

CEA – Visiatome

8 mars 2012

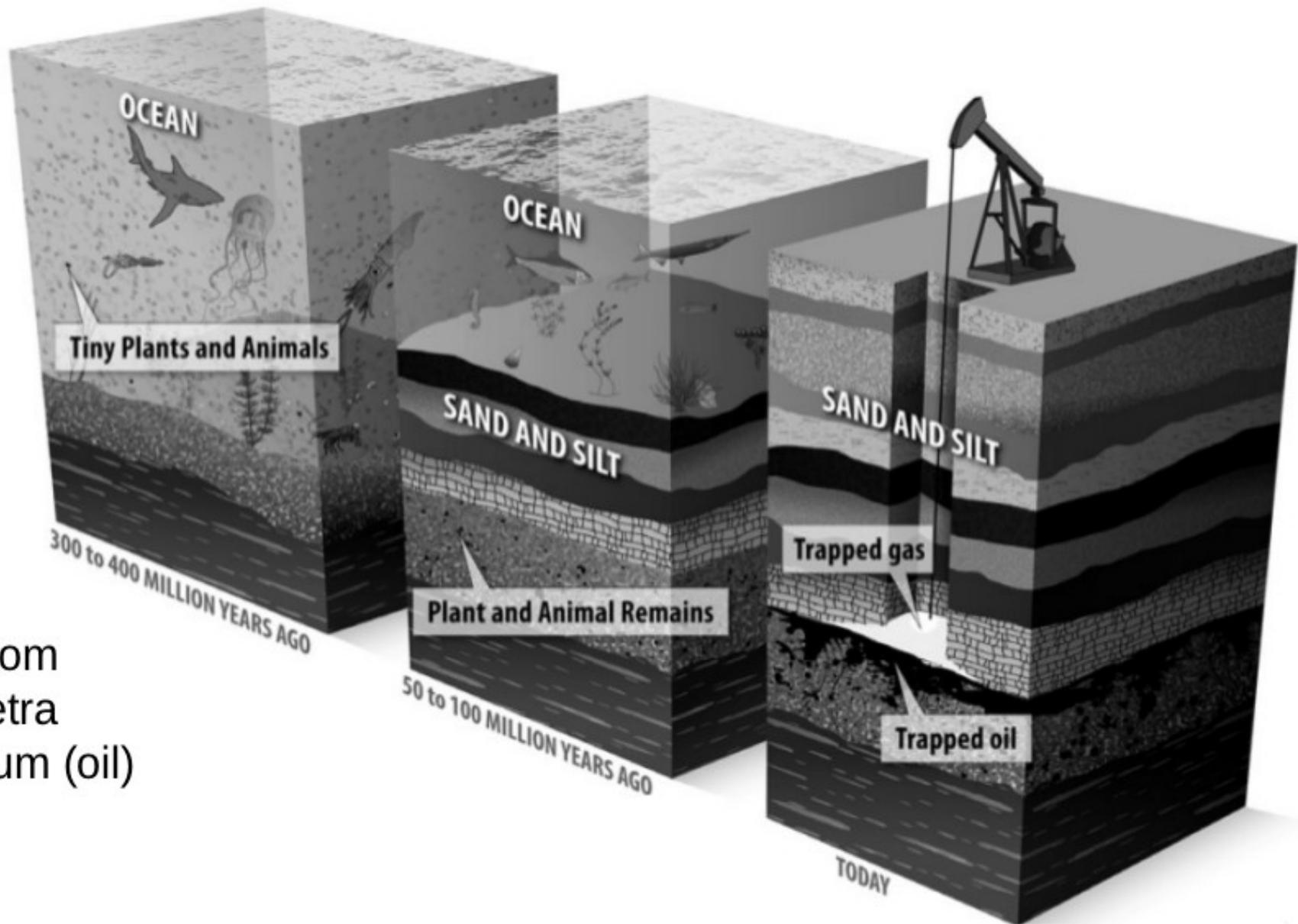
Les gaz de schiste : Une chance pour l'économie européenne ? Un danger pour l'environnement local et planétaire ?

Jean-Louis Durville
MEDDTL

Plan de l'exposé

- Les différents gisements de gaz naturel
- Les techniques adaptées à l'exploitation des HNC
 - Les ressources probables
 - Les impacts et les risques
- Quelques éléments économiques
 - Les besoins de connaissance

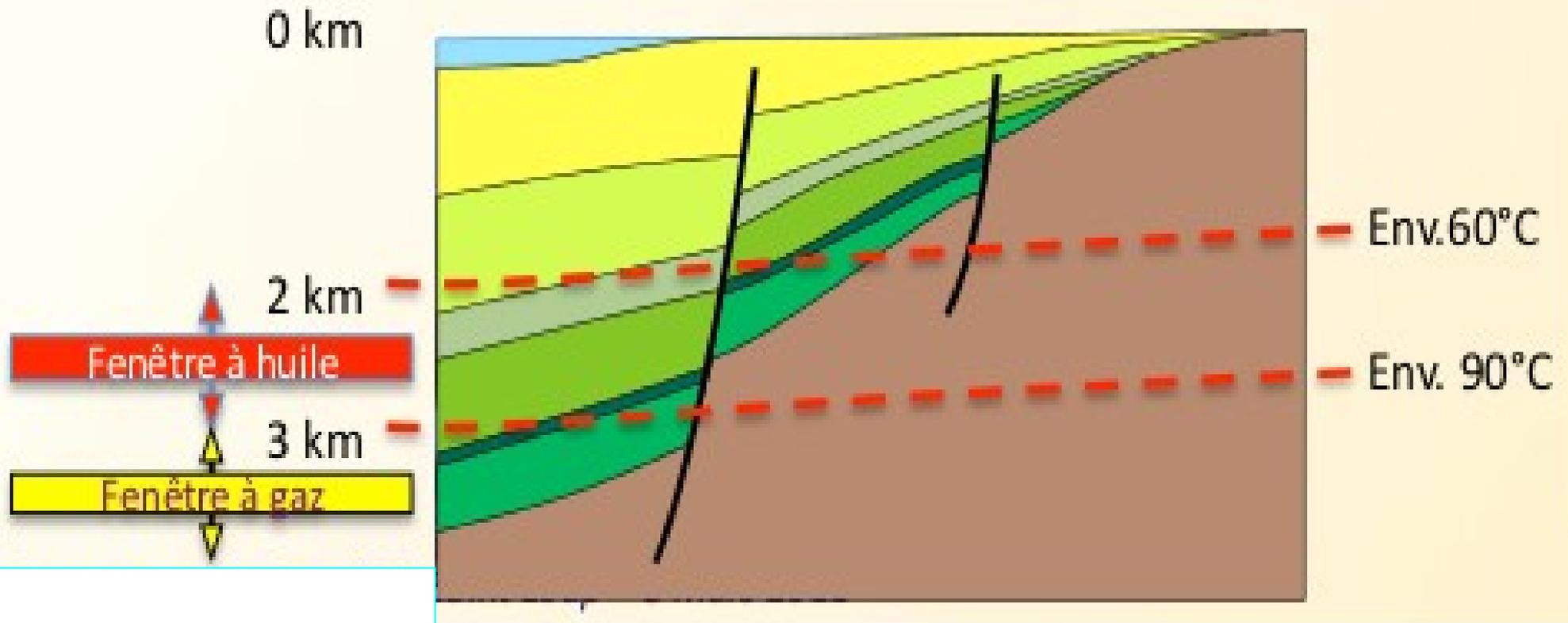
La formation des hydrocarbures



Petroleum – from Latin words *petra* (rock) and *oleum* (oil)

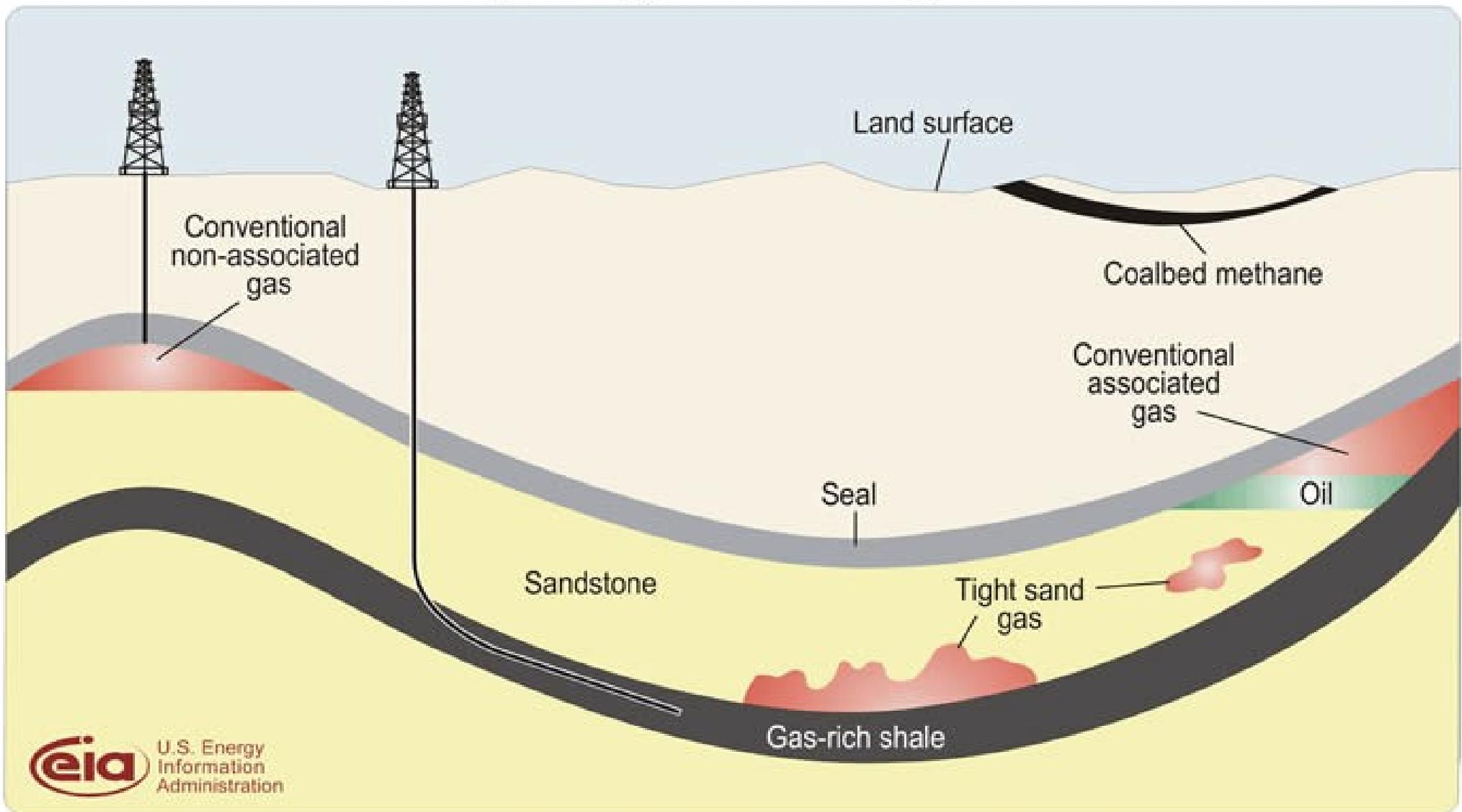
Le devenir de la M.O.

En fonction de la profondeur,
formation d'huile puis de gaz



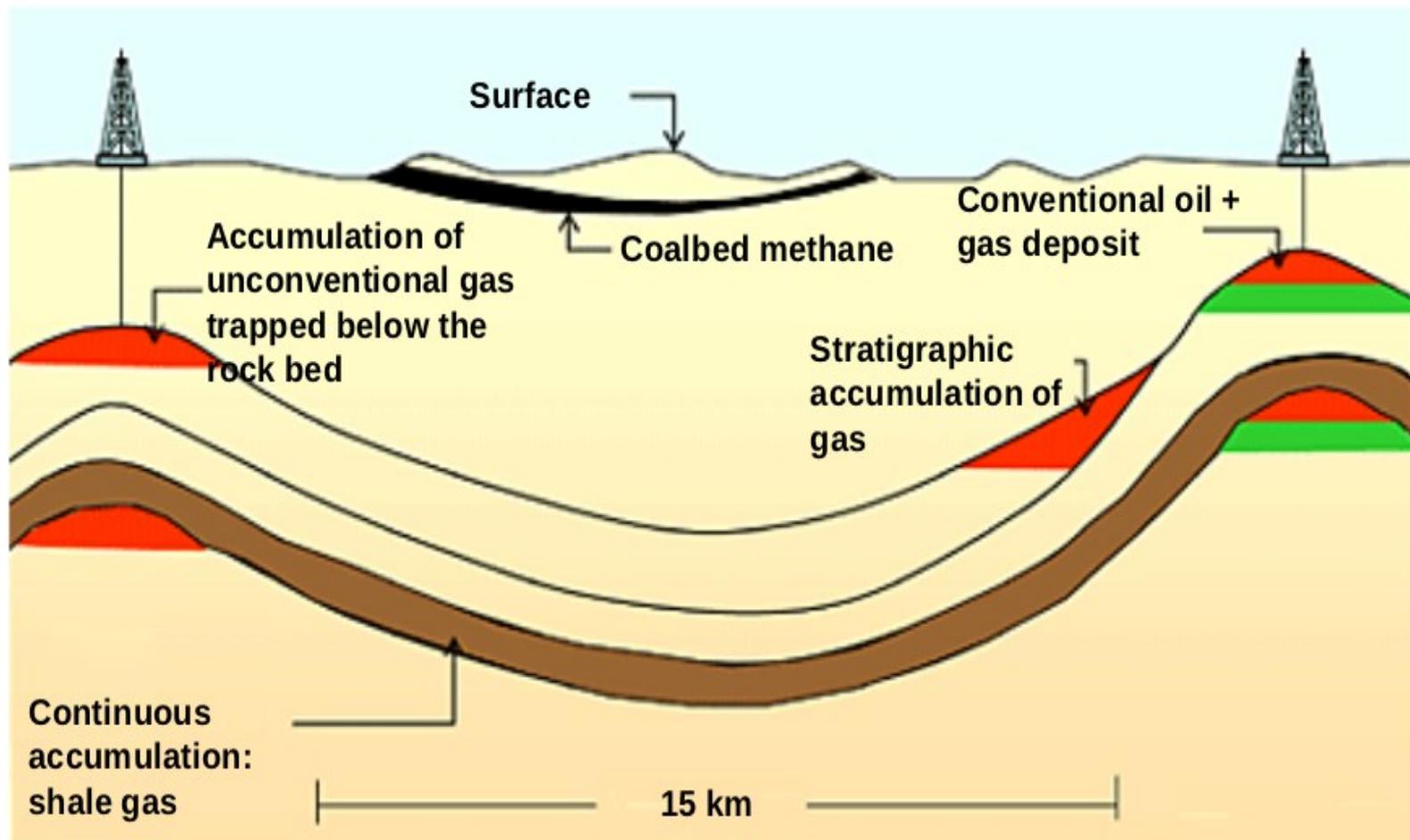
Gisement du gaz naturel : conventionnel / non-conventionnel

Schematic geology of natural gas resources

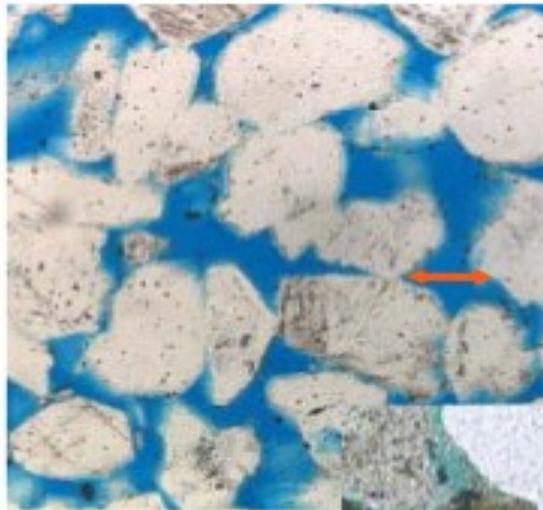


Les gisements de gaz naturel

Unconventional gas resources with significant recovery potential include **tight gas**, **coalbed methane** and **shale gas**

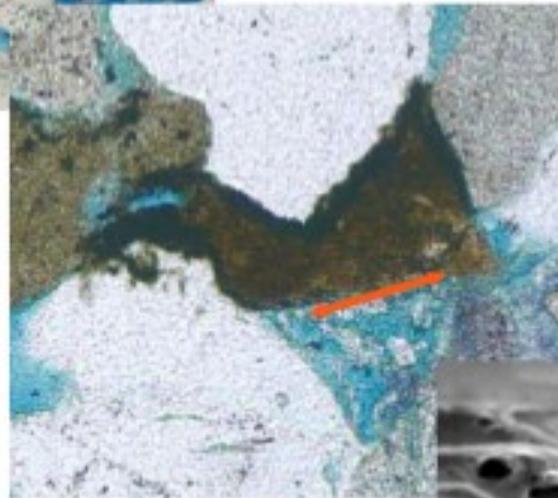


Le gaz et la roche



Conventional deposit

Pore size: 100 micron
(diameter of a human hair)



Tight gas deposits

Pore size: 20 micron



Gas shale

Pore size:
50 nanometre

Augmentation de la perméabilité matricielle

Conventional

Unconventional

Types de réservoir à gaz

Gaz conventionnel

- MilliDarcéen (>1mD)
- Variation du type de fluide
- Variation du type de roche

Gaz complexe

- Gaz rétrograde avec point de bulle élevé
- MilliDarcéen (perméabilité relativement faible ~1mD ou moins)
- Sandstone

Tight Gas

- MicroDarcéen
- Gaz sec, gaz humide
- Sandstone

Gaz de schiste

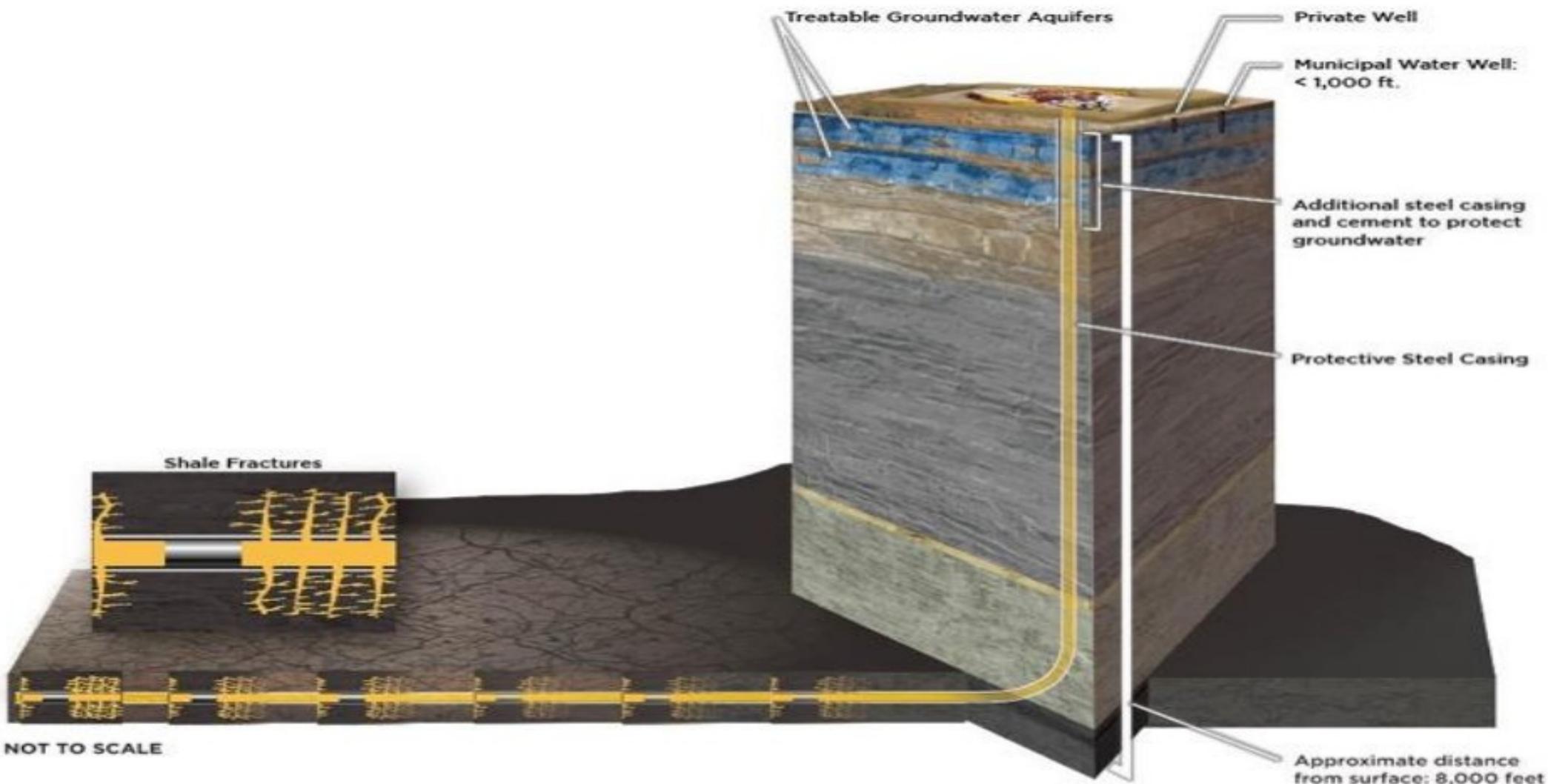
- NanoDarcéen
- Gaz sec, gaz humide
- Gaz libre et adsorbé

CBM

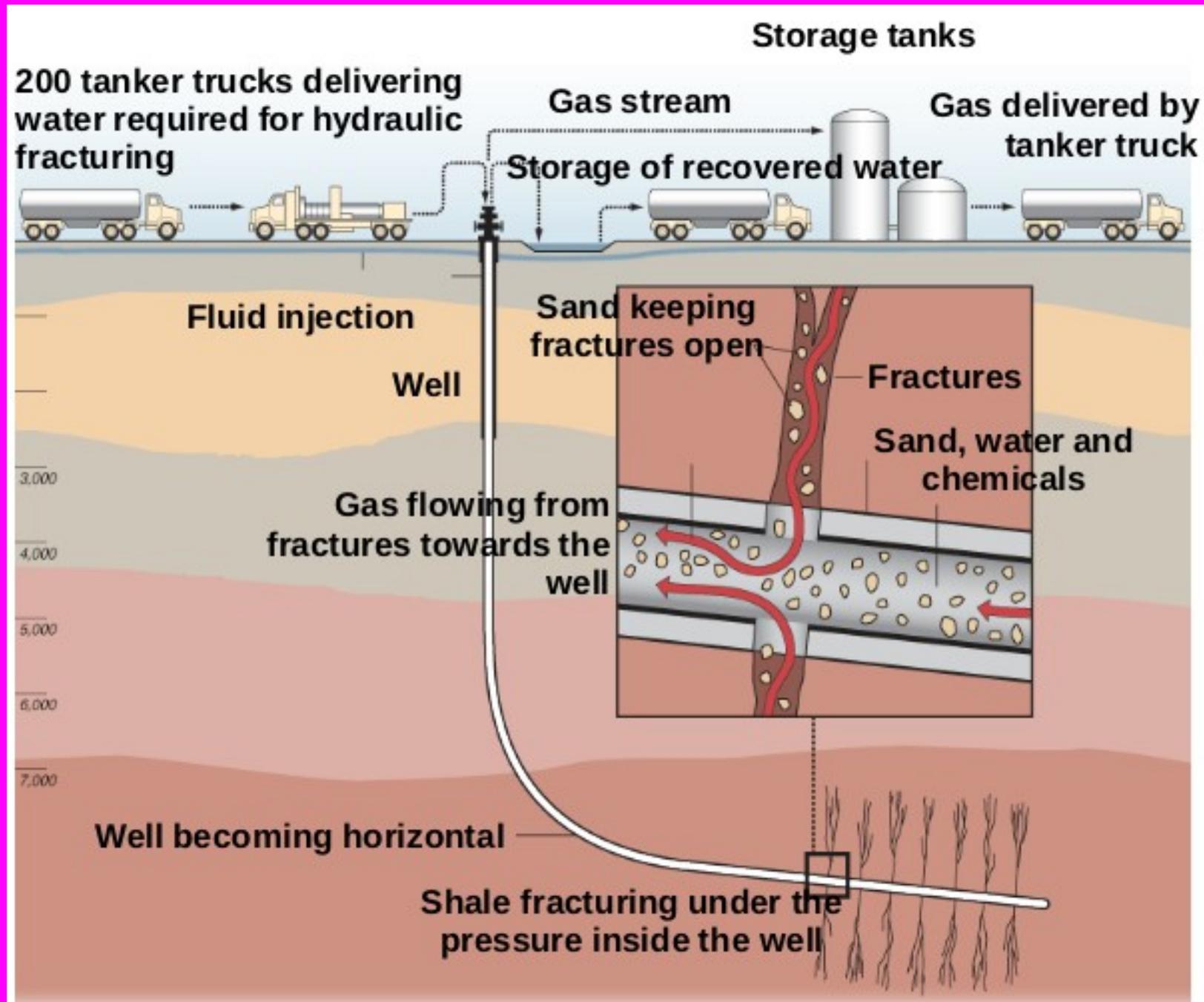
- Ecoulements à travers les fractures
- Gaz sec, adsorbé
- Charbon

Source :
Halliburton

L'exploitation des gaz de schiste : forage horizontal x fracturation hydraulique



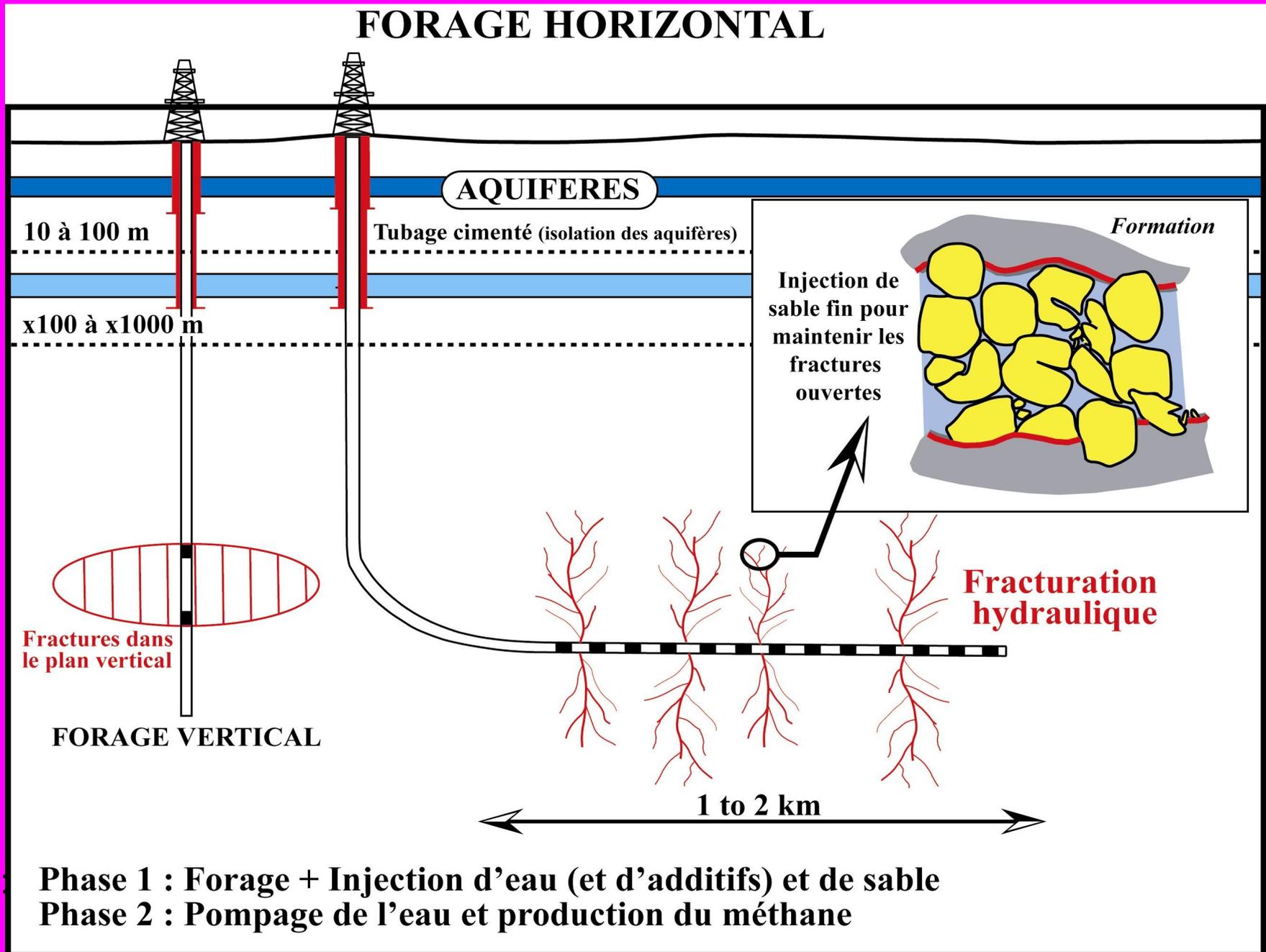
L'exploitation du gaz de schiste



Fracturation hydraulique en cours (mai 2011, Texas)

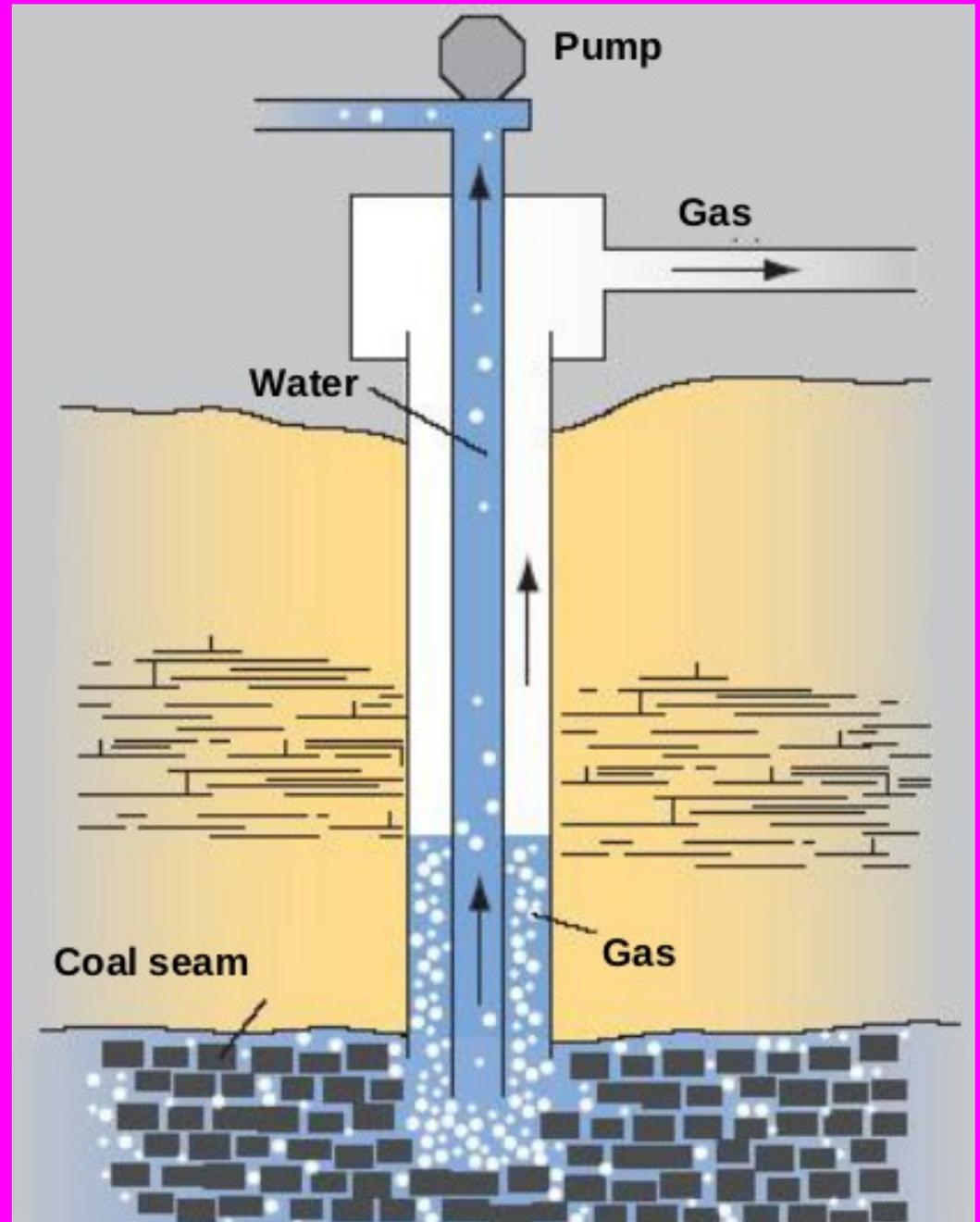


L'exploitation du gaz de schiste



Le gaz de houille

Méthane associé aux veines de charbon :
pompage eau + gaz,
après stimulation
(fracturation au CO₂)



Conventionnel / non conventionnel

NC : faible porosité, faible perméabilité

NC : M.O. disséminée dans toute la formation

C : M.O. concentrée dans des pièges

Récupération : 50 à 80 % du gaz dans le
conventionnel

5 à 20 % pour le NC

Les fluides de fracturation

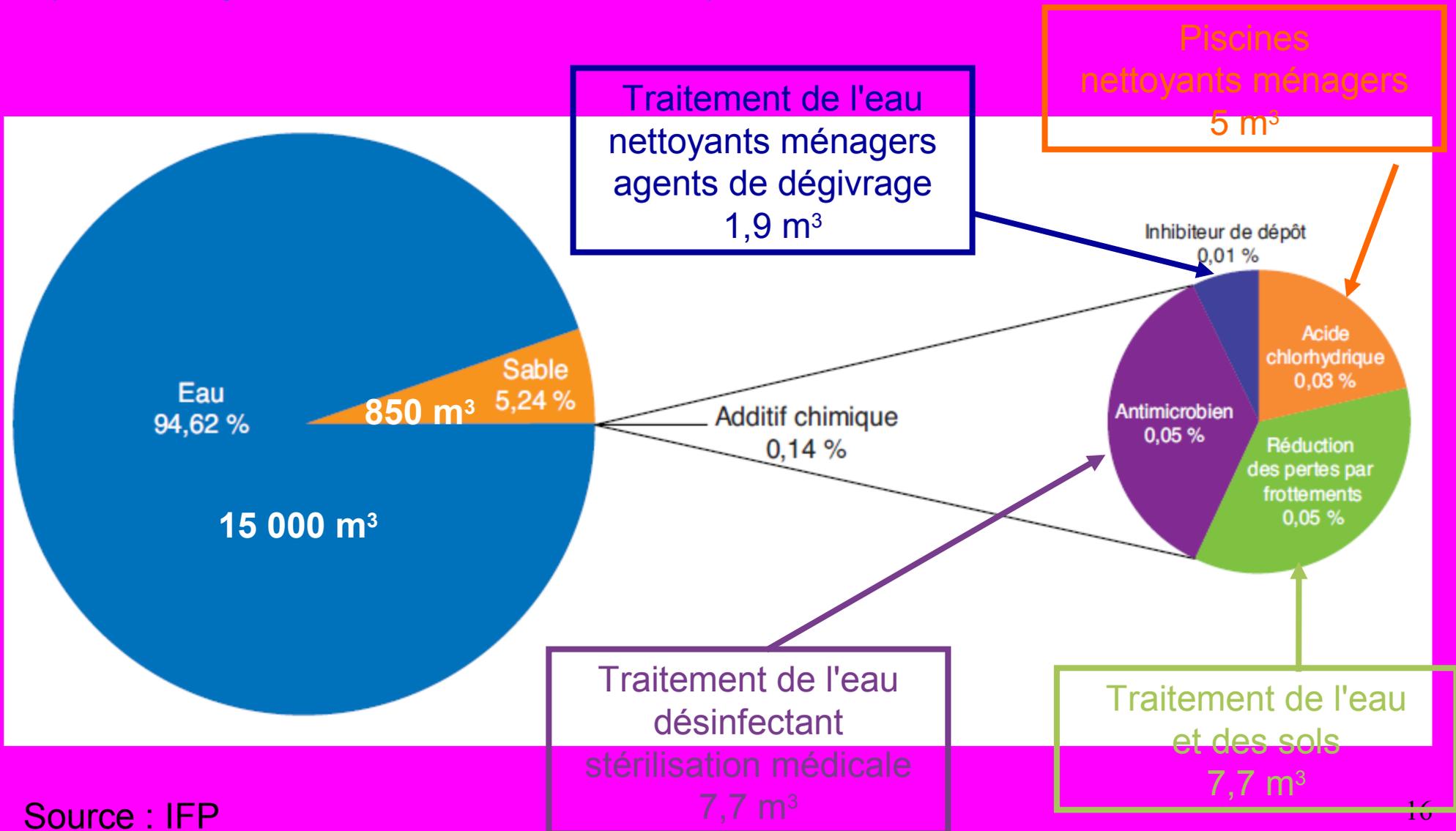
L'eau : 15 000 à 20 000 m³ par puits
(fracturations multiples)
Remontée : environ 20 %

Les additifs chimiques :
Sable + xxx

Optimisation des produits et de leurs proportions
en fonction du site

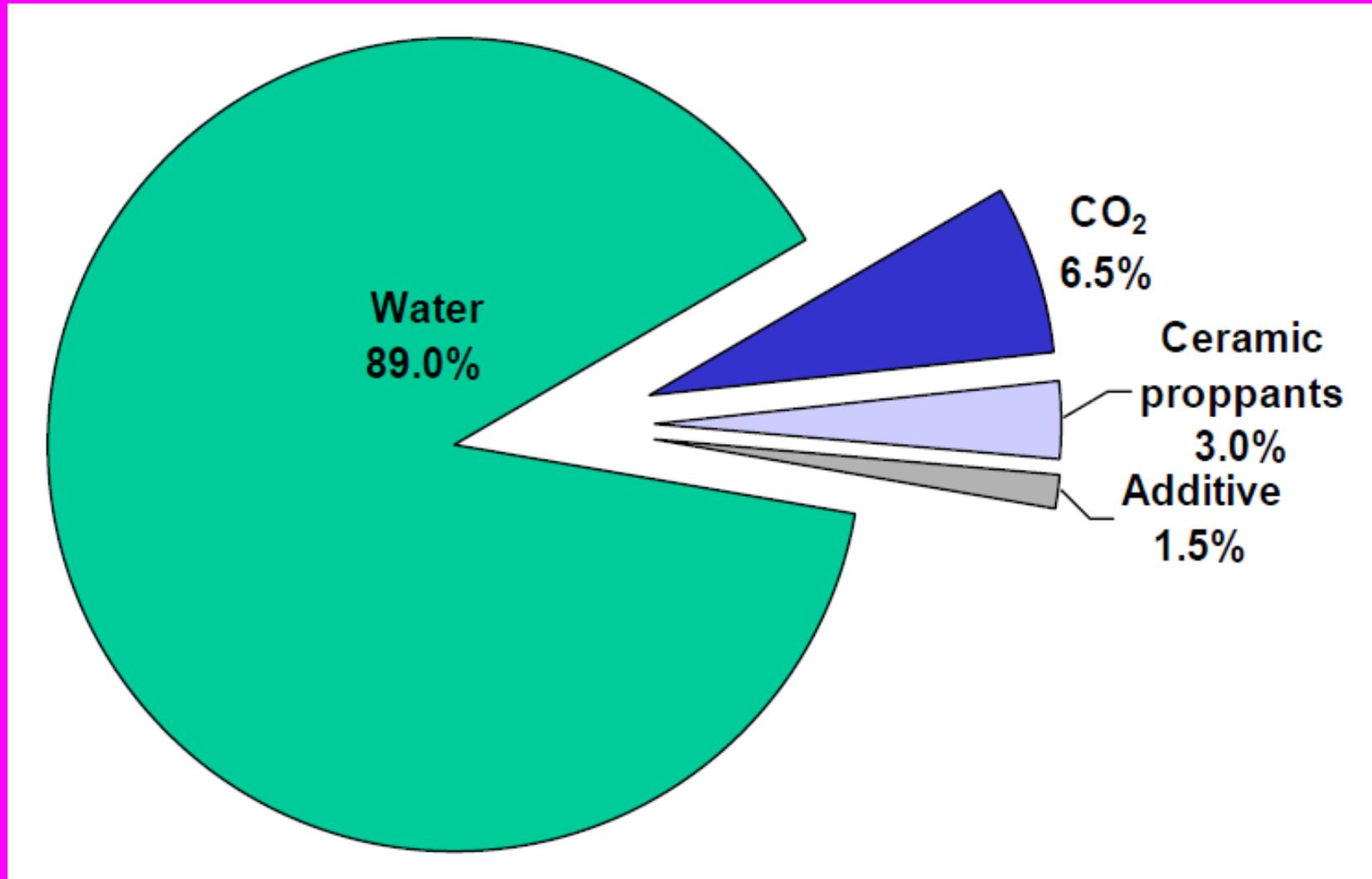
Les produits utilisés pour la fracturation

(source Range Ressource, Marcellus shale, US)



Source : IFP

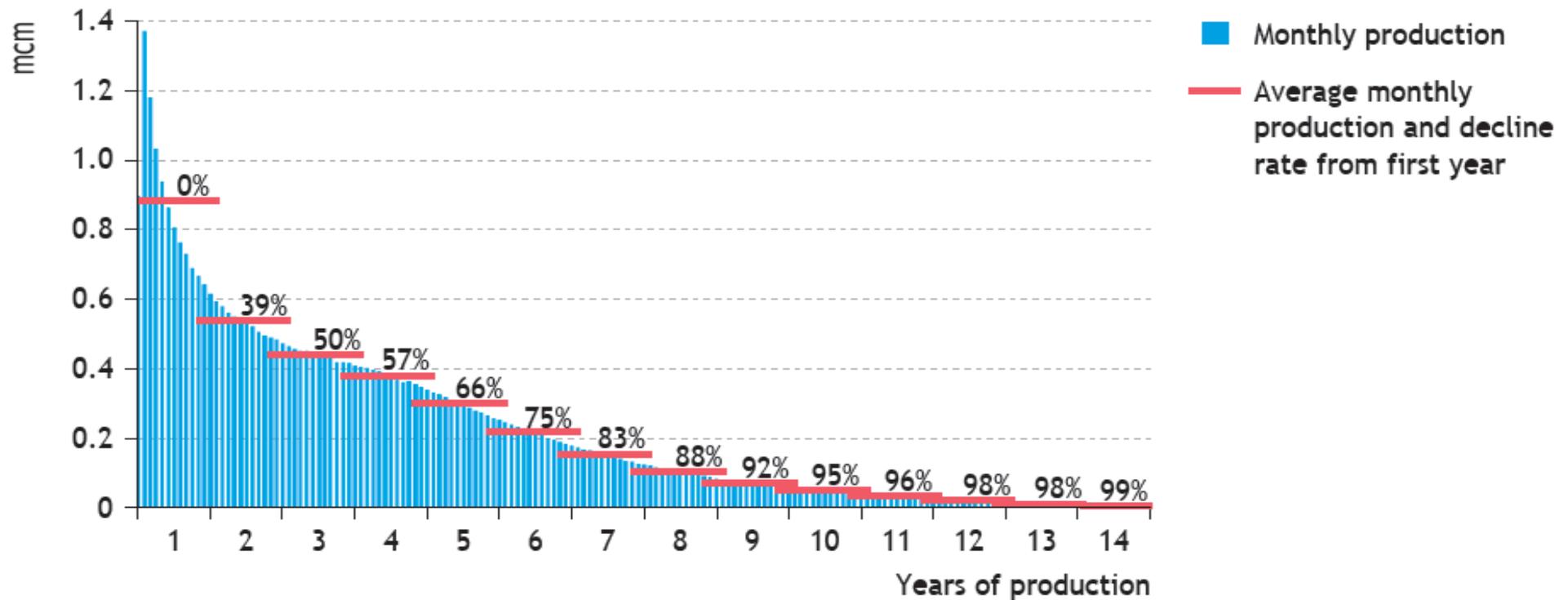
Produits utilisés dans un puits (tight gas, en Allemagne)



Production d'un drain en fonction du temps

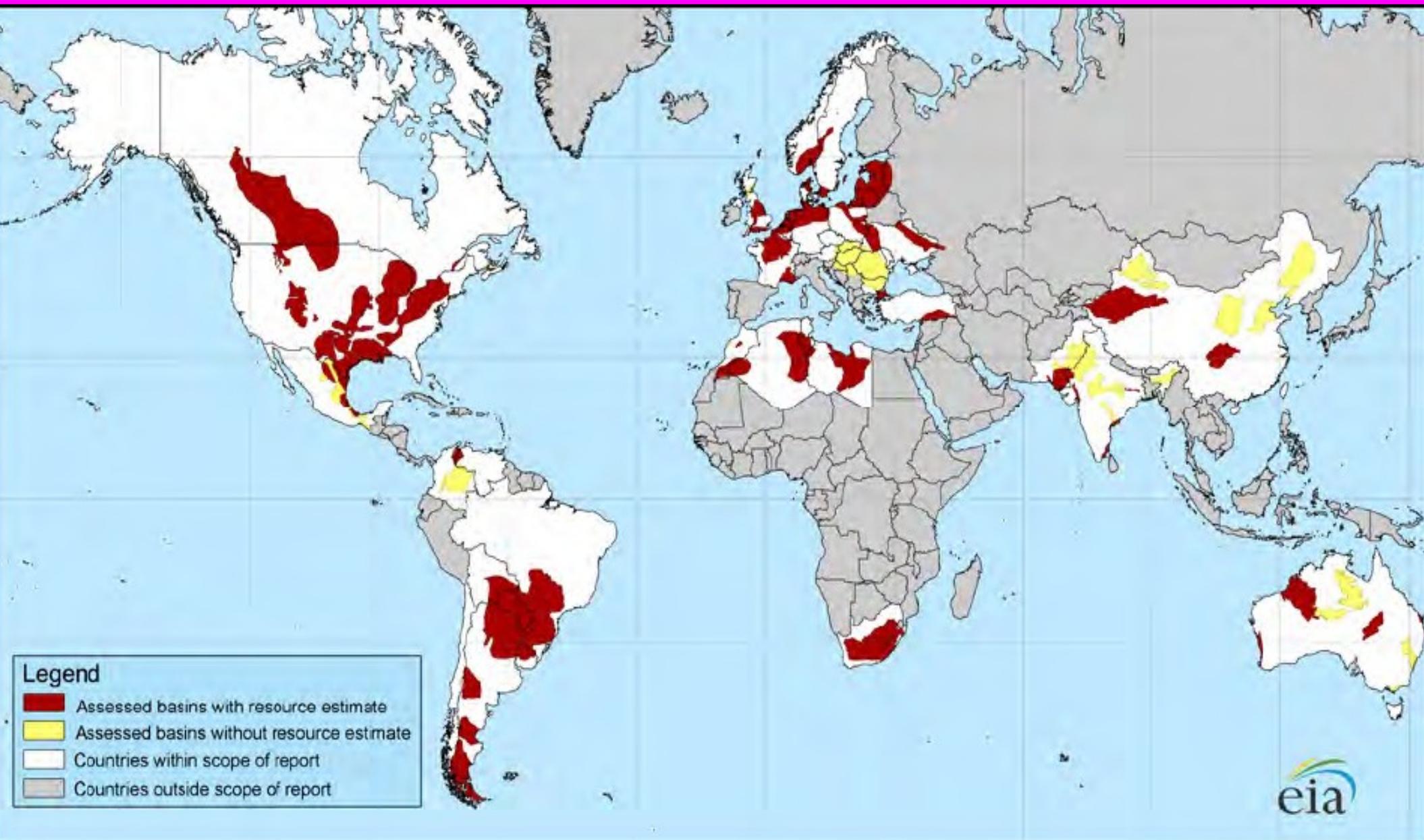


Figure 11.9 • Production decline rates for Barnett shale horizontal wells

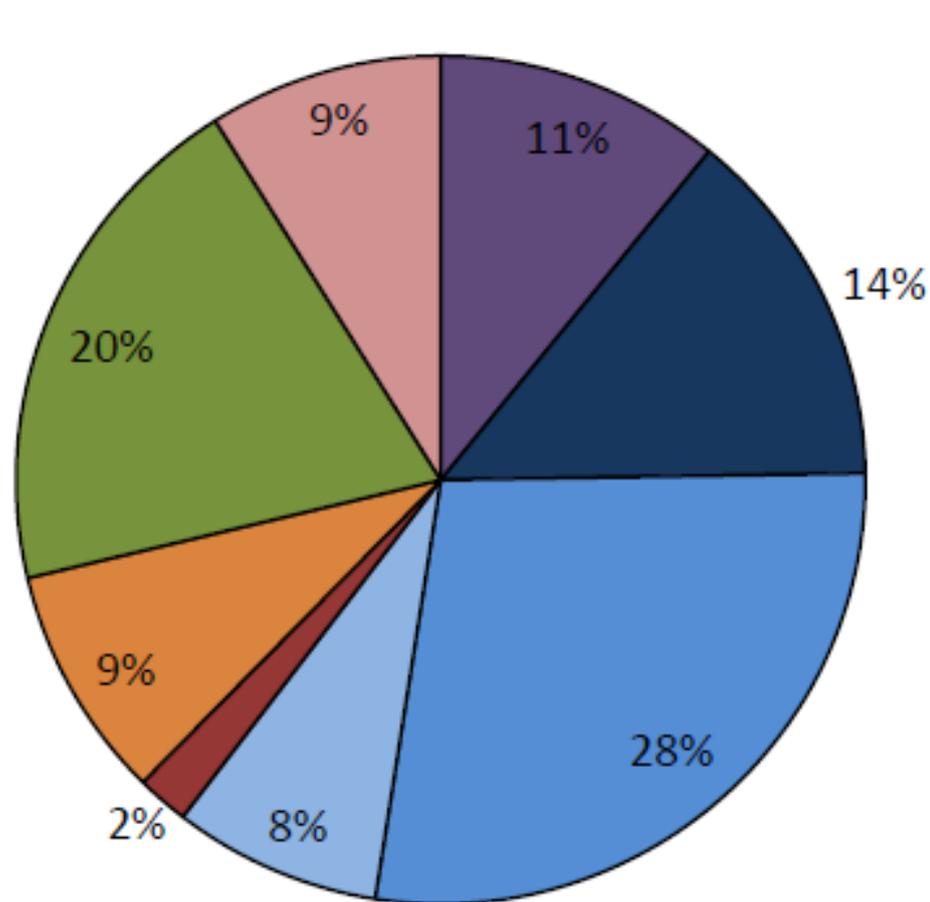


Source: IEA databases and analysis.

Bassins de gaz de schiste probables

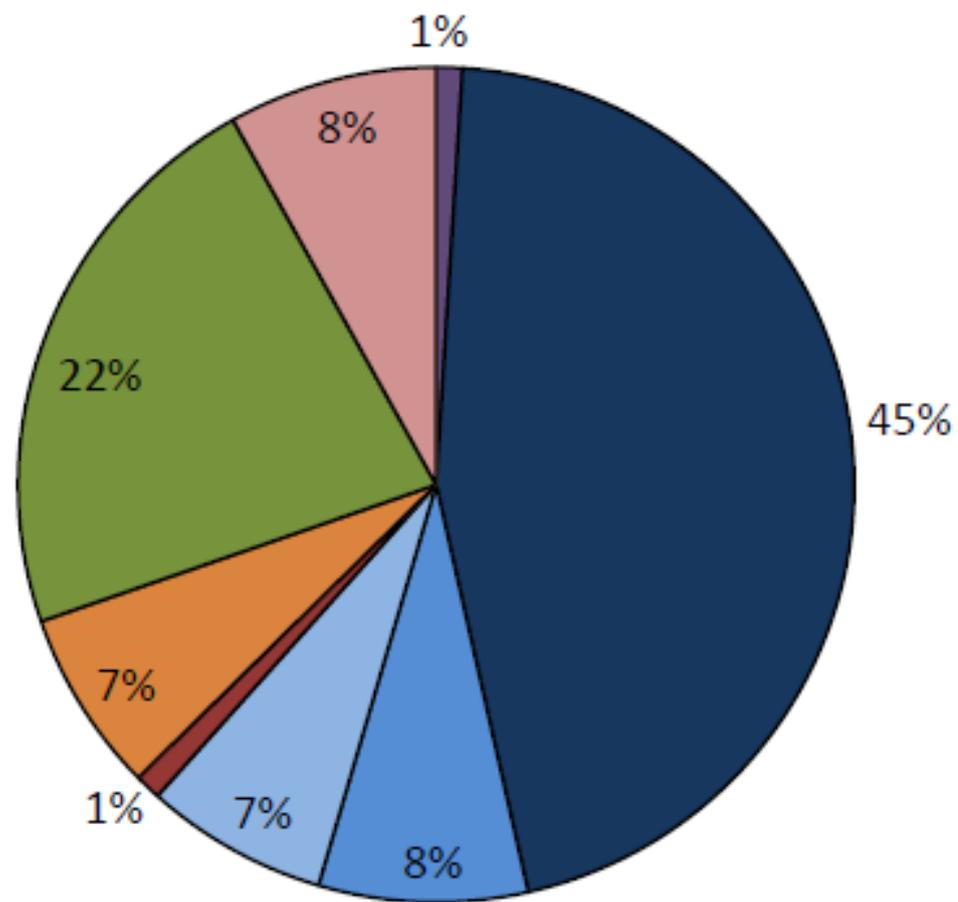


Natural Gas Production in the United States



2009

(~24 trillion cubic feet per year)



Projected for 2035

(~26 trillion cubic feet per year)

Sources of Natural Gas

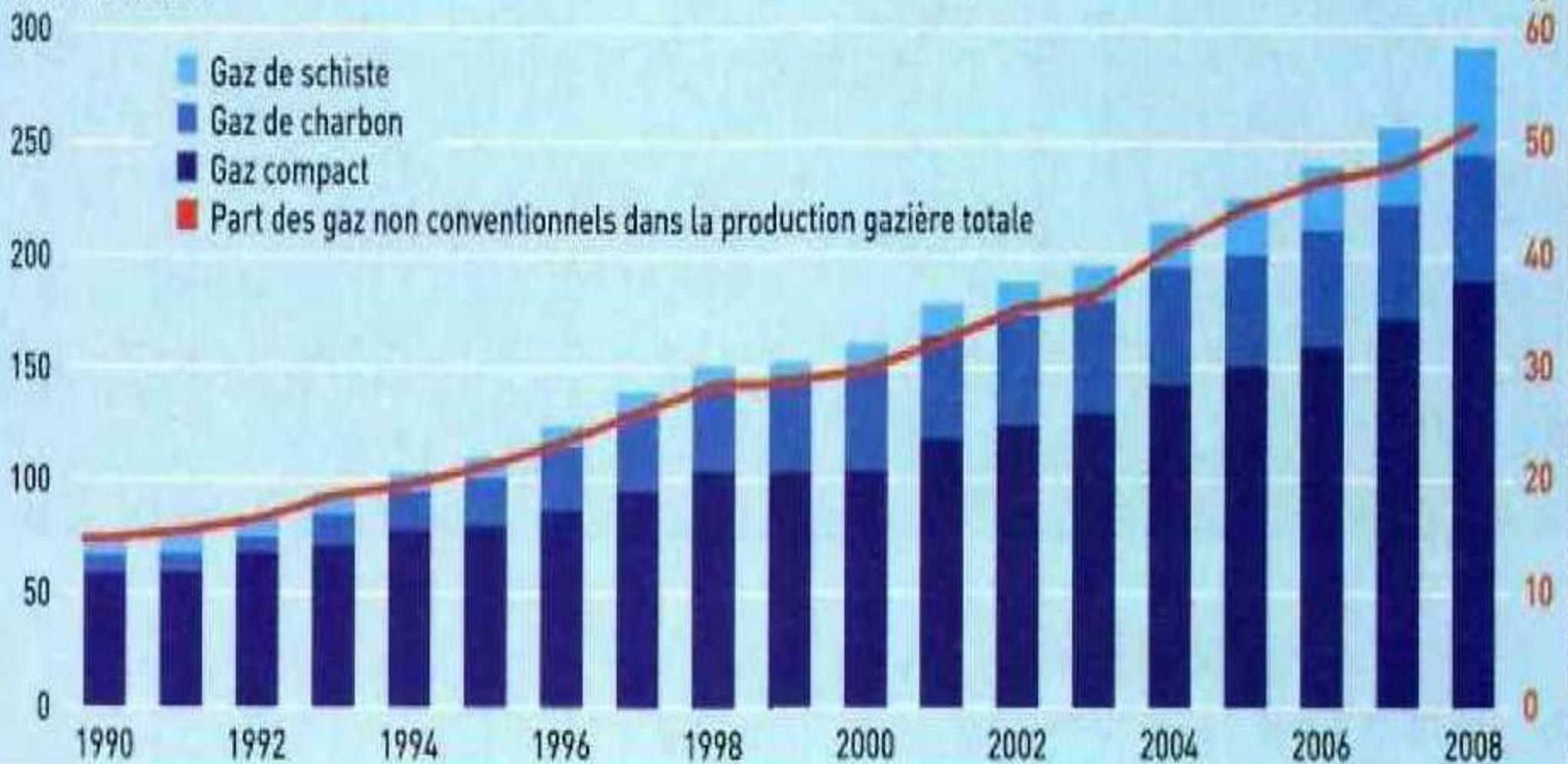
- Net imports
- Shale gas
- Tight sands
- Coalbed methane
- Alaska
- Associated with oil
- Non-associated onshore
- Non-associated offshore

La production de gaz aux USA

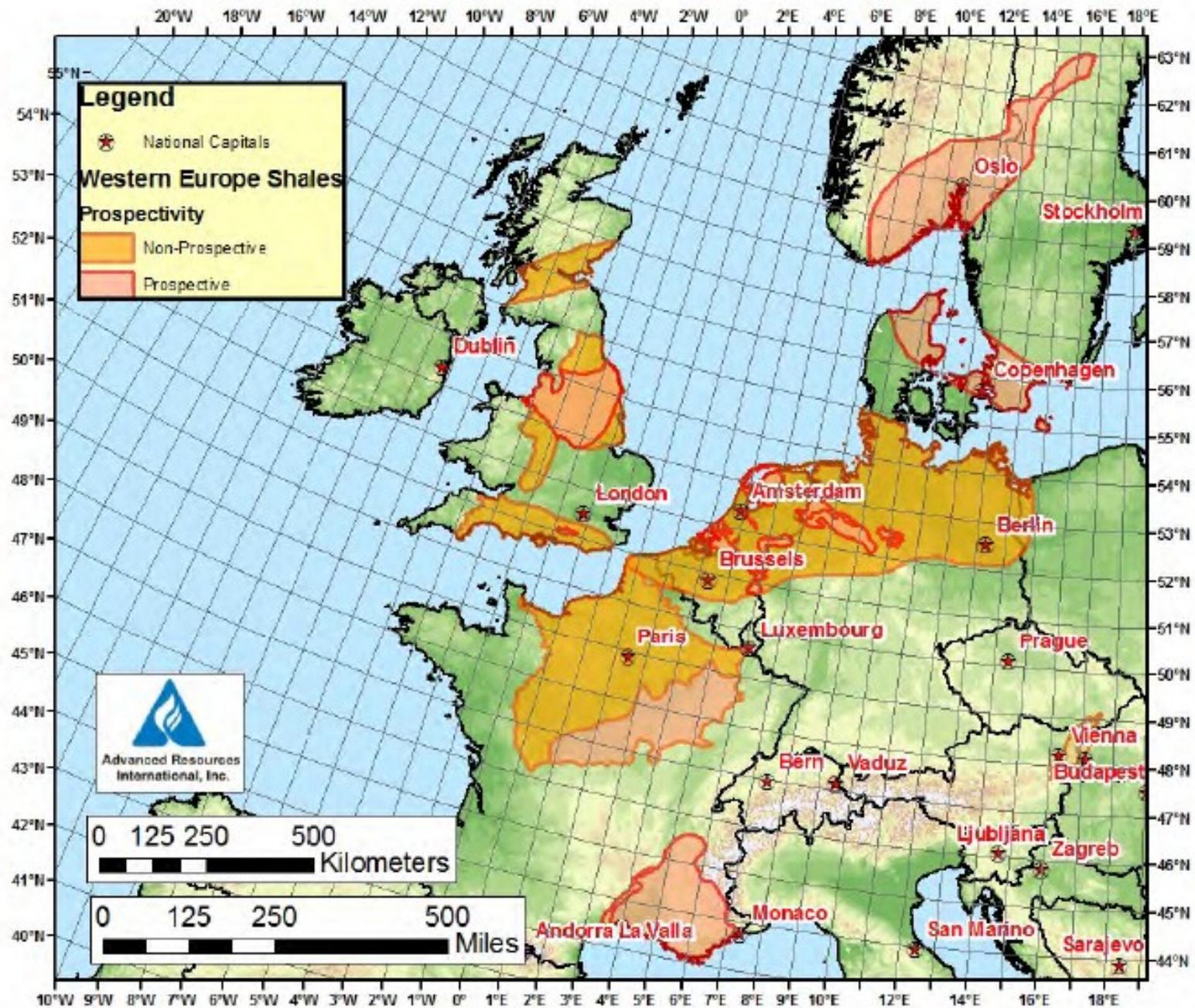
LE MARCHÉ AMÉRICAIN EXPLOSE

PRODUCTION DE GAZ NON CONVENTIONNELS, EN MILLIARD DE M³ ET EN %

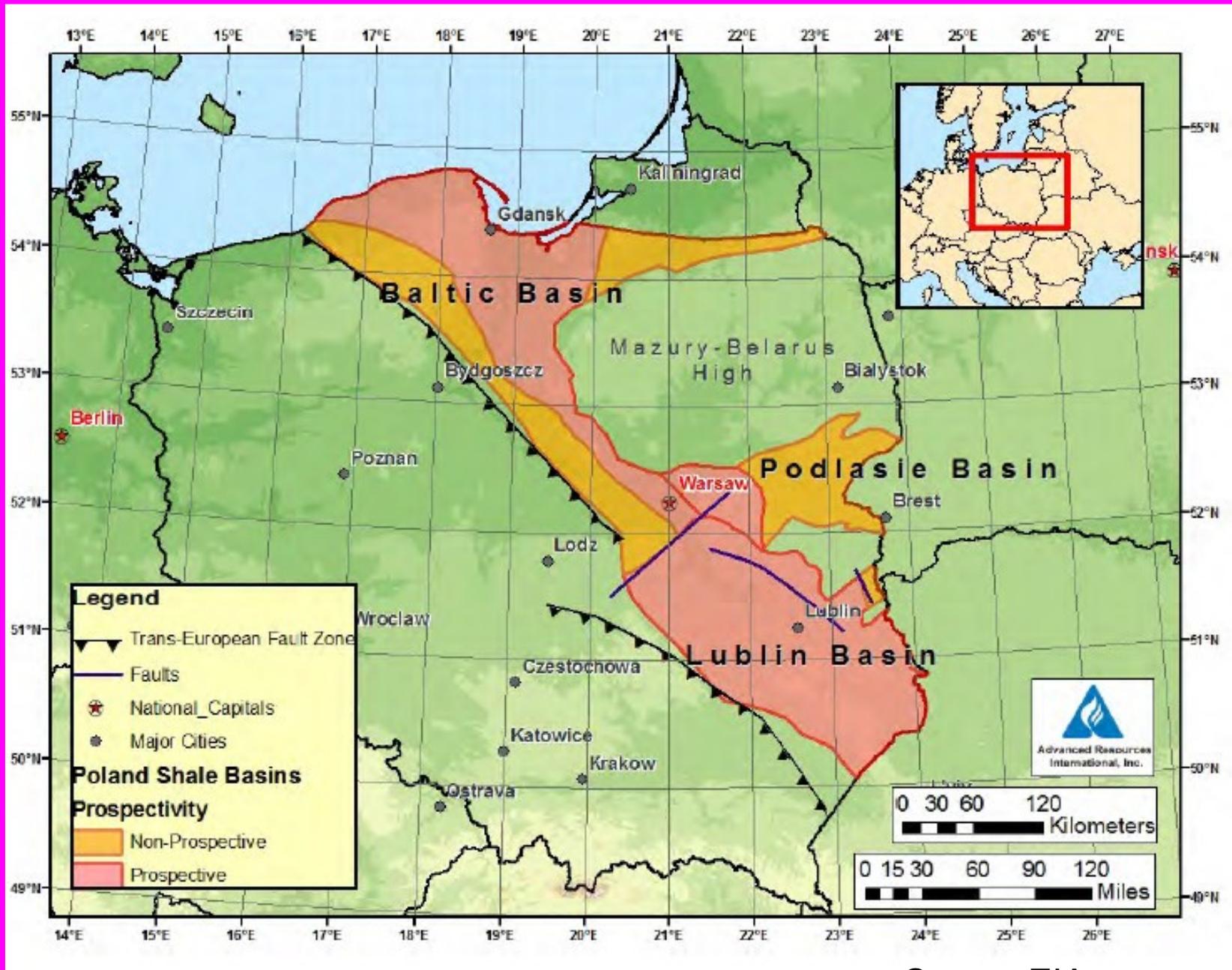
En milliards de m³



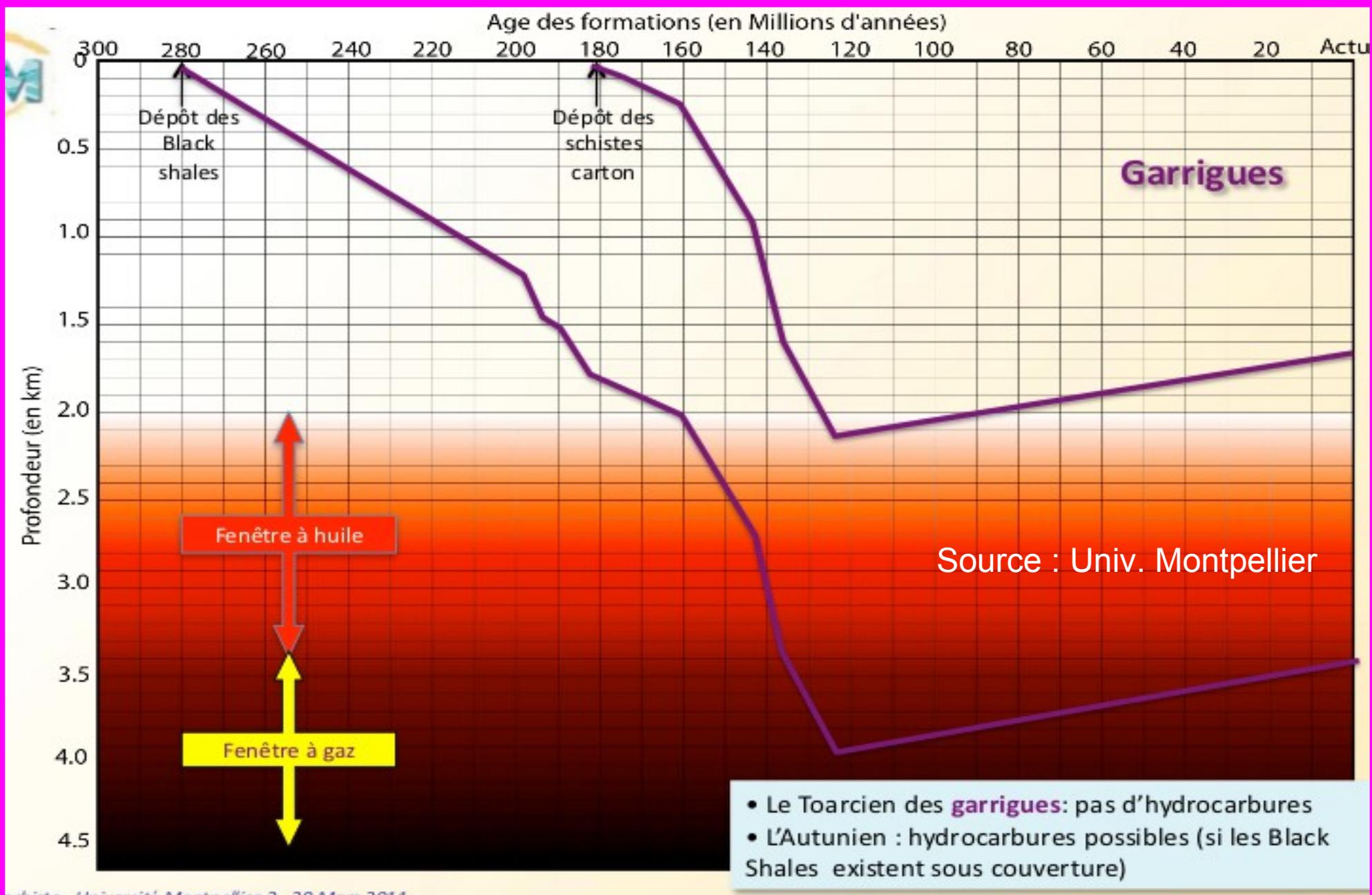
Cas de l'Europe de l'Ouest



Cas de la Pologne

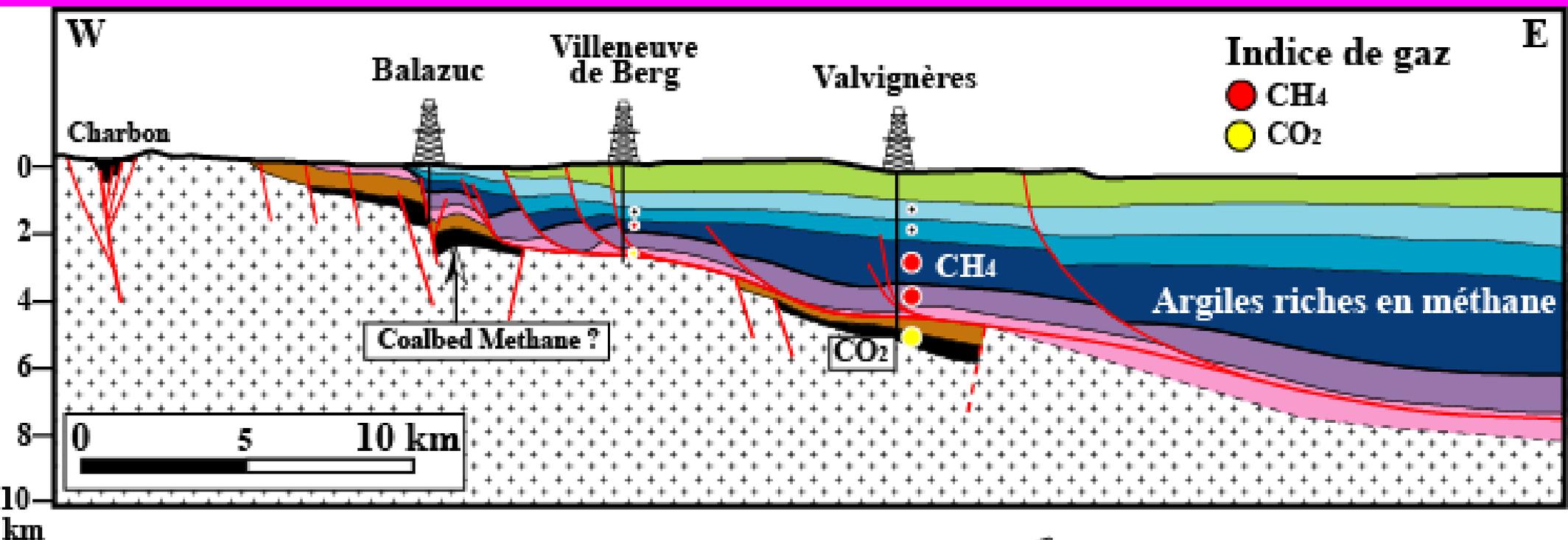


Évolution thermique des bassins



Le "bassin" du sud-est

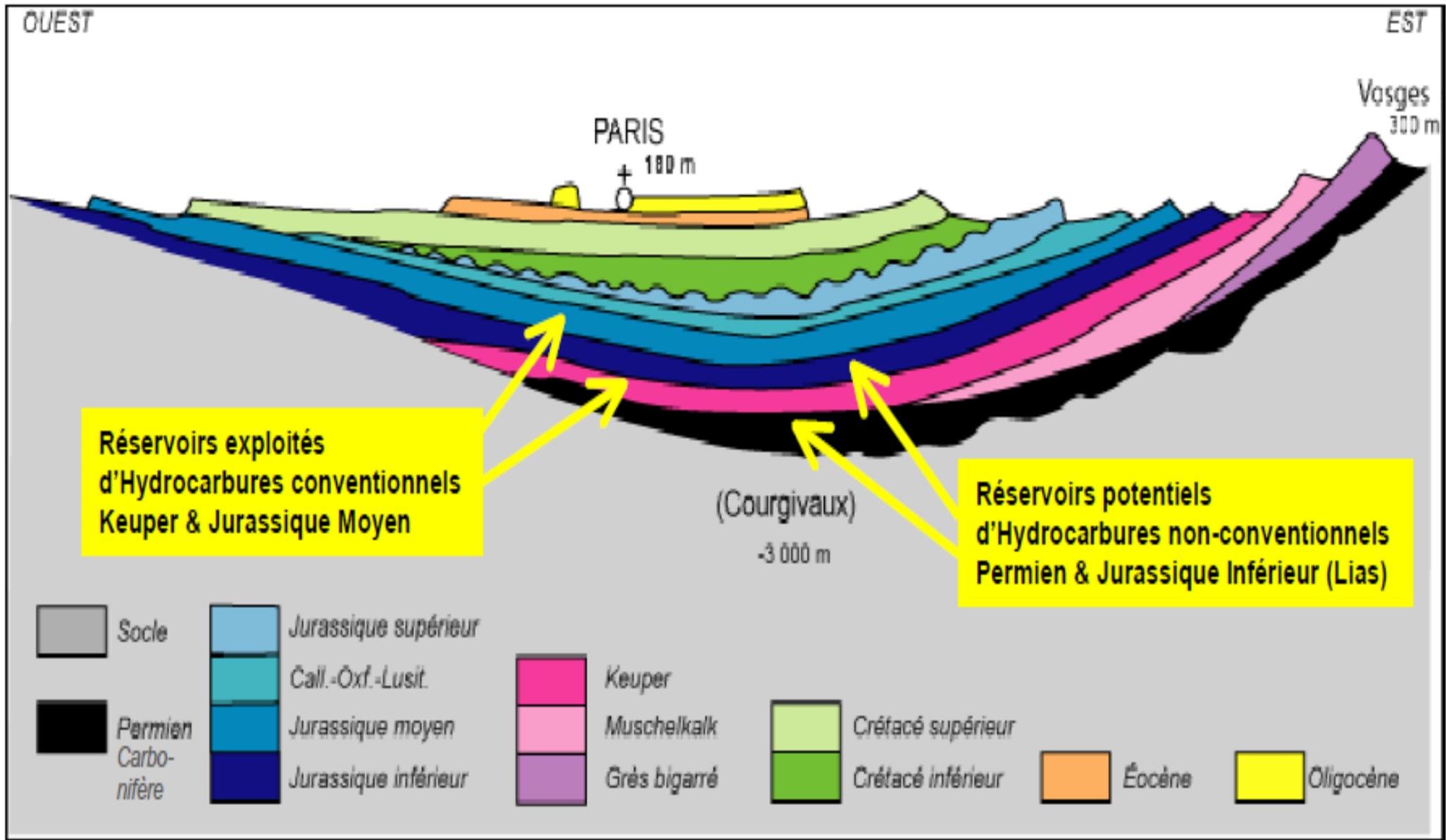
Zone d'intérêt
pour l'exploration des "Gas shale"



Villeneuve de Berg / Valvignères
Puits d'exploration de la fin des années 1950



Le Bassin parisien



Impacts et risques

Impacts sur l'environnement, nuisances :

- à l'échelle locale
- à l'échelle mondiale (GES)

Risques (situation altérée, défaillance)

A quel stade ? (forage, fracturation hydraulique, exploitation)

Principaux impacts environnementaux

Nature de l'impact	Période	Moyens de réduction
Occupation du sol par un chantier et des voies d'accès	Forage (1 mois par puits) et fracturation essentiellement (nombreux puits...)	Étude d'impact Optimisation locale du choix du site Clusters (diminue surface occupée, mais augmente durée d'occupation)
Paysage	Forage et fracturation, Très mineur pendant l'exploitation	Clusters ?
Bruit sur place	Forage et fracturation essentiellement	Mesures de bruit, Murs anti-bruit, silencieux sur les moteurs, etc.
Circulation de camions : bruit, usure des routes, etc.	Forage et fracturation (chantier, alimentation en eau, sable, etc.) Exploitation éventuellement	Canalisations pour l'eau, le gaz ? Limitation de la circulation la nuit et le week-end
Ponction très forte dans les ressources en eau (500-900 m ³ pour la foration, 10 000 à 20 000 m ³ pour les fracturations dans un forage)	Forage et surtout fracturation	Exploiter l'eau locale (s'il y en a) ? Recyclage
Retour d'eau polluée en surface (additifs pour fracturation + lessivage des couches de schiste)	Forage et surtout fracturation	Épuration avant rejet Ré-injection
Pollution atmosphérique (gaz naturel, émissions des moteurs)	Fracturation et exploitation	Filtres sur les moteurs, etc.

La consommation d'eau

L'argument des sociétés pétrolières : pour une quantité d'énergie produite, la consommation d'eau serait de :

1 pour le gaz de schiste

3 pour le nucléaire

5 pour le pétrole conventionnel

> 100 pour les biocarburants...

Mais, concentration dans le temps et répartition spatiale de la demande...

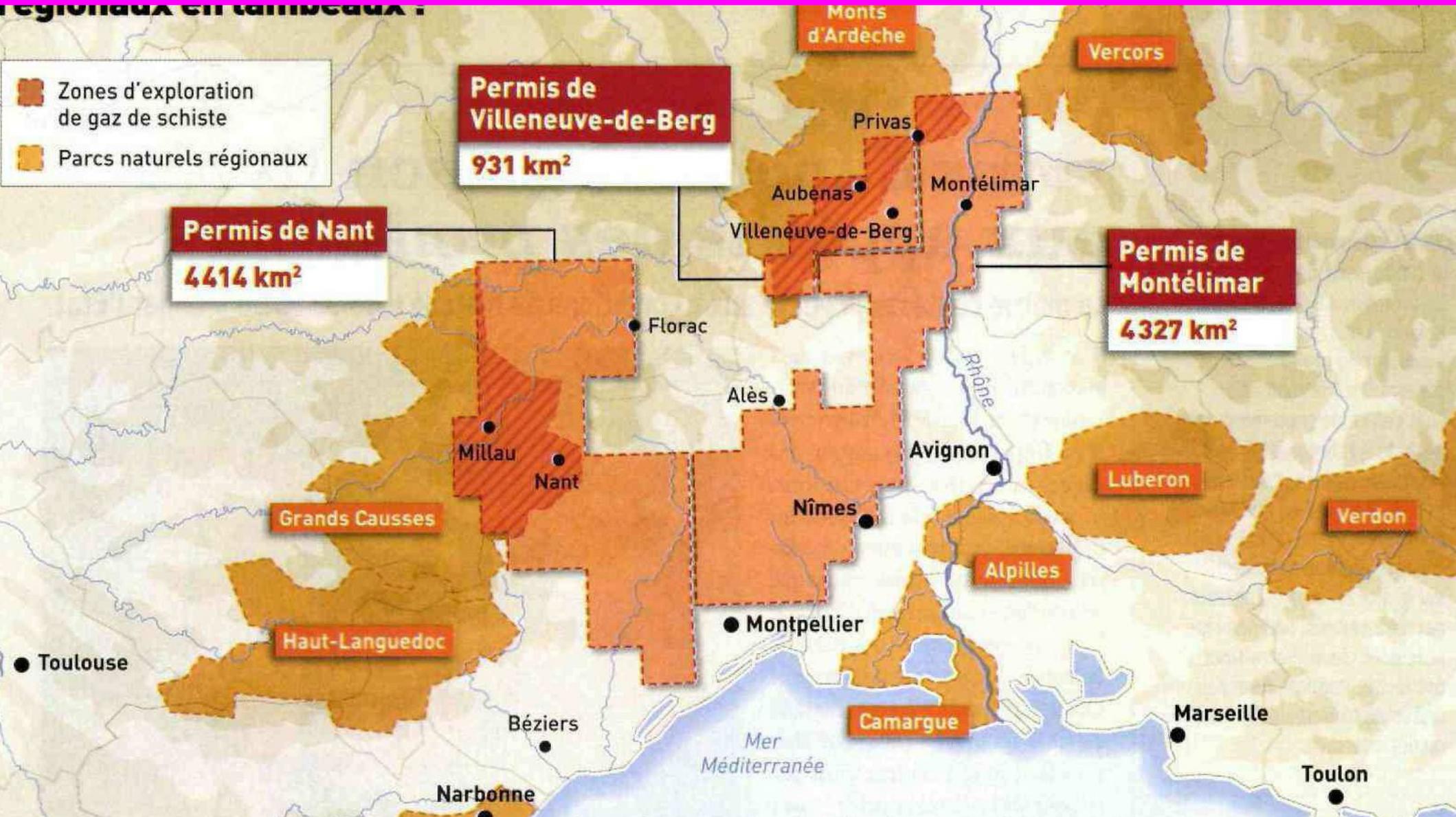
Remèdes ? Puiser dans des nappes salées, réutiliser l'eau qui remonte des forages...

Occupation du sol (USA, tight gas) transposable en Europe ??



Les conflits d'utilisation du territoire

Régionaux en Languedoc-Roussillon



Les gaz à effet de serre

*Des comparaisons intéressantes, mais difficiles
(connaissance insuffisante pour le gaz de schiste)*

Exemple : pour 1 kWh d'électricité produite,

émission de GES :

Gaz conventionnel : 0,50

Gaz de schiste : 0,56

Charbon : 1

Cas de la France : comparer avec GNL importé :

Moins bien que GN européen

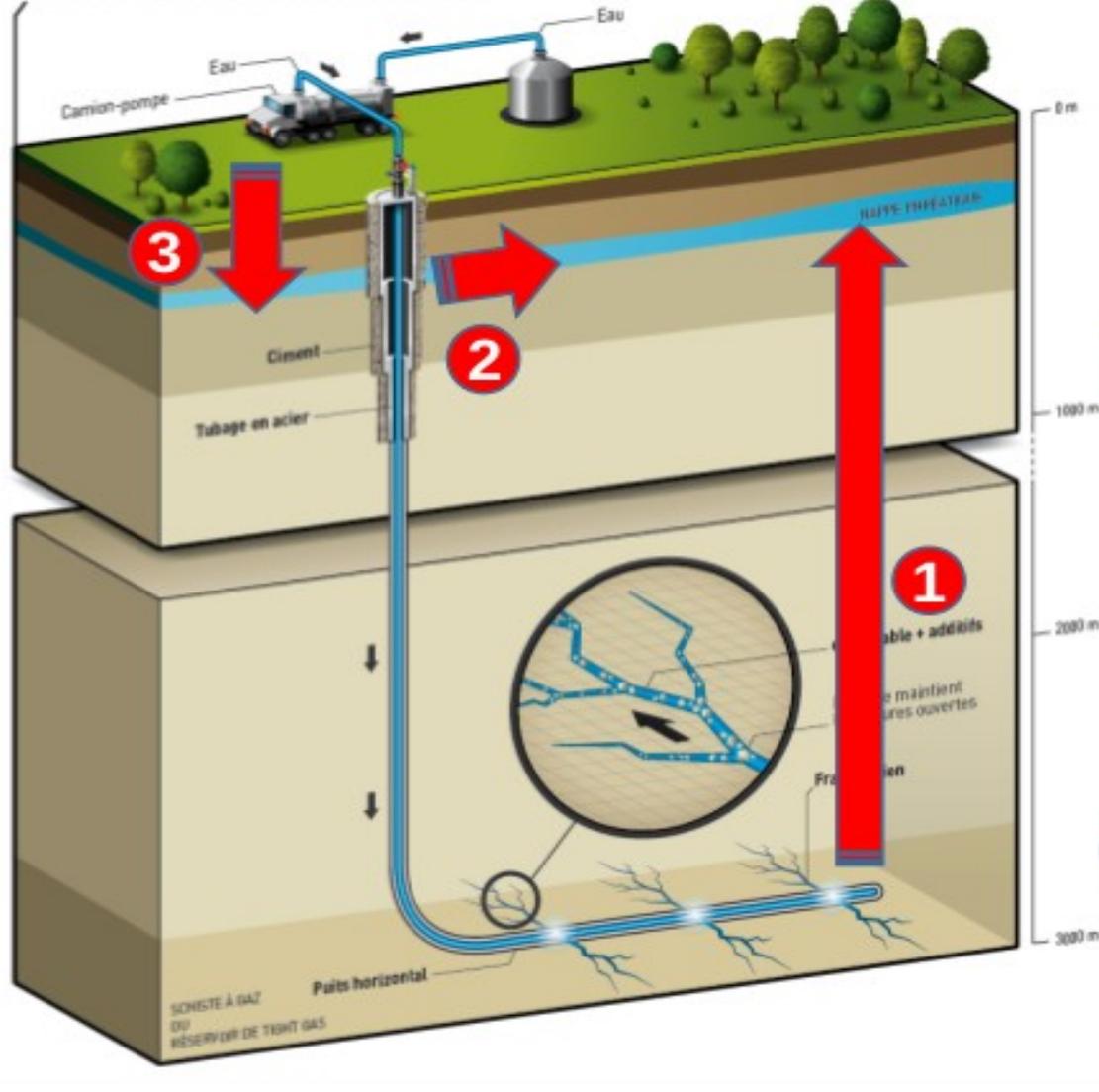
Mieux que GNL ou Russie ?

Principaux risques

Cause initiale	Conséquences
Fissuration des parois du puits	Pollution des nappes superficielles
Remontée de fluides pollués le long du forage, dans la roche endommagée	Pollution de nappes profondes
Fuite de gaz (tête de puits, gazoduc)	Risque d'explosion, pollution air
Rejet intempestif ou fuite d'eau polluée (additifs + lessivage des couches) à partir de la surface	Pollution des cours d'eau ou des nappes
Sismicité induite (activation d'une faille sous tension)	Séisme
Remontée de polluants injectés ou d'hydrocarbures par des failles naturelles	Pollution des nappes
Risque naturel (séisme, inondation)	Pollution

Les risques pour les aquifères

FRACTURATION HYDRAULIQUE



3 Contamination related to spill or containment failure.

Risk known to the O&G industry and more widely to a large number of industries

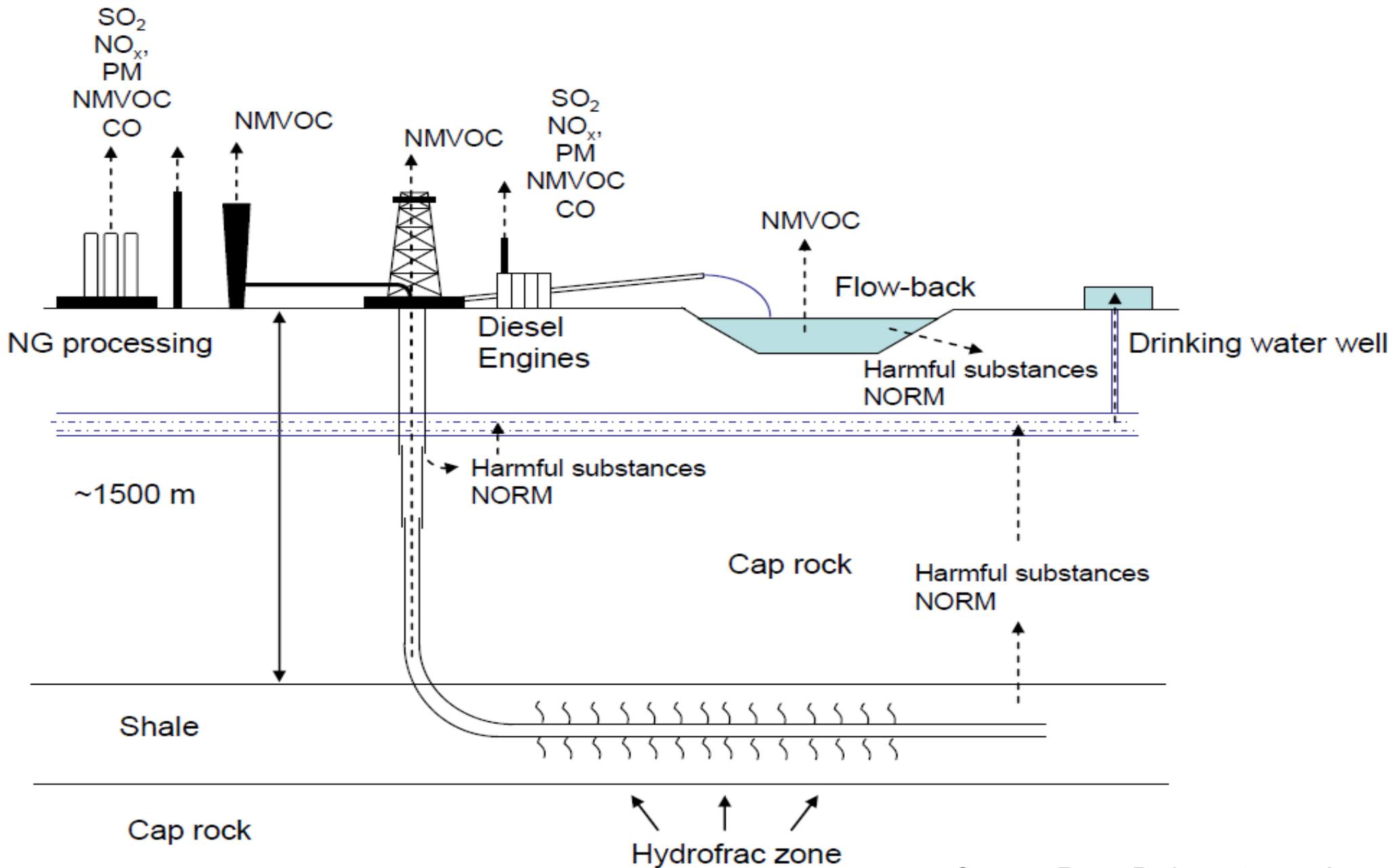
2 Contamination due to well integrity issues.

Risk known to the O&G industry (and others), requires respect of regulation and good industry practices

1 Contamination due to hydraulic fracturing.

Risk considered as extremely unlikely given safe distances from aquifers are respected

Sources possibles de pollution



Le risque de remontée des produits polluants

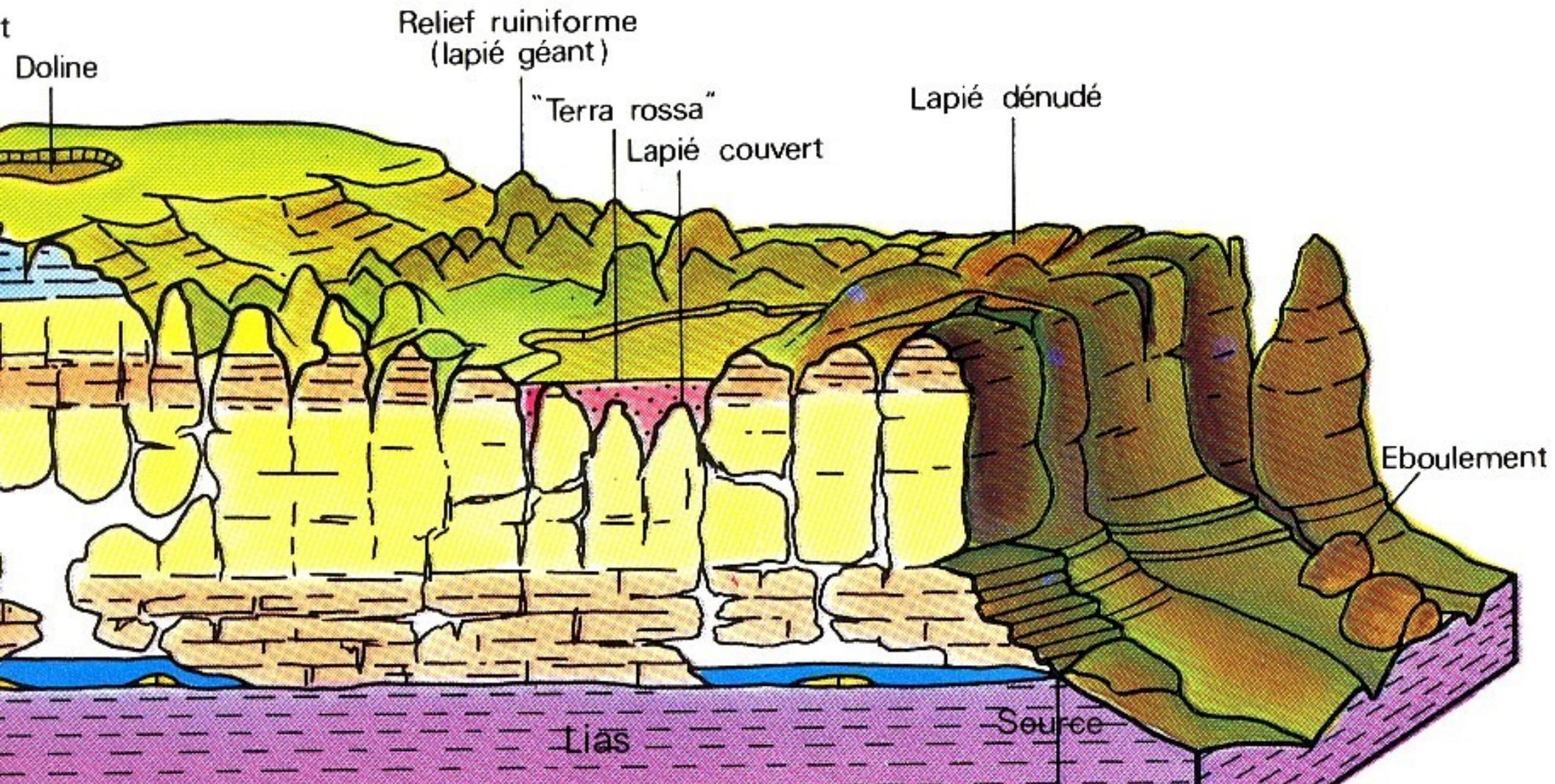
Risque de remontée des produits injectés ou libérés, suite à la fracturation hydraulique, à travers le milieu naturel :

Extrêmement faible, sauf situation (hydro)géologique particulière :

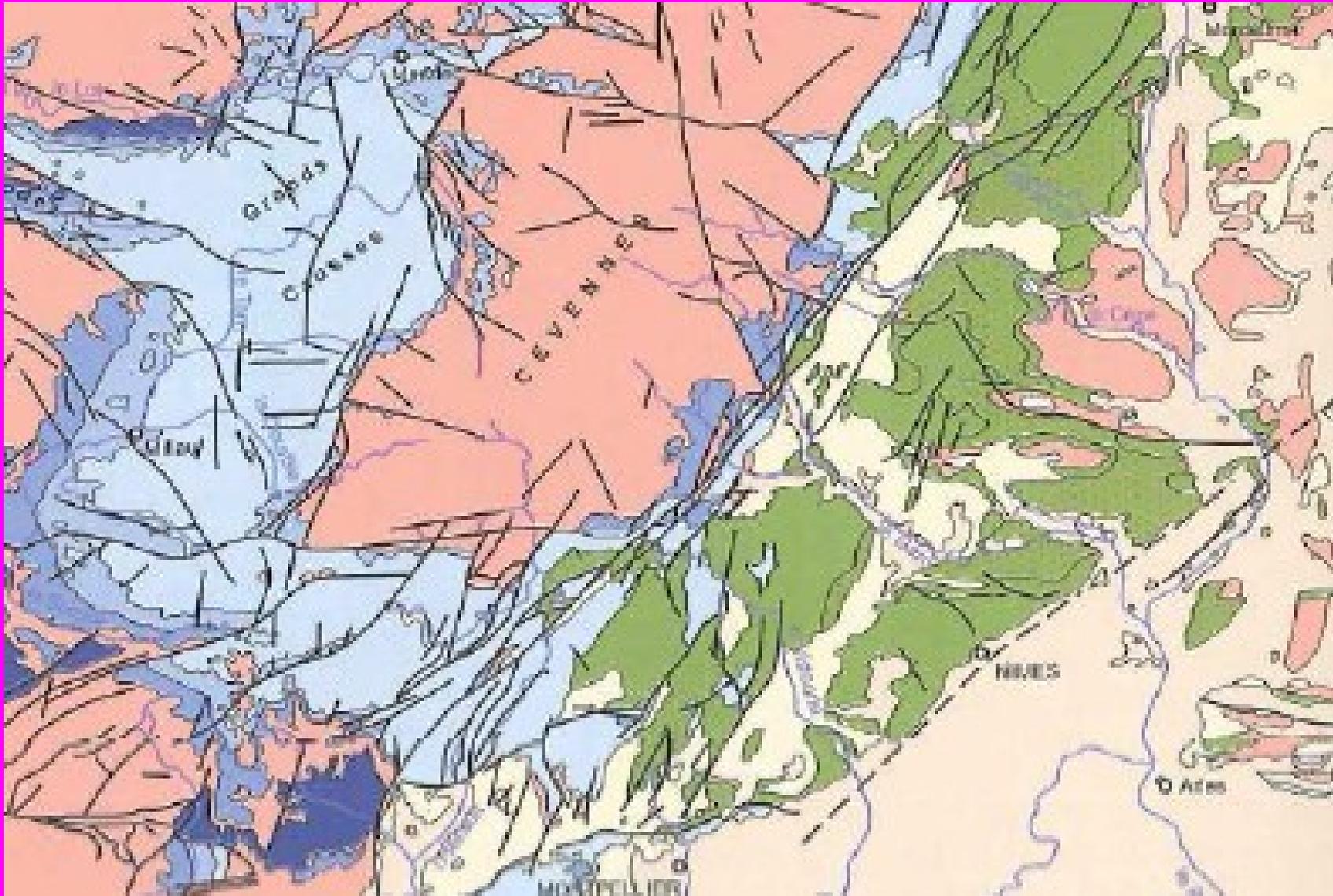
- Proximité de formations karstiques
- Remontées naturelles (sources thermales)

Le long terme ?

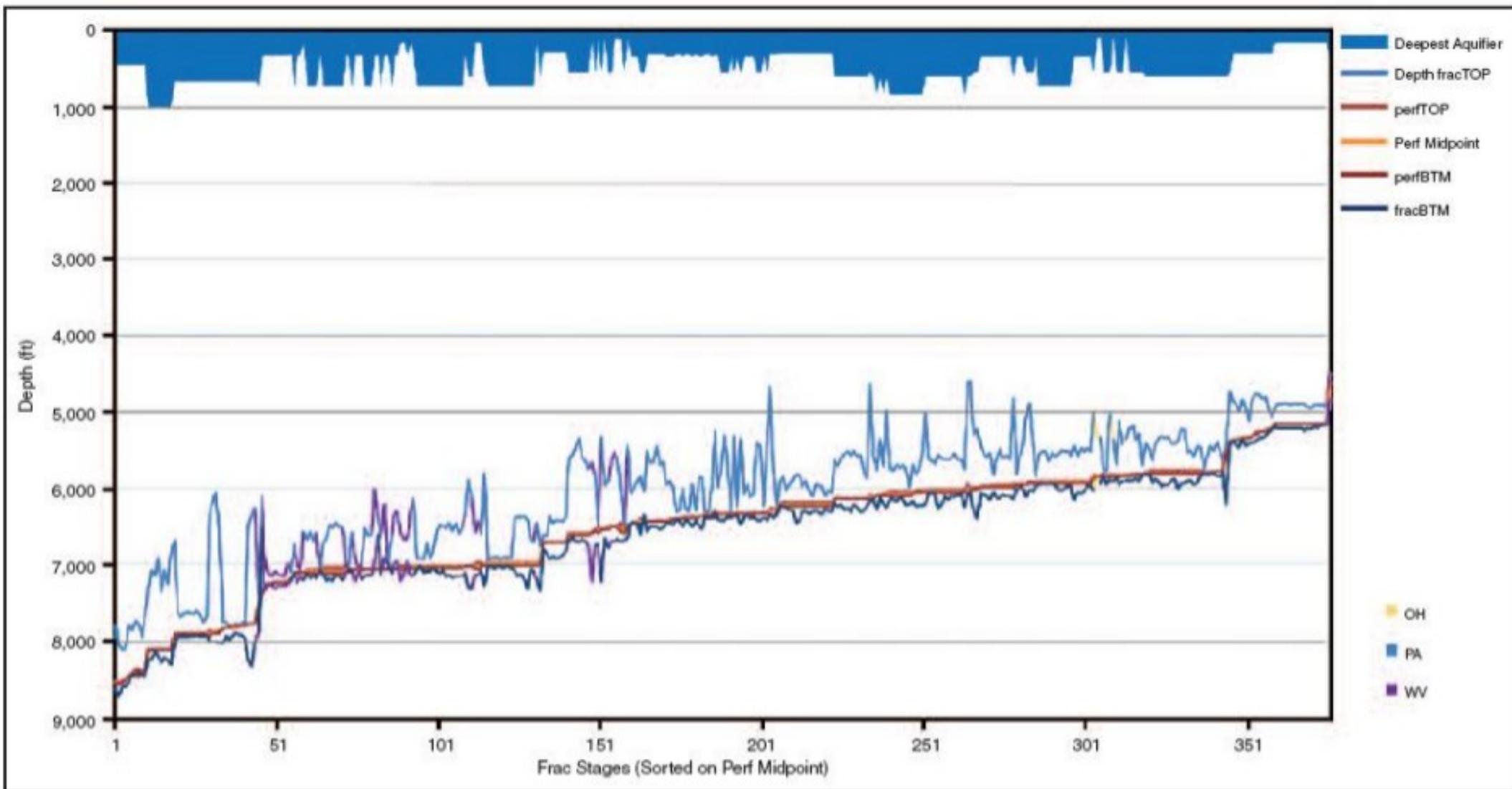
Hydrogéologie karstique dans le SE



Zones de failles : risques environnementaux et commerciaux plus élevés



Bassin de Marcellus



Quelques incidents en Pennsylvanie (Marcellus shale)

Plus de 3000 puits ont été forés.

Migrations de gaz dans les nappes phréatiques
(2009, 2010) : cimentation du puits défectueuse et
pressions excessives

Fuites de fluide de fracturation en surface (2009,
2011) : ruptures de canalisations

Relargage de fluide remontant du puits (2010)

Rejet excessif d'eau dans les cours d'eau en étiage

Importance de la réglementation

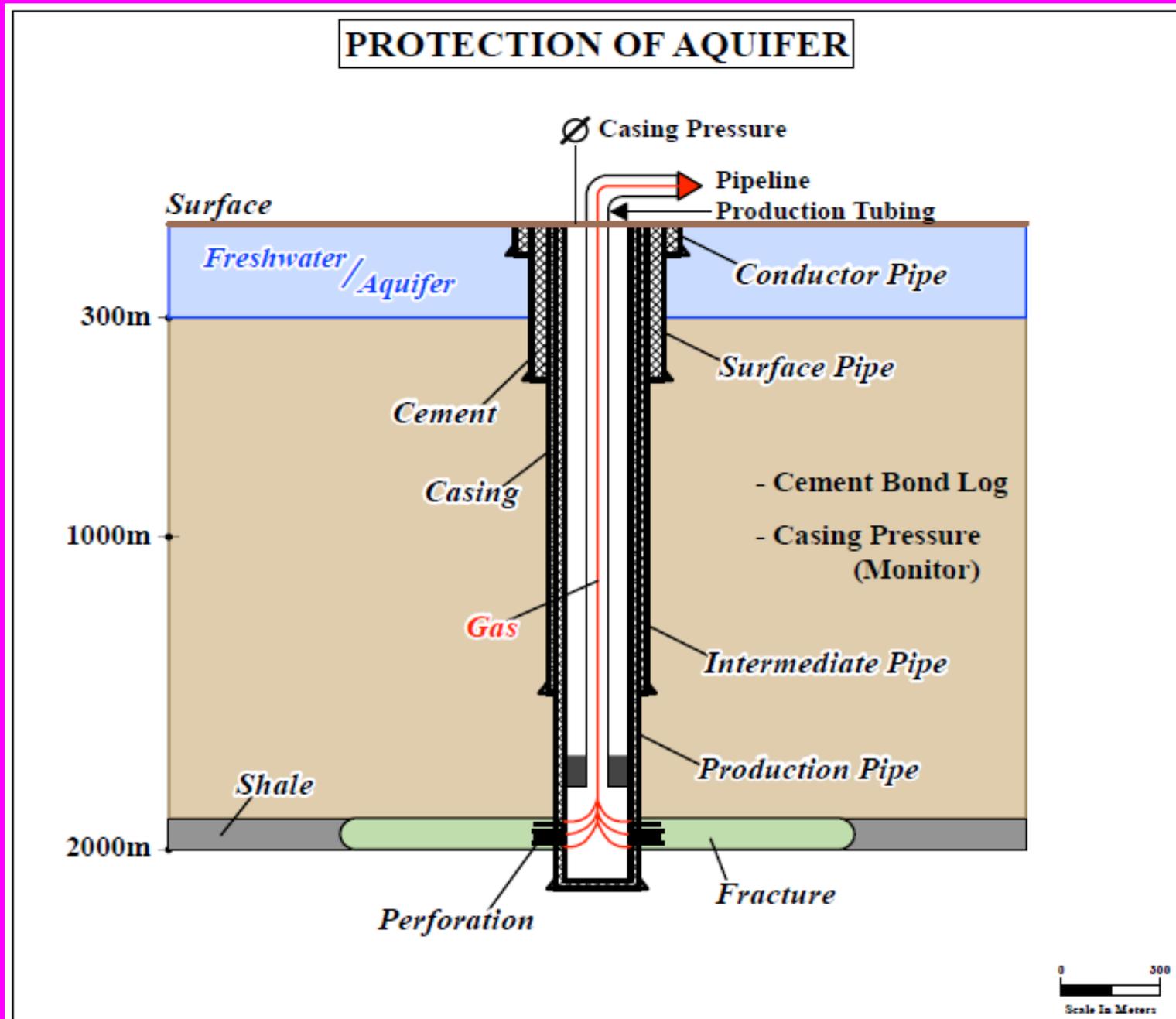
Quasiment tous les incidents aux USA auraient pu être évités avec :

- une réglementation rigoureuse,
- un contrôle strict de son application.

Mais, selon les Etats, ceci était très variable...

Depuis 2009-2010 environ, gros effort de mise à jour de la réglementation, dans les Etats (Etat de NY, par ex.) et au niveau fédéral

La protection des aquifères



Le risque sismique

Il faut distinguer :

- les micro-séismes causés par la fracturation hydraulique elle-même
- la possibilité de sismicité induite (modification de l'état de contrainte, injections d'eau)

Quelques cas significatifs :

- Aux USA : Ohio ($M = 4$) : ré-injection d'eau probablement responsable
- En G-B : Blackpool ($M = 2,3$) : contexte géologique (contraintes horizontales, faille)

Des contrôles pour réduire risques et nuisances

Contrôle des tubages et cimentations

Ecoute micro-sismique

Contrôle des produits chimiques utilisés

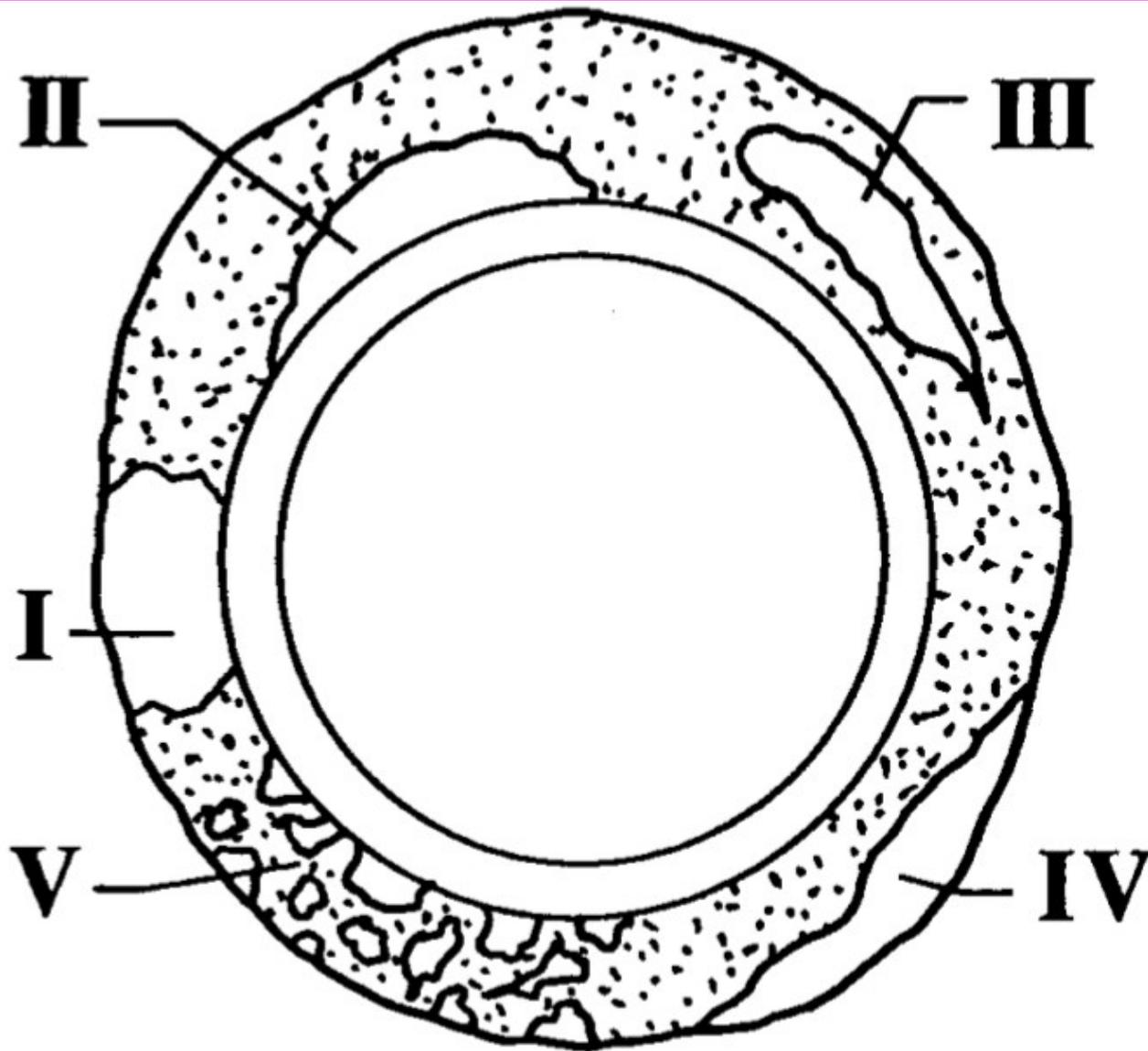
Suivi de la qualité des nappes et des rejets dans
les cours d'eau

Mesures de bruit

Suivi de la qualité de l'air

Etc.

Contrôle de la cimentation (diagraphies)



I - Full Channel

II - Void against Casing

III - Void in Cement Sheath

IV - Void against Formation

V - Gas Cut Cement

Un développement de la réglementation aux USA ?

ARTICLE I – Utilizing the Model Regulatory Framework

1. Scope. This Model Regulatory Framework for Hydraulically Fractured Hydrocarbon Production Wells (the “Model Framework”) is intended to be utilized by state governments in implementing a distinct regulatory regime governing the drilling, completion and production of hydrocarbon production wells that are stimulated by hydraulic fracturing. The Model Framework applies to all hydraulically fractured hydrocarbon production wells, regardless of depth or trajectory, but is not intended to govern any aspect of injection wells, storage wells or any other type of wells that may also be stimulated by hydraulic fracturing.
2. Purpose. The Model Framework is based on numerous “best-in-class” state rules and regulations, and incorporates industry “best practices” with regard to safety, efficiency and environmental protection. The Model Framework is meant to give state governments a road-map to implement hydraulic fracturing regulation that (i) utilizes the structure of the most effective state laws and regulations, (ii) makes mandatory the best operational industry practices, (iii) encourages technological advances and innovation to continually improve industry practices and (iv) ensures the protection of precious natural resources.

[...]

Aspects économiques (cas de la France)

Création d'emplois : non négligeables (cas de quelques centaines de puits ; étalement dans le temps)

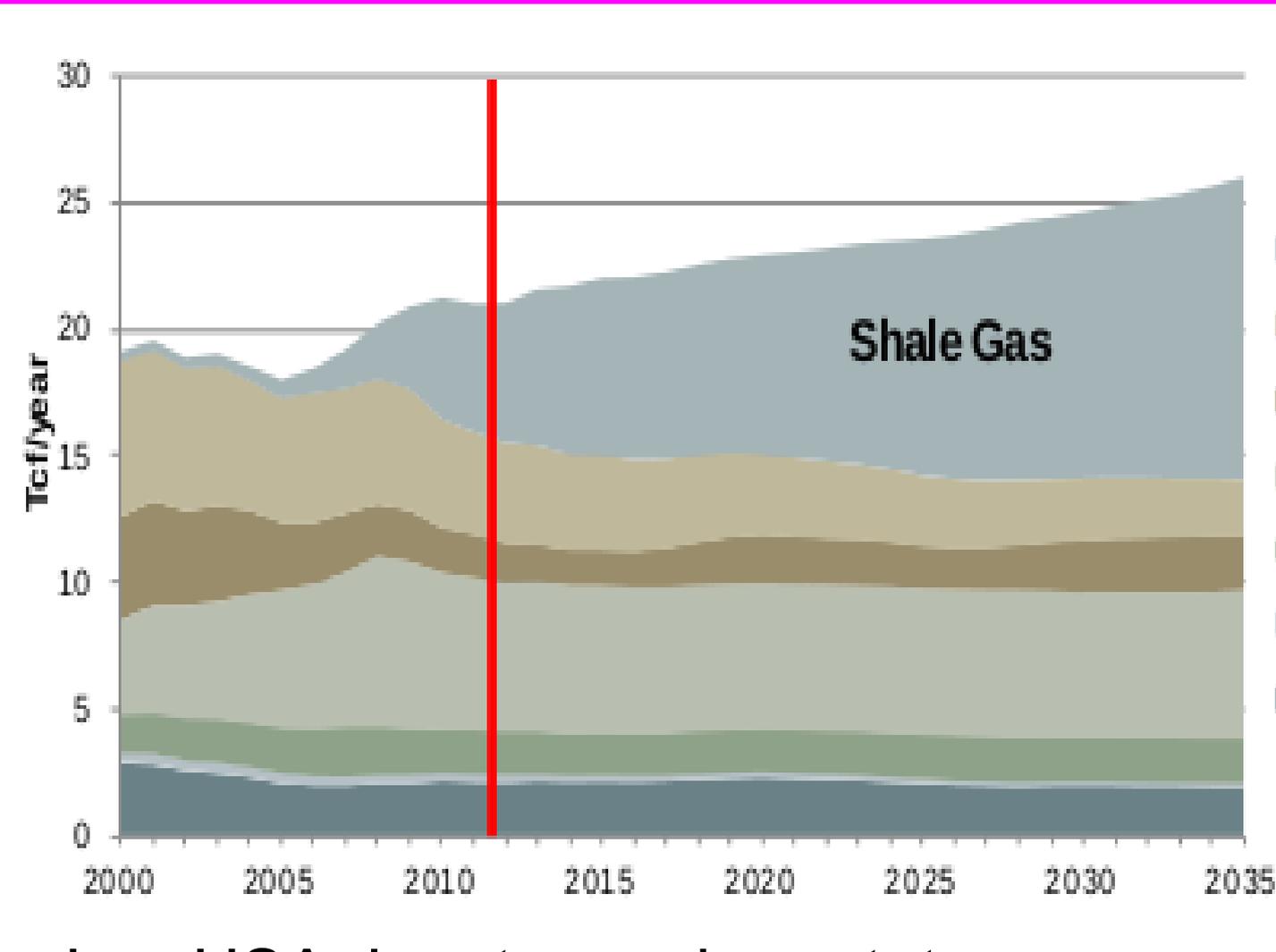
Ressources fiscales : non négligeables

Balance commerciale : effet non négligeable

Indépendance énergétique : effet modeste

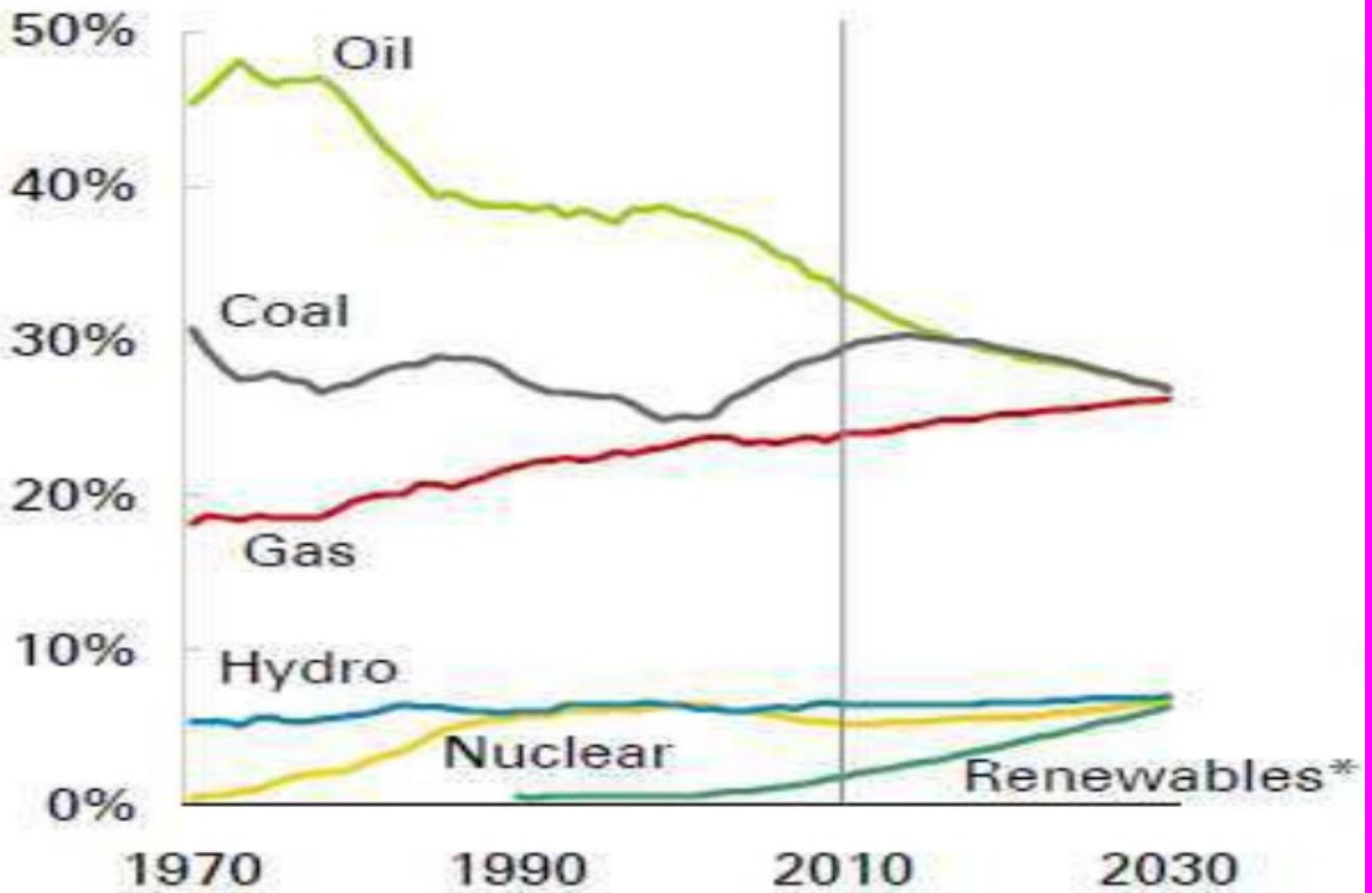
A quelle échelle ? (locale, régionale, nationale)

Le gaz NC aux USA



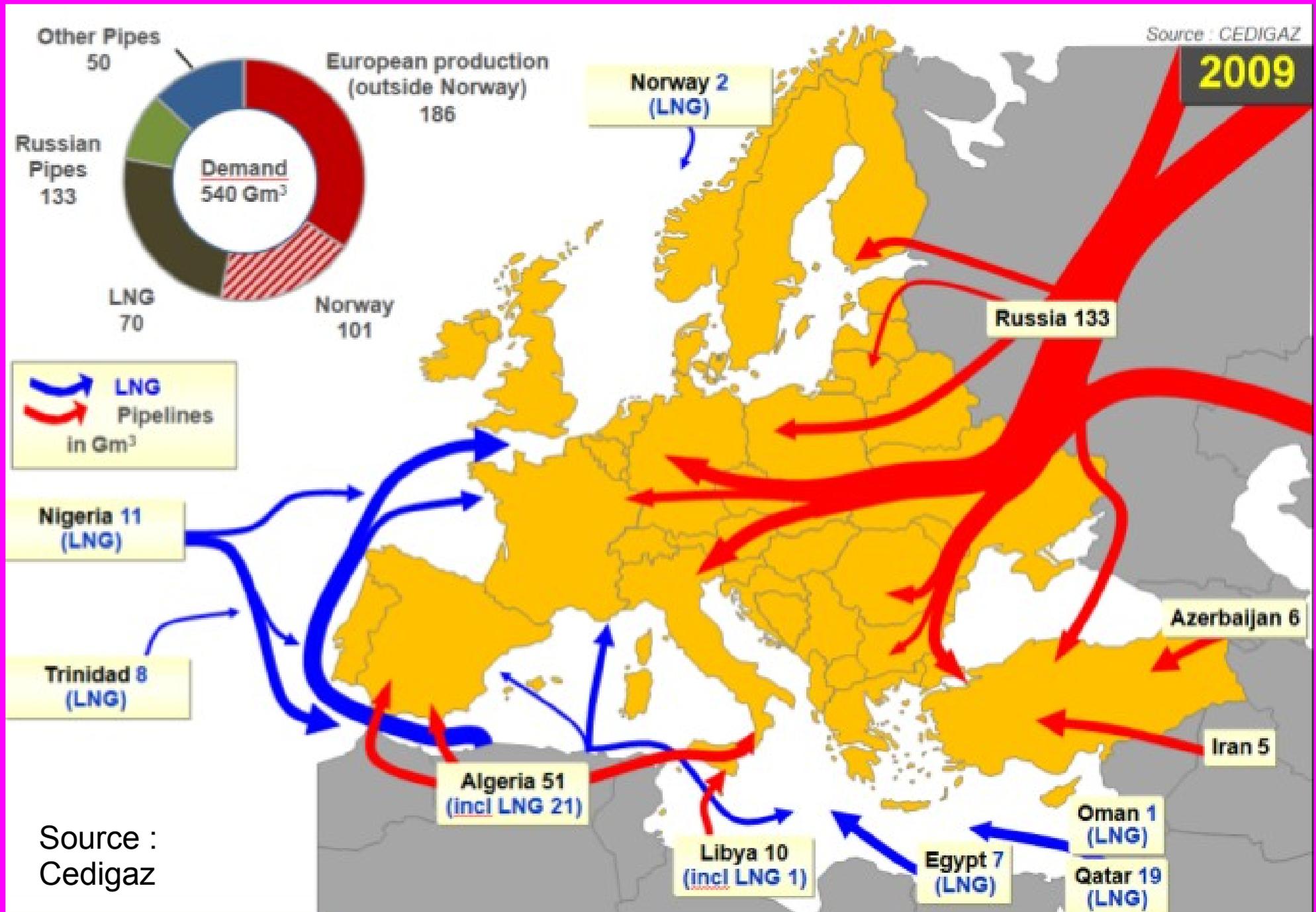
Le gaz NC assure 25 % de la consommation. On prévoit 50 % en 2035.

Les USA, longtemps importateurs, deviennent exportateurs. Il y aurait 40 ans de consommation de gaz (au niveau actuel).



Source : BP energy outlook

Le marché du gaz en Europe



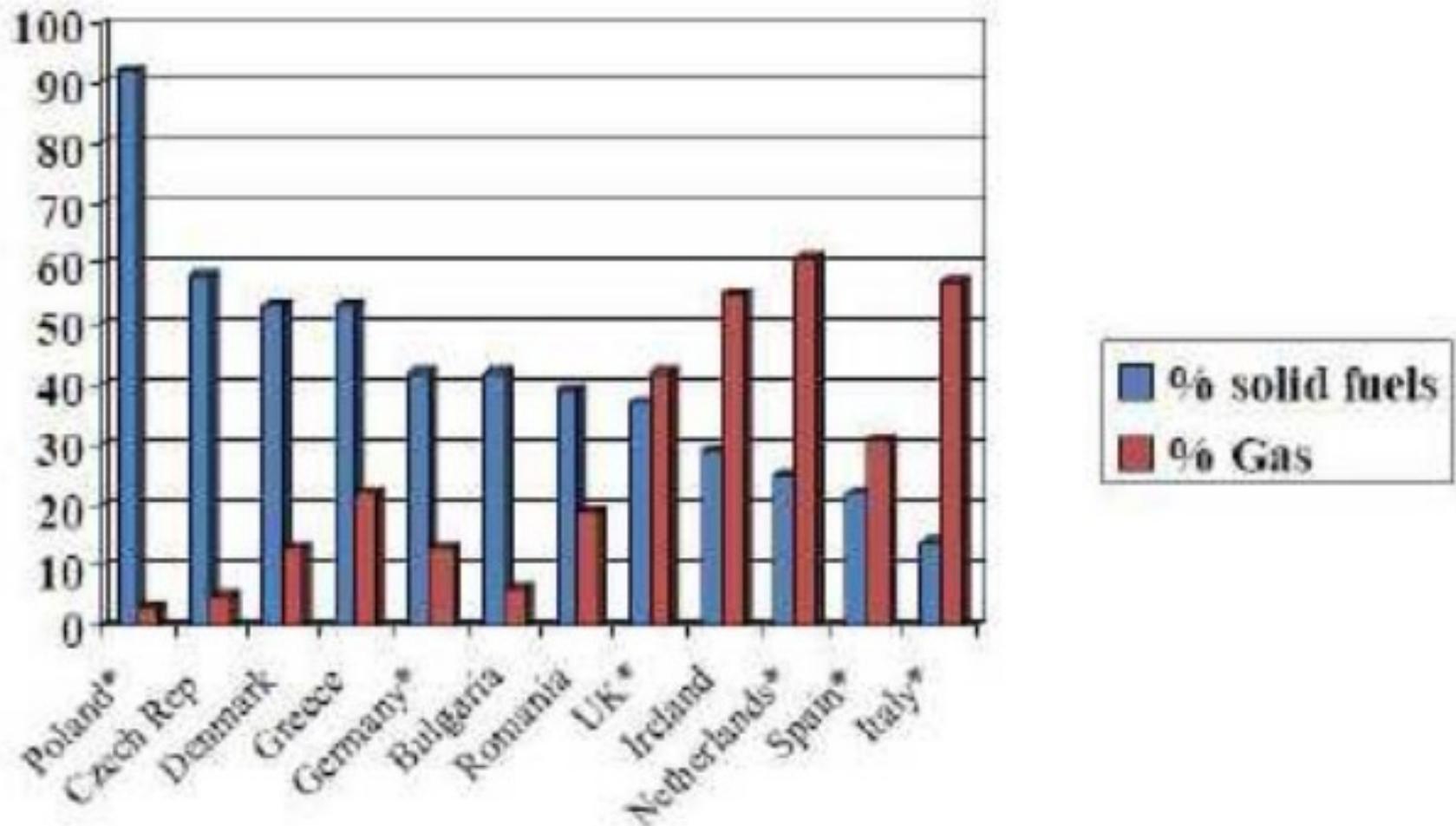
L'Europe du gaz

European Conventional and Shale Gas Resources

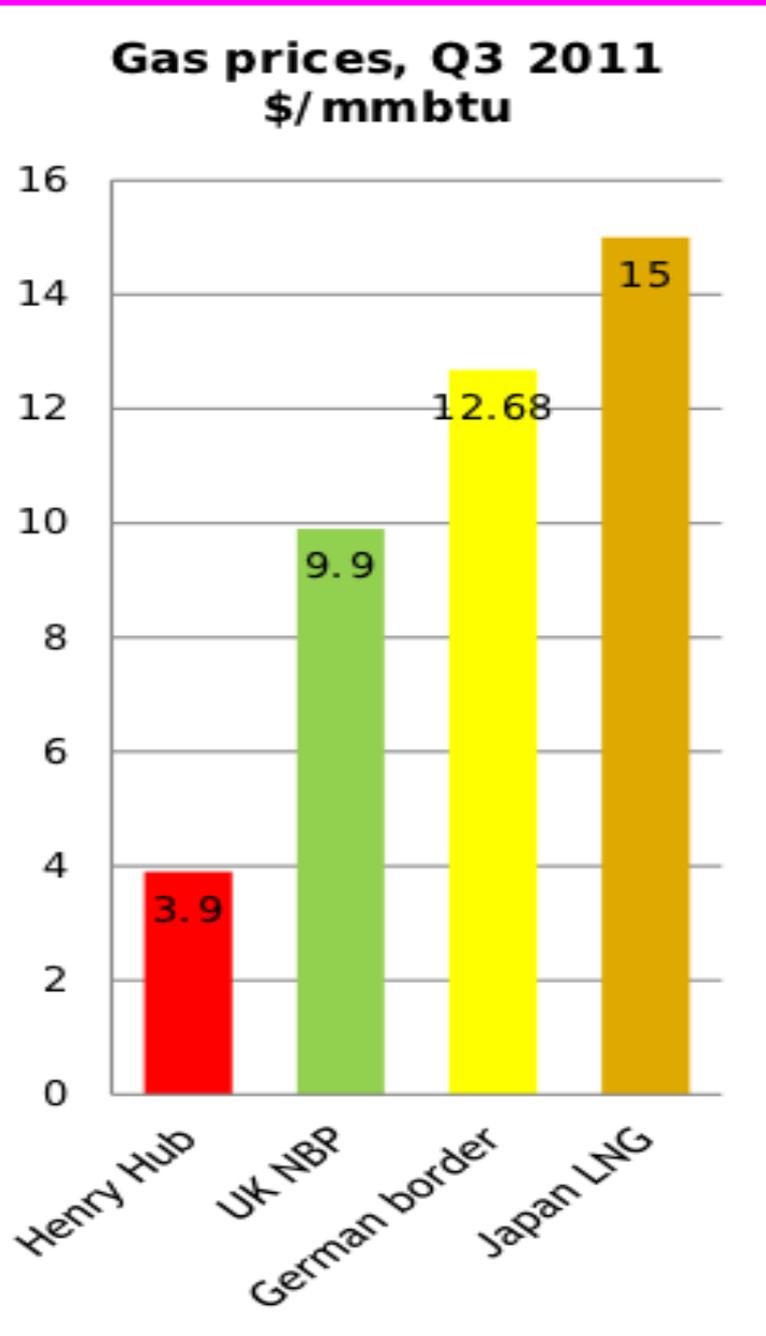
Country	Proved conventional natural gas reserves, bcm	Technically recoverable shale gas resources, bcm	Imports (exports) as % of annual consumption
Poland	170	5,295	64%
France	6	5,097	98%
Norway	2,039	2,350	(2156%)
Ukraine	1,104	1,189	54%
Sweden	-	1,161	100%
Denmark	57	651	(91%)
UK	255	566	33%
Netherlands	1,388	481	(62%)

Tous les pays européens n'ont pas les mêmes contraintes...

PART DU CHARBON ET DU GAZ DANS QUELQUES PAYS EUROPEENS



Le prix du gaz en 2011



Aux USA

En Europe

Au Japon

Si exploitation en Europe :
pas d'effet sur le prix du gaz avant 10 ans

Les ressources fiscales

Quel montant ?

Comparaison difficile entre pays

Où vont-elles ?

En France, très peu pour les CL...

(quasiment rien pour le propriétaire du sol)

Recherches et opérations-pilotes

Bilan :

Tout est sous contrôle ?

ou bien

Activité à risque majeur ?

Opportunité de mener des opérations pilotes et de développer les recherches (une « ouverture » de la loi du 13 juillet 2011) :

- sur la ressource dans le pays,
- sur les impacts et les risques
- sur les technologies

Recherches et opérations pilotes

- Géologie et l'hydrogéologie :
Évaluer la ressource de gaz exploitable
Évaluer les zones à risque hydrogéologique ou sismique
Nappes profondes exploitables
- Fluides de fracturation :
Produits peu nombreux et sans risque
- Nouvelles techniques pour extraire le gaz ?
(propane ?)
- Surveillance micro-sismique des opérations
- Emissions de gaz dans l'atmosphère
- (...)

L'acceptabilité est une priorité si l'on décide d'exploiter les HNC...

L'administration et les compagnies pétrolières l'ont compris tardivement...

- *Imposer des mesures préventives et contrôler leur application (adapter la réglementation) :*

Protéger les aquifères

Minimiser la consommation d'eau

Minimiser l'impact des plates-formes au sol

Minimiser l'impact pour les populations locales

- *Nécessité d'informer, de consulter et de communiquer...*

L'acceptabilité est une priorité si l'on décide d'exploiter les HNC...

- *Restreindre la zones d'exploitation*

Secteurs où la ressource en eau est rare

Secteurs à risque hydrogéologique ou sismique

Zones péri-urbaines

Au Parlement de décider