
Groupe Transverse (IDées)

**GAZ "DE SCHISTES": GÉOLOGIE, EXTRACTION,
PROBLÉMATIQUE, L'EXEMPLE AMERICAIN**

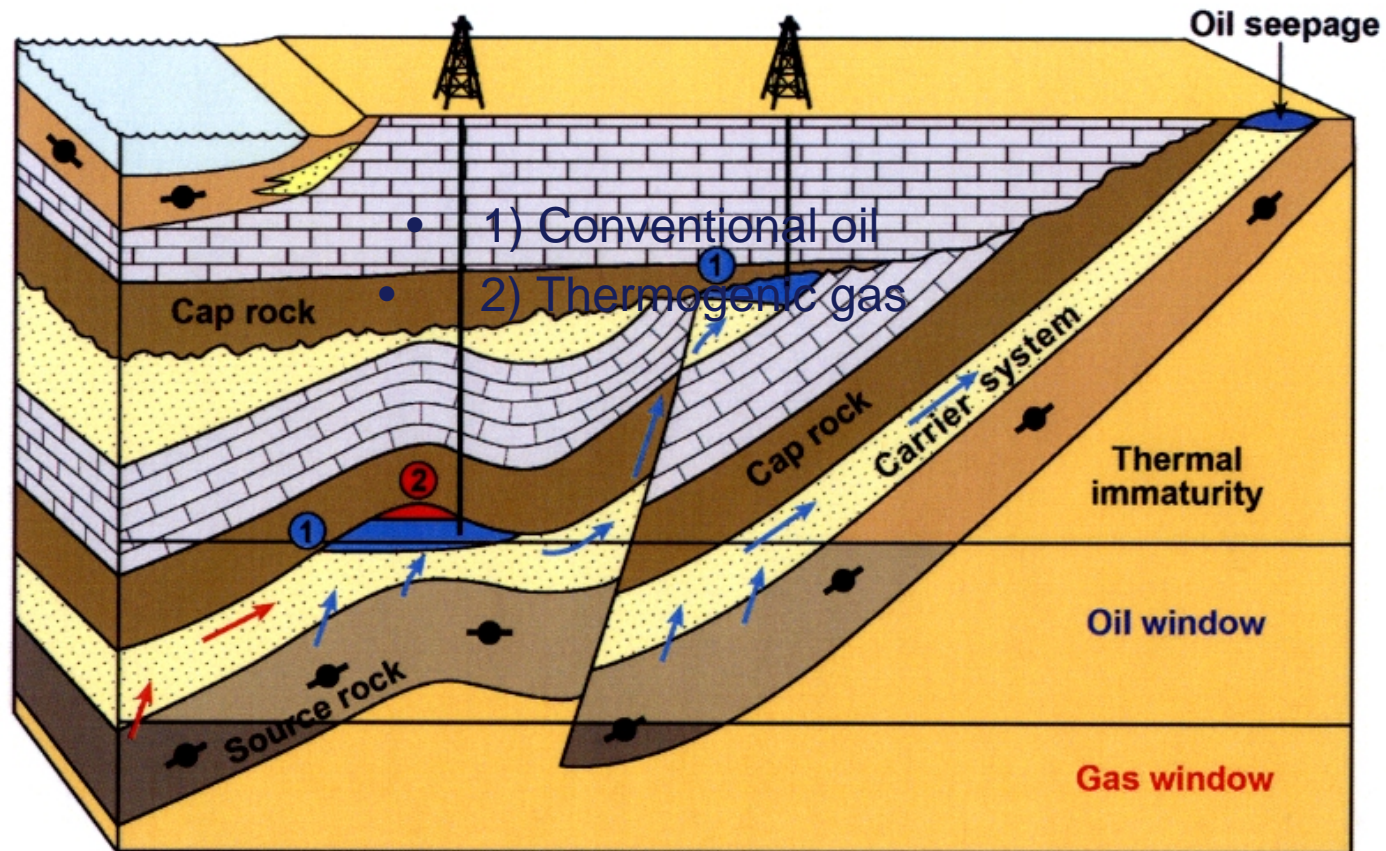
**Fondation Tuck
Bernard C. Duval, 8 Octobre 2012**

- **Une perspective de géologue**
- **Une discussion d'idées reçues**
- **Le cas américain**

- **Introduction: les "non-conventionnels", dont les "gaz de schistes", de quoi s'agit-il?**
- **La géologie des ressources**
- **Les challenges de l'extraction et l'économie**
- **La problématique sociétale, environnementale, politique...**
- **Conclusion**

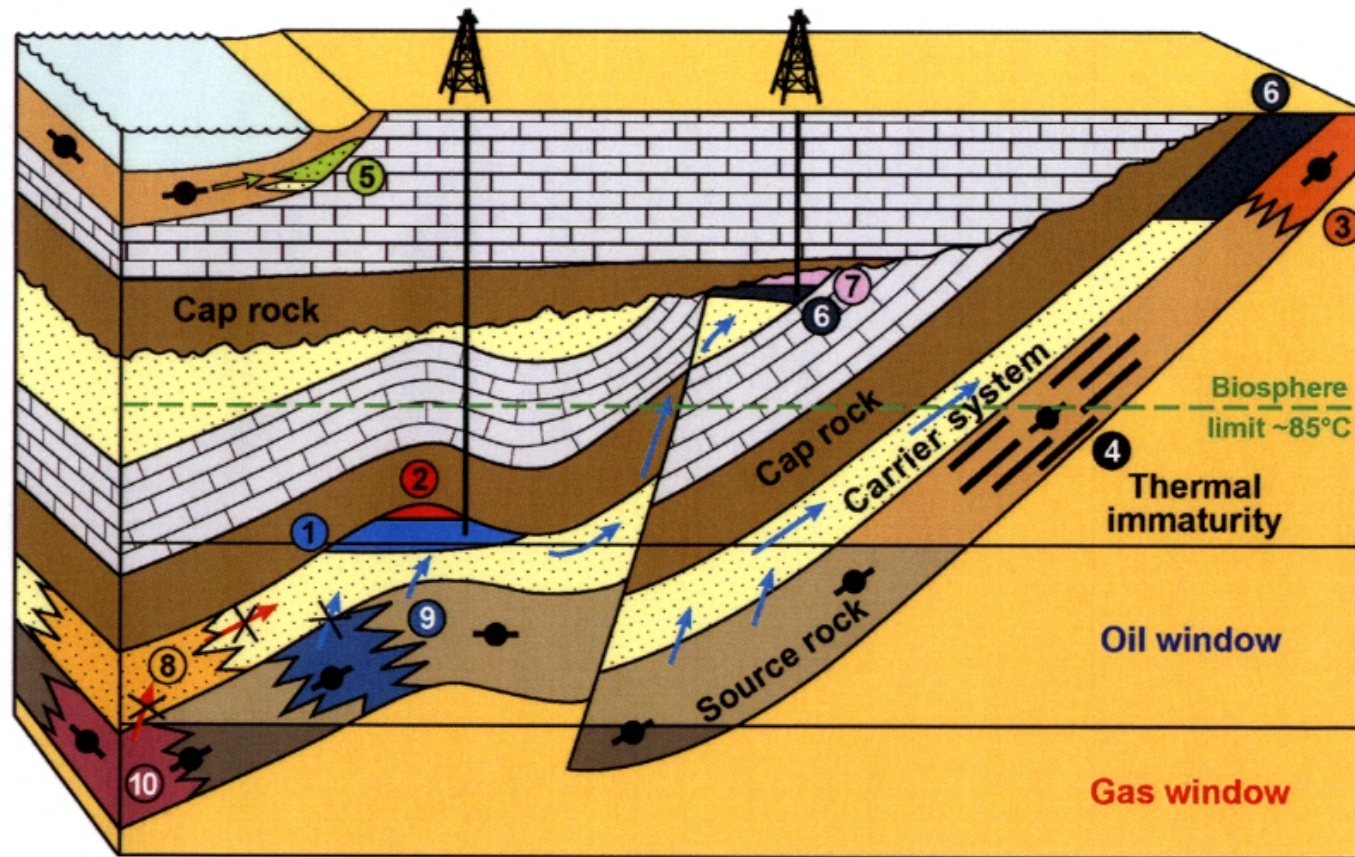
- **Baisse des découvertes de réserves traditionnelles d'hydrocarbures (« conventionnelles »)**
- **D'où recherche de nouvelles ressources pour assurer le remplacement de la production et sa croissance**
- **Ces ressources d'un nouveau type ont un potentiel de développement considérable et sont un enjeu économique**
- **L'acceptabilité des procédés est un important défi pour l'industrie**
- **Pour les géosciences, il s'agit d'un nouveau paradigme de système pétrolier...**
- **...Et d'une plongée dans la nanogéologie et la nanophysique**

Système pétrolier conventionnel



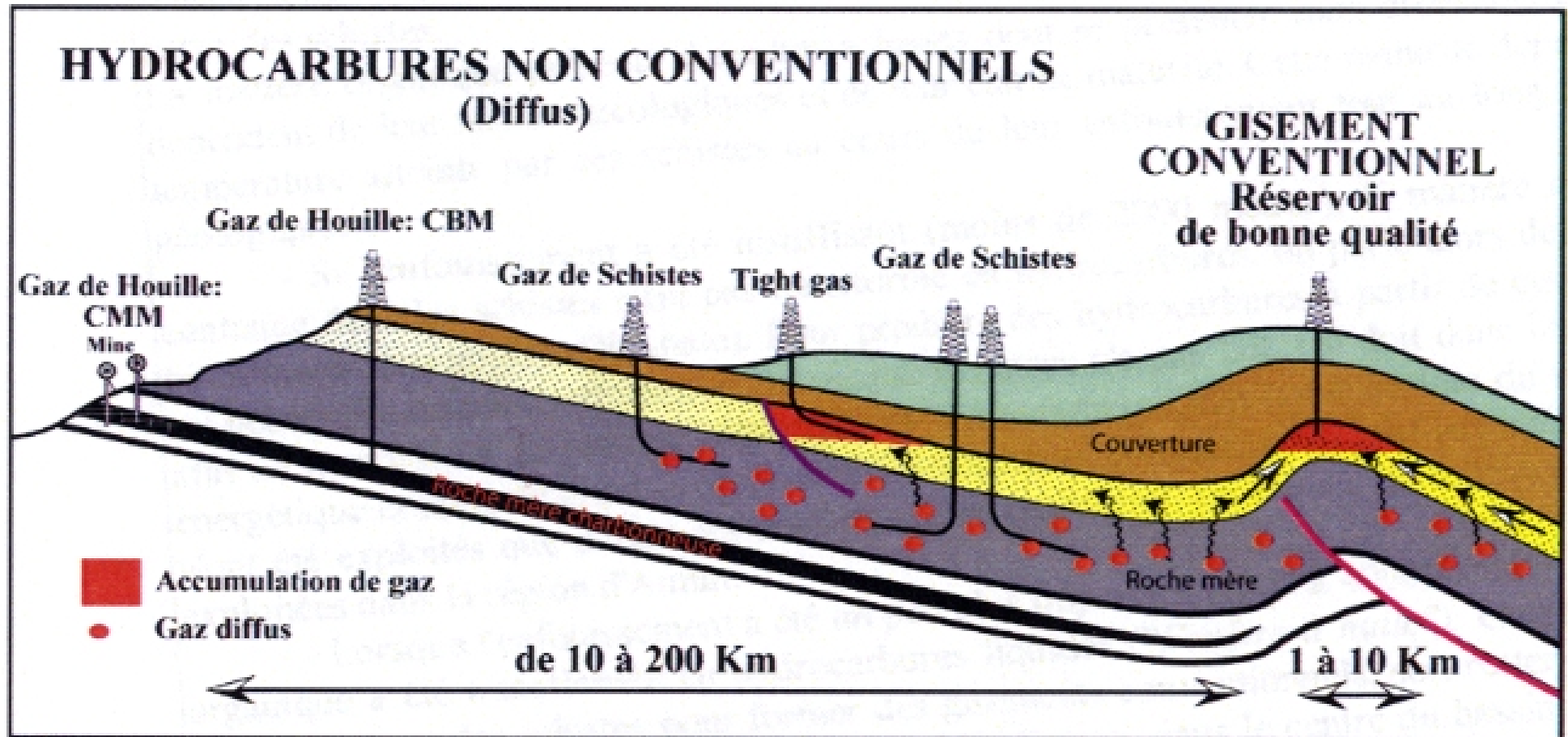
- 1) Conventional Oil
- 2) Conventional (Thermogenic) Gas

Systeme pétrolier "étendu"

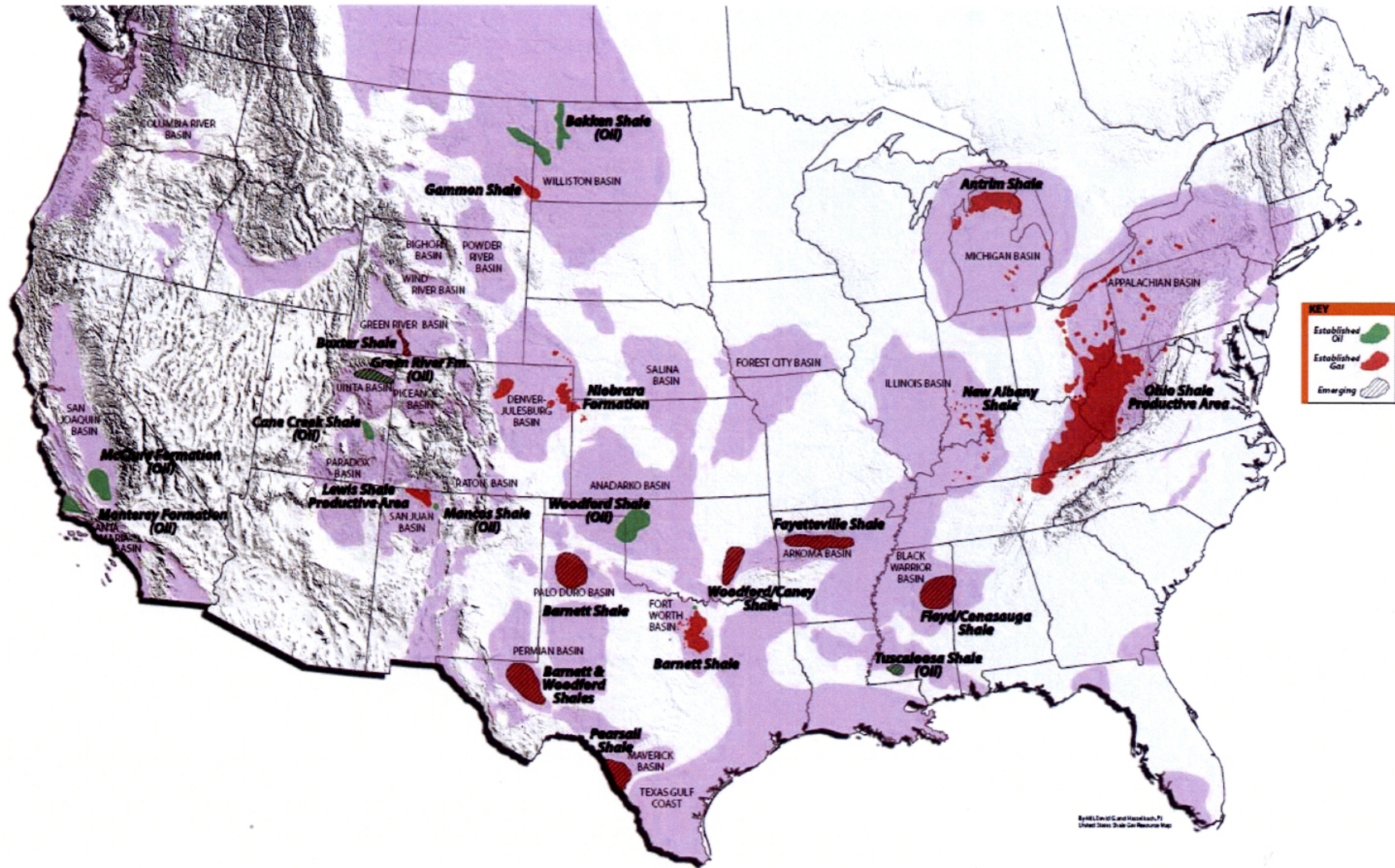


3) Oil Shale (immature), 4) Coal Seams & Coal Bed Methane (CBM), 5) Primary Biogenic Gas, 6) Heavy/Extra Heavy oil, 7) Secondary Biogenic Gas, 8) Tight Gas in Basin center Situation, 9) Tight Oil, 10) Shale gas

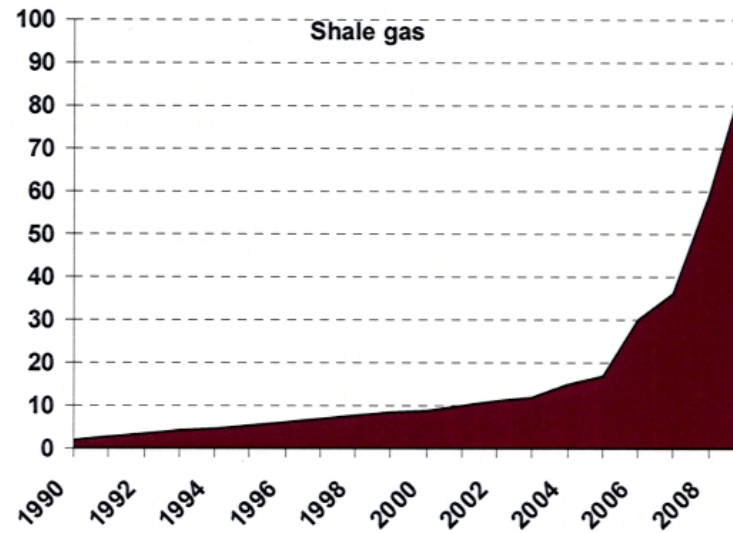
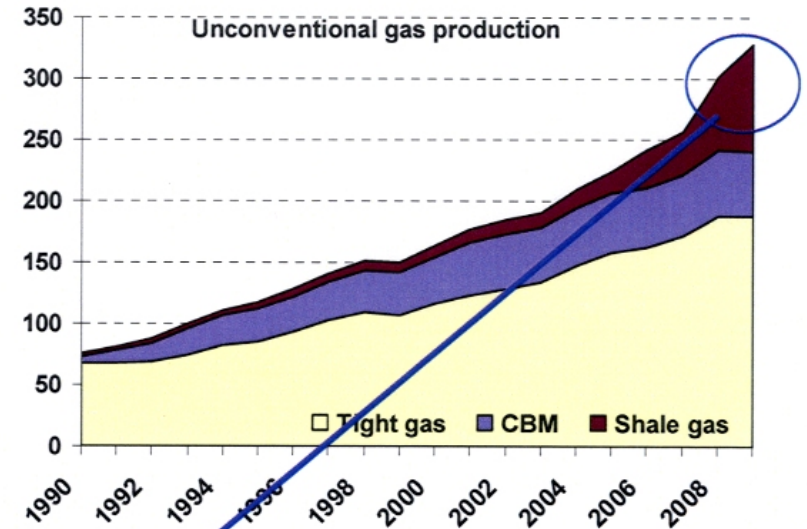
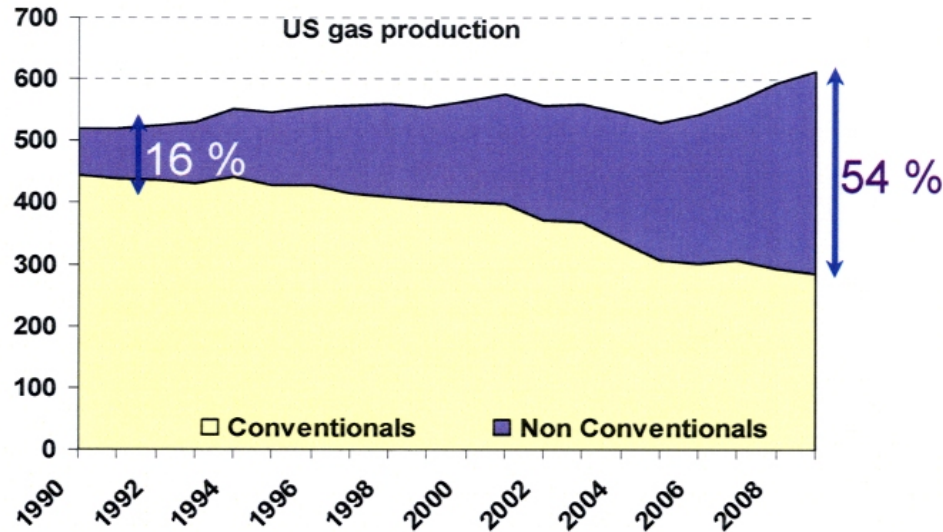
Conventionnels et non-conventionnels



Plusieurs "plays" répartis sur tout le territoire



La "révolution" américaine depuis 2006



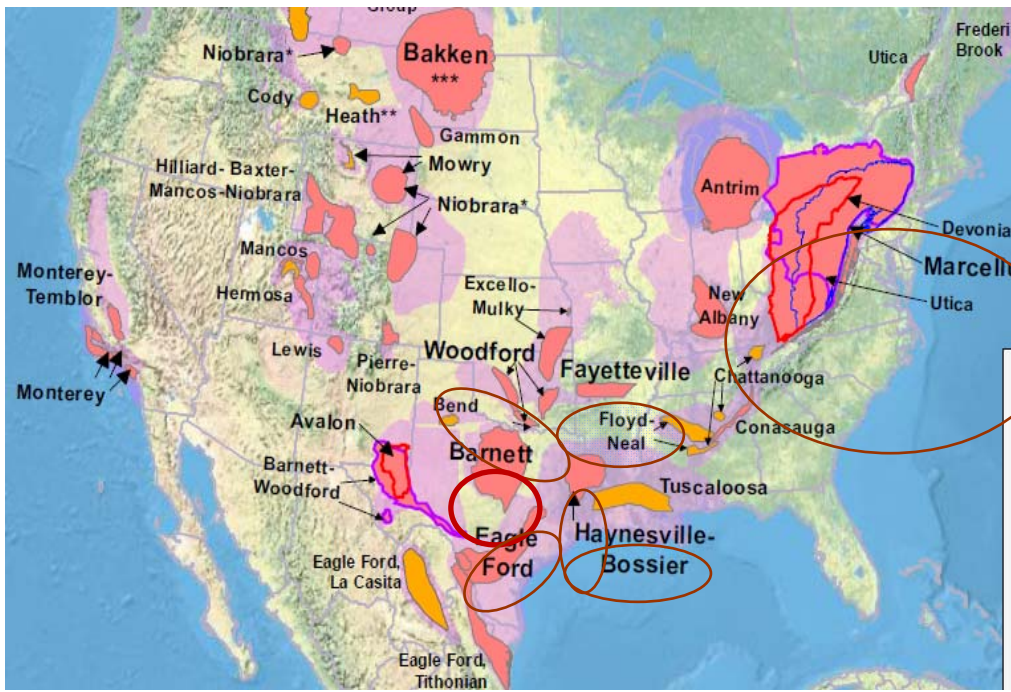
Réserves Prouvées
 2009 : 7900 Bcm
 09/08 : + 800 Bcm
 Shale : + 700 Bcm
 Part Shale : 21 % (08: 13 %)
 CBM : 7 % (08: 8 %)

US SHALE GAS: POTENTIAL

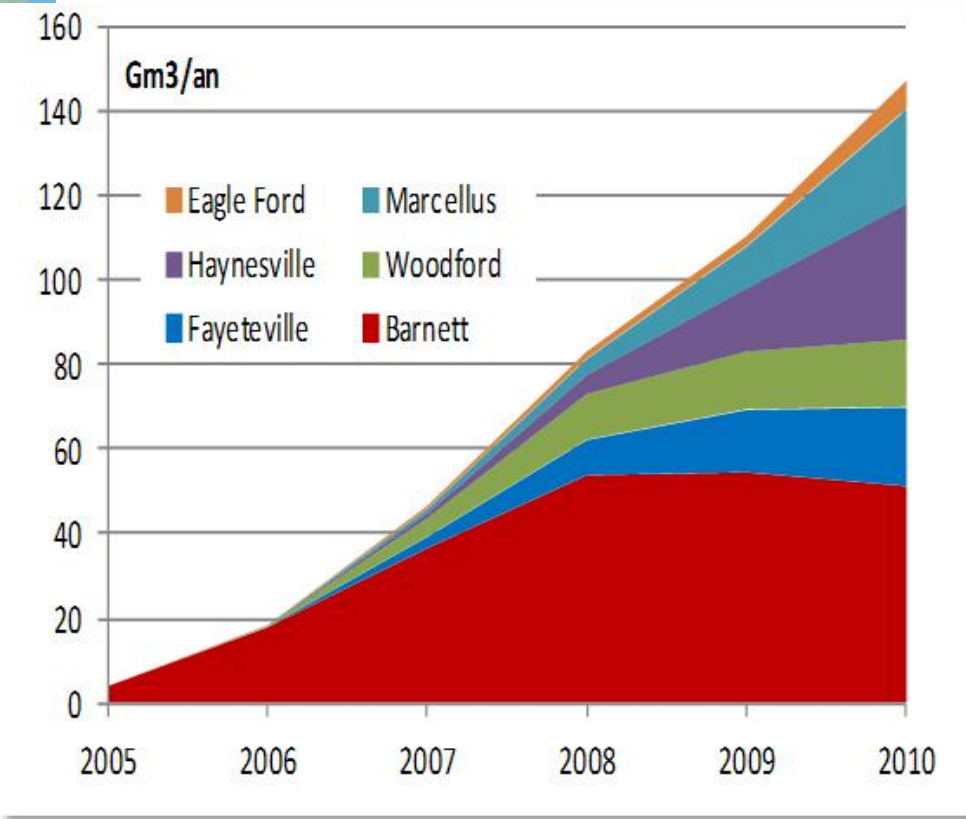
US dry gas production, EIA DOE 2011

Production currently limited to North America

145 Gm³



US shale gas production



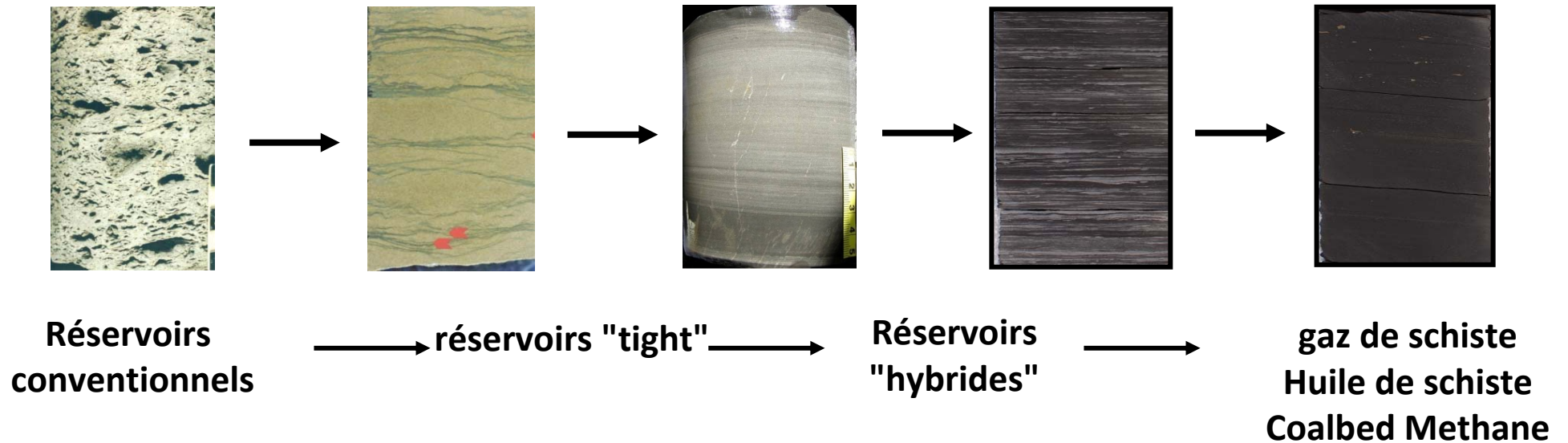
Une conséquence de la présence de gaz dans toute la formation

Les zones de schistes, plus ou moins épaisses*, peuvent s'étendre sur de très grandes surfaces, ce qui en fait potentiellement des gisements extrêmement importants

***quelques dizaines à quelques centaines de mètres**

Definition des Ressources non-conventionnelles

Le "continuum" du non conventionnel



Le passage du conventionnel au non conventionnel reflète un changement de la taille du grain depuis une grande perméabilité pour des roches à grain grossier vers des roches à grain très fin et très basse perméabilité

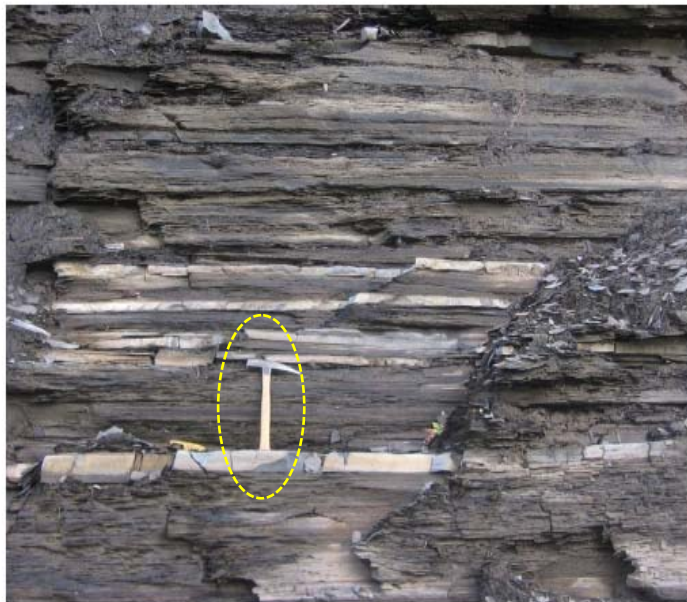
La variabilité du réservoir, à la fois verticale et horizontale, peut conduire au développement de "sweet spots" de meilleure perméabilité dans ces roches à grain fin

- **Introduction: les "non-conventionnels", dont les "gaz de schistes", de quoi s'agit-il?**
- **La géologie des ressources**
- **Les challenges de l'extraction et l'économie**
- **La problématique sociétale, environnementale, politique...**
- **Conclusion**

Surtout des roches argileuses



Utica - Lorraine Shales (Quebec; Ordovicien)



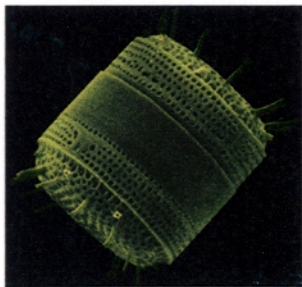
20 cm

- Il s'agit de gaz "de schistes"
- **Faux: le terme est impropre et il faut parler de « gaz de roche-mère » car des argiles ou des schistes « purs » ne pourraient être fracturés**

Roche-mère et faciès organique

- What is a source rock ?
 - a rock with some TOC
 - TOC : Total Organic Carbon content (in % of mass)
- The distribution of organic matter in the sediments
 - marine environments: marine shales, upwelling zones
 - terrestrial environments: deltaic, lacustrine

=> classification : marine = Type II



Temp
increase

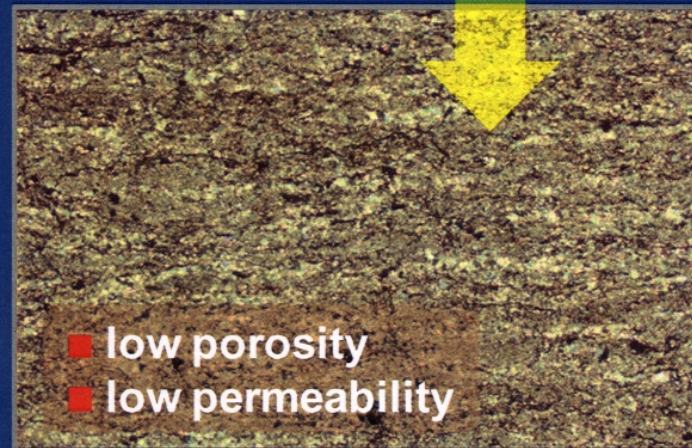
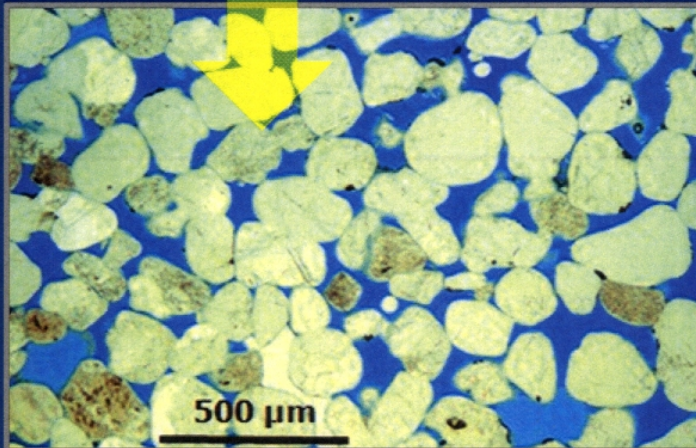


Turbidites de la Ross Formation (Carbonifère, côte Ouest d'Irlande)



CONVENTIONNEL

NON CONVENTIONNEL



Production: HC that migrated to the reservoir

Non-expelled HC

Qu'est-ce qu'un "gaz de schiste"?

It's all together:

- the source
- the reservoir
- the seal

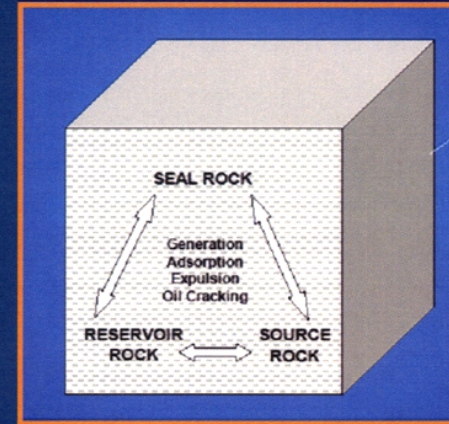
and:

- it is rich in organic carbon



10 cm

LOMPOC Quarry Sample
Monterey Formation, CA

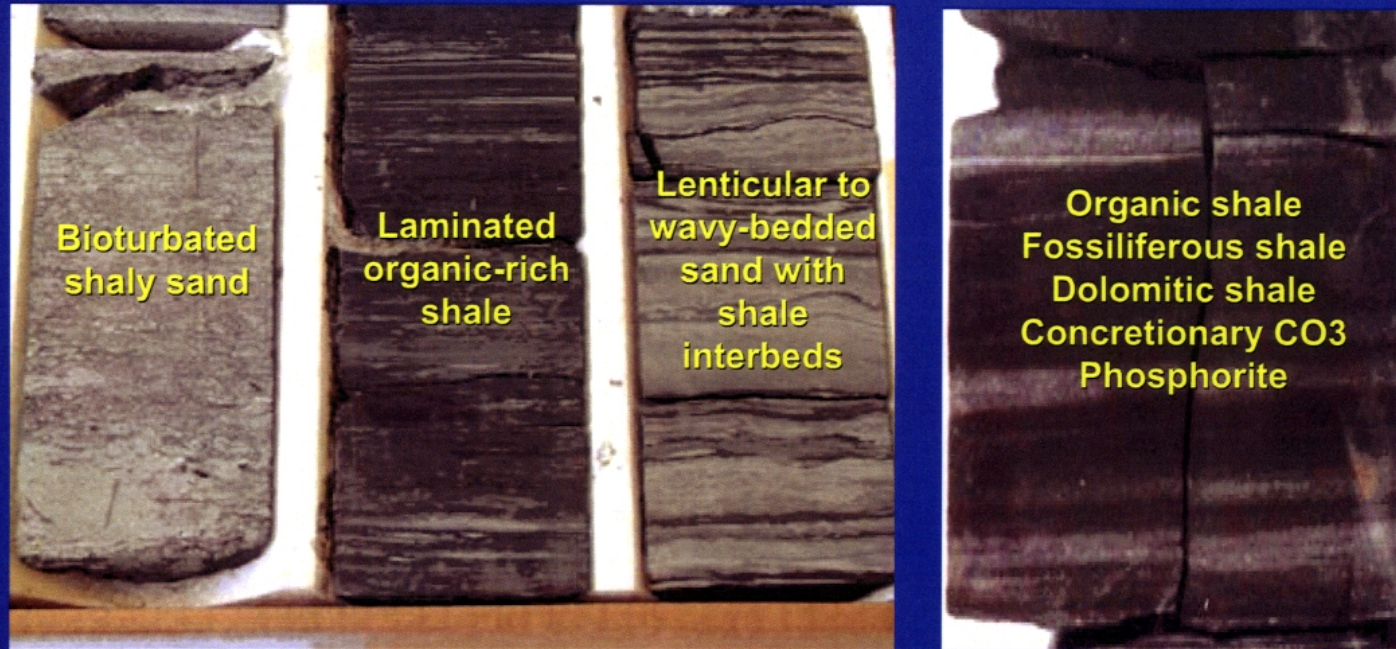


! Shale gas is self-contained HC system !

However the shales have a low permeability => production required to facilitate the displacement of the gas to the well to reach an economic level of production.

Le terme “schiste” est trompeur: les faciès sont plus complexes!

Lithologic Variability



Mancos Shale
*From RMS/AAPG
Shale Workshop, 10/07*

Barnett Shale
*From Hickey and Henk,
AAPG Bull 91/4*

Et heureusement!

Fréquente fracturation "native"





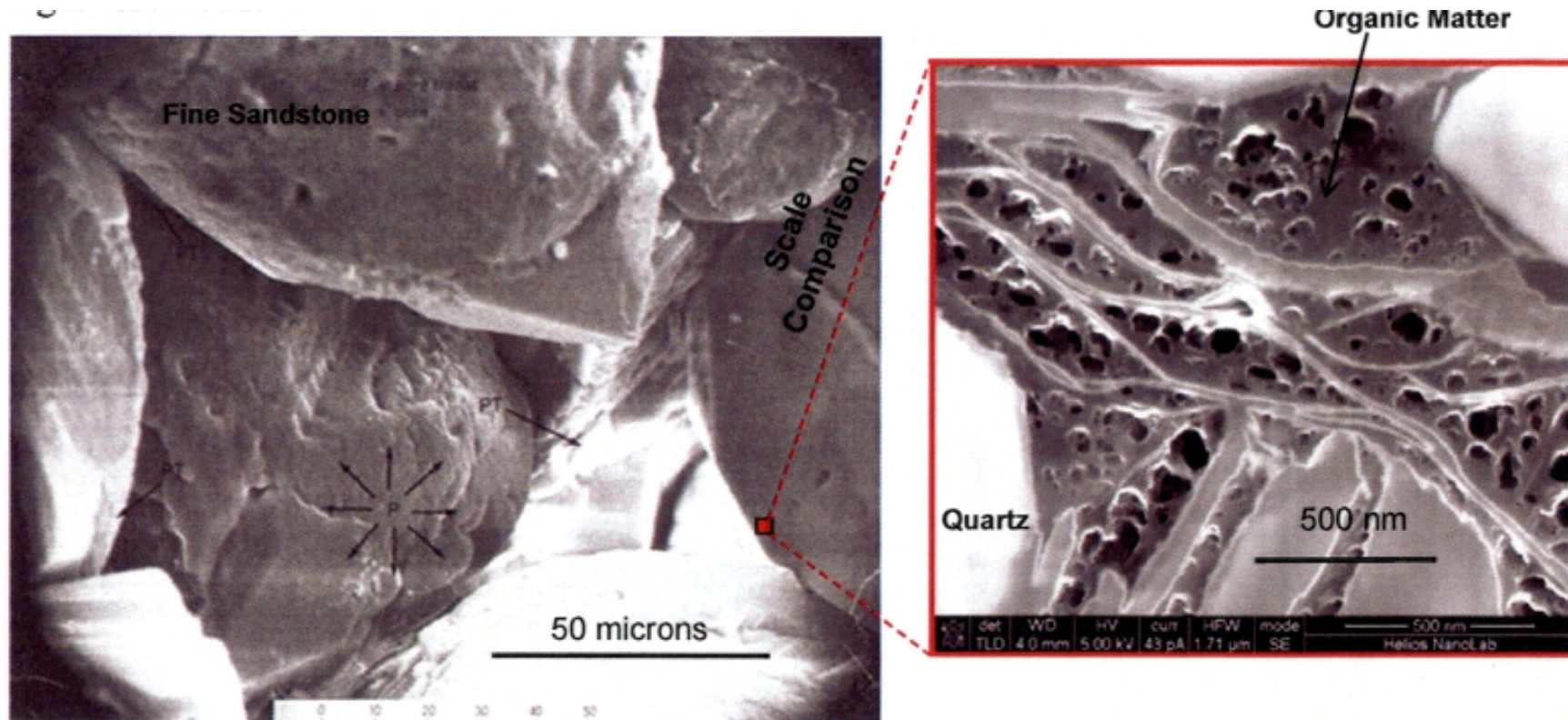
Economic Extraction of Shale Gas

General properties needed:

- > 20 m thickness
 - depth < 5 km
 - thermal maturity: $< 3.3\%R$
 - TOC: 2% min
 - original HI > 250
 - effective porosity $> 4\%$
 - liquids $< 45\%$

- **Distribution des ressources également répartie dans tout le volume de roche-mère**
- **Faux: la répartition est très inégale: prééminence de « sweetspots »**

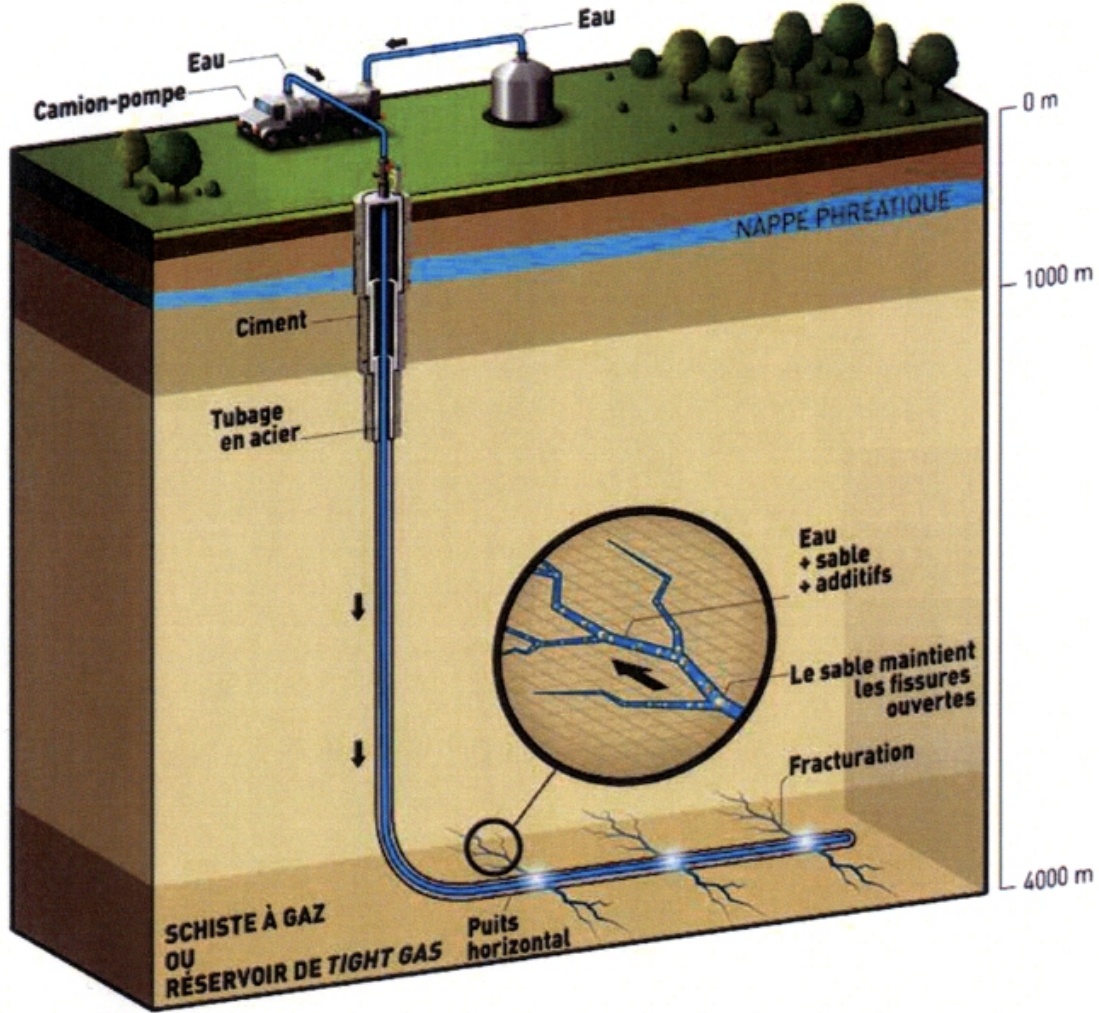
On change d'échelle...



- **Introduction: les "non-conventionnels", dont les "gaz de schistes", de quoi s'agit-il?**
- **La géologie des ressources**
- **Les challenges de l'extraction et l'économie**
- **La problématique sociétale, environnementale, politique...**
- **Conclusion**

Schéma d'exploitation

FRACTURATION HYDRAULIQUE

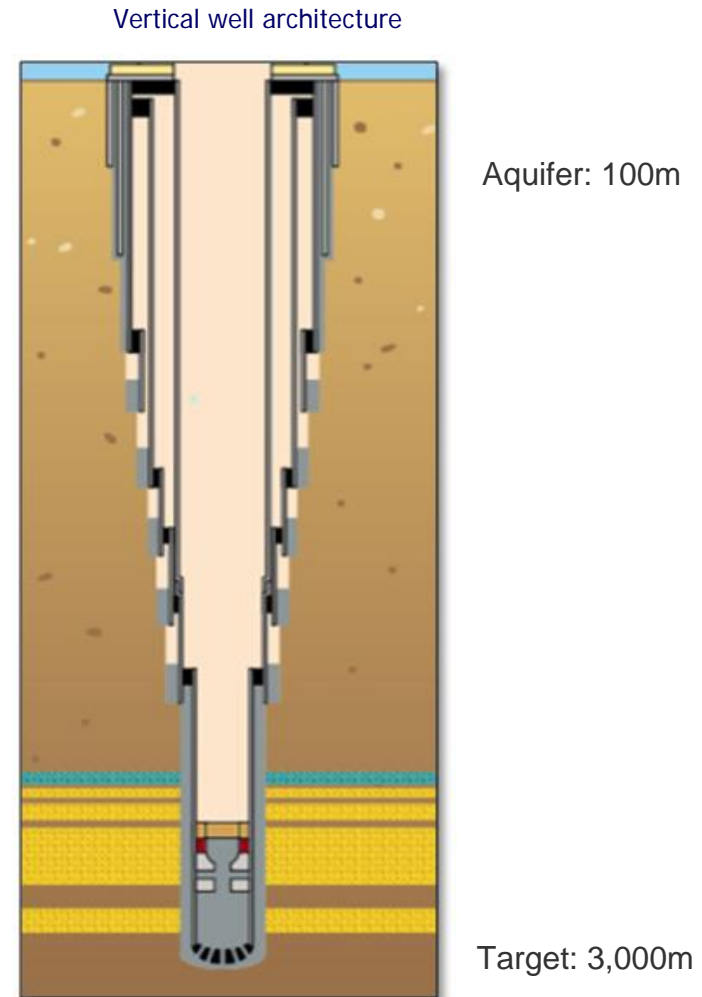


La fracturation hydraulique permet de créer une perméabilité artificielle qui autorise la circulation du gaz jusqu'au puits.

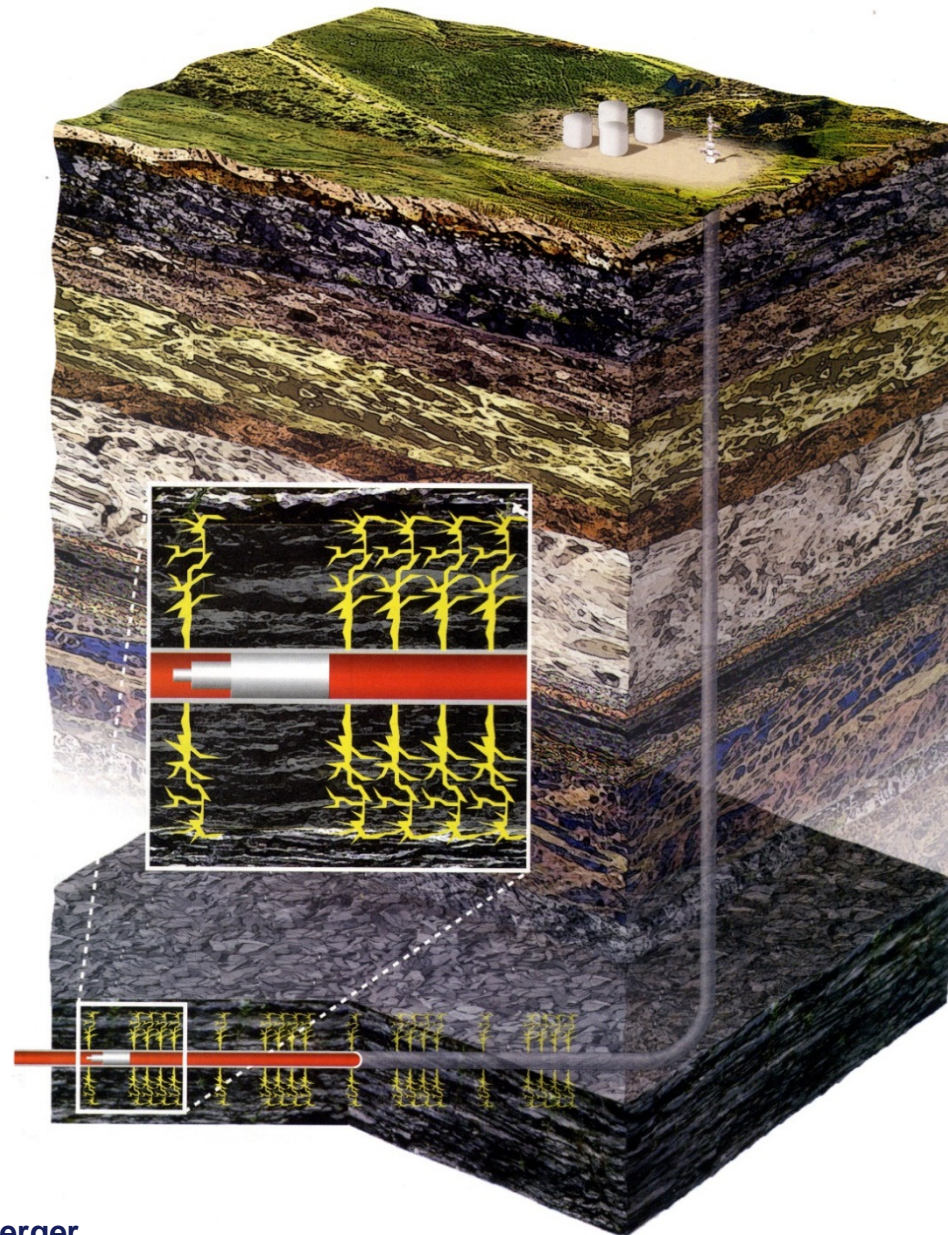
- **Risque élevé de pollution des nappes phréatiques**
- **Non, SI le forage est réalisé dans les normes professionnelles**

WELL ARCHITECTURE

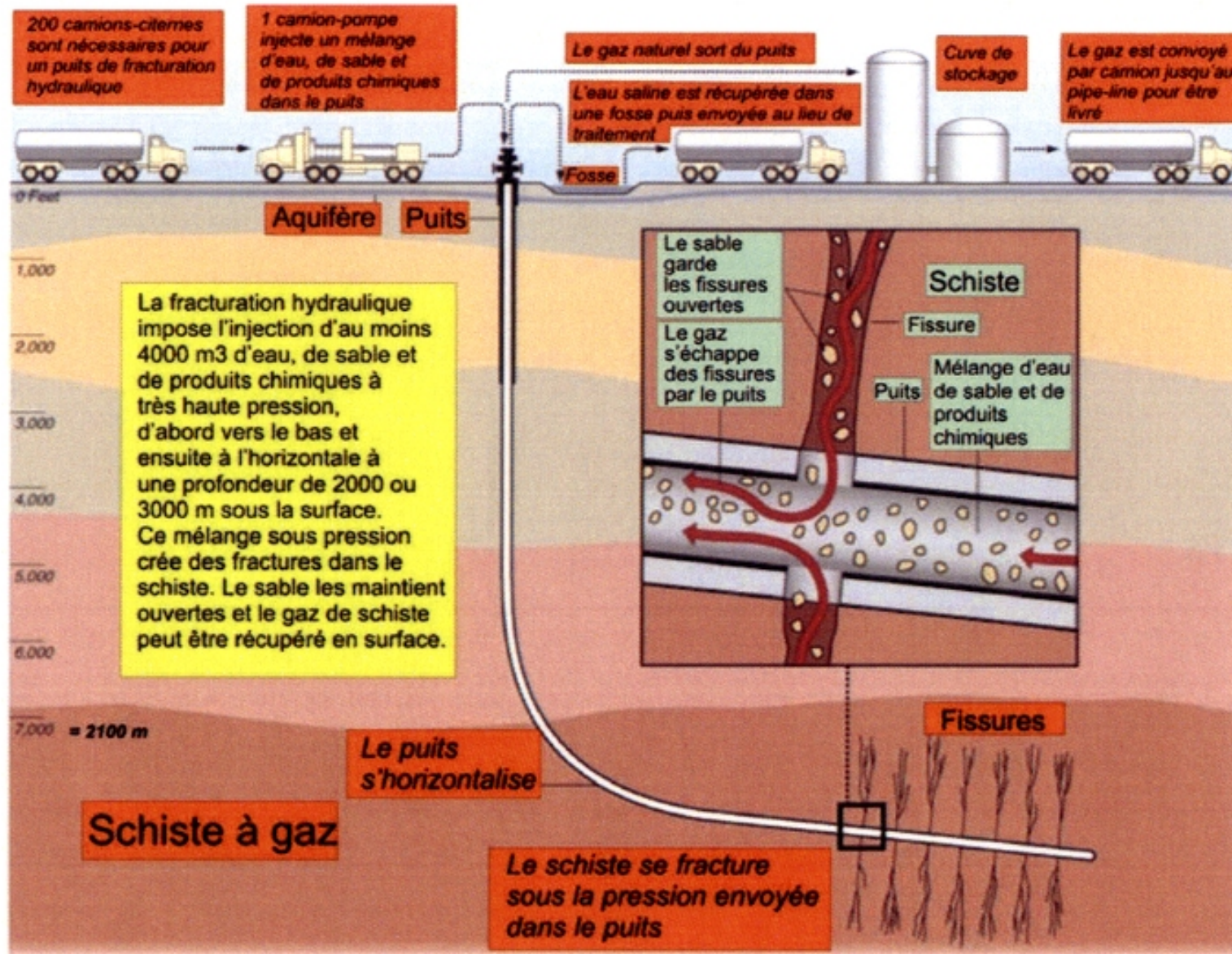
- **Drilling and fracturing a well is state-regulated process, following established industry practices and company procedures**
- **Well drilling operations are completed through a succession of phases**
 - Drilling is followed by running-in with casing and its cementation
 - Quality control for casing and cement integrity is compulsory
- **Well design is aimed at isolation from the surrounding geological formations**
 - Mechanical barriers (casing, cement)
- **Well is designed to protect ground waters**
 - Water-based drilling fluids
 - Cemented casing strings



Technologie d'exploitation



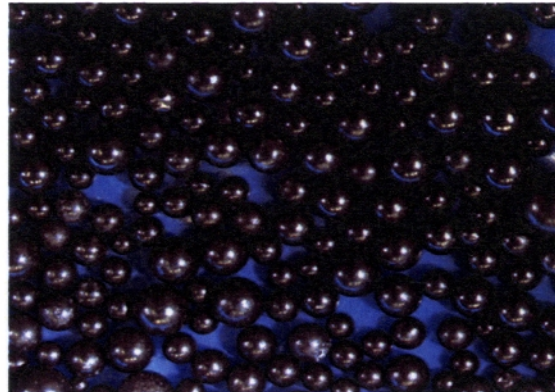
La fracturation hydraulique



Divers types de “proppants”



Ottawa Frac Sand



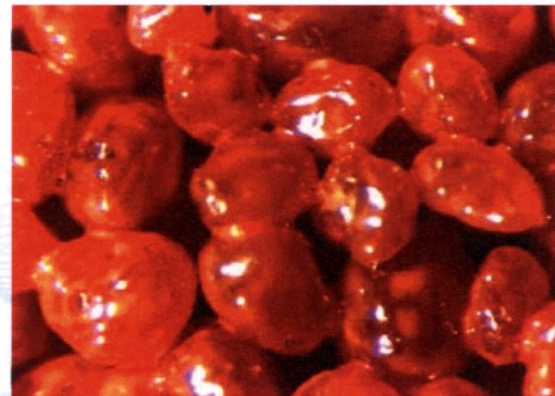
LiteProp™ 108 ULWP



Low Density Ceramic



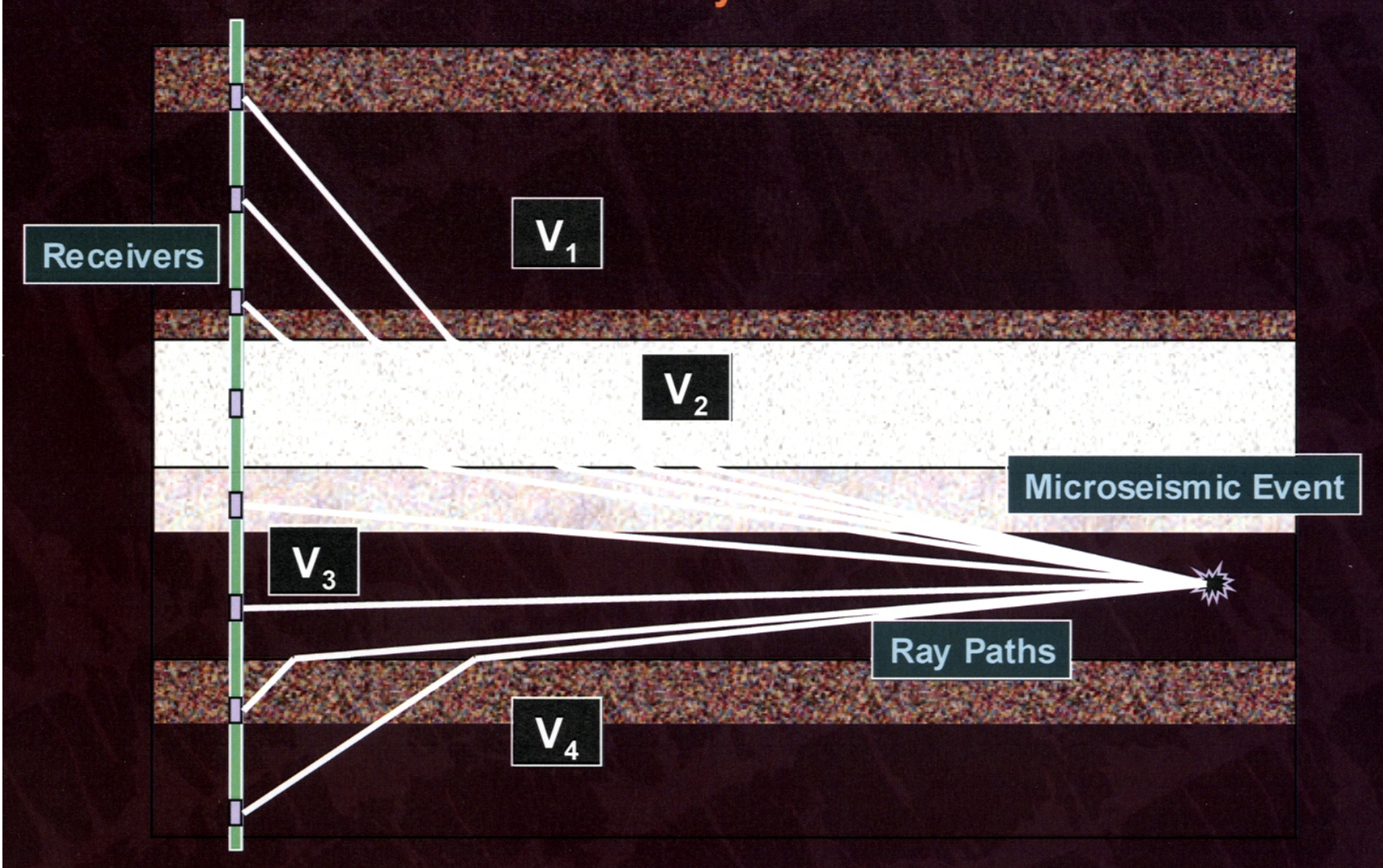
Brown Frac Sand



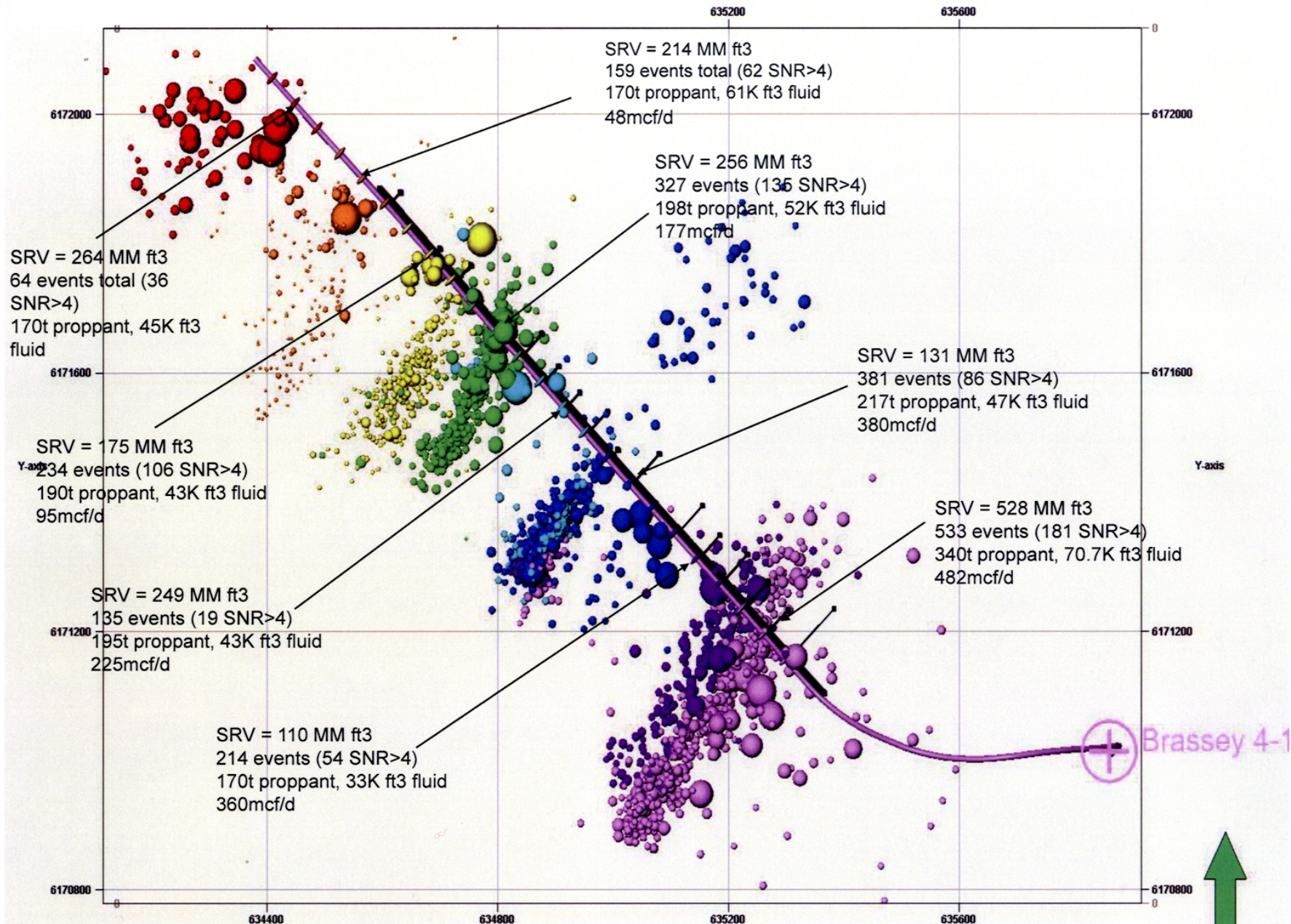
Resin-Coated Sand



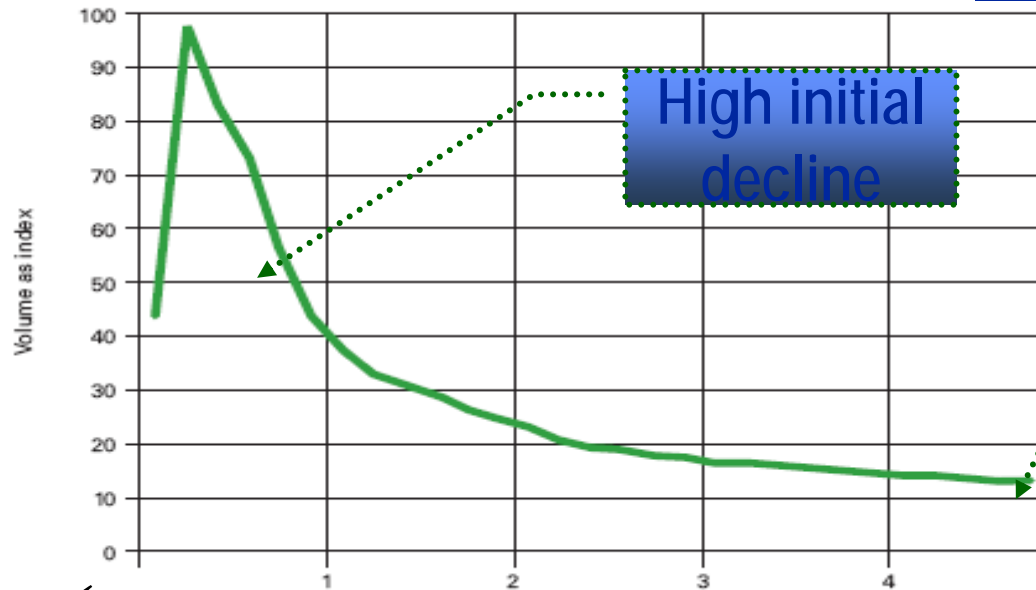
Sintered Bauxite



Évènements microsismiques d'un traitement multi-fractures



SHALE-GAS WELL TYPICAL PRODUCTION PROFILE



Initial rates
1 to 20
mmscfd

High initial
decline

Long
production
tail

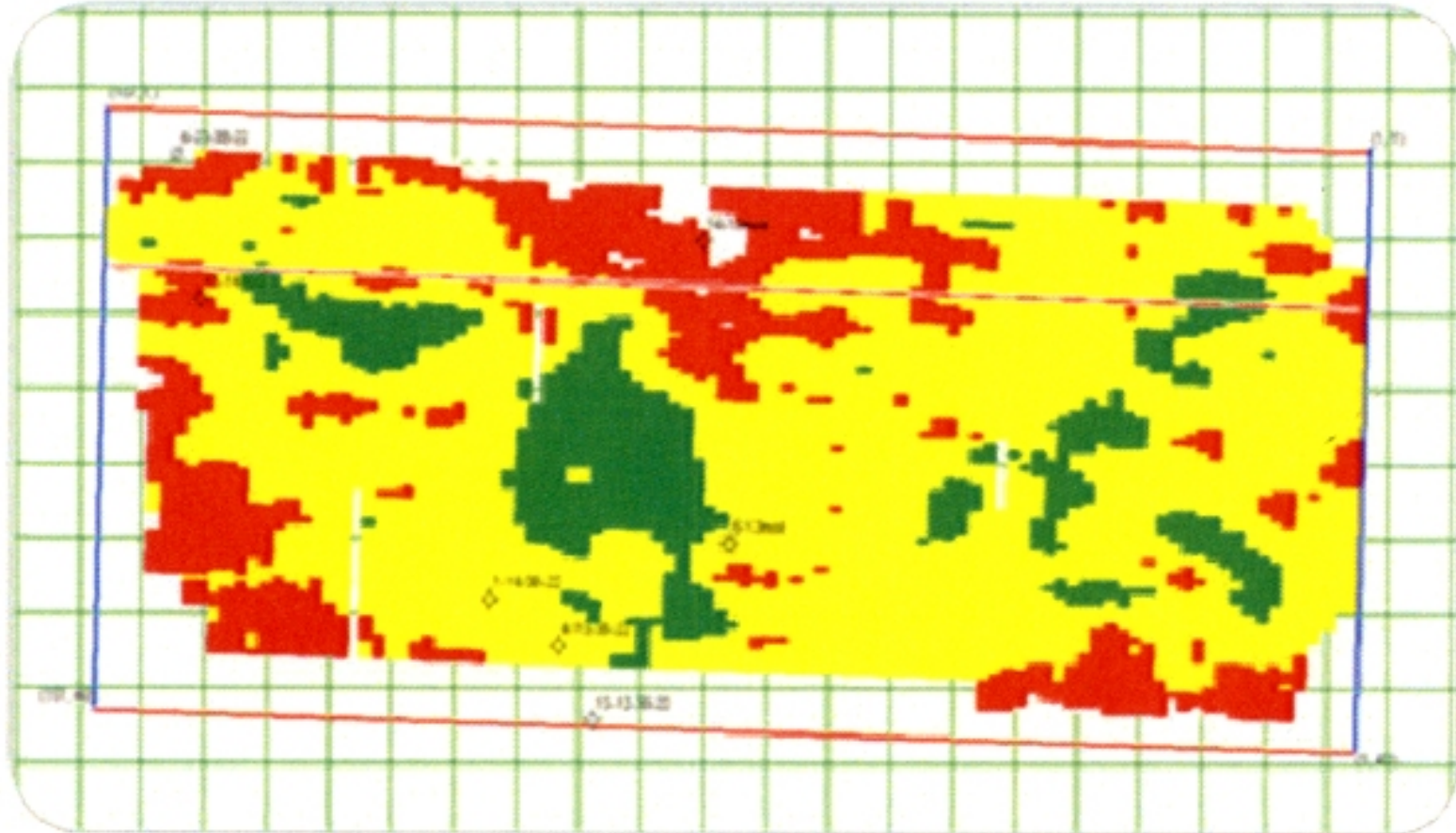
- ✓ initial rates now 1 to 20 mmscfd
- ✓ 60 to 80% decline in first year
- ✓ reserves 1 – 10 Bcf per well
- ➔ 1000's of wells required
- ➔ low recoveries (15%- 25%)

Un “Frac job” typique sur du gaz de schiste



MT ACTIONS
PHOTOGRAPHY

La sismique aide à identifier les meilleures zones de fracturation

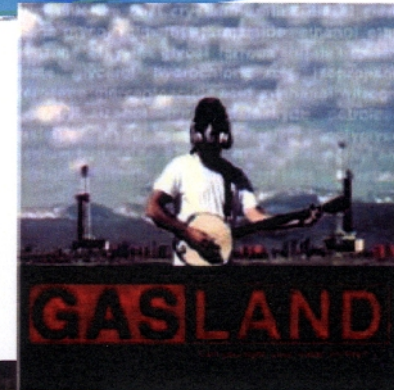
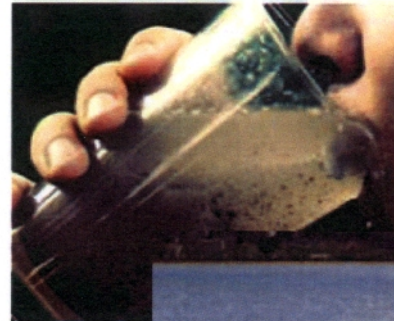


En vert: zones favorables à la création de réseaux de fractures
En rouge: roches ductiles (impropres à la fracturation)
En jaune: nombreuses fractures naturelles alignées

- **Grande hétérogénéité de la roche vis-à-vis de la fracturation, d'où incertitudes et approche pragmatique par essais successifs**
- **La géophysique contribue de plus en plus à l'identification des « sweetspots »**
- **Les coûts de forage sont élevés et l'économie est très dépendante du prix du gaz**
- **Celui-ci étant très bas au US (< 3\$/MBTU), l'attention à court terme se porte sur des objectifs à fort contenu de liquides, beaucoup mieux valorisés (huile ou condensat)**

- **Introduction: les "non-conventionnels", dont les "gaz de schistes", de quoi s'agit-il?**
- **La géologie des ressources**
- **Les challenges de l'extraction et l'économie**
- **La problématique sociétale, environnementale, politique...**
- **Conclusion**

Google Images (1st page) Fracking Water



DANS LES BAUGES

Mobilisation contre le gaz de schiste



Les habitants de plusieurs villages des Bauges s'inquiètent de demandes de permis pour procéder à des

Can fracking pollute water?

Bitterness amid bonanza in prairie oil

STANLEY, NORTH DAKOTA

Decades-old decisions on underground mineral rights divides neighbors



A wealth of fuel beneath a thirsty land

BEAUFORT WEST, SOUTH AFRICA

South Africa gas drilling requires water that fragile region can't spare

Africans to donate bottled water.

Covering much of the roughly 1,300 kilometers, or 800 miles, between Johannesburg and Cape Town, this arid expanse sees less rain in some parts than the Mohave Desert in California.

Even so, Shell and several other large energy companies hone to drill thou-

sandals waste facility capable of handling the waste is hundreds of miles away.

"Around here, the rain comes on legs," said Chris Hayward, 51, a brawny, dust-covered farmer in Beaufort West, quoting a Karoo saying as he described being forced to slaughter 600 sheep because of a low water supply. "If our gov-

ernment had the money to invest in hydraulic fracturing, or "fracking," it would be short — holds the promise of new revenues, adding to the country's and providing fuel to support roughly 10 million South Africans who live without it.

But many of the sites here are in the heart of the continent that are bei-

In Australia, opposition to coal gas rises

Learning the hard way what gas well leases actually say

Millions of U.S. contracts have clauses favoring firms over landowners

...try to extract... force may... invoking... an unlit... referring to an unlit... prevents the two si... agreement.

Force majeure... many as half... York leases re... Another 10... Pugh... lease... Lawrence... who start... ensure... insur... Few... than... club... les... P...

...mais aussi positives



Shale Gas



Source: Time Magazine, April 2011; Photograph by Jeff Riedel



- **Surutilisation de l'eau**
- **Commentaire: Il faut relativiser**

Ressources en eau: un enjeu quantitatif

- **Un besoin ponctuel** : 10 000 m³ à 20 000 m³ d'eau sont nécessaires pour réaliser la fracturation hydraulique d'un drain horizontal d'environ 1 500m. **Aucun besoin en eau n'est nécessaire pendant la période de production (10 à 15 ans).**
- **A titre comparatif:**
 - consommation d'un terrain de golf : 100 000 m³ /an
 - Irrigation de 10 ha de maïs: 20 000 m³ /an
 - 20 000 m³ = Un deux millionième du débit annuel du Rhône
- **L'eau issue d'un puits peut être réutilisée** pour une autre fracturation, après traitement.
- Des **ressources en eau alternatives** peuvent être utilisées quand cela est possible: recyclage d'effluents urbains ou industriels après traitement
- **Nécessité d'un dialogue suivi avec les autorités compétentes notamment la DREAL afin de déterminer** :
 - Les ressources utilisées, les points de prélèvement
 - Les dates et les débits de prélèvement afin de ne pas affecter le bon fonctionnement du milieu naturel (autoépuration, vie piscicole...)
- **Nécessité d'une concertation** avec les usagers locaux de l'eau.

Protection des nappes phréatiques

1. Le fluide de fracturation ne remonte pas dans les aquifères

Le fluide est injecté dans des gisements compacts et imperméables ce qui interdit un déplacement sur une longue distance .

2. L'eau contenue dans les niveaux profonds ne remonte pas vers des aquifères

Il n'y a pas de communication entre les différentes formations reconnues par le forage. En effet, le puits dispose sur toute sa longueur de plusieurs tubages concentriques cimentés à la formation

3. Les eaux collectées en surface ou eaux de ruissellement sont intégralement récupérées et retraitées.

4. Stricte réglementation en France . Les modalités de forage sont arrêtées pour chaque puits en concertation avec les autorités préfectorales, les élus et les acteurs environnementaux et locaux. L'implantation et les modalités de réalisation de chaque forage sont soumises à l'aval des pouvoirs publics, sur la base d'études locales approfondies après prise en compte des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE).

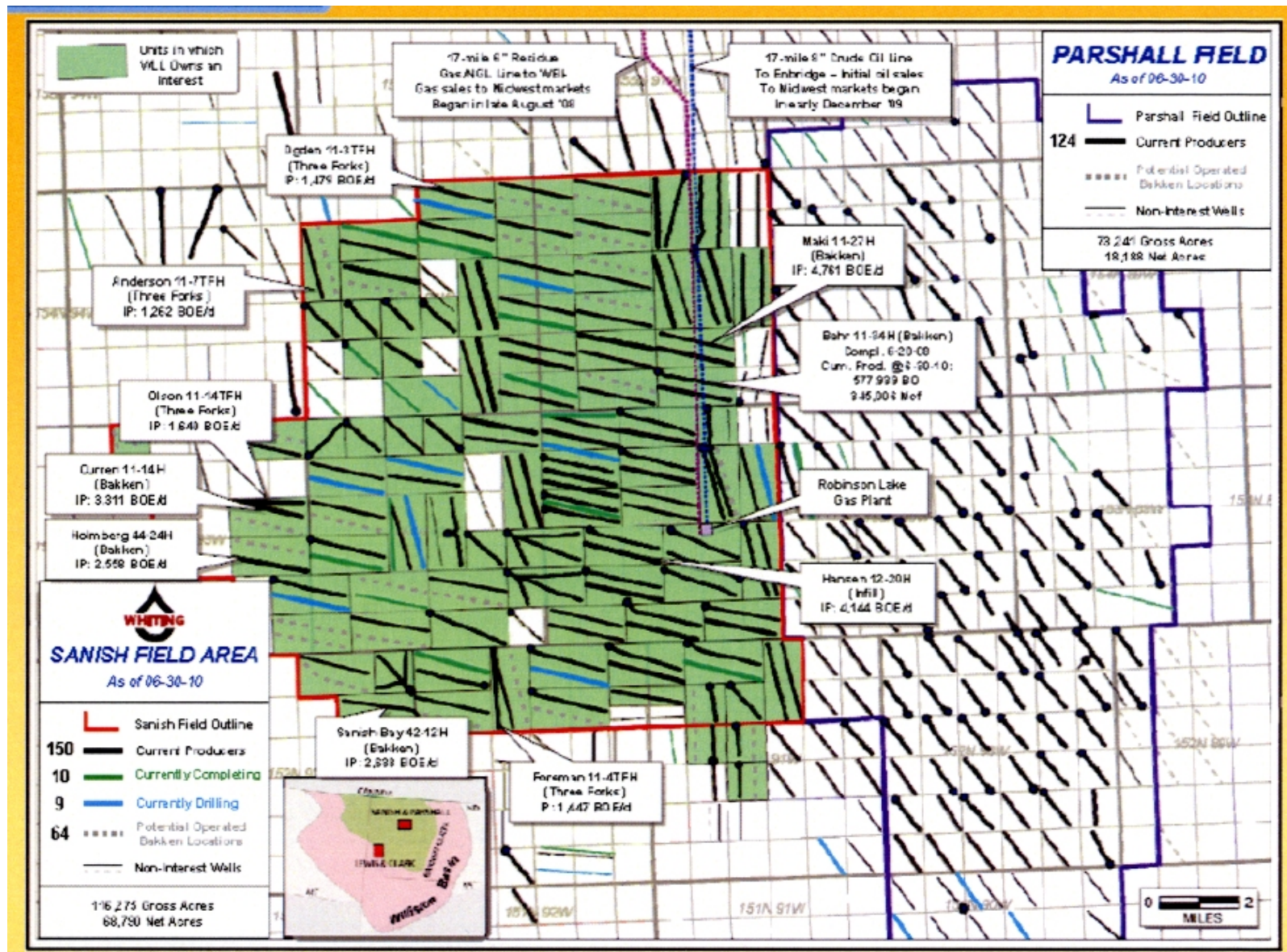
Les additifs chimiques sont nocifs

Leur proportion dans les fluides est très faible
La plupart des produits sont d'usage courant

Compound	Purpose	Common application	
Acids	Helps dissolve minerals and initiate fissure in rock (pre-fracture)	Swimming pool cleaner	
Sodium Chloride	Allows a delayed breakdown of the gel polymer chains	Table salt	
Polyacrylamide	Minimizes the friction between fluid and pipe	Water treatment, soil conditioner	
Ethylene Glycol	Prevents scale deposits in the pipe	Automotive anti-freeze, deicing agent, household cleaners	
Borate Salts	Maintains fluid viscosity as temperature increases	Laundry detergent, hand soap, cosmetics	
Sodium/Potassium Carbonate	Maintains effectiveness of other components, such as crosslinkers	Washing soda, detergent, soap, water softener, glass, ceramics	
Glutaraldehyde	Eliminates bacteria in the water	Disinfectant, sterilization of medical and dental equipment	
Guar Gum	Thickens the water to suspend the sand	Thickener in cosmetics, baked goods, ice cream, toothpaste, sauces	
Citric Acid	Prevents precipitation of metal oxides	Food additive; food and beverages; lemon juice	
Isopropanol	Used to increase the viscosity of the fracture fluid	Glass cleaner, antiperspirant, hair coloring	

Source: DOE, GMPC: Modern Gas Shale Development in the United States: A Primer (2009).

Traces horizontales des trajets de puits



Trajectoire de puits en zone urbanisée

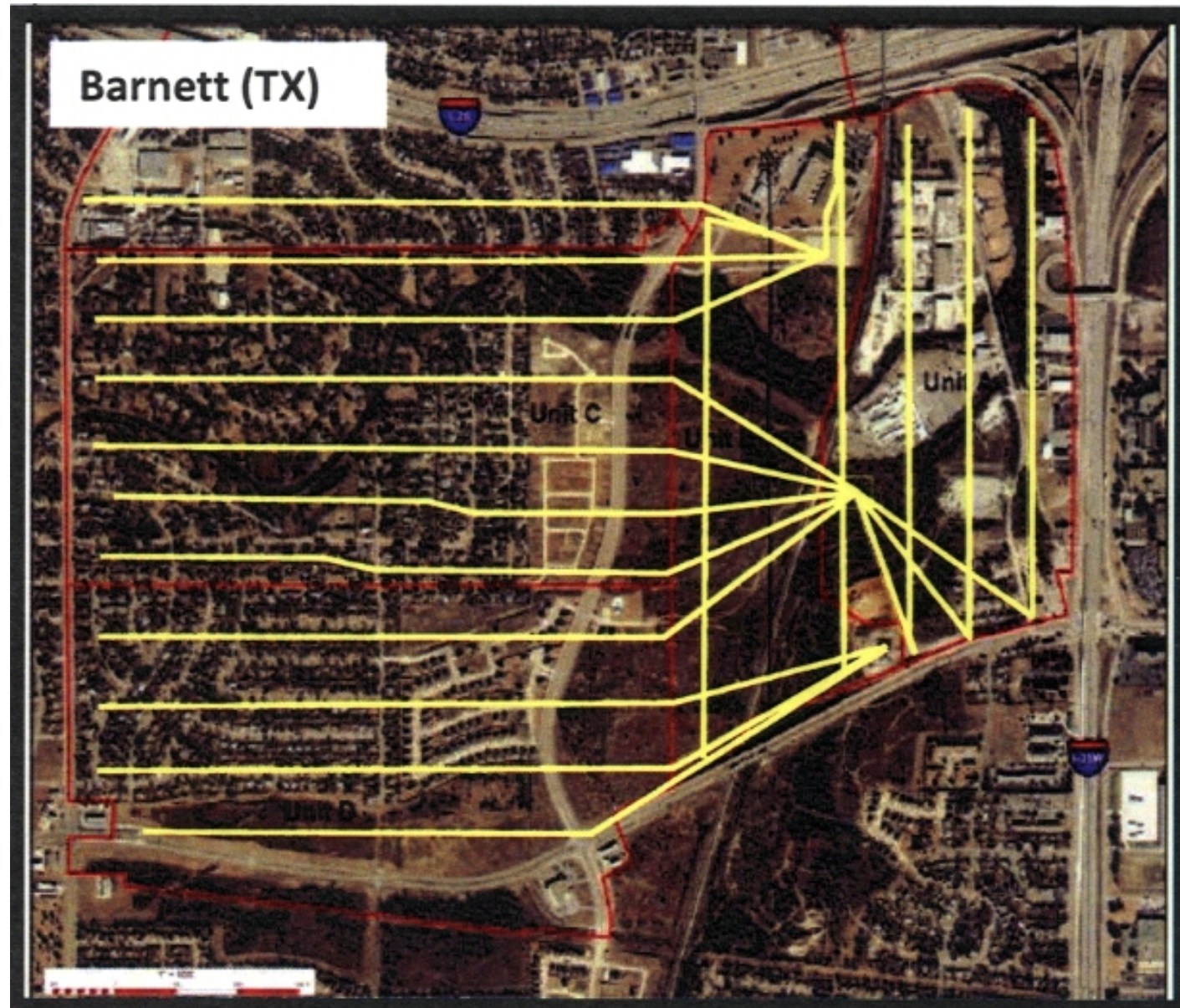




Photo: John Sibold / Bryan Boyd Creative Group

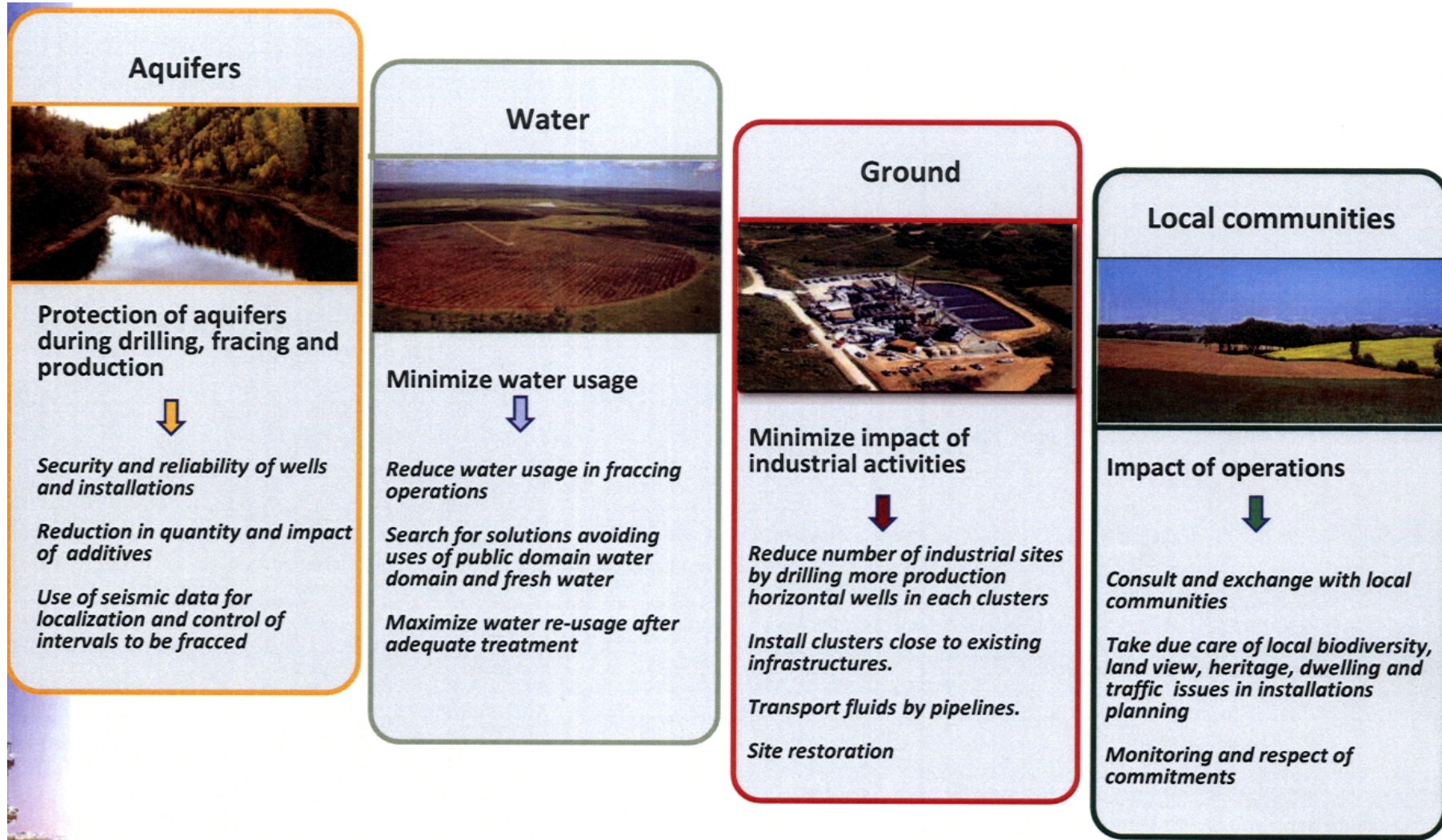
DURING
(March)

- **Real**
- **Not permanent**



St Brendan's Exploration

Les actions nécessaires



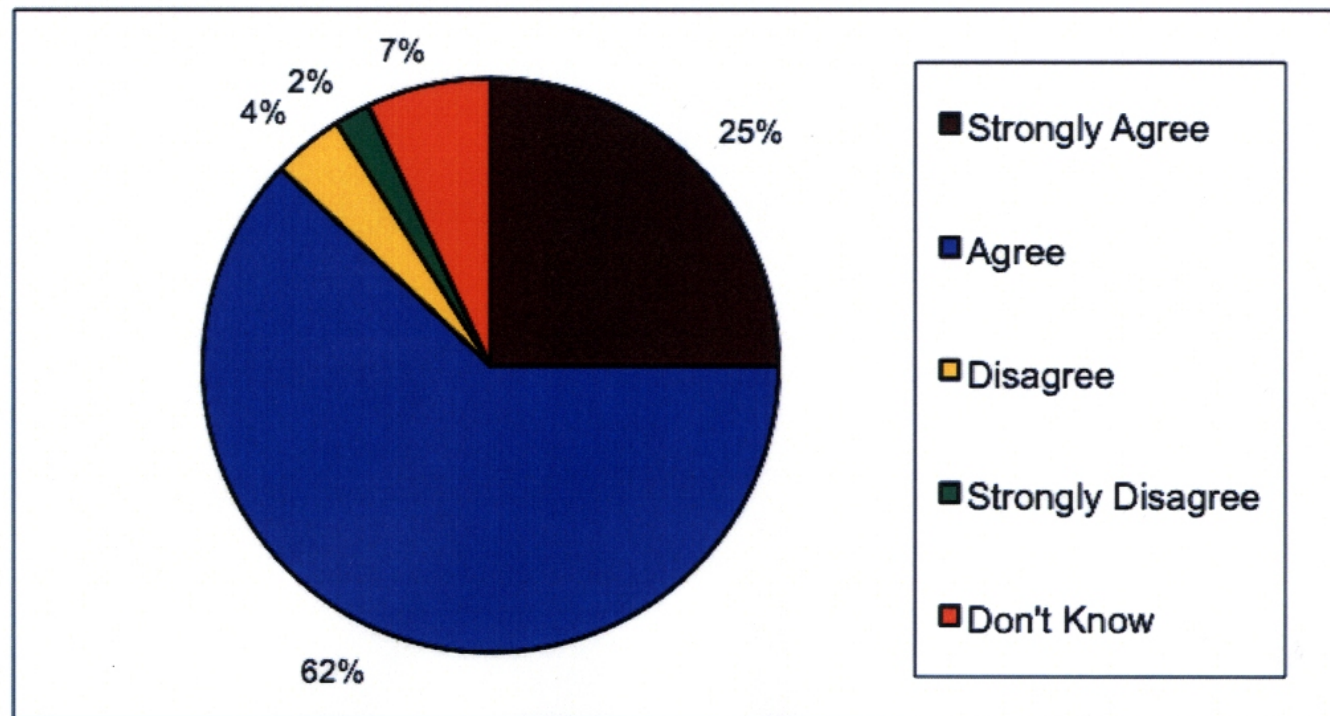
- **Introduction: les "non-conventionnels", dont les "gaz de schistes", de quoi s'agit-il?**
- **La géologie des ressources**
- **Les challenges de l'extraction et l'économie**
- **La problématique sociétale, environnementale, politique...**
- **Conclusion**

Le modèle américain est-il applicable ailleurs?

- **Il est économiquement motivant pour une partie de la population locale: royalties pour les nombreux détenteurs de droits miniers (le sous-sol n'appartient pas à l'état), taxes locales, jobs etc.**
- **La législation est en général favorable à ce type d'activités**
- **De nombreuses sociétés de service, principalement de forage, sont présentes sur les sites avec les équipements et un personnel expérimenté dans les techniques**
- **Les populations sont habituées aux travaux des pétroliers dans plusieurs régions (e.g.Texas), mais ce n'est pas toujours le cas (e.g.Appalaches)**

Positive benefits of oil industry viewed favorably

An overwhelming majority (87%) either agree or strongly agree that the oil industry provides positive benefits to the people of North Dakota.



Le "drame" du plein emploi...



Des mobile homes et des caravanes devant une raffinerie de pétrole à Williston, dans le Dakota du Nord. La région s'est transformée en un Eldorado où viennent se réfugier des milliers de victimes de la crise. JUDGE HESLEY, THE NEW YORK TIMES, 2010-2011

Ce territoire marginal et inhospitalier s'est transformé en un Eldorado pour des milliers de victimes de la crise, créant une immense pagaille. Il est l'un des dix États où, mardi, se disputent les primaires républicaines américaines.



ARMELIE VINCENT
CORRESPONDANTE À WATFORD CITY
www.afp.com

On se croirait au pays des soleils, bourg morne et défilés, chantiers anarchiques, rayons souvent vides, queues interminables pour tout et, à la sortie des agglomérations comme en rase campagne, des rangées serrées de baraquements néés de caravanes usées, cernées de planches de contreplaqué ou de boîtes de foin.

Nous sommes aux confins du Dakota du Nord, contre-rural et isolé proche de la frontière canadienne. Fugé par l'air sibérien qui, lorsqu'il ne se contente pas de flotter, soufflé en rafales blanches et glacées, partiellement enseveli sous la neige, le paysage se dévoile, pâle et monotone jusqu'à l'horizon, dérangé ça et là par une flamme dansante et solitaire, une tour de forage essulée ou une pompe martelant en cadence un puits pétrolier. Ces instruments de la toute dernière race vers l'or sont posés au milieu de plaines peées que leurs propriétaires, de vieux ranchers éprouvés par le climat, ont souvent cessé de cultiver, peuplée le pétrole la rendra riches.

Le gisement de Bakken a été découvert dès 1910. Son exploitation est dans sa deuxième phase. La première, qui s'est déroulée de 1951 au début des années 1980, a consisté en raison de l'évolution du schiste. La seconde a démarré il y a quatre ans grâce à une nouvelle technologie : le forage hydraulique horizontal. Actuellement environ 84 producteurs commerciaux de pétrole et de gaz sont présents dans la région. Ils gèrent 200 plates-formes (contre 10 en 2009) et 1 071 puits actifs produisant une moyenne de 500 000 barils par jour.

Ainsi, ce territoire hier encore marginal et inhospitalier de 84 000 âmes s'est transformé en un Eldorado grouillant où viennent se réfugier des milliers de victimes de la crise. Le mouvement, lentement amorcé en 2008, s'est emballé en 2011. Alors que le reste du pays s'enlise et se débat dans les déficits, le chômage et la paupérisation des classes moyennes, le Dakota du Nord jouit d'une santé insolente, du plein-emploi dans tous les secteurs et d'un surplus budgétaire de plus d'1 milliard de dollars.

« Mais c'est une pagaille absolue », résume Jason Hirst, le receveur des postes de Watford City, une bourgade du bassin de Bakken dont la population a explosé au cours des douze derniers mois. « Nous n'étions pas préparés à cette migration. Nous n'avons pas eu de logements, d'infrastructures, de supermarchés, de restaurants, d'hôtels. Nous n'arrivons pas à suivre. » En 2010, Watford City était un village endormi, perdu au fil du fond de l'État. Ses jeunes s'enfuyaient. Ils reviennent en masse. Aujourd'hui, environ 20 000 camions, semi-remorques et autres véhicules utilitaires le traversent quotidiennement. La circulation est de-

venue canchamelée. Les accidents de la route ont augmenté de 102 %. « D'un jour, raconte Rich Living, un flic qui travaille sur une plate-forme, j'ai dû arrêter une demi-heure à une intersection avant de pouvoir traverser la route. Partout dans l'ouest de l'État, de Williston à Watford City à Dickinson et au-delà, des milliers de caravanes, camping-cars et préfabriqués bordent les routes, cernés par des grillages. Ce sont les man camps, cités-dortoirs érigées dans l'urgence sur des terrains vagues par des investisseurs pour loger (pour des prix allant, selon le confort, de 100 à 150 dollars la nuit avec deux repas compris) les employés des compagnies pétrolières. Le nombre de personnes vivant dans les man camps est estimé à 10 000 dans le comté de Williams et à 6 500 dans le comté de McKenzie. Leur construction continue.

Explosion d'opportunités
Le froid est si mordant que les muscles du visage s'anéantissent immédiatement à son contact et que le liquide lave-glace gèle instantanément sur les pare-brise. « Mais ce n'est pas ce qui arrête les gens d'accourir ici », commente le promoteur immobilier Michele Vaughn, 55 ans, une autochtone partie dans l'Oregon à l'adolescence et revenue pour profiter de l'aubaine économique. « Pas quand McDonald's non seulement offre un bonus de 500 dollars à l'embauche, mais paie 15 dollars de l'heure, et que à l'heure qui peut trouver un emploi bien rémunéré dans les trois heures de son arrivée. » Partout, des offres de stationnement aux stations-service, des vitrines de magasins aux restaurants, des panneaux annoncent : « On embauche, entières immédiates ». Chez Applebee's, un fournisseur d'engagement est tendu aux clients avec le ment. « Je gagne 300 dollars par jour rien qu'en pourboires », précise une serveuse avec un large sourire. Les payages ont beau être plutôt minimes, les visages, eux, ne sont que très rarement. Ils respirent l'espoir et les possibilités. « C'est normal, explique Michele Vaughn. Les gens viennent de situations désespérées. Ils ont perdu leur emploi, leur maison, que sais-je encore, dans un autre État. Ils arrivent ici et en quelques mois, ils sont remis sur pied financièrement. » Le Bloomberg Economic Evaluation Index a placé le Dakota du Nord en tête du classement des États américains.

Cette explosion d'opportunités s'opère évidemment aussi dans la douleur. Les gens du cru, en particulier les seniors, sont loin de se réjouir du soudainement dont ils sont les témoins abasourdis. « On ne reconnaît plus personne dans la rue et on est désormais obligé de fermer nos portes à clé », se plaint dans un autre État. Ils arrivent ici et en quelques mois, ils sont remis sur pied financièrement. Le Bloomberg Economic Evaluation Index a placé le Dakota du Nord en tête du classement des États américains.

« Il y a une semaine, le Walmart de Williston a fini par expulser les camping-cars qui étaient installés sur son parking depuis des mois. Car s'il y a du travail à revendre, les logements ont déjà été

Ce territoire marginal et inhospitalier s'est transformé en un Eldorado pour des milliers de victimes de la crise, créant une immense pagaille. Il est l'un des dix États où, mardi, se disputent les primaires républicaines américaines.



Je gagne 80 000 dollars par an alors qu'à Boston, d'où je viens, je gagnais à peine 20 000 dollars

ZAC, 20 ANS, MÉCANICIEN

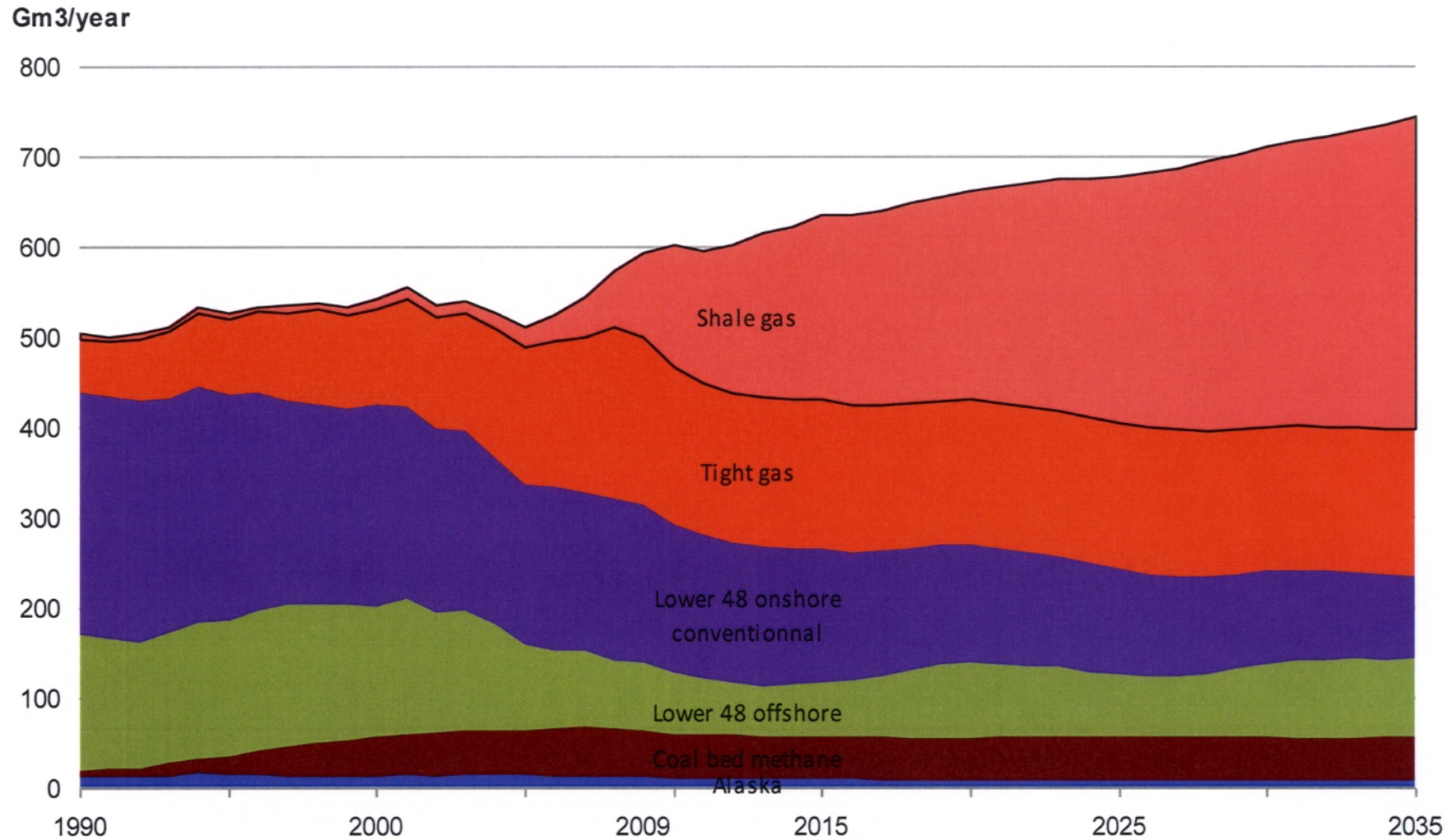
pris d'assaut. Des hôtels et motels entiers sont loués par les compagnies pétrolières pour leurs employés, rendant la réservation d'une chambre impossible pendant des mois. Ainsi, le nouvel hôtel actuellement en cours de construction à Watford City est déjà surbooké jusqu'aux calendes grecques avant même d'avoir ouvert ses portes. Les produits, articles et aliments s'arrachent si vite que plutôt que de réachalander ses rayons, Walmart pose désormais directement les palettes de marchandises dans les allées de l'hypermarché. Elles sont dévalisées illico. « J'ai essayé d'acheter une lampe pendant trois jours, sans succès », raconte Michele Vaughn, qui ajoute : « La dernière fois que j'ai voulu faire une vidange à Watford, j'ai fait la queue pendant quatre heures et demie. C'est la même chose pour tous les services. La seule entreprise de nettoyage de moquette est si débordée qu'elle ne répond même plus au téléphone. Sa liste d'attente est trop longue. Il y a quelques semaines, mes voisins ont mis leur maison en vente le matin. Lorsque je suis rentrée du travail l'après-midi, ils l'avaient déjà vendue. »

Pénurie de main-d'œuvre
Les prix flambent. Cens de l'immobilier ont triplé. À Williston, les locataires d'un immeuble ont récemment été informés que leurs loyers passeront bientôt de 700 à 2 000 dollars par mois. À la poste de Watford, les queues provoquant la colère des habitants. Pourtant, malgré ses efforts, Jason Hirst n'a toujours pas réussi à recruter de nouveaux employés. « J'ai mis des annonces dans tout le pays. Mais nous n'avons pas de logement à proposer. Pour encourager le tout, mon assistante vient de trouver un emploi mieux payé. Du coup, je vais devoir faire le facteur tout en étant un gâchiste. Figurez comment je vais m'en sortir. Je travaille déjà 65 heures par semaine. »

Créant sous les demandes, le bureau de poste vient d'installer 500 nouvelles boîtes postales. 2 000 boîtes supplémentaires sont prévues d'ici l'été. « Mais il en faudrait beaucoup plus », comment Jason. Arrivé du Montana il y a sept mois, il dort depuis sur un canapé chez des amis. Les hommes débarquent ainsi seuls dans le Dakota du Nord, « abandonnant » femmes et enfants en espérant les faire venir dès qu'un logement se sera libéré. Mais c'est rarissime. Dans les bars et restaurants, on est attend au minimum deux heures pour obtenir une table aux heures de pointe, les hommes sont largement majoritaires. Ils semblent généralement d'excellente humeur malgré les heures harassantes de travail. Leurs salaires sont remarquables. « Je gagne 80 000 dollars par an, remarque ainsi le mécanicien Zac Canale, 20 ans, alors qu'à Boston, d'où je viens, je gagnais à peine 20 000 dollars. »

Retenir les employés est souvent difficile, car l'offre est plus forte que la demande. Le Dakota du Nord souffre d'une pénurie de main-d'œuvre. On peut toujours trouver un travail mieux payé ailleurs. « C'est pour ça que même les fast-foods sont débordés », se met en colère un diapason de la cob Brooks, le rédacteur en chef du quotidien le Williston Herald. « S'il ne valait que le travail du pétrole qui prennent tous leurs repas à l'extérieur. Ils en ont besoin. » ■

C'est bien d'une révolution dans la production américaine qu'il s'agit: un "game changer"...



- **Il faut beaucoup forer: pas d'échappatoire!**
- **Sérieux challenge d'acceptabilité**
- **Ecoute de la technique, règles strictes d'encadrement des opérations, connues de la profession et pratiquées depuis longtemps**
- **Prise de conscience des entités concernées: communautés, pouvoirs publics...**
- **Contexte US très spécifique de « game changer ». Quid hors US?**