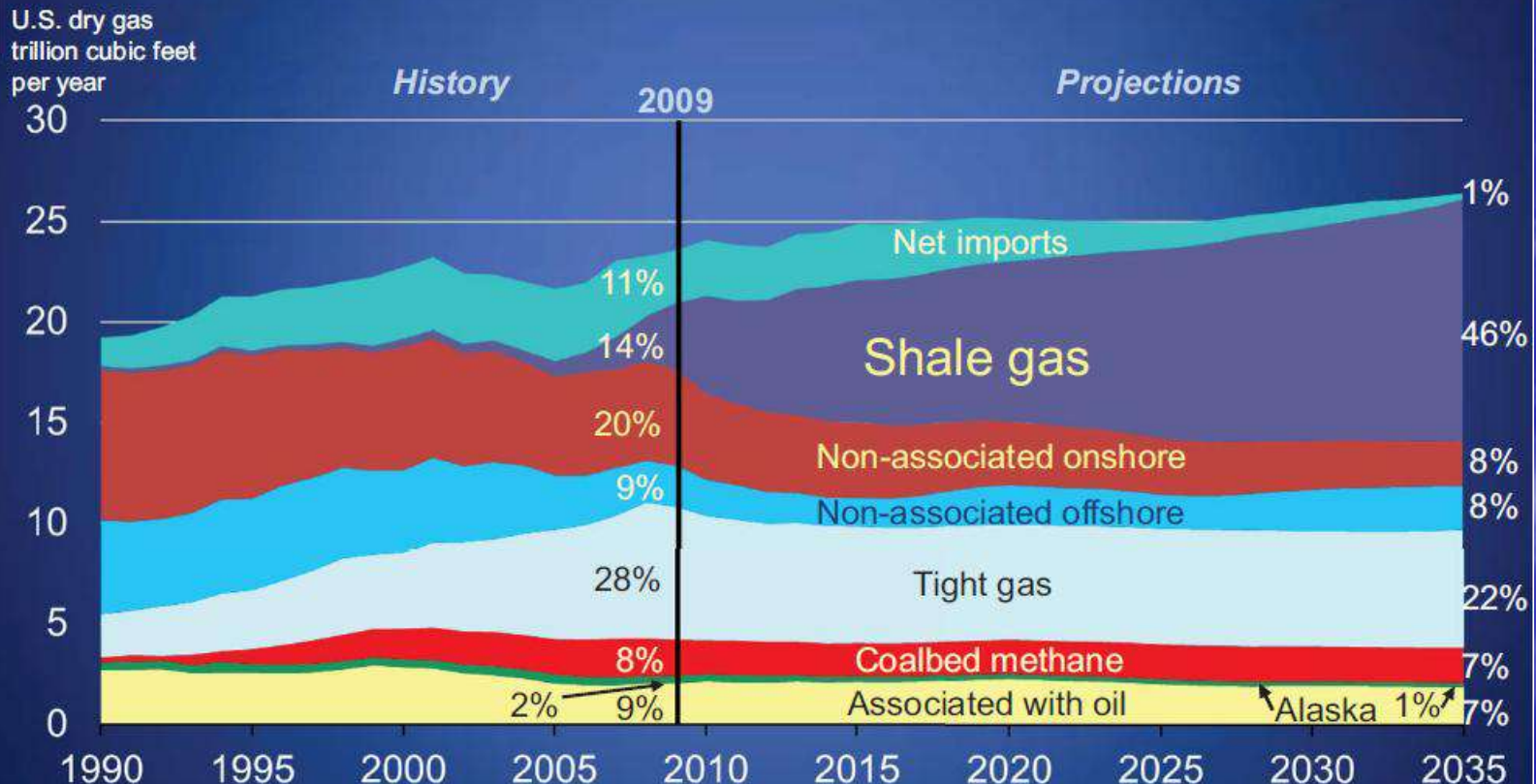


Source: Based on data from ICF International and Compass Report January 2011

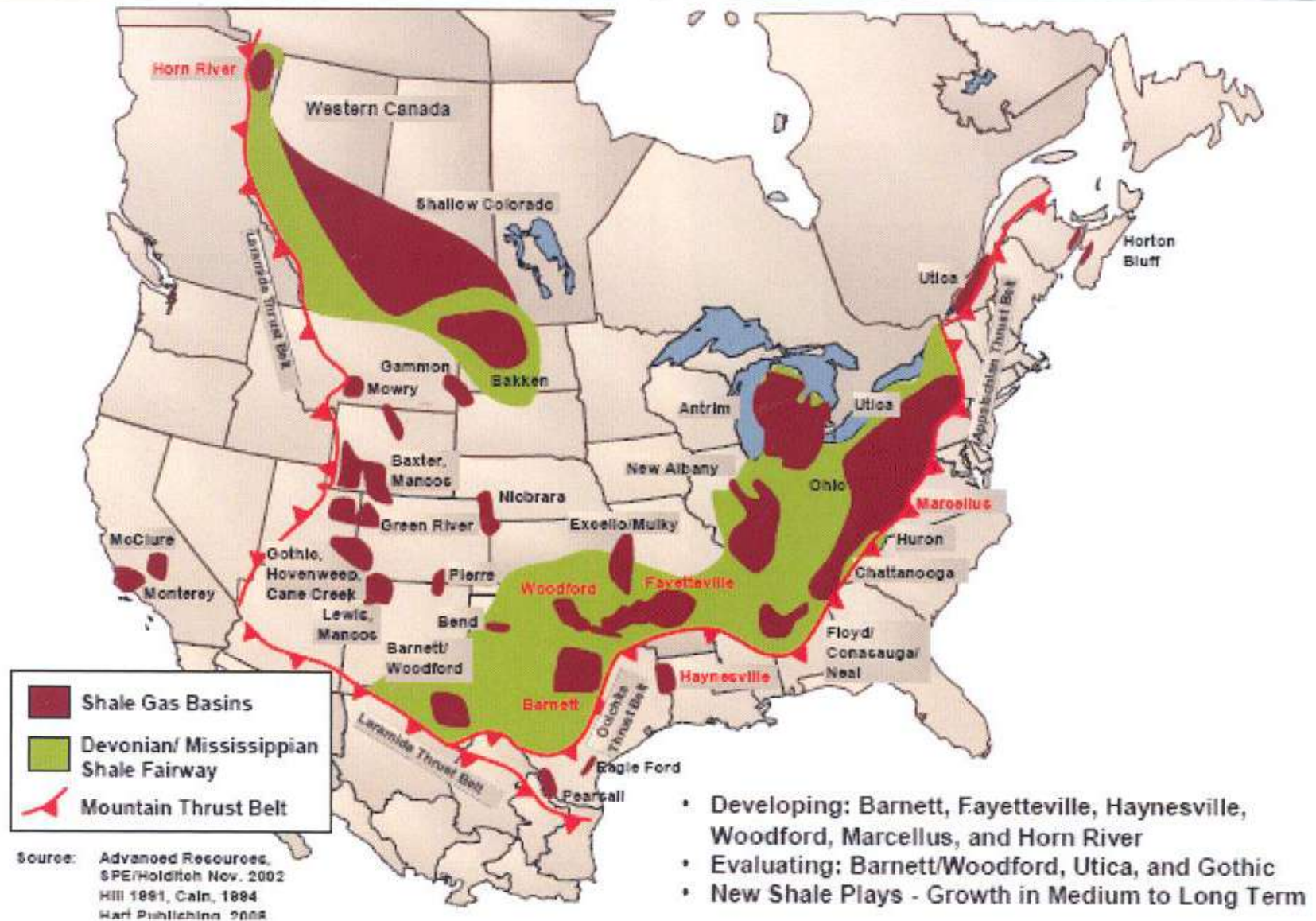
Dans 20 ans, le gaz de shale c'est 46% du gaz produit

Natural Gas Supply Outlook, Long Term

AEO 2011 shale gas *estimate* increased ~25% since AEO 2010

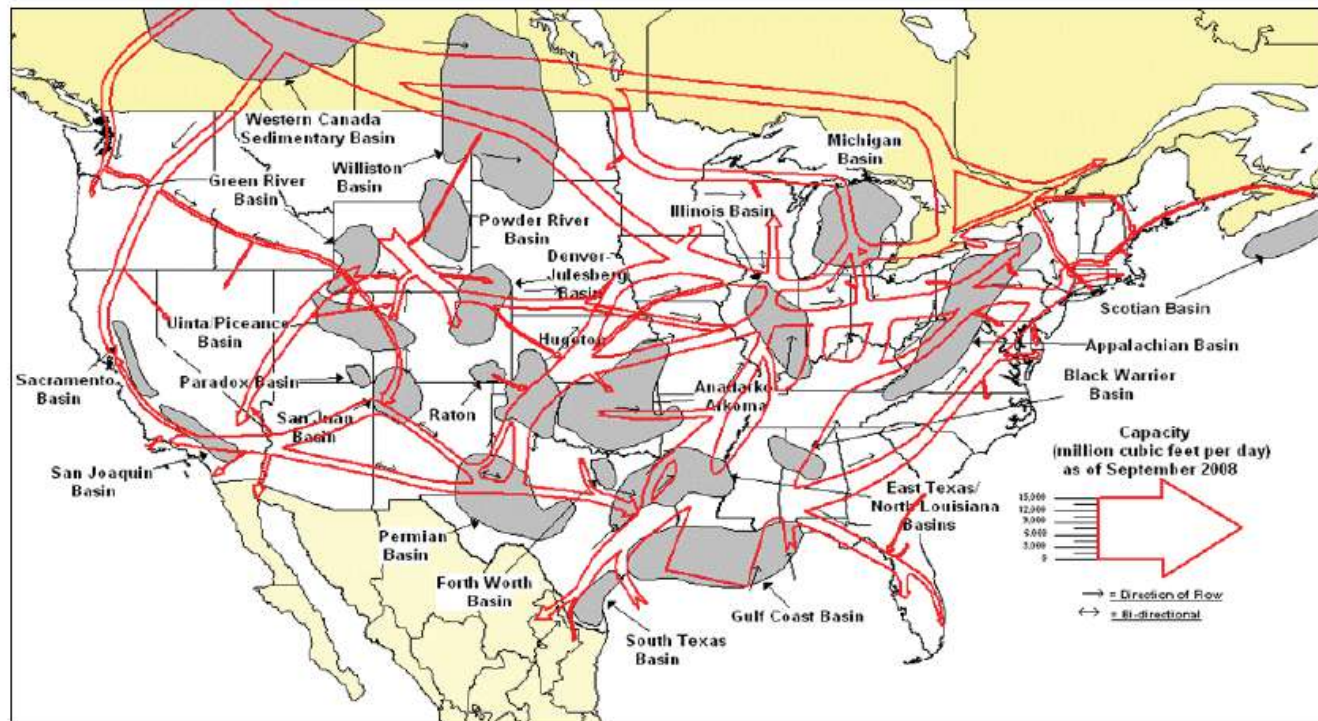


Bassins gaziers en Amérique du nord



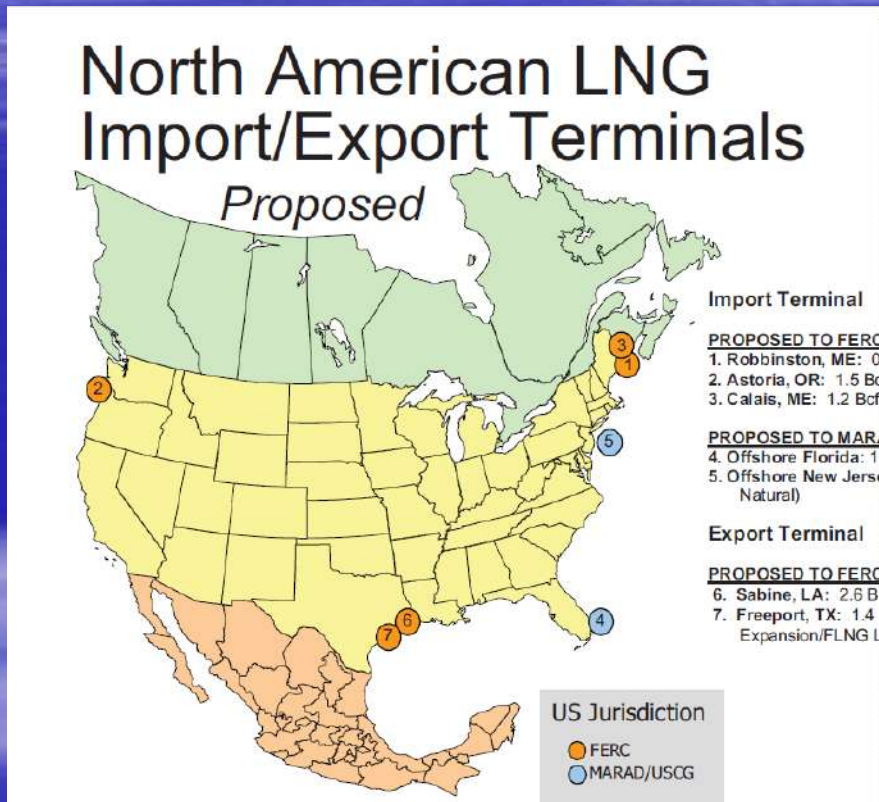
Le réseau actuel de pipelines; il sera complètement inversé avant 20 ans

U.S. Natural Gas Basins Relative to Major Natural Gas Pipeline Transportation Corridors, 2008

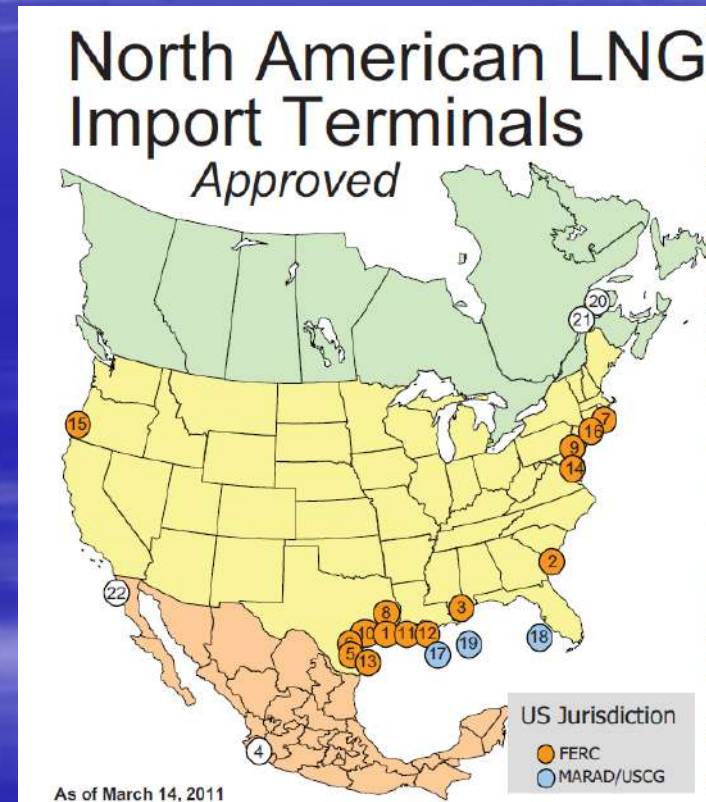


Source: Energy Information Administration, Office of Oil and Gas, Natural Gas Division, GasTran Gas Transportation Information System

Les projets de terminaux de GNL sont modifiés pour l'exportation



Nouveaux projets



Projets initiaux

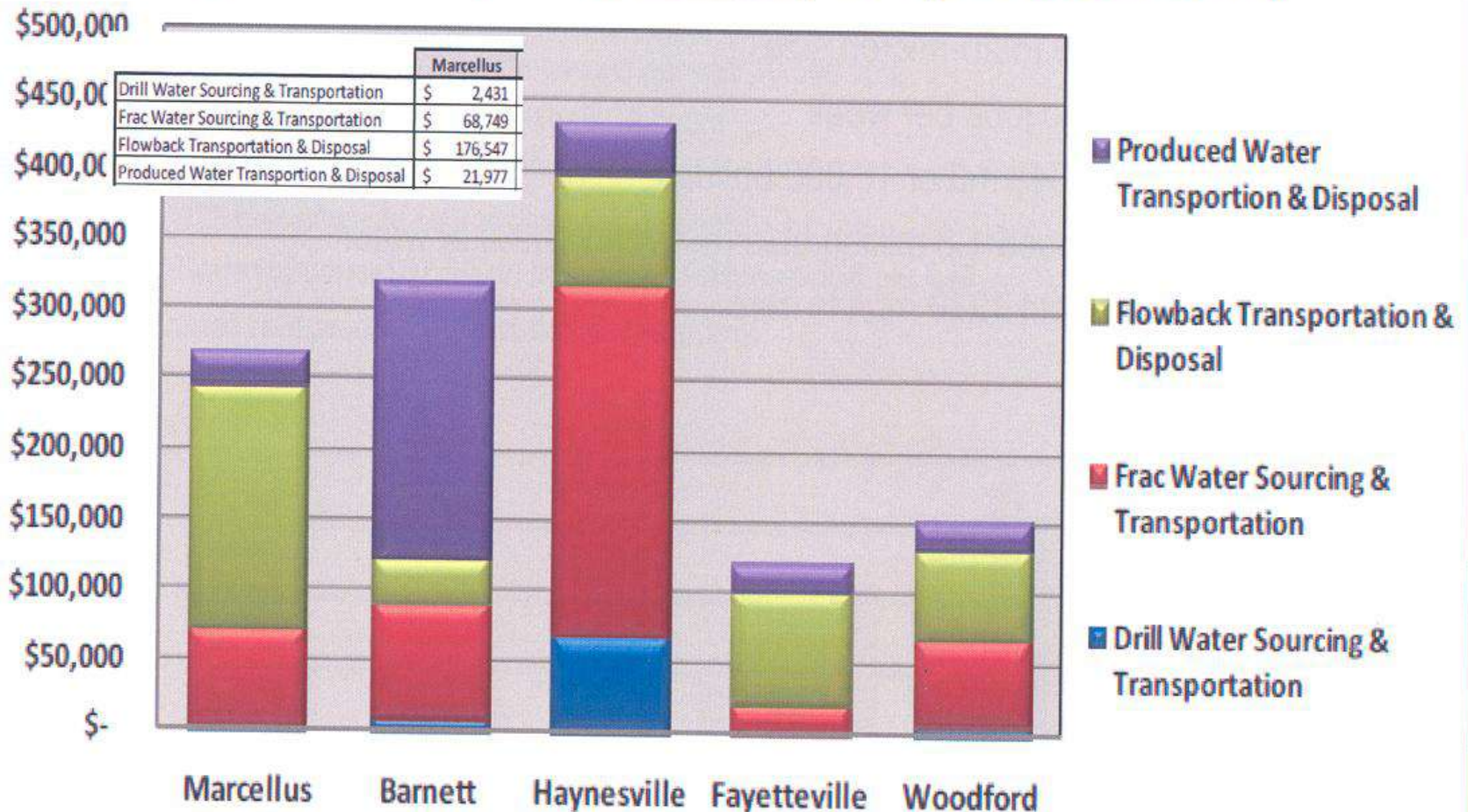
Calculs actuels de l'industrie

- L'équipe de fracturation coûte 250 000\$/jour
- Le coût moyen pour gérer l'eau est de 60\$ m³
- La gestion de l'eau pour un puits à fracturations multiples peut donc coûter entre 960 000 \$ et 6 000 000 \$

On commence à connaître les coûts

Water Costs for Shale Gas Plays

Typical Water Spending Per Well (Average over 2009-2011)

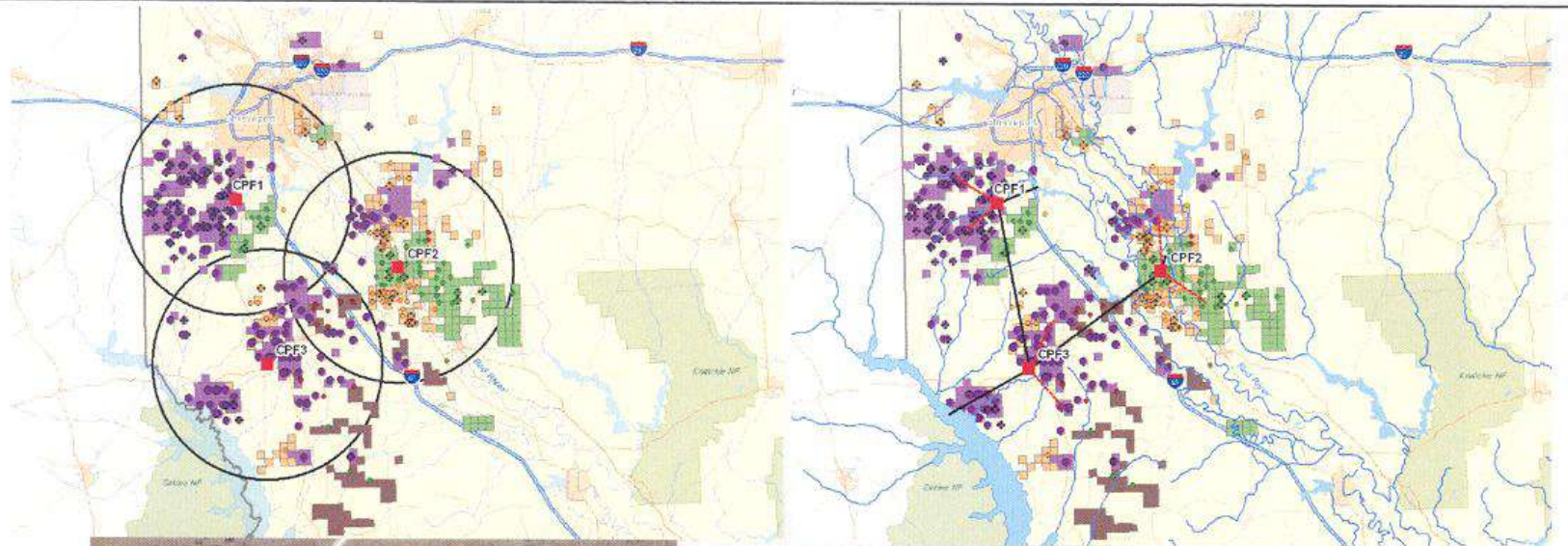


Calculs actuels de l'industrie

- Entre 2 000 et 5 000 m³ d'eau par fracturation
- De 8 à 20 fracturations par forage, bientôt 25
- Entre 2 et 4 fracturations par jour
- Besoin de 4 000 à 16 000 m³/jour
- Jusqu'à 125 000 m³ par puits
- Jusqu'à 3500 voyages de camion ! Il faudra passer aux pipelines pour acheminer l'eau

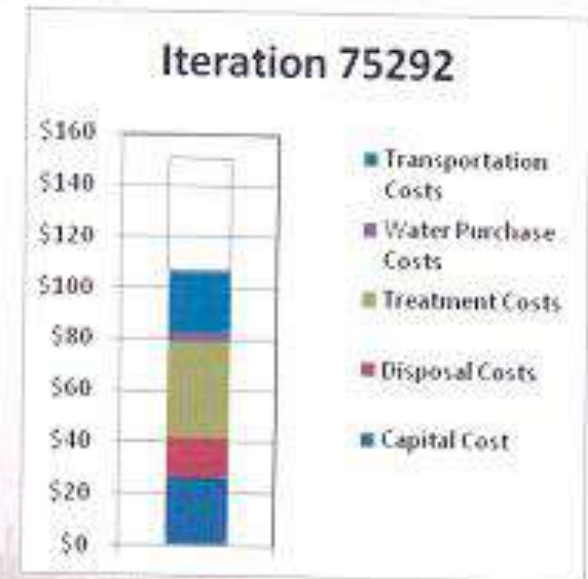
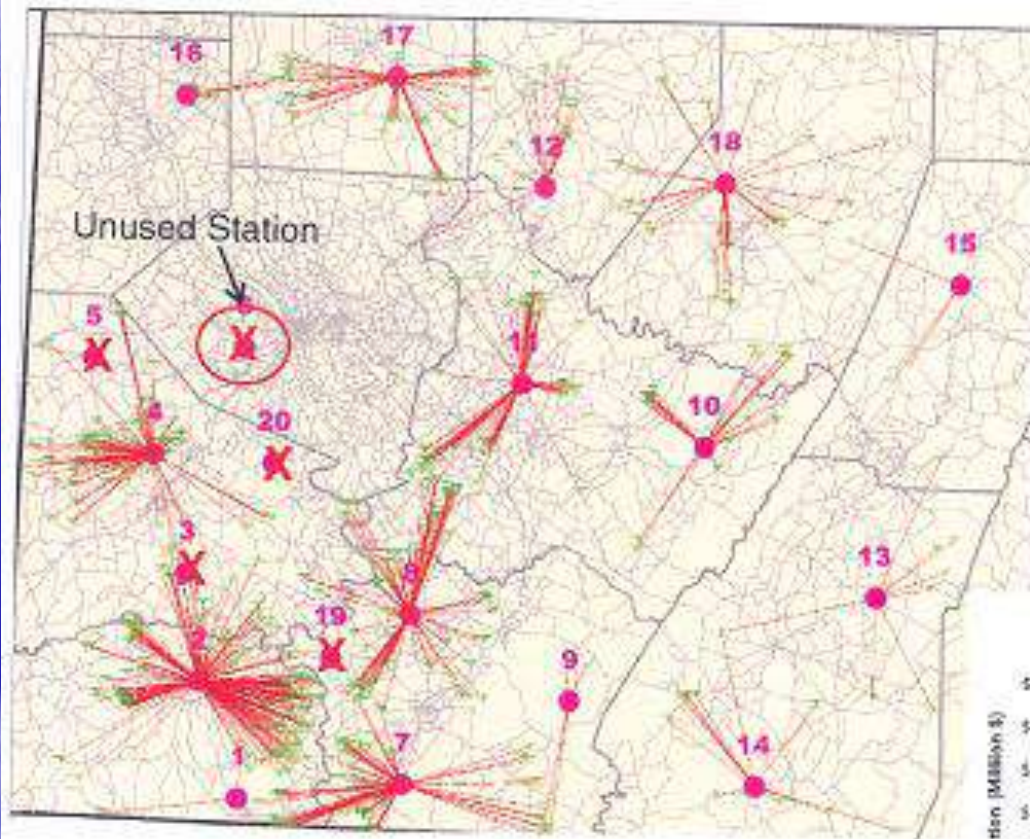
On aura de la gestion régionale

Haynesville Water Solution & Optimization



- 100% recycling of flowback
- Solid waste only
- 50% reduction in truck miles
- 40%-50% reduction in overall system water costs
- Control over all water in the system

optimisation des prélèvements d'eau



Sortie d'un logiciel de simulation des prélèvements

Conclusions

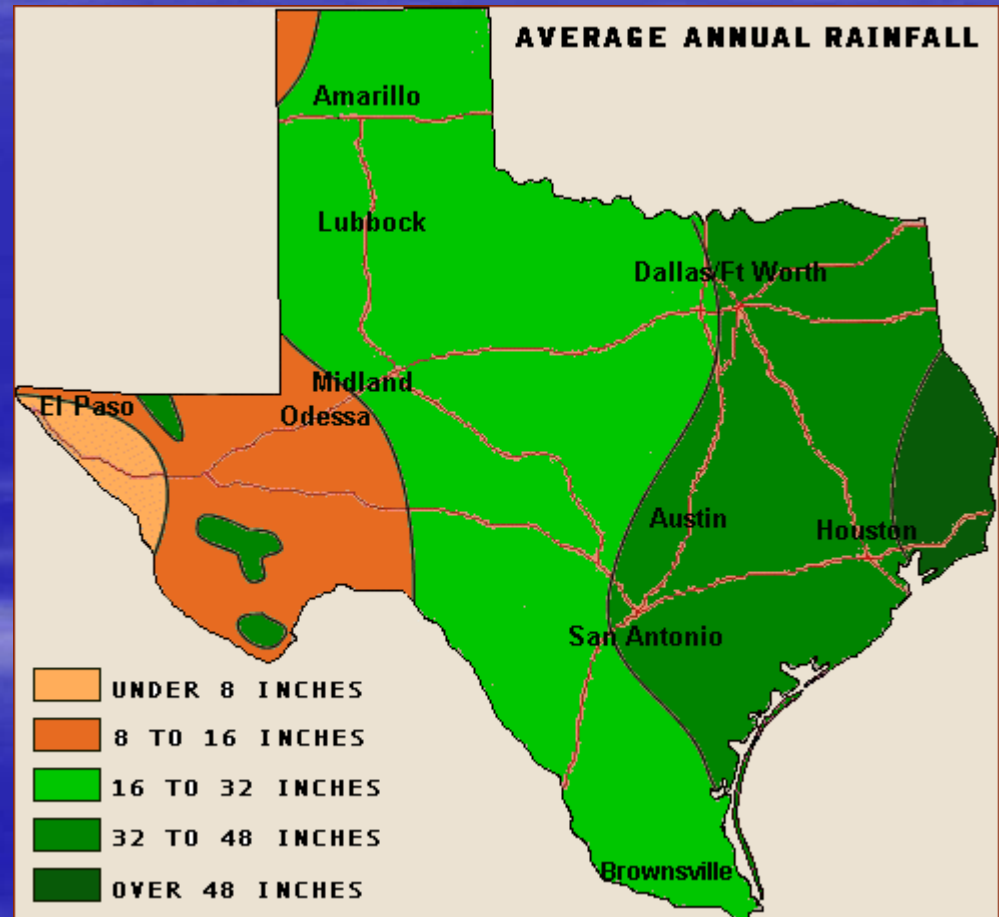
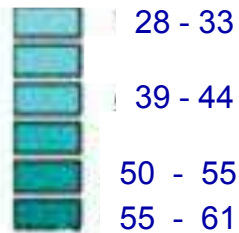
- Le Québec ce n'est pas le Texas;



On a plus de *pluie* aussi



Précipitations en pouces



Les débits disponibles sont ...

● Débit en m³ par seconde



On n'est plus aux puits verticaux

Puits du comté de Chautauqua (NY):

4300 puits

distance moyenne 0,4 km

Lac Erié



Infrastructure aux sites individuels

Il s'agit de puits verticaux



Dernièrement à une conférence a Pittsburgh, Pennsylvania (PA). un représentant du Consulat Général du Canada à Buffalo écrivait:

- C'est la formation Marcellus qui a les conditions économiques les plus favorables en Amérique du nord
- La production de GN en 2010 sera la plus élevée depuis 37 ans
- Les importations américaines de gaz canadien vont tomber de 11% en 2011
- Le GN qui s'écoulait de l'ouest du Canada vers l'est va stopper et on verra des exportations de gaz du Marcellus vers l'Ontario dès 2012
- Encana Corp., le plus grand producteur de gaz canadien va diminuer ses investissements canadiens.
- Canadian Enerplus et Talisman vendent déjà certaines propriétés canadiennes pour investir davantage aux USA dans le Marcellus.

Conclusions

- Pour le moment, le shale d'Utica c'est encore de la roche et non un klondike
- Les études économiques et techniques sont en cours
- L'argent sera investi là où les conditions économiques sont les plus favorables