

# MINES – PARITECH

LES NOUVEAUX GAZ NON CONVENTIONNELS:

## LES GAZ DE ROCHES MÈRES

(Improprements appelés « SHALE GAS » ou « GAZ DE SCHISTES »)

**Pierre René BAUQUIS**

*Professeur associé IFP School*

*Professeur TPA*

*Ancien Directeur gaz-électricité-charbon du groupe TOTAL*

# PARTIE 1

*Les gaz non conventionnels sont  
à l'évidence un enjeu énergétique majeur  
Quelques données de base pour « cadrer » le problème.*

# BILAN GAZIER MONDIAL SCHÉMATIQUE

■ USA = 600 Gm<sup>3</sup>

dont 50% « non conventionnels »

■ CBM	50 Gm <sup>3</sup>	} 300 Gm <sup>3</sup>
■ Tight gas	100 Gm <sup>3</sup>	
■ Shale gas	150 Gm <sup>3</sup>	

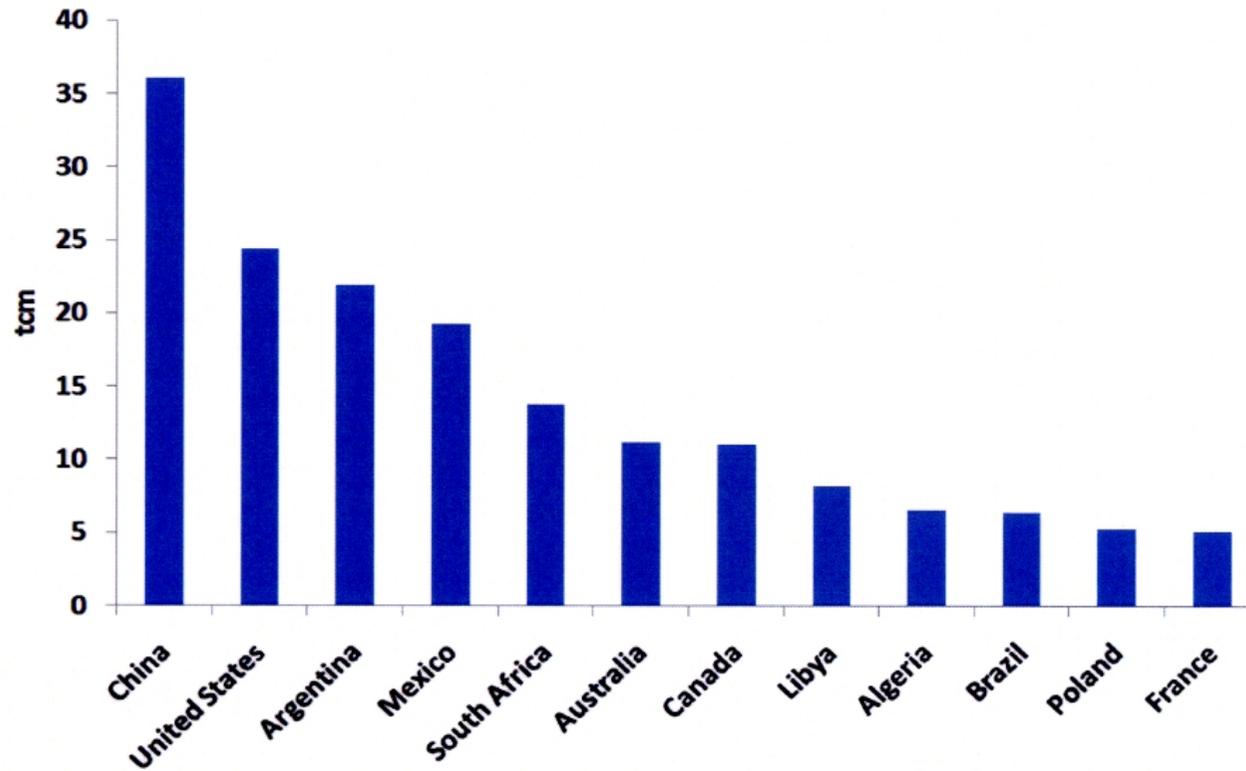
■ Reste du monde  
(95% conventionnel)

■ Total Monde

3000 Gm<sup>3</sup>

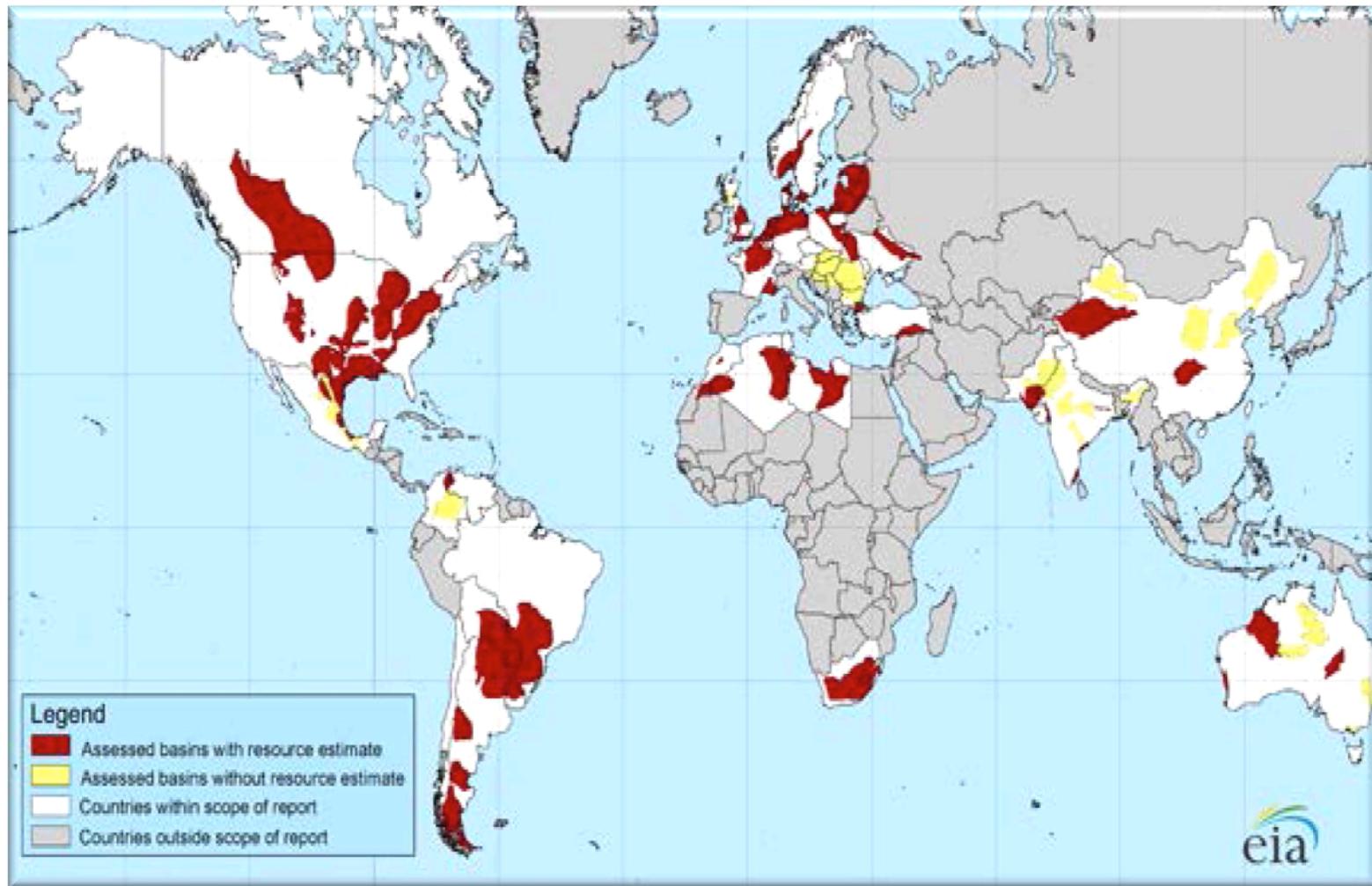
# DES RESSOURCES ESTIMÉES CONSIDÉRABLES

## Estimated recoverable shale gas resources in selected countries



Source: EIA.

# MAJOR SHALE DEPOSITS OF THE WORLD



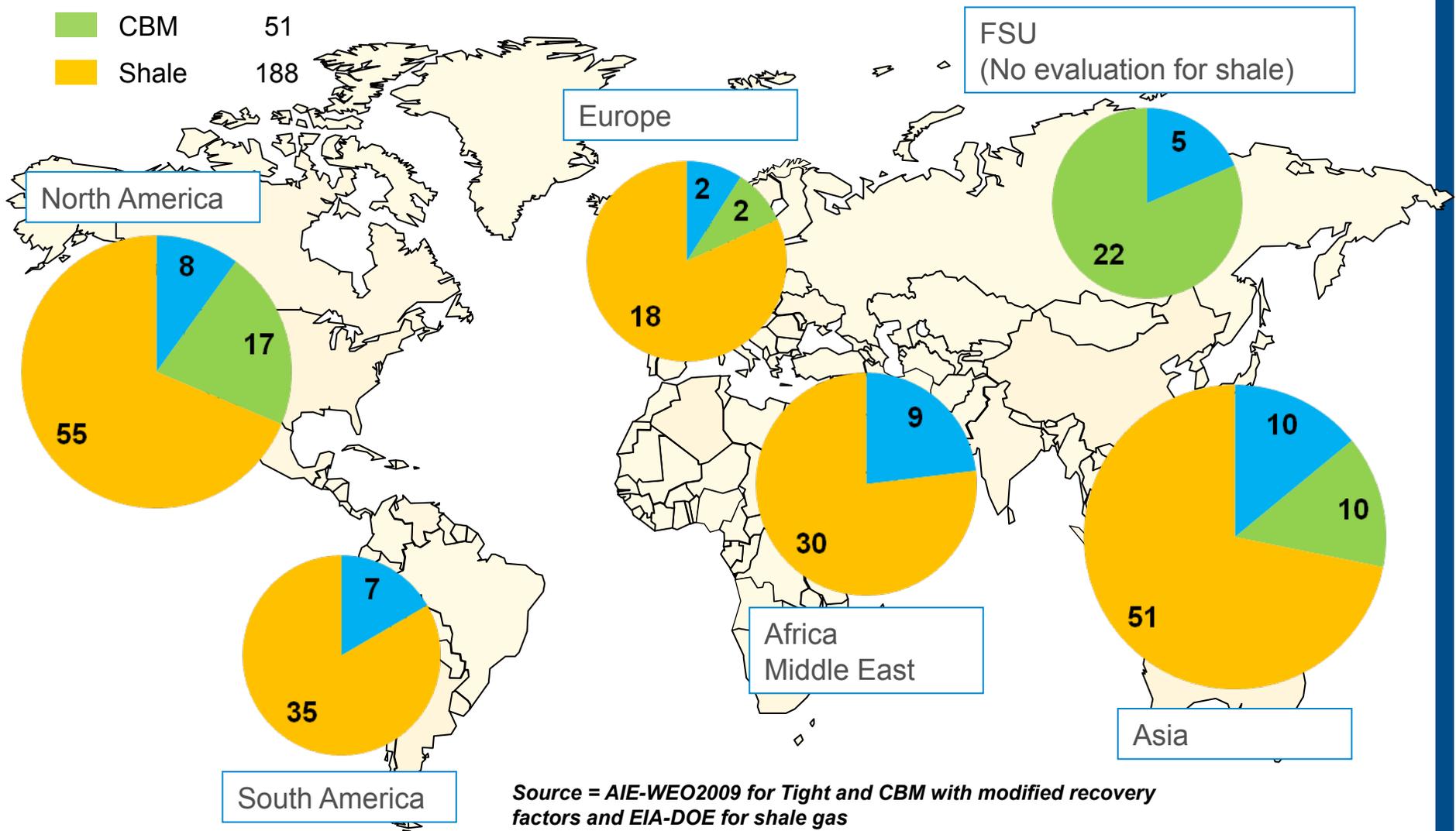
# RESSOURCES POTENTIELLES DE GAZ DE SCHISTE EN EUROPE (1)

Major unconventional natural gas resources in Europe



# UNCONVENTIONAL GAS: RECOVERABLE RESOURCES (281TCM)

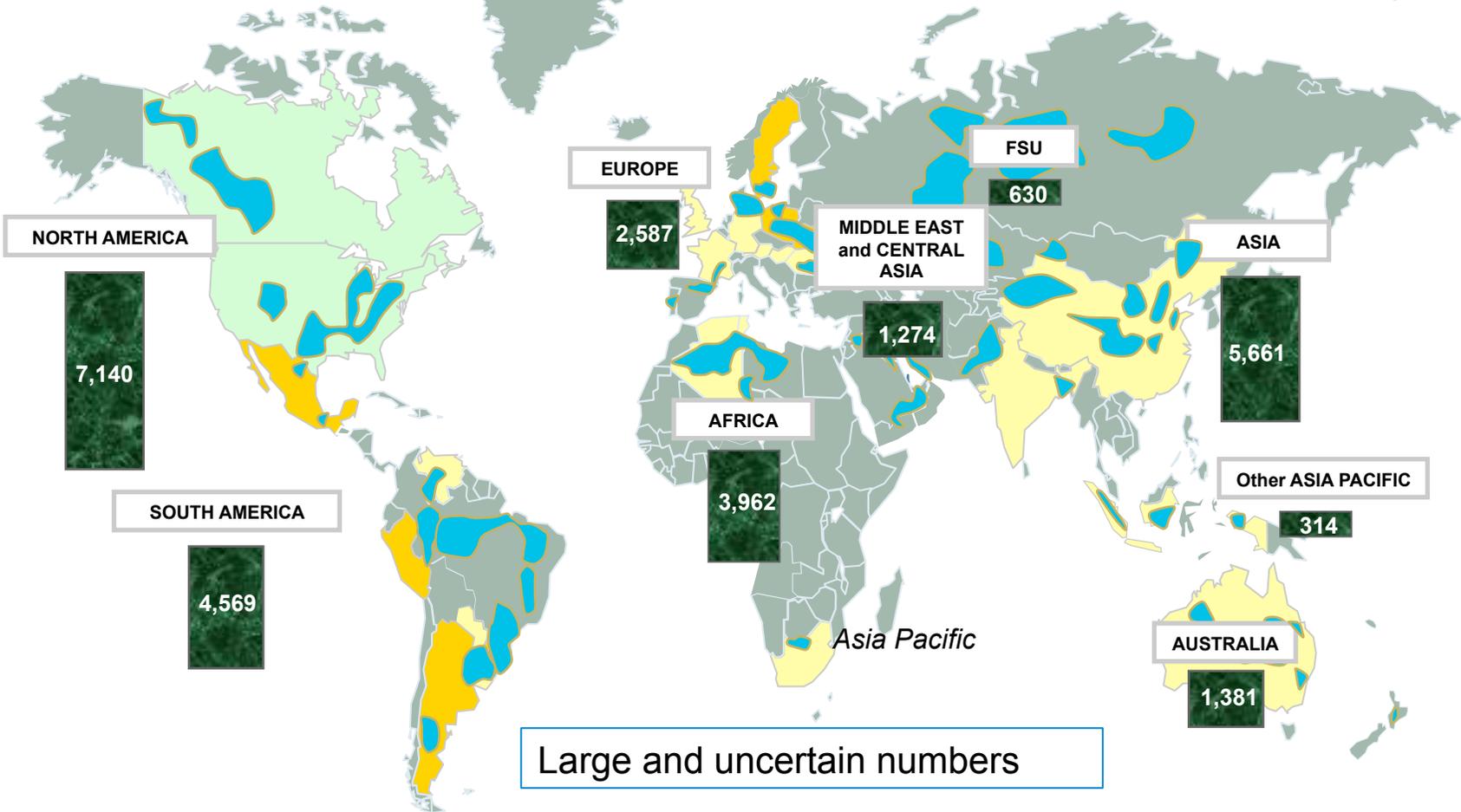
<span style="color: blue;">■</span> Tight	42
<span style="color: green;">■</span> CBM	51
<span style="color: yellow;">■</span> Shale	188



# WORLDWIDE ESTIMATE OF SHALE GAS IN-PLACE VOLUMES

**SHALE GAS IN PLACE ~ 27,500 Tcf**  
 (EIA US Energy Information Administration – April 2011 report)

- Producing
- Wells in 2010-2011
- Evaluation of potential

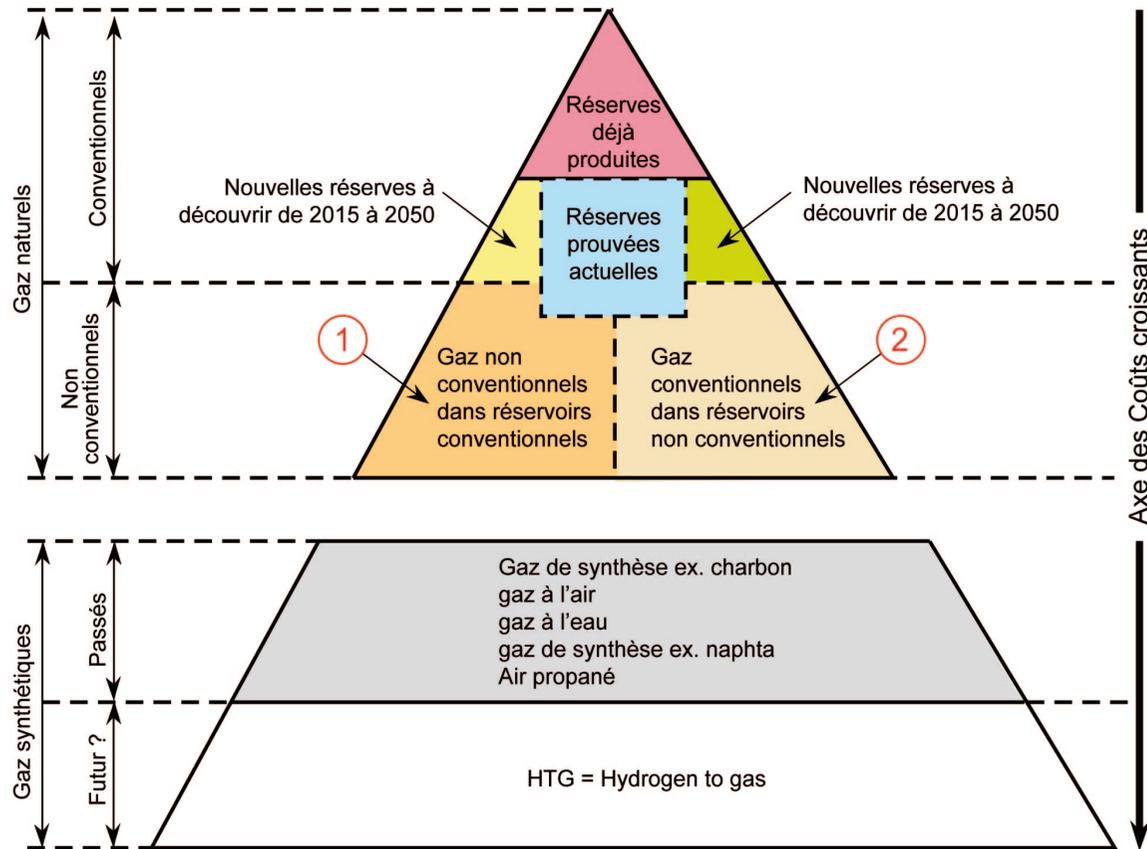


*EIA 2011 figures + Rogner's 1996 figures for FSU(630Tcf), others Asia Pacific (314 Tcf), part of Middle East and Central Asia (1,274Tcf)*

# PARTIE 2

*De quoi parle - t - on?  
Comment se présente techniquement  
la question des gaz de roches mères?*

# LA PYRAMIDE DES RESERVES GAZIERES DES GAZ NATURELS ET LE DOMAINE DES GAZ DE SYNTHÈSE



① **Gaz non conventionnels dans réservoirs conventionnels**

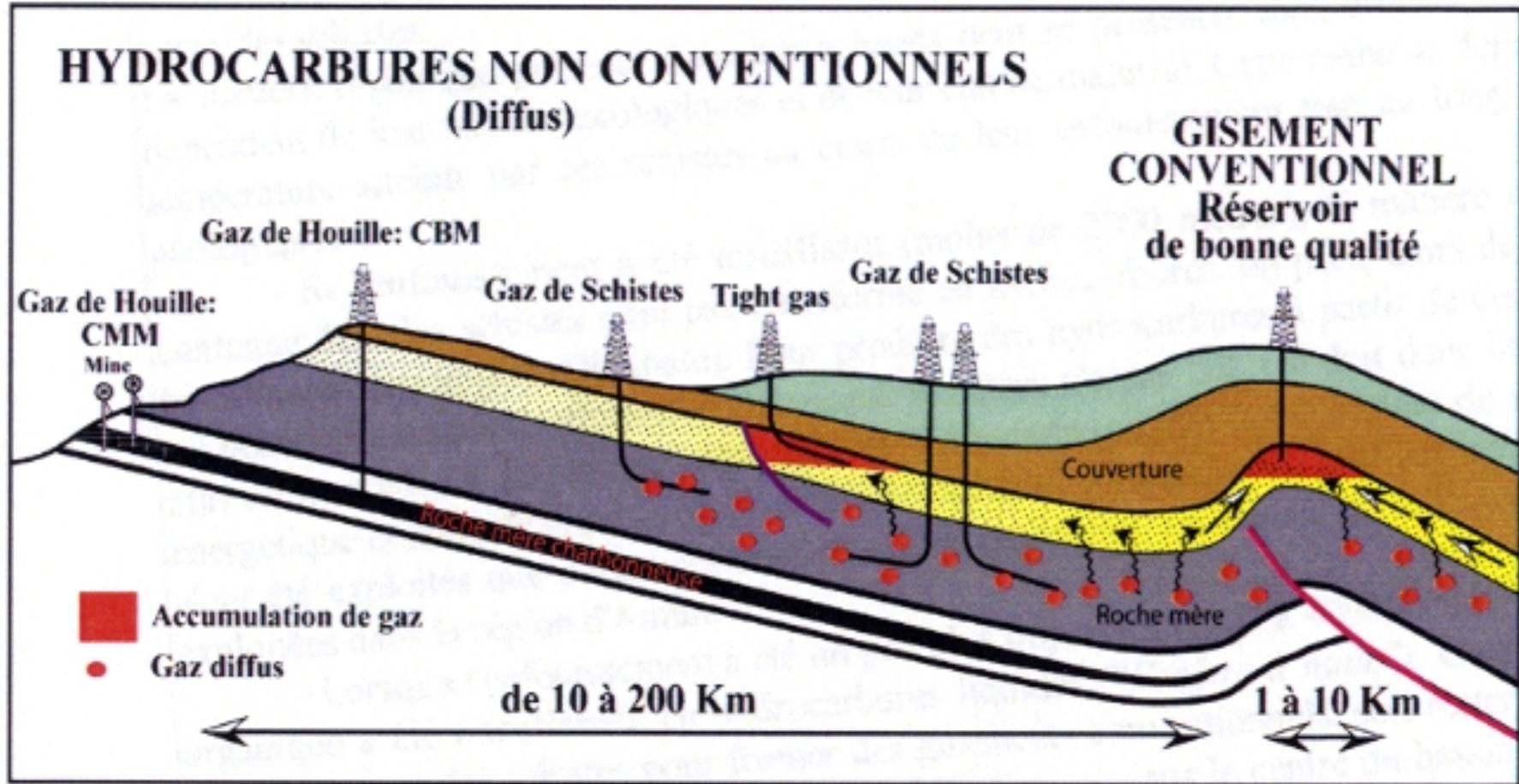
- gaz très riches en inertes (Natuna D alfa 75 % inertes)
- gaz très acides (très riches en H<sub>2</sub>S)

② **Gaz conventionnels dans réservoirs non conventionnels**

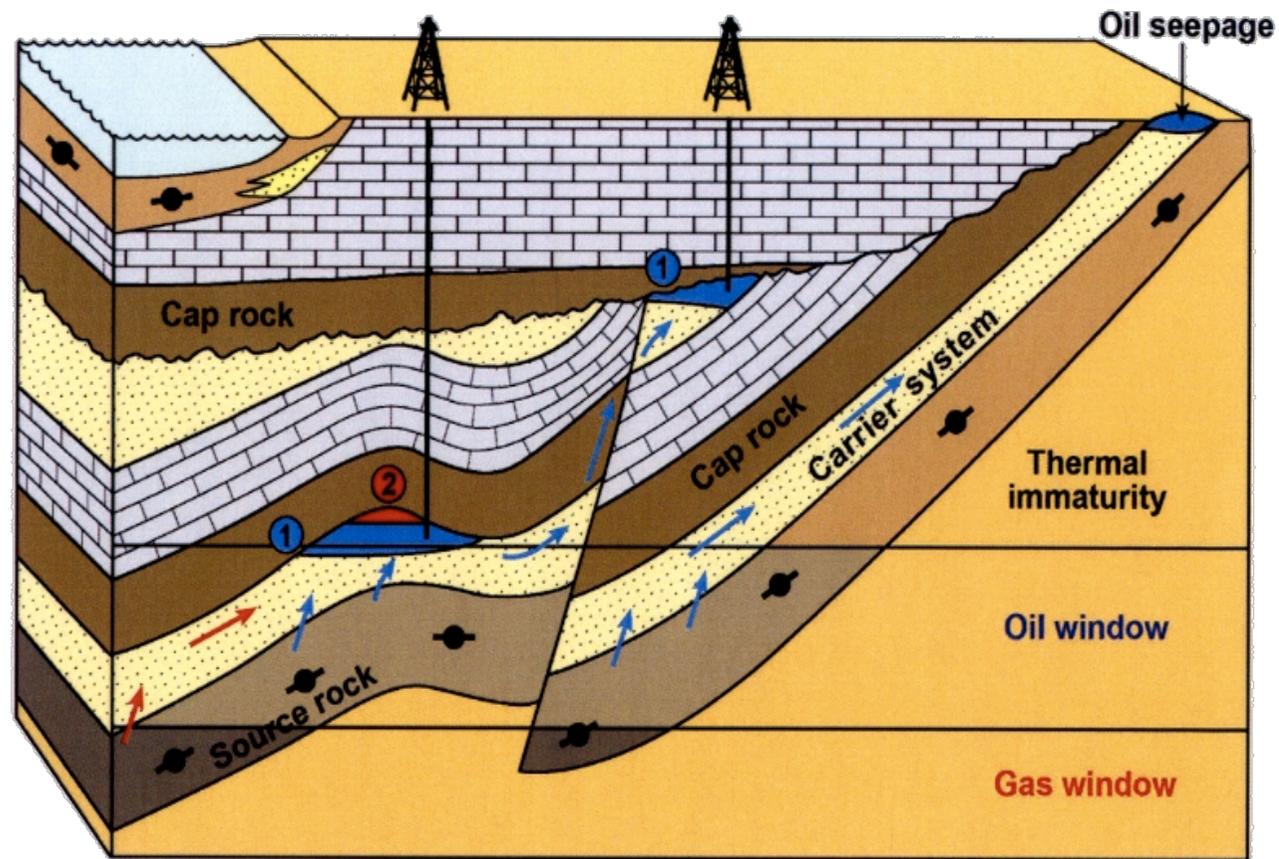
- CBM (Coal Bed Methane)
- Tight gas (réservoirs recimentés)
- Shale gas (gaz de roches mères)

Source : P-R. BAUQUIS - Oct .2012

# CONVENTIONNELS ET NON-CONVENTIONNELS



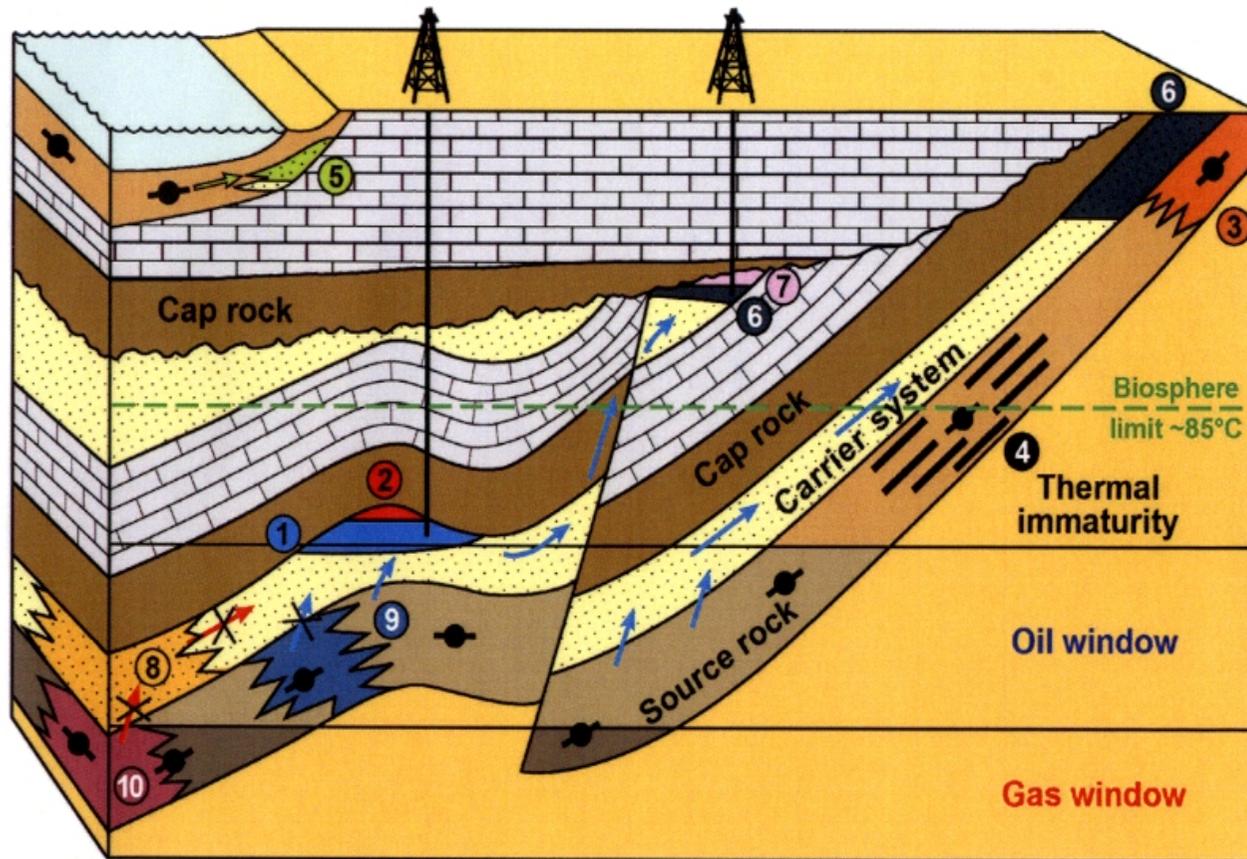
# SYSTÈME PÉTROLIER CONVENTIONNEL



1) Conventional oil

2) Conventional (Thermogenic) gas

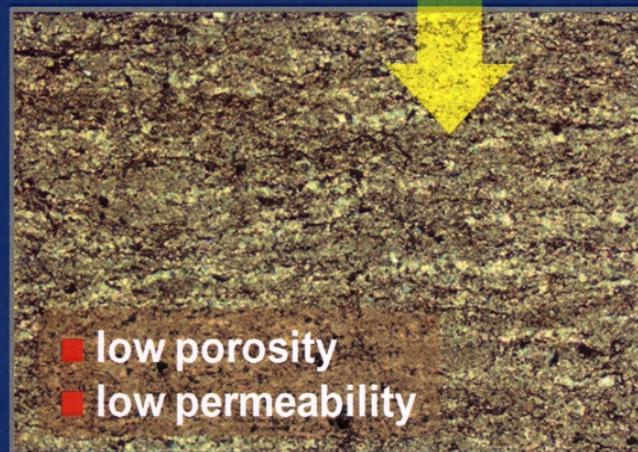
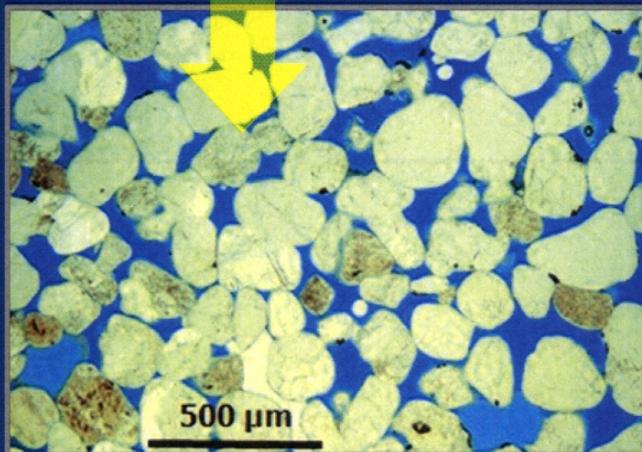
# SYSTÈME PÉTROLIER "ÉTENDU"



- 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

## CONVENTIONNEL

## NON CONVENTIONNEL



**Production:** HC that migrated to the reservoir

Non-expelled HC

# GAZ DE ROCHES MÈRES (SHALE GAS)

Natural gas trapped in a low-perm rock

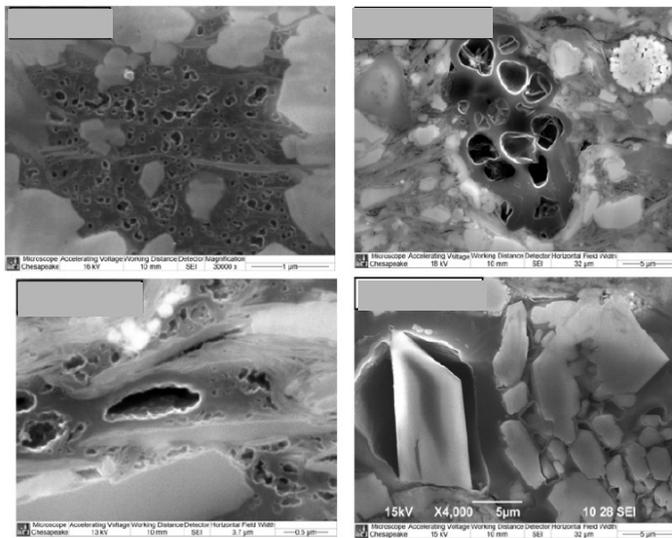
- Shale gas is generated through burial of argillaceous sediments, rich in organic matter, where it remained trapped.
- It is mostly made of methane.

Shale gas and natural gas differ neither in their origin nor in their nature.



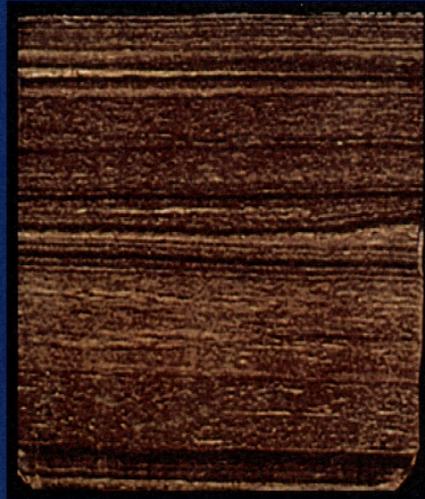
- Permeability of these rocks is extremely low.

Rock characteristics require the usage of specific techniques, to ensure an acceptable level of well productivity.



# QU'EST-CE QU'UN "GAZ DE SCHISTE"?

## It's all together:



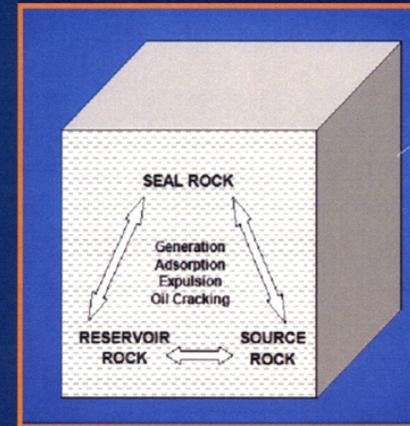
10 cm

LOMPOC Quarry Sample  
Monterey Formation, CA

- the source
- the reservoir
- the seal

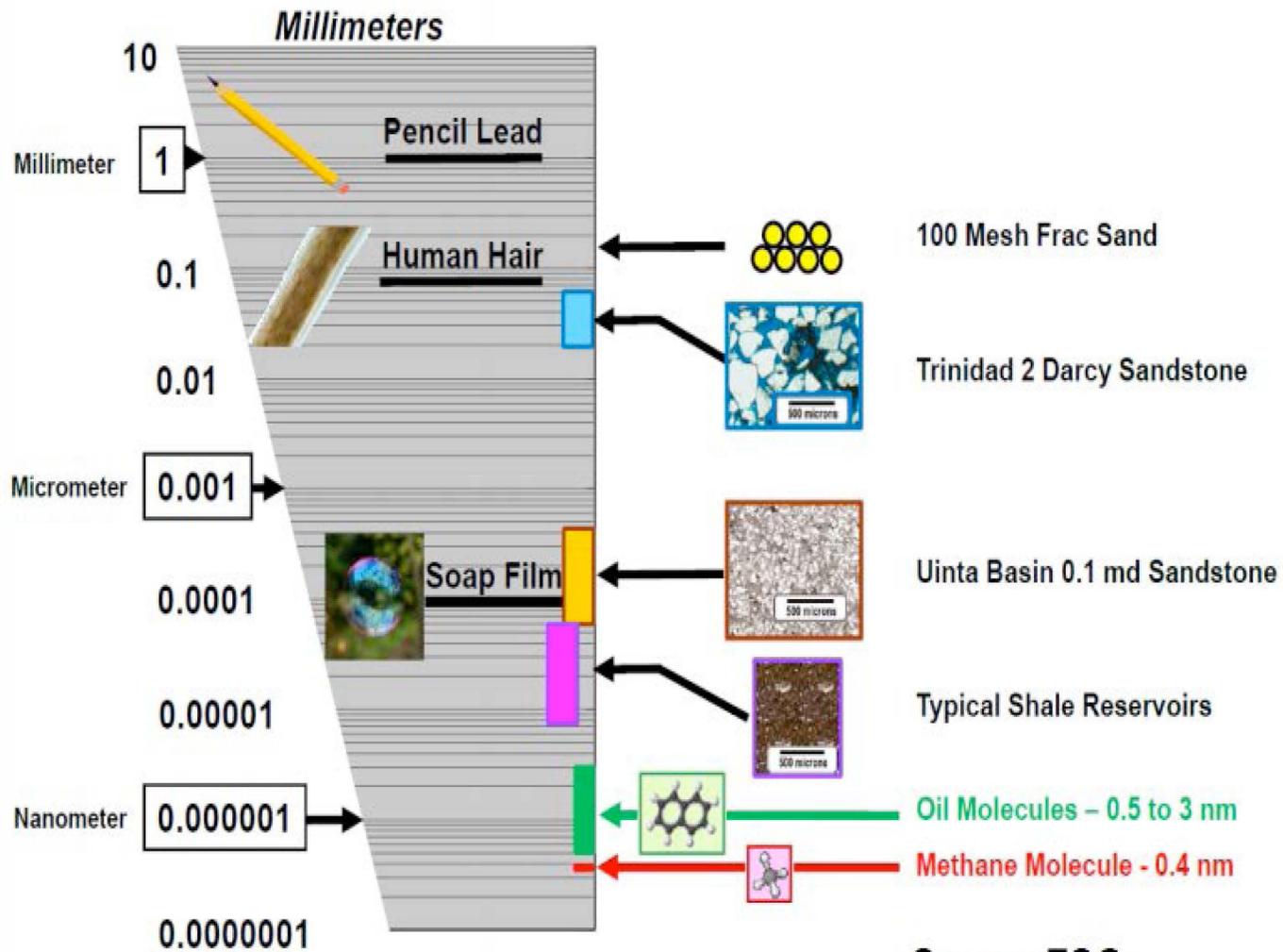
and:

- it is rich in organic carbon



***! Shale gas is self-contained HC system !***

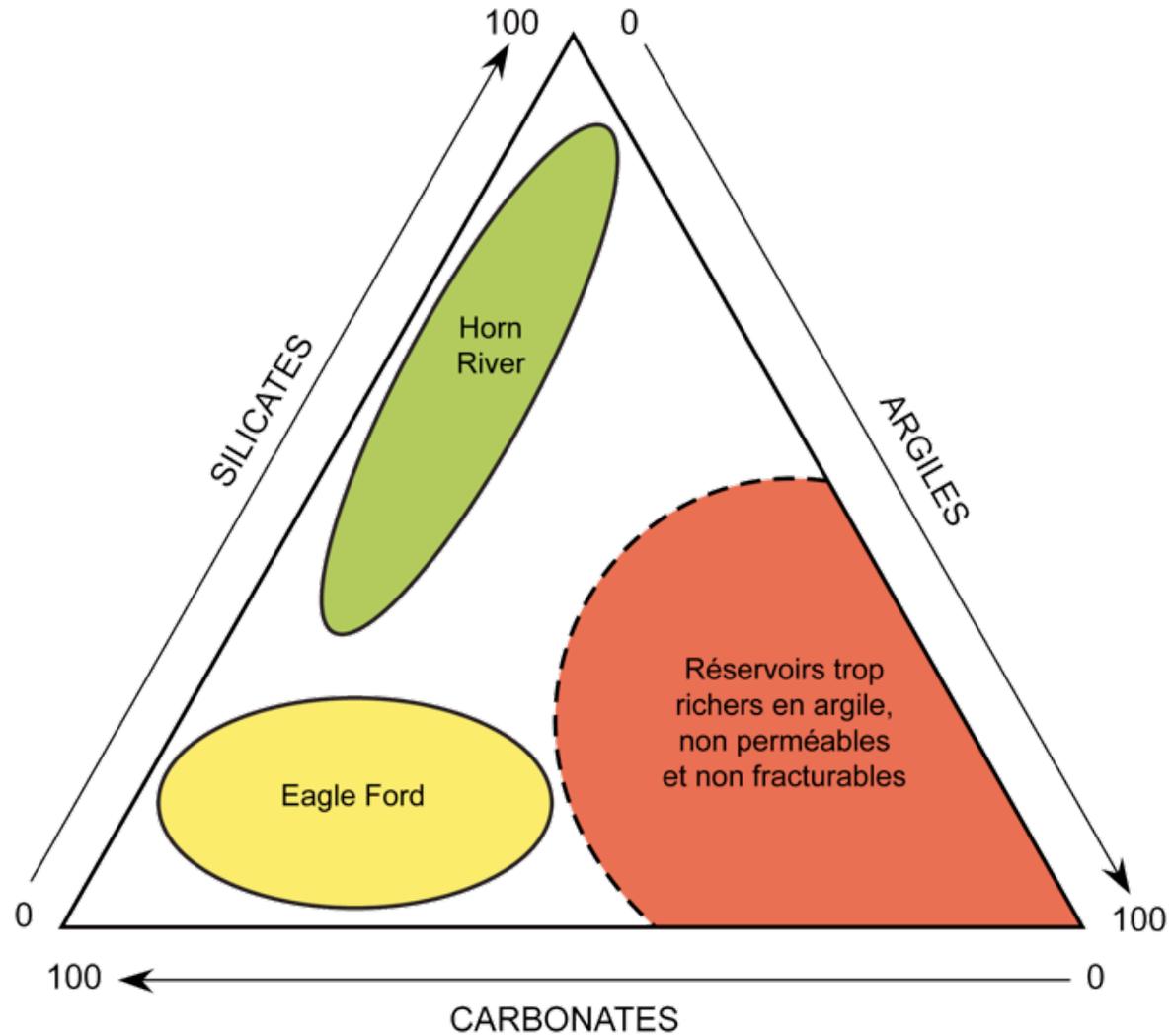
However the shales have a low permeability => production required to facilitate the displacement of the gas to the well to reach an economic level of production.



Source: EOG

JAF2012\_027.PPT April 3<sup>rd</sup>, 2012

# MINERALOGY « HOT SHALE » GRAPH



PR Bauquis - Sept 2012

Source : d'après Jim Buckee. Talisman ASPO 2012

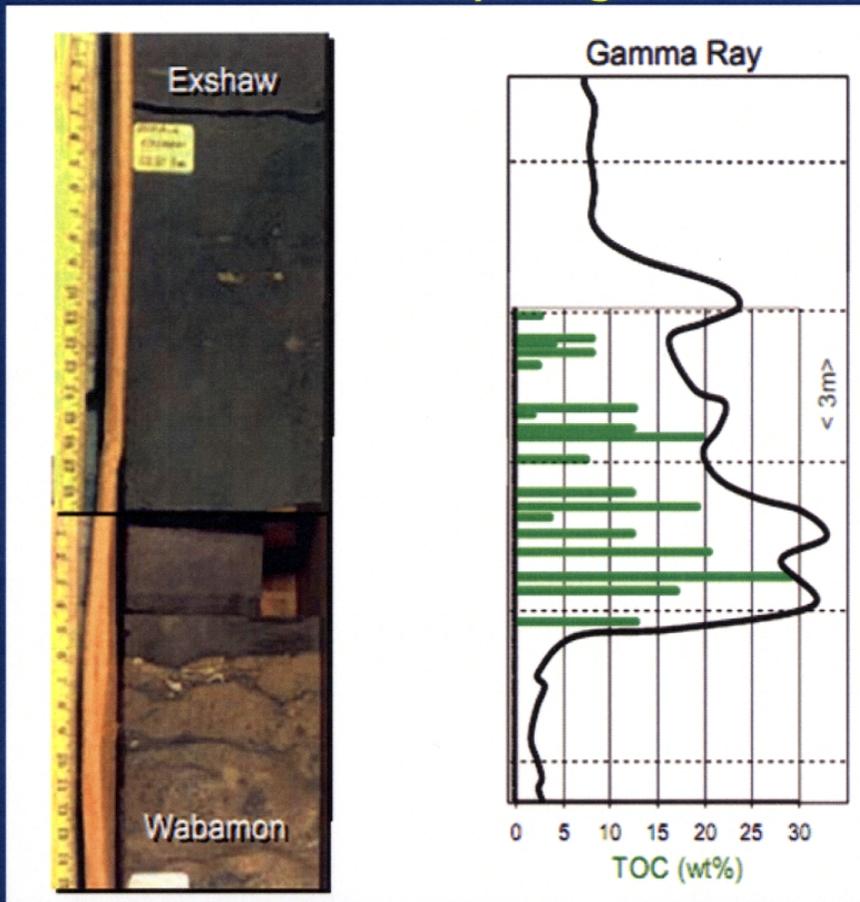
## HOT SHALE PROPERTIES

Propertty	Eagle ford	Barnett	Haynesville	Marcellus	Horn River	Hot shale
TOC, %	2-8%	3-8%	1-5%	1-5%	2-5%	0,5-10%
Porosity, %	8-18%	3-9%	6-15%	3-9%	3-7%	1-9%
Water saturation, %	7-31%	30-40%		20-45%	20-30%	10-30%
Permeability, nD	1,8-8,000	0,08-2,000	100-3,000	50-3,000	1,8 <sup>e-4</sup> – 2,0 <sup>e-1</sup>	<1,000 - 2,0 <sup>e7</sup>
Static YM, Mps	1,00-2,50		1,10-2,25			4,21-5,25
Brinell Hardness Number	22	80	18	32		
Poisson's ratio	0,25-0,27	0,15-0,6	0,15-0,35		0,15-0,35	0,21-0,28
Pressure Gradient, psi	0,4-0,8	0,5-0,6	0,7-0,9	0,3-0,8	0,5-0,7	0,43
Thickness (m)	15-150	90-150	45-105	15-107	60-150	10-40+

**Sources SPE et US Doe**

# IDENTIFICATION DES ZONES RICHES EN MATIÈRE ORGANIQUE

## Gamma Ray Log

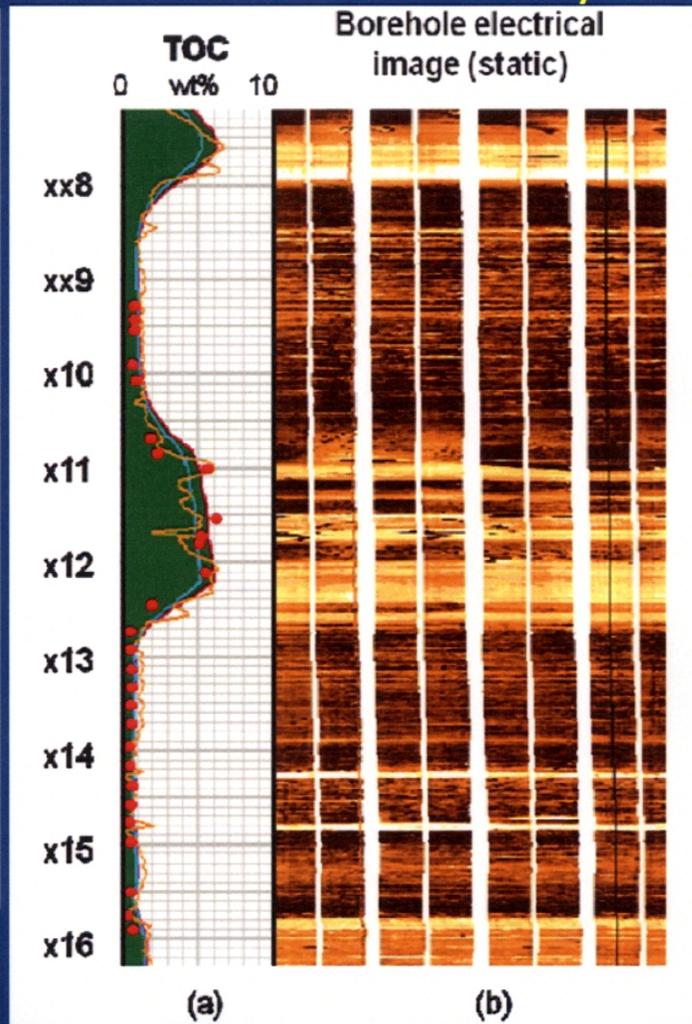


Passey et al. (2010)

Gamma Ray Scale 0-150

Courtesy A. Aplin (2011)

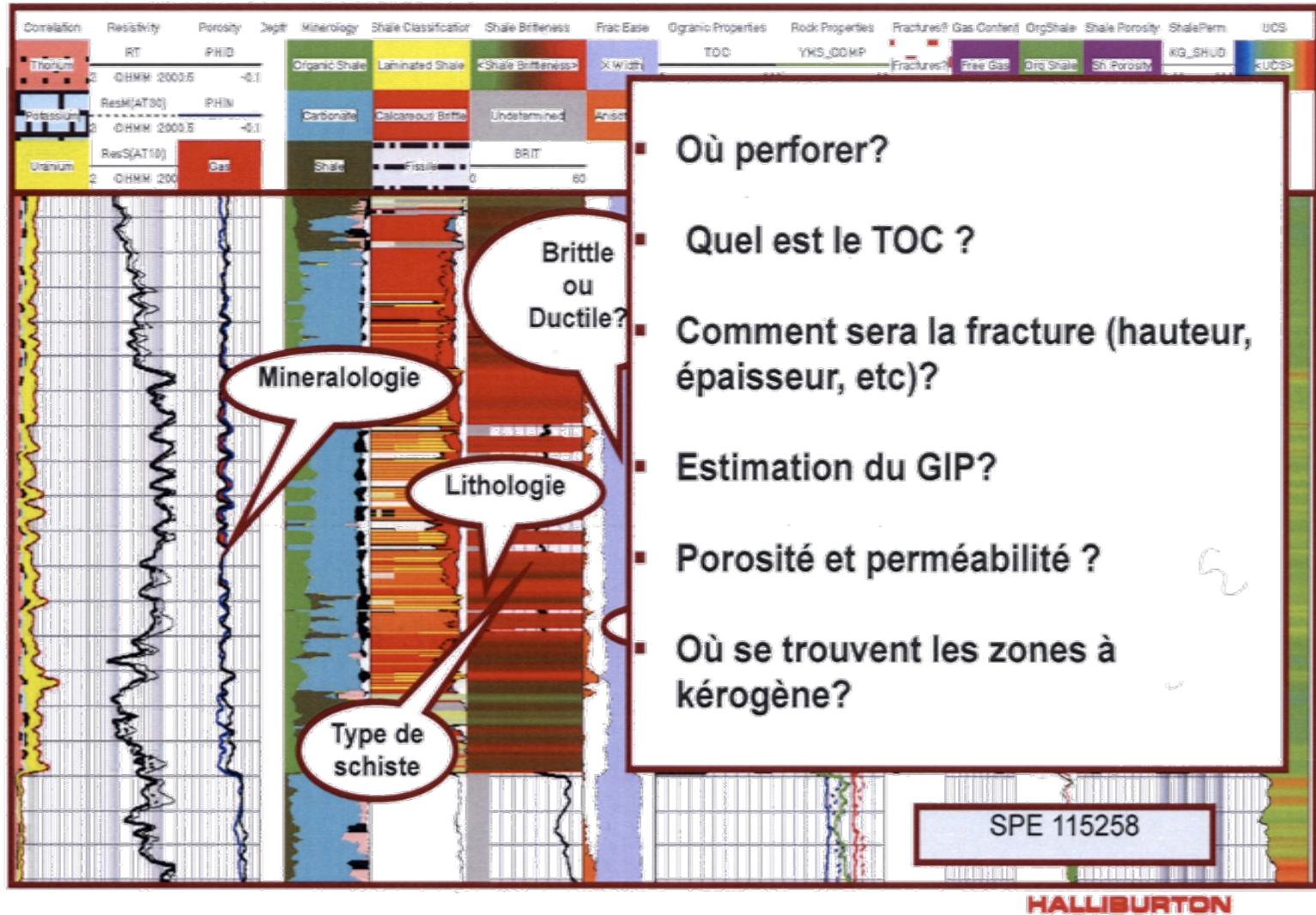
## Microresistivity



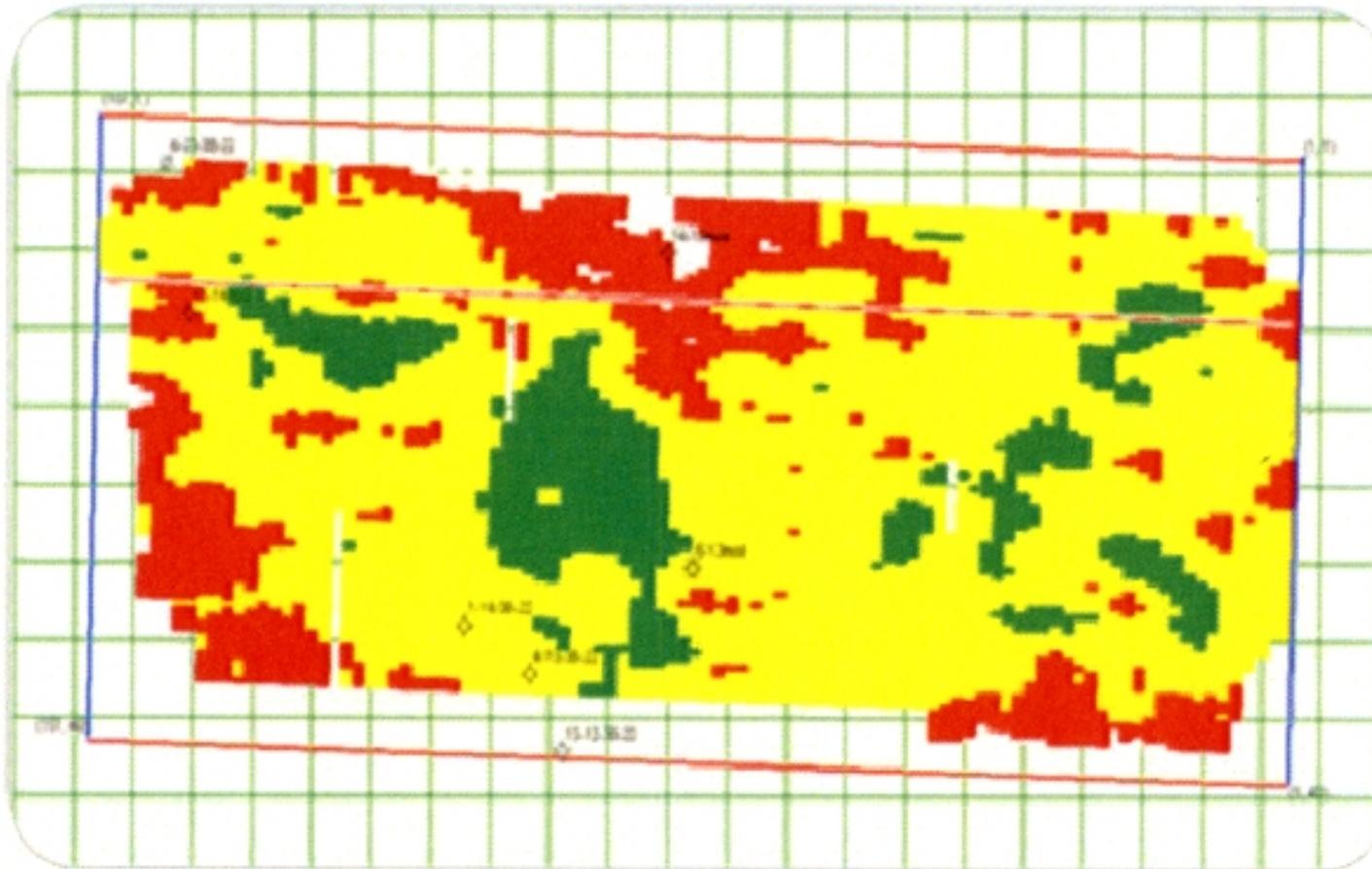
(a)

(b)

# CONCEPTION FRACTURATION HYDRAULIQUE

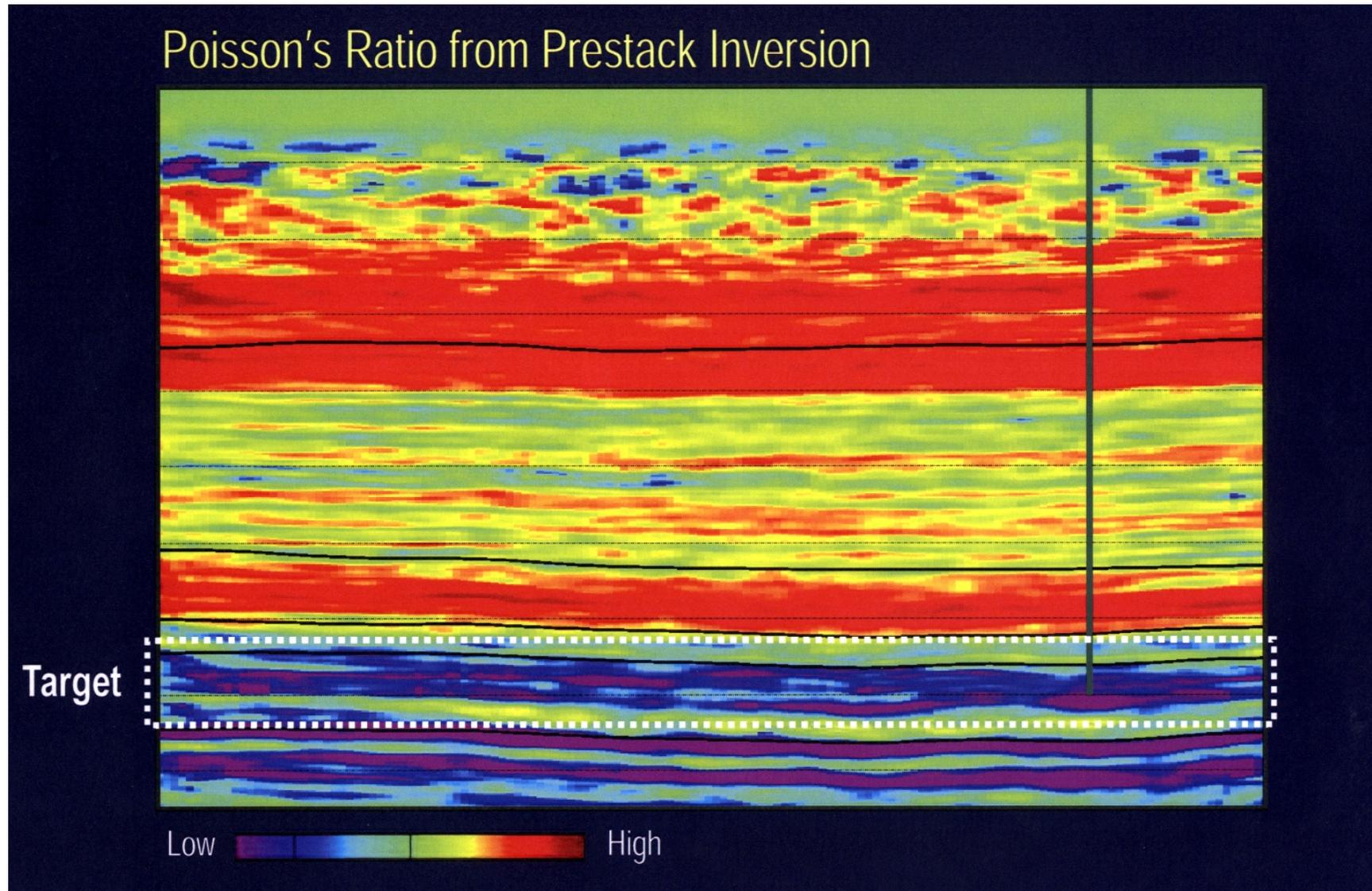


## LA SISMIQUE AIDE À IDENTIFIER LES MEILLEURES ZONES DE FRACTURATION



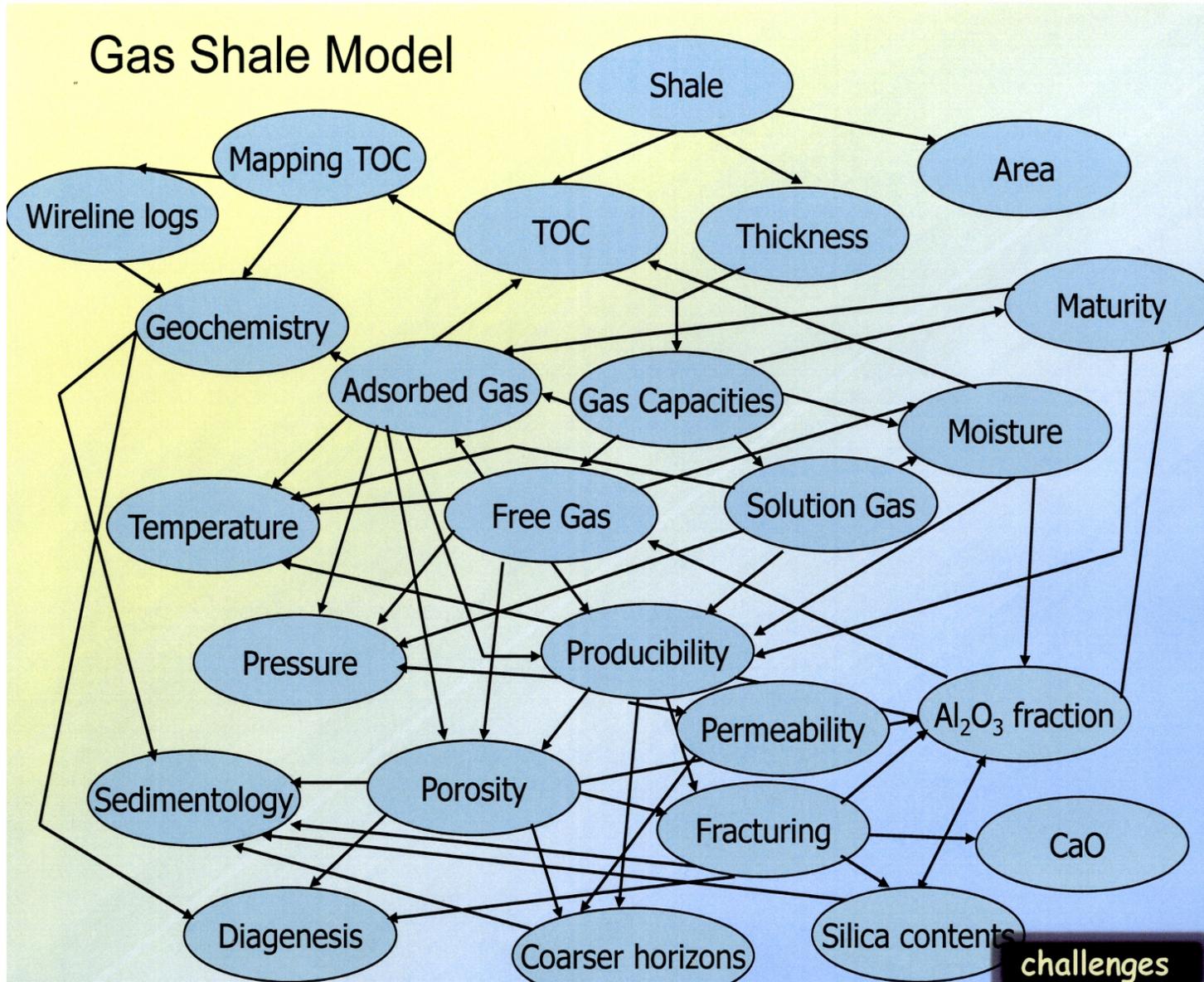
- En vert: zones favorables à la création de réseaux de fractures
- En rouge: roches ductiles (impropres à la fracturation)
- En jaune: nombreuses fractures naturelles alignées

# SWEETSPOT IDENTIFICATION



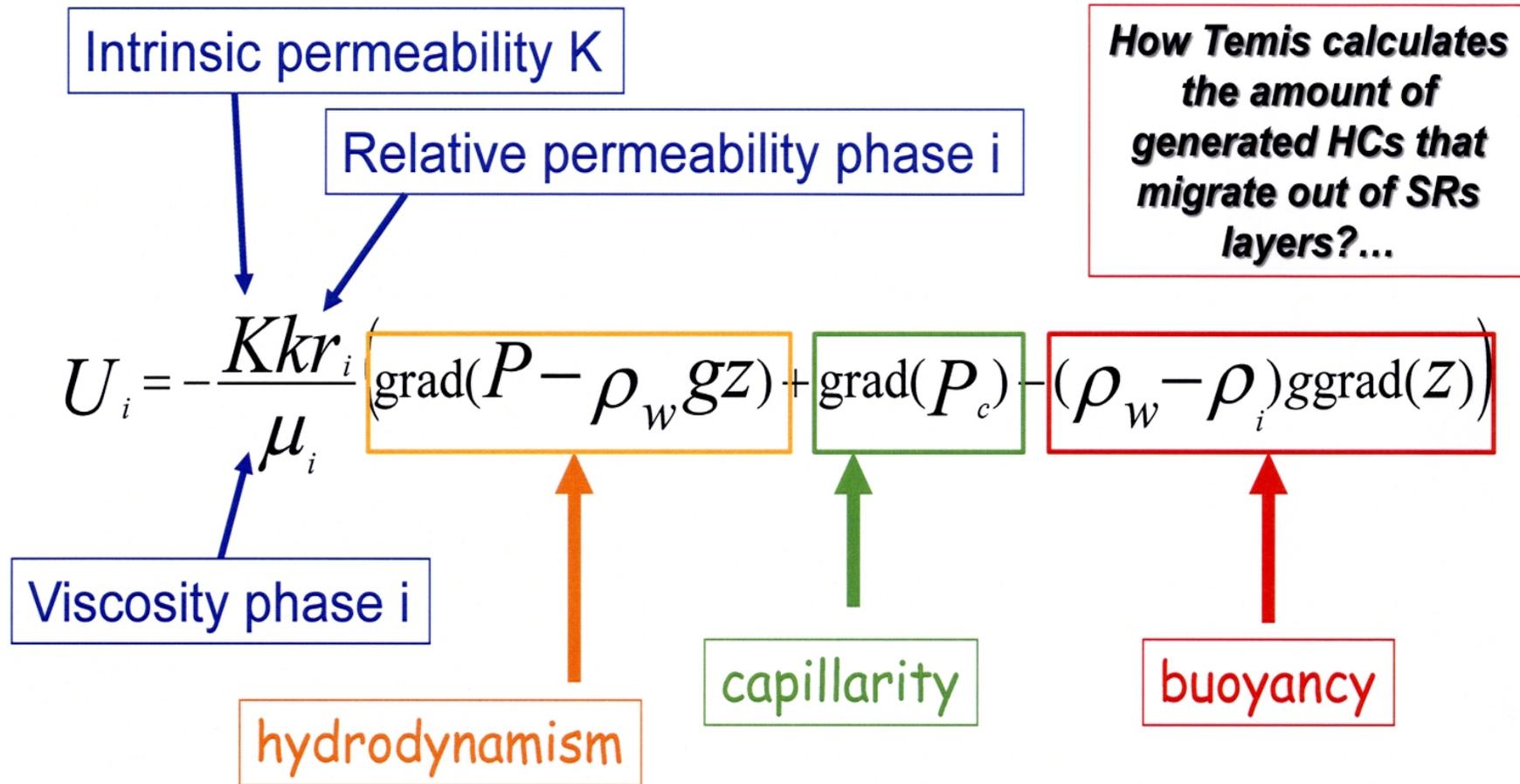
- **But du modèle: estimer les volumes d'HC restant dans les couches argileuses**
- **Les 3 sources liassiques ont généré d'importants volumes d'HC dans le Bassin de Paris: 80 Bbbl dans les 9500 km<sup>2</sup> de la zone étudiée**
- **Volumes produits (1958 à 2000): 0,25 Bbbl**
- **Volume restant dans les roches-mères: 16 Bbbl (dont > 50% pour les Schistes Carton)**

# C'EST SIMPLE!!!



# HC Expulsion Modelling

## Darcy Law



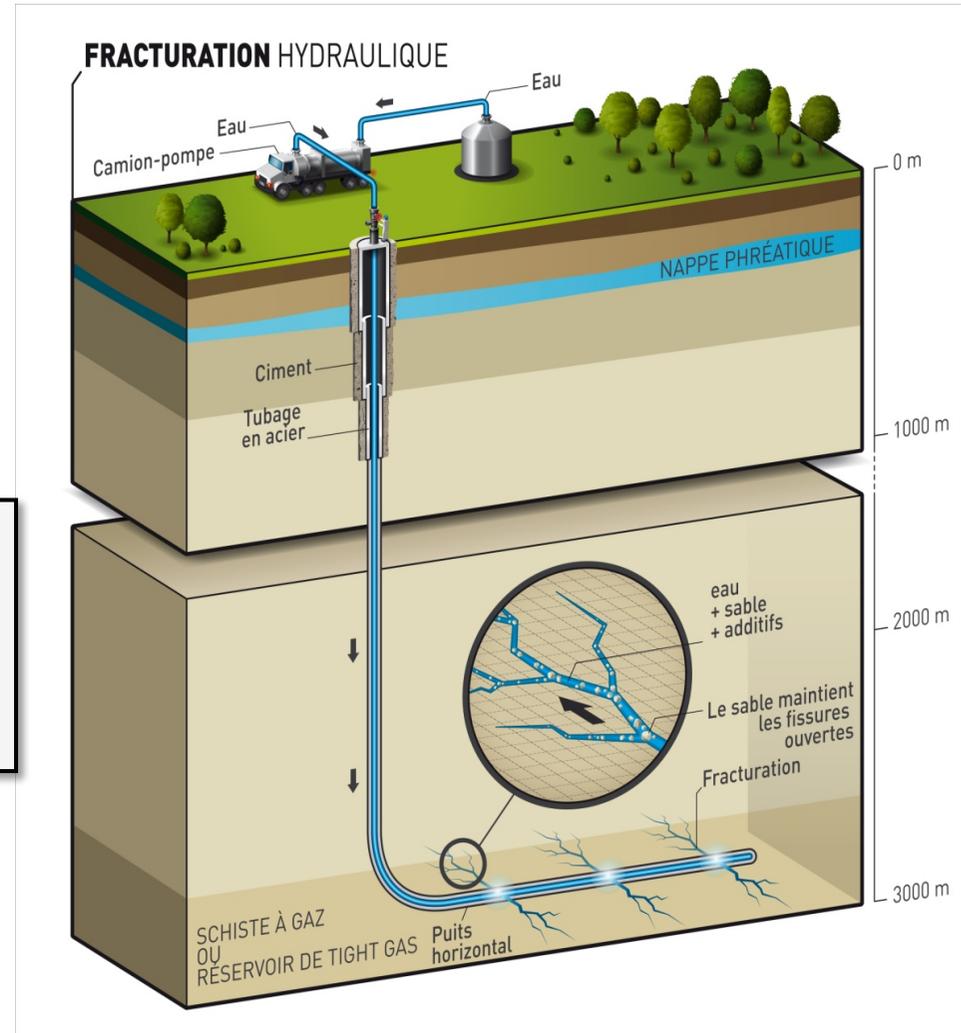
**Relates the flow rate  $U_i$  of phase i to the different driving forces.**  
 (calculation of HCs and water movements within the porous media)

# SPECIFIC PRODUCTION TECHNIQUES

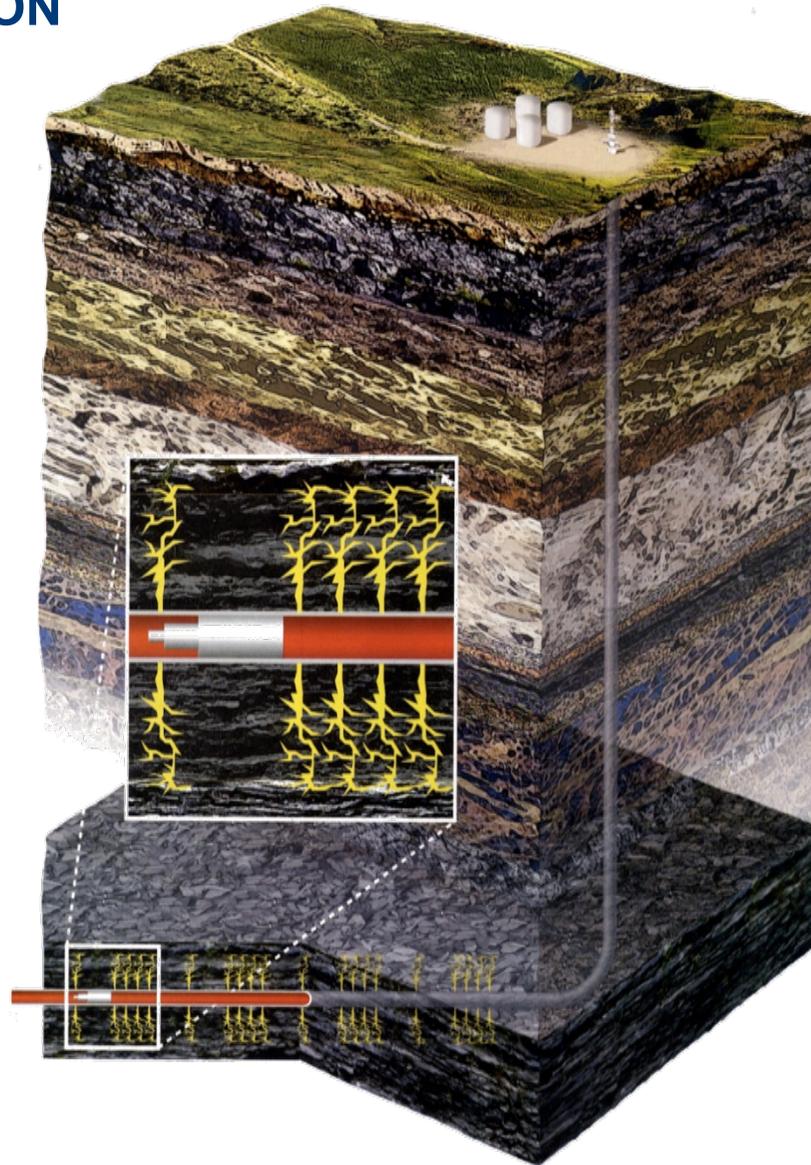
- Two types of technology required to enable sustainable production :
  - Horizontal drilling, which increases the productive section of each well (compared to vertical drilling).
  - Controlled hydraulic fracturing, which artificially improves rock permeability.

These techniques are known to the industry and also used for water wells, conventional hydrocarbon production and geothermal energy.

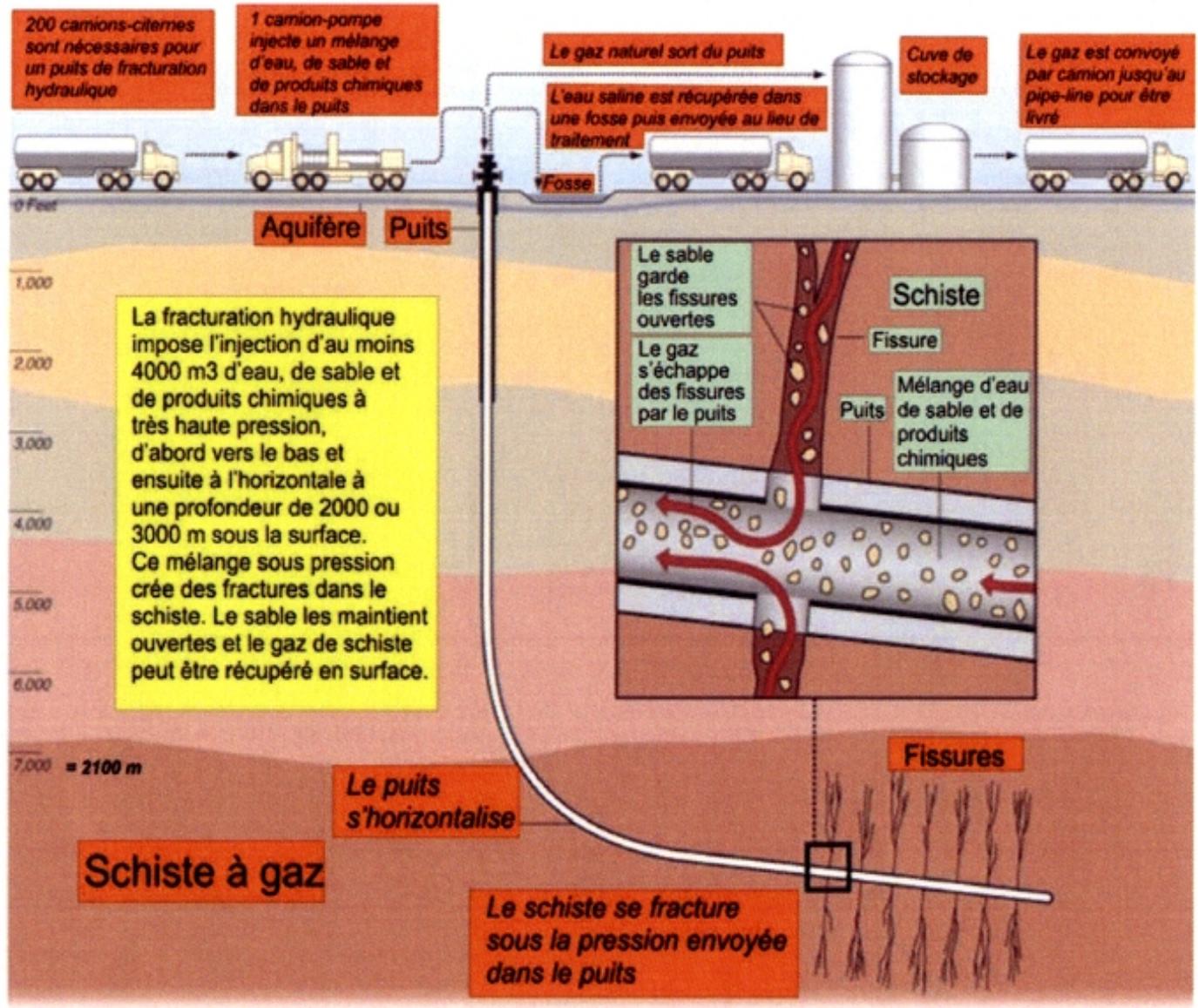
- The amount of gas retrieved from each well remains low, which implies a large number of wells to reach a significant level of production



# TECHNOLOGIE D'EXPLOITATION



# LA FRACTURATION HYDRAULIQUE



## DIVERS TYPES DE “PROPPANTS”



Ottawa Frac Sand



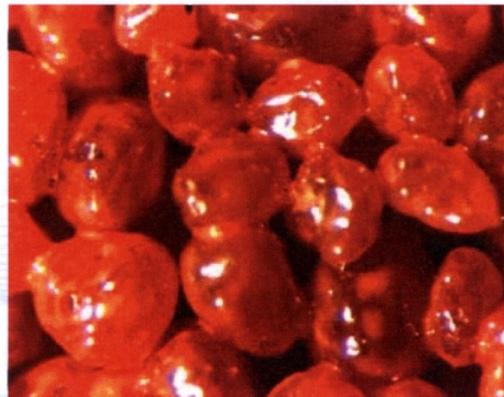
LiteProp™ 108 ULWP



Low Density Ceramic



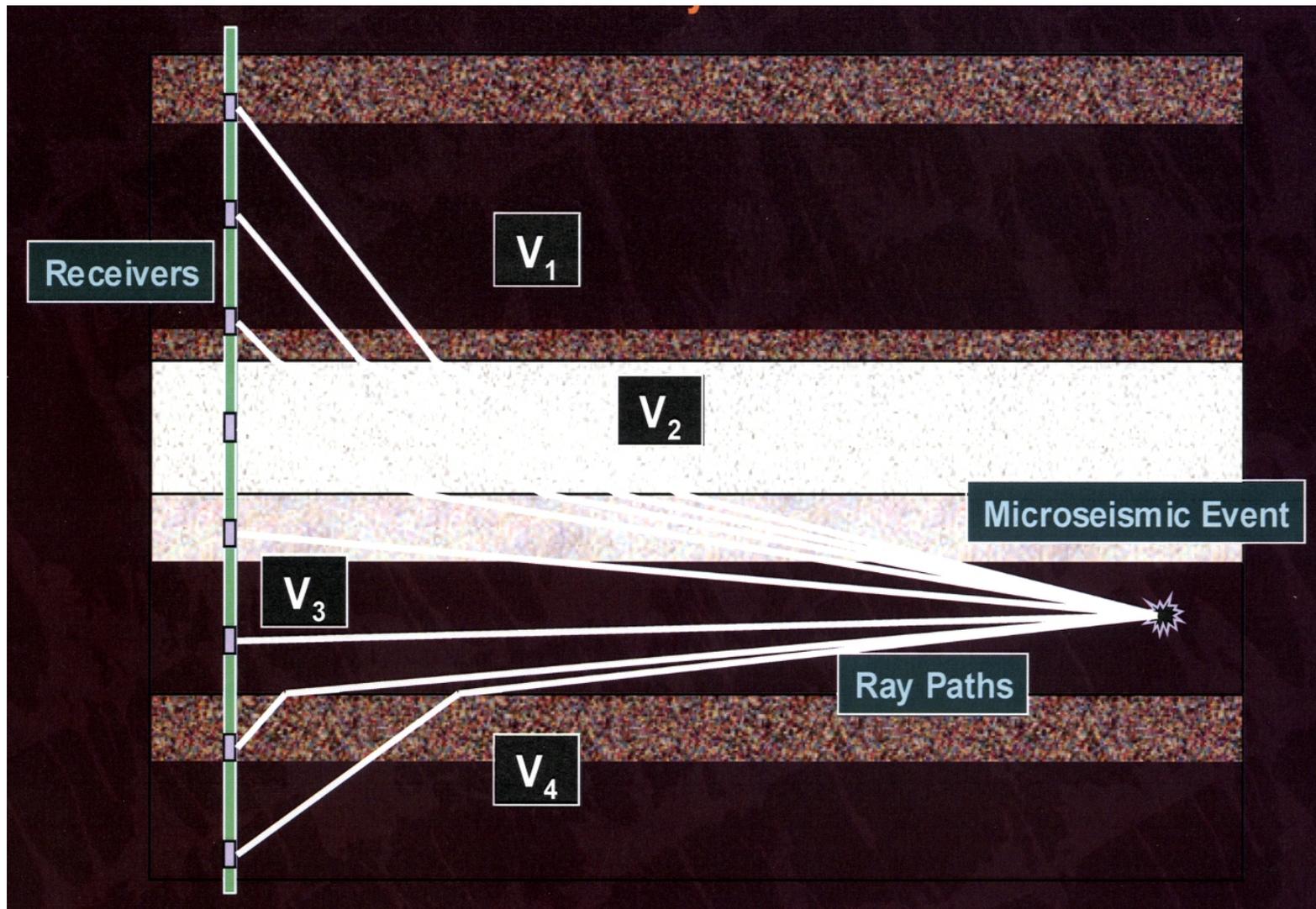
Brown Frac Sand



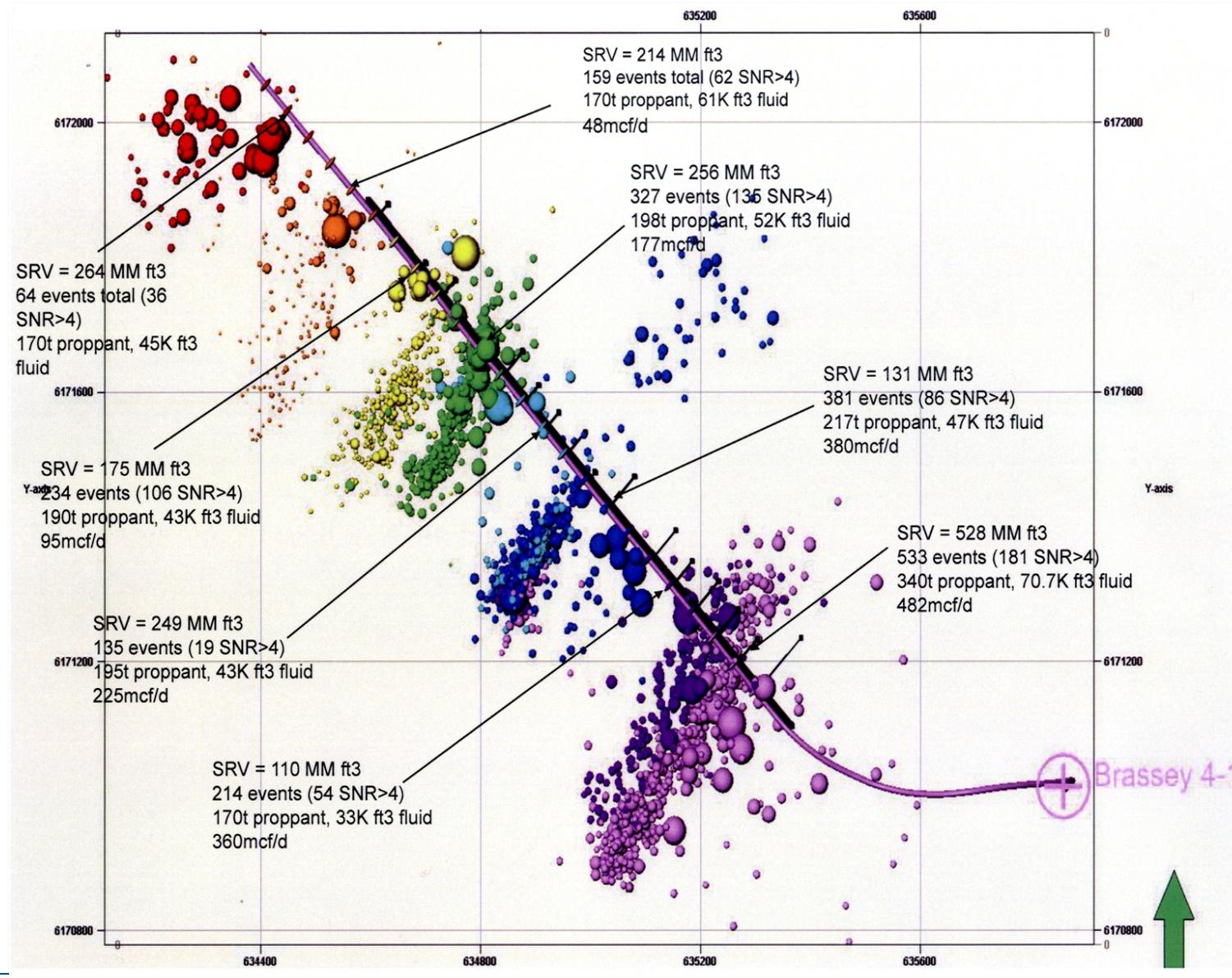
Resin-Coated Sand



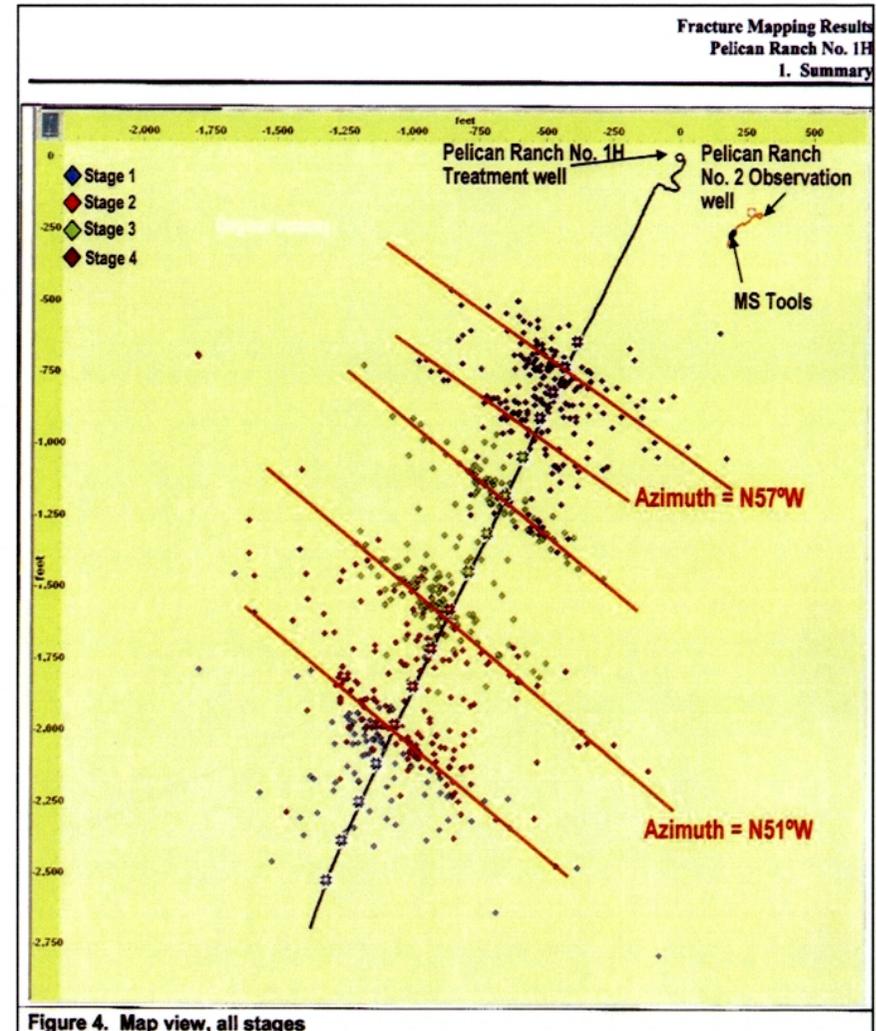
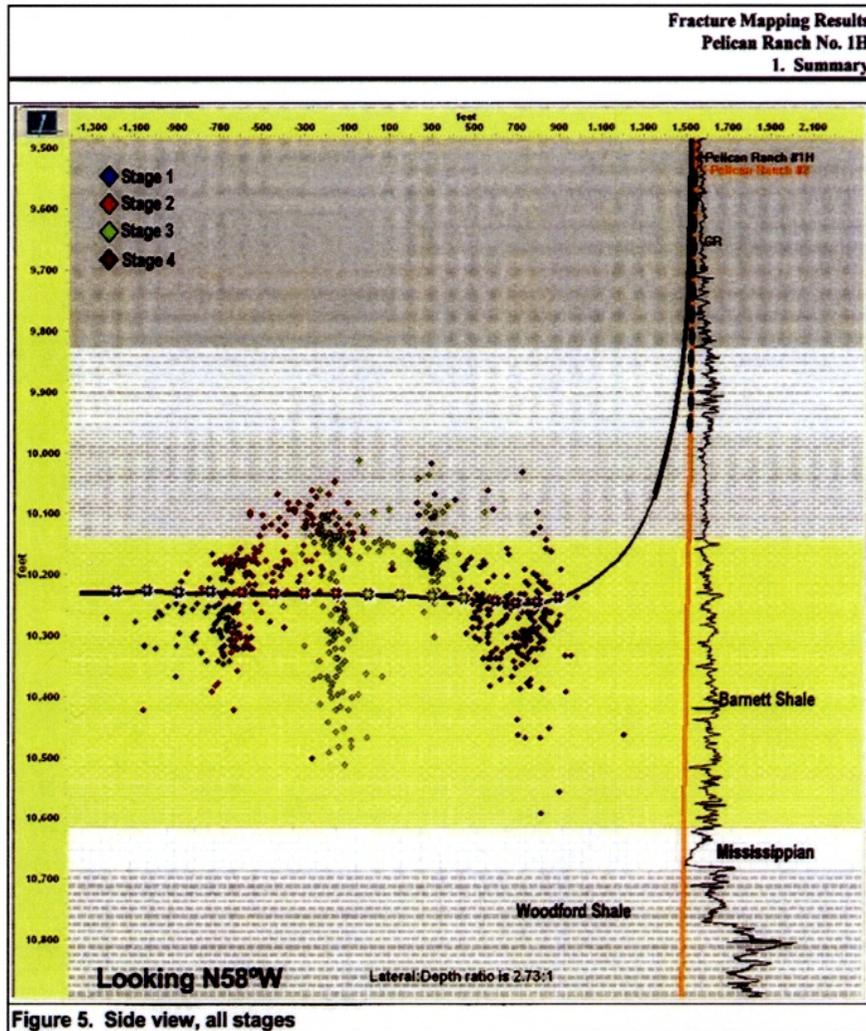
Sintered Bauxite



# ÉVÈNEMENTS MICROSISMIQUES D'UN TRAITEMENT MULTI-FRACTURES



# VISUALISATION DES FRACTURES PROVOQUÉES



## UN “FRAC JOB” TYPIQUE SUR DU GAZ DE SCHISTE



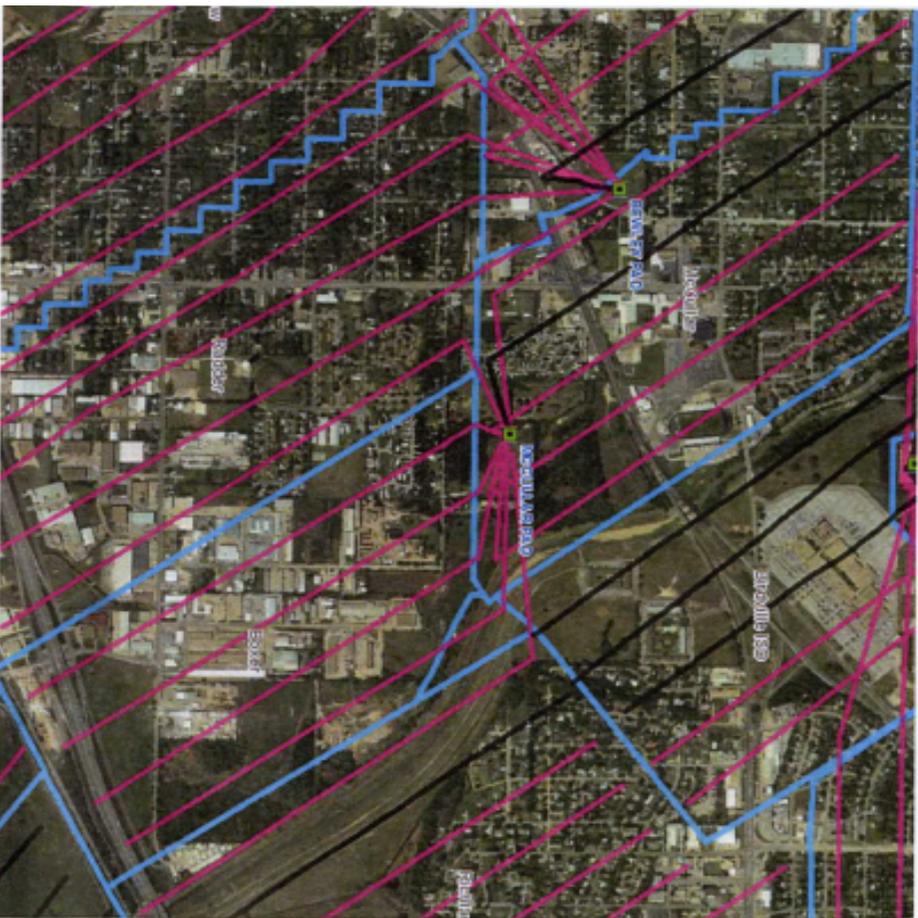


ENTREE D'UN CLUSTER DE PRODUCTION DANS UNE BANLIEUE RESIDENTIELLE



CLUSTER DE PRODUCCION PRES DE L'AEROPORT DFW: 2 têtes de puits

# McCullar 4H



**Drilling Info**

Spud Date: 12/25/2010  
 TMD: 11,680'  
 TVD: 7,232'  
 Lateral Length: 4,026'  
 Drilling Days: 10  
 Shale Thickness: 320'

**Completion Info**

6 Stages  
 900,000 lbs of Proppant used  
 21,536 bbl of Fluid  
 3.6 Hours of Pump Time



WELL IDENT: H4H007, SEC: GUYANA, TWP: 32N23E, R13E

Original Well: 22 1/4"v, 18 5/8", 1,310' MD

Surface: 9.58m, 40.00m, 7.25, 3.54 MD

KOP 1 @ 1,337'

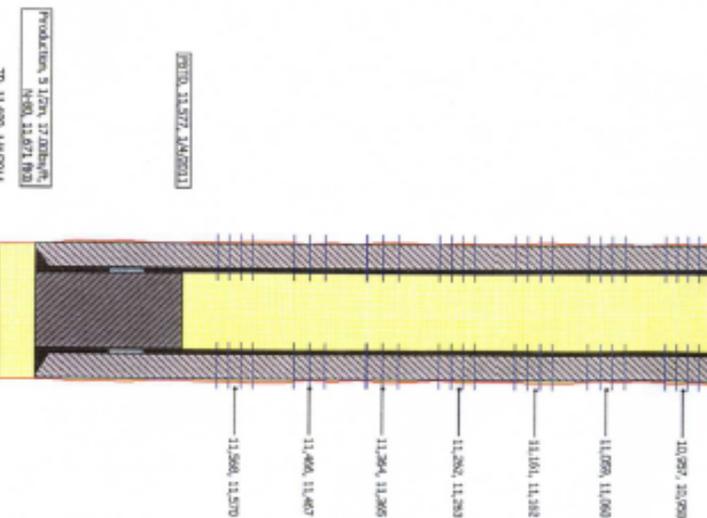
Original Well: 9 3/4"v, 1,210' MD, 11,050' MD

KOP 2 @ 6,667'

IP @ 7,654' (7,232' TVD)

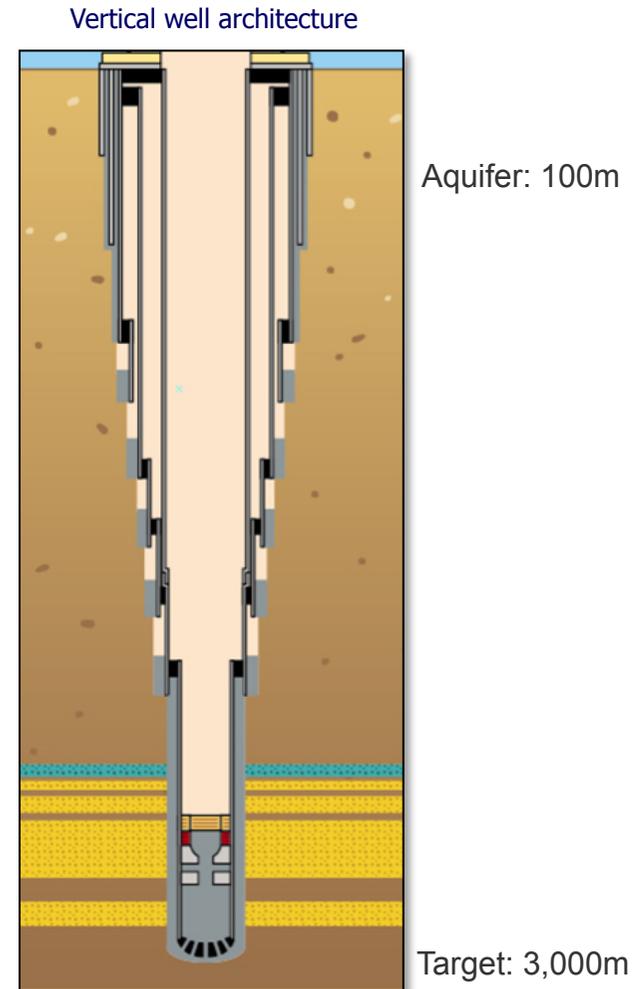
Production: 3.12M, 37.20M, 6.7M, 14.6M, 13.2M, 18.2M

TD: 11,680', 14/03/11



# WELL ARCHITECTURE

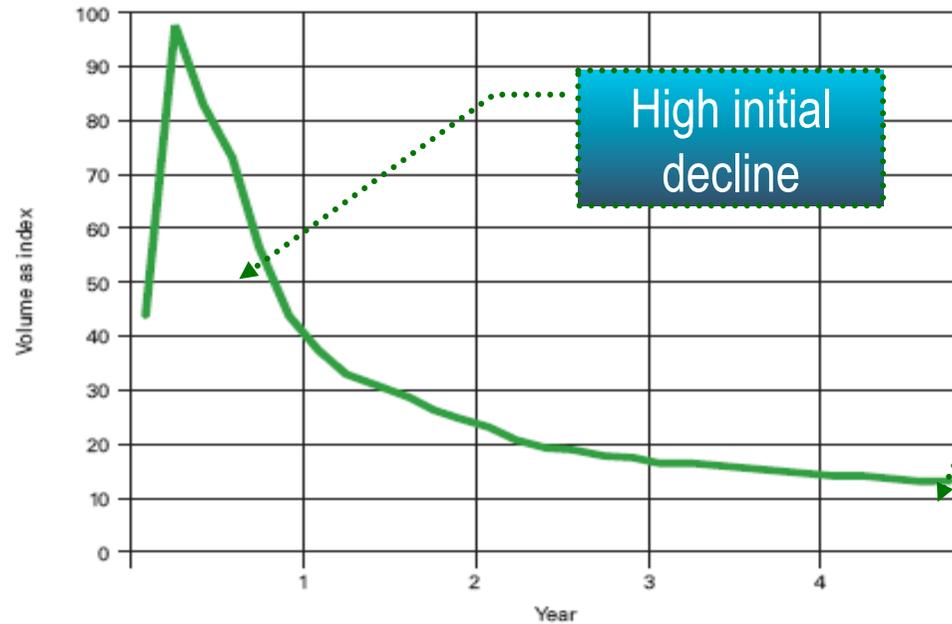
- **Drilling and fracturing a well is state-regulated process, following established industry practices and company procedures**
- **Well drilling operations are completed through a succession of phases**
  - Drilling is followed by running-in with casing and its cementation
  - Quality control for casing 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



# LES DÉBITS CHUTENT VITE...

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%)

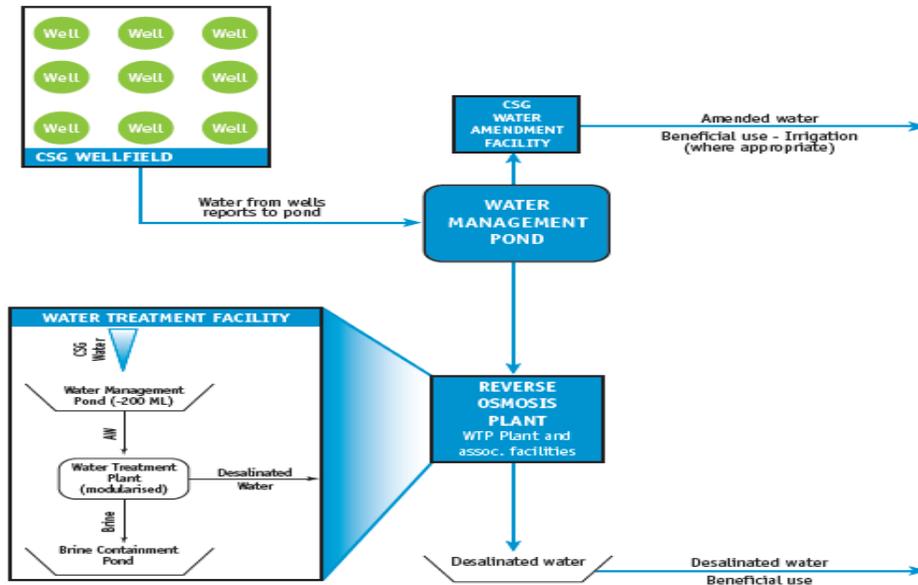
## WATER USE

- Water supply systems different for exploration wells (trucking) and production wells (pipes)
- **Shale gas is one of the most water-efficient sources of energy**
  - Coal: 2-4 times more water per unit of energy
  - Ethanol production: 100 to 1,000 times more water per unit of energy
- **Produced water is often used to minimize impact on local supply**
- **A typical well requires 10,000-20,000 cubic meters of water**
  - (Equivalent to: 3-6 Olympic-sized swimming pools) ie 1000 to 2000 truck passages for an exploration and test well
- **Water is only required for a short time during the drilling and completion process and does not represent a long-term water commitment**
- **Proper water management and disposal is critical, and is a standard practice in the O&G industry**
- In France more than 2000 “traditionnal” oil or gas wells have been drilled without a single case of aquifers contamination



Damme-2 well, Germany

# WATER TREATMENT PRINCIPLES



Eucalyptus



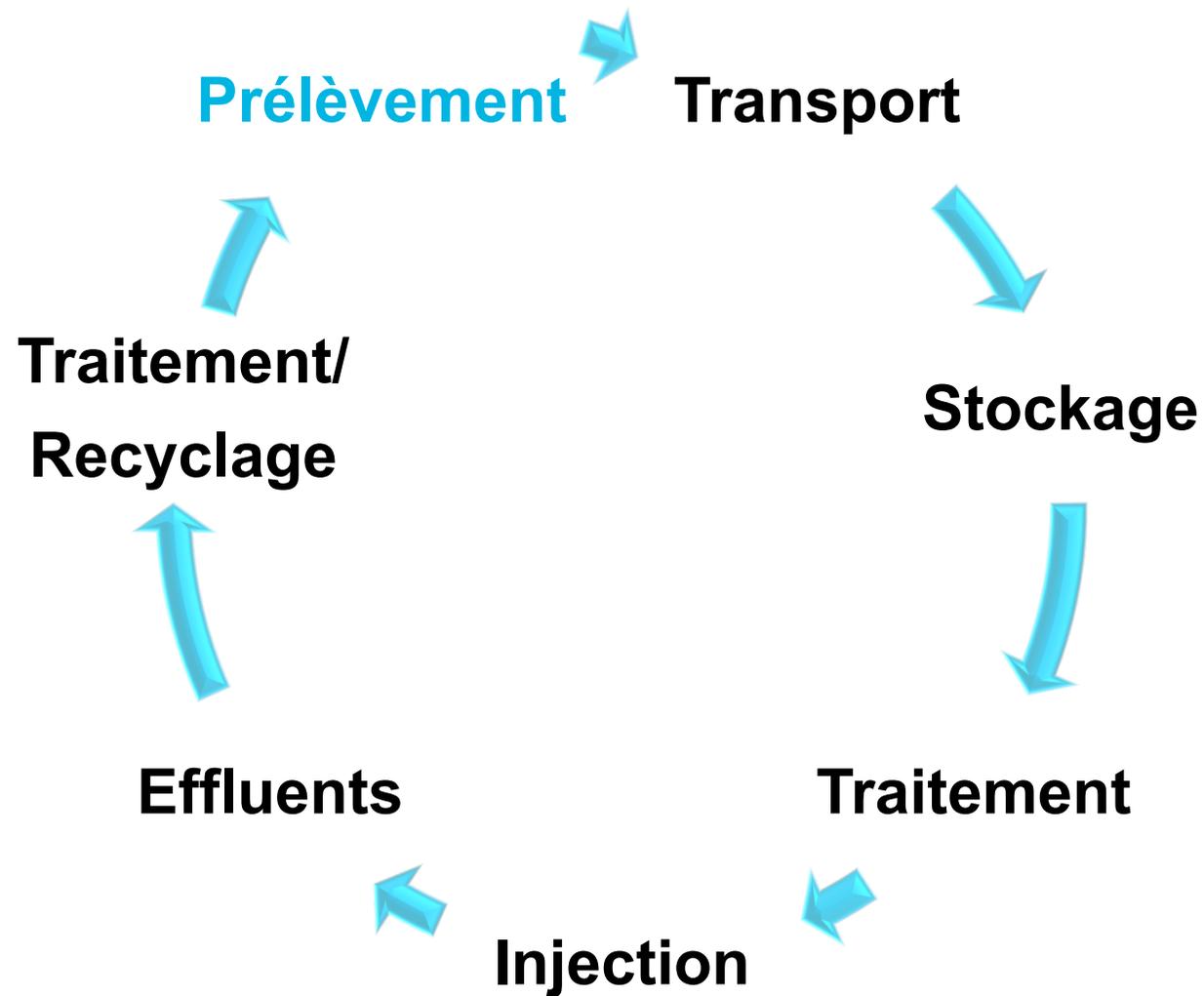
- **Reverse Osmosis (RO) – for high TDS associated water – about 50% of the total volume**
  - **Amendment (~50%) – for low TDS associated water – about 50% of the total volume**
  - **Treated water possible uses: tree plantation, pivot irrigation, dust suppression, municipal supply**
  - **Brine (ex RO) management: re-injection in deep aquifer**

# FRACTURATION HYDRAULIQUE ET GESTION DE L'EAU

## AGENDA

- Cycle de l'eau
- Préservation du sous-sol (Nappes Phréatiques)
- Risque de pollution par les fluides de fracturation
- Sismicité

## LE CYCLE DE L'EAU



# CYCLE DE L'EAU PRÉLÈVEMENTS

## ■ Bonnes pratiques:

De nouvelles pratiques apparaissent dans les pays autorisant le recours à la fracturation hydraulique.

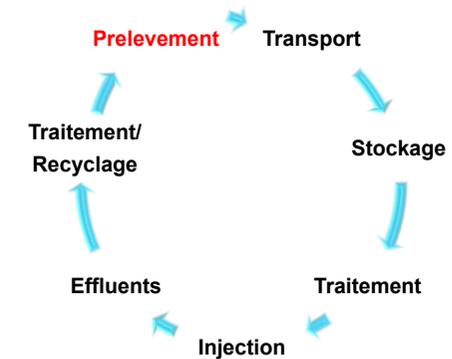
Il s'agit d'utiliser une eau sans valeur pour les autres usagers.

Ainsi l'exploration gazière n'entre pas en concurrence avec l'irrigation ou la consommation humaine ou animale.

Par exemple la Fracturation peut être réalisée avec :

- De l'eau issue d'une fracturation précédente
- De l'eau usée traitée
- De l'eau issue d'un aquifère profond ne pouvant servir à une consommation humaine ou animale
- De l'eau de mer

En cas de prélèvements d'eau de surface, ceux-ci peuvent être envisagés lors de périodes de crue des cours d'eau, à l'aide de stockages temporaires.



# CYCLE DE L'EAU PRÉLÈVEMENTS

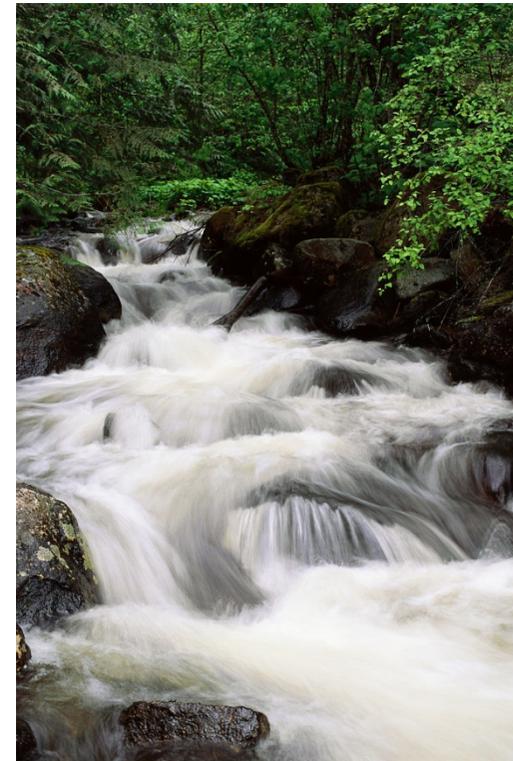
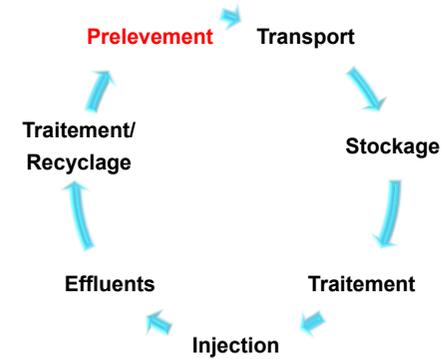
## *Cadre Législatif Européen et Français applicable aux prélèvements:*

Directives européennes sur l'eau et la biodiversité  
Art. 6 et 8 Décret du 2 juin 2006 (incidence des travaux  
sur la ressource en eau)

Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des  
Eaux (SDAGE)

Le prélèvement d'eau est bien encadré et fait l'objet  
d'autorisation des autorités locales.  
Il fait l'objet d'une concertation entre les différents  
usagers, cadrée par le SDAGE.

La fracturation hydraulique n'est pas autorisée en  
France



# CYCLE DE L'EAU TRANSPORT

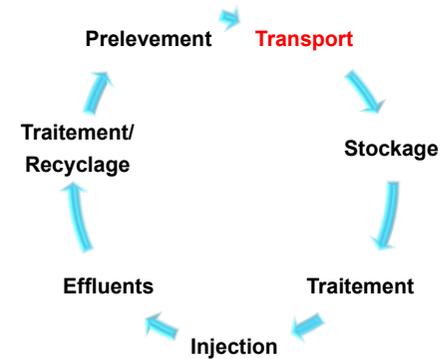
## *Bonnes pratiques:*

Il est possible d'éliminer le transport en camion pour l'approvisionnement en eau en prévoyant un transport par canalisations

En phase de développement, une centrale de traitement et distribution d'eau est mise en œuvre au milieu d'une zone d'exploration.

Les puits sont ainsi alimentés à l'aide d'un réseau de distribution.

Les eaux de production sont également récupérées à l'aide de canalisations afin d'être recyclées.



# CYCLE DE L'EAU STOCKAGE

## Bonnes pratiques:

Les eaux à stocker sont de deux types :

les eaux neuves utilisées pour la fracturation,

les eaux produites, qui sont issues de la fracturation.

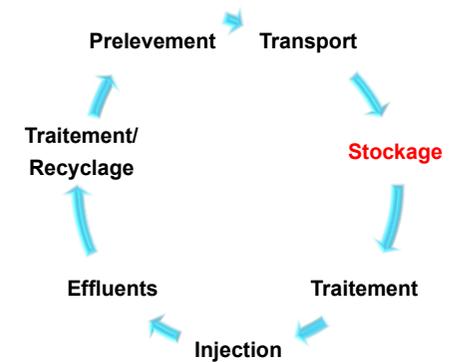
Leur impact potentiel sur l'environnement n'est pas identique, elles doivent être considérées différemment.

La réglementation définit les bonnes pratiques pour l'emplacement des forages : étanchéité de la zone de travail et de stockage.

Les eaux de pluie sont stockées dans un réceptacle isolé du sol afin d'être traitées.

Les eaux et fluides sont stockés dans des citernes fermées.

Une capacité de stockage d'environ 4000m<sup>3</sup> est requise sur site.



# CYCLE DE L'EAU

## EAUX PRODUITES - RECYCLAGE

### *Bonnes pratiques:*

La réutilisation de l'eau produite pour réaliser des nouvelles fracturations est la forme privilégiée pour les nouveaux développements.

Elle est indispensable pour réduire la consommation d'eau de l'exploration.

Le volume disponible pour la réutilisation est d'environ 30% du volume initialement utilisé pour la Fracturation.

### *Techniques:*

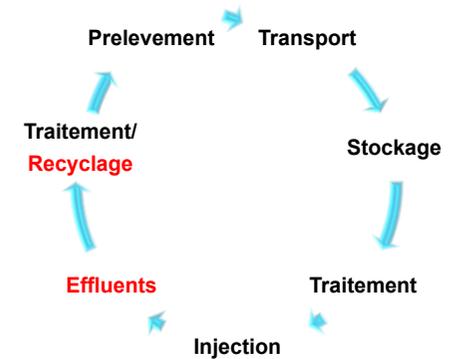
Le recyclage est possible grâce à un traitement rendant l'eau compatible avec la roche.

Des équipements mobiles existent et sont adaptés aux phases d'exploration.

En phase de développement, des installations fixes centralisées sont privilégiées.

Les solutions de traitement existent et peuvent être réalisées sur site, ou dans une installation centralisée.

Techniquement, les industriels du traitement de l'eau disposent de technologies et de savoirs permettant le traitement des eaux de production de l'industrie pétrolière et gazière, applicables aux eaux issues de l'exploration des hydrocarbures de roche mère.



Systèmes mobiles pour les phases d'exploration



# 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).

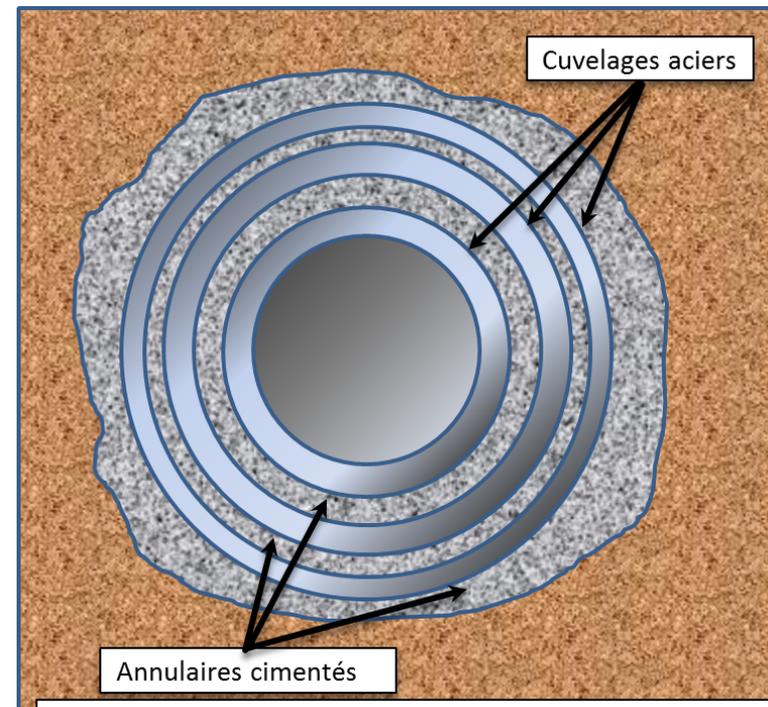
# PRÉSERVATION DU SOUS-SOL

## INTÉGRITÉ DES PUIITS

- La pose de cuvelages en acier concentriques et la cimentation des espaces annulaires permettent de créer plusieurs barrières étanches et assurent la protection des eaux souterraines
- Ce processus est hautement **réglementé en Europe** et les opérateurs se doivent d'adhérer aux normes les plus strictes sur la conception des puits.

### *Moyens de contrôle*

- Contrôles des cimentations de surface par une société mandatée par l'état
- Contrôle des cimentations de surfaces par mesure acoustiques
- Contrôles périodiques de la corrosion des tubages



Coupe typique d'un puits cimenté



# RISQUE DE POLLUTION PAR LES FLUIDES DE FRACTURATION

## PRINCIPAUX INGRÉDIENTS DU FLUIDE DE STIMULATION ET USAGES COMMUNS

Composant	Objectif	Usage commun	
Acide chlorhydrique ou muriatique	Dissout les ciments minéraux et commence à produire des fissures dans la roche	Détergents et nettoyeurs pour piscines	
Sodium	Retarde la décomposition du gel polyner	Sel de table	
Polyacrylamide	Réduit la friction entre le fluide et les tubages	Traitement de l'eau, conditionnement des sols	
Ethylène glycol	Empêche les dépôts dans les tuyaux	Nettoyants ménagers, agents de dégivrage, peintures et produits de calfeutrage	
Borax	Maintient une viscosité fluide lorsque les températures augmentent	Utilisé dans les détergents à lessive, savons pour les mains et cosmétiques	
Carbonate de potassium ou de sodium	Préserve l'efficacité des autres composants tels que les agents de réticulation	Utilisé dans les lessives, savons, adoucisseurs d'eau et produits pour lave-vaisselle	
Glutaraldéhyde	Élimine les bactéries, présentes dans l'eau, responsables de la formation de sous-produits corrosifs	Désinfectant ; stérilisateur de matériel médical et dentaire	
Gomme de guar	Epaissit l'eau afin de fixer le sable	Agent épaississant utilisé dans les cosmétiques, produits de boulangerie et pâtisseries, crèmes glacées, dentifrices, sauces	
Acide citrique	Empêche la précipitation d'oxydes métalliques	Empêche la précipitation d'oxydes métalliques	
Alcool isopropylique	Réduit la tension superficielle du fluide de stimulation afin de faciliter l'extraction du liquide du puits après stimulation	Utilisé dans les nettoyeurs à vitres, nettoyeurs multi-surfaces, anti-transpirants, déodorants et produits de coloration des cheveux	

Transparence sur les composés utilisés. Réglementation européenne Reach.  
Transport selon les exigences ECTA

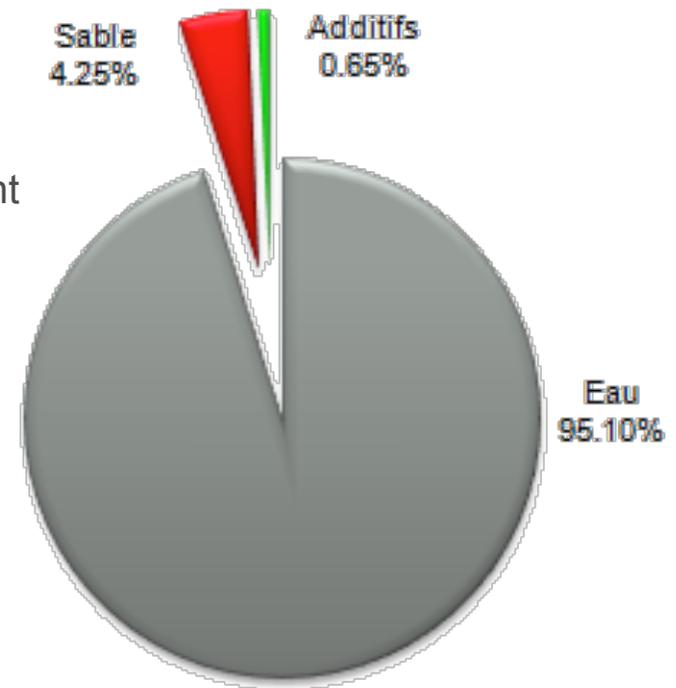
# RISQUE DE POLLUTION PAR LES FLUIDES DE FRACTURATION

## ■ *Bonnes Pratiques*

- Les nouvelles technologies visent à utiliser des produits moins polluants ou provenant de l'industrie alimentaire
- Les concentrations en additifs sont réduites au minimum
- Les interventions sont réalisées par des sociétés disposant des accréditations en termes de sécurité, qualité et environnement (ISO 9001/2; MASE; ISO 14000)

## *Transparence:*

- Les compositions des fluides utilisés sont accessibles au public aux USA.
- C'est une obligation en Europe, avec la réglementation REACH
- Les fiches de type FDS sont disponibles sur site pour chaque produit utilisé



# PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT. FLUIDES DE FRACTURATION

## CleanStim™ Formulation

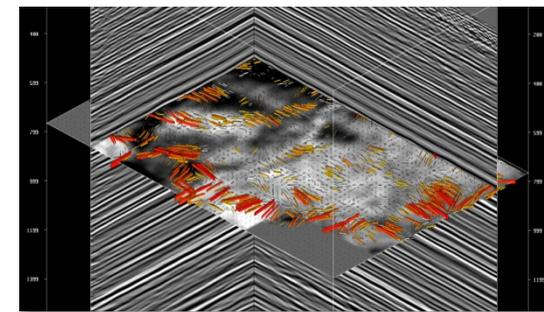
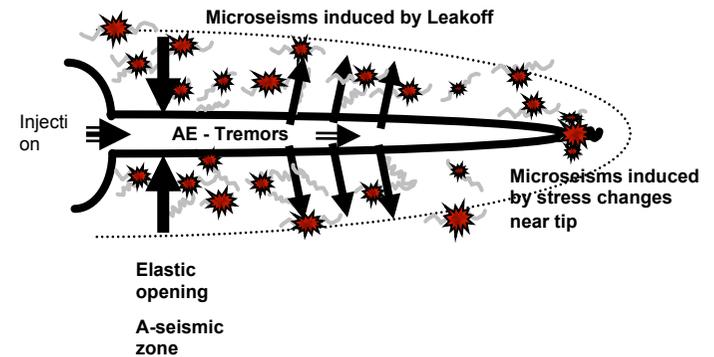
- L'utilisation de produits provenant exclusivement de l'industrie alimentaire et des produits pour piscines serait l'idéal.



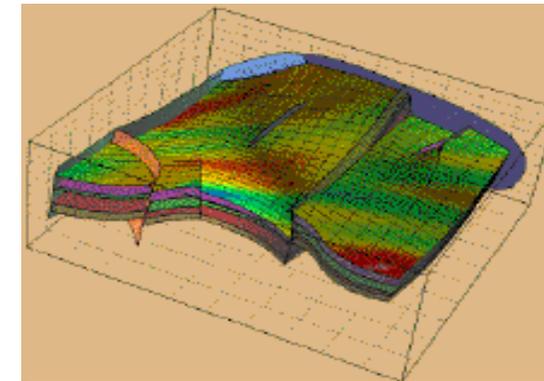
# SISMICITÉ

## A LA RECHERCHE DE PLUS DE SURETÉ, D'ENVIRONNEMENT ET D'ÉCONOMIES

- Les opérations de forage et de fracturation hydraulique induisent des micro événements sismiques
- Des études préalables du sous sol sont nécessaires pour
  - Avoir une très bonne image et une meilleure compréhension du sous sol
  - Détecter la présence éventuelle de failles
  - Positionner les puits à distance des failles. (>100m)
  - Prédire les zones fracturables loin des failles
  - Optimiser le nombre et le placement des puits d'exploitation
- Les résultats de ces études doivent être audités et revus par des organismes fiables et indépendants pour une évaluation sérieuse des risques
- Un monitoring micro-sismique doit être mis en place depuis le début de l'activité sur site



Structural interpretation & Geomechanical models



## IMPACT SOCIÉTAL

- Occupation du Sol – Impact Visuel
- Nuisances sonores
- Risques de pollution du sol
- Règlementation
- Conclusion

# La France doit-elle exploiter ses réserves de gaz de schiste ?

**En partenariat avec Le Figaro, des membres de l'Académie des technologies répondent aux grandes questions de l'actualité scientifique.**



**BERNARD TARDIEU**  
INGÉNIEUR  
MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES TECHNOLOGIES

Le 30 juin 2011, le Parlement a adopté une loi qui interdit l'exploration et l'exploitation des mines d'hydrocarbures liquides ou gazeux... les fameux gaz de schiste par fracturation hydraulique. Ce texte, publié au Journal officiel le 14 juillet, abroge également les permis existants de recherches attribués précédemment et comportant des projets ayant recouru à cette technique. Enfin, il crée une Commission nationale d'orientation de suivi et d'évaluation des techniques d'exploitation et d'exploitation des hydrocarbures... qui n'est pas encore constituée et ne fonctionnera donc pas. Pourquoi alors repartir du gaz de schiste, puisque la représentation du peuple a tranché ?

En juin 2010, une délégation de l'Académie des technologies a rencontré à Washington les principaux acteurs de l'énergie aux États-Unis. Le message a été très clair et très homogène. La priorité des États-Unis est l'indépendance énergétique, à égalité avec l'amélioration de l'emploi. Cette politique repose sur deux piliers : le pétrole offshore profond sur les côtes américaines et le schiste gazeux (ou gaz de schiste) que nous découvrons et qui représentent déjà 22% de la consommation américaine.

En avril 2011, la Chambre des représentants des États-Unis a remis un rapport intitulé « Chemical used in hydraulic fracturing ». Selon ce texte, les 14 principales compagnies du secteur ont, entre 2005 et 2009, utilisé 2 500 produits contenant 750 composants chimiques. Plus de 650 de ces produits contiennent des substances connues pour leur effet cancérigène, selon les critères américains appliqués à l'eau potable (le Safe Drinking Water Act), ou sont des polluants atmosphériques. Selon les experts, ces produits ne sont pas nécessaires, ni souvent même utiles. Faut-il, à cinq années pour s'en rendre compte ?

**Fracturation hydraulique**  
A peu près en même temps, les Français découvrent cette nouvelle source d'énergie par le film *Gonzi* et la perçoivent malheureusement comme une menace plus que comme une opportunité ou une chance. Pourtant, le risque environnemental ne vient pas du gaz lui-même : une fois extrait, ce dernier a les mêmes caractéristiques que le gaz consommé habituellement. C'est son exploitation qui inquiète, en particulier la fracturation hydraulique. En effet, le gaz de schiste se trouve pas dans des poches, comme le gaz d'origine.

conventionnel, mais se répartit de manière diffuse dans la roche. Au cours des très géologiques, des sédiments se sont accumulés au fond des lacs, des fleuves, des océans. Parmi eux, des millions de fois comme l'argile étaient mélangés à des matières organiques provenant des sols érodés par les pluies, du plancton, des animaux, etc. Sous l'effet de la tectonique des plaques (subsidence), ces composés organiques se sont lentement transformés, par la pression et la chaleur, en pétrole et en gaz qui sont restés piégés dans la masse rocheuse devenue très impénétrable et dure (l'argile de départ s'est transformé en argilite, en schiste, etc.). Les découvertes récentes montrent que ces hydrocarbures sont exploitables. Le volume de la roche mère étant considérable, les réserves potentielles sont très importantes. Mais elles ne sont pas faciles à extraire.

La solution actuellement développée consiste à creuser un forage et à injecter de l'eau à une pression supérieure à la résistance de la roche in situ de façon à ouvrir des fissures. En même temps, du sable fin ou des petites billes de céramique sont injectés afin de bloquer les fissures en position ouverte sans pour autant les obstruer. Le gaz sort alors progressivement puis pénètre dans le tubage d'injection avant d'être collecté en tête de puits. Aux États-Unis, les pollutions ont été provoquées par l'usage de produits interdits et par des pratiques non professionnelles pour cimenter les puits de forage.

**Techniques de forage**  
Invoquons nous exploiter ces ressources proprement ? Il semble que oui (voir article ci-dessous). Beaucoup de pays le pensent et y travaillent. Au-delà du contrôle des techniques de forage et des produits utilisés, il convient également d'analyser soigneusement les constituants de la roche mère qui sont délavés et remontés à la surface. Toit ne sont pas anodins. Le devons nous ? Aux

**Comment libérer le gaz emprisonné dans la roche ?**  
Contenu animé sur lefigaro.fr

**1 Forage**  
Un puits vertical (2 000 à 3 000 m) est creusé tout droit, à l'horizontale, par une géolite d'environ 100 m. On y injecte de grandes quantités d'eau, additionnées de sable et de produits chimiques.

**2 Fracturation**  
L'énergie eau-sable est risquée très haute pression, à l'aide de fractures progressives, sur quelques dizaines de mètres.

**3 Récupération**  
Le gaz est libéré et remonté à la surface par le puits de forage.

**Retraitement**  
L'énergie eau-sable est risquée très haute pression, à l'aide de fractures progressives, sur quelques dizaines de mètres.

**4 Traitement**  
Le gaz est libéré et remonté à la surface par le puits de forage.

**5 Traitement**  
Le gaz est libéré et remonté à la surface par le puits de forage.

**6 Traitement**  
Le gaz est libéré et remonté à la surface par le puits de forage.

**7 Traitement**  
Le gaz est libéré et remonté à la surface par le puits de forage.

**8 Traitement**  
Le gaz est libéré et remonté à la surface par le puits de forage.

États-Unis, grâce à l'exploitation du gaz de schiste, le prix du gaz se situe au-dessous de 3 \$ MBTU. À titre de comparaison, il se situe à 8 \$ MBTU en Europe, 12 \$ MBTU en Asie et 20 \$ MBTU au Japon, qui a dû négocier une quantité de nouvelles quantités après Fukushima.

Si le gaz devient durablement abondant grâce au développement du gaz liquéfié transporté par navires et si notre dépendance à l'égard de la Russie, de l'Algérie et des autres producteurs devient ainsi contrôlable, on peut se demander quel l'intérêt aurait la France à exploiter son gaz de schiste, dans la mesure où d'autres pays le font et qu'il suffirait d'acheter leur gaz ? C'est oublier que notre balance commerciale en pétrole, surtout si le marché se tend. Notre pays ne serait alors qu'un petit acheteur à côté des géants asiatiques. Quels arguments de négociation aurions-nous alors à faire valoir ? En juillet 2011, l'Académie des technologies avait fait connaître sa position : ne pas faire de recherche, ne pas évaluer les éventuelles réserves continues dans notre sous-sol, ne pas développer de techniques d'exploitation durable sans incertitude et imprévisibles.

**La British Thermal Unit est une unité d'énergie anglo-saxonne. MBTU signifie 1 000 BTU.**

## Peut-on extraire cette ressource proprement ?

La production de gaz de schiste a augmenté très rapidement ces dernières années aux États-Unis et se développe dans de nombreux pays (Argentine, Pologne, Chine, etc.). Comme beaucoup d'autres sources d'énergie, elle soulève des peurs et des craintes concernant les impacts environnementaux. Le gaz de schiste étant piégé dans des roches très peu perméables, son exploitation nécessite la mise en œuvre de deux technologies : le forage horizontal et la fracturation hydraulique. Le premier permet d'exploiter le gisement sur une plus grande étendue à partir d'un seul puits. La seconde vise à augmenter la perméabilité de la roche en la fracturant et, donc, à faciliter l'extraction du gaz. Contrairement à ce qui a été dit, il ne s'agit de méthodes fort anciennes : le forage horizontal est généralisé depuis les années 1980, et les débuts de la fracturation hydraulique remontent à 1948. Actuellement, plus de 10 000 fracturations sont effectuées chaque année dans le monde, y compris pour la géothermie et la production d'eau potable.

Cette technique présente l'inconvénient de requérir beaucoup d'eau (deux ou trois fois plus que les autres technologies) mais grâce aux progrès technologiques, les quantités ont fortement

diminué. Des additifs chimiques, d'usage courant pour certains, y sont ajoutés en très faible quantité (moins de 0,2 %) afin de rendre la fracturation plus efficace. Les entreprises ont l'obligation d'en publier la liste.

**Nappes phréatiques**  
Une partie de l'eau utilisée revient en surface. Elle fait l'objet d'un traitement afin d'éliminer les produits injectés ainsi que ceux naturellement présents dans le gisement, notamment le sel. Pour ne pas polluer les nappes phréatiques, plusieurs précautions sont prises : les puits sont les premiers centaines de mètres du puits, comme cela se pratique dans tous les forages. La fracturation s'étend sur quelques dizaines de mètres à l'intérieur du gisement souvent situé à grande profondeur (1 000 à 2 000 mètres). Des technologies géophysiques sont mises en œuvre pour détecter la présence éventuelle de failles à proximité et suivre en temps réel la propagation des fractures.

La production de gaz non conventionnel nécessite un nombre important de forages. Pour réduire l'empreinte au sol, il doit limiter l'impact paysager, plusieurs « drains » (20 par hectare en moyenne avec un maximum de 70) sont posés à partir de la même plate-forme.

Il est vrai que l'exploitation du gaz de schiste dans certains États américains a suscité des craintes quant à la contamination des nappes phréatiques. Ceci est lié au contexte spécifique américain où le propriétaire d'un terrain possède aussi les ressources du sous-sol. Par ailleurs, la réglementation technique et l'environnementale varie beaucoup d'un État à un autre. Elle a notamment été renforcée afin d'imposer des bonnes pratiques et limiter d'éventuels dommages. Enfin, l'importance des enjeux des hydrocarbures non conventionnels, une source d'énergie fœtale supplémentaire, conduit l'industrie à engager des efforts en matière de recherche : l'objectif est de réduire toujours plus l'impact environnemental. Même si le « zéro » n'existe pas, il est possible d'extraire proprement le gaz de schiste.



**MICHEL COMBARROU**  
PHYSICIEN  
MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES TECHNOLOGIES

## L'éolien et le solaire accroissent notre dépendance au gaz

La France va utiliser de plus en plus de gaz. Cette évolution est la conséquence directe de l'augmentation de la production éolienne et solaire, par nature des énergies intermittentes : le vent ne souffle pas en permanence et le soleil ne brille pas tous les jours. Aujourd'hui, la puissance éolienne installée dans notre pays est de 5 700 mégawatts (MW), bien moins qu'en Espagne ou en Allemagne. Mais la puissance éolienne a un réservoir, et on peut espérer que les projets de plates-formes offshore (éoliennes installées en mer) au large des côtes amélioreront la régularité de la production, mais il restera encore de longues périodes de creux.

De façon simplifiée, l'éolien fournit l'équivalent de moins de 2000 heures par an, en France, alors que l'année compte 365 jours de 24 heures, soit 8 760 heures. La problématique est la même avec la puissance photovoltaïque qui, avec une puissance installée de 1 800 MW, ne fonctionne que 1 000 heures par an environ.

On avance souvent que l'énergie hydroélectrique pourrait combler les « trous ». En France, la puissance des grands barrages représente 24 000 MW. Ils tournent en moyenne 1 600 heures par an. Contrairement à l'énergie éolienne, qui n'est présente que quand elle vient, la puissance hydroélectrique est disponible en quelques minutes au moment où le réservoir s'appelle. L'eau contenue dans les réservoirs des barrages représente effectivement un stock d'énergie disponible, qui est déjà utilisé à cette fin. C'est le cas en particulier des stations

de turbage-pompage (STEP), qui font passer l'eau d'un réservoir bas à un réservoir haut ou l'inverse, selon que l'énergie se réserve et est en excès (le week-end par exemple) ou en manque (pic de froid en semaine). Ces ouvrages représentent environ 4 000 MW, soit l'ordre de grandeur de la puissance éolienne actuelle. Mais le volume de leur réservoir est par nature limité, les STEP fournissant leur puissance maximale durant cinq à sept heures (jusqu'à 27 heures pour celle de Grand'Maison, dans l'Isère). Elles ne peuvent remplir cet office sur une longue période anticyclonique de vent faible. Il faut certes en construire de nouvelles et développer les réseaux de transports d'électricité, mais cela ne suffira pas.

**Plus souple d'utilisation que le charbon**  
Il n'est pas non plus question d'espérer se rabattre sur le nucléaire : cette énergie ne possède pas, malgré les améliorations qui ont été apportées, la souplesse du charbon, du lignite ou du gaz pour adapter la production à la demande d'électricité. C'est donc le gaz, moins coûteux de CO<sub>2</sub> (un des principaux gaz à effet de serre) et plus souple d'utilisation que le charbon, qui fournira l'énergie d'appoint, comme ce fut le cas en Espagne, au Japon et bientôt en Allemagne. Par conséquent, on peut anticiper que la puissance installée en turbines à gaz à cycle combiné va se développer parallèlement à l'augmentation de la puissance installée en éolien et en solaire photovoltaïque. La consommation de gaz suivra. Elle sera convertie à la fois par les importations (Russie, Algérie...), au détriment de notre indépendance énergétique, et par la production nationale à savoir le biogaz et... le gaz de schiste, dont l'exploitation vient d'être interdite en France.

Or, l'expérience internationale semble montrer que seul le recours au gaz de schiste, qui est peut-être abondant dans notre sous-sol, est à même de faire baisser les prix pour le consommateur et de fournir à court terme des quantités importantes. ■

## ...MAIS AUSSI POSITIVES



**ENVIRONNEMENT** Après l'Ardèche et la Haute-Savoie, les opposants se mobilisent en Savoie, concernée par des demandes de permis de recherche

# Vent de fronde contre les gaz de schiste

Les banderoles fleurissent dans les Bauges

Visitez les Bauges, son Géopark, ses stations, ses alpages et... ses forages de gaz de schiste. Scénario catastrophe pour le parc régional naturel ? On en est loin, mais la contestation s'amplifie dans la partie savoyarde du massif, après avoir essaimé côté haut-savoyard. Surprise pour les vacanciers qui traversent un territoire jusque-là protégé des catastrophes écologiques. Les banderoles fleurissent d'un village à l'autre comme les jonquilles au printemps.

Comme au Noyer, où Françoise Besson est l'une des opposantes les plus convaincues. « Nous ne sommes peut-être pas concernés directement dans notre commune, mais ce n'est pas une raison pour oublier les autres. C'est une façon de réveiller la conscience des gens où qu'ils se trouvent. Le 11 février, lors de la grande manifestation à Saint-Julien-en-Genevois, toutes les personnes étaient invitées à exprimer leur opposition là où elles habitent. »

« Il faut réveiller la conscience des gens où ils se



Au cœur des Bauges, le petit village du Noyer n'est pas plus concerné qu'un autre par la demande de permis de recherche. Mais la sensibilité écologiste d'une partie des habitants explique la montée de l'opposition aux gaz de schiste. Le DL/Sylvain MUSCIO

## TROIS QUESTIONS A...



Eric Féraille

Président régional  
de la FRAPNA

« La loi actuelle laisse la porte ouverte à toutes les dérives »

■ **Pourquoi cette montée de tension maintenant ? Les élections à venir y sont-elles pour quelque chose ?**

« Il a d'abord fallu que l'on prenne la mesure des enjeux dans la région. Nous les avons découverts au fur et à mesure. C'est d'autant plus compliqué qu'il faut savoir lire entre les lignes. Il faut ensuite prendre le temps d'informer les gens. Les élus commencent à prendre position. En Haute-Savoie, une dizaine se sont déjà prononcés contre. Les grands élus sont plus frileux. Le PS s'est engagé l'automne dernier contre toute forme d'extraction. Il faut rester prudent face aux promesses en période électorale. »

■ **Mais que faut-il vraiment redouter puisque la loi interdit l'extraction par fracturation hydraulique ?**

« Ce texte n'était pas satisfaisant et nous nous sommes fait rouler dans la farine. La loi n'interdit pas les forages ni les extractions à titre dérogatoire et expérimental. Ce qui laisse la porte ouverte à toutes les dérives. Or, nous savons qu'il y a des gaz de schiste dans notre région. Les recherches menées dans les années 70 par les compagnies pétrolières l'ont clairement établi. »

■ **En quoi les demandes de permis concernent la Savoie ?**

## 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

# OCCUPATION DU SOL - IMPACT VISUEL

## ■ Préalable :

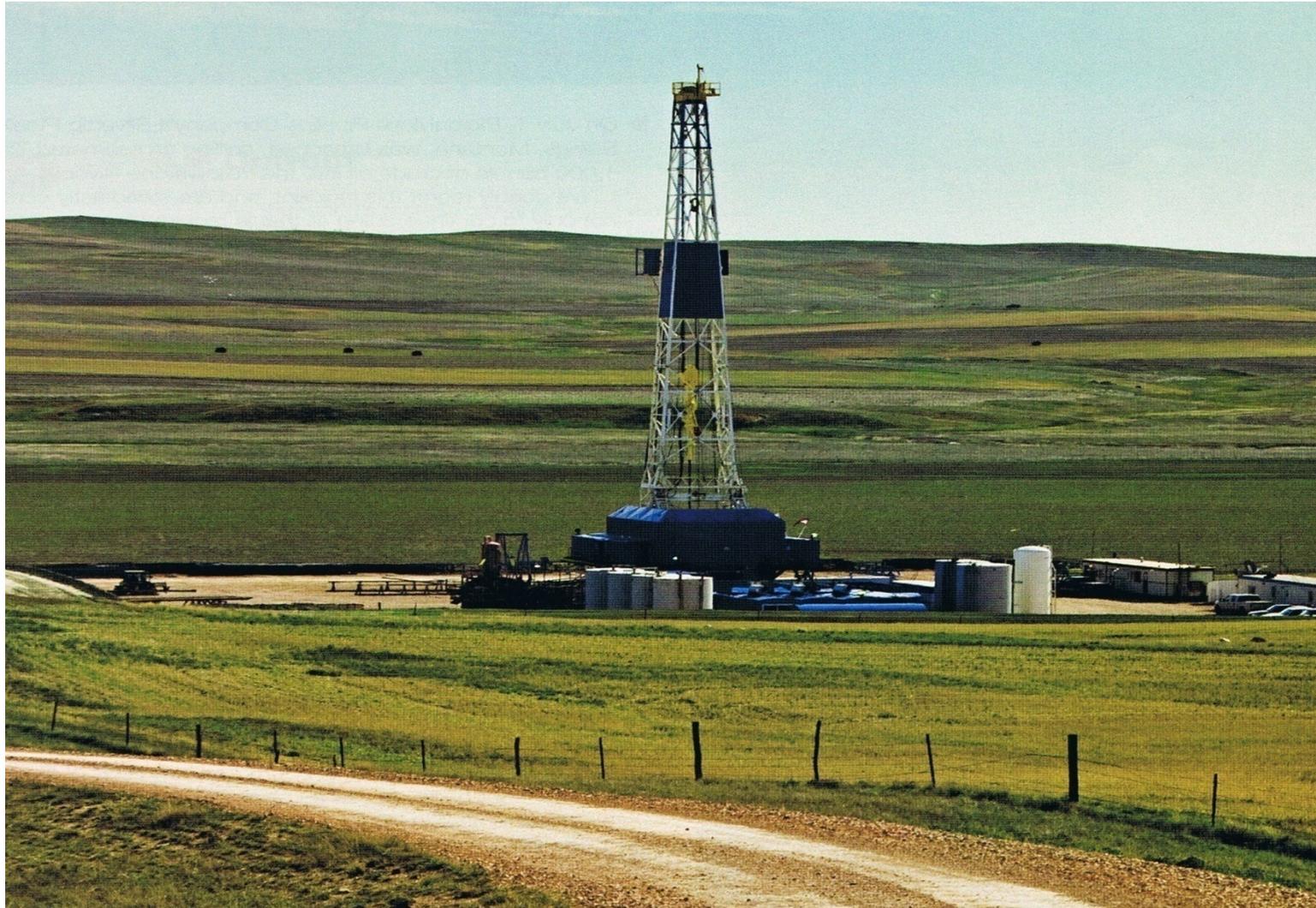
- **Respect de la réglementation existante : sites natura 2000 , parcs naturels**
- **Avant tout choix de site, étude d'impact et prise en compte de facteurs liés**
  - à la biodiversité ,
  - aux conditions de sol ,
  - à l'hydrographie ,à la topographie

## ■ Phase d'exploration /appréciation

- **Forage de 1 à 3 puits verticaux** avec ou sans stimulation hydraulique
- **Empreinte au sol : superficie de 100mx100m** pour le rig de forage et les équipements de fracturation.
- **Possibilité de réduction de l'empreinte** (rig compact , citernes verticales)
- **Impact visuel** : mât du rig 30/35 m mais temporaire et à comparer avec des éoliennes (50 à 80m)

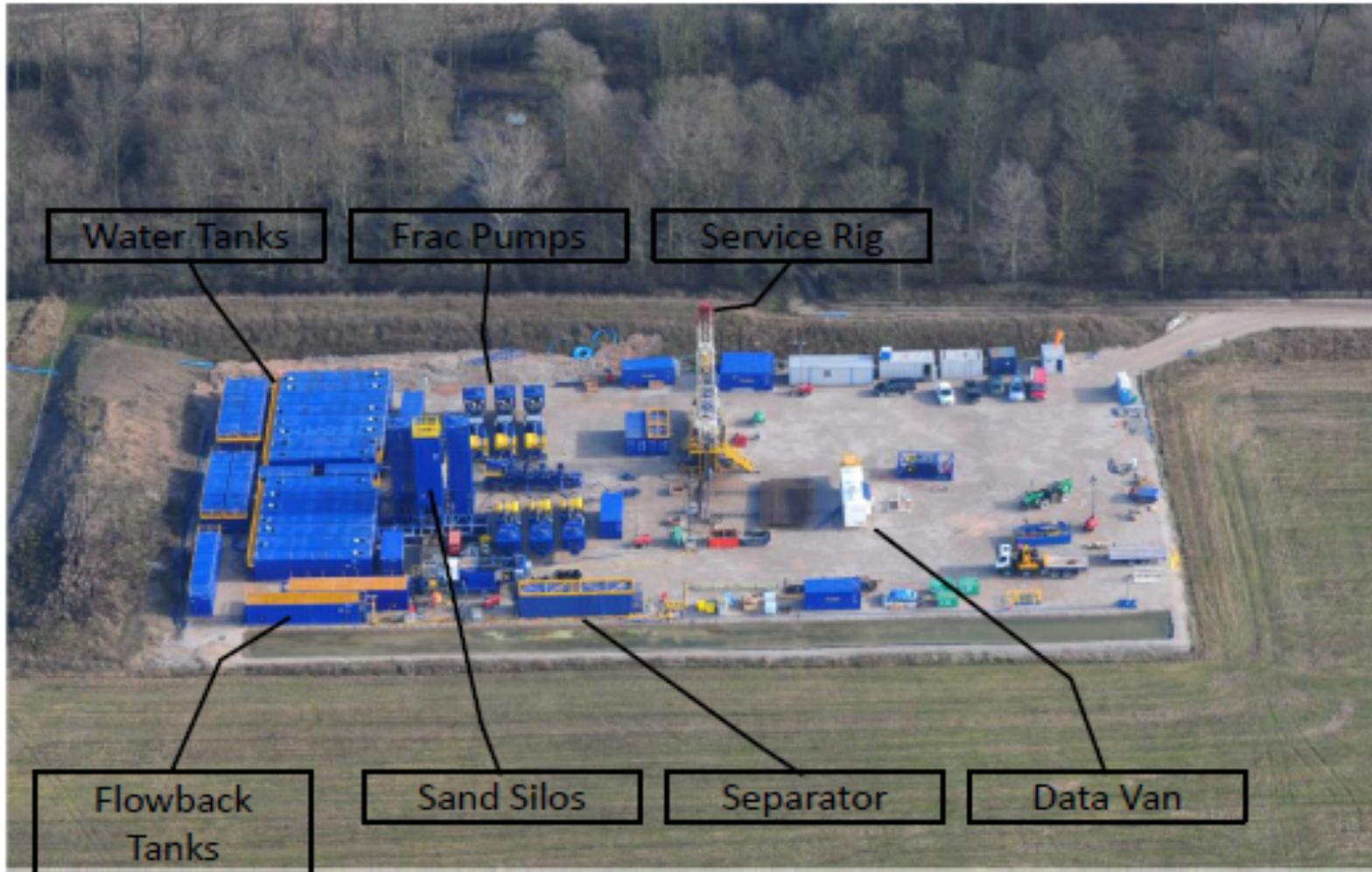
# OCCUPATION DU SOL - IMPACT VISUEL

## EXPLORATION - APPRÉCIATION

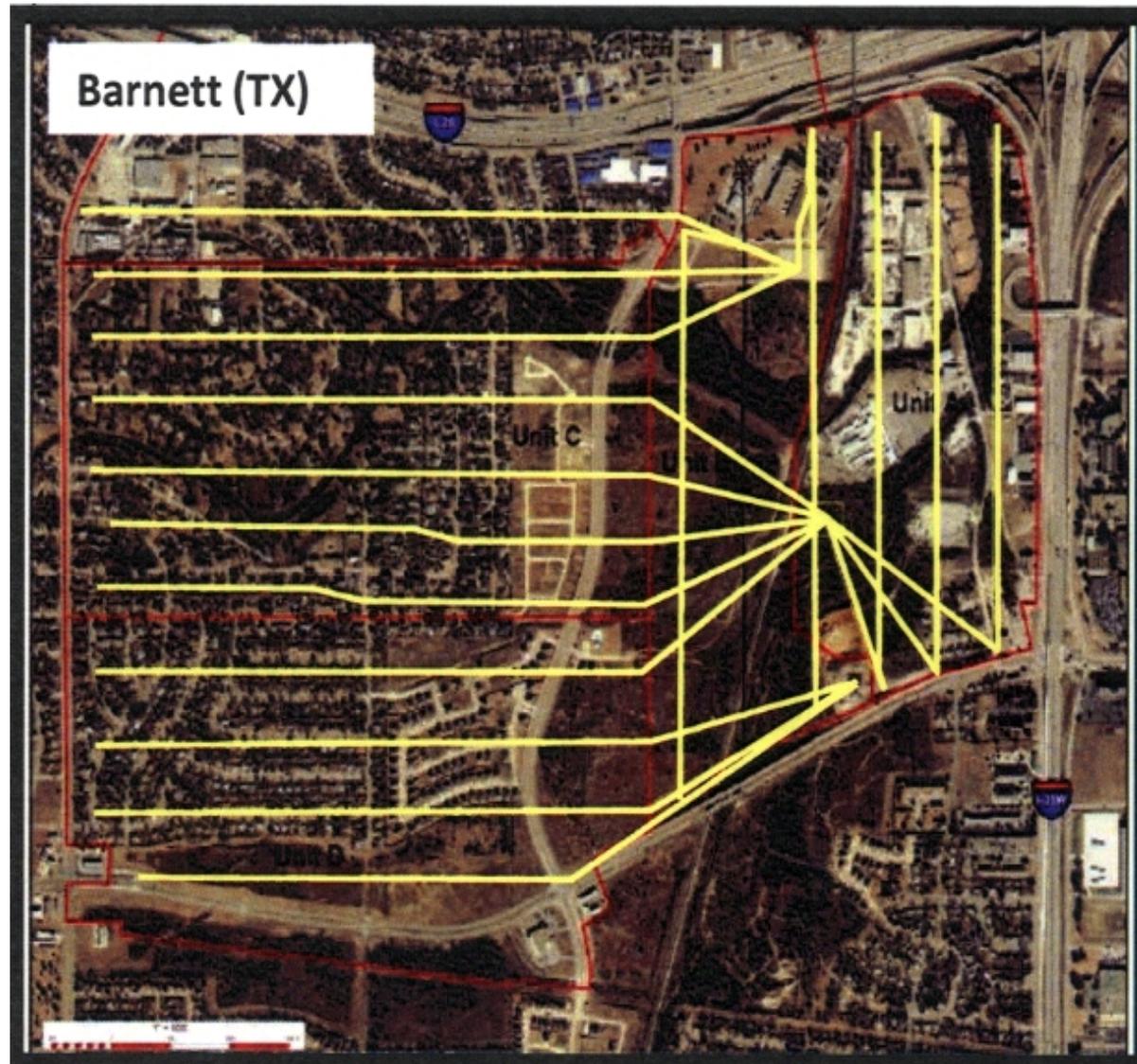


# OCCUPATION DU SOL - IMPACT VISUEL

## EXPLORATION - APPRÉCIATION



# TRAJECTOIRE DE PUIITS EN ZONE URBANISÉE



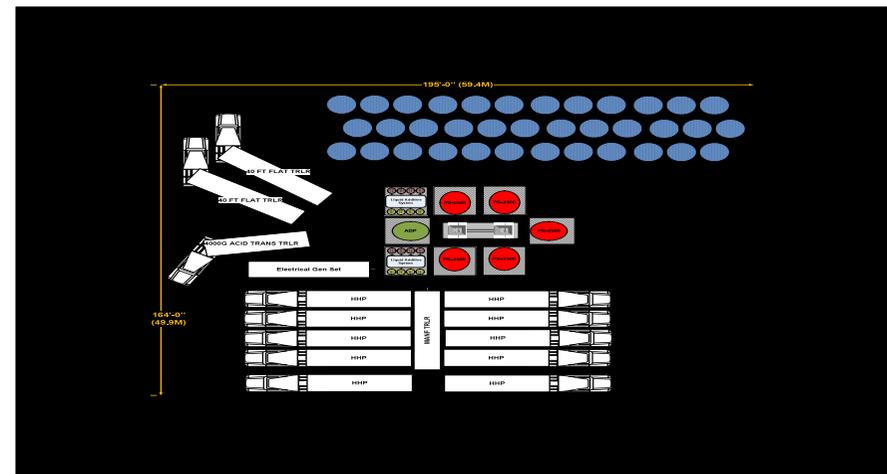
# OCCUPATION DU SOL - IMPACT VISUEL EXPLORATION - APPRÉCIATION

## ■ Réduction d'impact:

- mur antibruit ~5m pour zone urbanisée également temporaire
- atténuation en utilisant judicieusement l'environnement



- Relief
- Lisière de forêt
- Limitation de l'empreinte au sol en utilisant des citernes verticales



## OCCUPATION DU SOL - IMPACT VISUEL PHASE DE DÉVELOPPEMENT - EXPLOITATION

- Forage des puits avec drains horizontaux
- Déports de 1000 à 2000m avec stimulation hydraulique
- Clusters regroupant de 15 à 30 puits
  - Limitation d'empreinte au sol des installations et des voies d'accès
  - Dimension de l'ordre de 200m x150m
- Séparateur et compresseur basse pression pour export du gaz vers l'usine centrale de traitement
- Production « économique » ~6 MM3/J , 200 puits répartis sur 10 clusters
- Installation de traitement centralisée avec un cluster associé

# OCCUPATION DU SOL - IMPACT VISUEL

## PHASE DE DÉVELOPPEMENT - EXPLOITATION

### ■ Réduction d'impact

#### ■ Minimisation accrue de l'empreinte au sol grâce au

- Travail d'appréciation /délinéation : concentration sur les « sweet spots » (30% des puits produisent 70% )
- Diminution du nombre de puits par augmentation du drainage : drains plus longs (jusqu'à 3000 m ) , puits multi drains
- Distances entre clusters entre 5 et 10 kms ( jusqu' à 15 )

■

#### ■ Minimisation de l'impact visuel

- Regroupement des puits en cluster
- (limiter l'empreinte au sol)
- Végétalisation des sites pour la période d'exploitation
- Tuyauteries enterrées
- Schéma directeur pour l'optimisation du tracé des voies d'accès ( création éventuelle de nouvelles routes + entretien et remise en état )



# OCCUPATION DU SOL - IMPACT VISUEL

## PHASE DE DÉVELOPPEMENT - EXPLOITATION

### ■ Minimisation d'impact visuel (suite)



- Maximisation de la récupération du gaz pendant la phase de purge
- Torche en caisson si torchère
- Pas de bassin de traitement, installations fermées stockage et décantation en bacs
- Utilisation possible du réseau ferré pour l'approche du site

### ■ Phase d'abandon

- Abandon des puits selon réglementation en vigueur (RGIE )
- Restauration du site pour retour aux conditions initiales, re-végétalisation

# OCCUPATION DU SOL - IMPACT VISUEL

## PHASE DE DÉVELOPPEMENT - EXPLOITATION

### ■ Pose de gazoduc – exemple de remise en état de site



# NUISANCES SONORES

## EXPLORATION - APPRÉCIATION

### ■ **Préalable :**

- Respect des normes et réglementations en vigueur selon emplacement des installations, zones habitées ou inhabitées : sites natura 2000 , parcs naturels
- Les nuisances bruits et poussières sont encadrées par la réglementation RGIE

### ■ **Phase d'exploration /appréciation**

- En premier ,maitrise des bruits liés aux opérations de forage
- - Utilisation de rigs nouvelle génération conformes aux dernières réglementations ( France+ Europe ) . Exemple : 55 db à 300m
- - Préférence pour entraînement par moteurs électriques, centrale diesel insonorisée ou si possible ,connexion au réseau
- - Pour les zones sensibles ,utilisation de murs antibruit
- Limitation du bruit des équipements de fracturation hydraulique –pompes et leurs moteurs d'entraînement au diesel par utilisation de caissons d'insonorisation + murs antibruit autour du site si nécessaire

# NUISANCES SONORES

## PHASE DE DÉVELOPPEMENT - EXPLOITATION

- Impacts et contraintes identiques pour les opérations de forage et de stimulation de la phase exploration.
- Bruits liés à la torche : caractère exceptionnel suite à une opération d'urgence et de sécurité – dépressurisation
- Bruit lié au trafic routier :
- *Minimisation à la source :*
  - Limitation du trafic et choix plans de circulation en consultation avec autorités et communautés locales
  - Trafic de nuit minimal dans les zones habitées
  - Amenée de l'eau par tuyauteries enterrées
- *Restent à gérer :*
  - Apport du sable et des produits chimiques ~100 camions par puits
  - Mobilisation du rig ~60 camions une fois par pad
  - Mobilisation des équipements de stimulation ~de 50 à 100 camions une fois par pad



# RISQUES DE POLLUTION DU SOL

## ■ **Préalable :**

- Au delà du risque de pollution du sol c'est celui de la pollution des ressources en eau qui est visé
- Cette pollution peut être due à des fuites accidentelles telles que fluides de forage ,fluides et additifs de stimulation ,eau de retour et de production, hydrocarbures

## ■ **Phase d'exploration /appréciation**

- Installation d'une membrane de protection du sol du pad de forage pour éviter la pollution du sous sol en cas de déversement de produits dangereux ou d'eau contaminées par des produits toxiques
- Utilisation d'appareils de forage 0 rejet

## ■ **Phase de développement /exploitation**

- De façon identique protection du sol de cluster
- Risque essentiel par déversement accidentel de produits chimiques ou ruptures de canalisations .Mesures de prévention et protection habituelles pour usines de traitement d'hydrocarbures

# RISQUE DE POLLUTION DU SOL



# RÉGLEMENTATION EUROPÉENNE

<b>Most relevant legislation affecting the extractive industries</b>	
Mining Waste Directive	Natura 2000
Ambient Air Quality	Ground Water Directive
BAT Note (BRAf)	Habitats & Bird Directives
Seveso II	Ambient Air Strategy
EIA Directive	Water Framework Directive
REACH	Environmental Liability

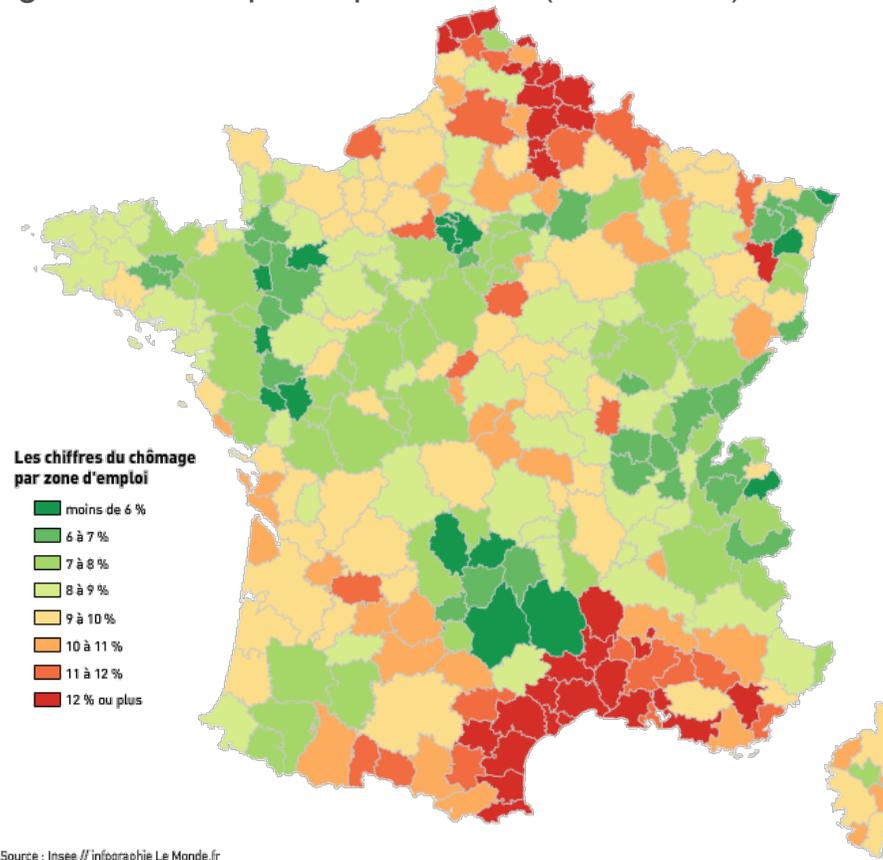
# RÉGLEMENTATION FRANÇAISE

- Code minier réglementant l'octroi des titres miniers et l'autorisation d'ouverture des travaux
- RGIE : Règlement Général des Industries Extractives et titre forage du RGIE
- Réglementation des eaux et milieux aquatiques
- Autres réglementations techniques : les installations de forage et d'extraction ainsi que les équipements de surface doivent satisfaire les réglementations techniques de droit commun, canalisation, équipements sous pression, matériels électriques. En complément, les exigences du code du travail et du RGIE (bruit poussière, ... ) sont applicables .

## IMPACT EN TERMES DE CRÉATION D'EMPLOIS (4)

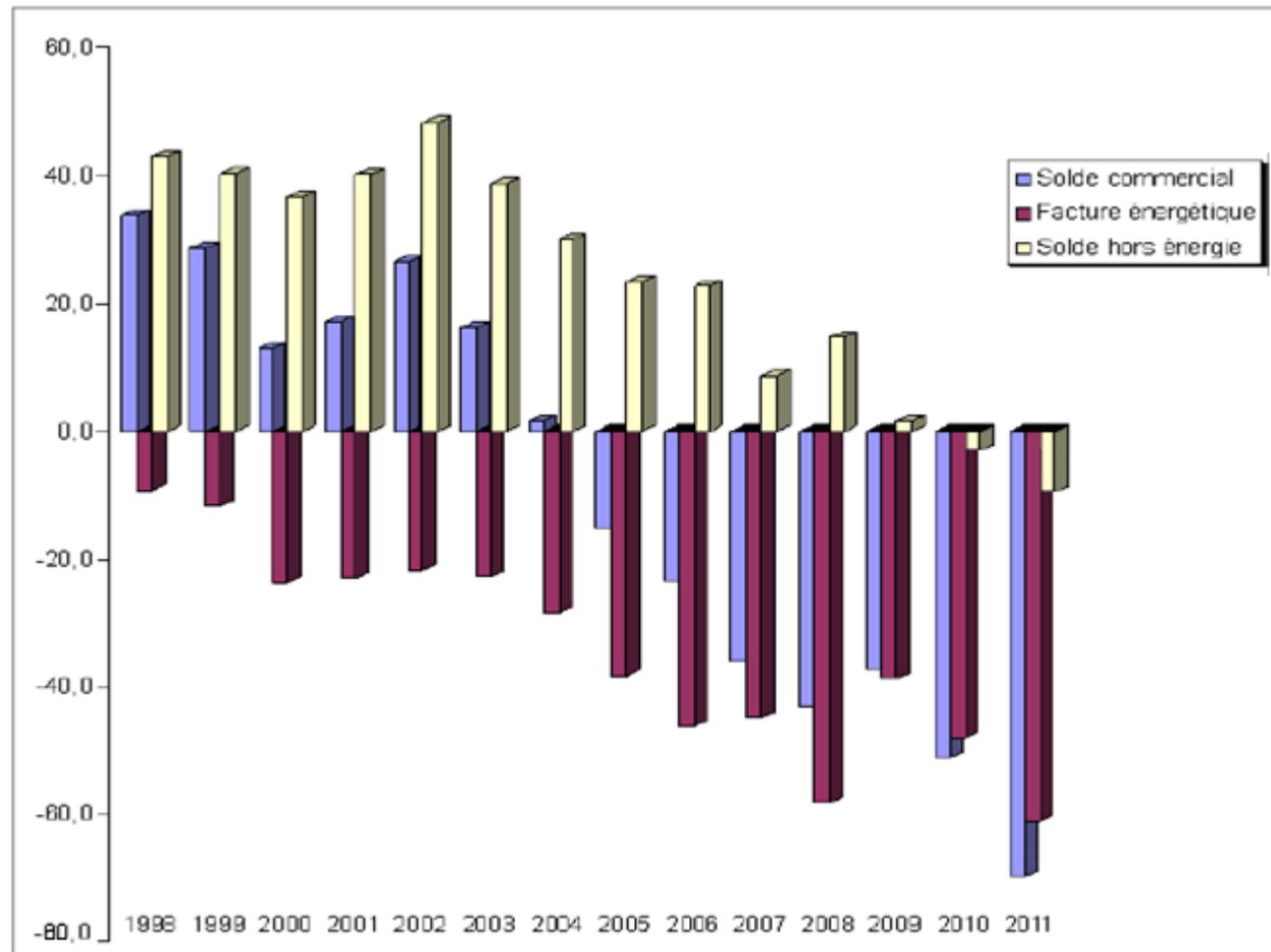
- **En France**, certaines des régions les plus touchées par le chômage correspondent aux zones de développement potentiel des gaz de schiste, notamment dans le sud-est

→ Chômage en France par département (mars 2012) source: INSEE



## IMPACT SUR LES COÛTS DE L'ÉNERGIE (2)

### ■ Balance commerciale et facture énergétique en France (en Mds d'€)



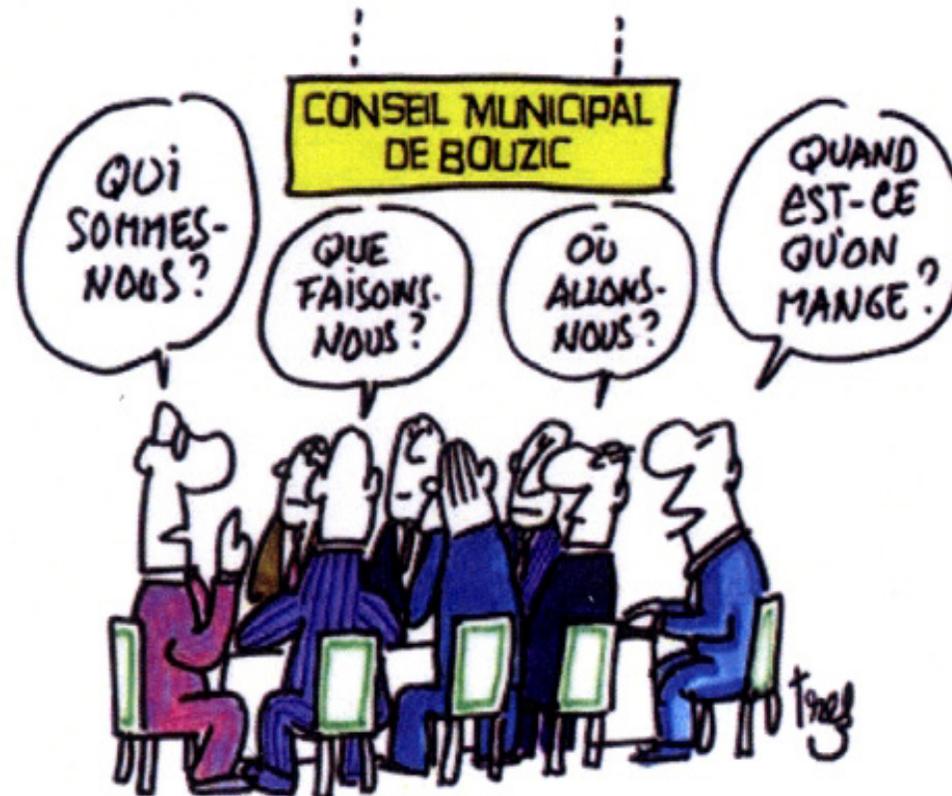
Source: Assemblée Nationale

## CONCLUSION - ACCEPTABILITÉ

- **Des contraintes dont certaines sont nouvelles par rapport à des opérations conventionnelles mais gérables et maîtrisables, accompagnées de mesures spécifiques:**
  - **Une surveillance environnementale auditable**
    - Contrôle des nappes superficielles (piézométrie , pollution )
    - Contrôle des cours d'eau au voisinage des installations (pollution)
    - Ecoute sismique avec localisation des micro-séismes par capteurs en surface et /ou en forage
    - Mesures de bruit des installations
    - Détection et mesures d'émanation de gaz en surface
  - **Etat des lieux initial (état zéro ) et étude d'impact environnemental**
- **Les consultations avec les autorités et communautés locales restent essentielles**

## RETOMBÉES LOCALES?

La problématique fiscale et ses éventuels allègements est du même ordre.



*Discussions inextricables suite aux baisses des revenus de la commune*

# OVERALL CONCLUSIONS

## The conditions for Shale gas production

### ■ Favourable geological conditions:

- A good source rock, of min. 50m thickness, with historical Temp Max > 470°C (rock eval “gas window”)
- Depth between 500 and 2500m
- Rock « fraccable » (clay content < 50%)
- In EU, these conditions appear in the Alum shale in Sweden, the Silurian shales of Poland, the Mikulov shale in Austria, the « schiste Carton » in France.
- Favourable industrial environment: drilling, well service contractors easily available at low cost, financial services environment

### ■ Favourable gas industry environment: existing dense gas plants and pipes network

### ■ Favourable land legislation: ownership of subsurface resources (royalty 10-20%)

### ■ Easy access to large quantities of water & water disposal possibilities.

### ■ Local population acceptability, typical spacing at 10-15 wells/km<sup>2</sup> (with drilling and frac activity lasting 4 weeks /well) can be reduced to one cluster par km<sup>2</sup> in development phase

### ■ Mitigation to various environmental issues: water management, protection to aquifer pollution risk by the frac operations, diminution of operations footprint (hundred of wells) by using well clusters, gas processing facilities with limited visual impact, noise protection.

### ■ Need for goog operators, strict rules, efficient supervision by public agencies.

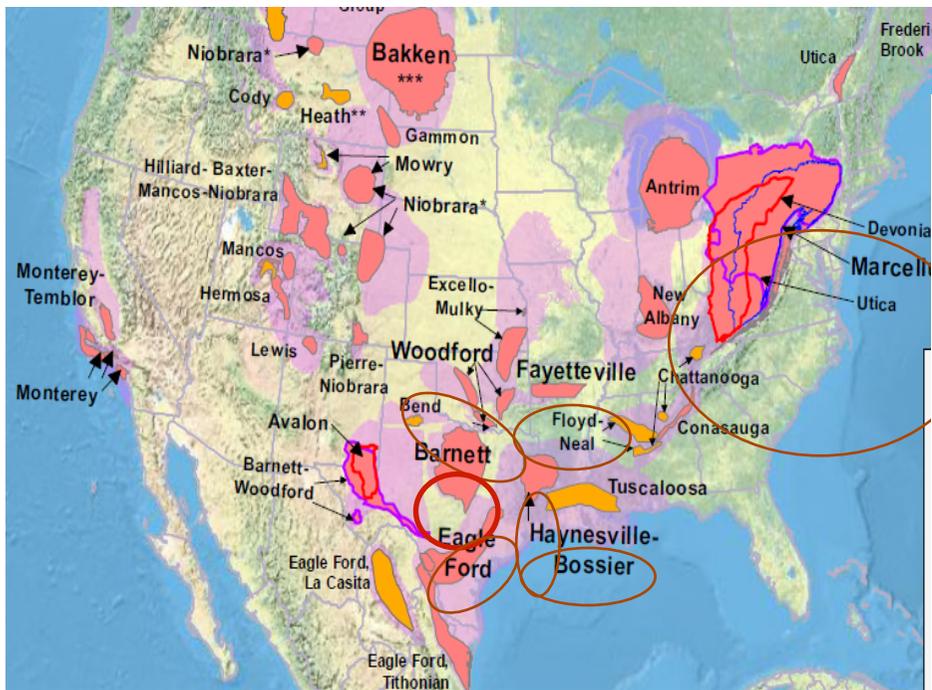
# PARTIE 3

## *Le cas du shale gas aux USA* *Quelques données de base*

# US SHALE GAS: POTENTIAL

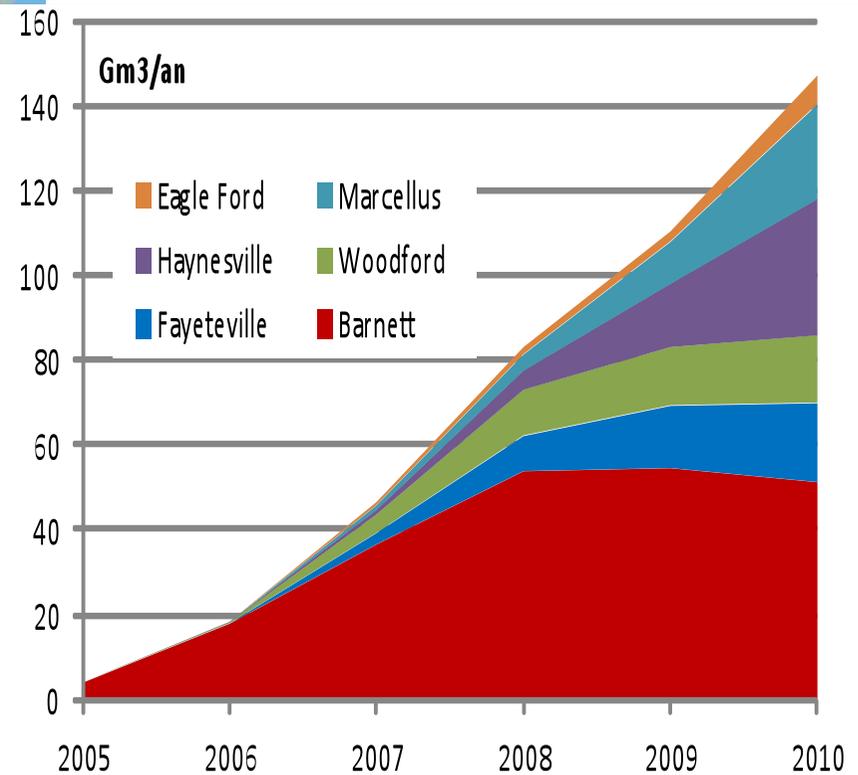
## US dry gas production, EIA DOE 2011

**Production currently limited to North America**



## US shale gas production

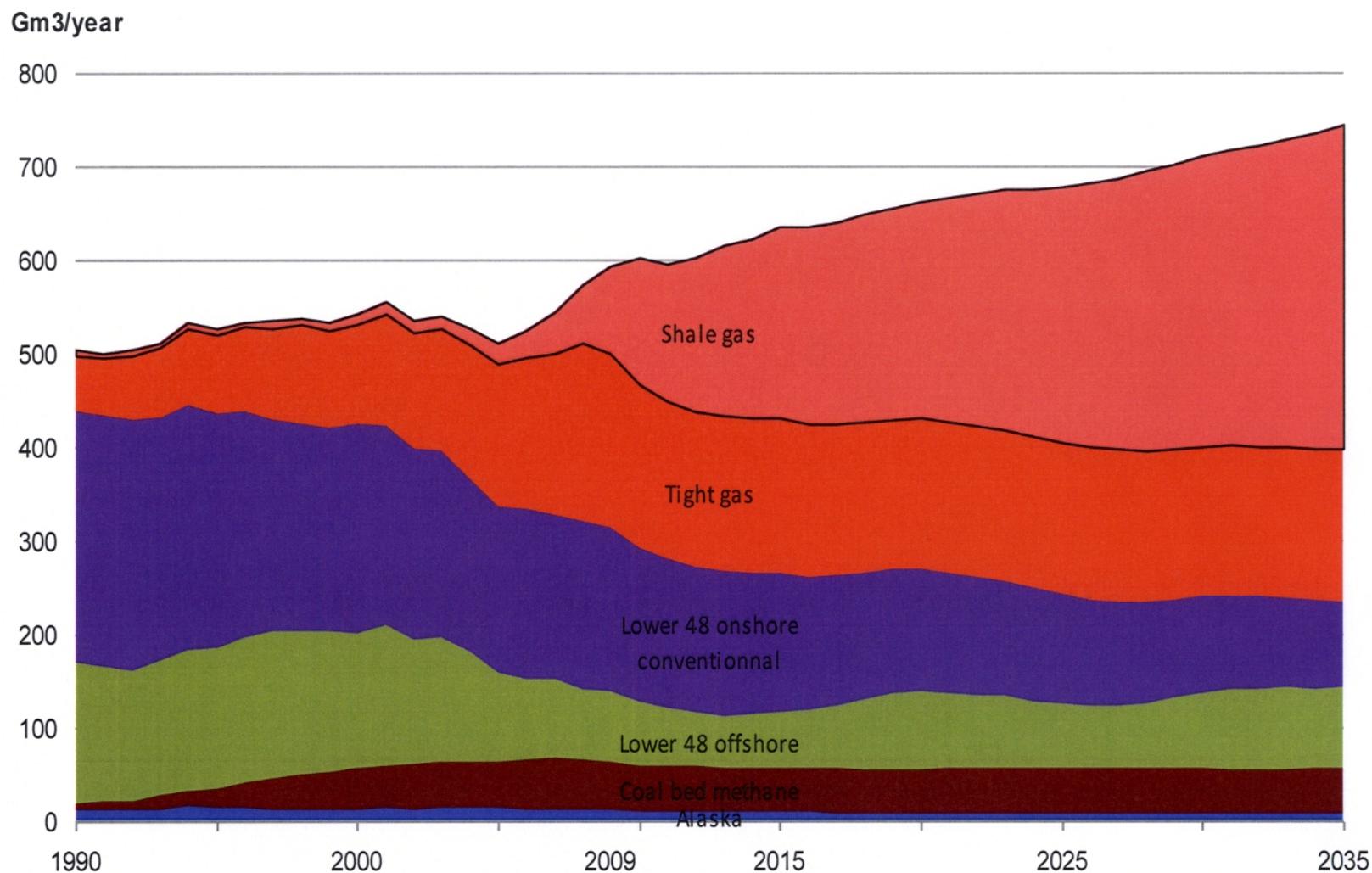
145 Gm<sup>3</sup>



## LE MODÈLE AMÉRICAIN EST-IL APPLICABLE AILLEURS?

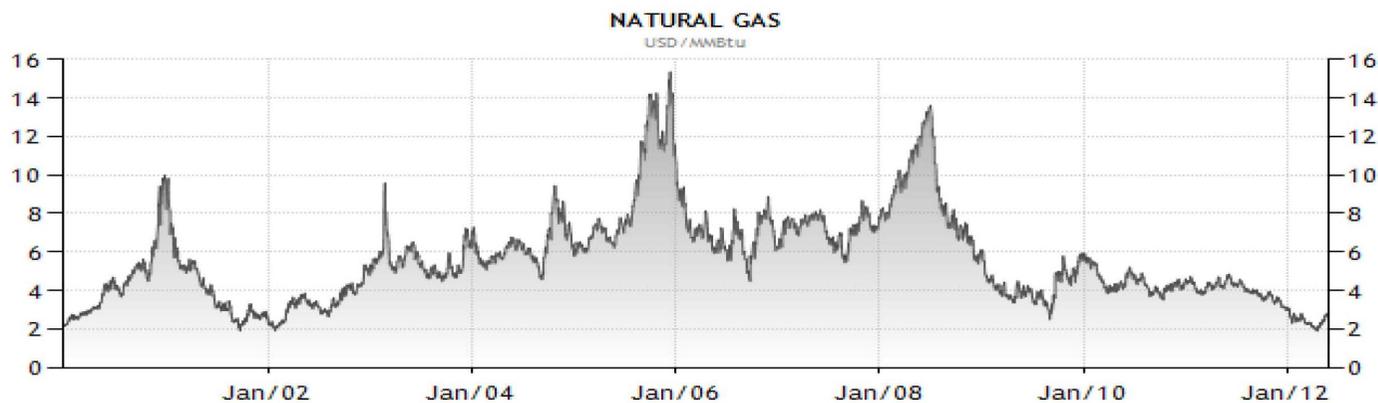
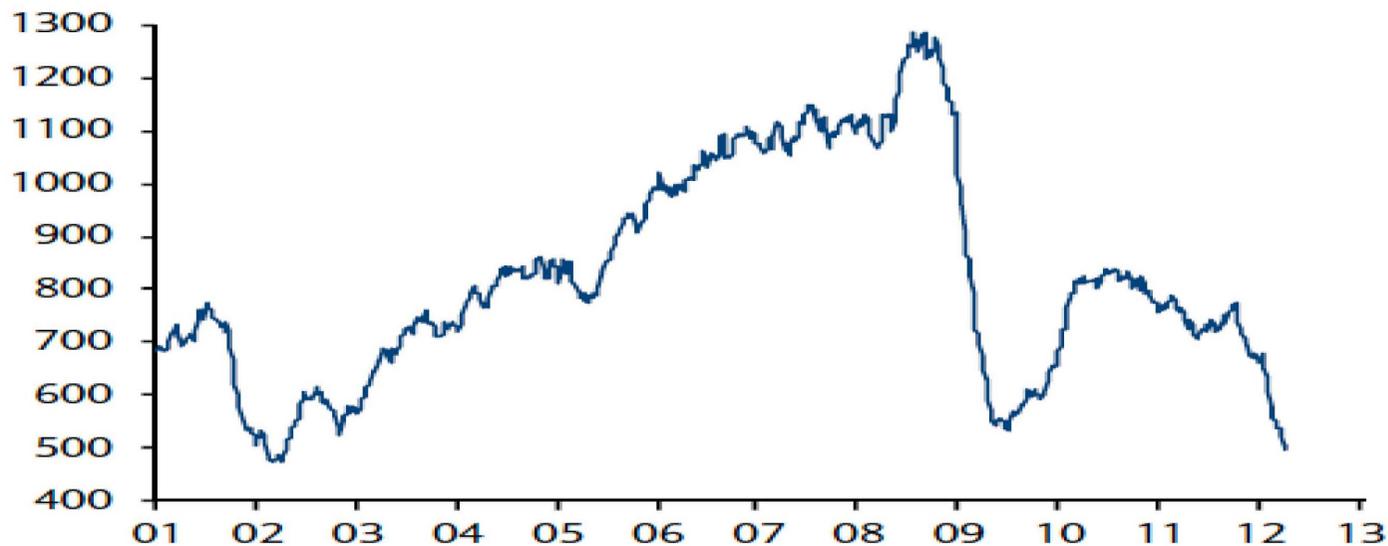
- Il est économiquement motivant pour une partie de la population locale: royalties pour les nombreux détenteurs de droits miniers (le sous-sol n'appartient pas à l'état), taxes locales, jobs etc.
- La législation est en général favorable à ce type d'activités
- De nombreuses sociétés de service, principalement 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 cas n'est pas général toujours (e.g.Appalaches)

# C'EST BIEN D'UNE RÉVOLUTION DANS LA PRODUCTION AMÉRICAINE QU'IL S'AGIT: L'EXEMPLE AMÉRICAIN...



# DE L'ECROULEMENT DES PRIX DU GAZ US À CELUI DE L'ACTIVITÉ DE FORAGE POUR LE GAZ

Us gas development activity (rigs)



SOURCE: WWW.TRADINGECONOMICS.COM | NYMEX

# **PARTIE 4**

## **QUID DU « SHALE GAS » EN FRANCE ?**

*Les aspects politiques sont supposés connus (voir la presse)*

# LE GAZ DE SCHISTE EN FRANCE: UNE HISTOIRE CLASSIQUE...EN DAUPHINÉ

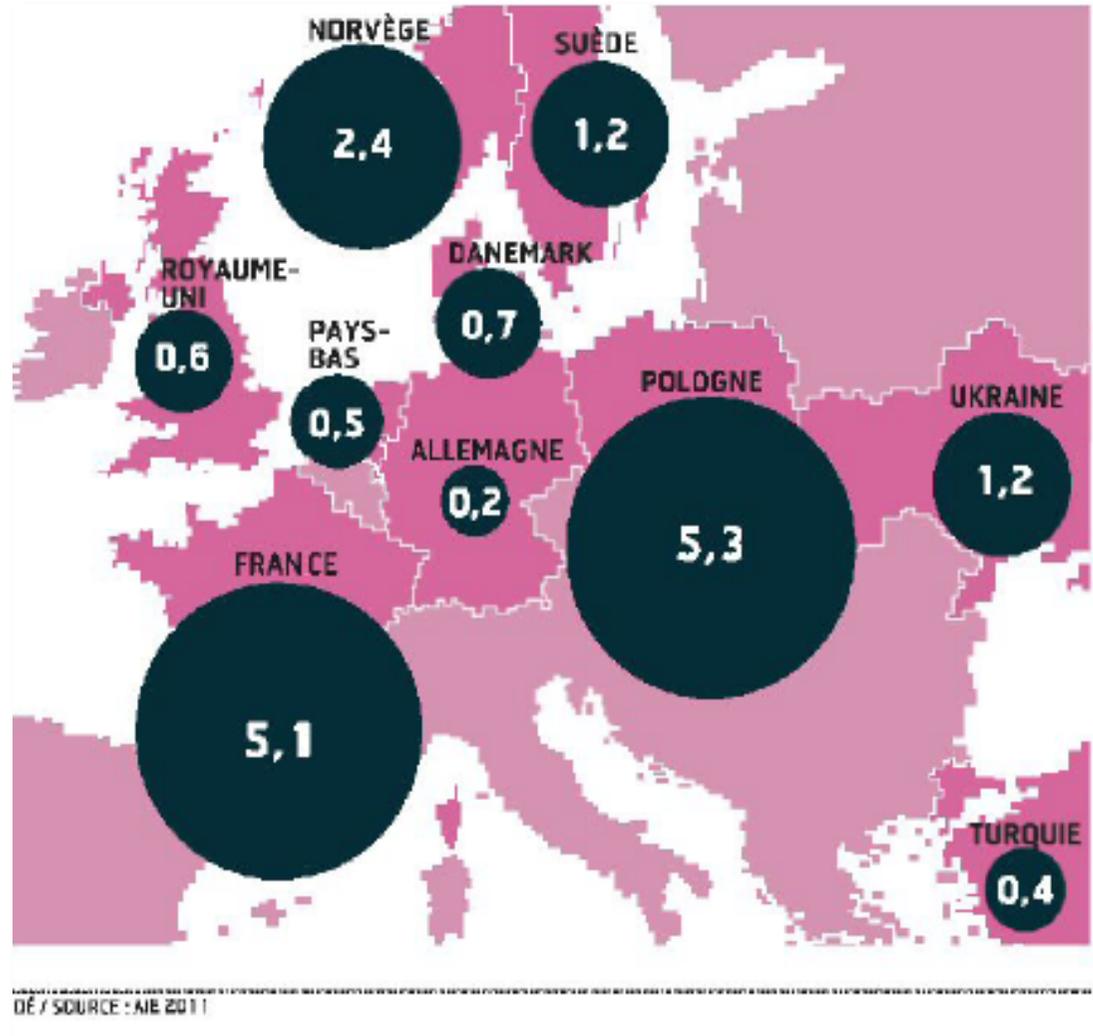
The "Fontaine ardente",  
25 km south of Grenoble  
(France)

Mentioned in the literature by  
Saint Augustin in his novel "la  
cité de Dieu" (5th Century)



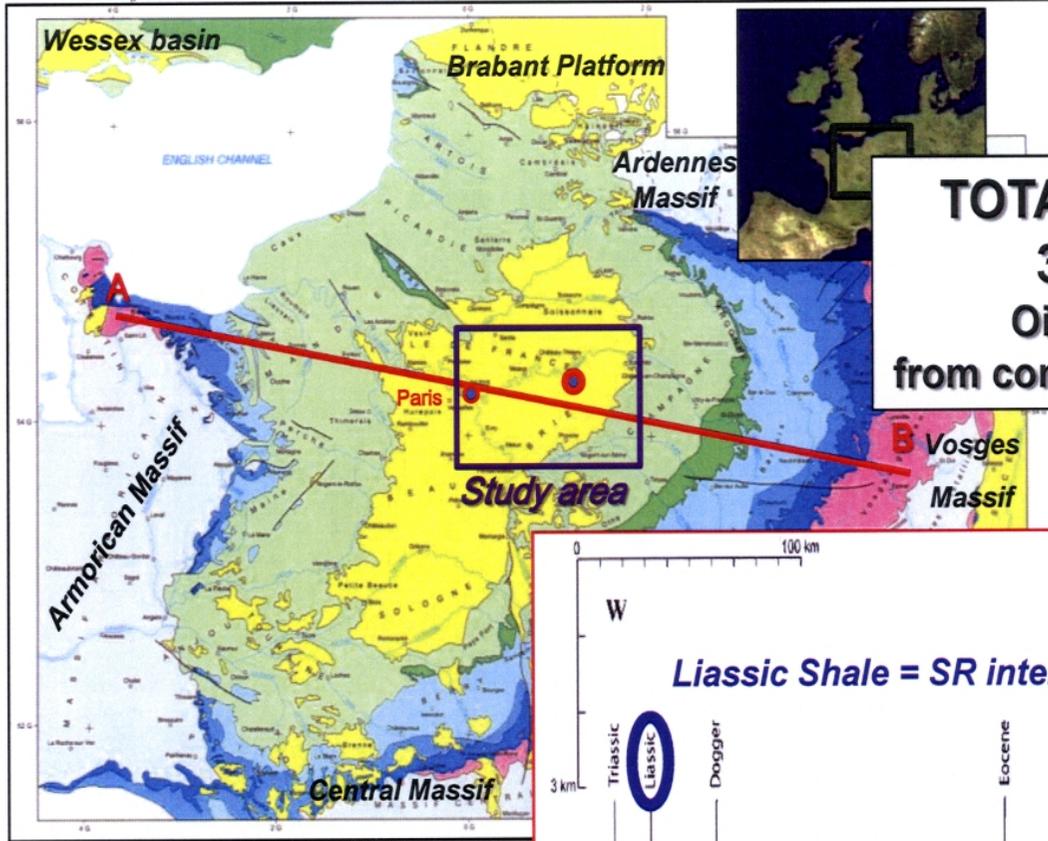
# SHALE GAS IN EUROPE: POSSIBLE RECOVERABLE RESERVES (TM3)

- World : 183 Tcm (183 000 Gm3) of conventional gas (equivalent to 1150 Gb of oil).
- Les activations avec deux chiffres significatifs sont dépourvues de sons.



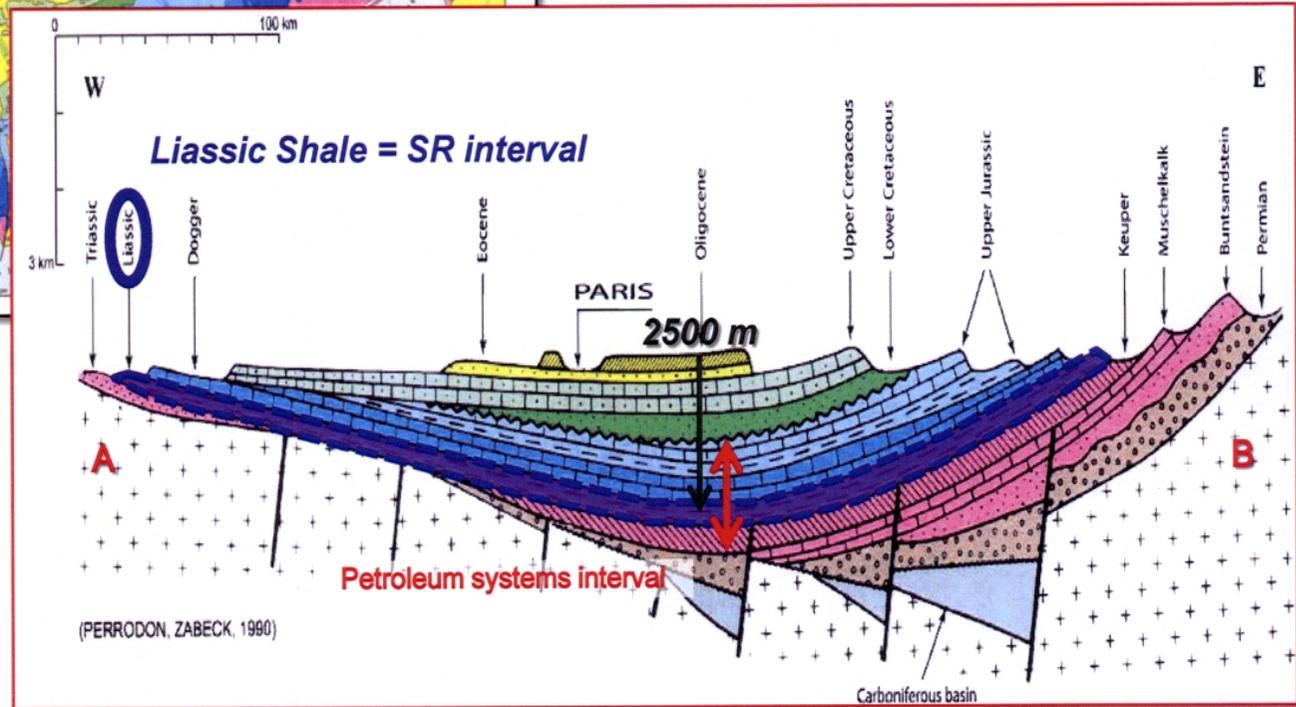
Source : US Energy Information Administration (2011) in Politis May 2011

# Paris Basin Geology



**TOTAL OIL Produced (1958 – 2000)**  
 $33.5 \cdot 10^9 \text{ kg} \rightarrow \sim 0.25 \text{ Bbbl}$   
 Oil represents 93% of produced HC,  
 from conventional reservoir only, at present day.

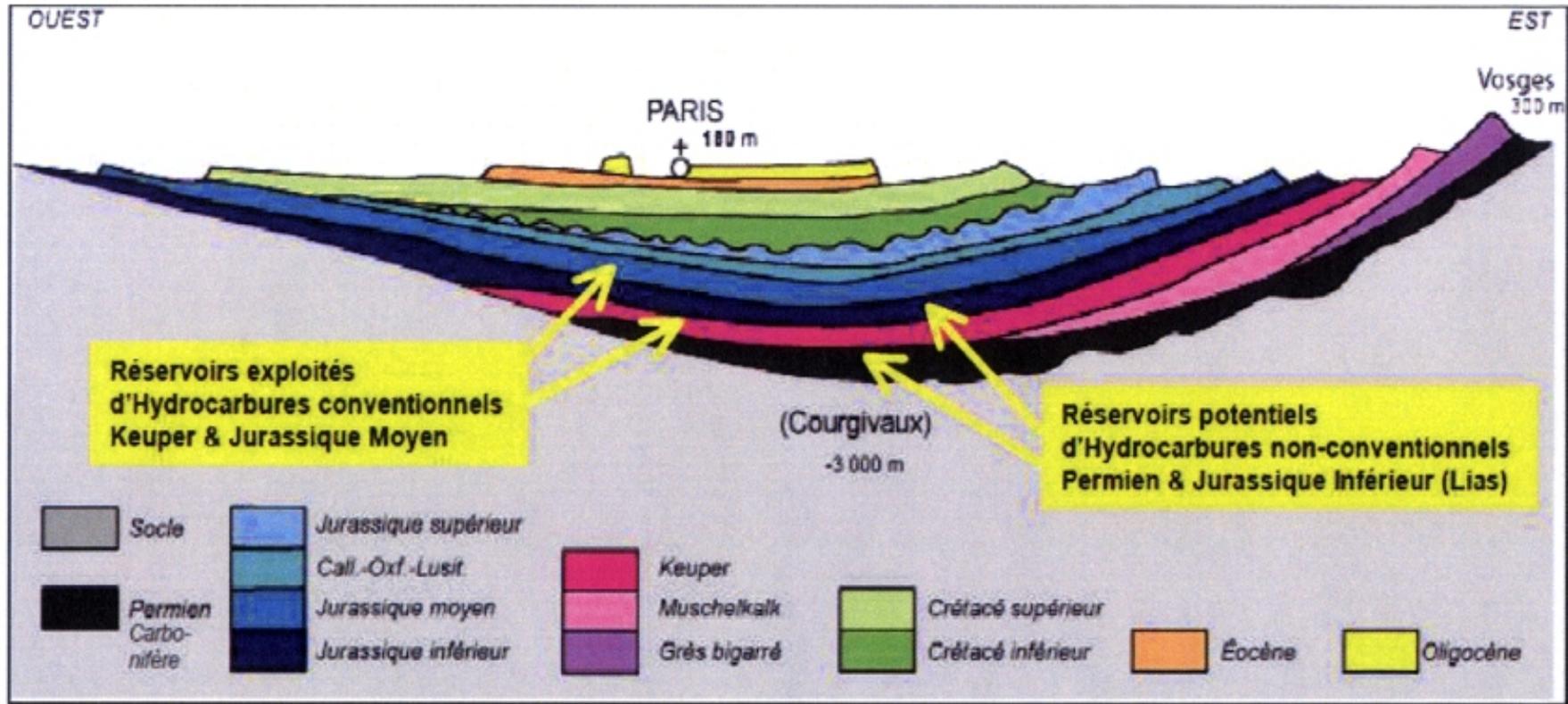
IFP Report, 2002



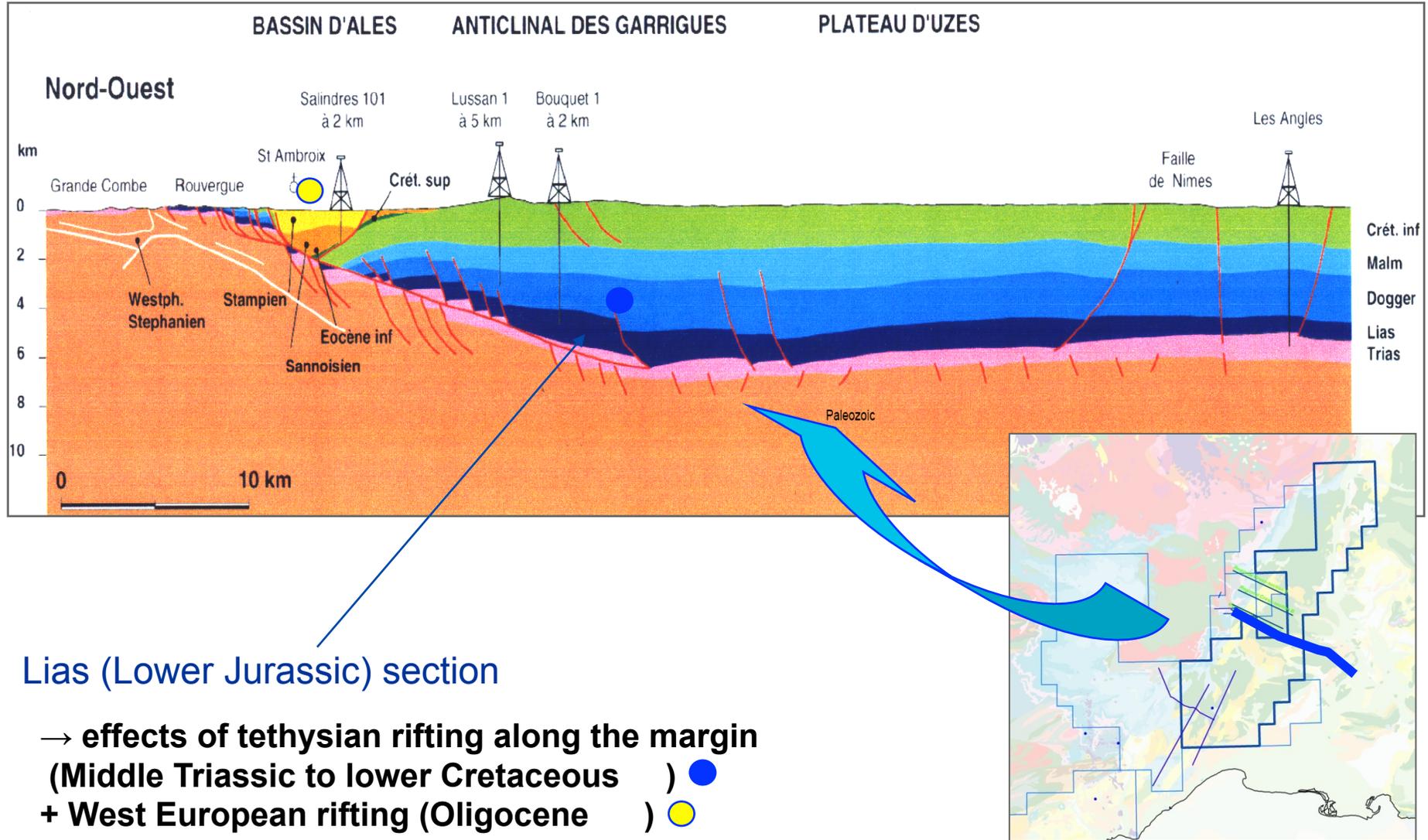
(PERRONDON, ZABECK, 1990)

Liassic = Lower Jurassic in W. Europe

# COUPE DU BASSIN DE PARIS DU COTENTIN AUX VOSGES



# SOUTH EAST BASIN : REGIONAL NW-SE CROSS-SECTION



Lias (Lower Jurassic) section

- effects of tethysian rifting along the margin (Middle Triassic to lower Cretaceous ) ●
- + West European rifting (Oligocene ) ●

**Comment ne pas prendre du retard  
malgré l'interdiction de l'évaluation  
du potentiel en France ?**

- **Gagner de l'expérience à l'étranger**
- **Que faire en France ?**

# **PARTIE 5**

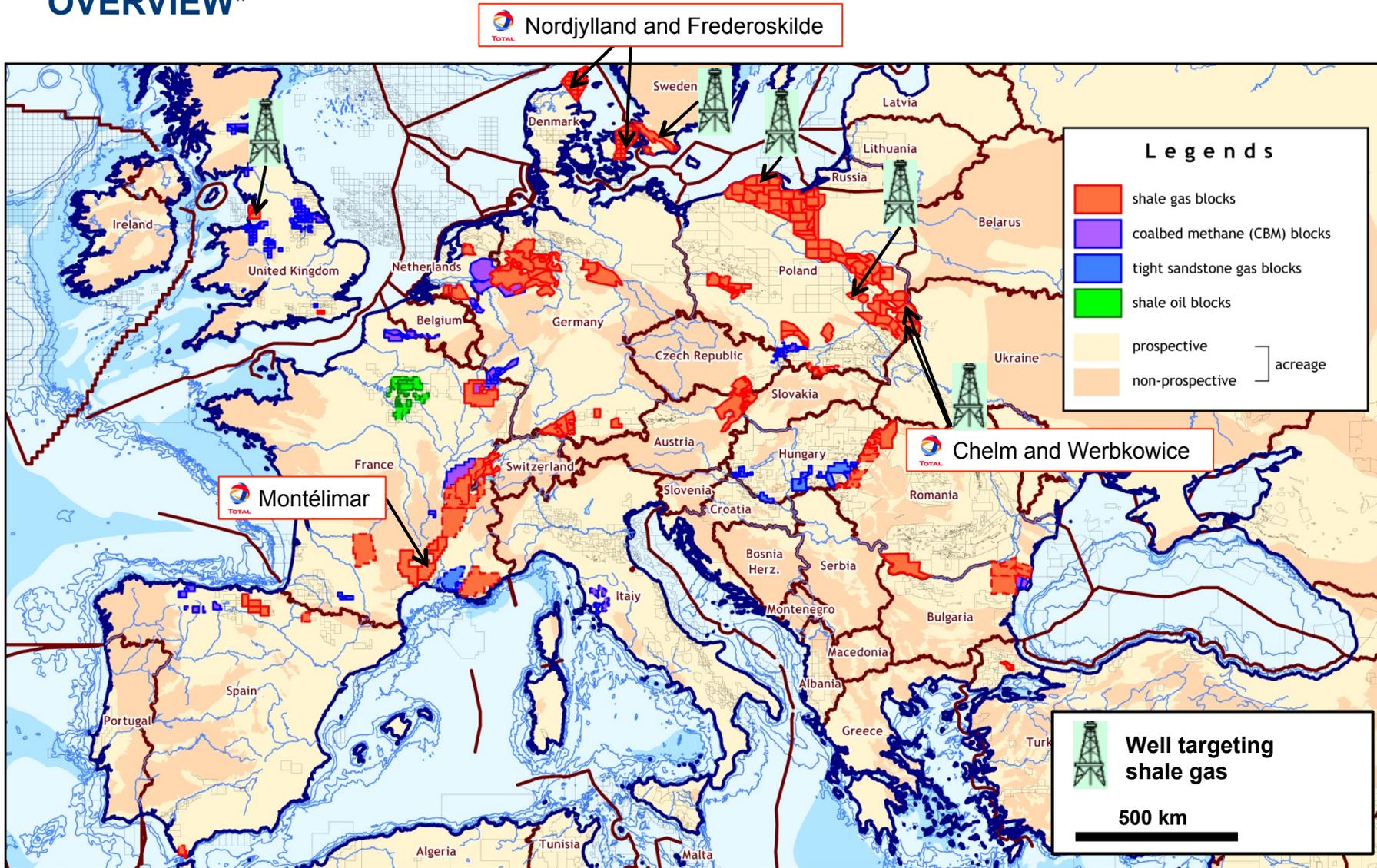
## **TOTAL ET LE « SHALE GAS »**

***Nota: TOTAL est par ailleurs présent dans les autres gaz non conventionnels:***

***1 « Tight gas » (Vénézuéla, Chine)***

***2 TOTAL est présent dans le « CBM (Coal Bed Methane) » (Australie)***

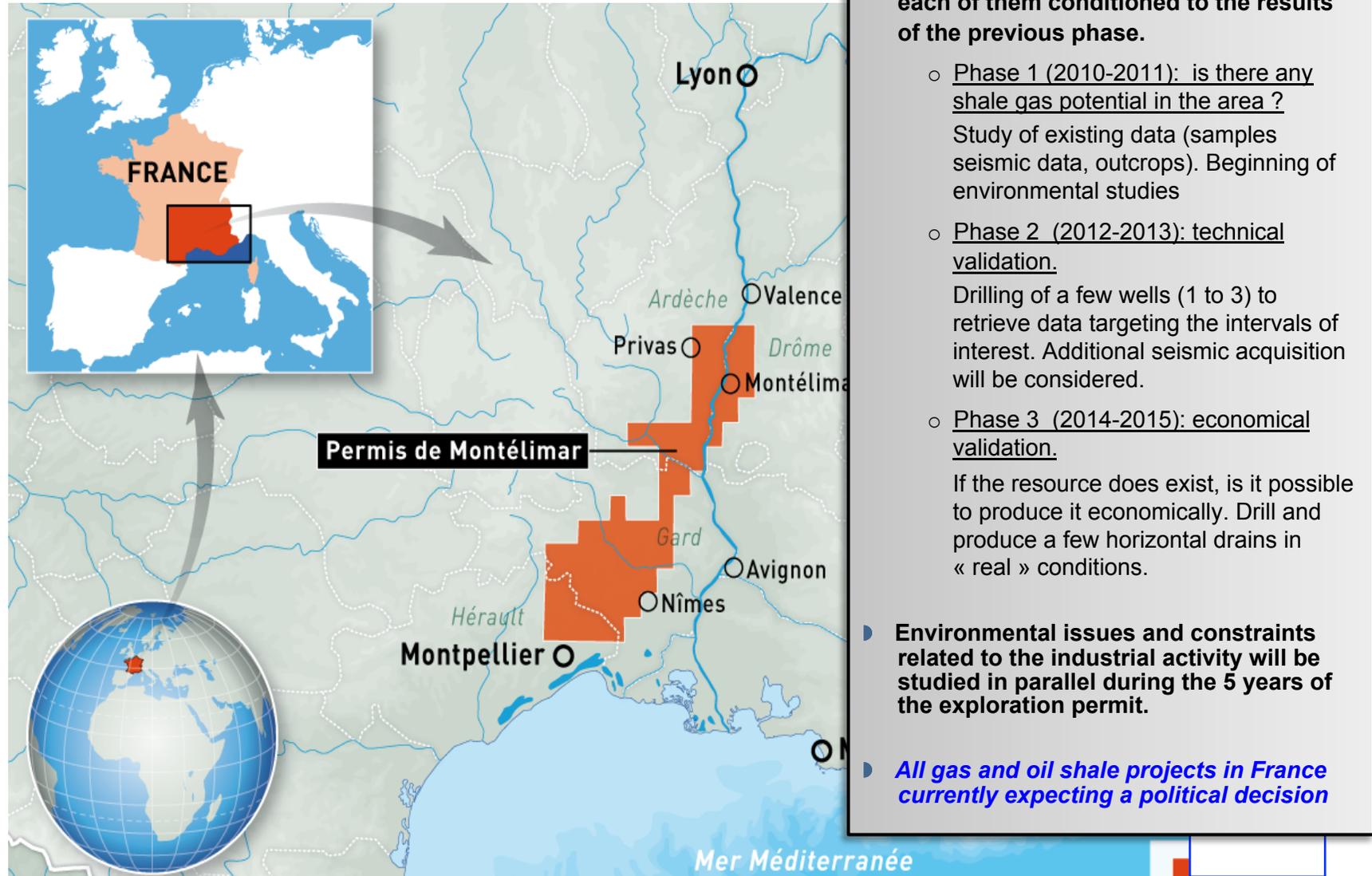
# SHALE GAS - EUROPE LICENSING SITUATION AND EXPLORATION ACTIVITY - GENERAL OVERVIEW\*



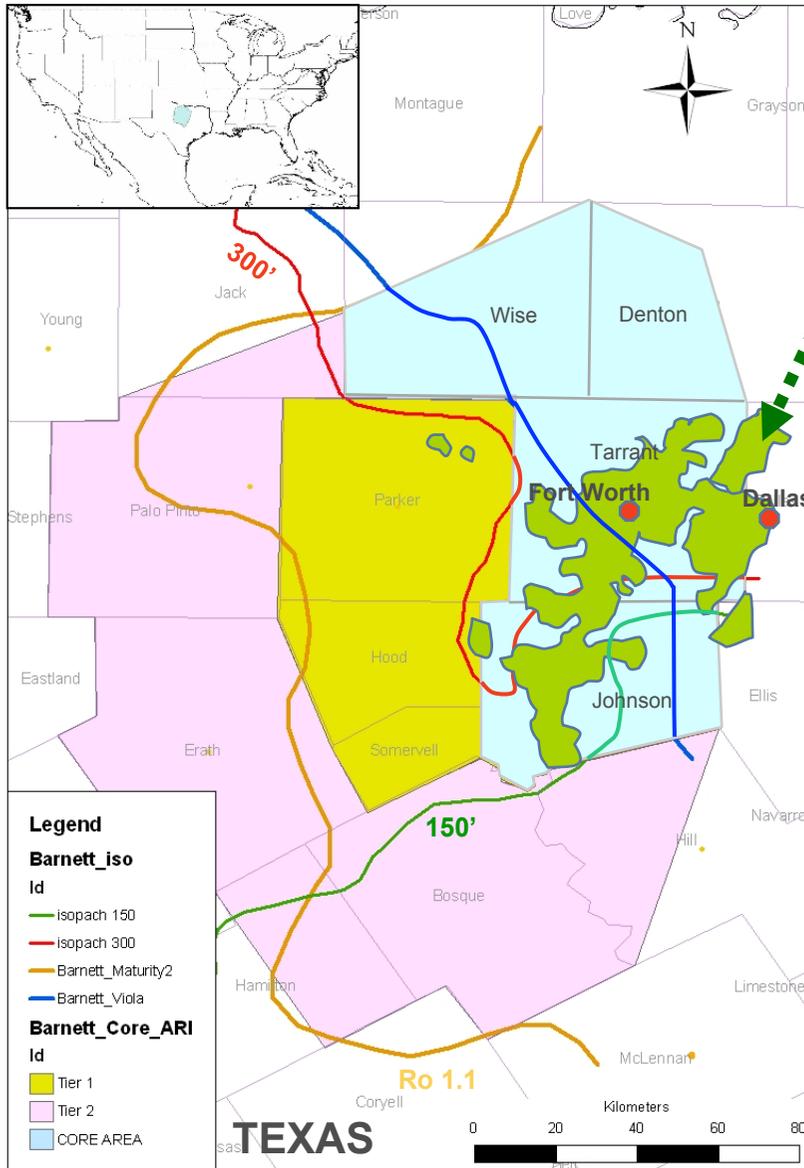
\*: from IHS 2010 - Unconventional Resources in Europe Focus on Shale Gas and CBM  
MINES - PARITECH, Octobre 2012

# MONTELIMAR PERMIT

## Plans avant l'annulation des permis



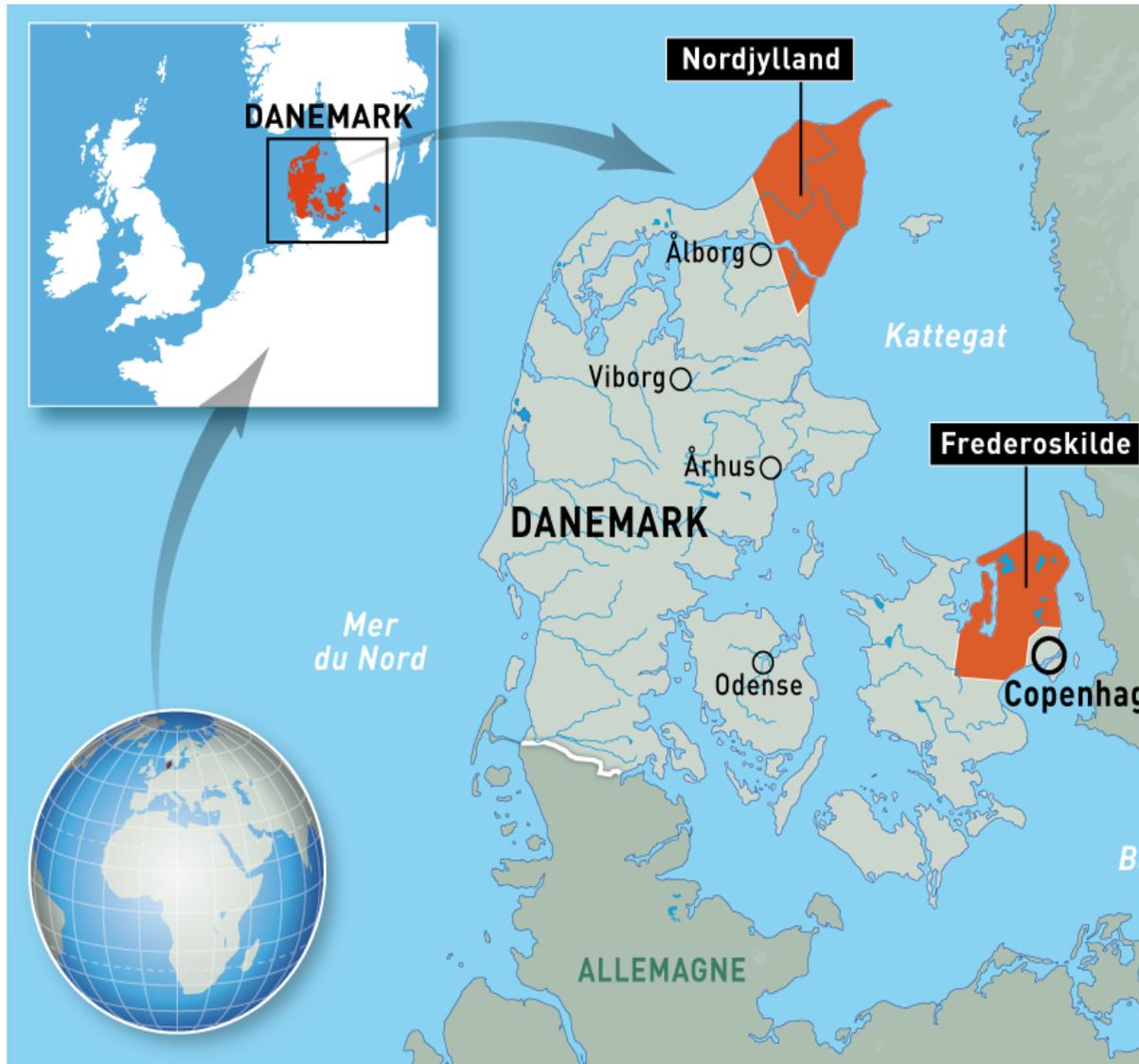
# TOTAL position in US Shale Gas Barnett Total - CHK JV



<b>Core</b>	Thick > 300ft gas mature protected from water
<b>Extn 1</b>	150 ft <Thick < 300ft gas mature water risk
<b>Extn 2</b>	Thinner to the south, less mature to the west (oil risk) water risk

- Total 25% of CHK's Barnett Shale
- Total acreage in prime core area :
  - 75 Ka net – 2.3 Tcf net 2P reserves
  - 2.7 Bscf / well
  - 2.6 M\$ / well
  - 7500+ wells drilled in next 7 years
- 1800+ active wells in 2010
- 180 mmscfd net production in 2010
- Currently 2011, 20 rigs in operation
- 6 TOTAL secondees in operation teams
  - drilling / completion
  - geology / petrophysics
  - reservoir – petroleum engineering

# DENMARK LICENCES



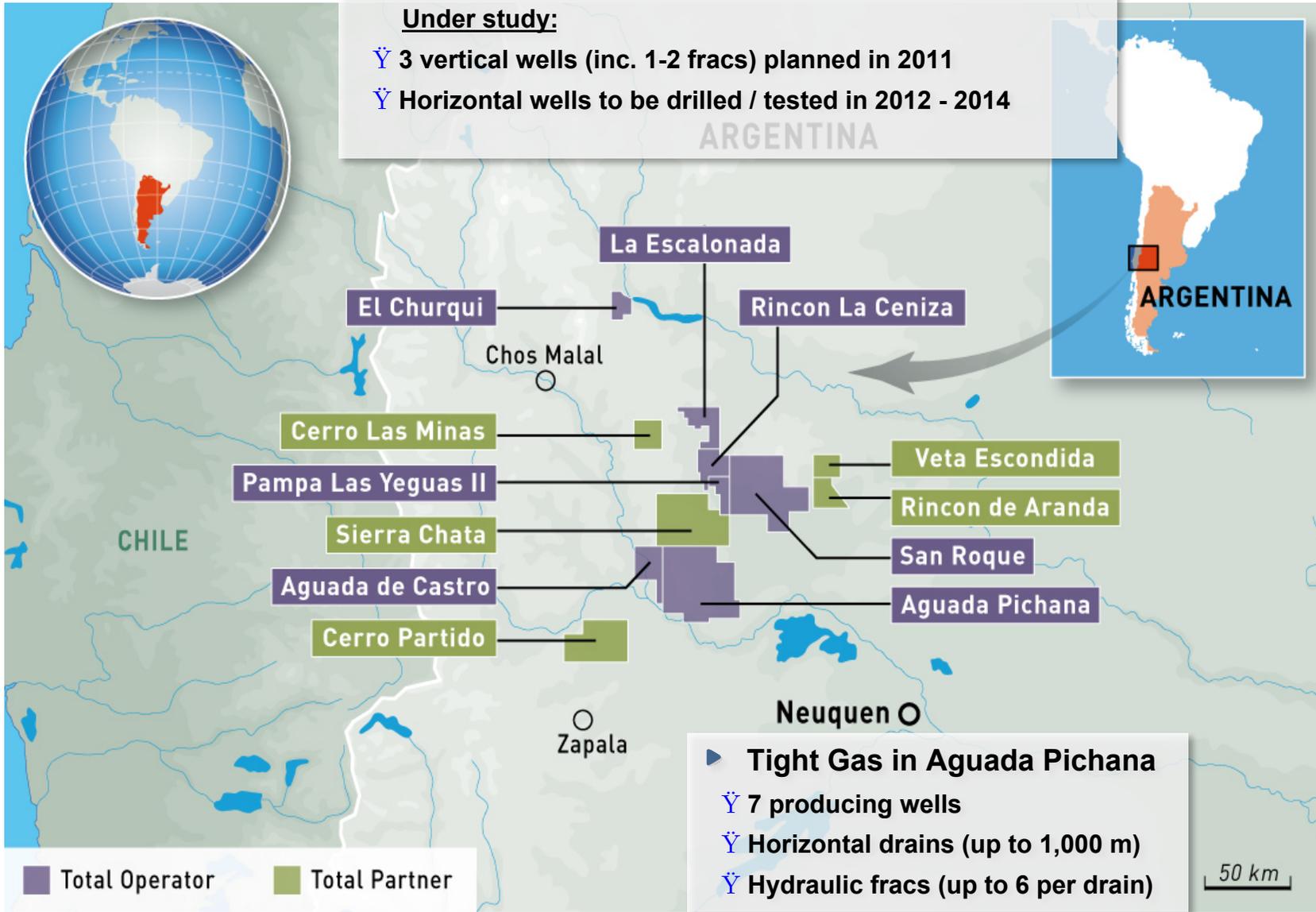
- ▶ **Three successive phases of study and operations are planned over 6 years, each of them conditioned to the results of the previous phase.**
  - Phase 1 (2010-2012): is there any shale gas potential in the area ?  
Study of existing data (samples seismic data, outcrops). Beginning of environmental studies
  - Phase 2 (2012-2014): technical validation.  
Drilling of a few wells (1 to 3) to retrieve data targeting the intervals of interest. Additional seismic acquisition will be considered.
  - Phase 3 (2014-2016): economical validation.  
If the resource does exist, is it possible to produce it economically. Drill and produce a few horizontal drains in « real » conditions.
  
- ▶ **Environmental issues and constraints related to the industrial activity will be studied in parallel during the 6 years of the exploration licences.**

# ARGENTINA

- ▶ Shales gas play in Neuquén province
- Ÿ Acreage 1,548 km<sup>2</sup> net over 12 blocks (9 in Gas Window)

Under study:

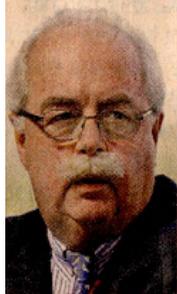
- Ÿ 3 vertical wells (inc. 1-2 fracs) planned in 2011
- Ÿ Horizontal wells to be drilled / tested in 2012 - 2014



- ▶ Tight Gas in Aguada Pichana
- Ÿ 7 producing wells
- Ÿ Horizontal drains (up to 1,000 m)
- Ÿ Hydraulic fracs (up to 6 per drain)

## NOUVELLES ACTIONS

### Total négocie son entrée dans le gaz de schiste en Chine



Christophe de Margerie, PDG de Total.

**ÉNERGIE** Total a signé « un préaccord » avec le groupe pétrolier chinois Sinopec, afin de créer une coentreprise d'exploration et de production de gaz de schiste en Chine, a déclaré dimanche Christophe de Margerie, PDG de Total, au *Wall Street Journal*.

La production chinoise de gaz naturel non conventionnel est quasiment nulle aujourd'hui. Toutefois, elle pourrait atteindre 6,5 milliards de mètres cubes en

2015, puis 60 à 100 milliards de mètres cubes d'ici à 2020, si les objectifs affichés sont atteints. Mais, si les pouvoirs publics chinois « veulent atteindre ces niveaux de production, ils devront donner les autorisations rapidement. Sinon, ce sera infaisable », a estimé le patron du groupe pétrolier français.

Total est déjà présent dans l'exploration du gaz de schiste en Pologne, au Danemark, en Argentine. Aux États-Unis, il a signé son

deuxième accord sur cette nouvelle source d'énergie en novembre. Dans le cadre d'une coentreprise avec le groupe gazier Chesapeake Energy et son partenaire EnerVest, il a versé 700 millions de dollars et s'est engagé à financer jusqu'à 1,6 milliard sur sept ans pour « la réalisation de nouveaux puits ».

En France, la technique de fracturation hydraulique, utilisée pour exploiter les gaz de schiste, est interdite. Mais

le groupe pétrolier a lancé une procédure administrative pour tenter de contrer l'abrogation de ses permis d'exploration.

Total a, par ailleurs, indiqué dimanche que les discussions avec son partenaire japonais Inpex pour accroître sa participation dans le projet de gaz naturel liquéfié d'Ichthys, en Australie, pourraient être prolongées et qu'elles ne s'achèveraient sans doute que d'ici à la fin de l'année.

A. Boh.

*Le Figaro, 19/03/2012*

## EXERCICE DE REFLEXION POUR LES ELEVES

- 1. Demain, vous êtes premier ministre de François Hollande (donc lié par les engagements du Président). Expliquez ce que serait votre politique concernant les « gaz de schistes » en France jusqu'à la fin du quinquennat:**
  - Vis-à-vis des permis annulés
  - Au plan technique (en France ou hors de France)
  - Au plan législatif ou réglementaire
  - Quels rôles pour les organismes publics et lesquels?
  
- 2. Même question mais dans un contexte où le Président modifierait ses engagements et vous laisserait carte blanche. Expliquez ce que vous feriez sur les divers plans: techniques, réglementaires, législatif, attribution ou non de permis, etc...)**

