

# UNIVERSITÉ PARIS DIDEROT CYCLE « RESSOURCES » DU LIED

## LE PÉTROLE

### *PARTIE 1: RESSOURCES - RÉSERVES – PRODUCTION*

**Pierre René BAUQUIS**

*Professeur Associé IFP School et Professeur TPA  
Ancien Directeur Stratégie et Planification de TOTAL*

# **PARTIE 1 : RESSOURCES - RÉSERVES - PRODUCTIONS**

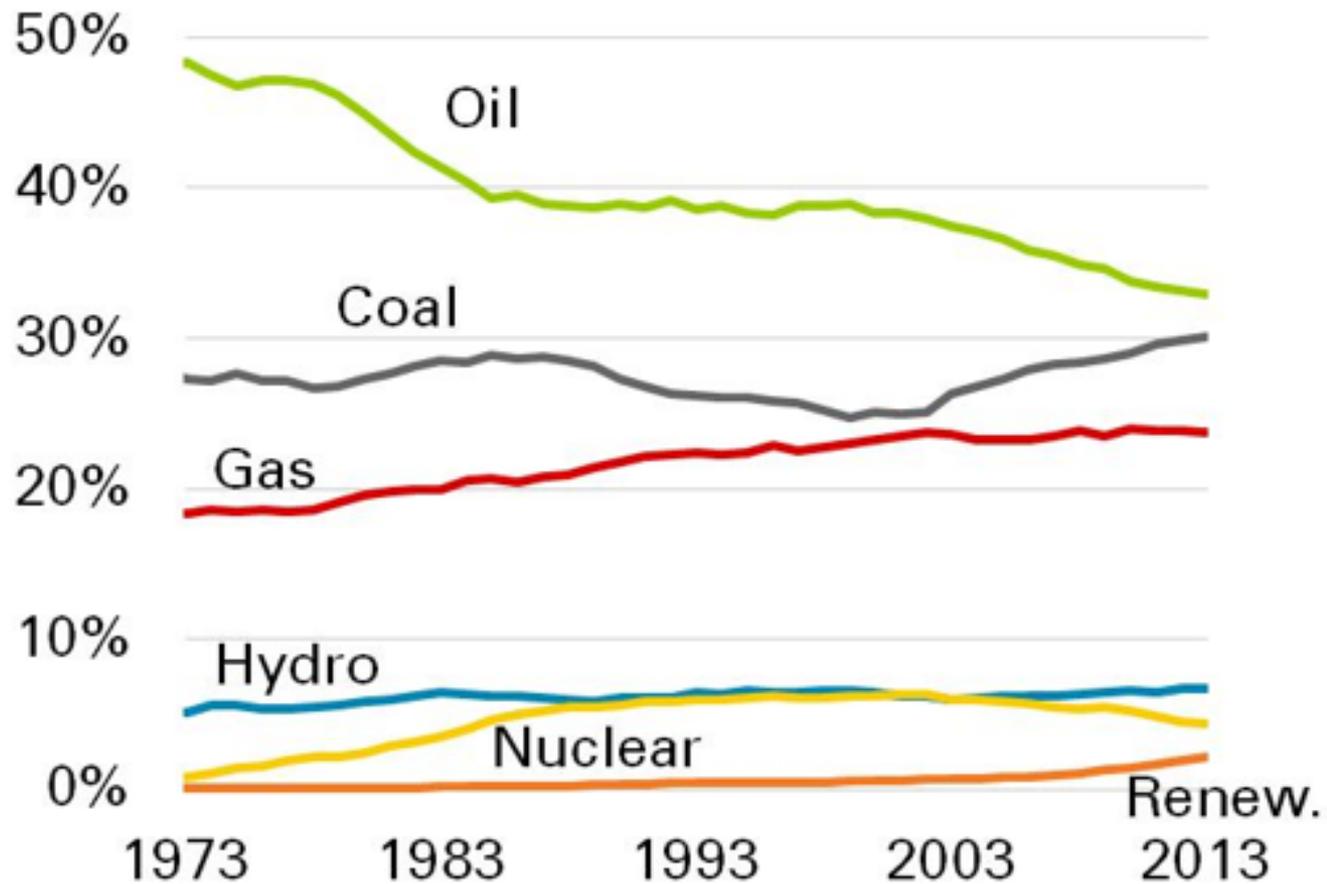
- DES TERMINOLOGIES COMPLEXES ET FLUCTUANTES**
- DES CHIFFRES TRÈS IMPRÉCIS**
- UN BESOIN DE DÉFINITIONS RENOUVELÉES**

# PLAN DE LA PARTIE 1

- 1-1 RAPPEL DES FONDAMENTAUX DE L'ÉNERGIE AU PLAN MONDIAL
- 1-2 PÉTROLES CONVENTIONNELS ET NON-CONVENTIONNELS
- 1-3 PÉTROLES ET ENVIRONNEMENT, L'ACCEPTABILITÉ
- 1-4 RESSOURCES RÉSERVES ET PRODUCTIONS
- 1-5 LES NOUVELLES SOURCES DE PÉTROLES:  
NON CONVENTIONNELS, SYNTHÉTIQUES ET SUBSTITUTS

# 1-1 RAPPEL DES FONDAMENTAUX DE L'ÉNERGIE AU PLAN MONDIAL

# PART DES DIFFÉRENTES SOURCES D'ÉNERGIE



Source BP (2014 b)

# LES ENERGIES CARBONÉES (OU FOSSILES)

*83% des énergies primaires commerciales au plan mondial (comme en 1990 ou en 2000)*

- ◆ **la grande famille des énergies fossiles se trouve sous trois formes principales dans la nature :**
  - **solide** = les charbons ( matière organique d'origine essentiellement terrestre)
  - **liquide** = le pétrole ( matière organique d'origine essentiellement marine)
  - **gazeuse** = le gaz naturel (matière organique d'origine mixte)
  - **on pourrait ajouter la forme pâteuse ( huiles "lourdes", à très forte viscosité )**
- ◆ **pétrole et gaz forment en réalité un continuum ( C1 C2 C3 ... )**
  - **Il y a presque toujours du gaz dans un gisement de pétrole et il y a presque toujours du liquide dans un gisement de gaz ( "condensats" ou C5+ )**
- ◆ **de + en + de condensat se trouve comptabilisé avec le pétrole en terme de réserves ( ce qui les augmente ) et de production**
  - **nb : le condensat est un produit de qualité, qui se stocke et se transporte facilement par pipeline et par tankers, comme le "brut "**

# LES ÉNERGIES NON-CARBONÉES: EnR ET NUCLÉAIRE

*17% des énergies primaires commerciales au plan mondial (...comme en 1990 ou en 2000)*

■ **Les EnR** : 9% du total (ou 55% des 17%)

dont {  
6% grande hydraulique  
3% le reste (bioénergies, solaire, éolien, géothermie).

■ **Le nucléaire** 6%

L'AIE donne des chiffres fort différents pour hydraulique et nucléaire: C'est la problématique des conventions d'équivalence (\*)

*(\*) une mauvaise compréhension et utilisation des coefficients d'équivalence peuvent conduire à des politiques « shaddock »: exemple en France de la RT 2012*

# LES ÉNERGIES CARBONNÉES ET LA PROBLÉMATIQUE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

- 1. Les changements climatiques (hausse des températures moyennes et instabilité accrue des climats) liés aux activités humaines sont désormais une quasi-certitude.**
- 2. Les consommations d'énergies fossiles des dix dernières années nous placent sur une trajectoire « catastrophe ». Augmentation de la température moyenne d'ici 2100 non pas de 2°C mais de 4 à 6 °C.**
- 3. Un consensus politique émergera... mais trop tard. Il débouchera probablement sur des coûts d'émission du CO<sub>2</sub> de l'ordre de 100 à 200 dollars la tonne très au-delà des objectifs actuels (20 dollars la tonne).**

# ORDRES DE GRANDEURS TECHNICO-ÉCONOMIQUES CONCERNANT LES GISEMENTS DE PÉTROLES ET DE GAZ

## de la vie d'un gisement

- typiquement 30 à 40 ans  
( = une carrière de pétrolier, ou de chercheur !! )

## de taux de récupération

- **pétrole conventionnel**
  - moyenne mondiale : estimée aujourd'hui autour de 35 % ;  
pourrait croître dans le futur vers 45% ( voire plus pour les plus optimistes ?? )
- **huiles lourdes**
  - impact énorme sur les réserves : ressource Orénoque estimée à 1200 / 1500 Gb et autant en Athabasca ( + 10% de récupération = Arabie Saoudite )
- **huiles de roches mères**
  - un impact majeur aux USA : un plateau mondial vers 2030, entre 2 et 5 Mbd (???)
- **gaz naturel conventionnel**
  - typiquement de l'ordre de 80 % pour les gisements conventionnels
- **gaz de roches mères ( gaz de schiste !! )**
  - réserves très élastiques aux prix : à la limite la notion même de réserves perd son sens

# BILAN PÉTROLIER SCHÉMATIQUE USA ET MONDE 2013

- USA = 10 Mb/d  
dont shale oil + Tight oil: 4 Mb/d (40%)
- Reste du monde 78 Mb/d (pas de shale oil, environ 1Mb/d de tight oil)
- Total Monde 88 Mb/d soit 32 Gb, soit 4,6 Gt

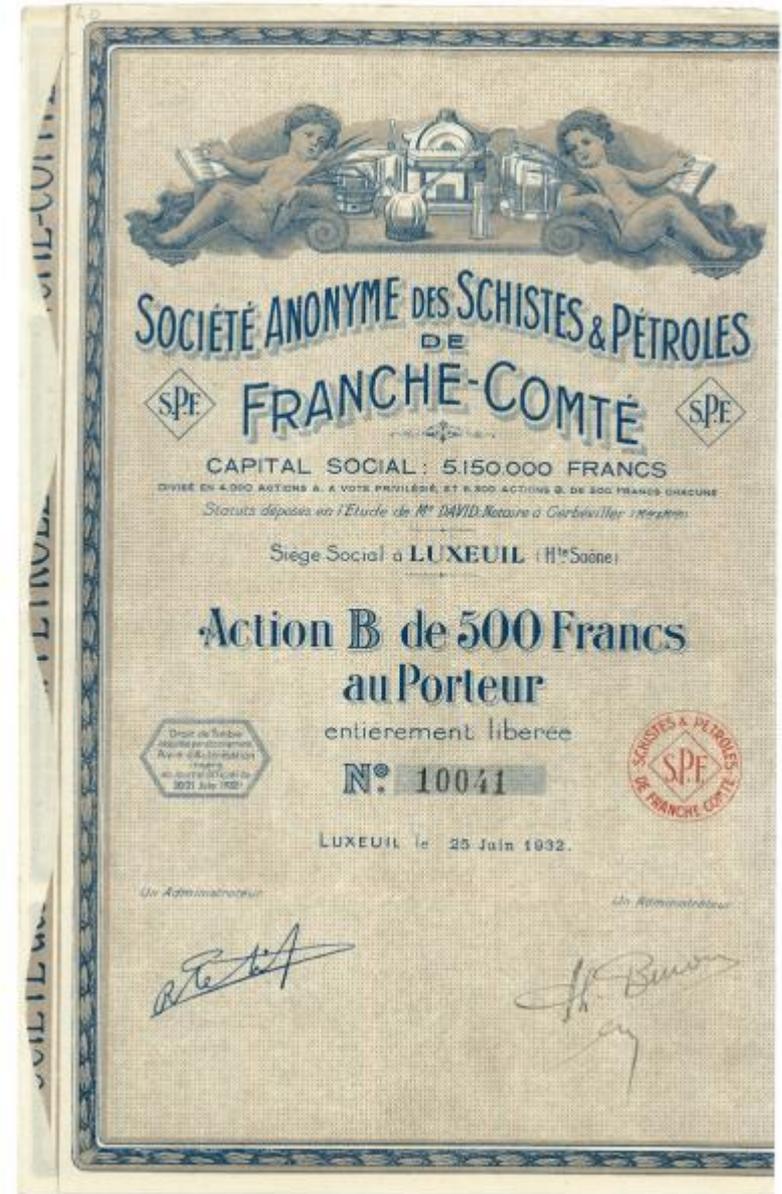
**Environ 5 Mb/d soit près de 6% de la production pétrolière mondiale est du « non conventionnel » type roches mères et tight oil, elle provient pour les 4/5 des USA**

# 1-2 PÉTROLES CONVENTIONNELS ET NON-CONVENTIONNELS

# PREMIERES RECHERCHES DANS LE BASSIN AQUITAIN: DES ACTIONS EMISES EN 1929



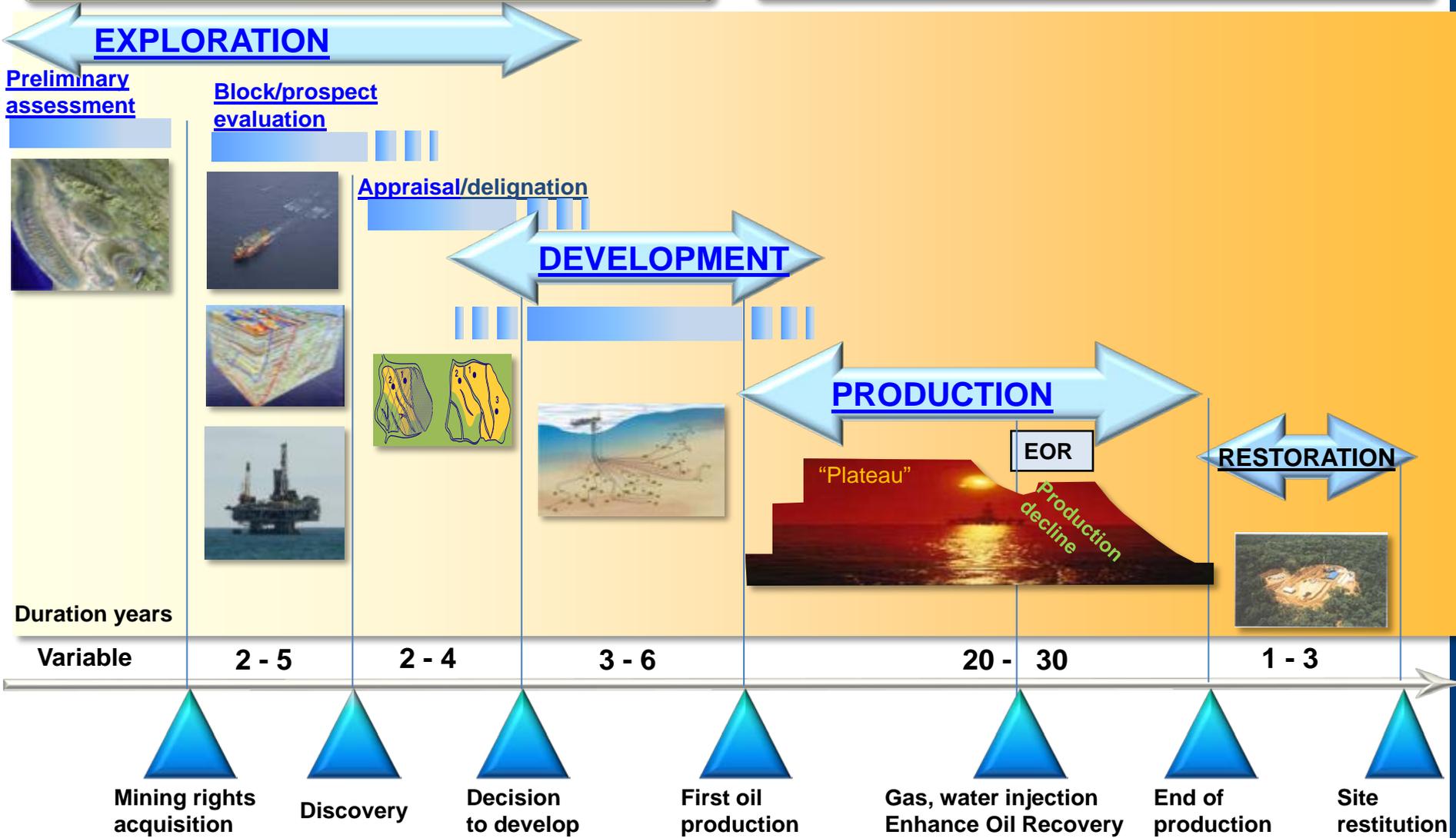
# RECHERCHE DE SCHISTES PETROLIERS EN FRANCE: UN EXEMPLE D'ACTION EMISE EN 1932



# EXPLORATION & PRODUCTION PROCESS

Geosciences & non-geosciences disciplines

Concepts, techniques & Tool box



# EXPLORATION: BLOCK / LEASE EVALUATION

From the block preliminary evaluation

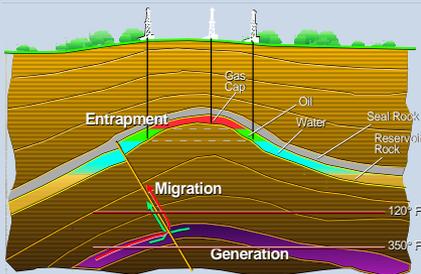
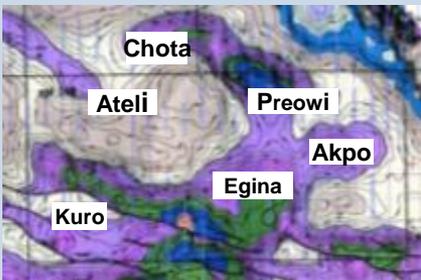
Detailed prospect evaluation

To the first Exploration well

Mineral rights acquisition  
Contract signature on selected blocks



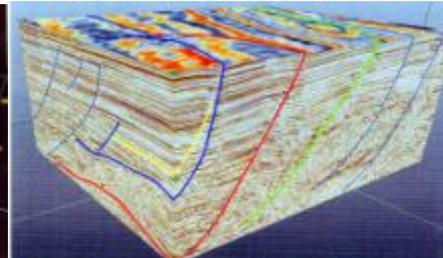
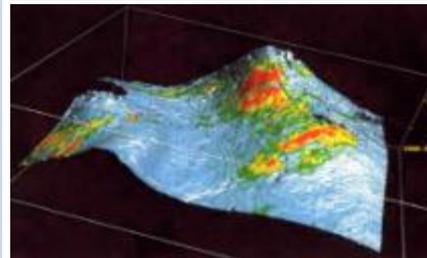
Preliminary leads and prospects inventory in the block



New seismic acquisition

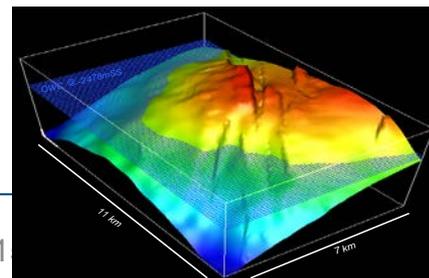


Interpretation



→ Prospect detailed evaluation

- Prospects ranking
- Resources distribution
- Uncertainties
- Risks
- Economy
- ....

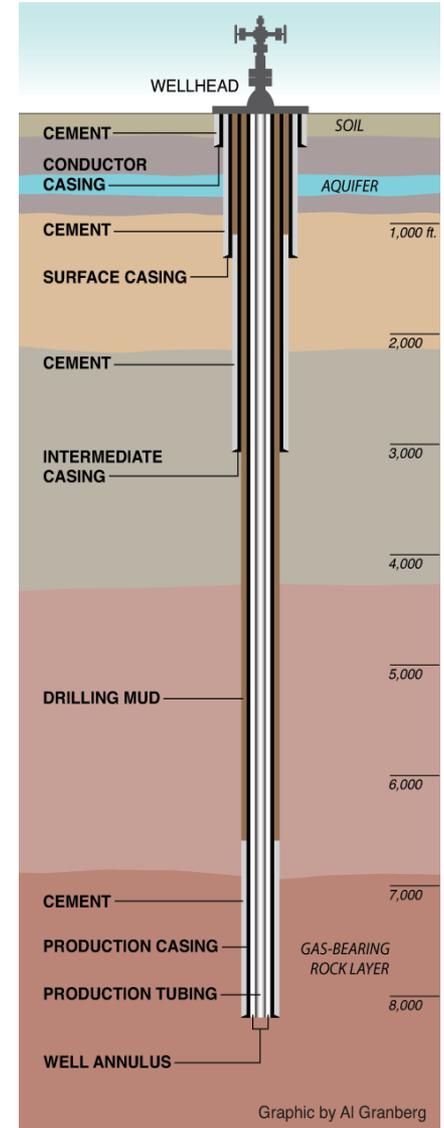
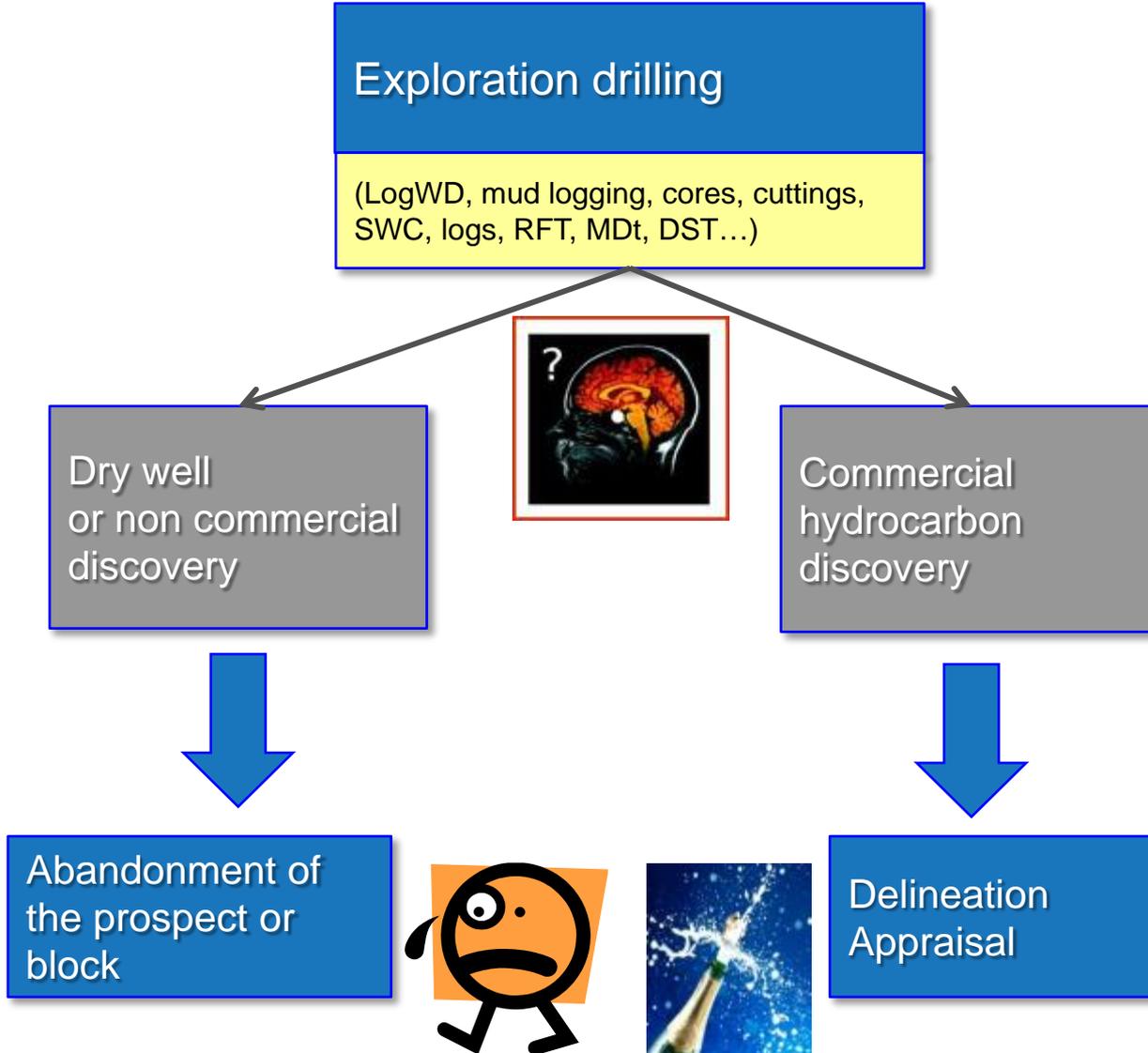


→ Well Results:

commercial discovery  
or  
dry hole ...

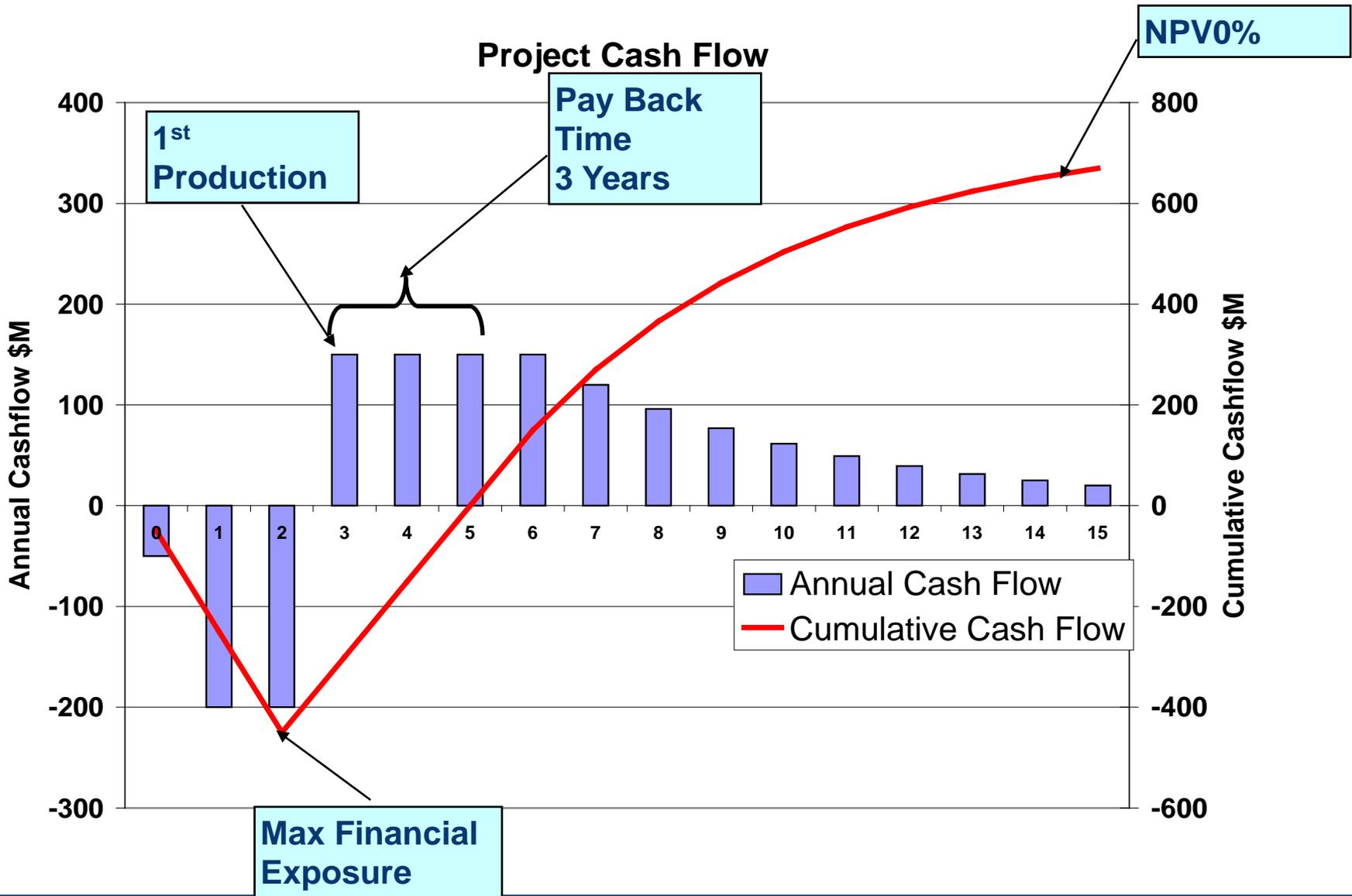
Delineation, appraisal

# POST – DISCOVERY DECISION



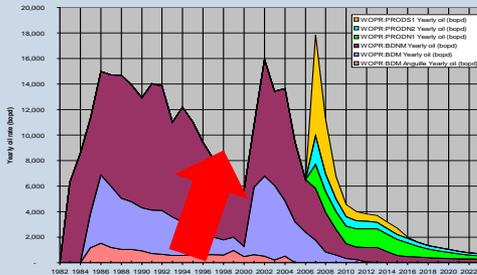
Exploration well equipped as a future well producer

# PROJECT ECONOMICS – OTHER CRITERIA & DEFINITIONS



# PRODUCTION: ENHANCED OIL RECOVERY

## Oil production decline



## EOR: Maximizing recovery factors

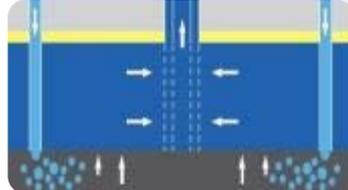
### Use of surface or downhole pumps



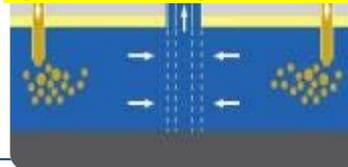
### Gas, CO2 injection



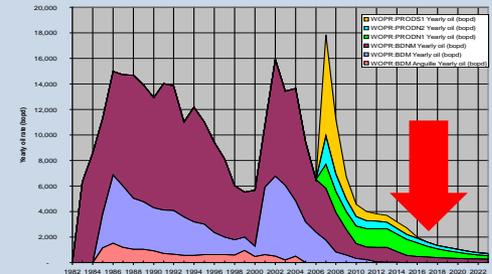
### Water injection



### Steam and polymer products injection



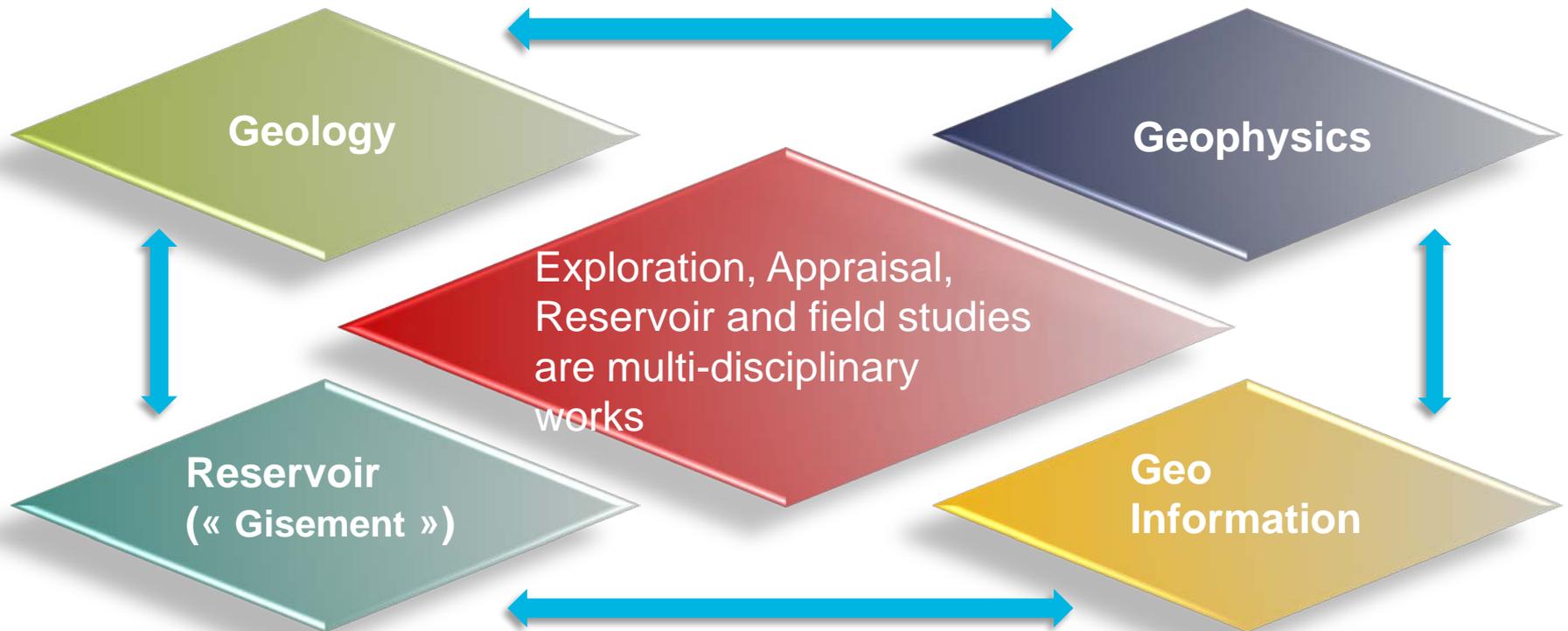
## End of production



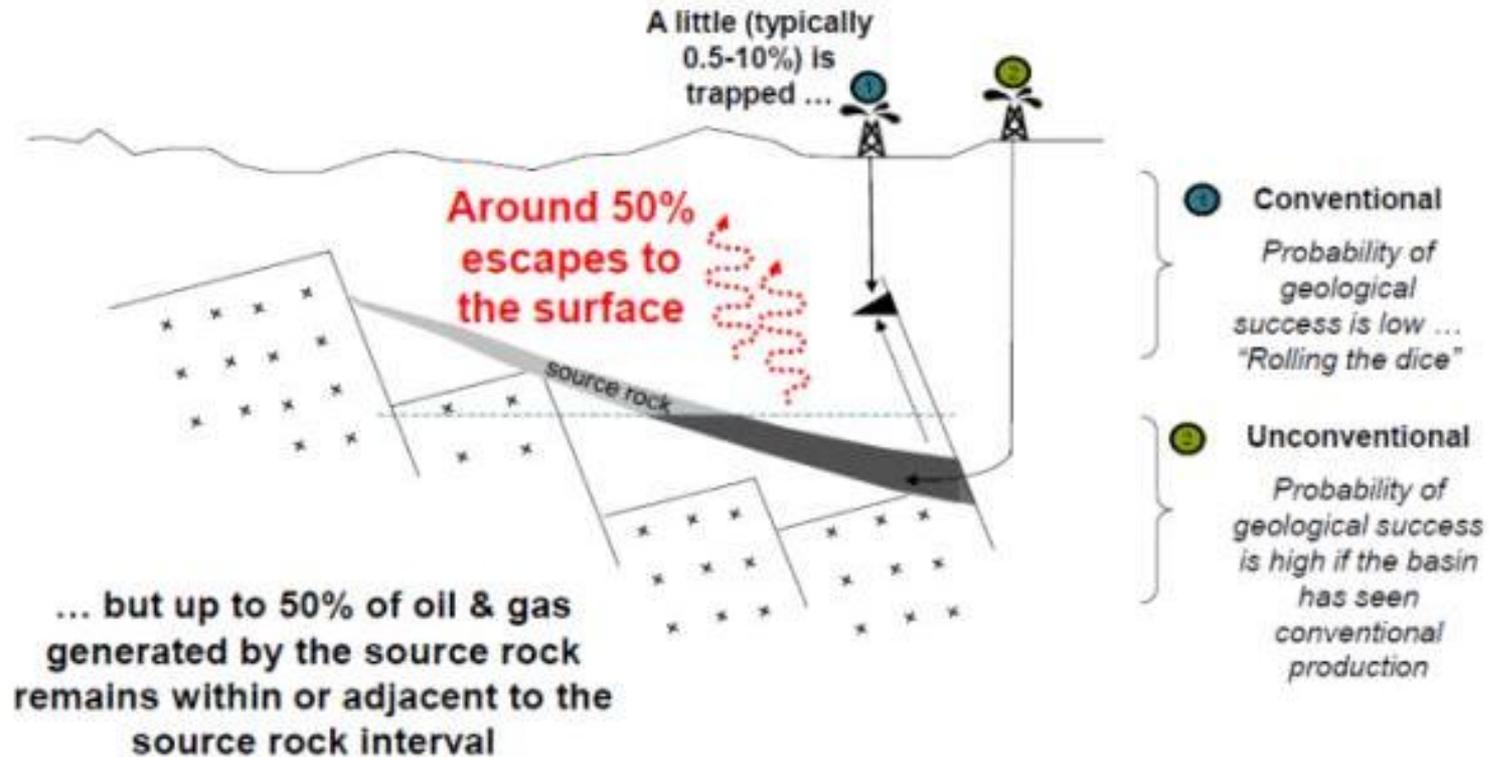
**Production economical threshold is reached in spite of EOR**  
 → Decision to stop production

## Abandonment

# PETROLEUM GEOSCIENCES: « 3G + R » « 4 G » IN FRENCH

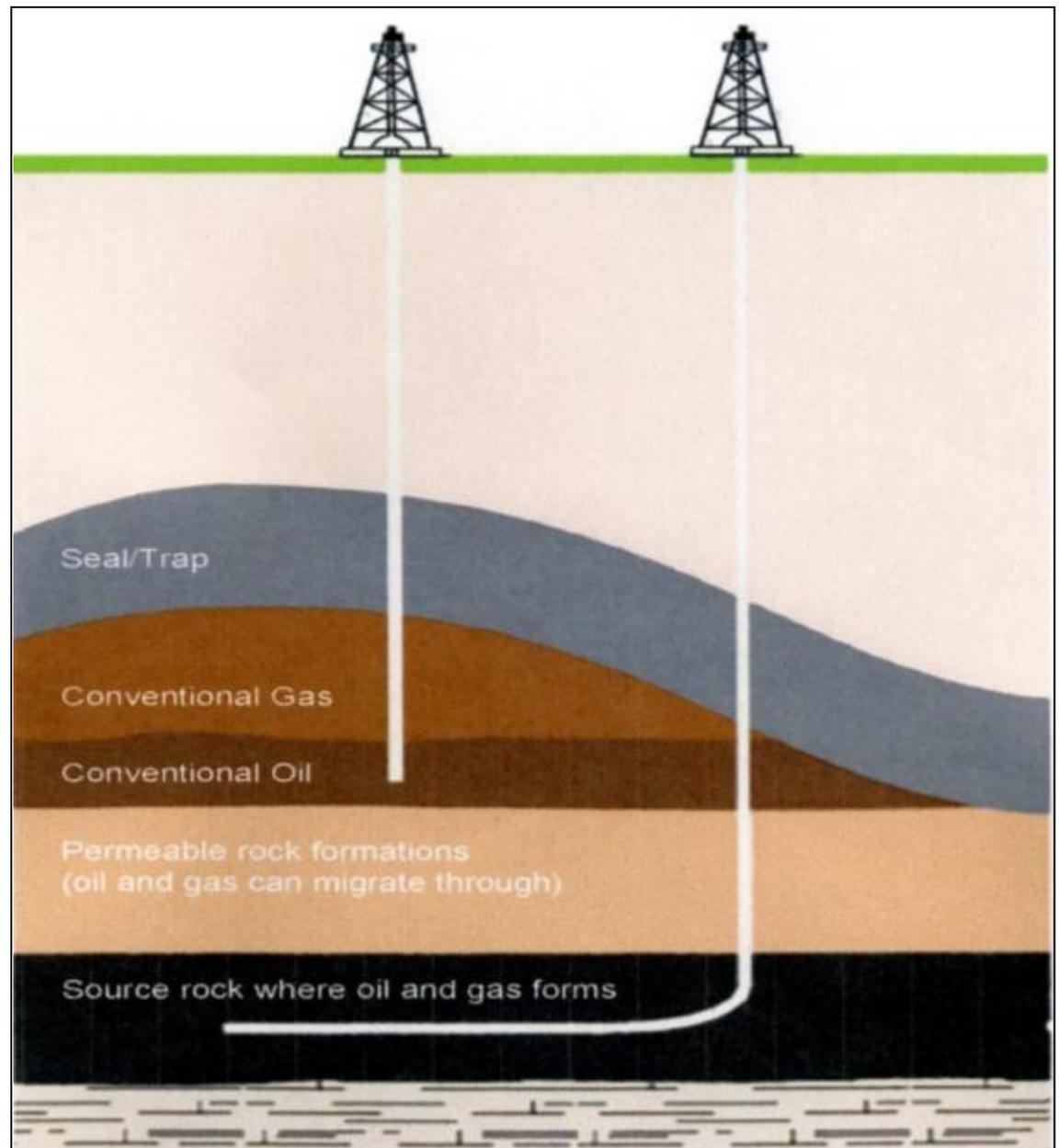


# RELATIONS BETWEEN CONVENTIONAL AND UNCONVENTIONAL

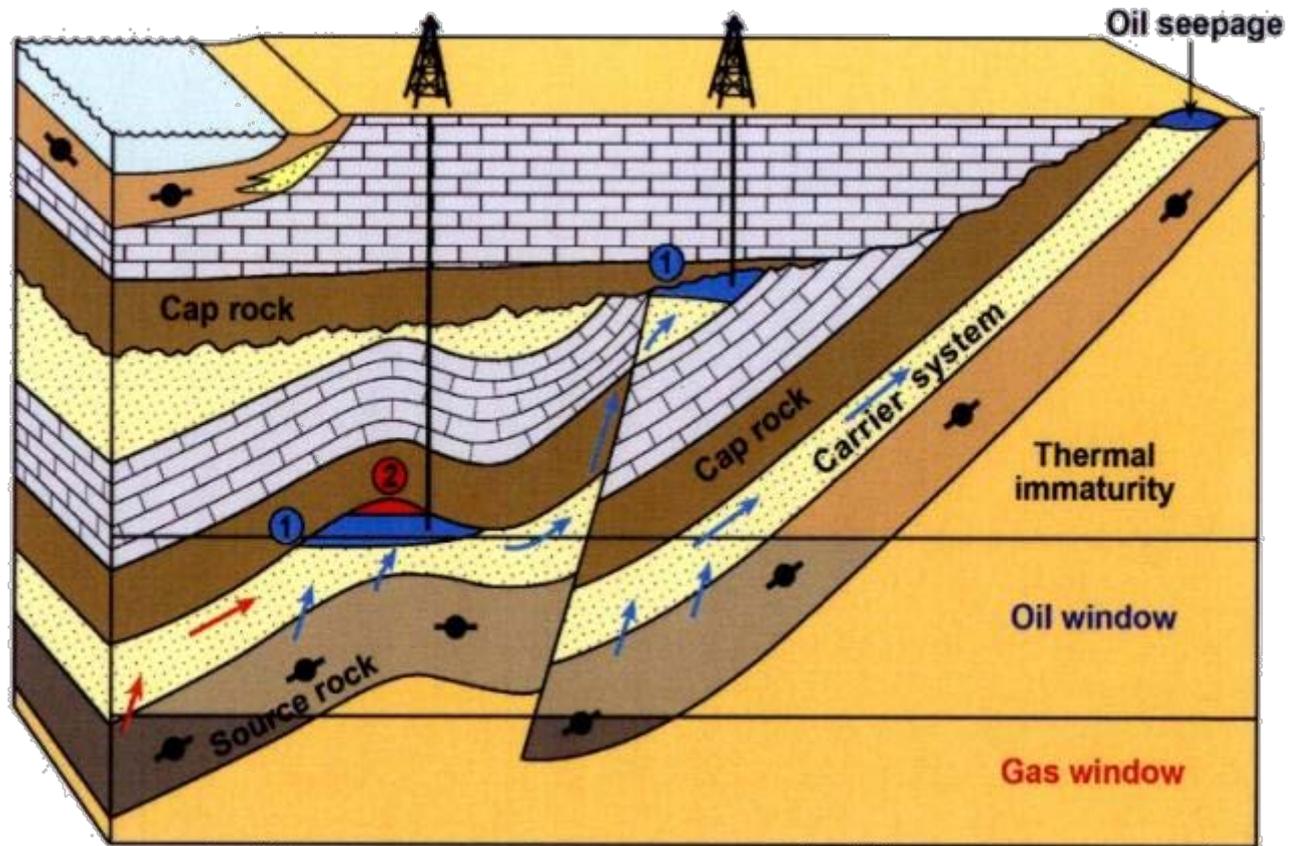


**The key risk to unconventional exploration is not so much finding the oil and gas, it is understanding if it can be produced at commercial rates**

# CONVENTIONAL VS UNCONVENTIONAL OIL AND GAS RESOURCES



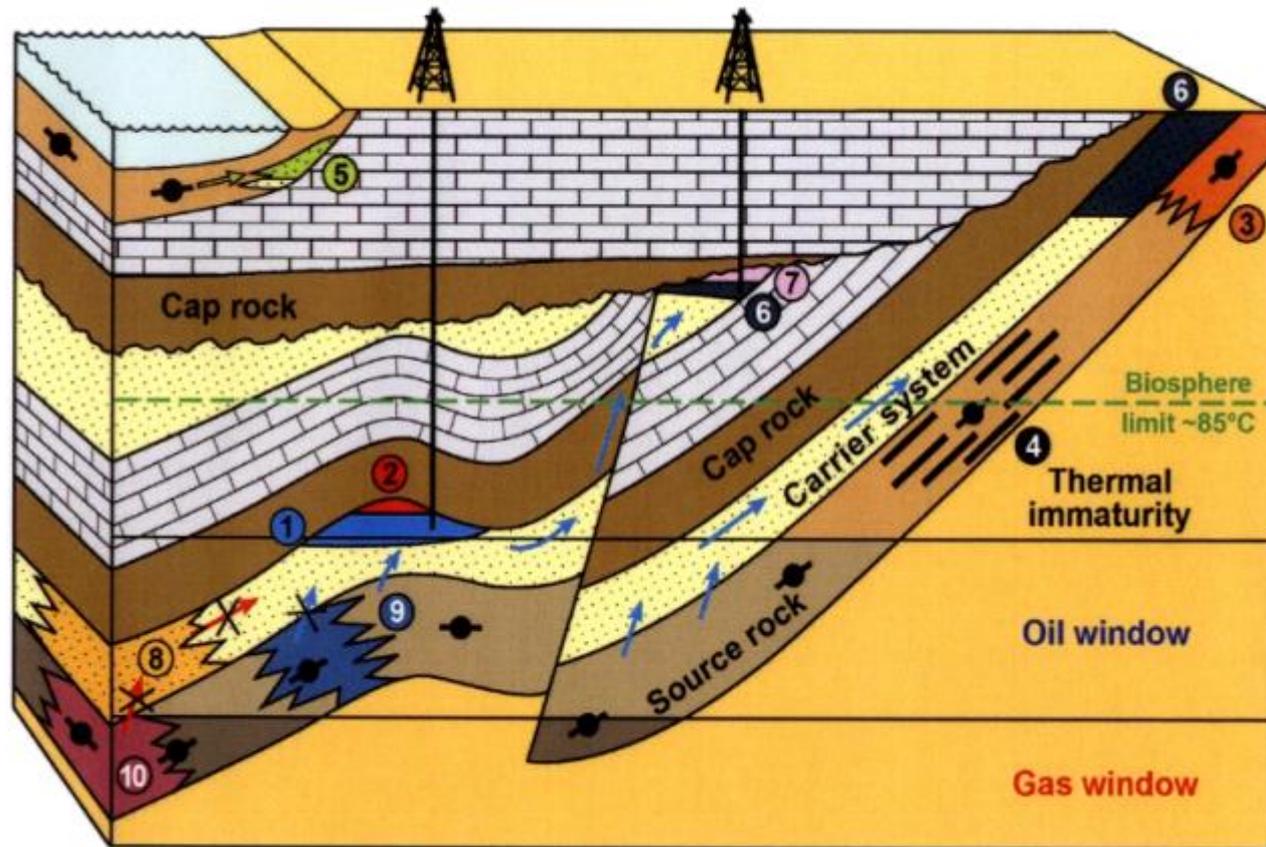
# SYSTÈME PÉTROLIER CONVENTIONNEL



1) Conventional oil

2) Conventional (Thermogenic) gas

# SYSTÈME PÉTROLIER "ÉTENDU"

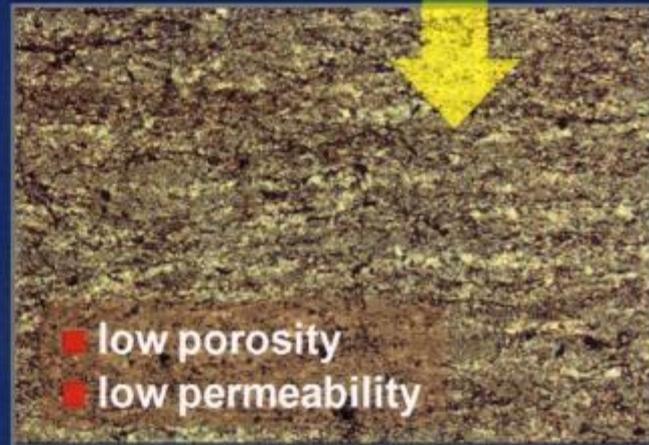
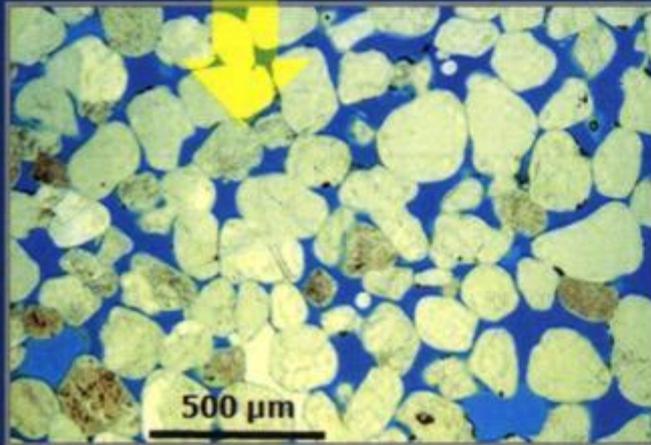


- 3) Oil Shale (immature), 4) Coal Seams & Coal Bed Methane (CBM),  
 5) Primary Biogenic Gas, 6) Heavy/Extra Heavy oil, 7) Secondary Biogenic Gas  
 ,8) Tight Gas in Basin center Situation, 9) Tight Oil, 10) Shale gas

Source: A.Huc et al, , e-book CNRS Program, 2011

# CONVENTIONNEL

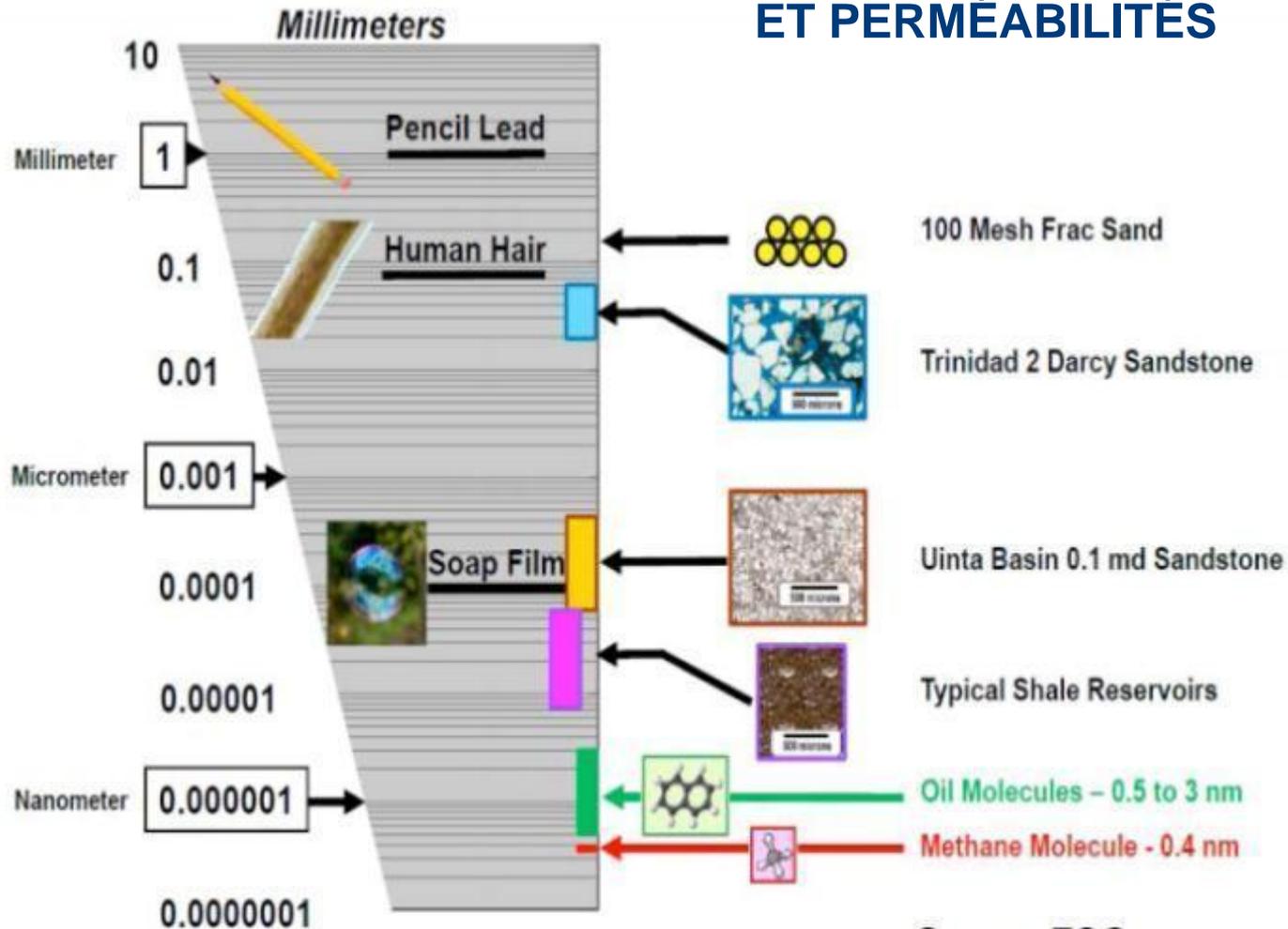
# NON CONVENTIONNEL



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

Non-expelled HC

# DIMENSIONS DES PORES ET PERMÉABILITÉS



Source: EOG

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

# QUELQUES EXEMPLES HISTORIQUES DE PETROLES DE ROCHES MERES

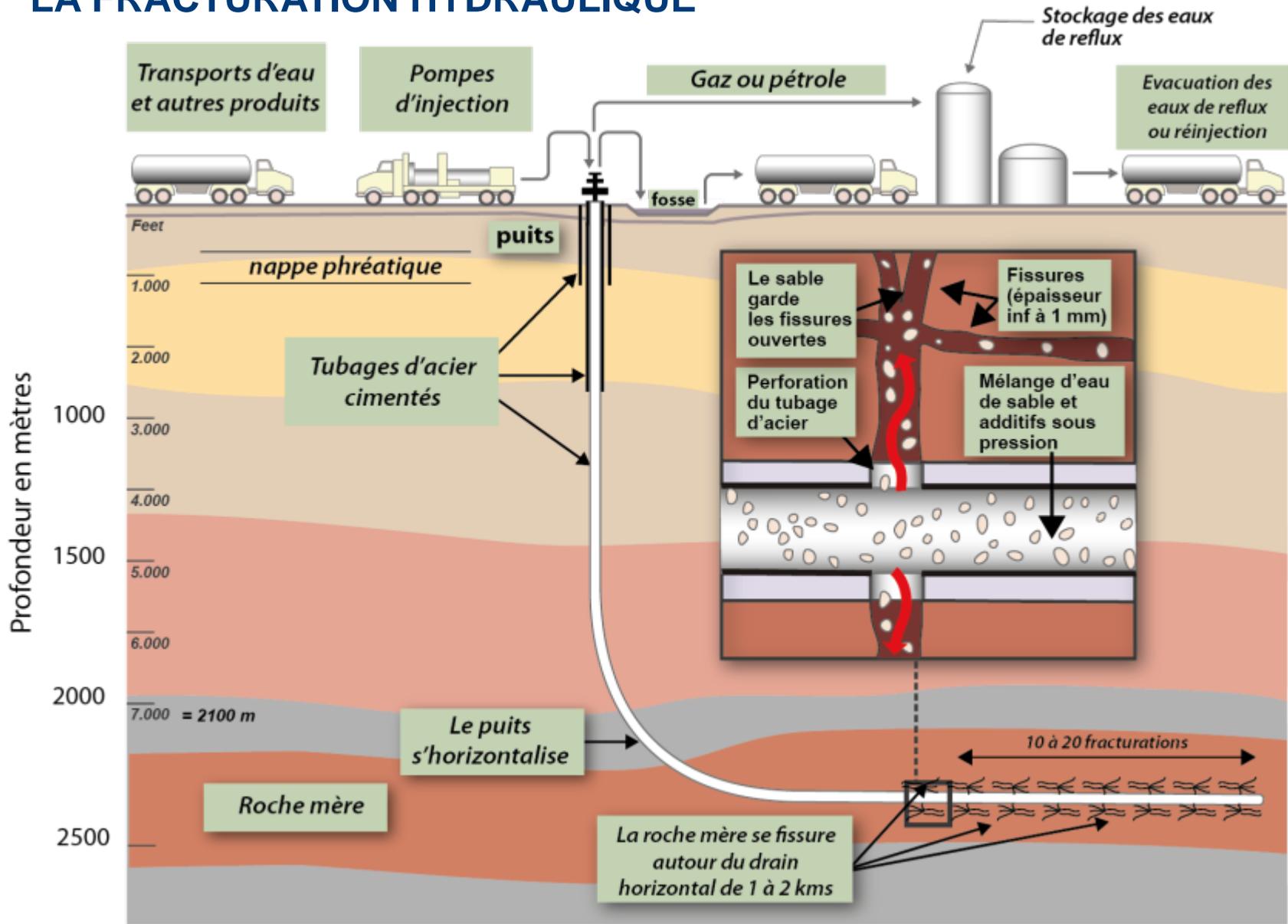
## Exemples d'anciennes productions de « Shale Oil »

*à ne pas confondre avec les Oil Shales (roches mères non matures) très largement produits à la fin du 19 ème siècle aux USA et même en France : Autun jusqu'à la fin des années 50!!)*

- Début années 50 : production dans l'ouest du Texas ( Shales du permien inférieur du « Spraberry trend »)
- Début années 60 : production en Sibérie Occidentale ( Champ de Salym : roches mères du Jurassique supérieur du Bazhenov – tentatives de fracturation nucléaire!)
- Début années 80 : premières créations de réserves par fracturations hydrauliques (bassin Californien de « San-Joaquin », formations à diatomites de Monterrey)

A chaque fois les limitations sont économiques et l'idée de stimuler la perméabilité au cœur des stratégies pour améliorer l'économie

# LA FRACTURATION HYDRAULIQUE



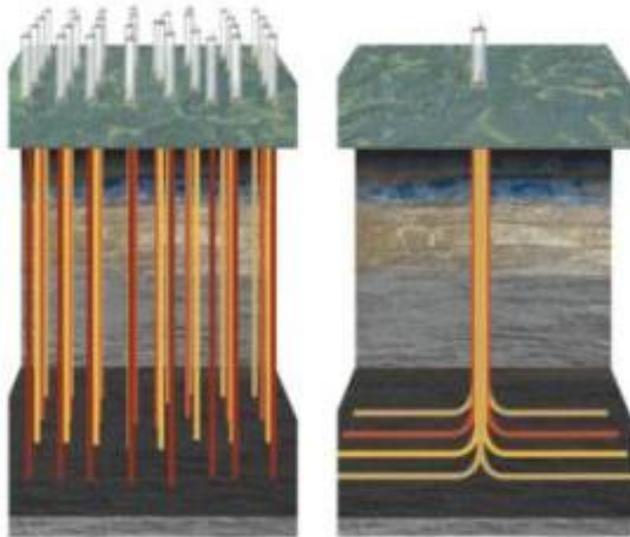
source : PR Bauquis - 15 janvier 2014



# HYDRAULIC FRACTURATION

Horizontal wells  
Hydraulic fracturation  
+ proppants  
+ Additives

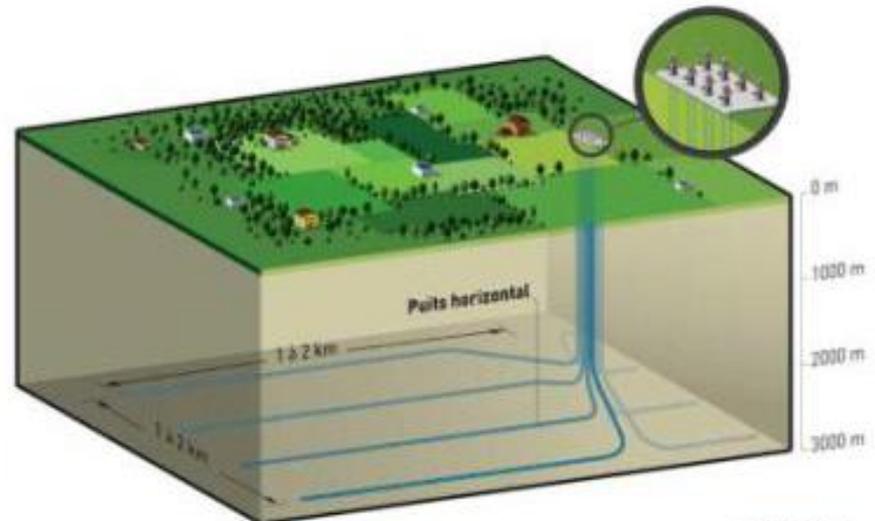
1 pad = replaces 32 vertical wells



Traditional Vertical Well Spacing:  
32 Separate Padsites Needed For 32 Wells.  
(Method not used by Chesapeake)

Horizontal Well Spacing:  
1 Padsite Yields Up To 32 Wells.  
(Chesapeake method)

Area of drainage



20/02/2013

# HORIZONTAL DRILLING AND HYDRAULIC FRACTURING HISTORY

**1821**

First commercial U.S. production of natural gas from shale from a shallow dug pit in Fredonia, N.Y.



In 1847, Standard Oil (Amoco) conducted the first experiments/fracturing in the Hugotite field in southwestern Kansas. Photo: IPT Online, Society of Petroleum Engineers, <http://www.iptonline.org/index.php?c=103>

**1800s**

**1860s to 1920s**

Natural gas, including shale gas from Appalachian and Illinois basins, is limited to use in cities close to wells.

**1930s**

**1930s**

Technology developed to lay large pipelines to transmit gas to northeastern cities; first horizontal well is drilled.

**Late 1940s**

Hydraulic fracturing first used to stimulate oil and gas wells. First experimental hydraulic fracturing treatment pumped in 1947 in Grant County, Kansas. First commercial use occurs in 1949 in Stephens County, Okla.

**1940s**

**1950s**

**1950s**

Hydraulic fracturing becomes commercially accepted process. More than 100,000 individual hydraulic fracturing treatments performed by 1955.



Marcellus Shale outcrop in Highland County, Va. Photo: James Coleman, U.S. Geological Survey

**1970s**

Development of downhole motors – a key component of directional drilling technology, accelerates. DOE sponsors R&D to improve shale and other unconventional gas extraction.

**1970s**

**1980s**

**1980s to 1990s**

Partnering with DOE and the Gas Research Institute, Mitchell Energy combines larger fracture designs, rigorous reservoir characterization, horizontal drilling and lower cost approaches to hydraulic fracturing to make drilling in Texas's Barnett Shale economical.

**1990s**

**2000s**

**2000s**

2003-2004 – Led by the Barnett Shale play, about 2 billion cubic feet (Bcf) of gas per day are produced from U.S. shales; operators begin exploring the Marcellus shale play in Pennsylvania. 2005-2010 – Gas production from Barnett Shale grows to about 5 Bcf daily; development of other major shale plays begins. 2010 – Present: DOE research continues to promote shale exploration, development and environmental protection.

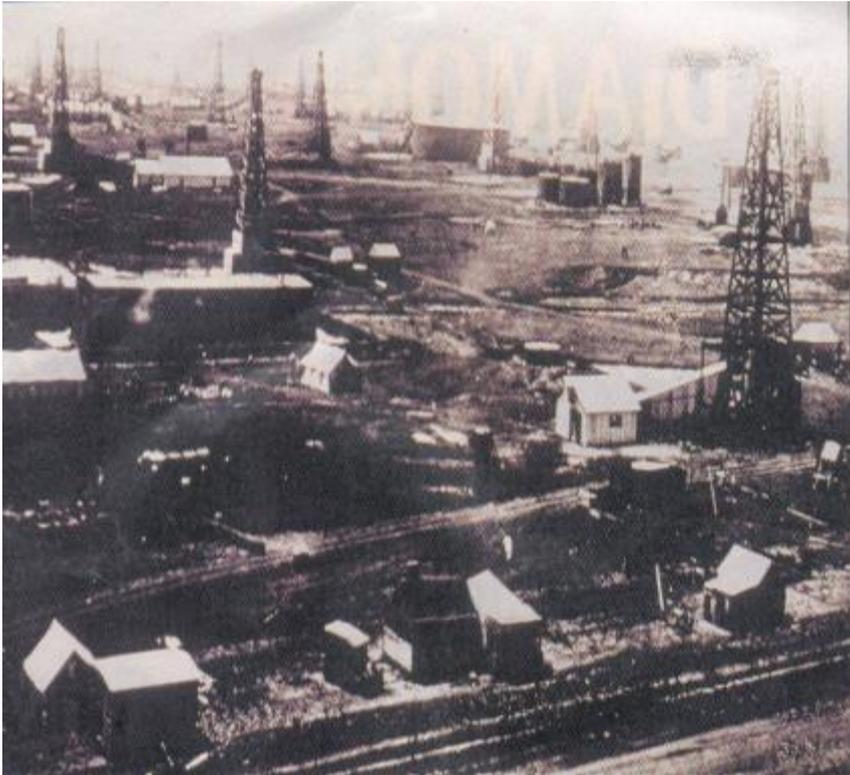
# HYDRAULIC FRACTURING: A TECHNIQUE ALREADY USED FOR MANY YEARS, INCLUDING OFFSHORE



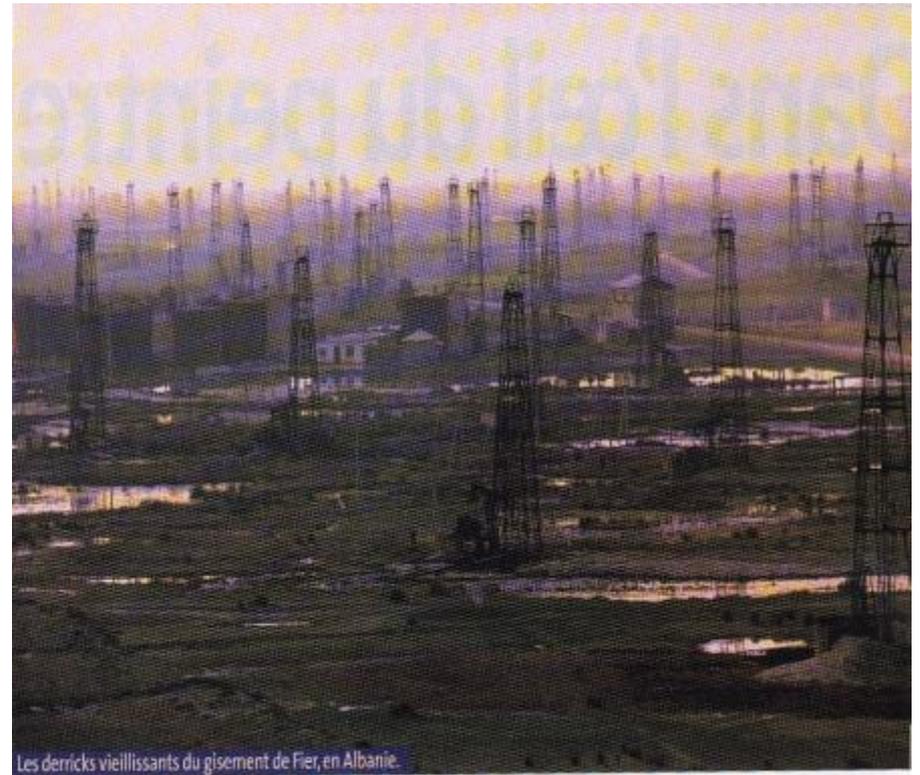
# 1-3 PÉTROLES ET ENVIRONNEMENT

# DU TEMPS DES RUÉES VERS L'OR NOIR ON SE SOUCIAIT PEU DE L'ENVIRONNEMENT

Old days, 1915 : Industry's infancy, derricks and oil splashed the countryside



Present day, but aging derricks, Fier Field, Albania



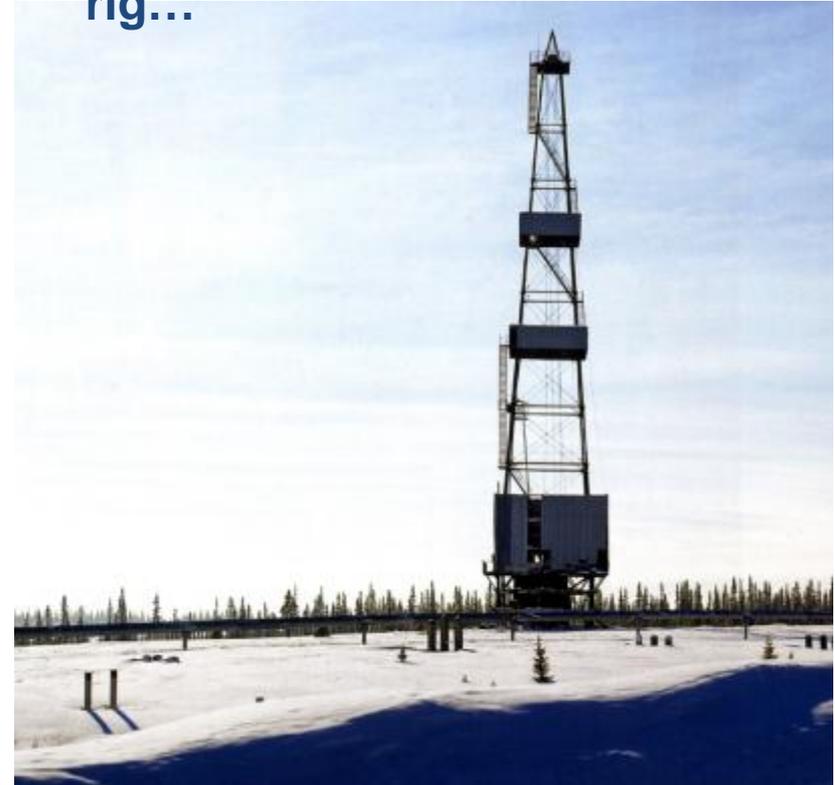
Les derricks vieillissants du gisement de Fier, en Albanie.

# LES ACCIDENTS ET ABANDONS DE VIEILLES INSTALLATIONS ONT ACCÉLÉRÉ LA PRISE DE CONSCIENCE

Sinking platform...



Abandoned rusty sovietic rig...



# LES MARÉES NOIRES ET LA TÉLÉVISION ONT PERMIS LA GÉNÉRALISATION DE CETTE PRISE DE CONSCIENCE

Deep water Horizon in flame, GOM, 2010



Oil spill in the GOM, 2010



# EN FRANCE LA MARÉE NOIRE DE L'ERIKA (DÉCEMBRE 1999) A CRÉÉ UN CHOC MAJEUR



# AUJOURD'HUI LES ÉTUDES D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL TOUCHE À TOUS LES ASPECTS DE L'INDUSTRIE PÉTROLIÈRE

Fish colonizing the transplanted corals  
(Yemen)



Production sites and pipe lines , Niger  
delta



Drilling pad restoration

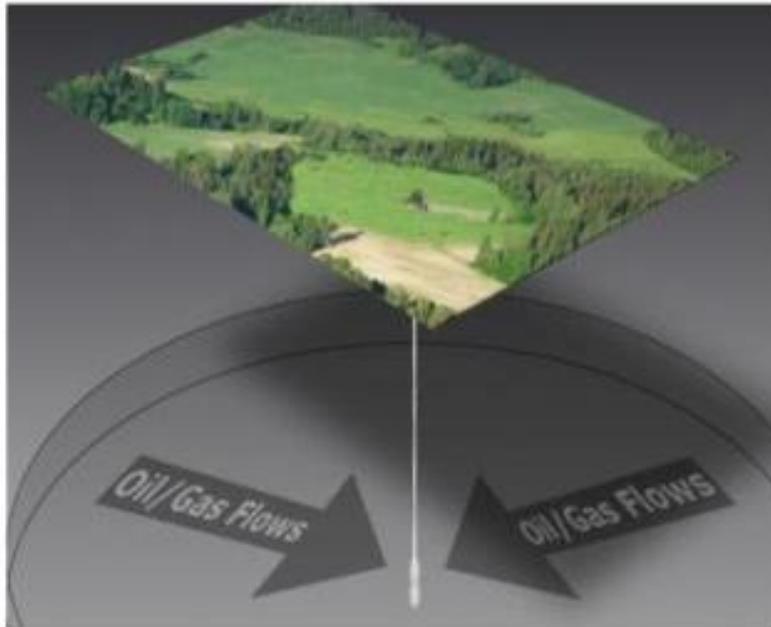


CO2 injection , Rousee, France

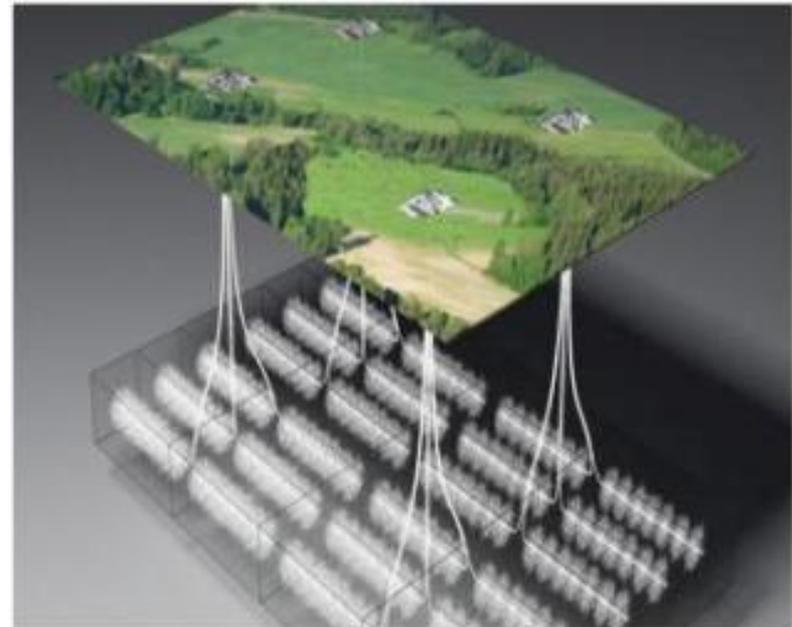


# CONVENTIONAL & UNCONVENTIONAL PRODUCTION

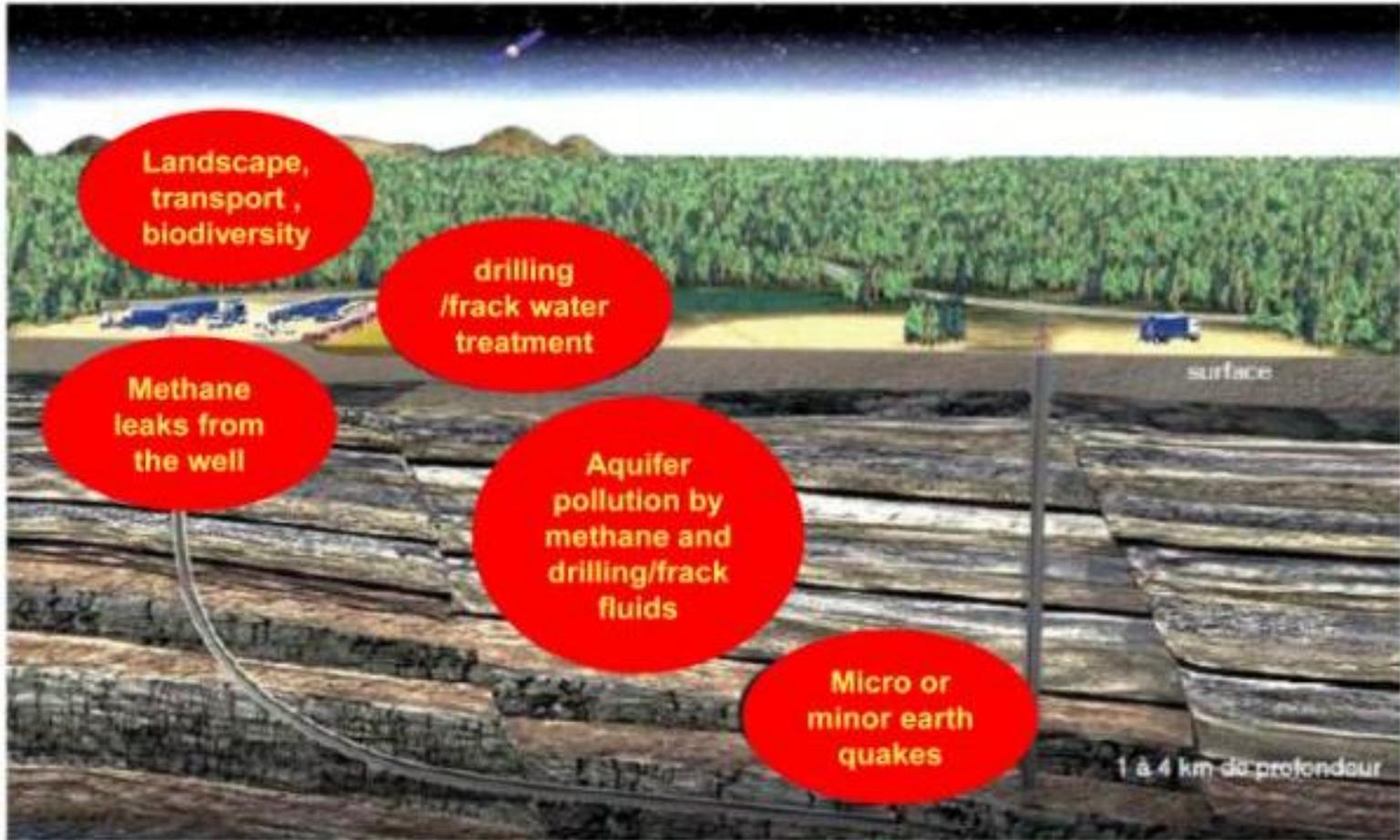
## Conventional production



## Unconventional production



# ENVIRONMENTAL IMPACTS





# THE TWO MAIN PROBLEMS...

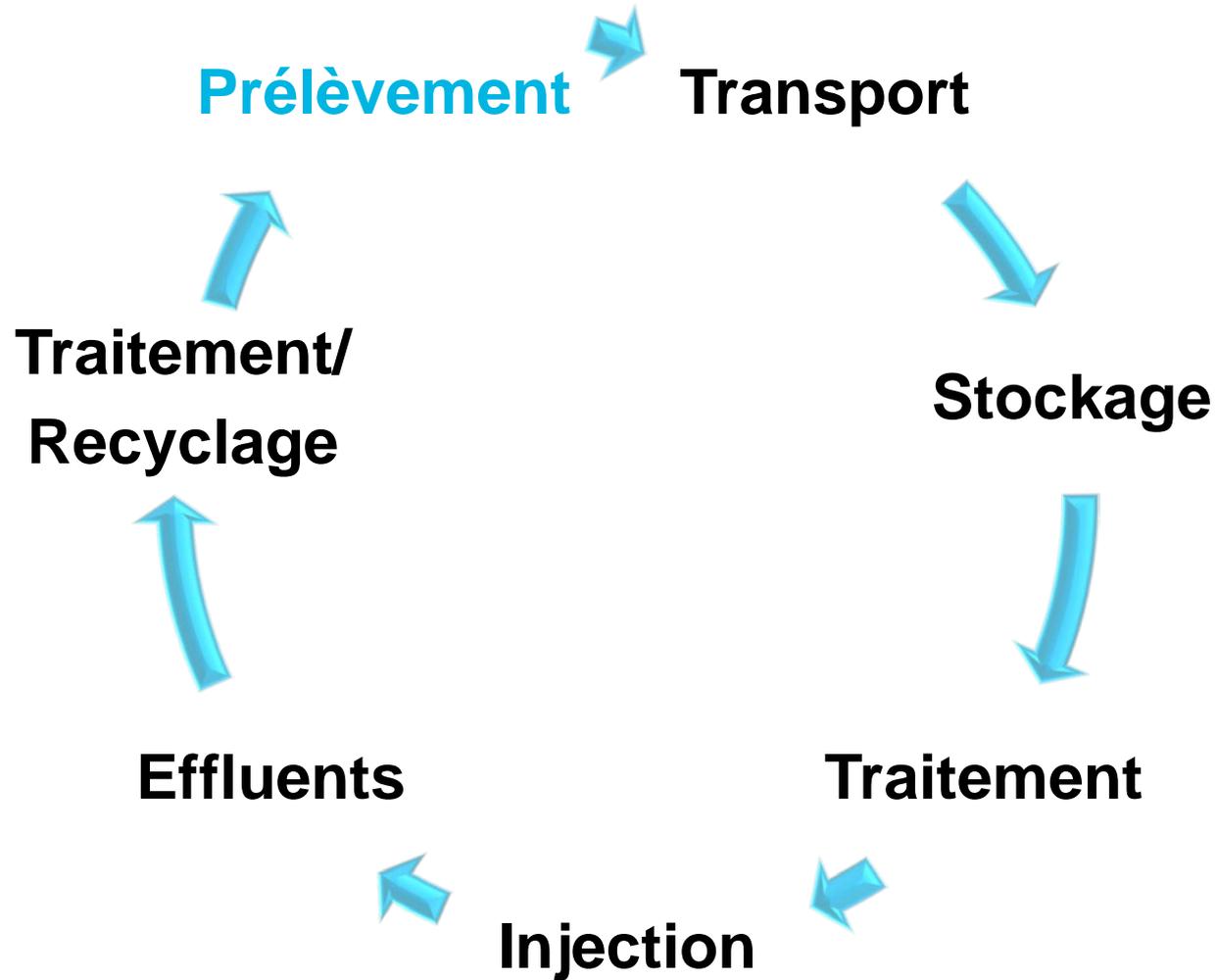
## Water management



## Surface land use and industrial activity disturbances



# LE CYCLE DE L'EAU



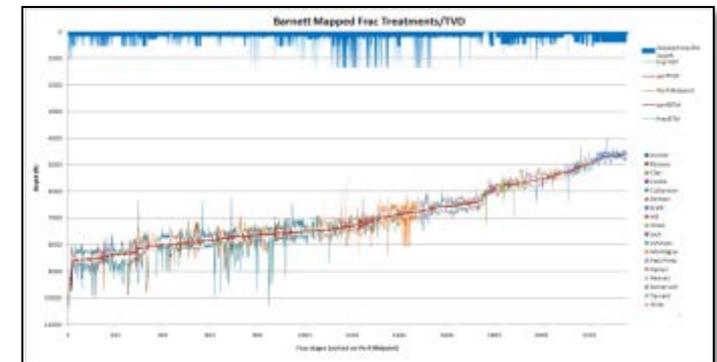
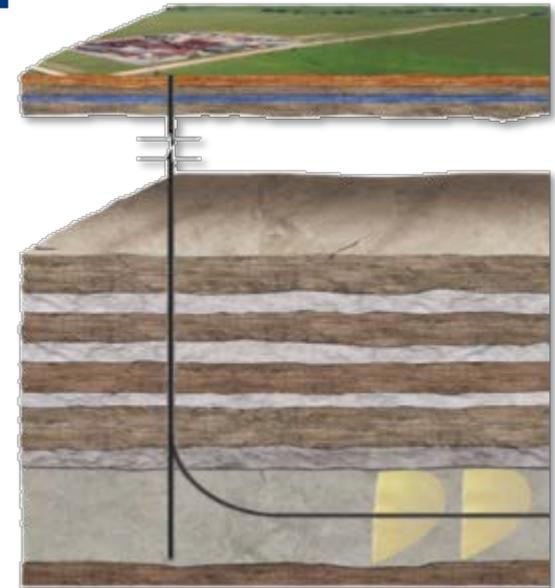
# PRÉSERVATION DU SOUS-SOL

## PROTECTION DES NAPPES PHRÉATIQUES

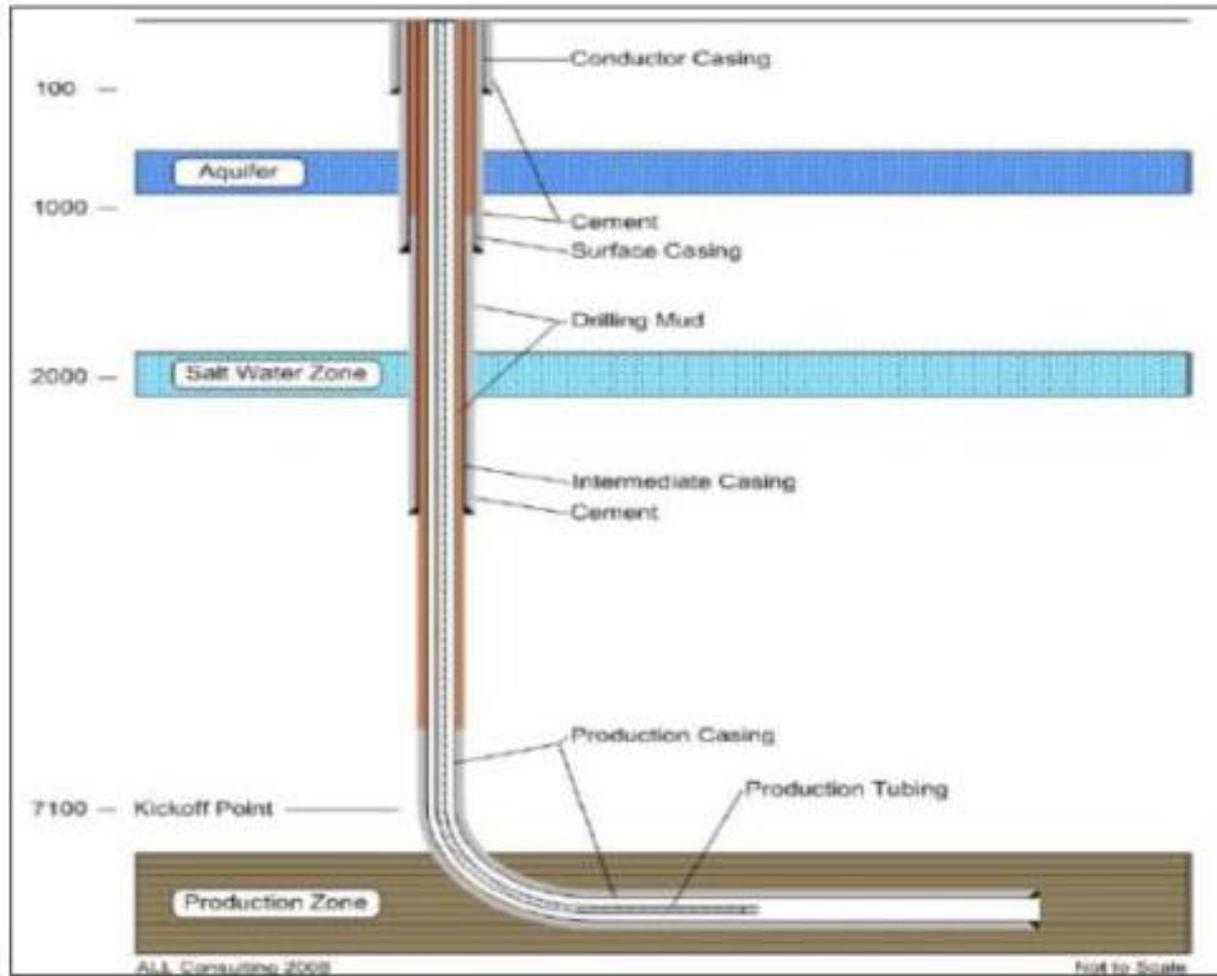
- La zone stimulée se situe nettement en-dessous des nappes phréatiques.
- La barrière verticale naturelle (multiples couches de roche imperméable) entre la formation exploitée et les eaux souterraines peut varier de plusieurs centaines à plusieurs milliers de mètres.

### *Moyens de contrôle:*

- La technologie de micro-sismique permet de mesurer physiquement l'extension des fractures en temps réel et de confirmer leur confinement.
- Un état zéro de la qualité des aquifères sera réalisé avant le début des opérations,
- Suivi continu (par puits témoin) pendant toute la durée de vie du puits.



# SHALLOW AQUIFER PROTECTION BY CASING



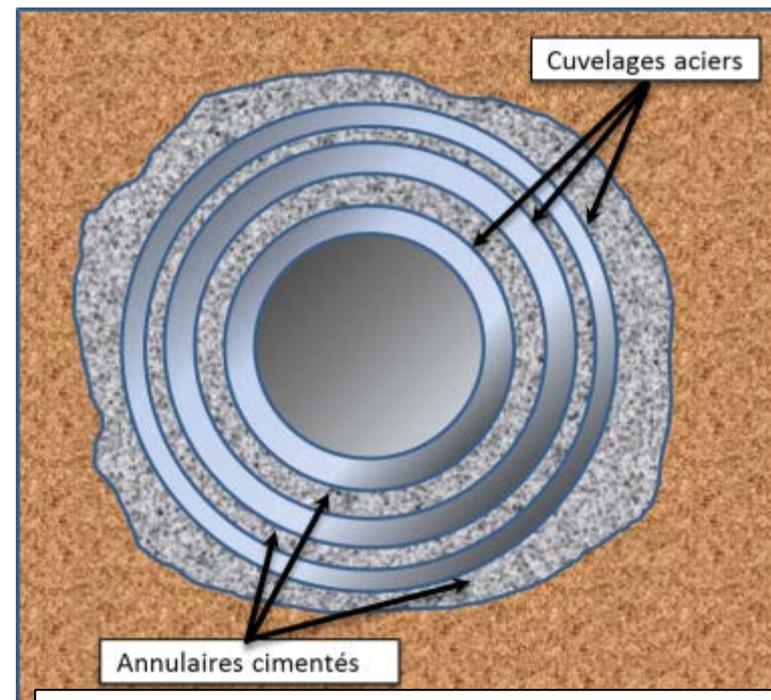
# PRÉSERVATION DU SOUS-SOL

## 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.

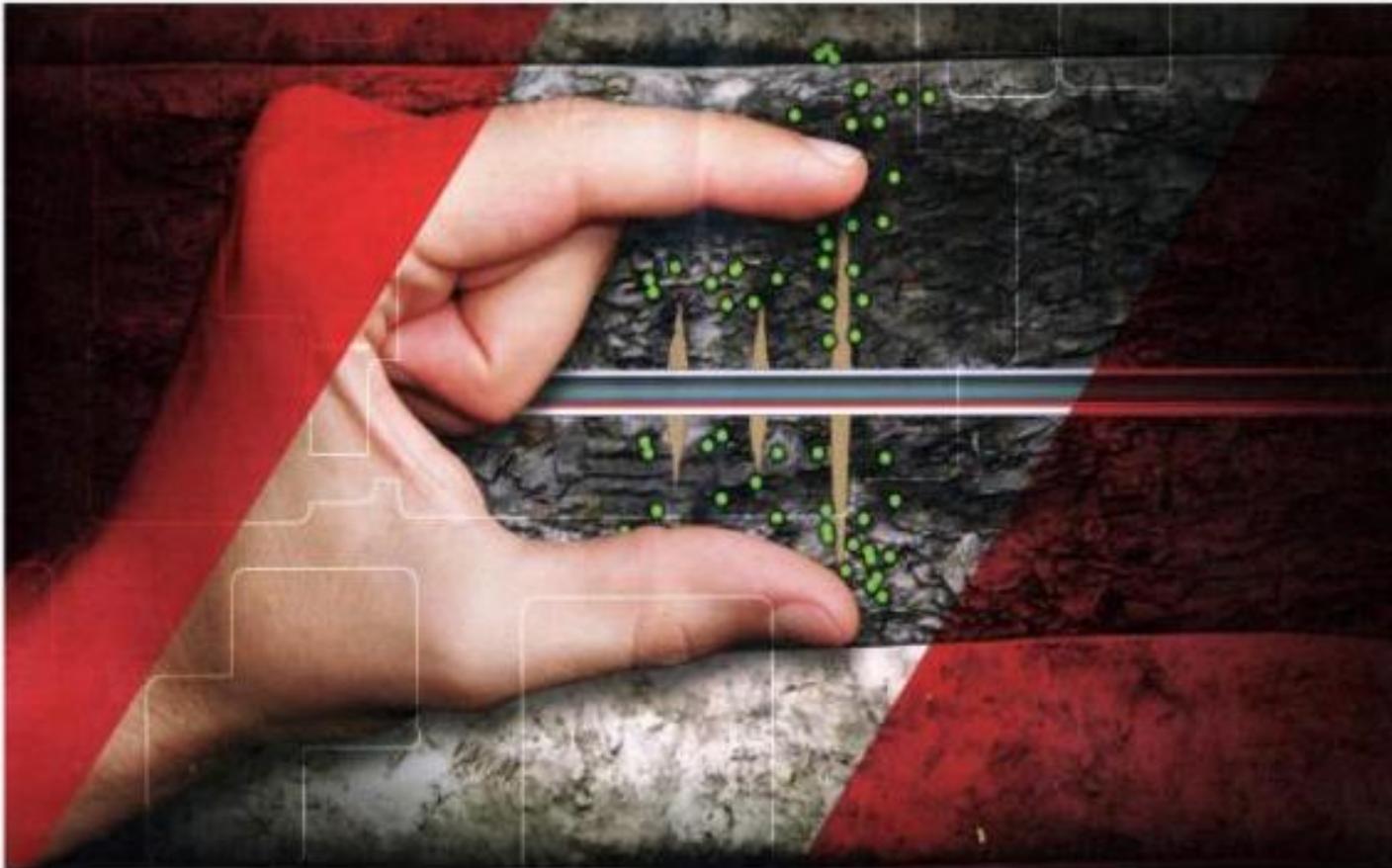
### *Moyens de contrôle*

- 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

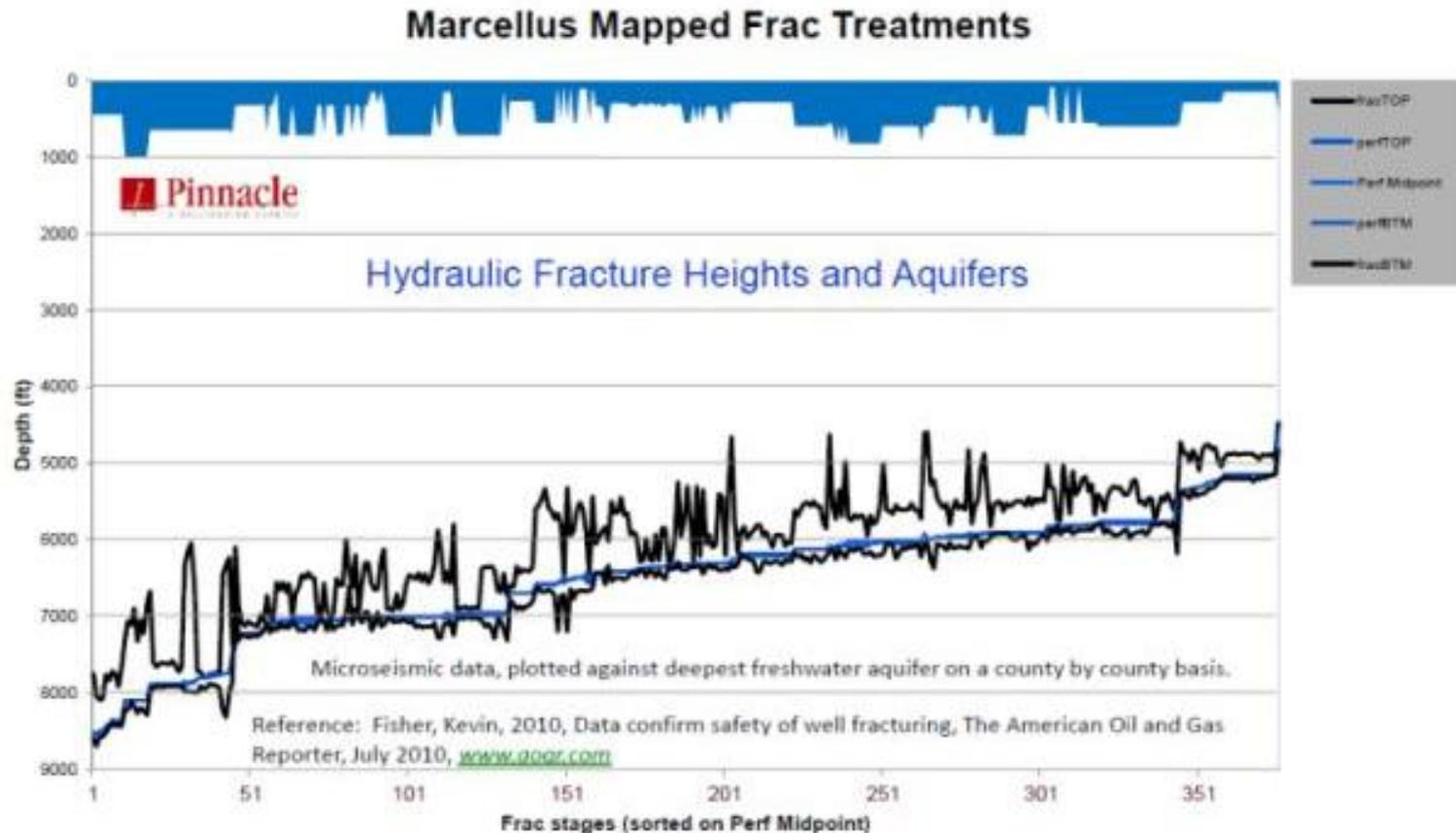


Coupe typique d'un puits cimenté

# DO YOU KNOW THE HEIGHT OF YOUR FRACK ?



# FRAC « SIZES » AND SHALLOW AQUIFERS



# FLOW BACK WATER TEMPORARY STORAGE



# WATER RECYCLING

- ▶ **Field proven**
- ▶ **Filtration + Softening; Key player: Mi-Swaco, Flowback Water Reclamation System**
  - Can handle medium TDS (50,000 to 80,000 mg/L) feed waters, processing 6,000 bpd
  - Filtration of TSS, 99% of feed water is recovered, with characteristics suitable for reuse
- ▶ **Mechanical Vapor Recompression (MVR); Key player: AquaPure, Nomad 2000 unit**
  - Field proven: 14+ million barrels treated in the Barnett Shale (Texas) since 2005
  - Feed water is distilled: 80% is recovered as clean water and 20% remaining concentrate must be disposed; able to process 2,300 barrel per day (bpd)



**AquaPure  
Nomad 2000  
unit**

# HYDRO FRACKING SITE

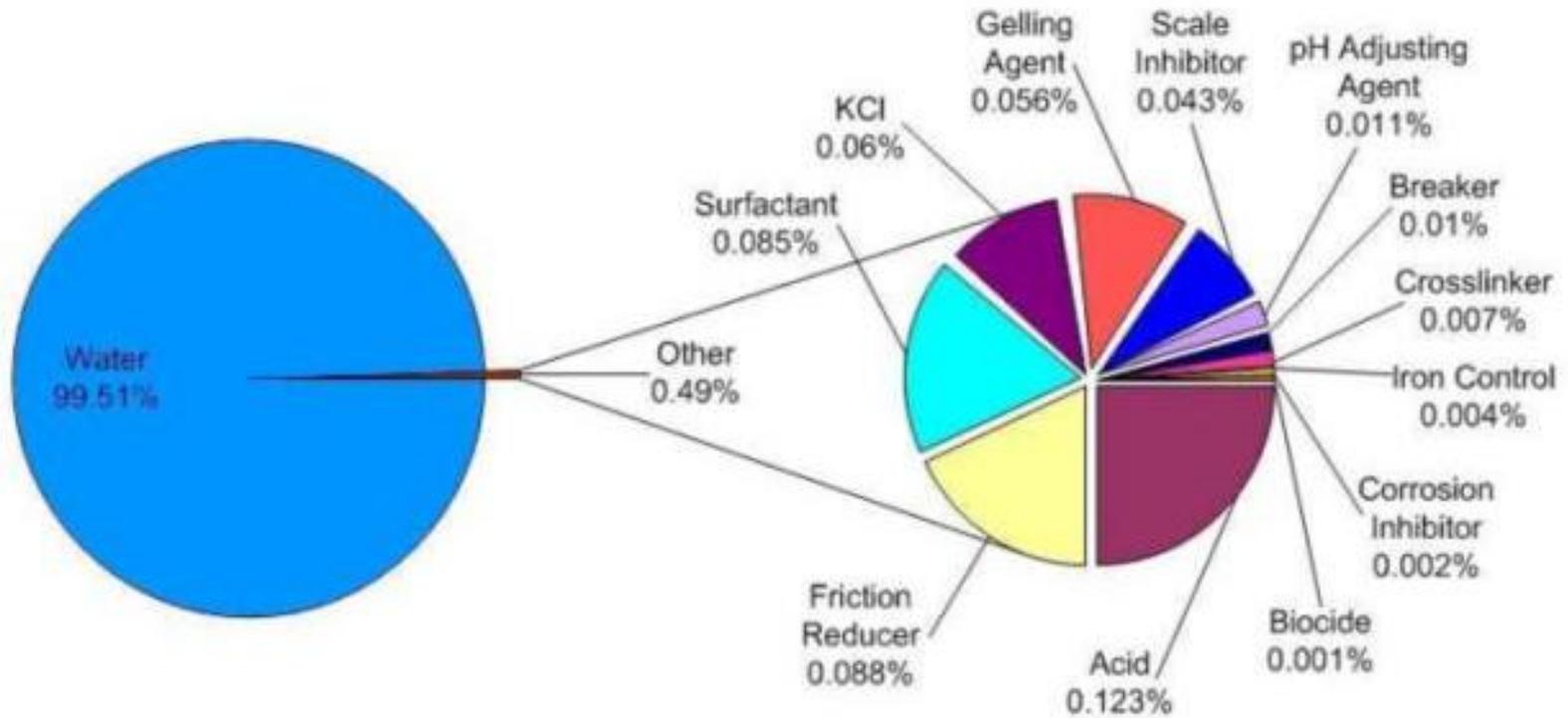


<http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/rapports/publications/bape273.pdf>

# LAND IMPACT OF DRILLING PADS



# COMPOSITION OF THE FRACK FLUID (UN VOLUME)



# FRACK FLUIDS

## • Stimulation fluid

- Several stimulation fluid systems are available
- The composition is in general dictated by the properties of the formation that needs to be stimulated and the availability of water.
- Opens and maintain open the frac / Transport the proppant

## • Gel, Visco Elastic Fluids or Slick Water

- Depends on the permeability of the formation
- Shale gas is mainly stimulated using slick water with high flow rate to carry the proppant

## • Additives

- Reduce frictions, improve proppant carrying capacity (gel)
- Gel Breaker and surfactant to remove water after frac
- Remove bacteria
- Inhibates shale if needed

## • Proppant

- Sand or Ceramic, Size, Weight selected based on
- Resistance to closure stress
- Design Multi layer or Partial Mono Layer
- To ensure appropriate conductivity and avoid screen out



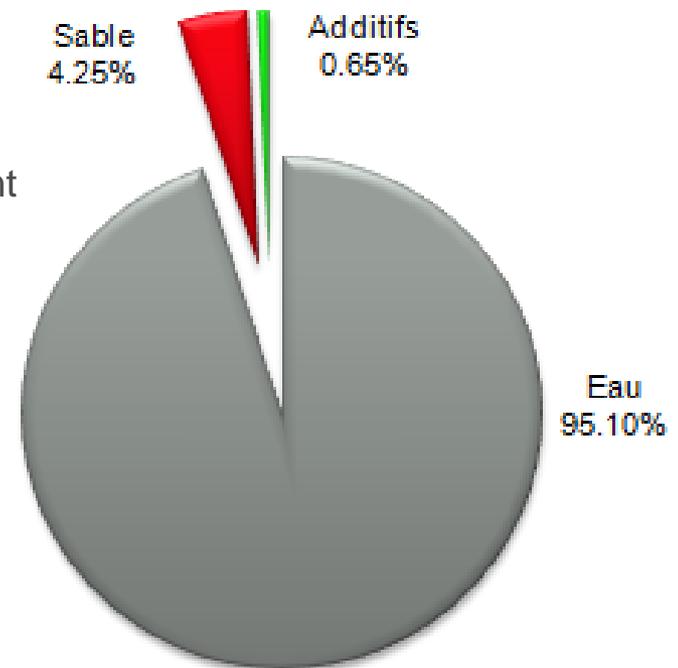
# RISQUE DE POLLUTION PAR LES FLUIDES DE FRACTURATION

## ■ *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



# 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	
Polycrylamide	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	Épaissit 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

# FLARING OF GAS ASSOCIATED WITH OIL PRODUCTION

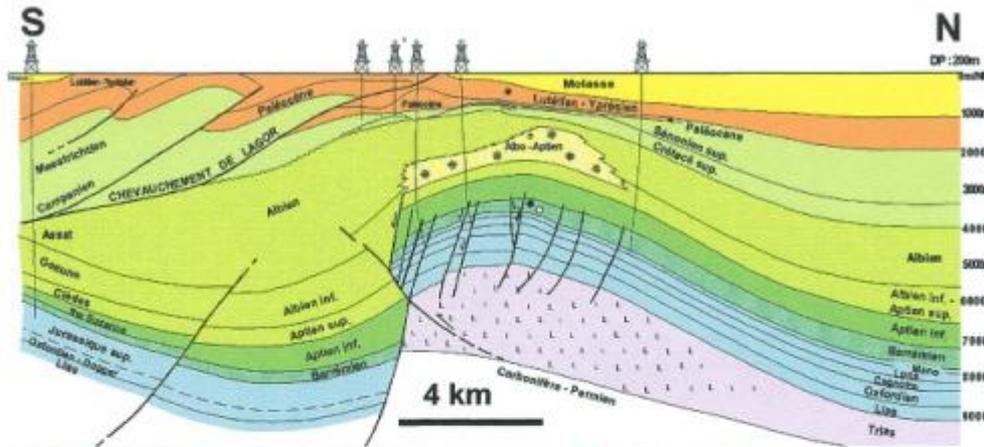


<http://www.eaem.co.uk/news/uk-shale-gas-reserves-huge-difficult-exploit>

## Problems associated with flaring:

- Light pollution
- Noise
- Greenhouse gas (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>)

# LACQ: ZÉRO DOMMAGE LIÉ À LA SISMICITÉ INDUITE...BIEN QUE SUPÉRIEURE À CELLE LIÉE AUX « GAZ DE SCHISTES »

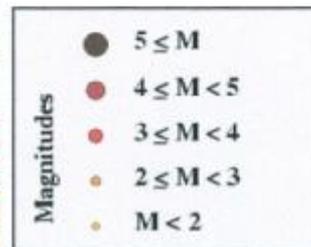
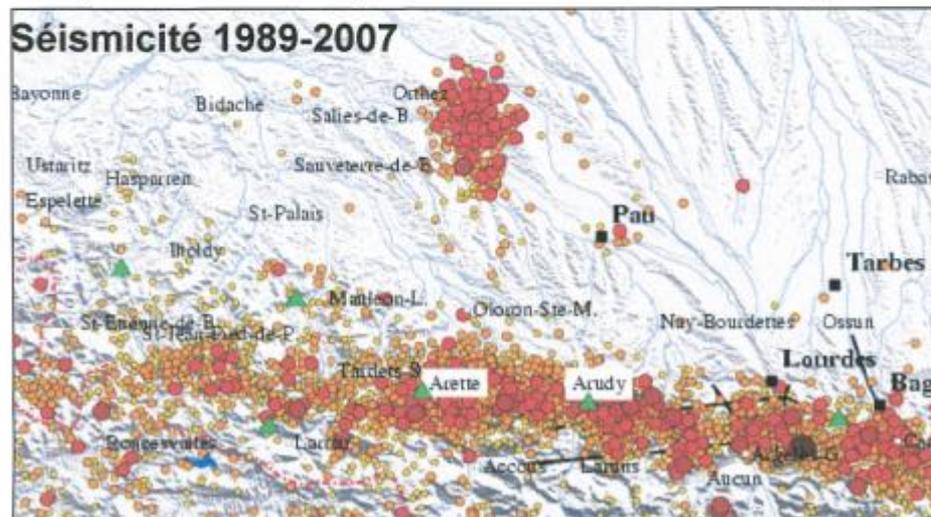


- 1949 : découverte : d'huile à -640 m
- 1951 : de gaz à -3350 m (éruption)
- 1957 : début de l'extraction du gaz
- 1969 : apparition premiers séismes

L'exploitation a entraîné :

- une modification des contraintes
  - une décompression des roches
  - une subsidence des terrains
- responsable d'une **séismicité induite**

- Des milliers de petits séismes dans un rayon de 5 km
- Le plus gros en 1996 M. 4,2
- Sous surveillance étroite



# 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.

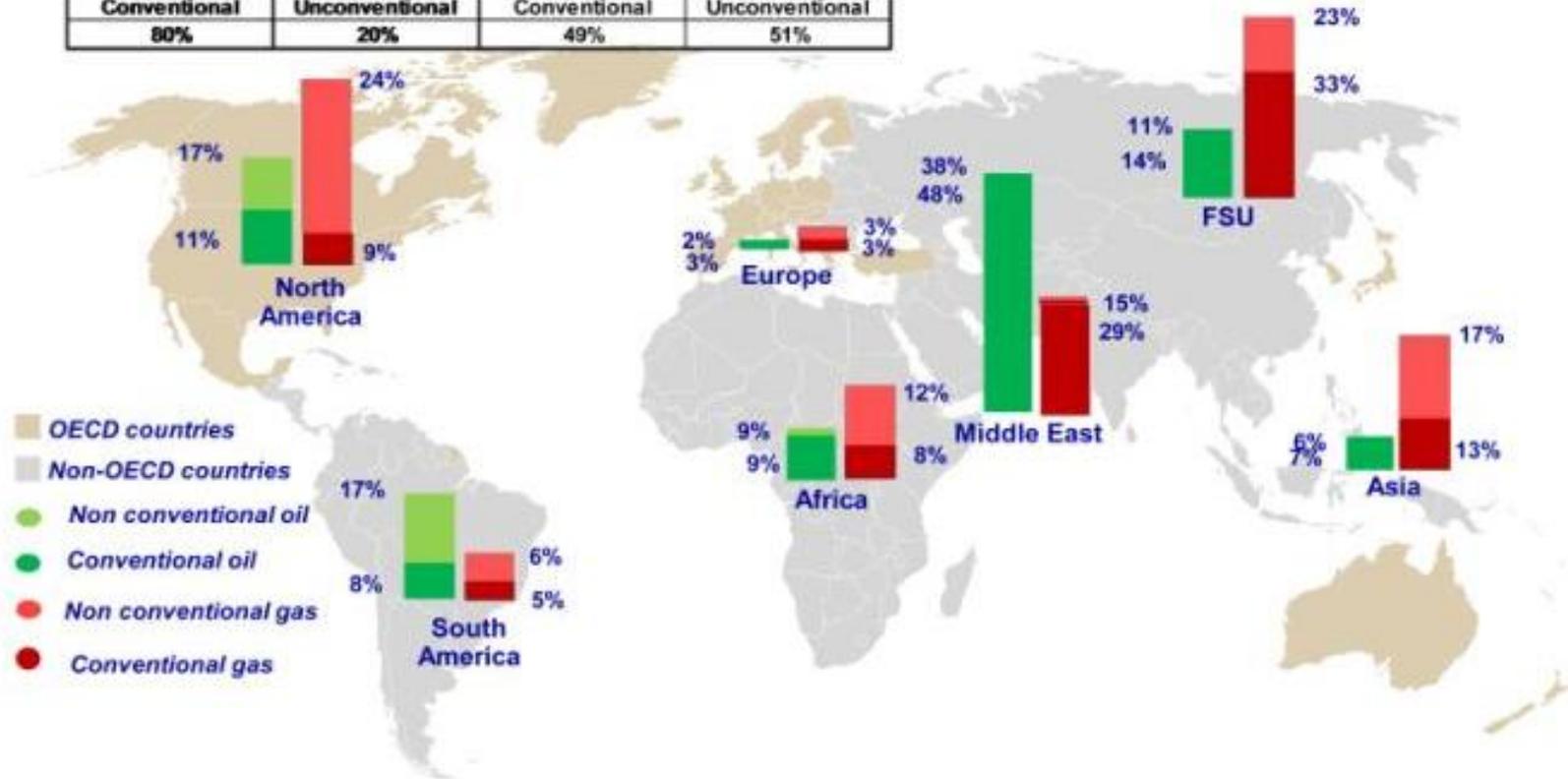


*Discussions inextricables suite aux baisses des revenus de la commune*

# 1-4 RESSOURCES RÉSERVES ET PRODUCTIONS

# WORLD OIL AND GAS RESERVES & RESOURCES

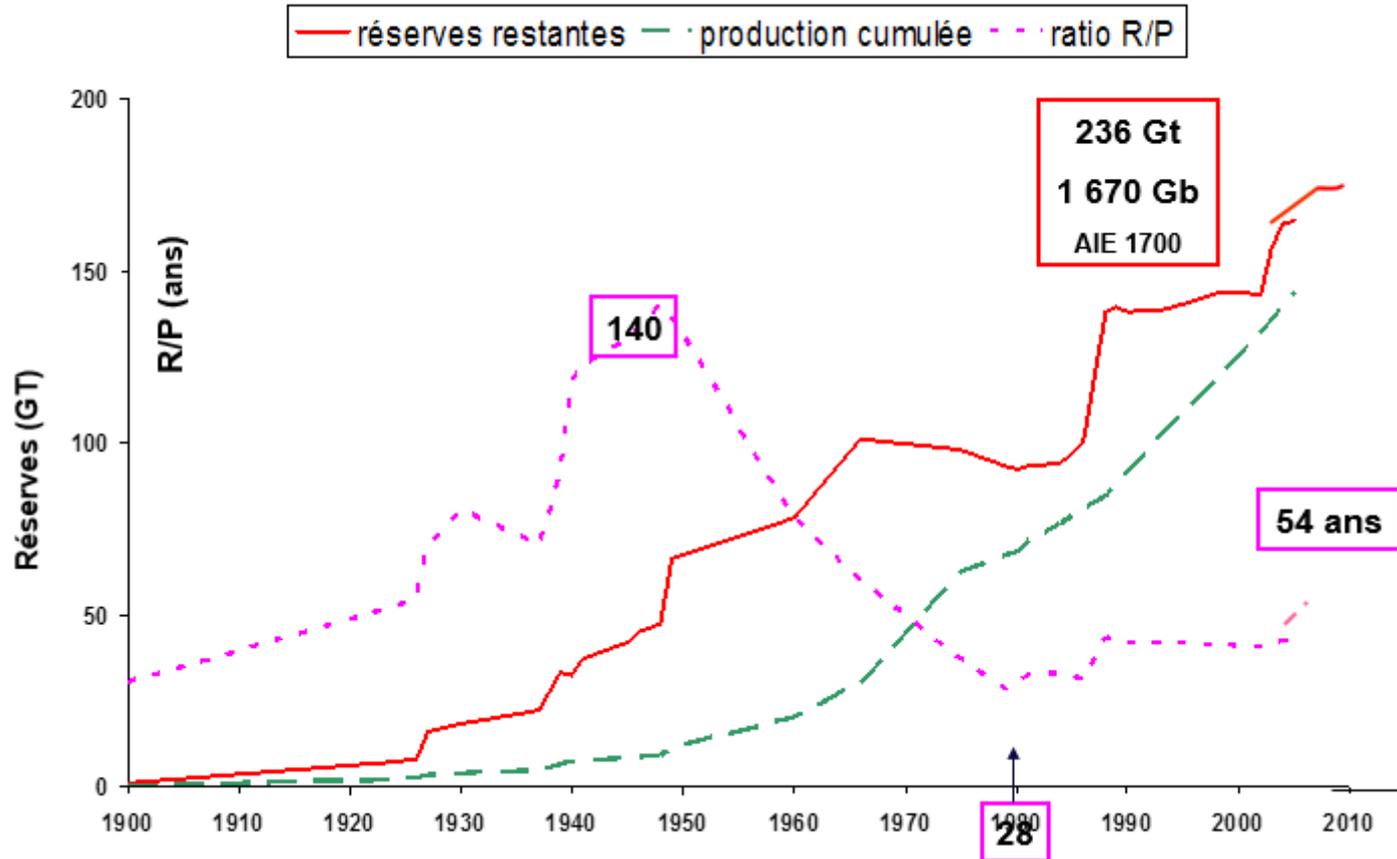
Oil 2000 Gbep (*)		Gas 2500 Gbep	
Conventional	Unconventional	Conventional	Unconventional
80%	20%	49%	51%



Distribution of conventional and unconventional Oil & Gas reserves and resources (\*) excluding oil Shales

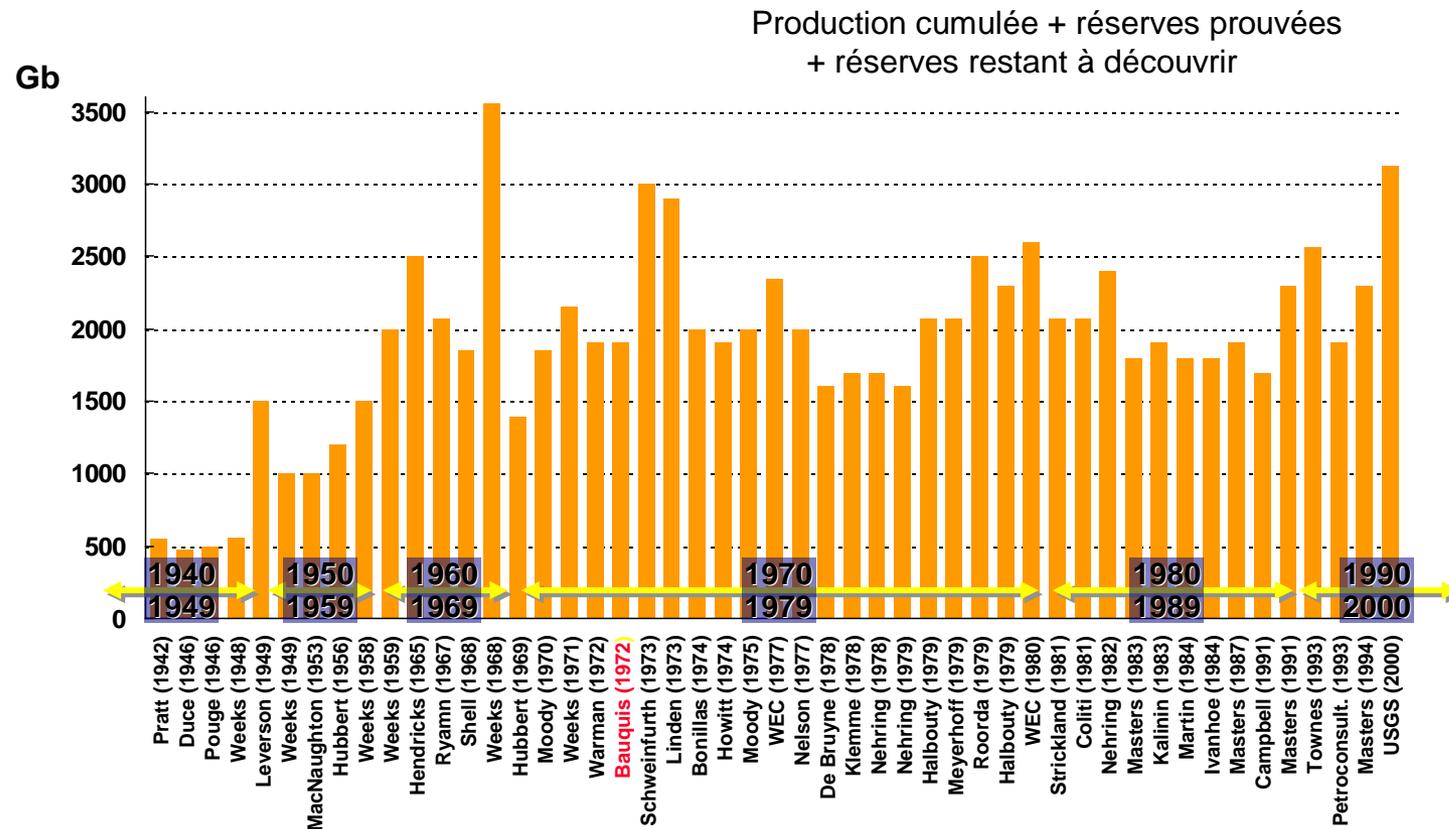
Source: Total estimates

# ÉVOLUTION DES RÉSERVES PÉTROLIÈRES MONDIALES



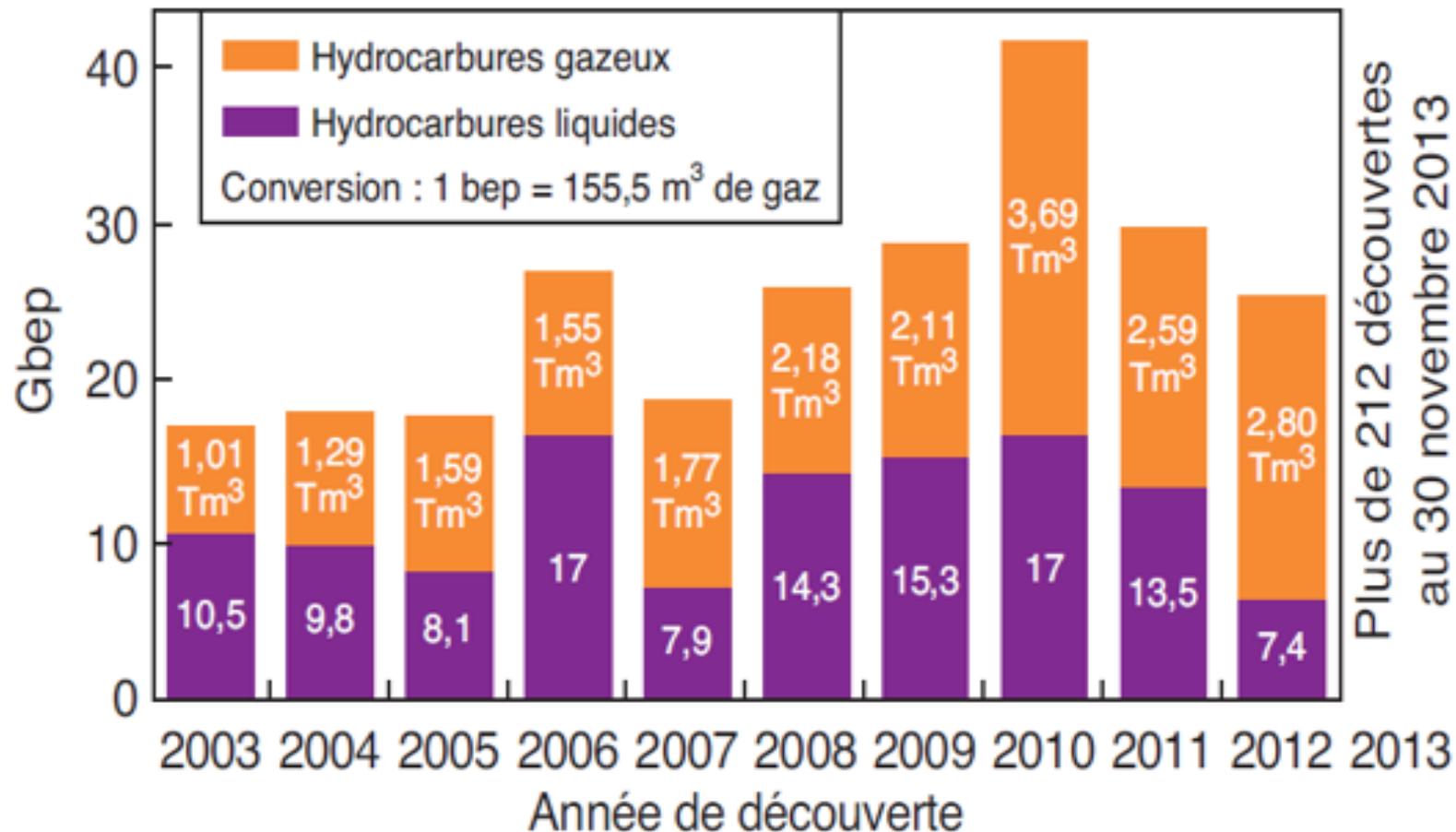
Source : BP Statistical Review

# ESTIMATIONS PASSÉES DES RÉSERVES ULTIMES



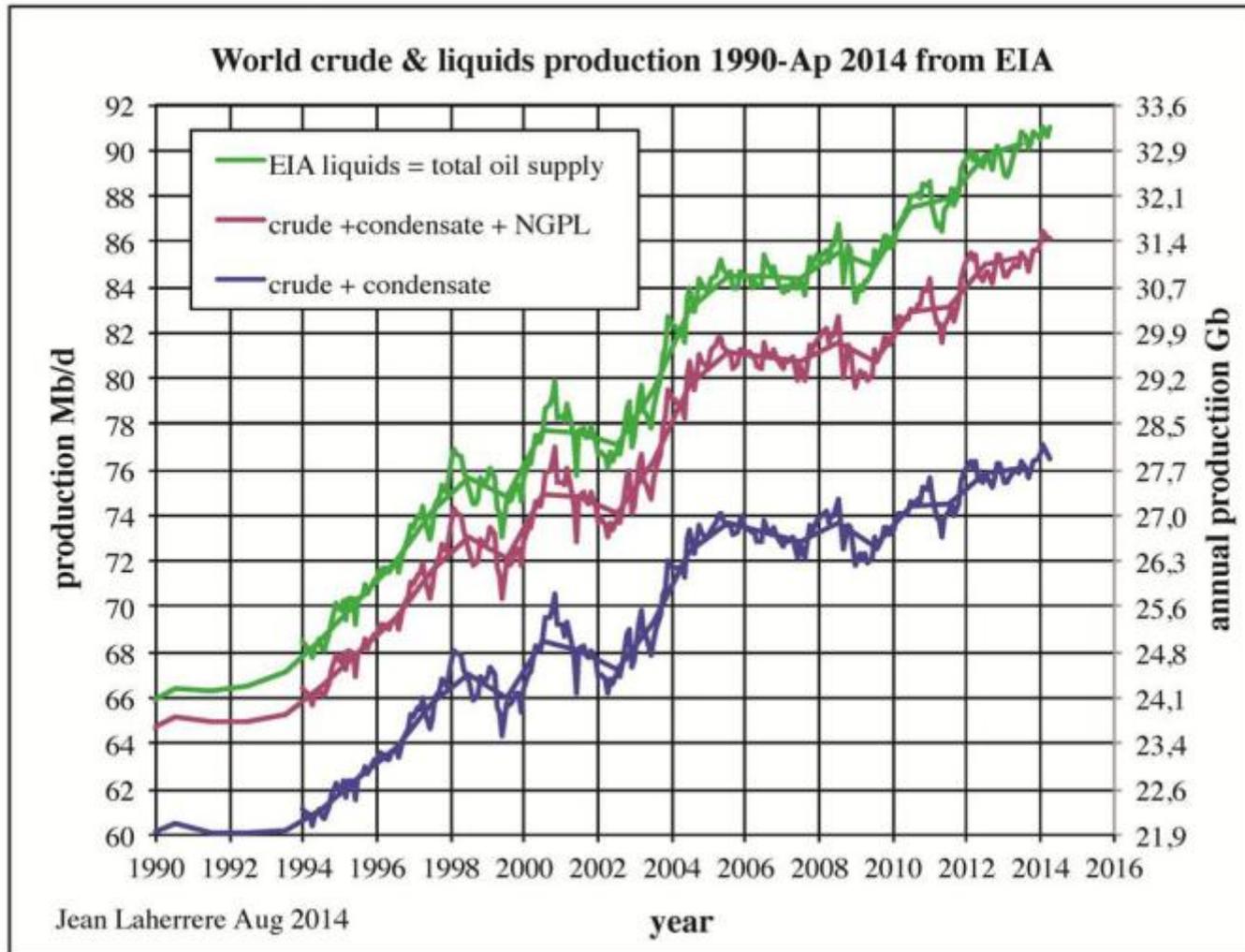
Source : IFP d'après Martin (1985), Campbell (1992) et USGS (2000)

# DÉCOUVERTES 2003 - 2012

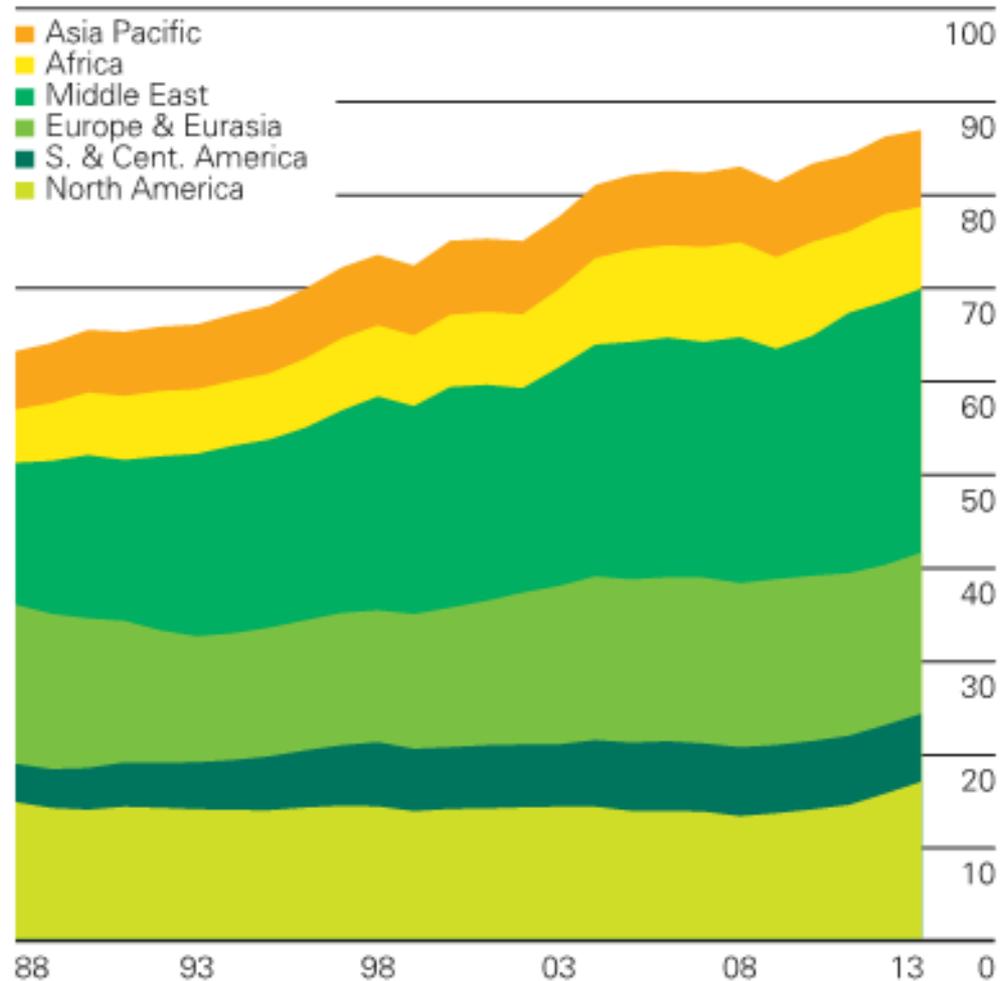


Source Panorama IFPen 2013 d'après WoodMacKenzie

# ATTENTION AUX STATISTIQUES: QU'EST CE QUE LA PRODUCTION PÉTROLIÈRE MONDIALE? UN CONCEPT FLOU...

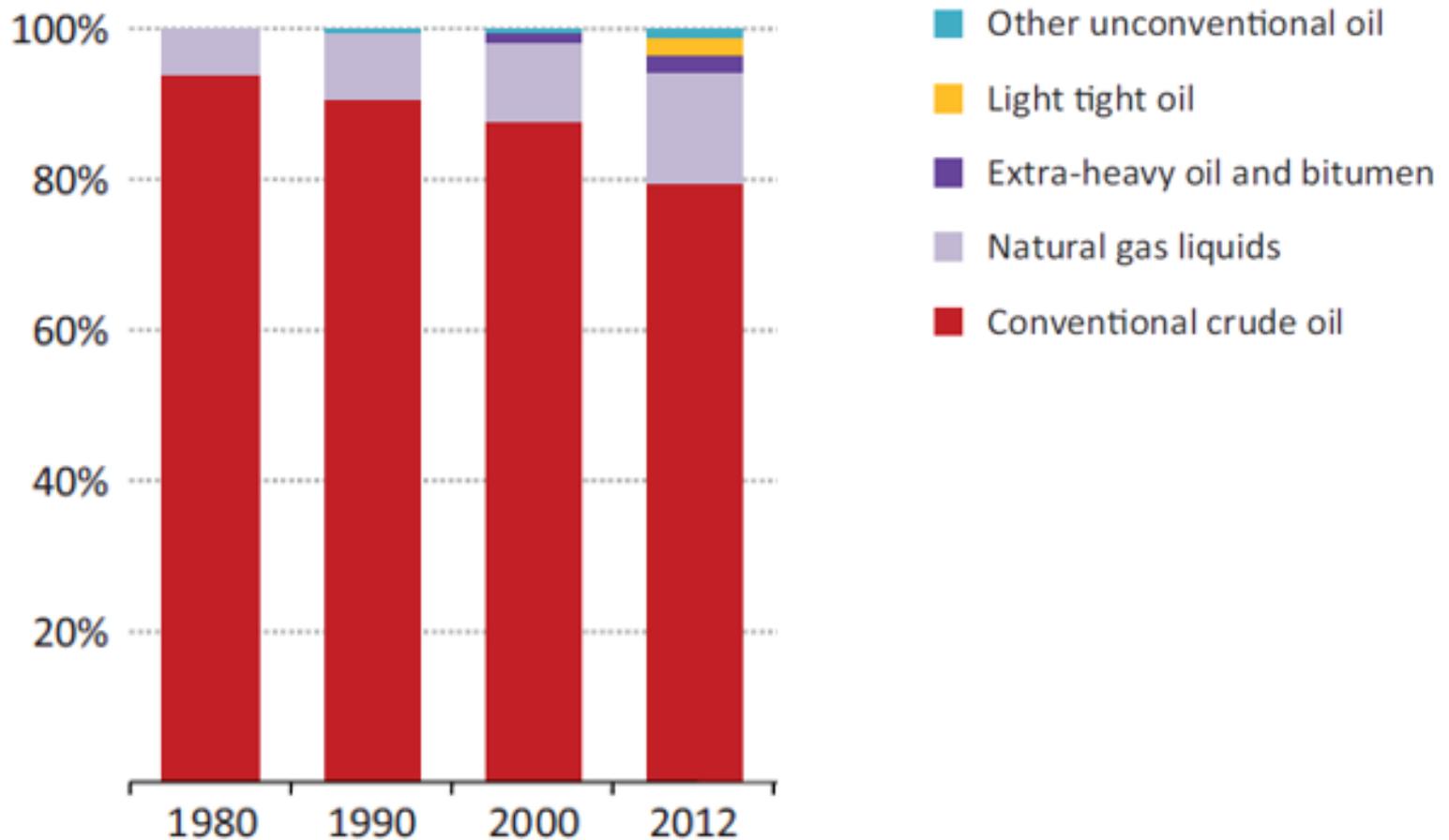


# PRODUCTION PÉTROLIÈRE PAR RÉGIONS



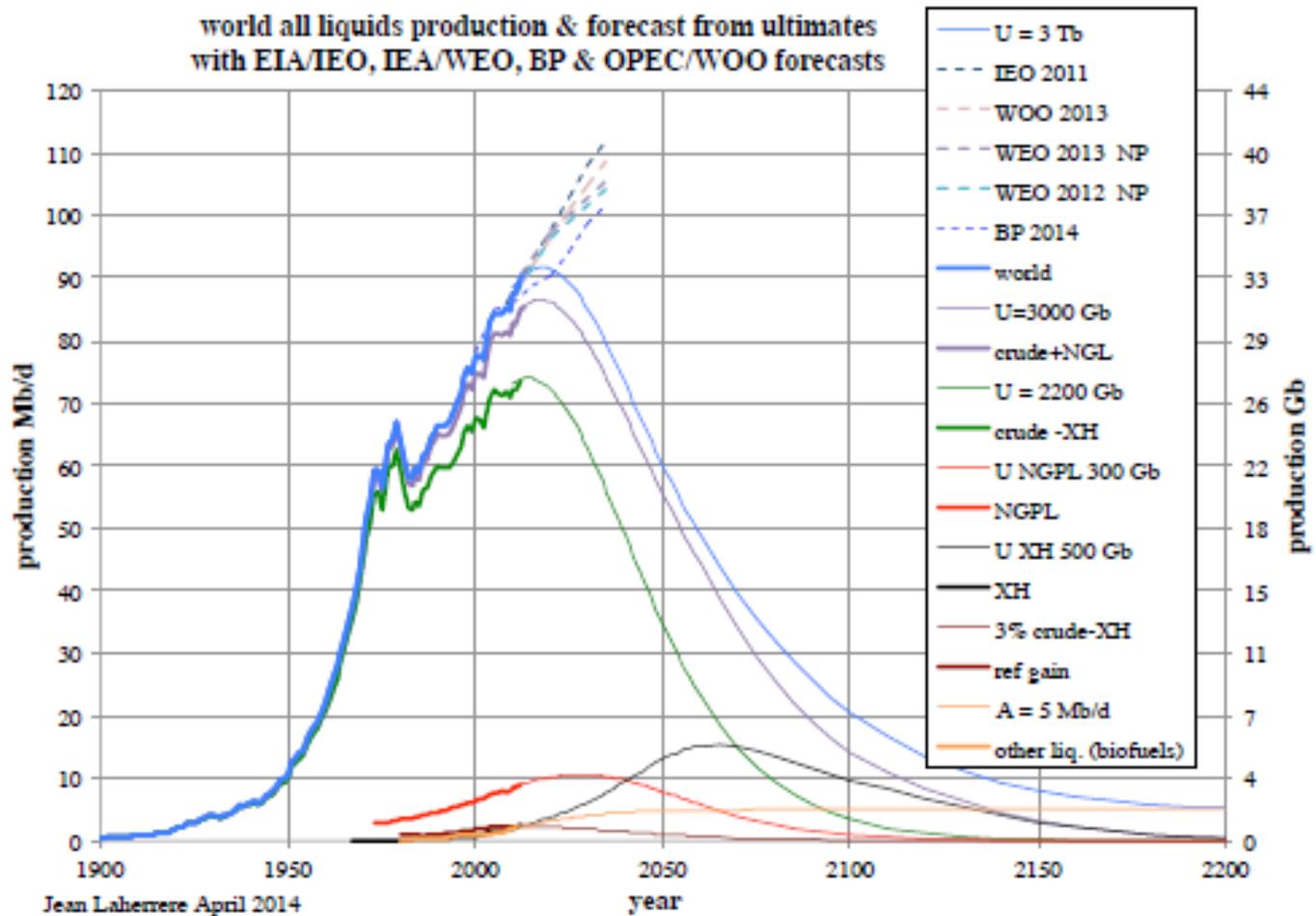
Source BP Statistical Review of World Energy 2014

# PART DES DIFFÉRENTES RESSOURCES DANS LA PRODUCTION MONDIALE DE PÉTROLE



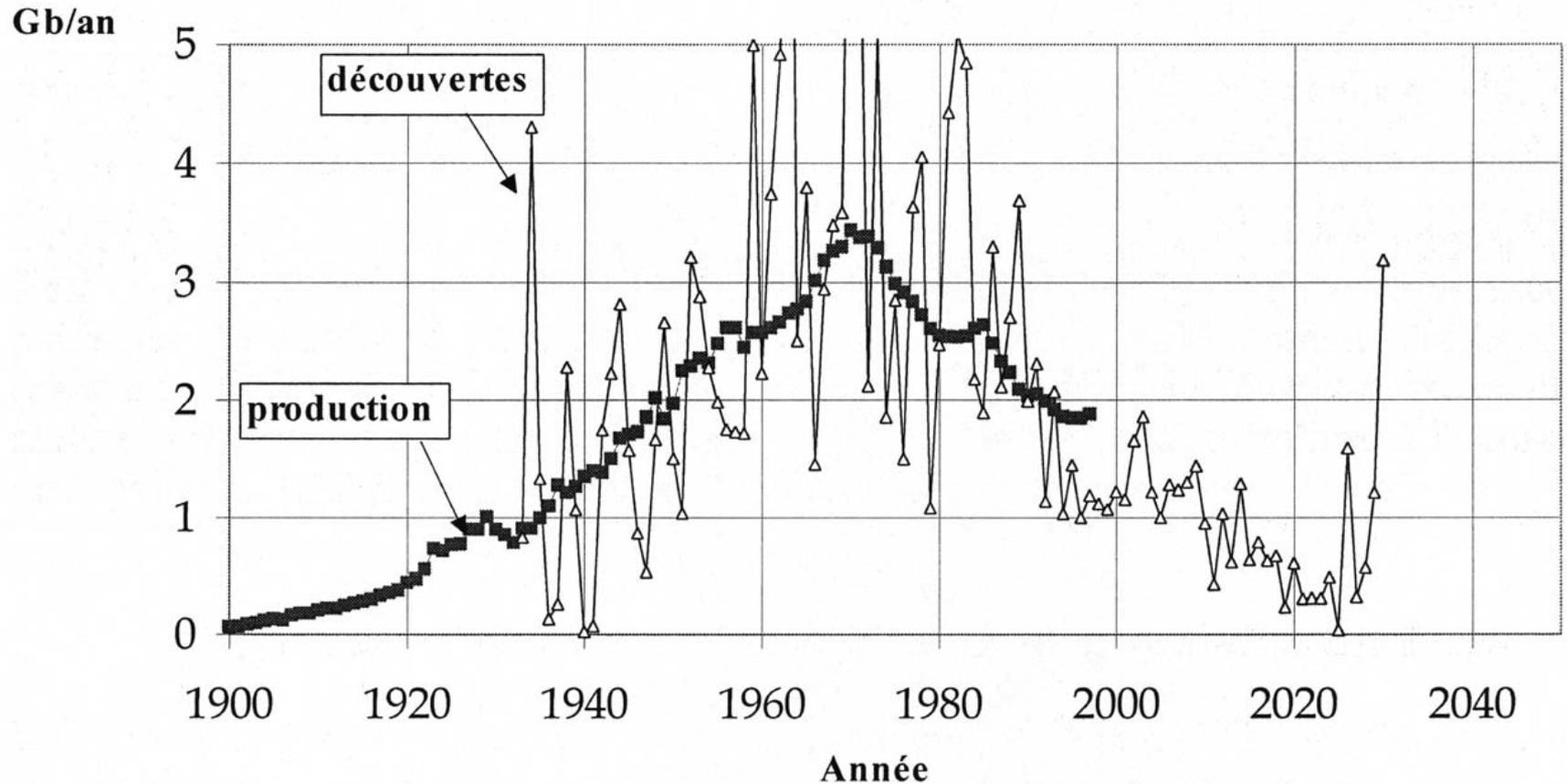
Source AIE, WEO 2013

# PRODUCTION PÉTROLIÈRE MONDIALE



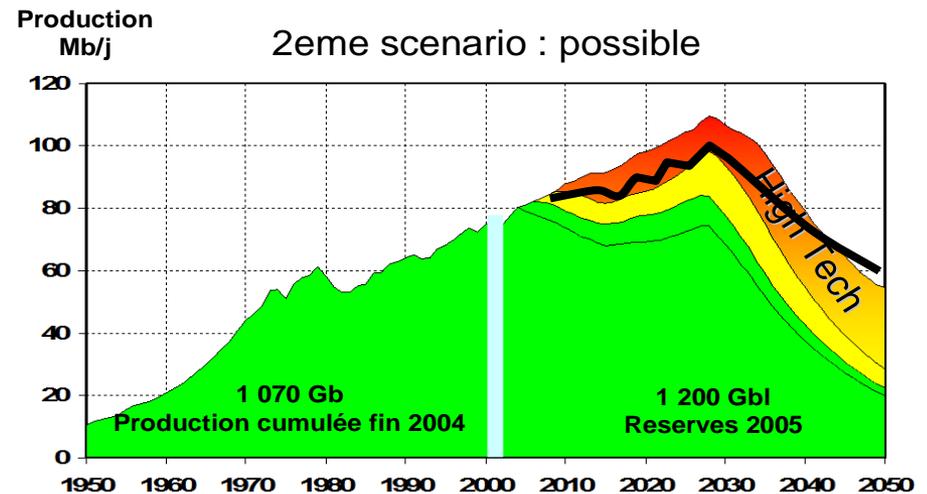
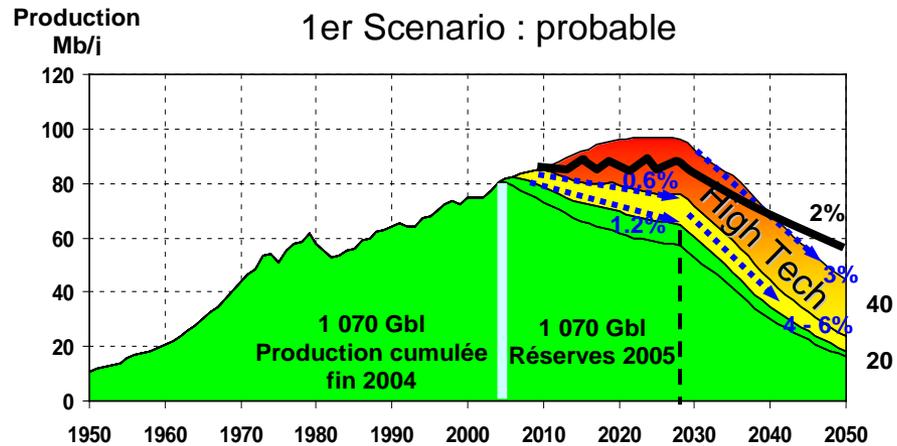
Source : Jean Laherrère, MIT Club de France, 28 avril 2014

# PART DES DIFFÉRENTES RESSOURCES DANS LA PRODUCTION MONDIALE DE PÉTROLE



Source Jean Laherrère à préciser

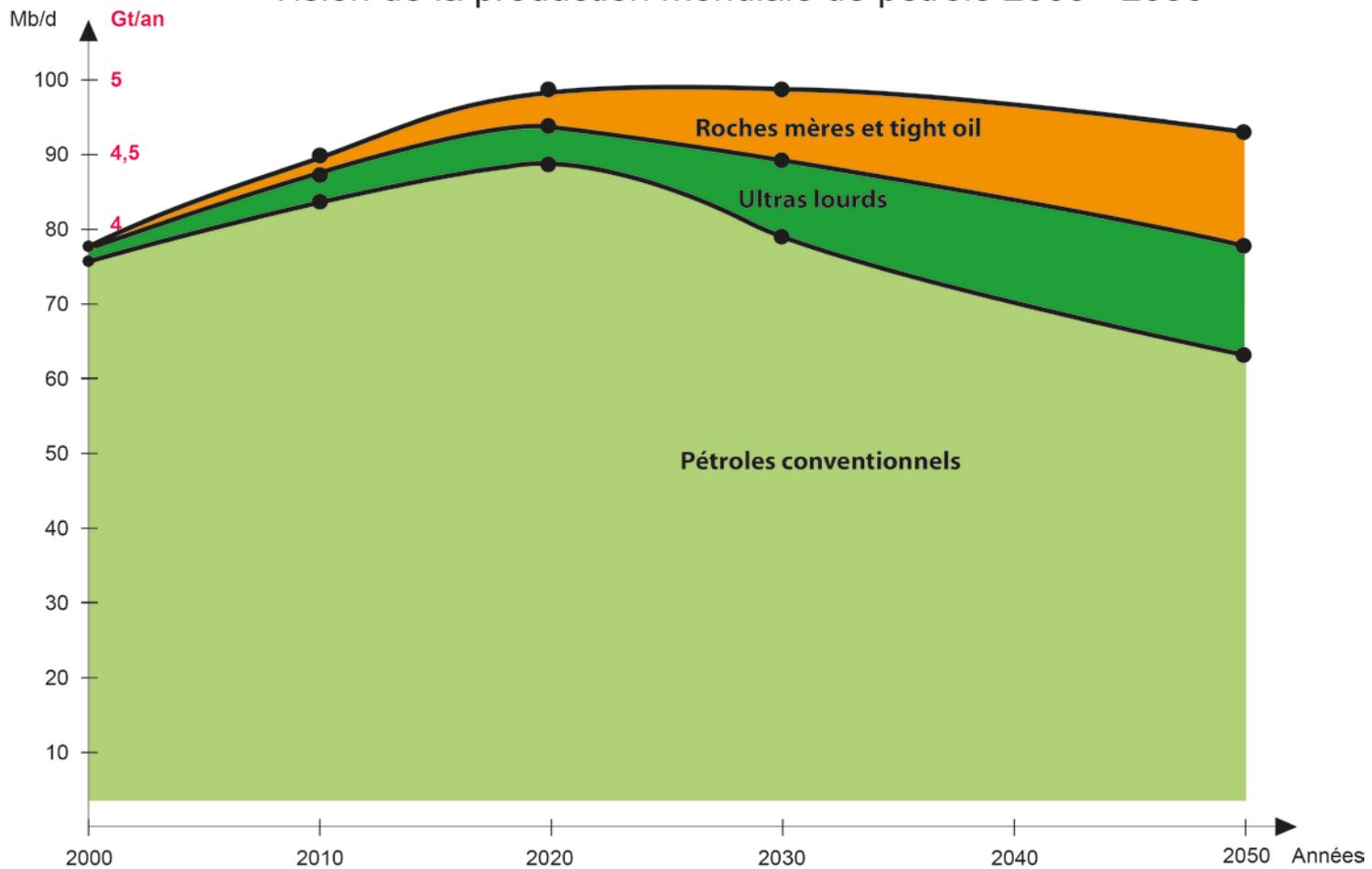
# SCÉNARIOS DE PRODUCTION



Source : Yves Mathieu (2006)

# PRODUCTION MONDIALE DE PÉTROLES CONVENTIONNELS ET NON CONVENTIONNELS

Vision de la production mondiale de pétrole 2000 - 2050



Source : PR Bauquis (2014)

# 1- 5 LES NOUVELLES SOURCES DE PÉTROLES: NON CONVENTIONNELS, SYNTHÉTIQUES ET SUBSTITUTS

# ATTENTION AUX CYCLES DE CONVERSION « SHADDOKS »

1

LE COURS DU BRUT EST BON  
(MAIS PEUT S'EFFRITER), LE  
GAZ SE VEND ENCORE BIEN  
MAIS GARE!



2

ON VA DONC PRENDRE TOUT  
NOTRE GAZ, ET LE CONVERTIR  
EN LIQUIDES!



LA CONVERSION  
ÇA MARCHE, C'EST  
ÉCRIT DANS TECHNO-  
SCOOP.

3

ÇA FERA MONTER LE COURS DU  
GAZ, PLUS RARE, ET CHUTER CE:  
LIQUIDES EN GÉNÉRAL



QU'ON ACHÈRA  
PAS CHER POUR  
LES REGAZEIFIE.

4

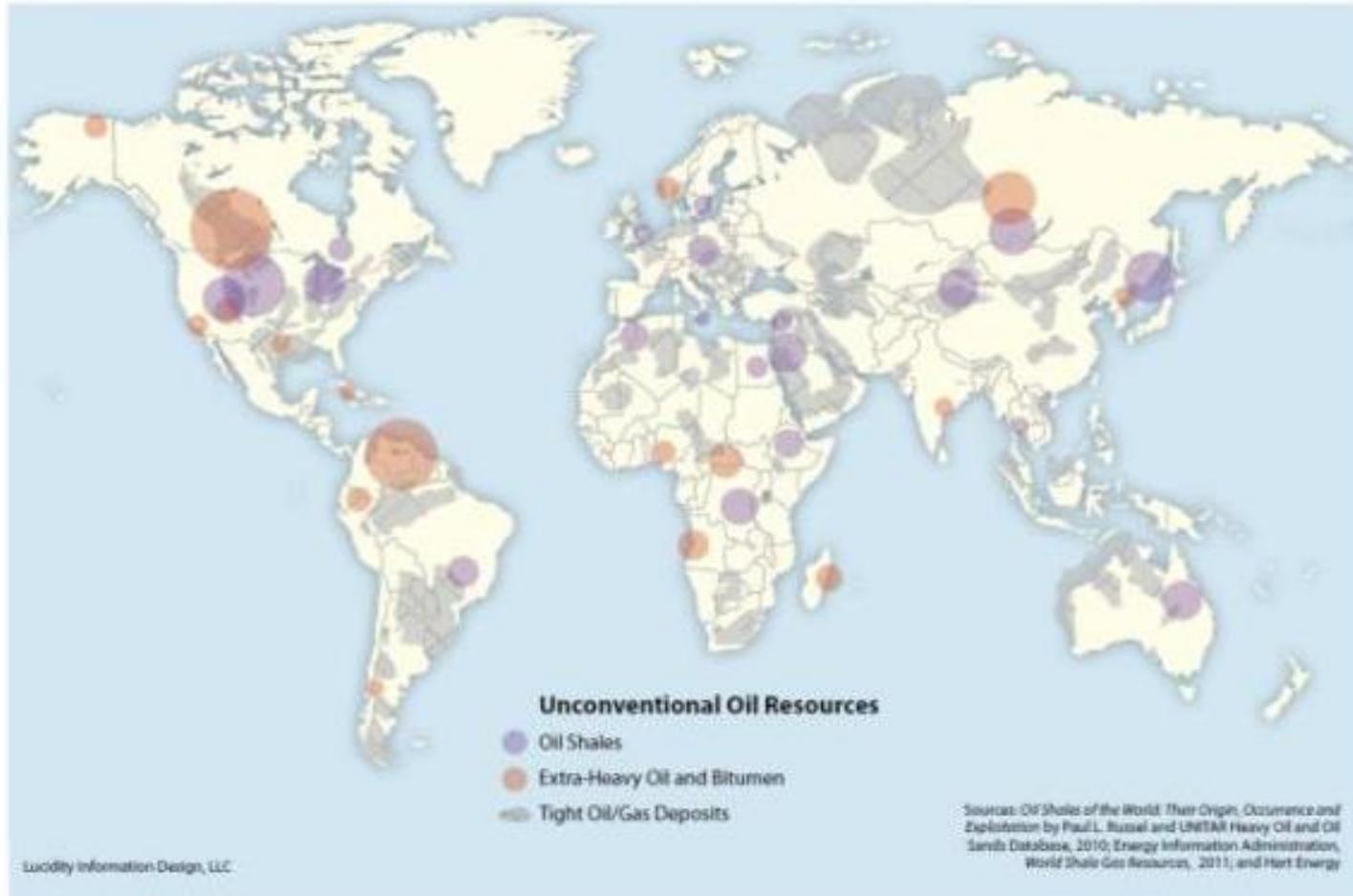
BON, À CE MOMENT LÀ, ON  
VENDRA TOUT NOTRE GAZ  
EN GAZ, ... ET ON SE FERA  
UN BLÉ D'ENFER!!



LE STRATÈGE...

Comité de direction chez Total – Octobre 1997

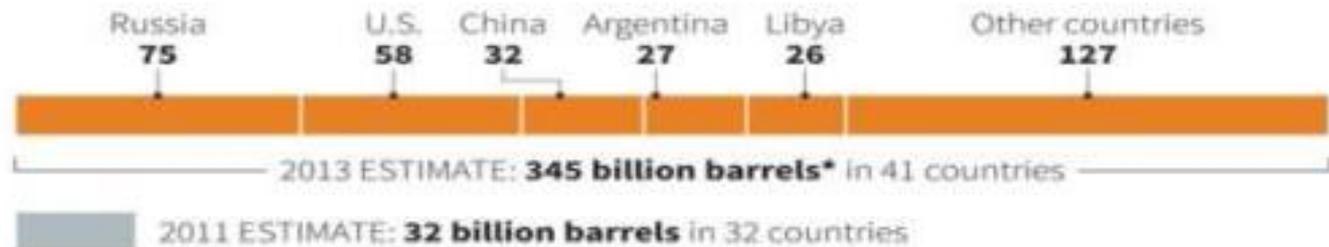
# NEW GEOGRAPHIES FOR UNCONVENTIONAL OILS



# NEW SHALE OIL ESTIMATES (JUNE 2013)



## TOP FIVE COUNTRIES WITH TECHNICALLY RECOVERABLE SHALE OIL RESOURCES



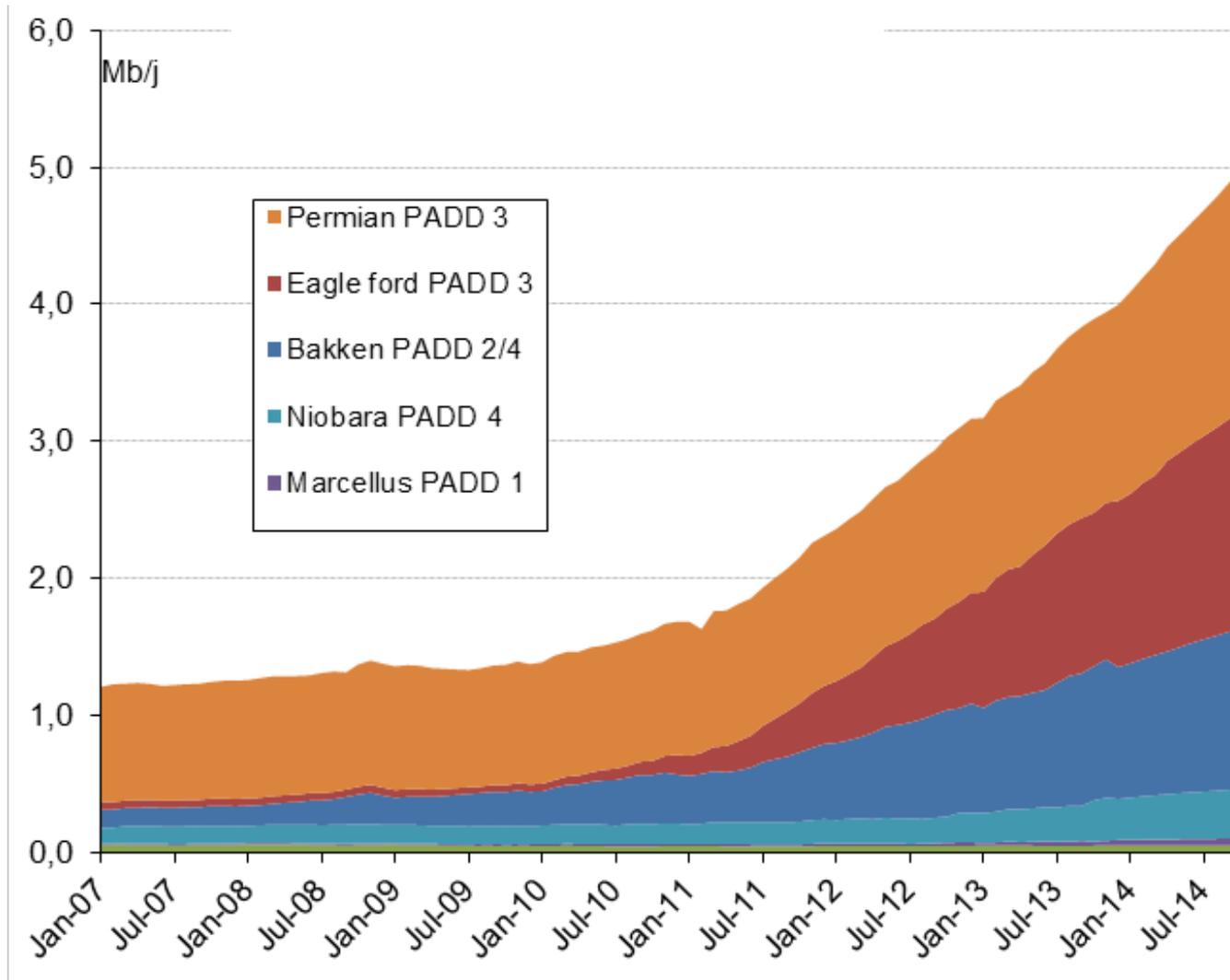
Source: U.S. Energy Information Administration (EIA)

\* EIA estimates

W. Foo, 11/06/2013

REUTERS

# SHALE OIL & LTO PAR BASSINS AUX USA (2002/2014)



Guy Maisonnier – Septembre 2014

# GAZ ET HUILES DE SCHISTE : MODÉLISATION BASE US « MOYENNE »

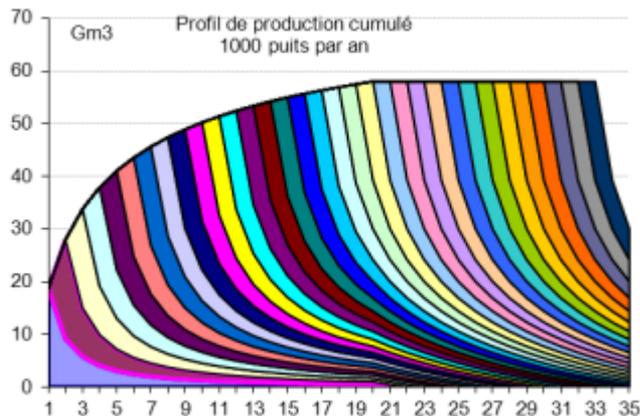
## ■ Technique & profil de production spécifiques

### ■ Nombre très important de puits de production

- US 2010 : 33 700 (50/50 P/G; 50% Hor.)  
2030 : 58 000 puits/an (80/84 : + de 80 000 puits/an)

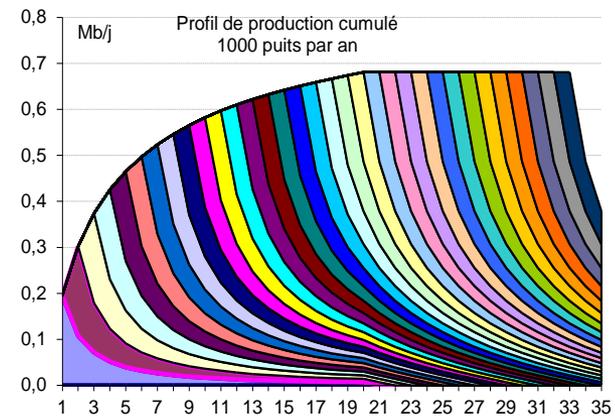
### *Exemple développement base 1 000 puits par an*

Gaz de schiste -> 60 Gm3



Récupération par puits : 2 BCF/ 58 Mcm

Huiles de schiste -> 0,7 Mb/j



Récupération par puits : 0,25 Mbbl



D'après Guy Maisonnier 3 octobre 2013

# TOP 10 COUNTRIES WITH TECHNICALLY RECOVERABLE SHALE OIL RESOURCES

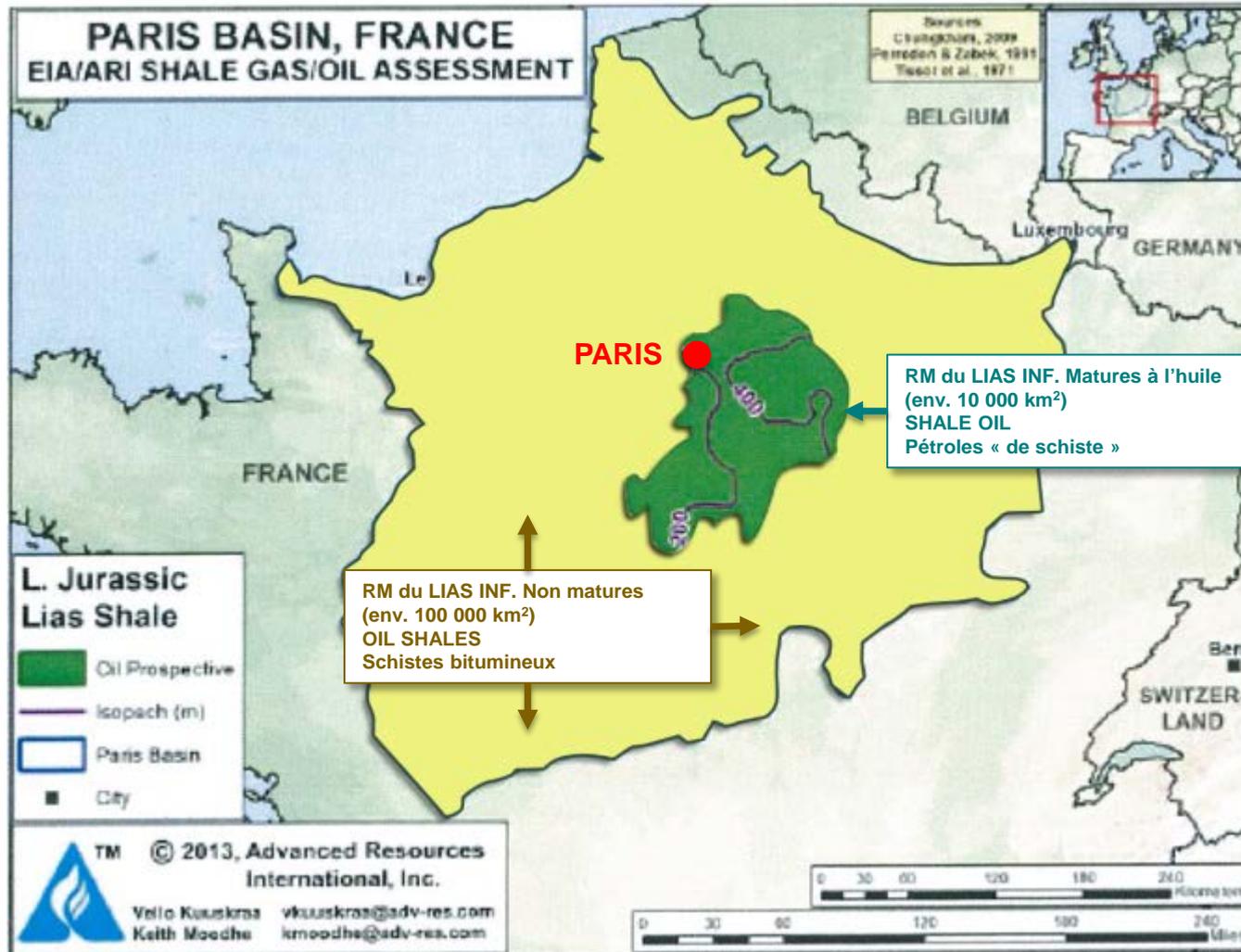
Rank	Country	Shale oil (billion barrels)	
1	Russia	75	
2	US*	58	(48)
3	China	32	
4	Argentina	27	
5	Libya	26	
6	Australia	18	
7	Venezuela	13	
8	Mexico	13	
9	Pakistan	9	
10	Canada	9	
	<b>World Total</b>	<b>345</b>	<b>(335)</b>

\*EIA estimates used for ranking order. ARI estimates in parentheses.

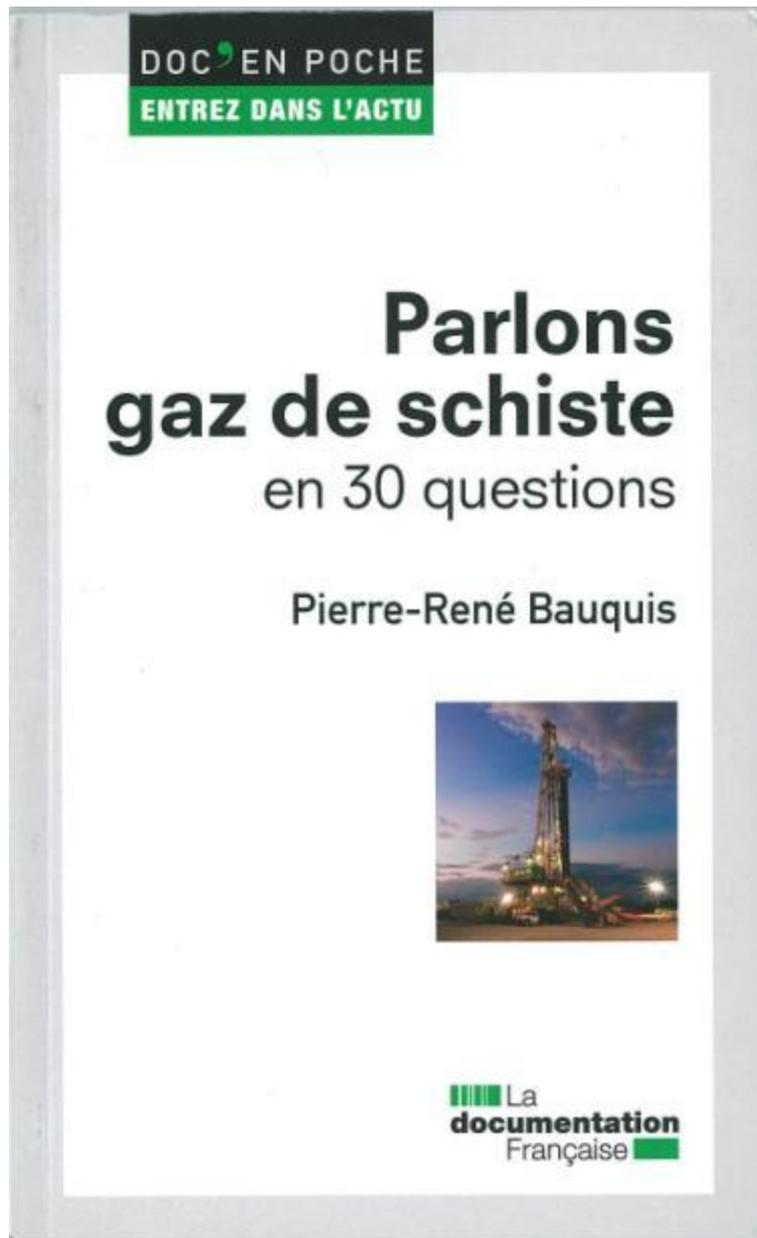
Source: EIA Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources, 10 June 2013, accessed via <http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/>



# LE LIAS INFÉRIEUR: PRINCIPALES ROCHES MÈRES DU BASSIN PARISIEN (SCHISTES CARTON DU TOARCIEEN ET AUTRES)



Sources d'après EIA – ARI 2013



- Pour savoir l'essentiel sur les « gaz de schistes » un petit ouvrage d'initiation pour 5,90 euros publié par la Documentation Française.
- **Offrez-le à tous vos amis, et à tous les écologistes de votre connaissance.**
- L'auteur (P.R. BAUQUIS) est totalement indépendant et les droits d'auteur vont à de bonnes œuvres.