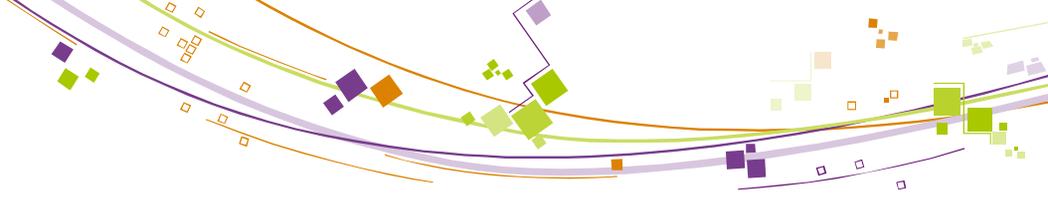


Les hydrocarbures non conventionnels

Evolution ou Révolution ?

Roland VIALLY





PLAN

L'évolution de la demande énergétique mondiale

Le rôle des hydrocarbures non conventionnels dans l'approvisionnement en hydrocarbures.

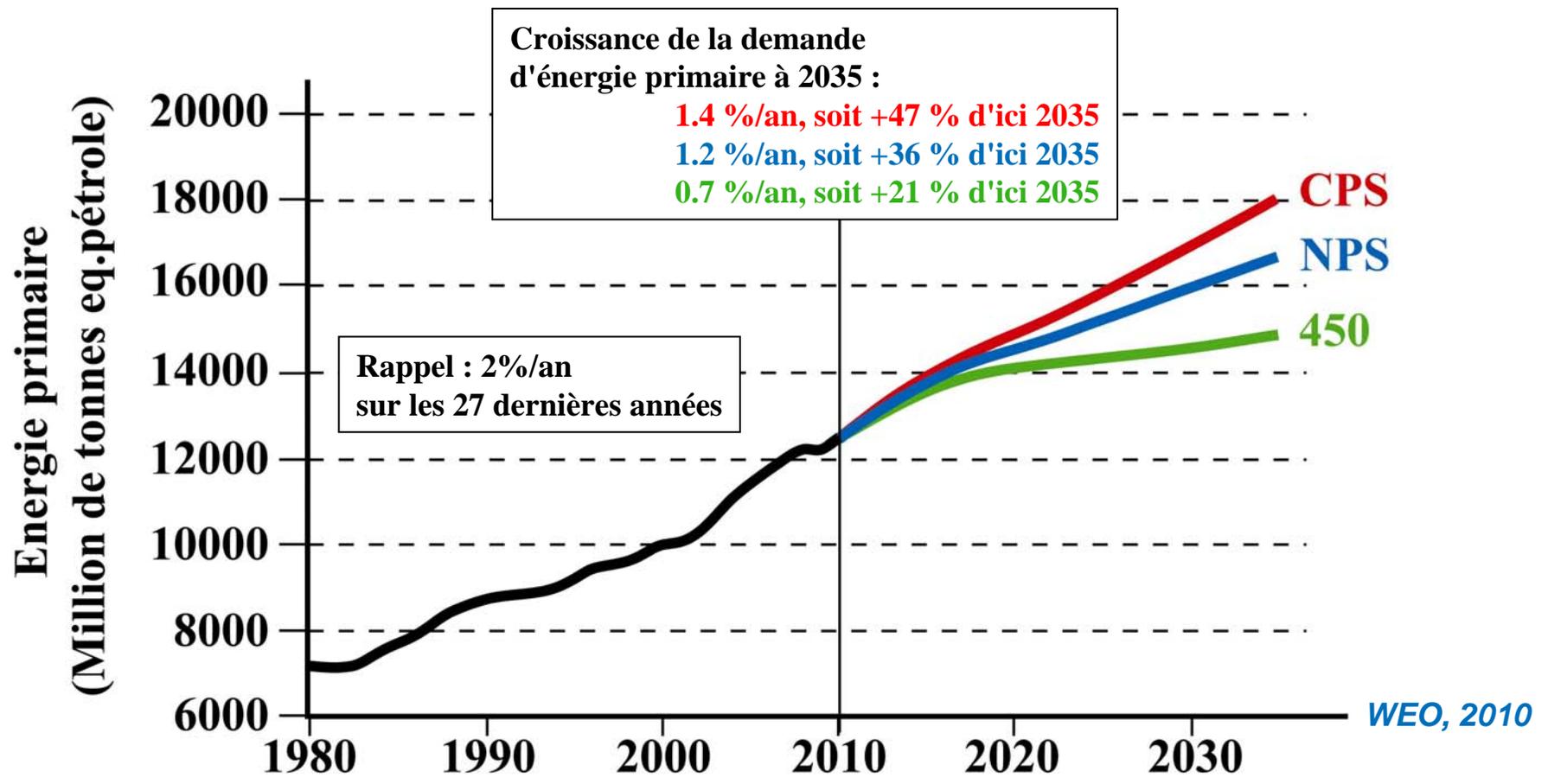
- Quelques définitions.
- Les techniques de production.
- Les enjeux environnementaux.

Les hydrocarbures non conventionnels en France

- Les succès américains sont-ils transposables en France ?.

La demande en énergie primaire

Les scénarii de l'AIE



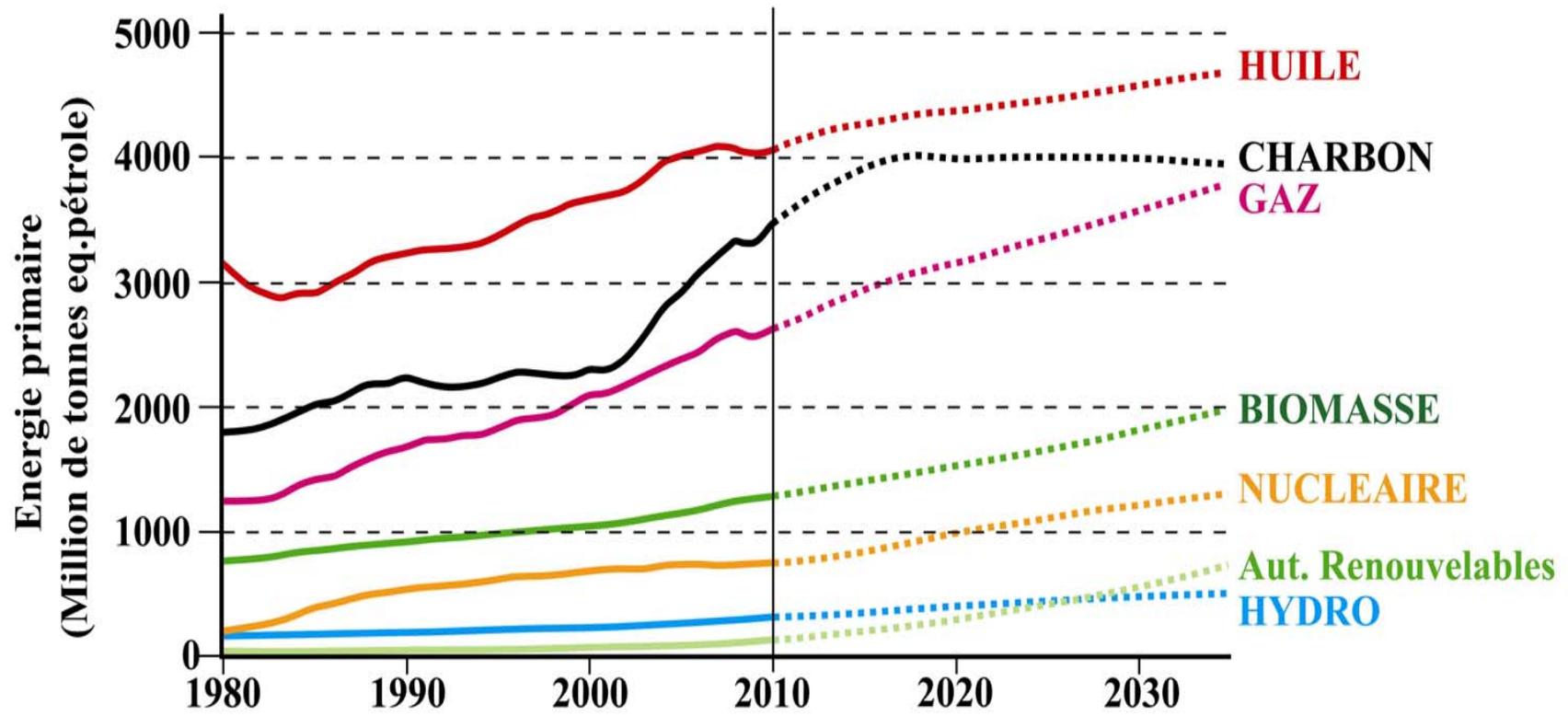
La demande en énergie primaire

Les hydrocarbures restent une source d'énergie incontournable

60%
85%

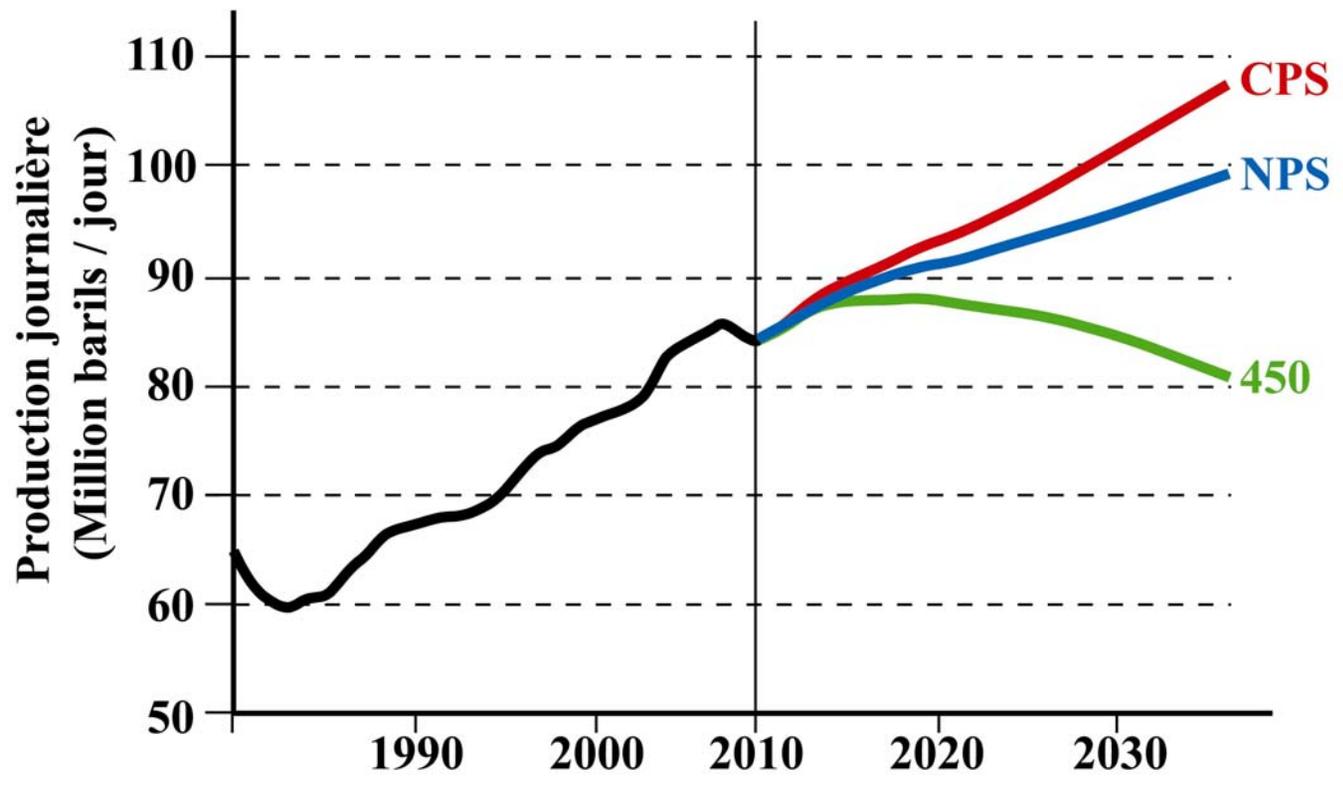
54%
81%

50% Hydrocarbures
74% En. fossile



La demande en énergie primaire

Les hydrocarbures restent une source d'énergie incontournable

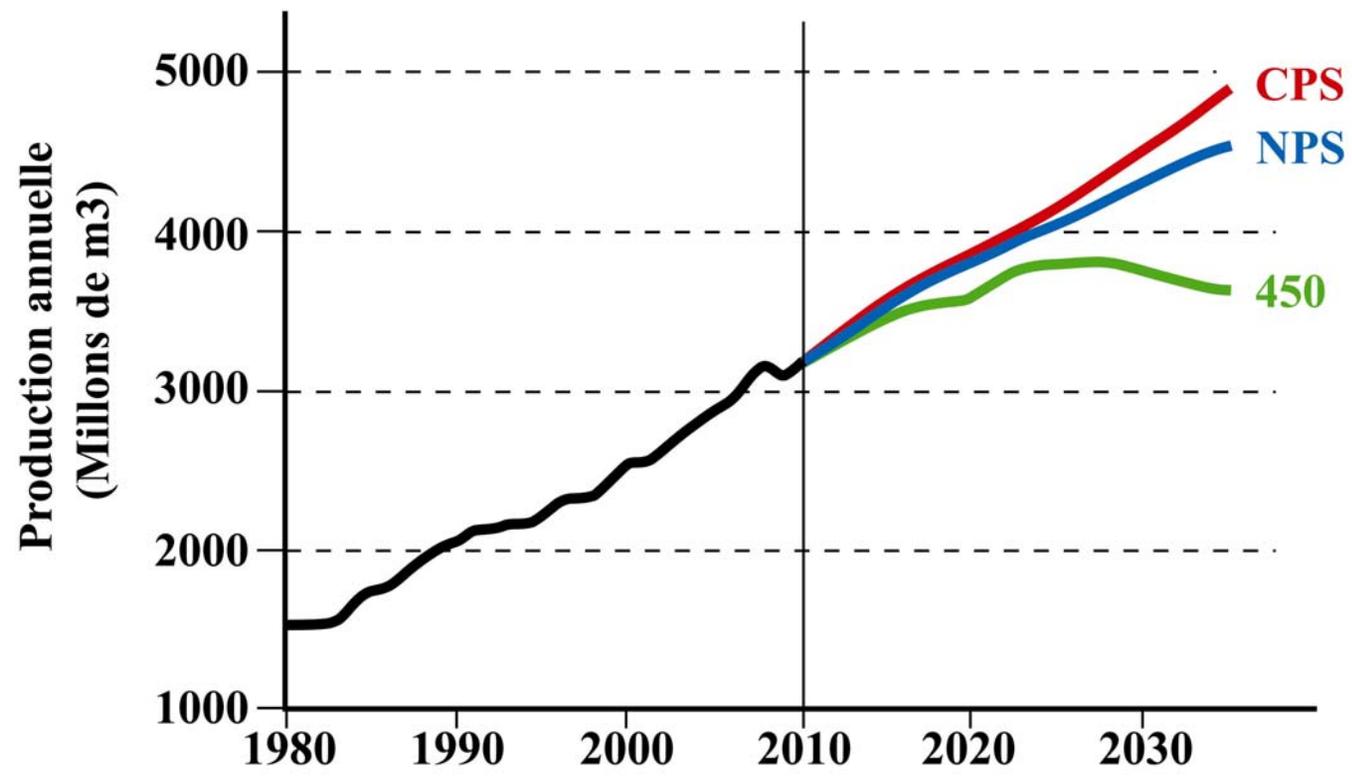


Hypothèse NPS : 99 millions barils / jours en 2035

Les ressources en hydrocarbures liquides seront-elles suffisantes ?

La demande en énergie primaire

Les hydrocarbures restent une source d'énergie incontournable

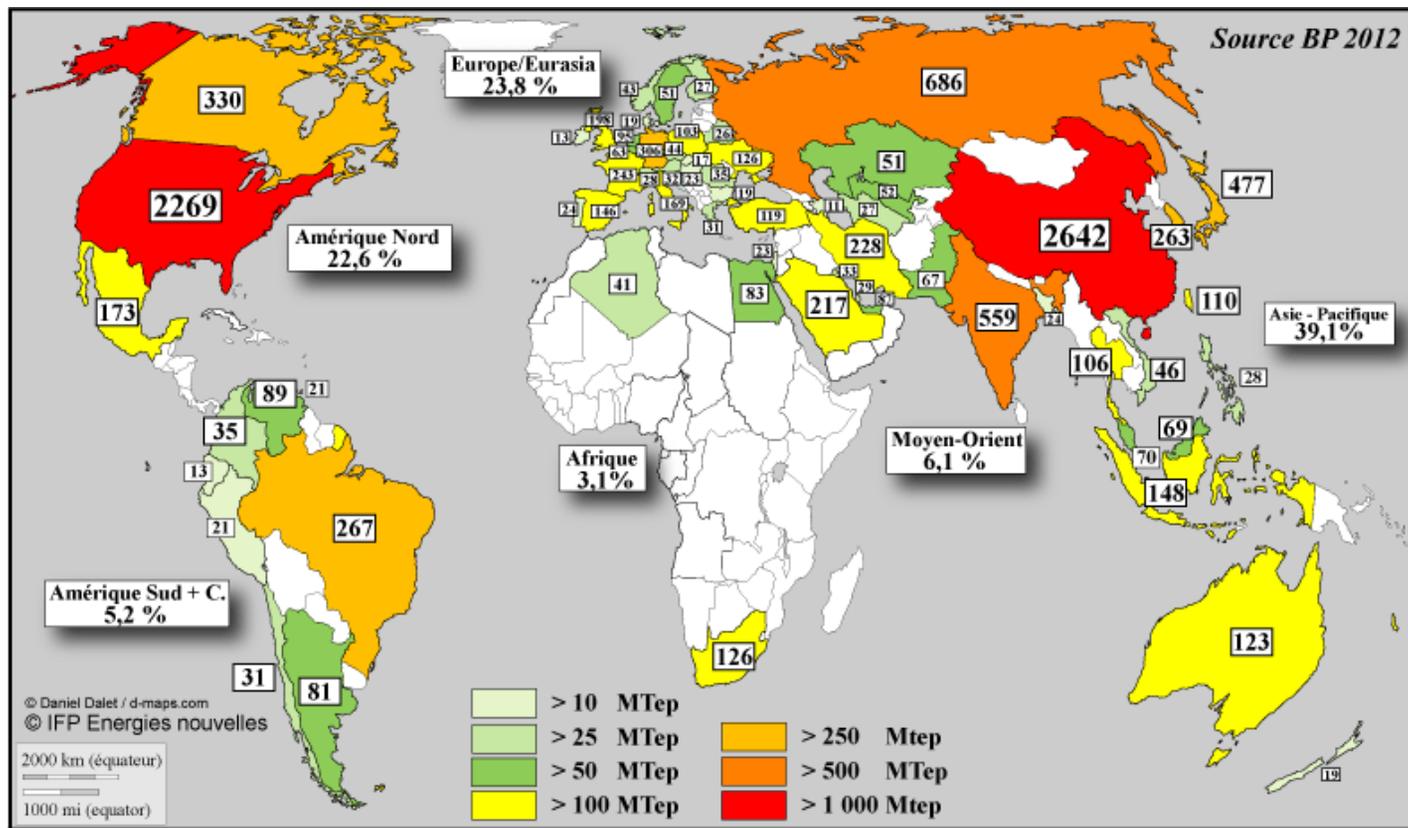


**Hypothèse NPS : 4,6 Tcm/an en 2035
(+50% en 25 ans)**

Les ressources en gaz seront suffisantes (au moins jusqu'en 2035)

La demande en énergie primaire

Le monde énergétique évolue (1)



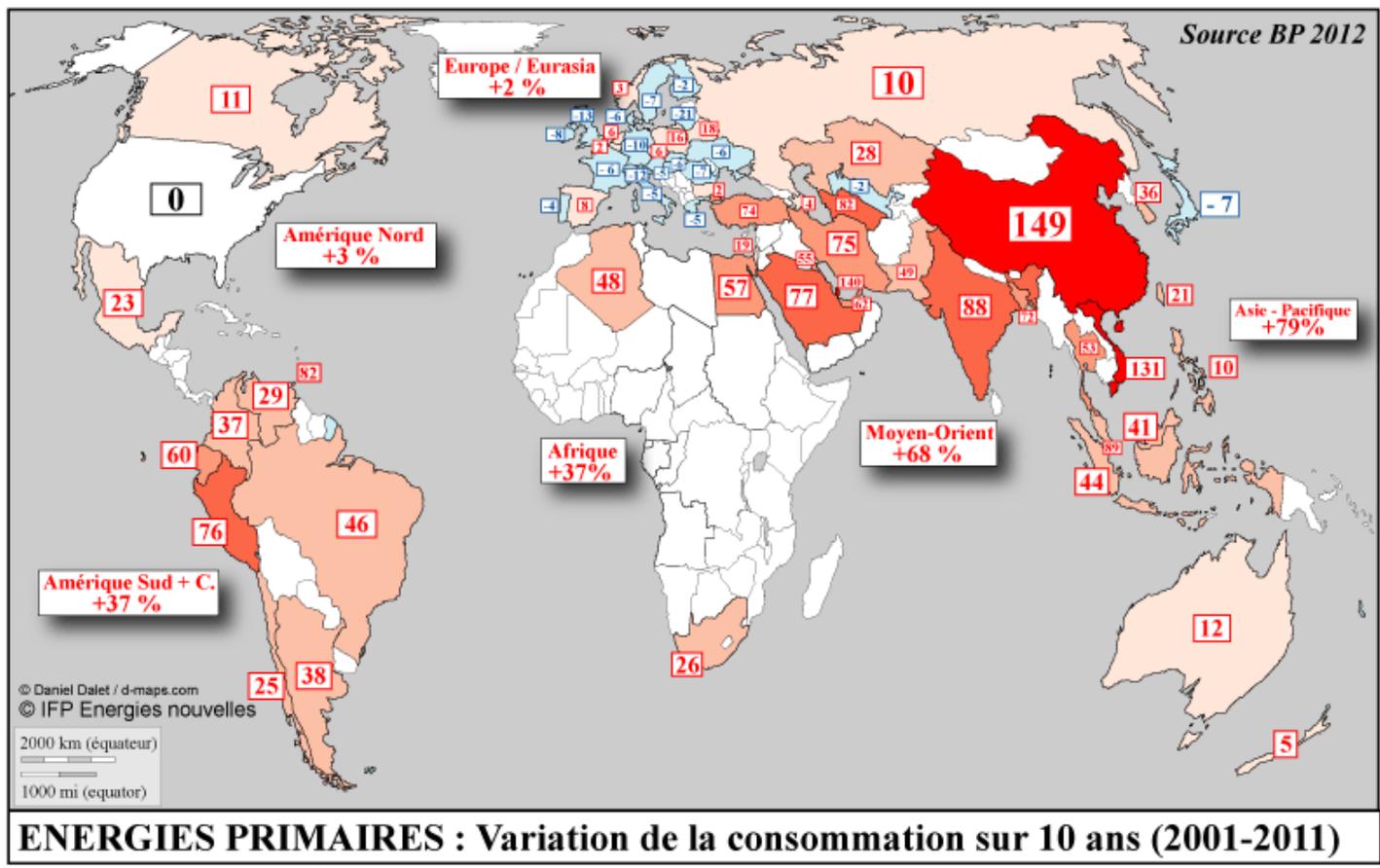
ENERGIES PRIMAIRES : Consommation (2011)

MONDE : 12 275 Mtep

Chine : 2642 Mtep	Japon : 477 Mtep	Corée du Sud : 263 Mtep	Royaume-Uni : 198 Mtep
USA : 2269 Mtep	Canada : 330 Mtep	FRANCE : 243 Mtep	Mexique : 173 Mtep
Russie : 686 Mtep	Allemagne : 303 Mtep	Iran : 228 Mtep	Italie : 169 Mtep
Inde : 559 Mtep	Brésil : 267 Mtep	Arabie Saoudite : 217 Mtep	Indonésie : 148 Mtep

La demande en énergie primaire

Le monde énergétique évolue (2)

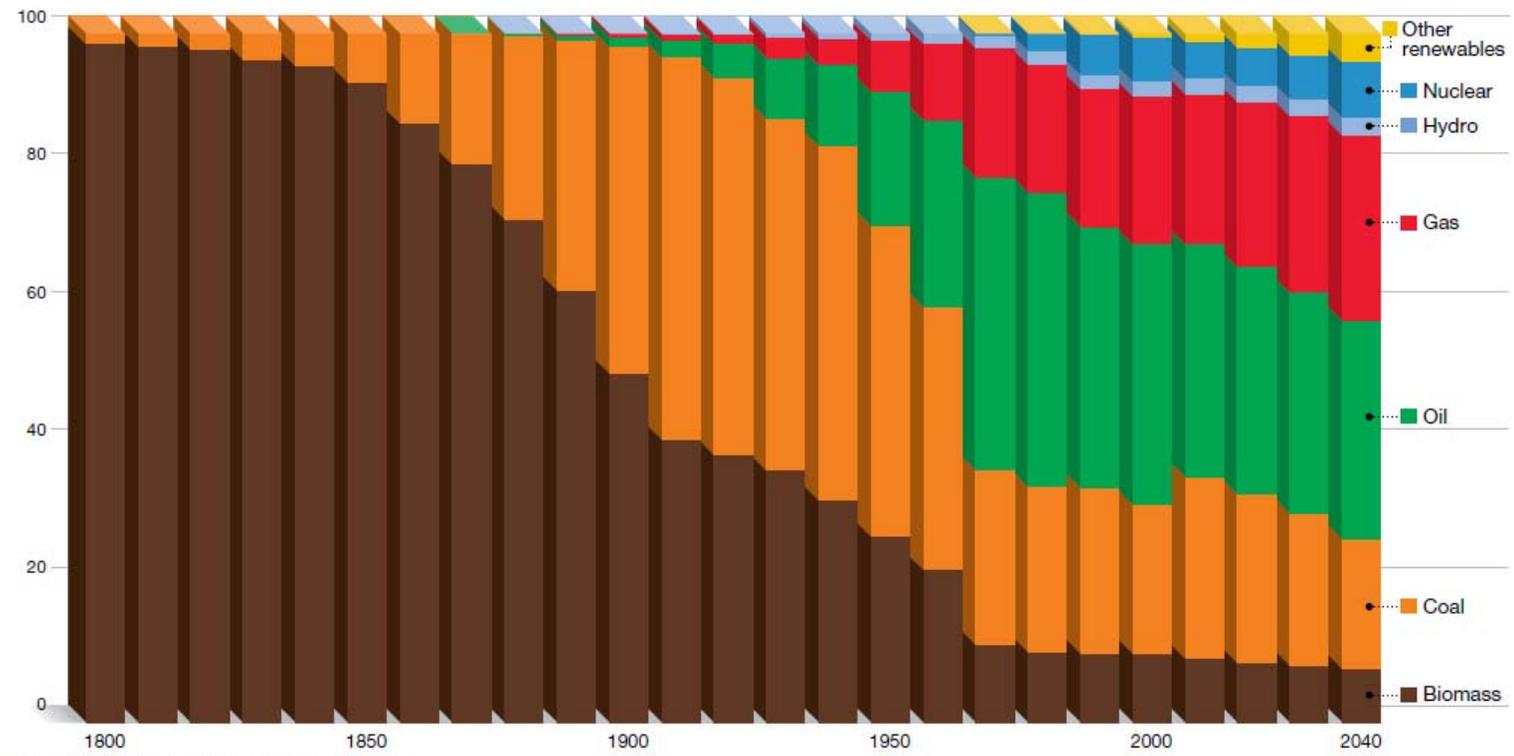


La demande en énergie primaire

Les transitions énergétiques sont lentes....

Global fuel mix by decade

Percent



Source: Smil, Energy Transitions (1800-1960)

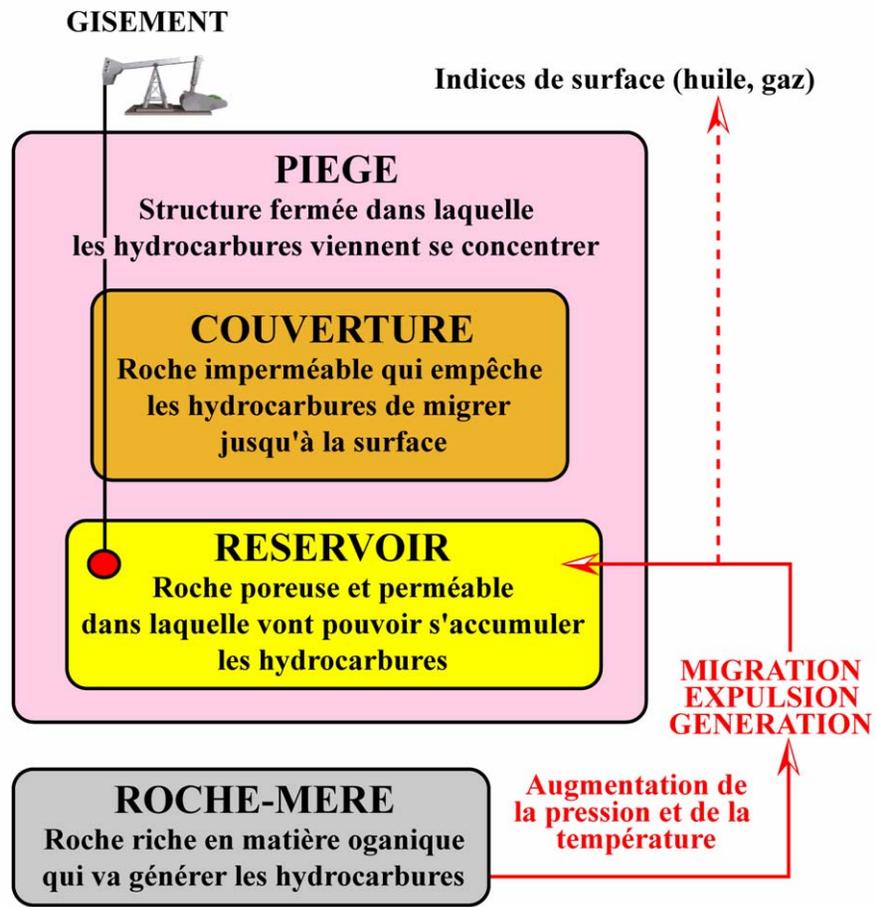
La demande en hydrocarbures

Allons nous manquer de pétrole ?



La notion de système pétrolier

Les hydrocarbures conventionnels



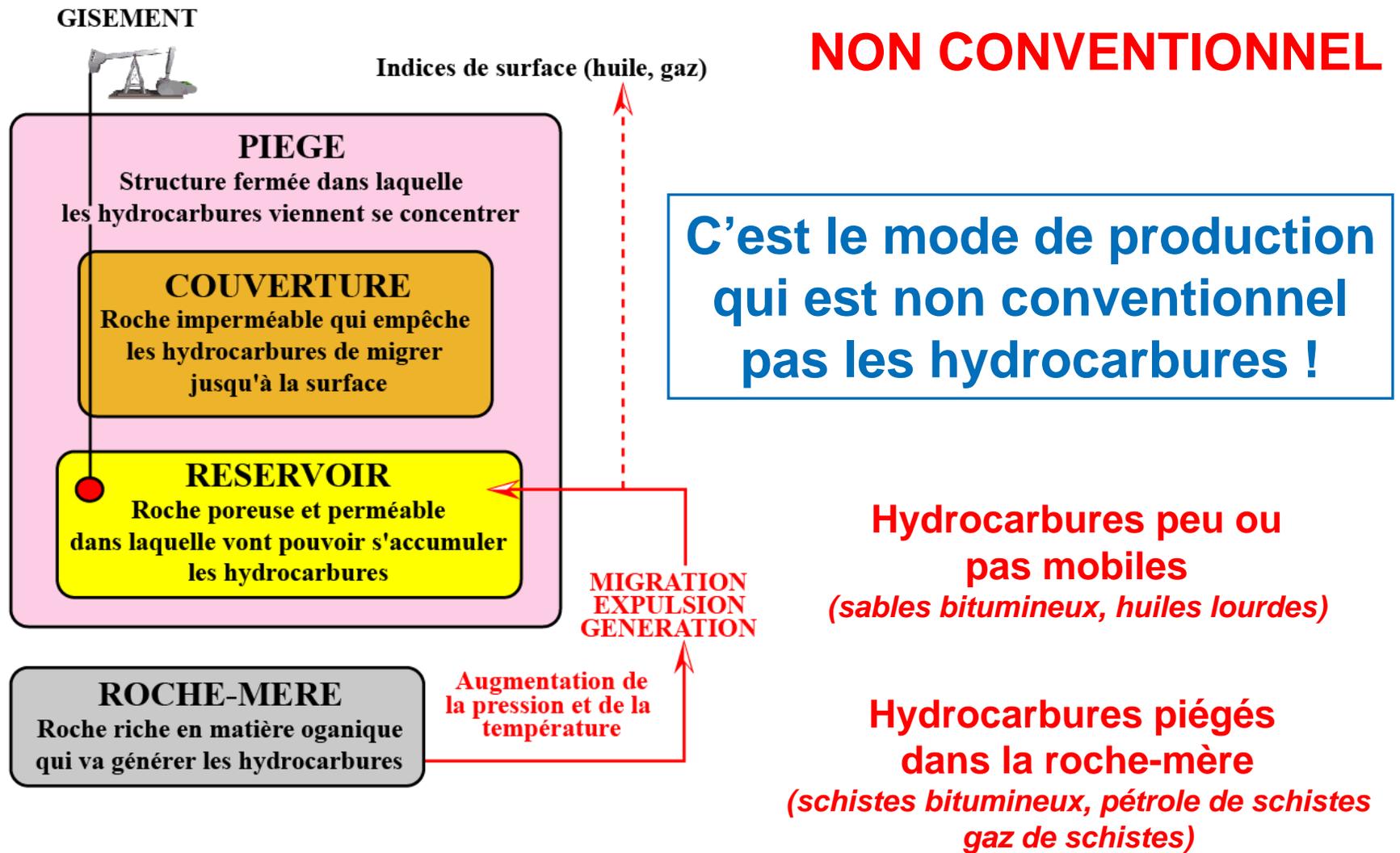
HYDROCARBURES CONVENTIONNELS

On cherche à produire des hydrocarbures à partir de réservoirs poreux et perméables.

PLUS FACILE et MOINS CHER

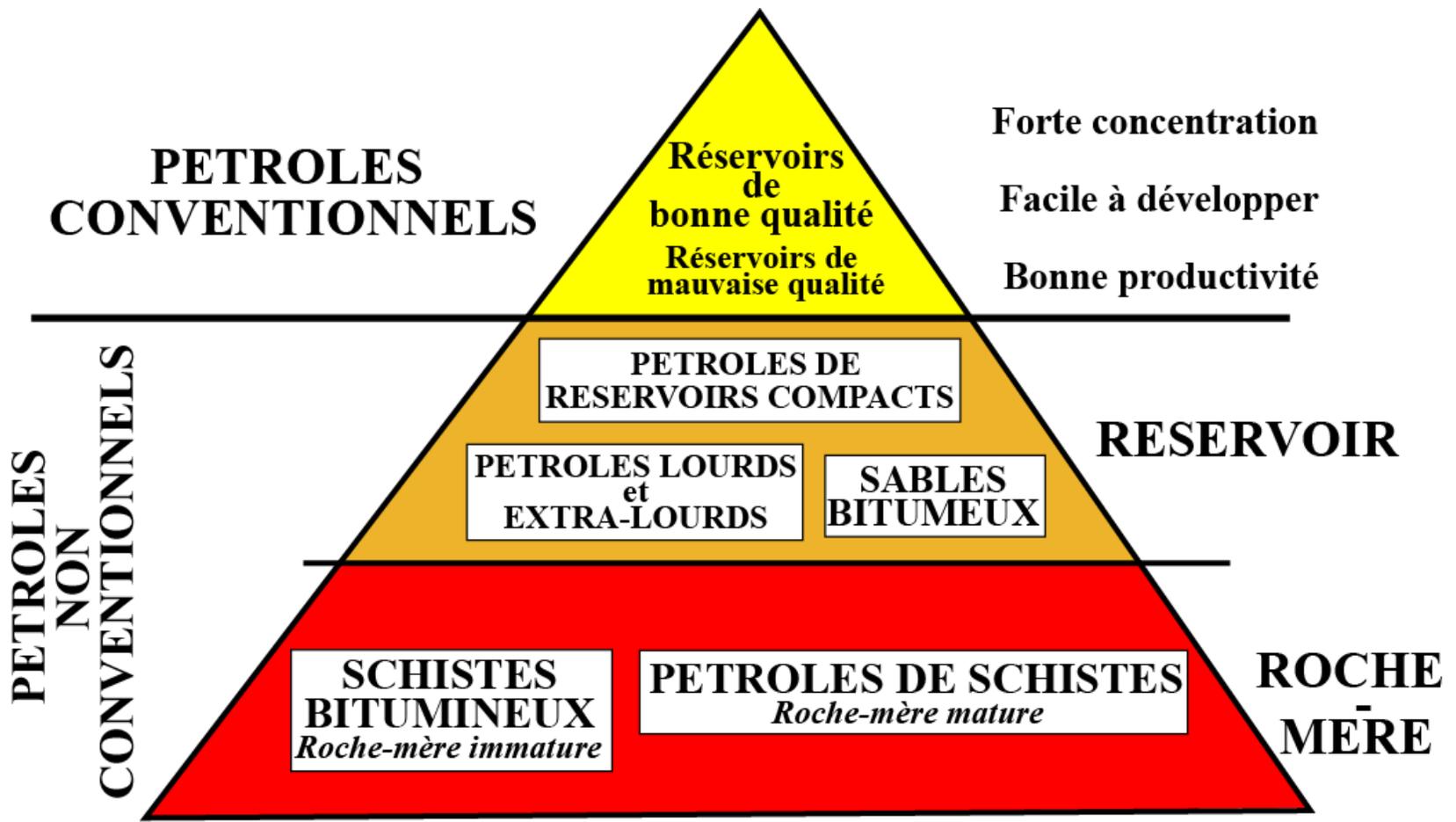
La notion de système pétrolier

Les hydrocarbures non conventionnels



Les hydrocarbures non conventionnels

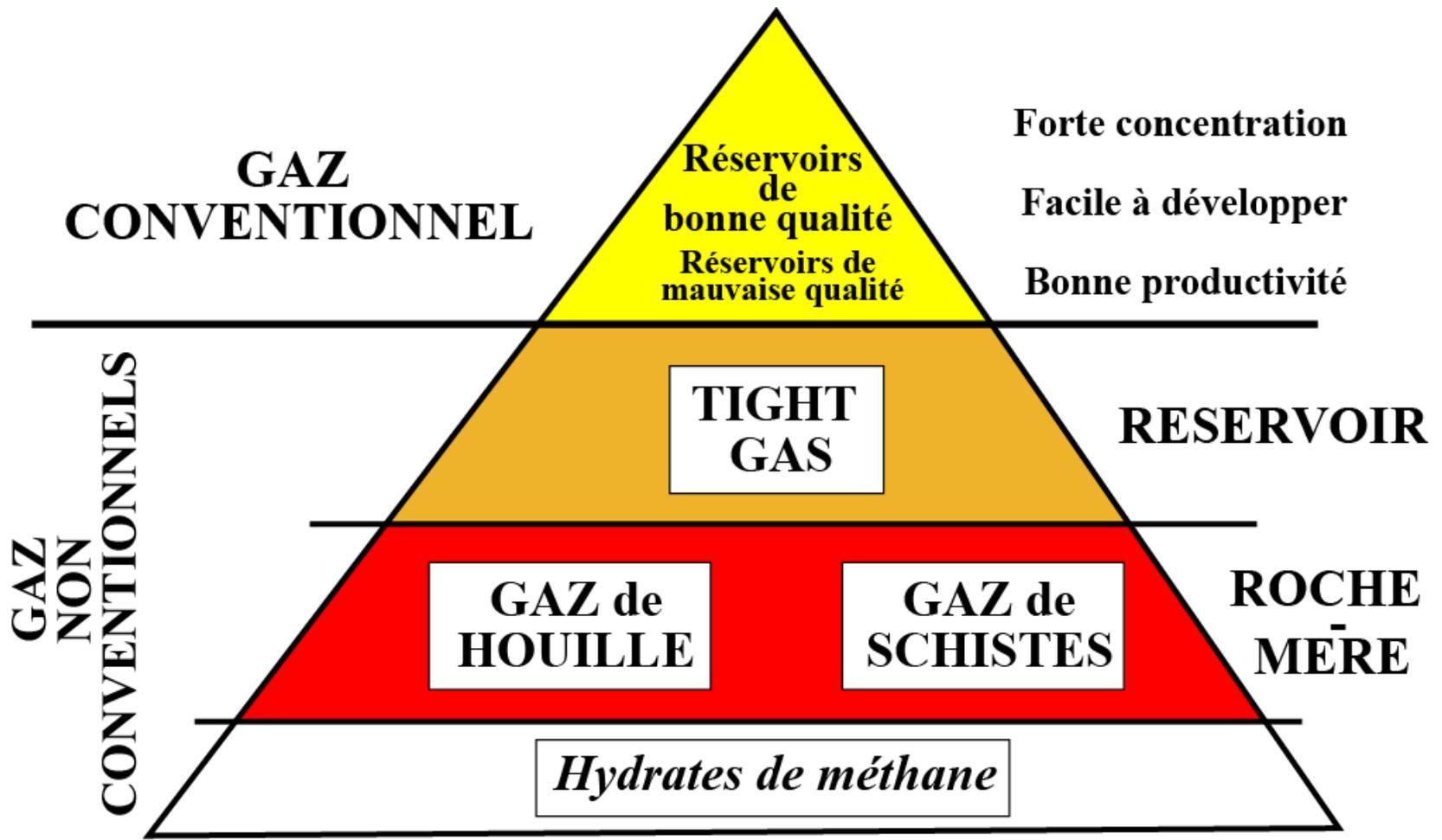
Les hydrocarbures liquides



Source IFPEN

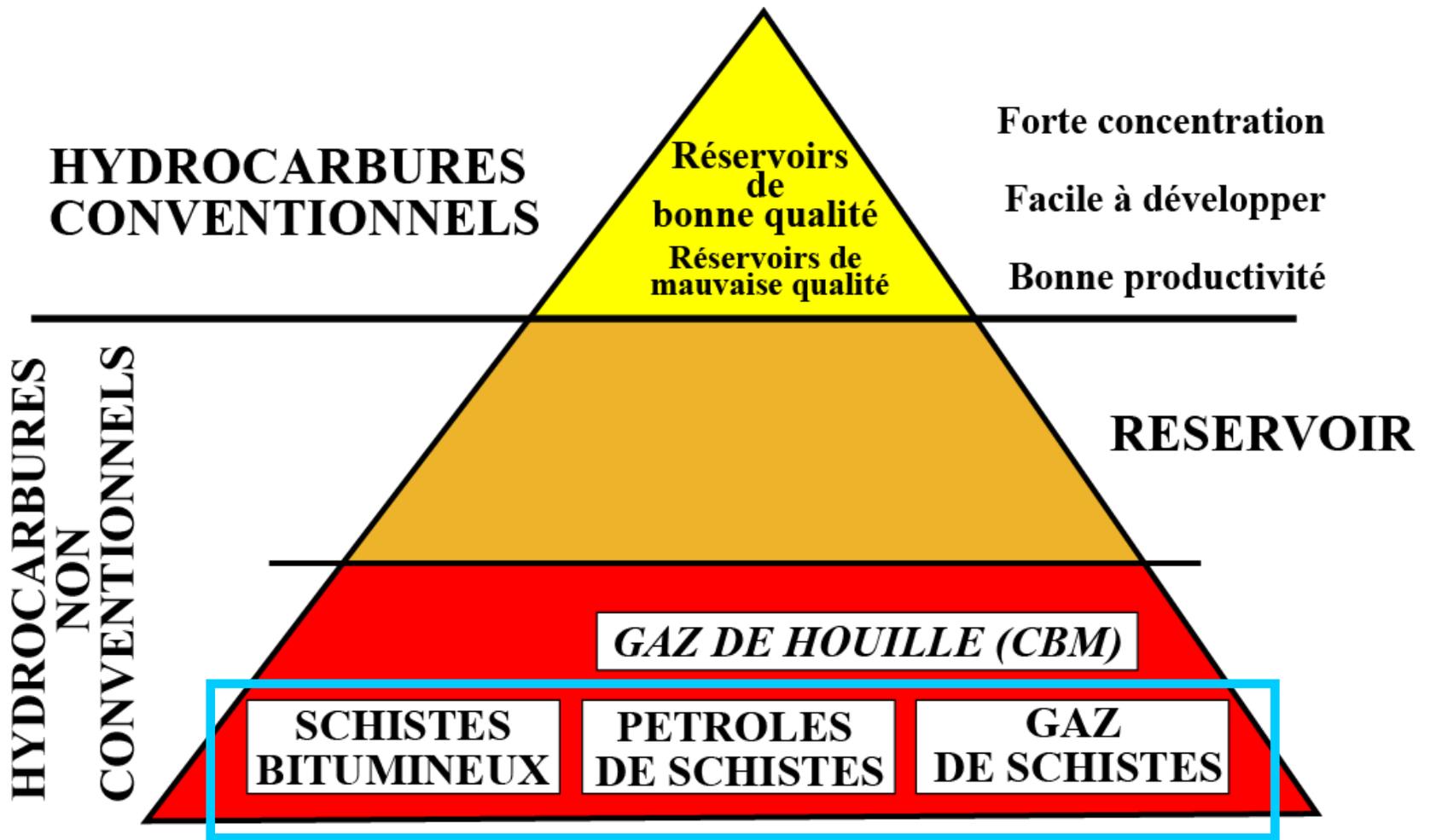
Les hydrocarbures non conventionnels

Les hydrocarbures gazeux



Les hydrocarbures non conventionnels

Les hydrocarbures de roches-mères (1)



Source IFPEN

Les hydrocarbures non conventionnels

Les hydrocarbures de roches-mères (2)



Les hydrocarbures non conventionnels

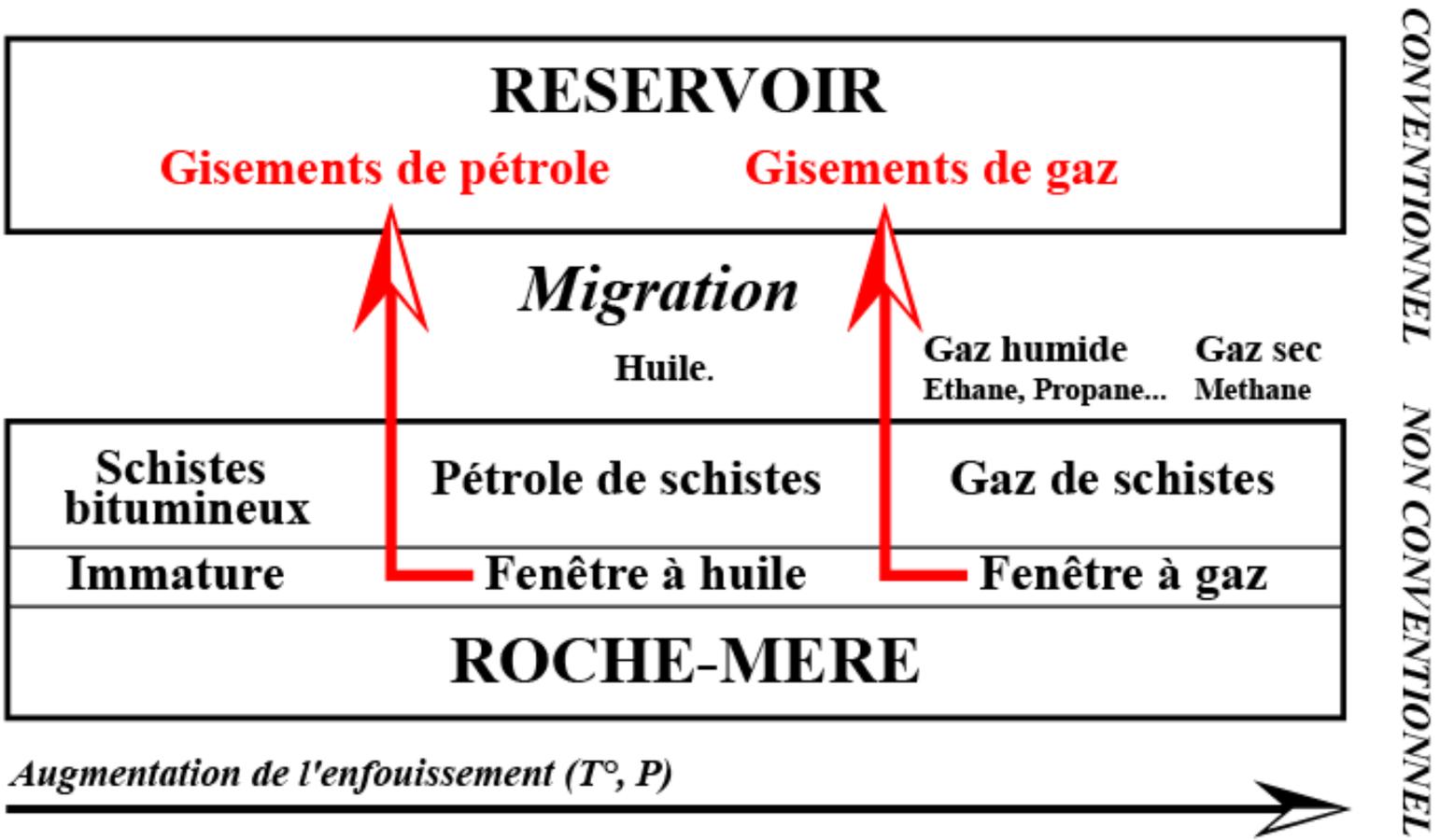
Les hydrocarbures de roches-mères (3)



Venue de gaz dans les Marcellus Shale (USA)

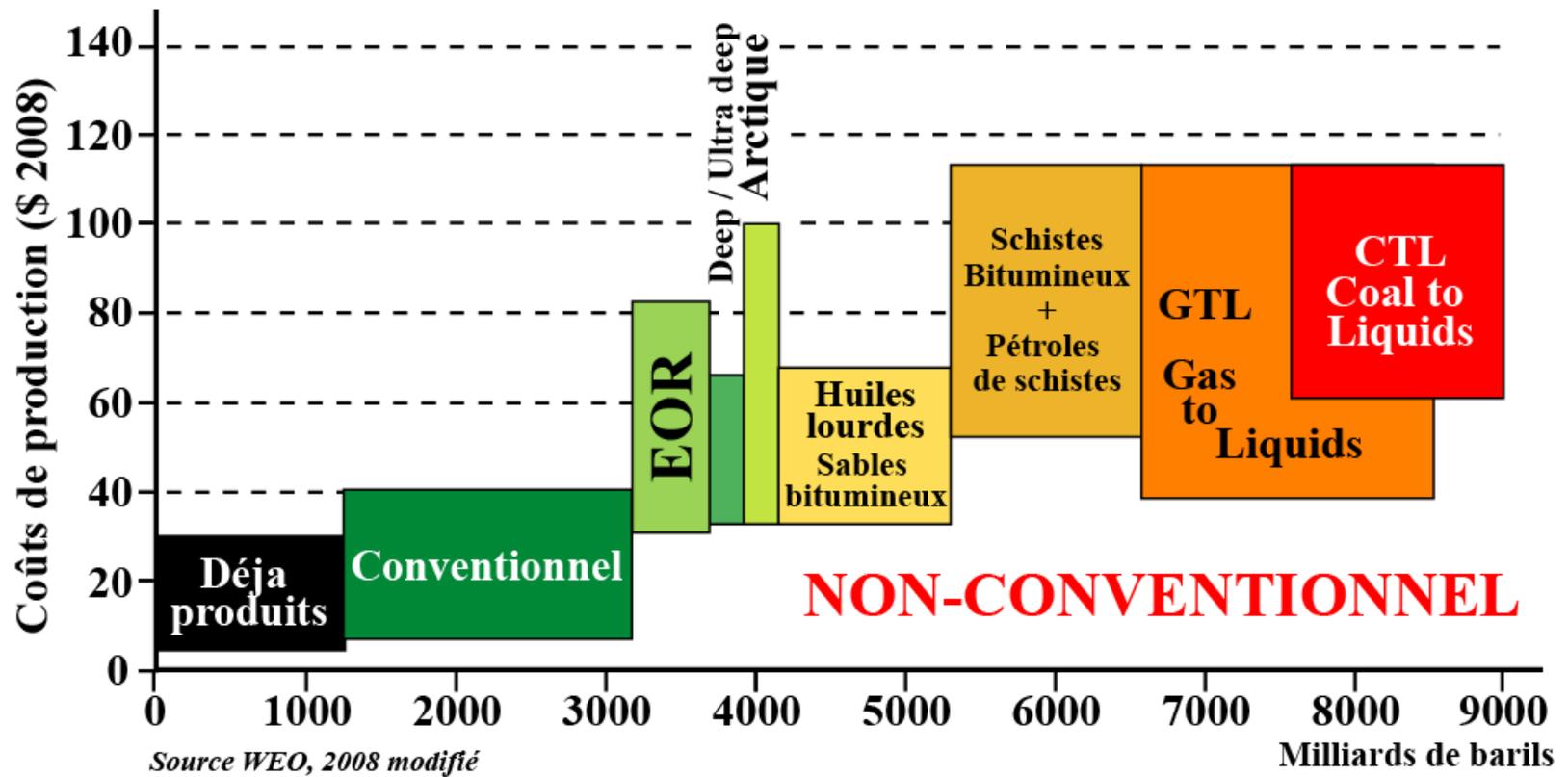
Les hydrocarbures non conventionnels

Les hydrocarbures de roches-mères (4)



Les hydrocarbures non conventionnels

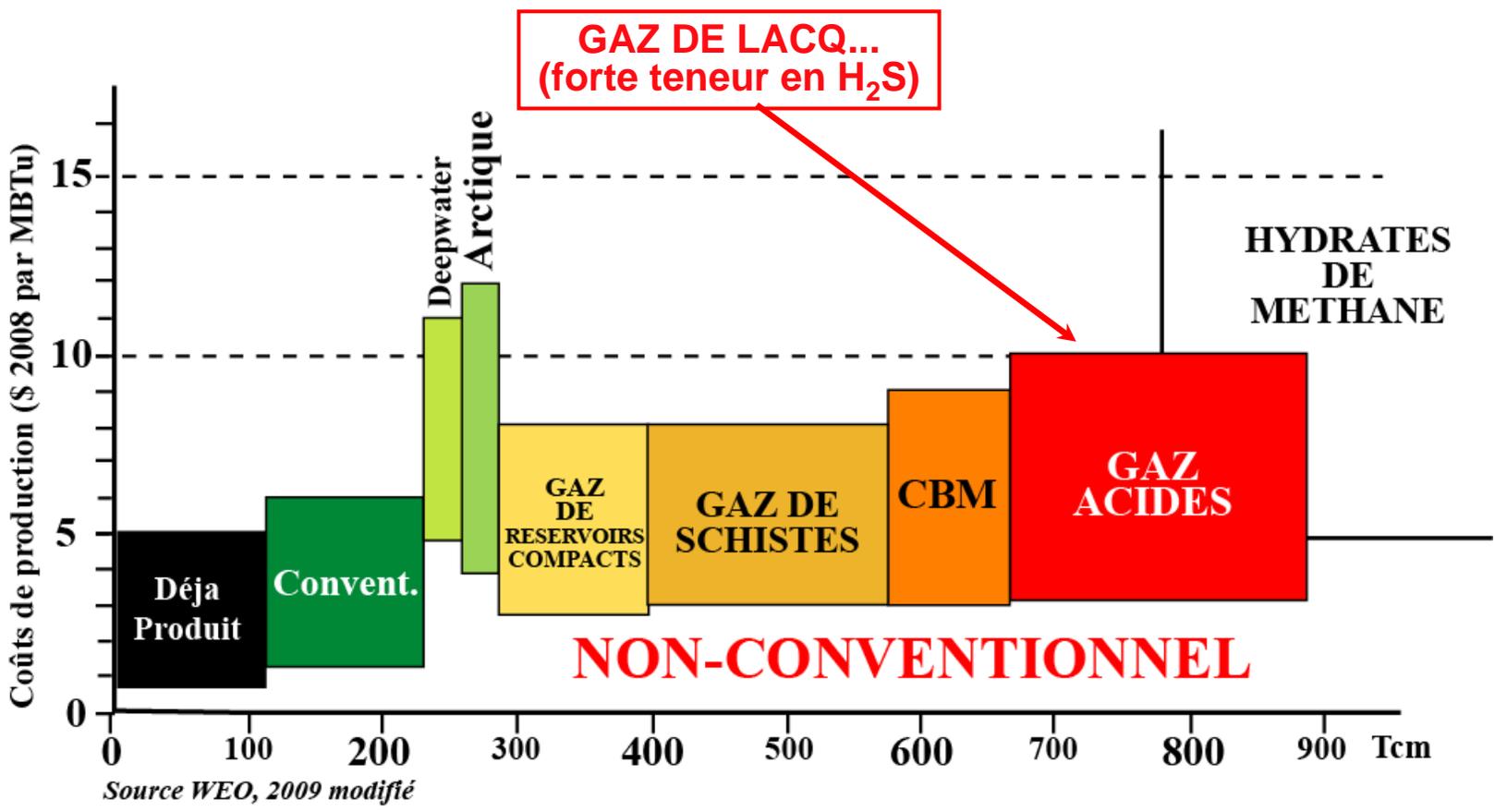
Des ressources ultimes récupérables considérables (1)



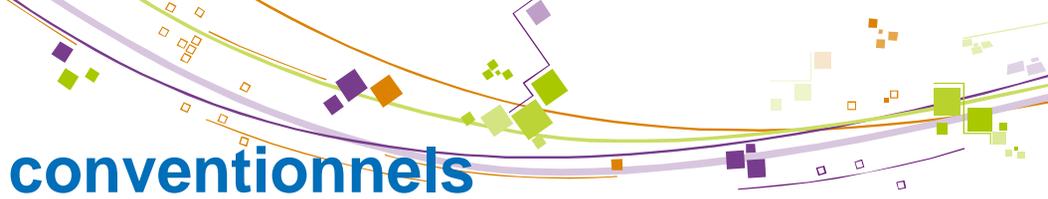
Les ressources en hydrocarbures liquides (pétrole)

Les hydrocarbures non conventionnels

Des ressources ultimes récupérables considérables (2)



Les ressources en hydrocarbures gazeux

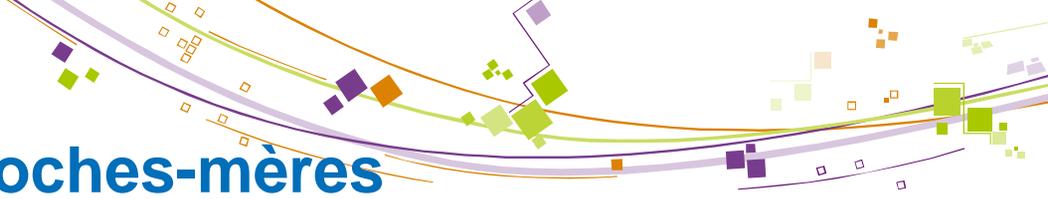


Les hydrocarbures non conventionnels

Conclusions (1)

- Malgré une transition énergétique inéluctable, les hydrocarbures représenteront encore en 2035 la moitié du mix énergétique mondial.
- Les réserves prouvées, les réserves additionnelles et les futures découvertes ne suffiront pas à répondre à la demande croissante mondiale.

Dans cette hypothèse, l'exploitation des ressources non conventionnelles apparaît comme indispensable dans le cadre de la transition énergétique



Les hydrocarbures de roches-mères

Des ressources ultimes récupérables considérables (3)

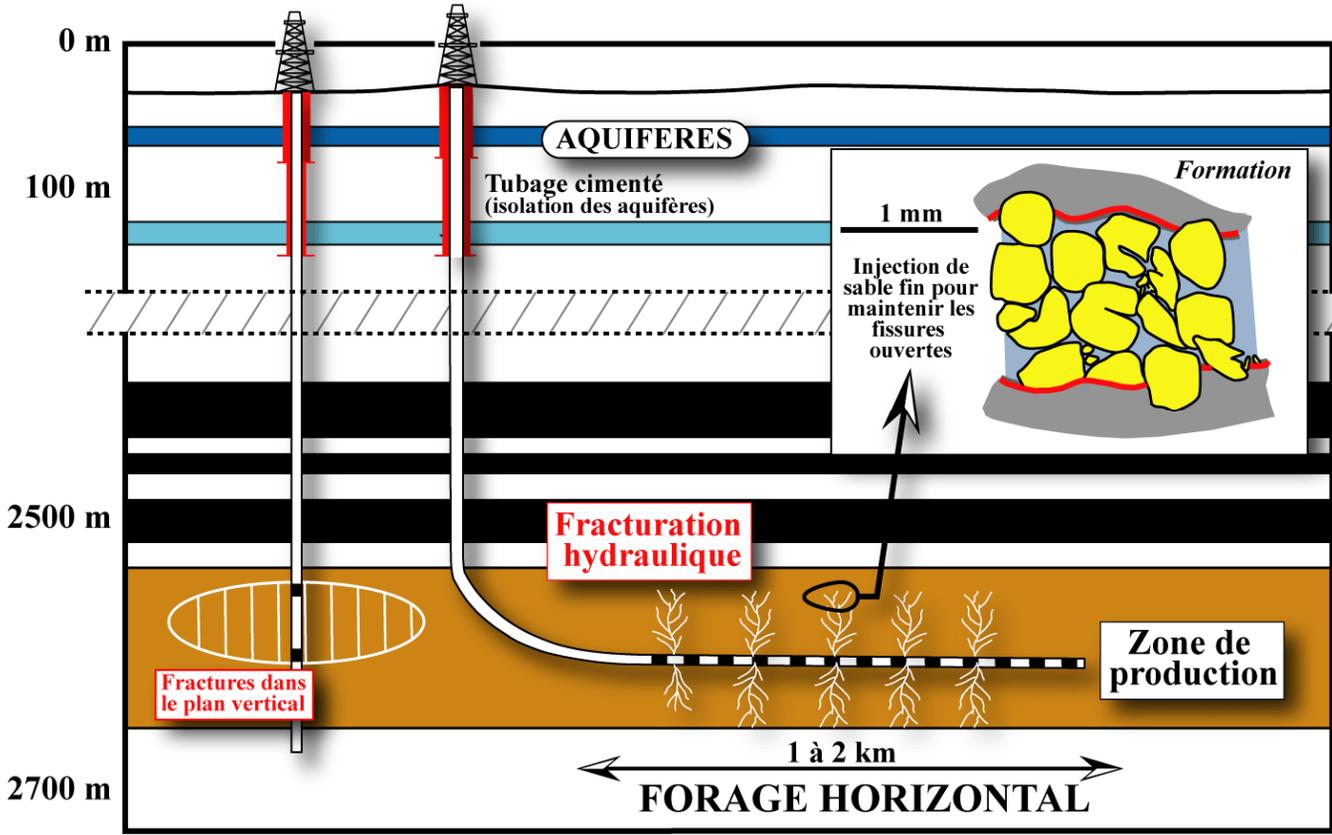
MAIS

Peut-on convertir ces ressources en production ?

Produire les hydrocarbures de roches-mères (1)

Un challenge : Produire des quantités commerciales d'hydrocarbures à partir d'un milieu très peu poreux et imperméable.

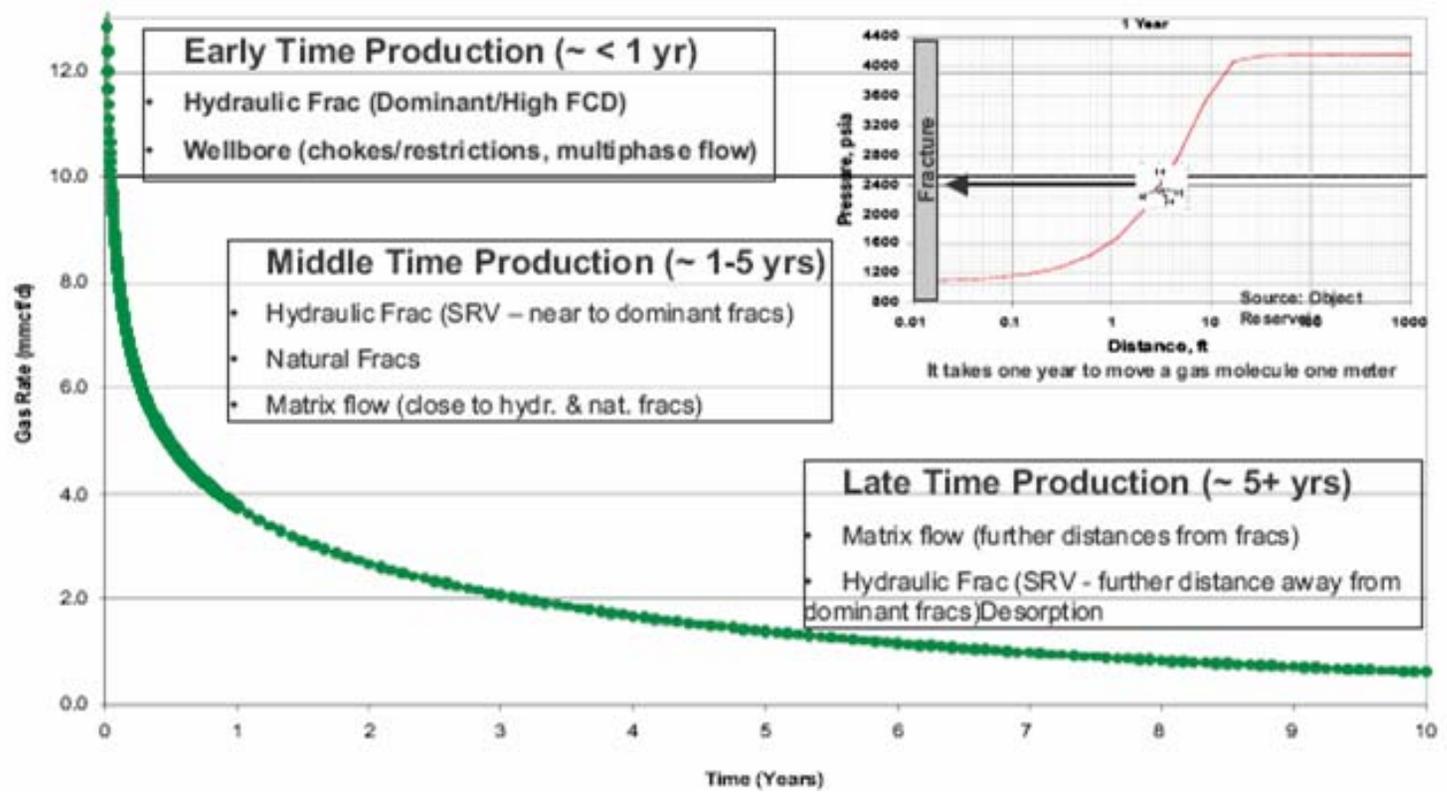
FORAGES HORIZONTAUX et FRACTURATION HYDRAULIQUE.



Produire les hydrocarbures de roches-mères (2)

Un autre challenge : Produire des quantités commerciales d'hydrocarbures malgré une production qui diminue rapidement.

IL FAUT FORER BEAUCOUP DE PUITS. (plusieurs centaines)



Produire les hydrocarbures de roches-mères (3)

Un challenge : Produire des quantités commerciales d'hydrocarbures à partir d'un milieu non poreux et imperméable.

FORAGES HORIZONTAUX et FRACTURATION HYDRAULIQUE.

Un autre challenge : Produire des quantités commerciales d'hydrocarbures malgré une production qui diminue rapidement.

IL FAUT FORER BEAUCOUP DE PUIITS. (plusieurs centaines)

Le développement d'un champs d'hydrocarbures de roches-mères nécessite donc une activité industrielle soutenue .

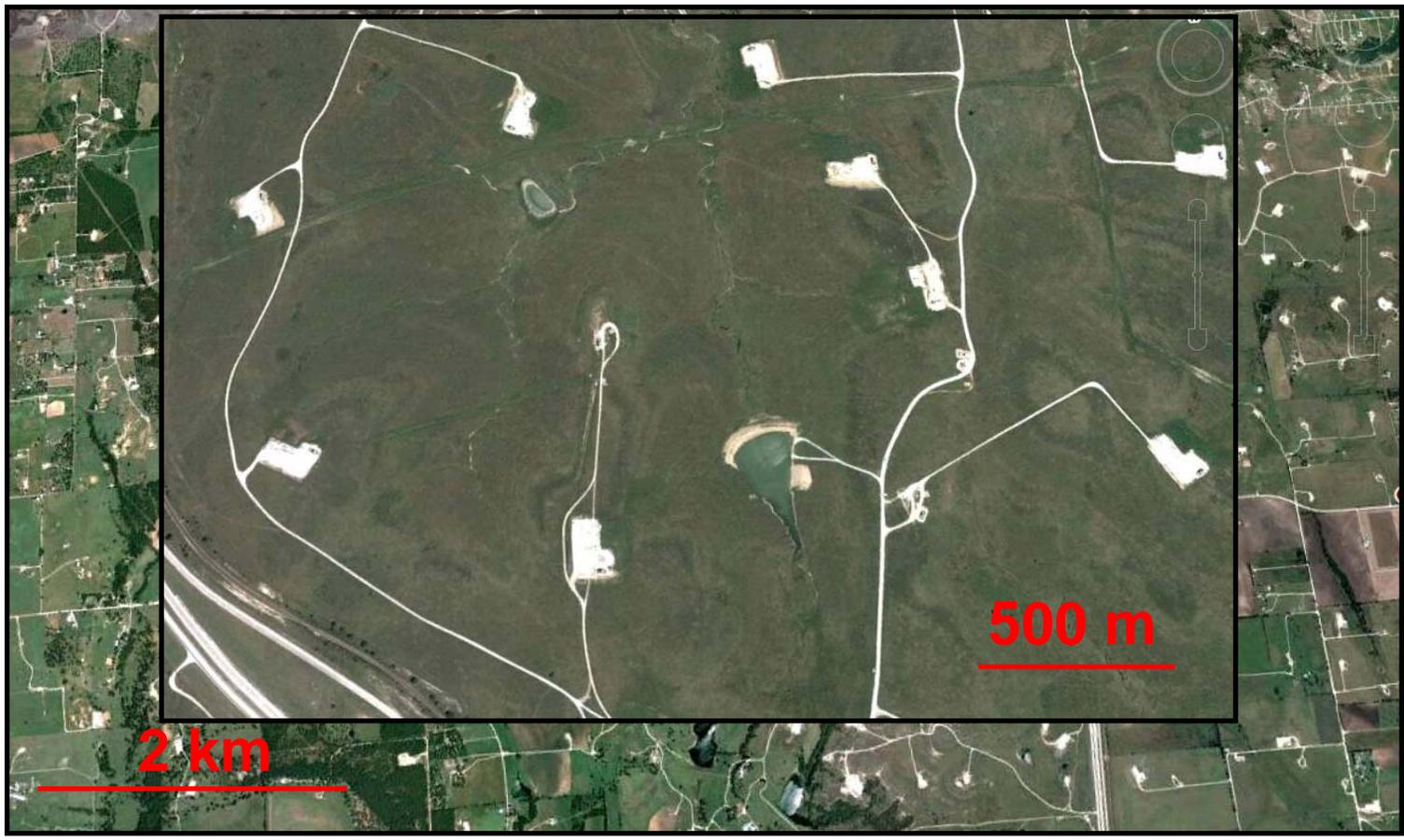
L'impact environnemental est donc plus fort que pour une production conventionnelle.

L'acceptation sociétale ne pourra être acquise que si cet impact est le plus faible possible

Enjeu environnemental

Diminution de l'emprise au sol

Durant la **première phase de l'exploration** des Gaz de Schistes aux USA multiplication des puits et des plateformes de forage....



Enjeu environnemental

Diminution de l'emprise au sol



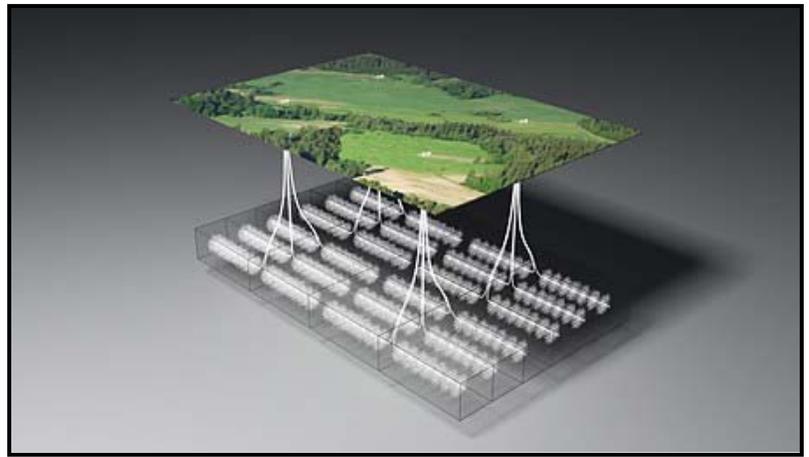
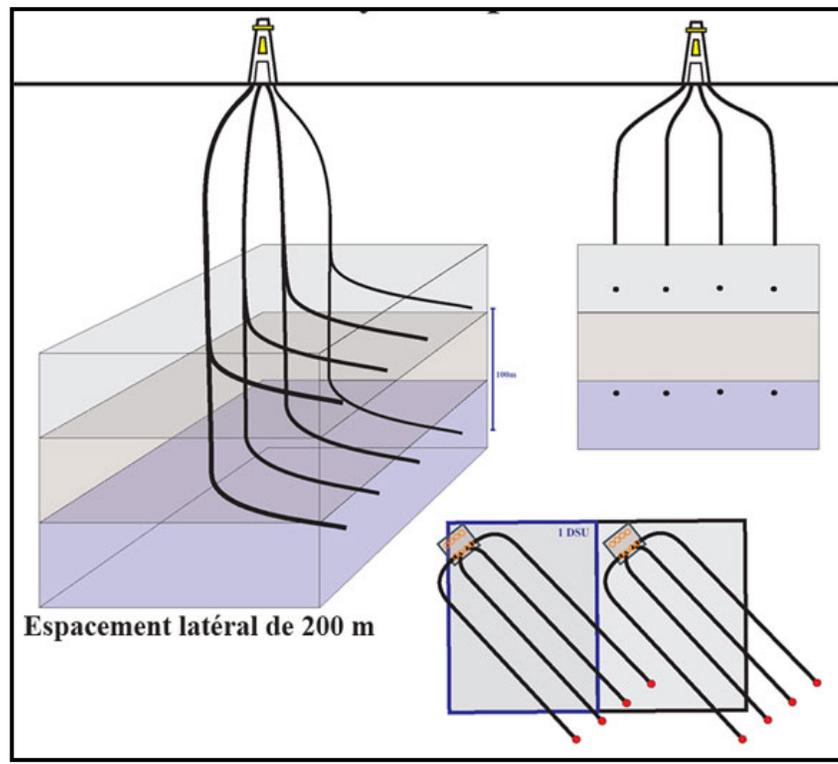
Texas, Dakota du Nord, Pennsylvanie ?

**NON, stockage de gaz naturel
de CHEMERY (Loir-et-Cher)
1^{er} stockage français, 2^e européen**

Capacité de stockage : 7 milliards de m³
Nombre de puits : 67
Mise en service : 1968
Pression : 155 bars

Enjeu environnemental

Diminution de l'emprise au sol



Une optimisation de l'architecture des puits horizontaux à partir de cluster de puits ("pad") permet de réduire l'emprise au sol des forages.

A partir d'une même plateforme de forage on peut réaliser jusqu'à **15 à 20 forages horizontaux. et drainer plus de 5 km²**

L'emprise au sol d'un pad est de l'ordre de 1 hectare.

Enjeu environnemental

Diminution de l'emprise au sol

Pendant le forage... 1 à 2 hectares.



Source: WVSORO

Drilling Rig in Rural Upshur County, West Virginia

Enjeu environnemental

Diminution de l'emprise au sol

Pendant la production....



Source Statoil

Enjeu environnemental

Gestion de la ressource en eau

Le volume d'eau nécessaire au forage horizontal et à la fracturation hydraulique d'un puits de gaz de schistes est compris entre 10 000 et 20 000 m³

On a pas besoin d'eau potable

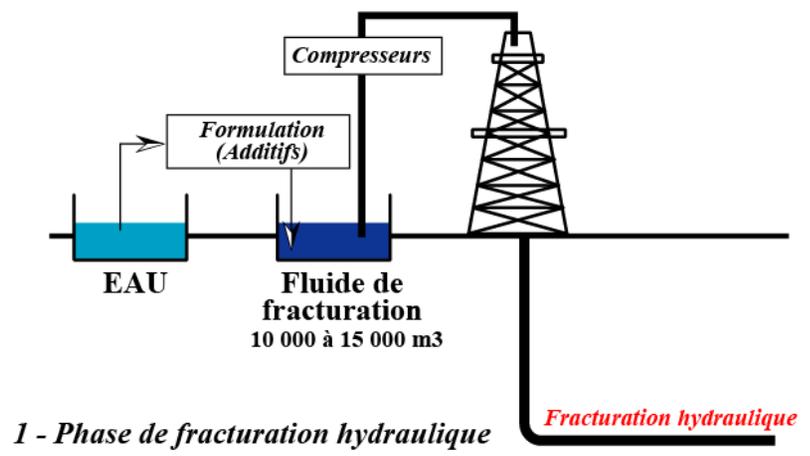


Bac de rétention d'eau (DOE, 2009)

Soit approximativement entre 3 et 6 piscines olympiques ou la quantité d'eau nécessaire pour irriguer 2 hectares de maïs pendant 1 an...
La société "Eau de Paris" distribue 550 000 m³ d'eau potable par jour

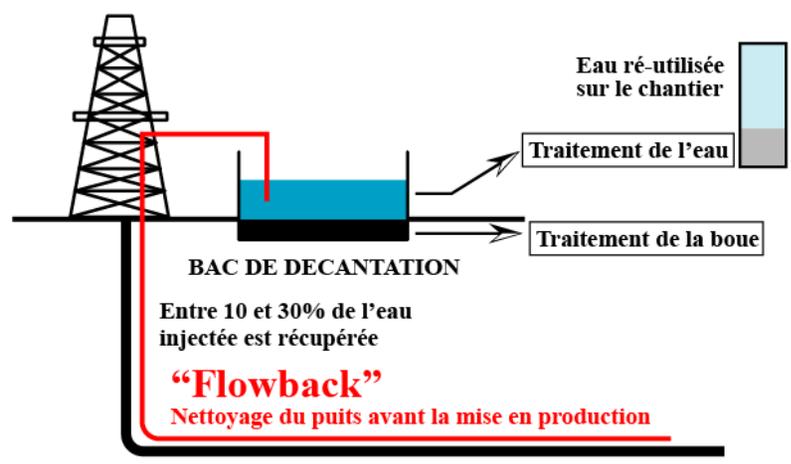
Enjeu environnemental

Optimisation de l'utilisation de la ressource en eau



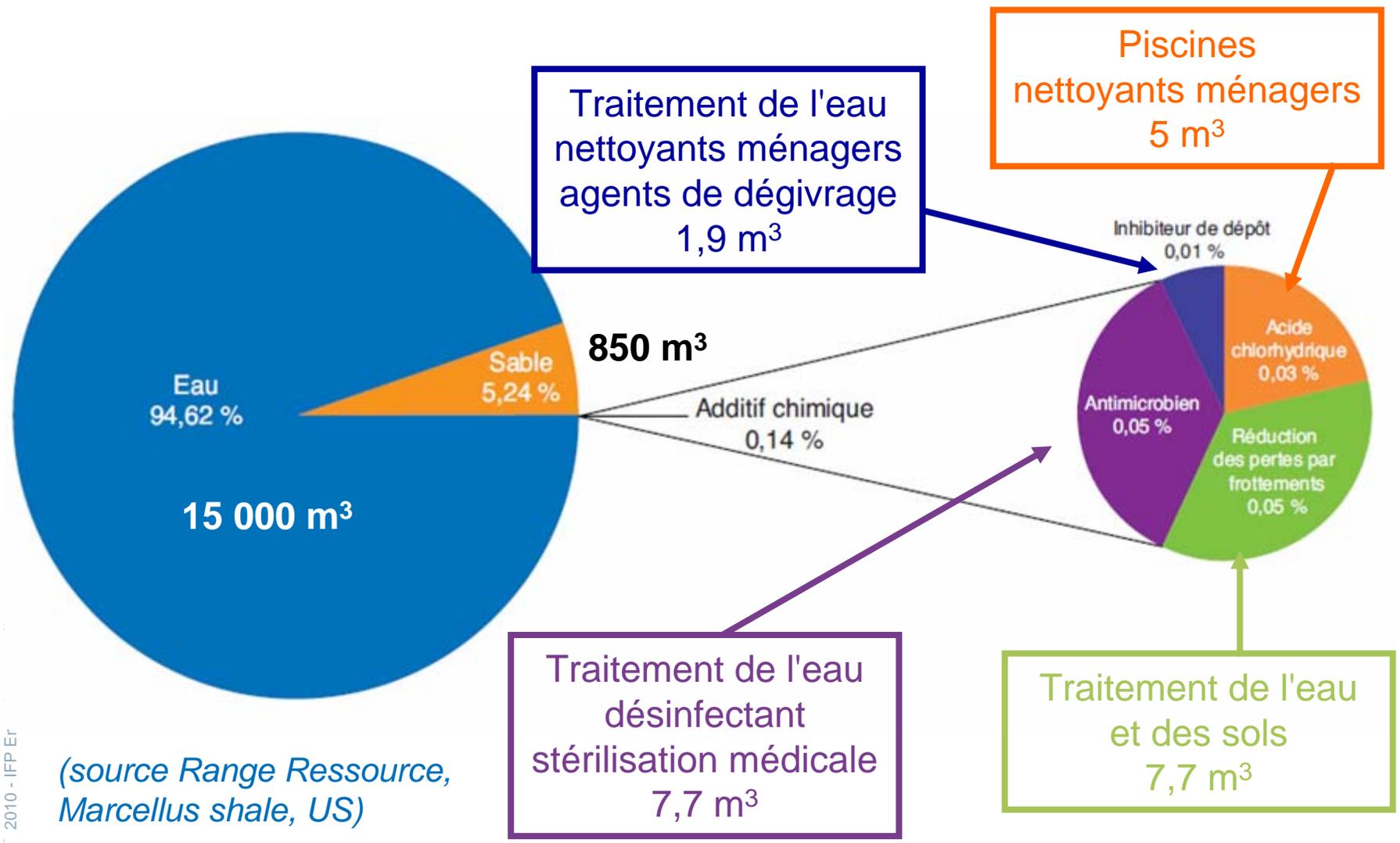
Plusieurs voies d'amélioration sont suivies.

- Utilisation d'eau saumâtre pour la fracturation hydraulique.
- Utilisation d'additifs de fracturation n'utilisant que des produits agroalimentaires (« *CleanSuite d'Halliburton* »)
- Recyclage systématique des eaux de « flowback » et de production



Enjeu environnemental

La composition des fluides de fracturation



(source Range Ressource, Marcellus shale, US)

Enjeu environnemental

Maîtrise des rejets dans l'air

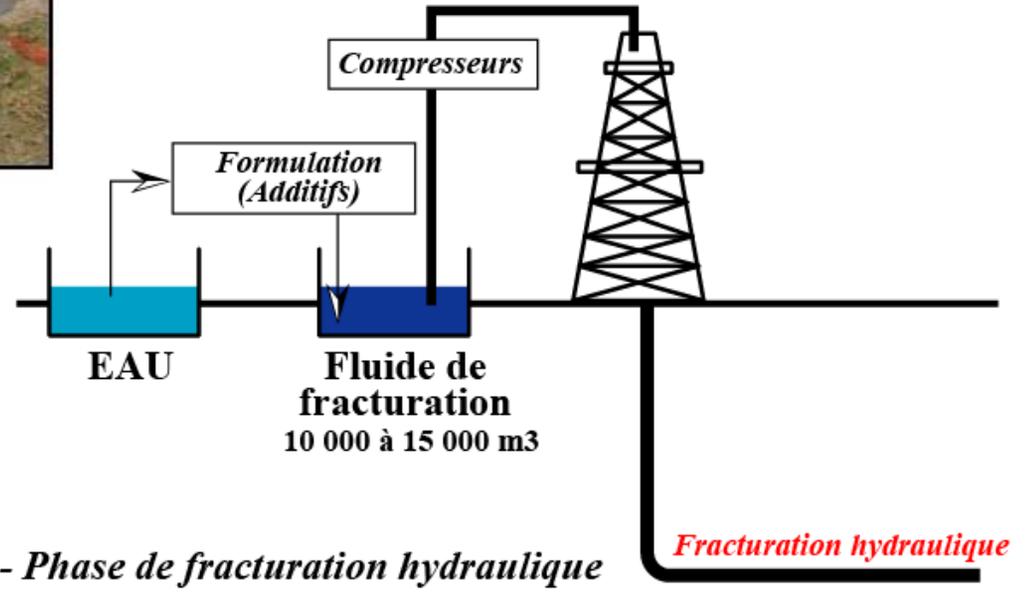


Source: Chesapeake Energy Corporation, 2008

Opération de Fracturation hydraulique

Bonne pratique: Utilisation de compresseurs émettant moins ou pas de gaz d'échappement

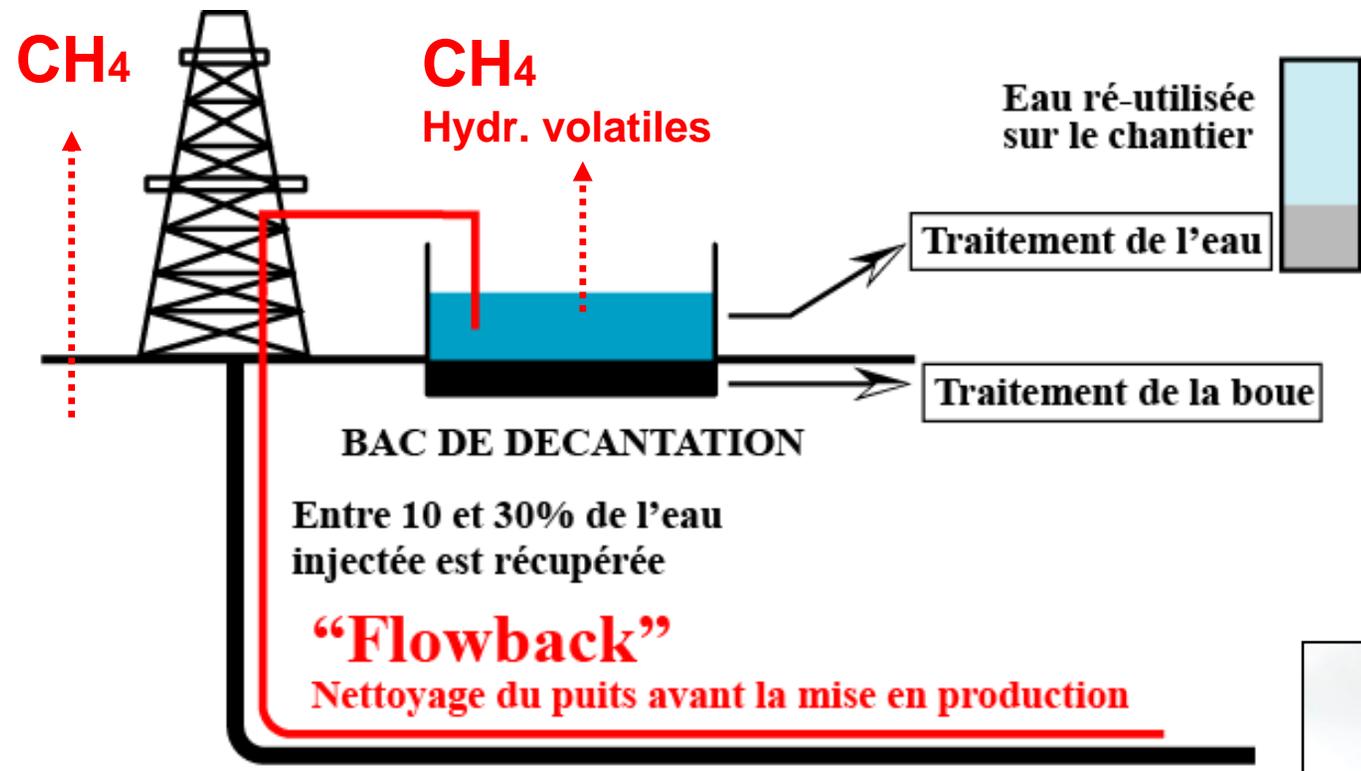
Emission de CO2, SOx, NOx



1 - Phase de fracturation hydraulique

Enjeu environnemental

Maîtrise des rejets dans l'air



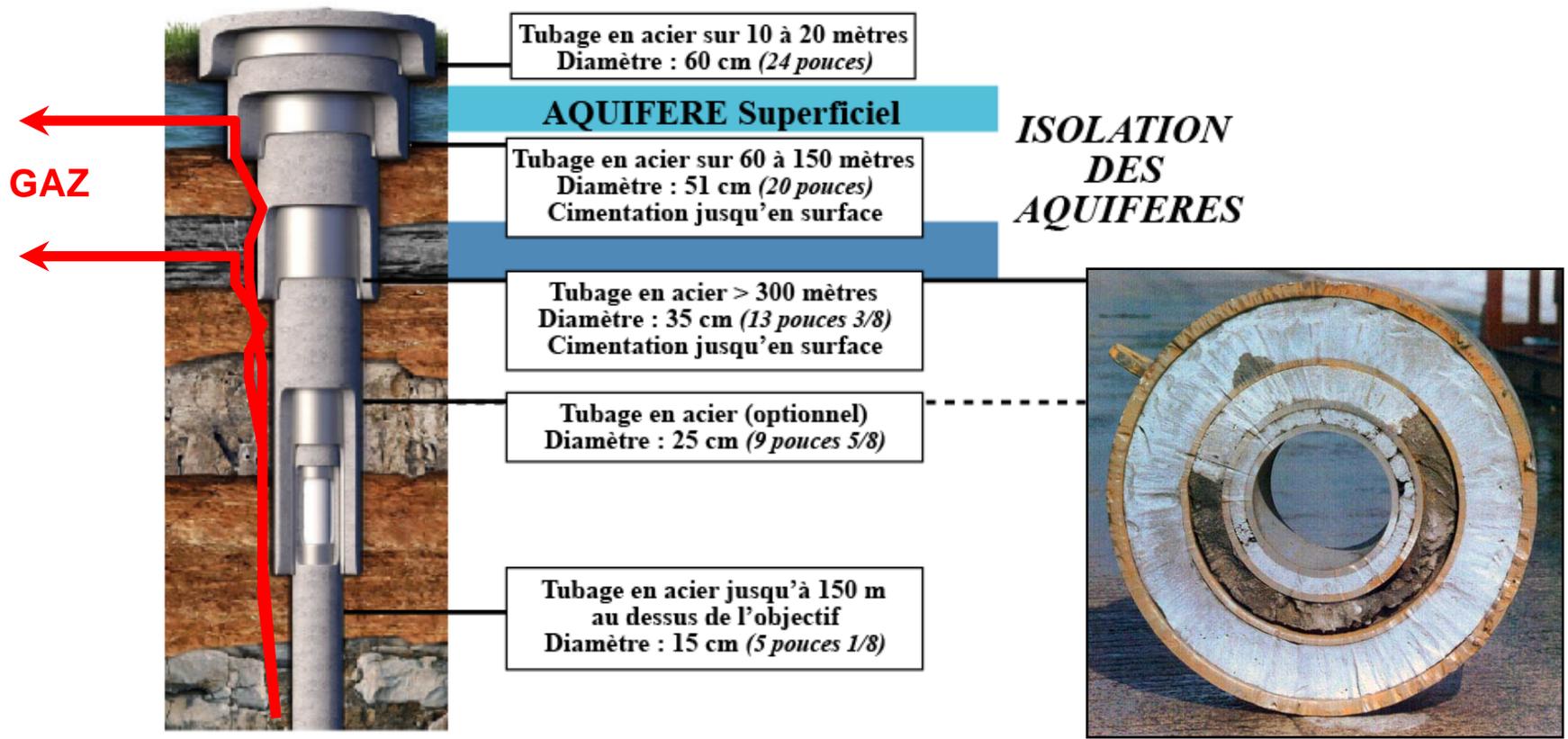
2 - Phase de “Flowback”

Bonne pratique: Utiliser des « tanks » fermés plutôt que des bacs de décantation

Enjeu environnemental

Prévention de la pollution des nappes phréatiques

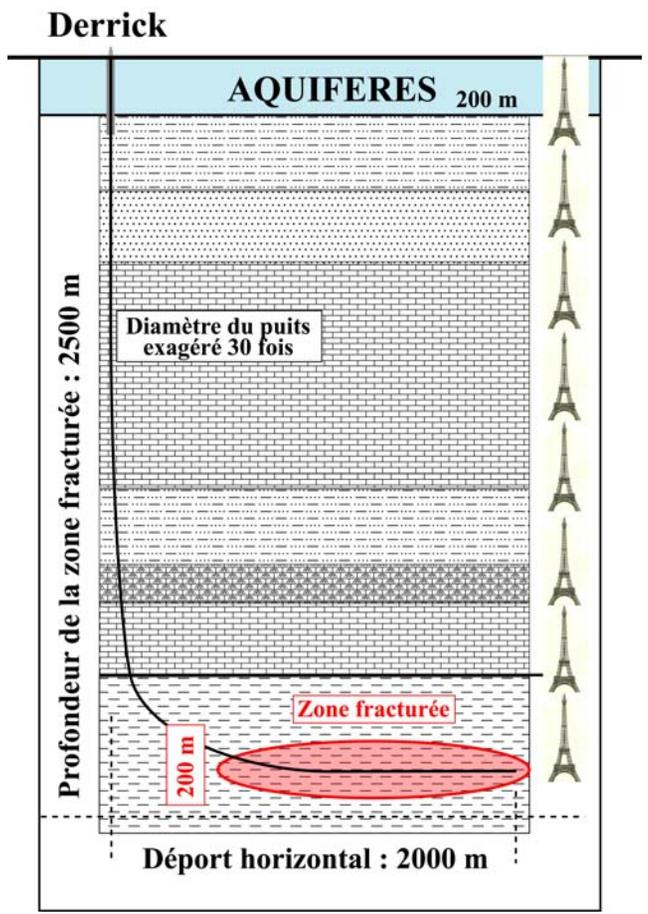
Pollution liée à un défaut d'étanchéité du puits



Architecture type d'un puits de "Gas Shale" dans les Marcellus Shale (USA)
(source Range Resources)

Enjeu environnemental

Maîtrise de la sismicité induite par la fracturation hydraulique

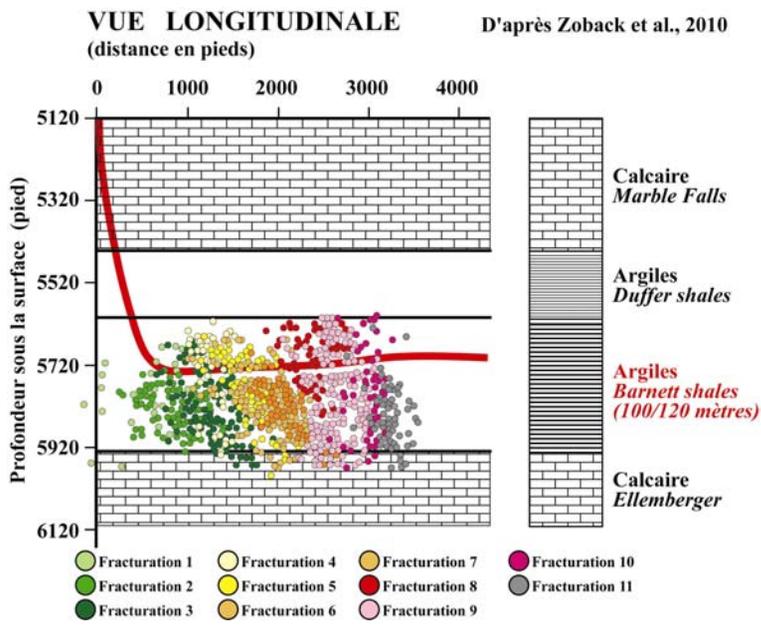


Pollution induite directement par la fracturation hydraulique

Les progrès de l'écoute sismique passive lors de la fracturation hydraulique permet de bien contrôler l'extension des fractures.

Risque de mise en communication avec des aquifères superficiels très réduit.

A condition que la fracturation soit assez éloignée des aquifères



Enjeu environnemental

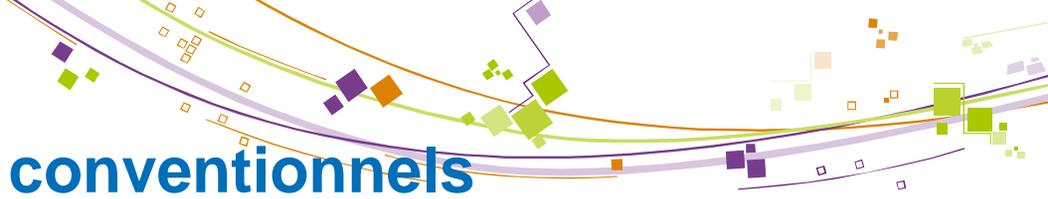
Maîtrise de la sismicité induite par la fracturation hydraulique



Fracturation naturelle dans des bancs de calcaires argileux (Ardèche, France)

Photos Jean-Luc FAURE, IFPEN



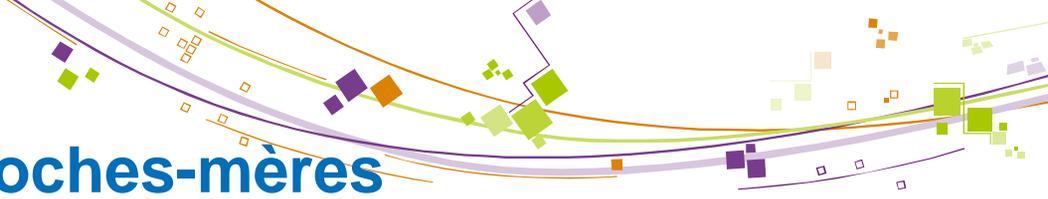


Les hydrocarbures non conventionnels

Conclusions (2)

- **L'exploitation des hydrocarbures non conventionnels (et particulièrement des hydrocarbures de roches-mères) nécessitent de nombreux puits complexes et des techniques de production spécifique. C'est une activité industrielle.**
- **Ces techniques sont maîtrisées, encore améliorables sur le plan de l'impact environnemental.**

Un encadrement législatif adapté est le garant d'une exploitation raisonnable de ces ressources .



Les hydrocarbures de roches-mères

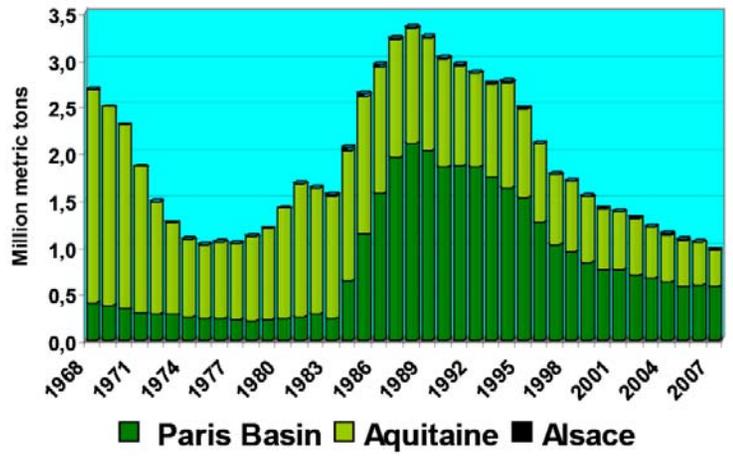
Des ressources ultimes récupérables considérables (3)

**Quel est le potentiel
des bassins sédimentaires
français?**

La production d'hydrocarbures en France

Déclin de la production conventionnelle

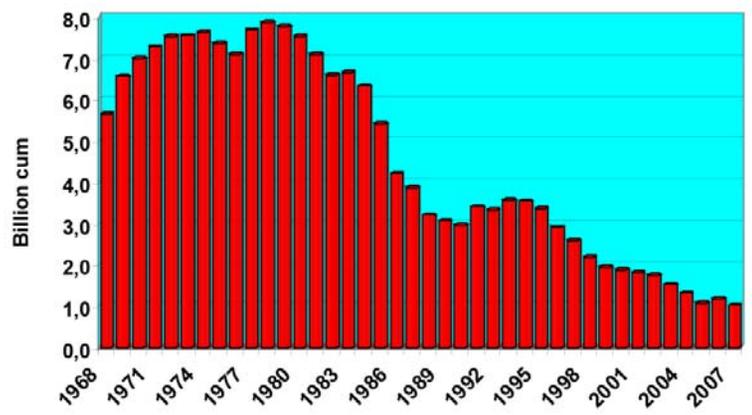
CRUDE OIL PRODUCTION



Il y a seulement 2 ans, le potentiel pétrolier résiduel français apparaissait comme très faible

-Déclin de la production d'hydrocarbures liquides depuis 1988.
 Production de l'ordre de million de tonnes/an soit 20 000 barils/jour
 (1% de notre consommation)

MARKETED GAS PRODUCTION

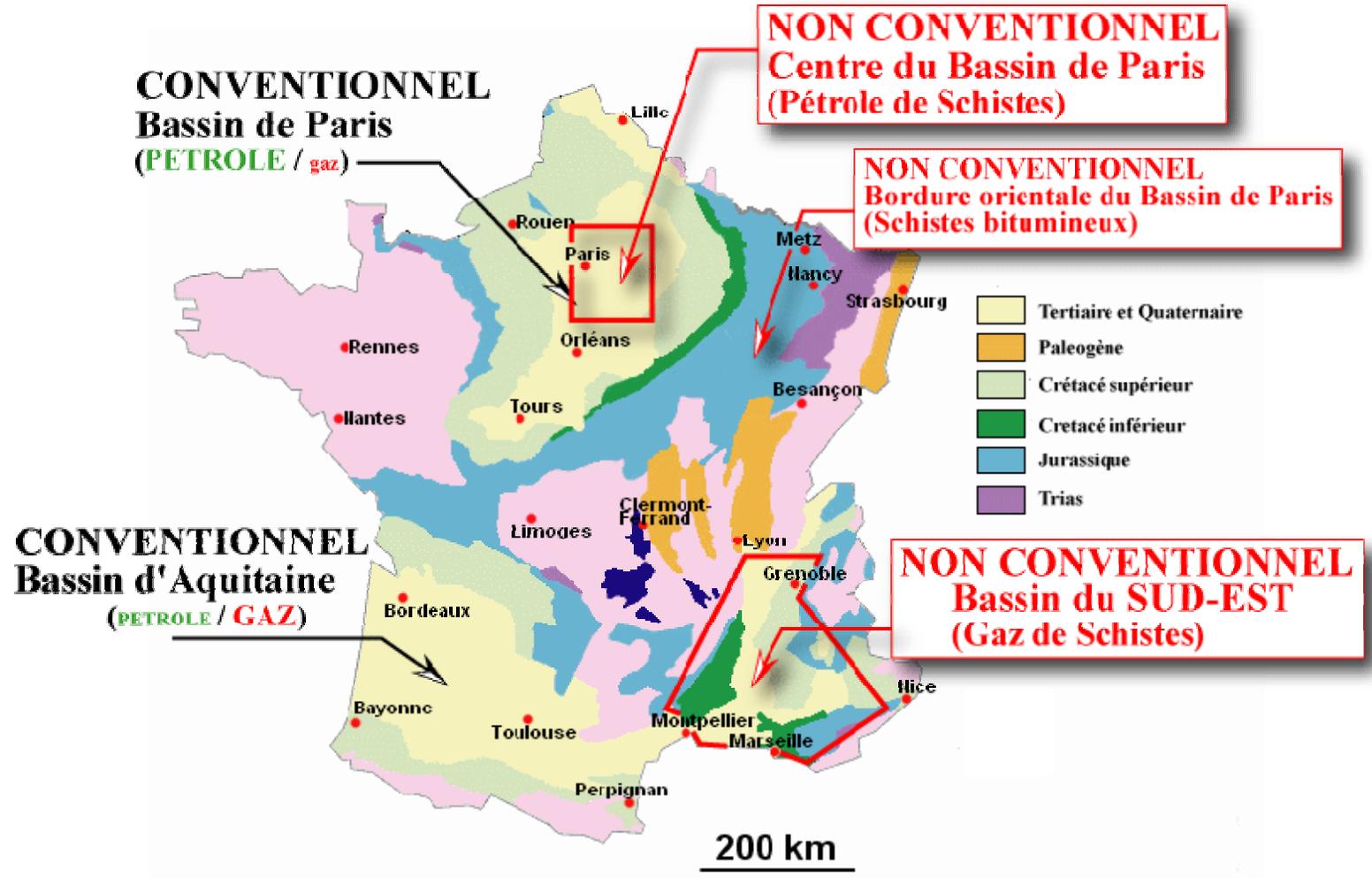


-Déclin de la production de gaz naturel (déplétion du gisement de Lacq).
 Production de l'ordre du milliard de m3
 (2% de notre consommation)

MAIS..

Hydrocarbures de roches-mères en France

Les roches-mères liasiques

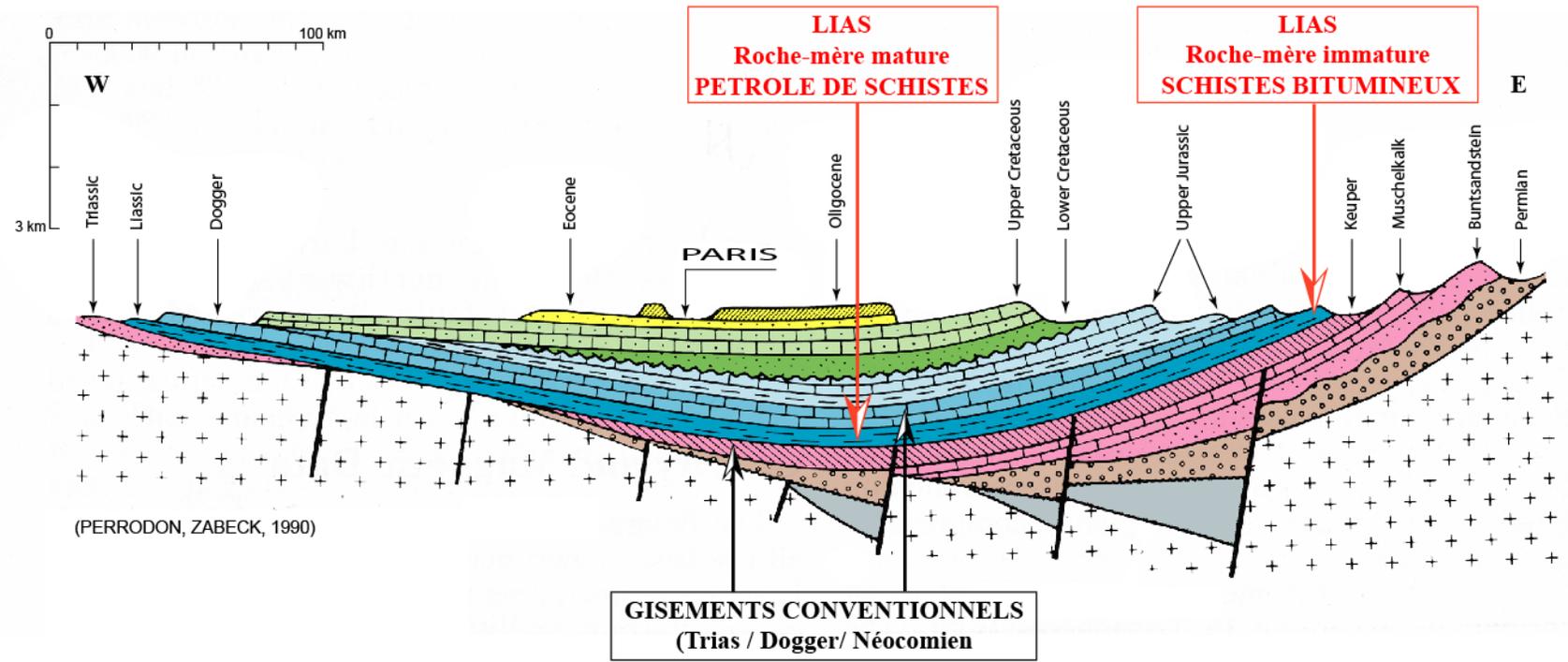


Hydrocarbures de roches-mères en France

Pétrole de schistes - Le Bassin de Paris (1)

BASSIN de PARIS Coupe géologique synthétique

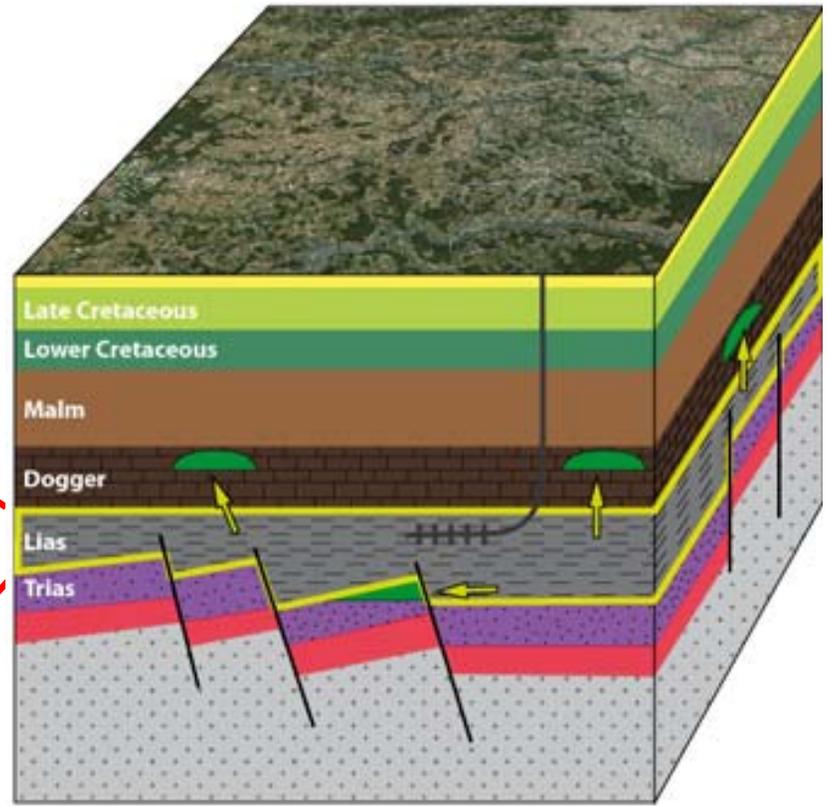
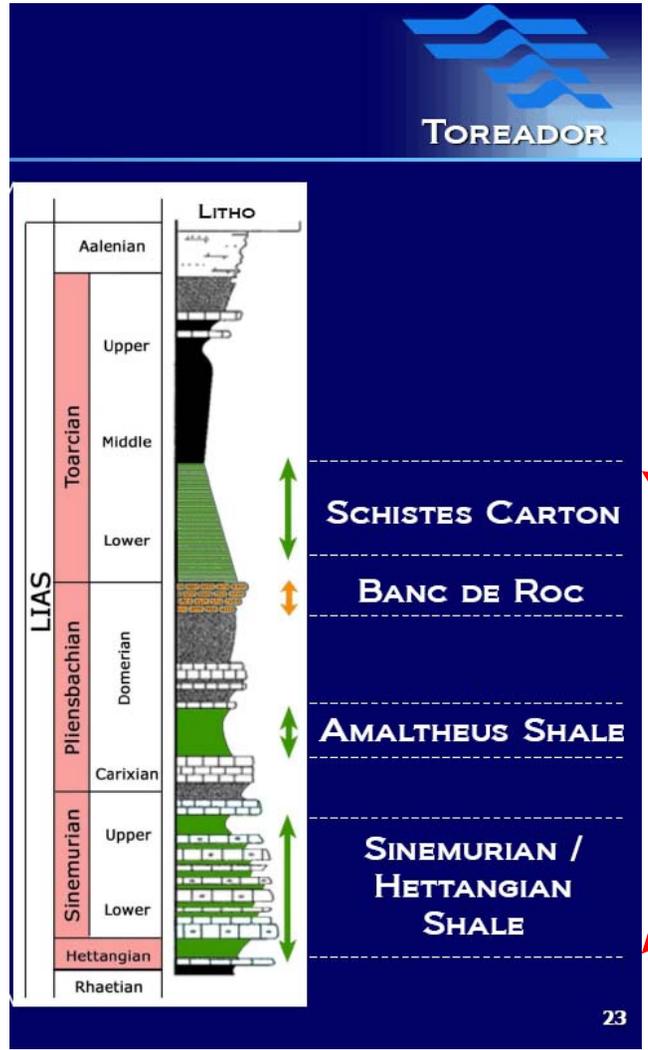
NON CONVENTIONNEL



Hydrocarbures de roches-mères en France

Pétrole de schistes – Le Bassin de Paris (2)

BASSIN de PARIS

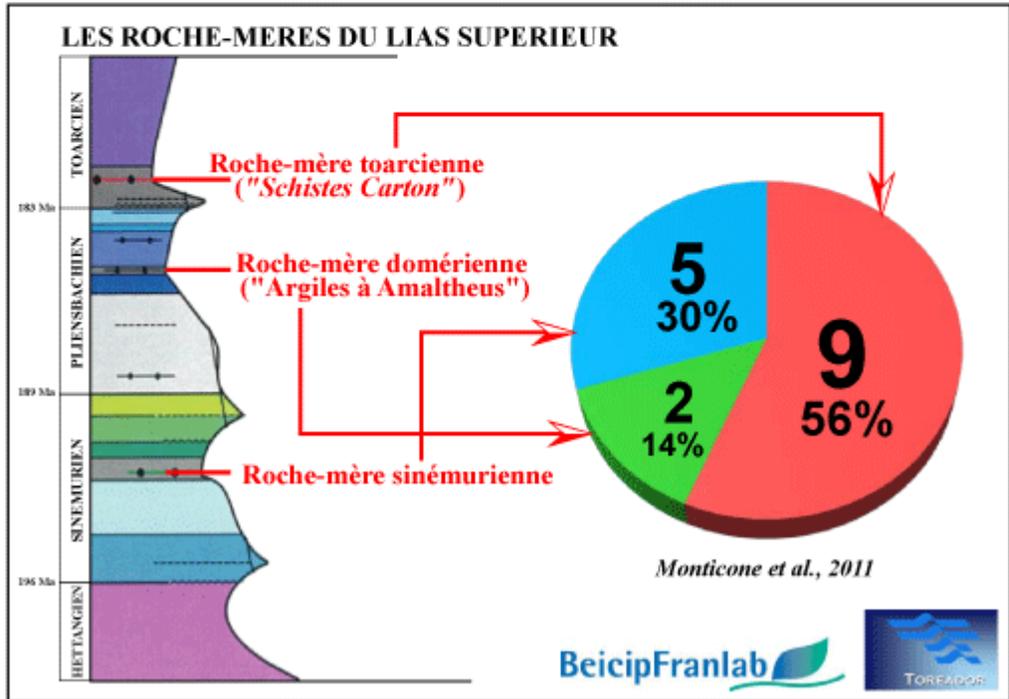


Hydrocarbures de roches-mères en France

Pétrole de schistes – Le Bassin de Paris (3)

	Volume hydrocarbures générés (milliards de barils)	Volume hydrocarbures piégés dans les différentes RM (milliards de barils)
SCHISTES CARTONS (Toarcien)	45	9
Argiles à AMALTEUS (Domérien)	11	2
Argiles du Sinémurien	24	5
TOTAL	81	16

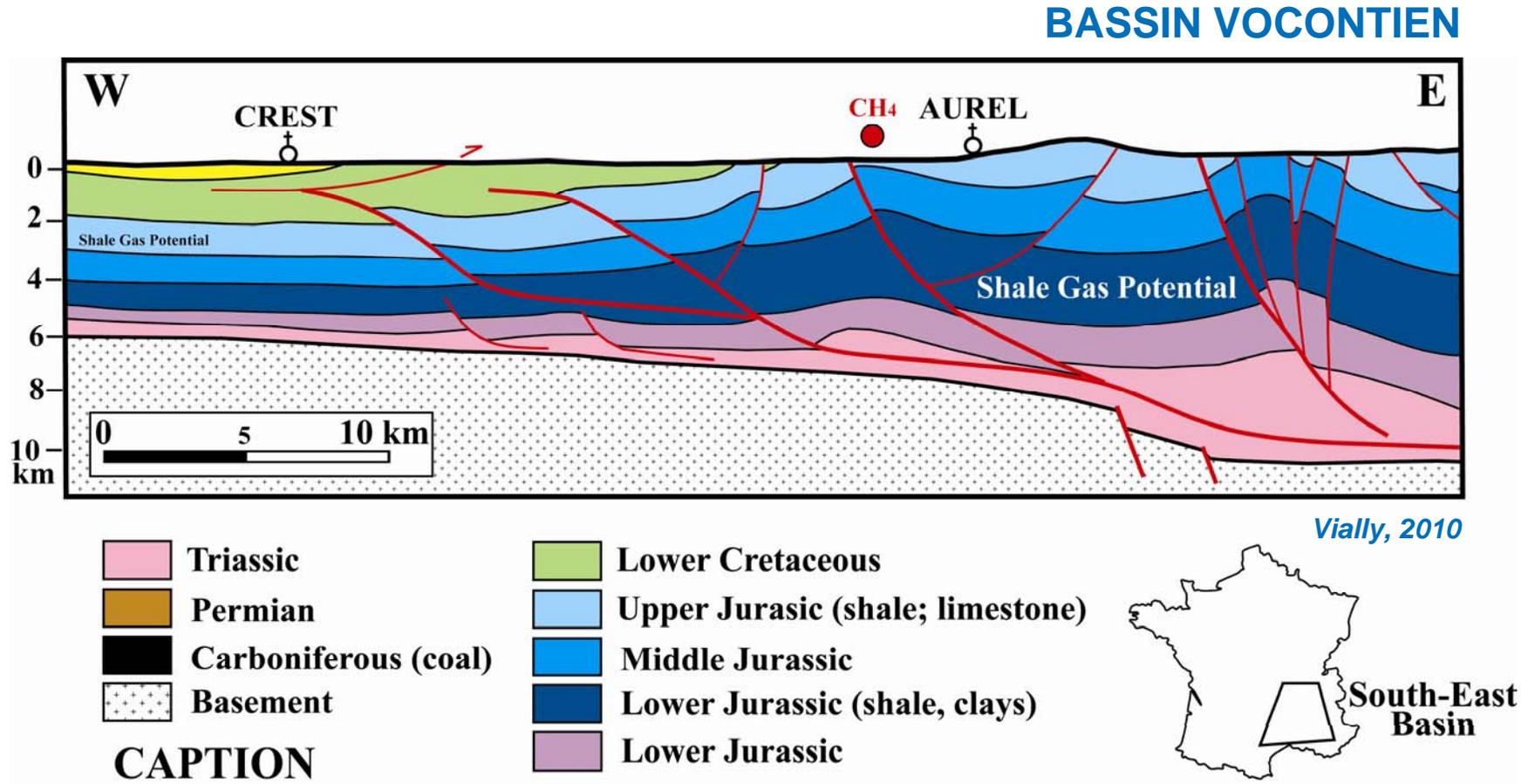
Centre du Bassin de Paris
10 000 de km²



Estimation :
16 milliards de barils en place
(Monticone et al., 2011)

Hydrocarbures de roches-mères en France

Gaz de schistes – Le Bassin du Sud-Est (1)



Hydrocarbures de roches-mères en France

Gaz de schistes – Le Bassin du Sud-Est (2)



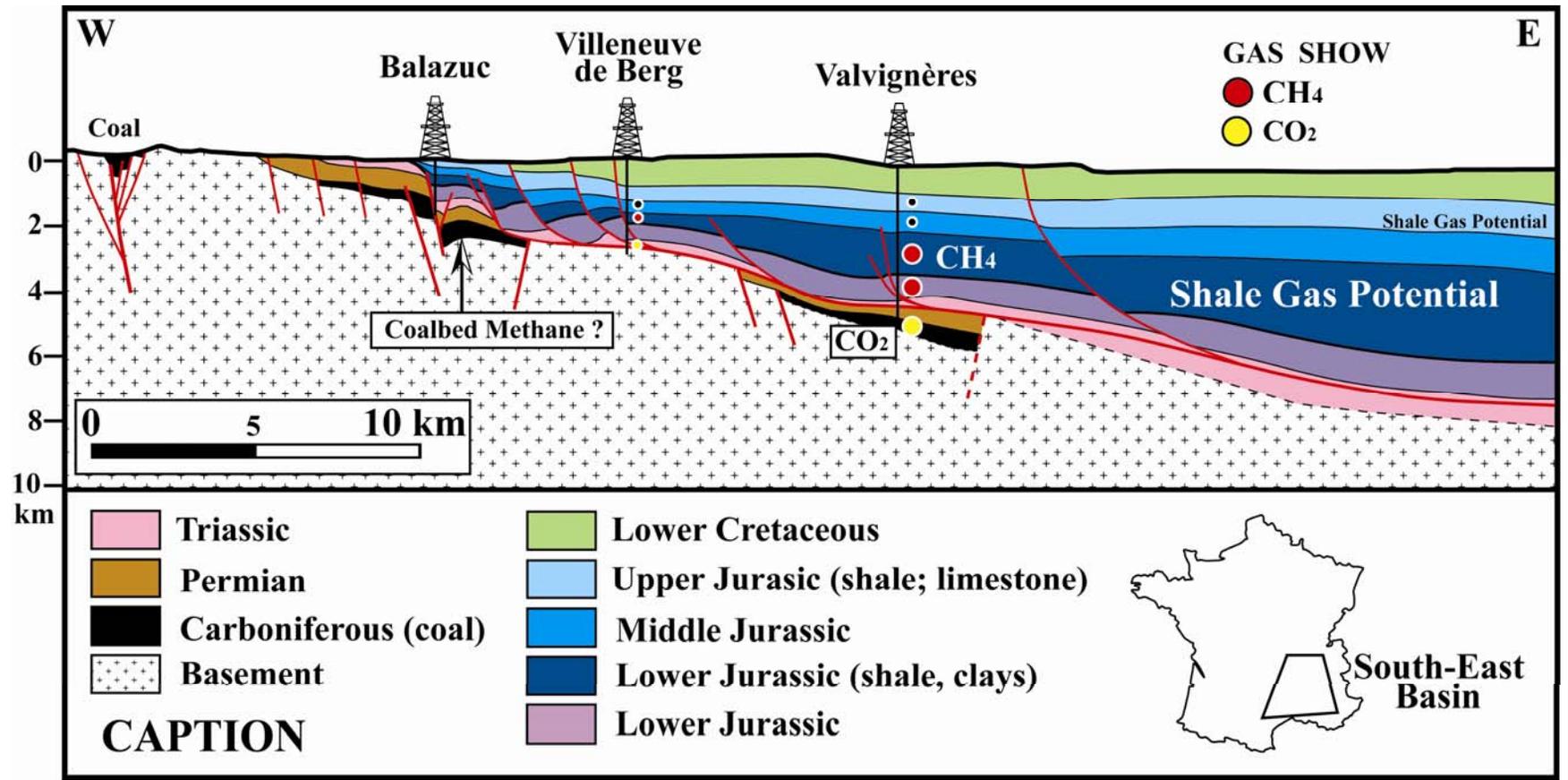
*"La Fontaine Ardente" près de Grenoble
déjà décrite par Saint Augustin au V^e siècle dans la « Cité de Dieu »*



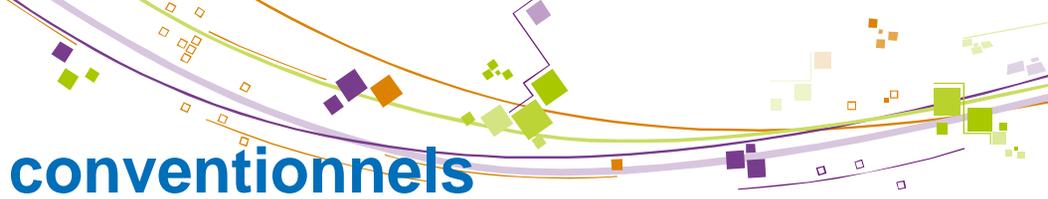
Hydrocarbures de roches-mères en France

Gaz de schistes – Le Bassin du Sud-Est (3)

MARGE ARDECHOISE



Vially, 2010



Les hydrocarbures non conventionnels

Conclusions (3)

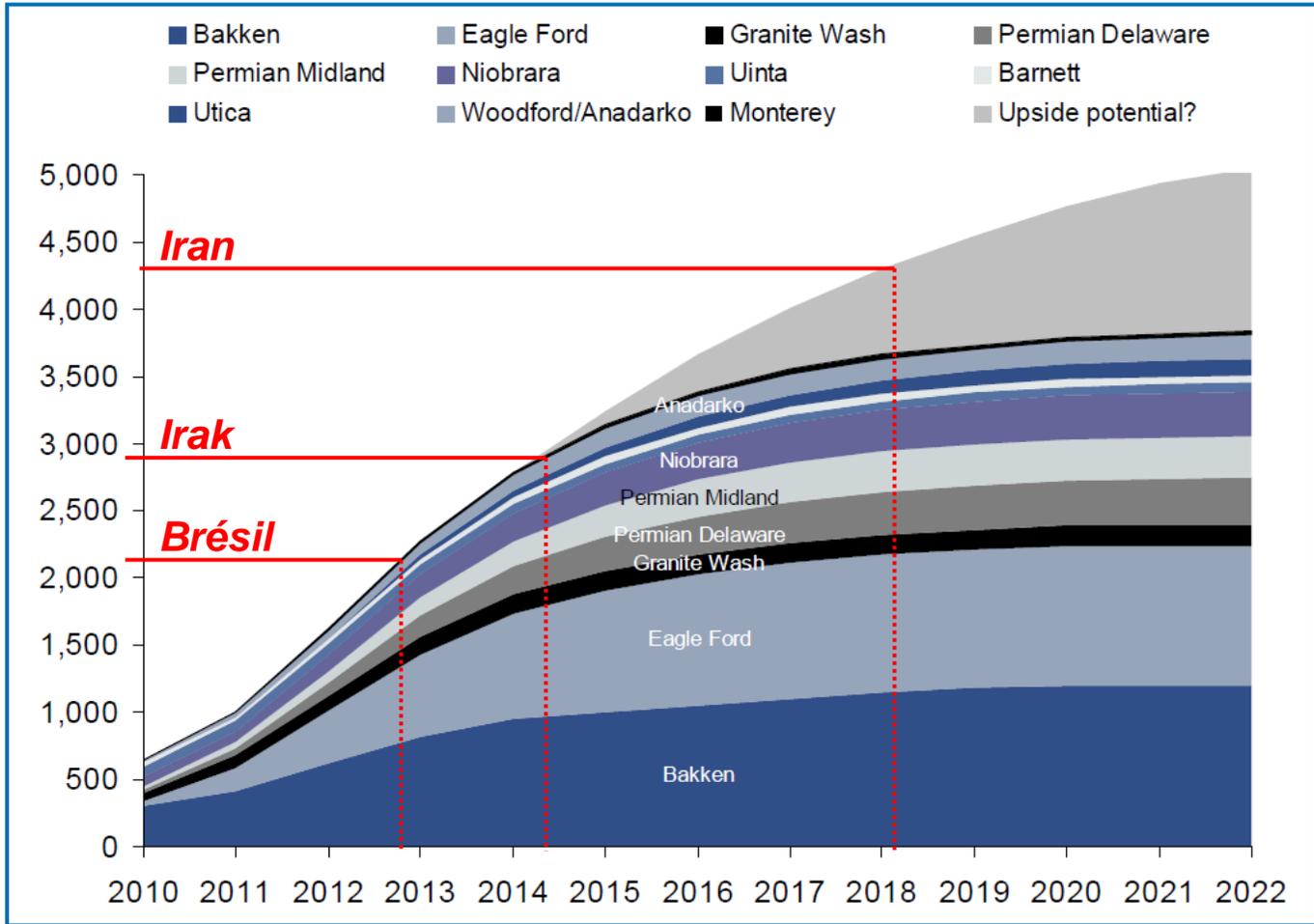
Les bassins sédimentaires français présentent un potentiel important.

- **Gaz de houille (CBM)** dans les bassins houillers paléozoïques mais les premières phases d'exploration (années 80/90) se sont avérées décevantes.
- **Hydrocarbures de roches-mères.** Les roches-mères liasiques consistent une excellente roche-mère dans le bassin de Paris (pétrole de schistes) et dans le bassin du Sud - Est (gaz de schistes).

SEULE UNE PHASE D'EXPLORATION VALIDERA LE POTENTIEL DE CES BASSINS

Exploration d'hydrocarbures en France

L'exemple américain (1)

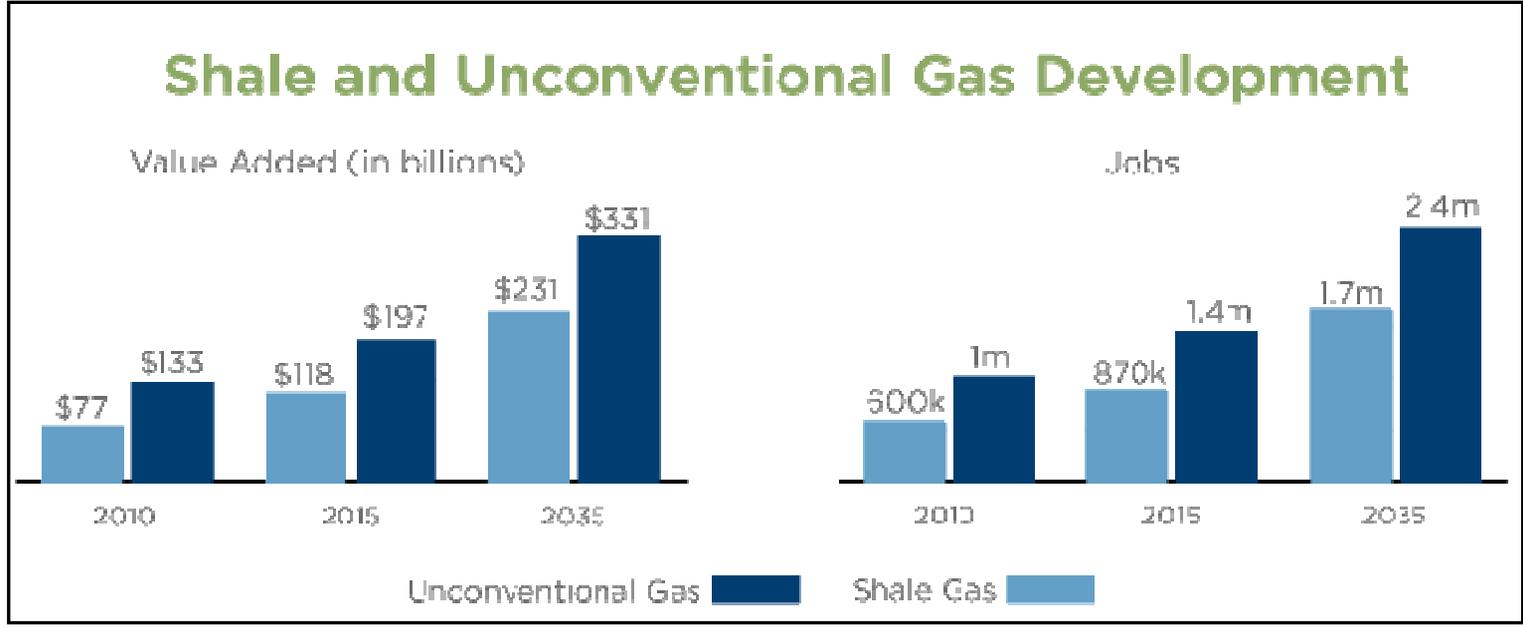


Pétrole de schiste : les perspectives américaines (CIRA,2010)

Les USA prévoient de redevenir le premier producteur mondial de pétrole en 2020.

Exploration d'hydrocarbures en France

L'exemple américain (2)

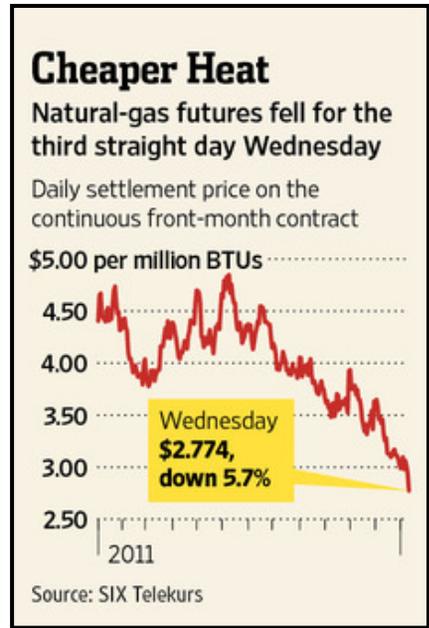
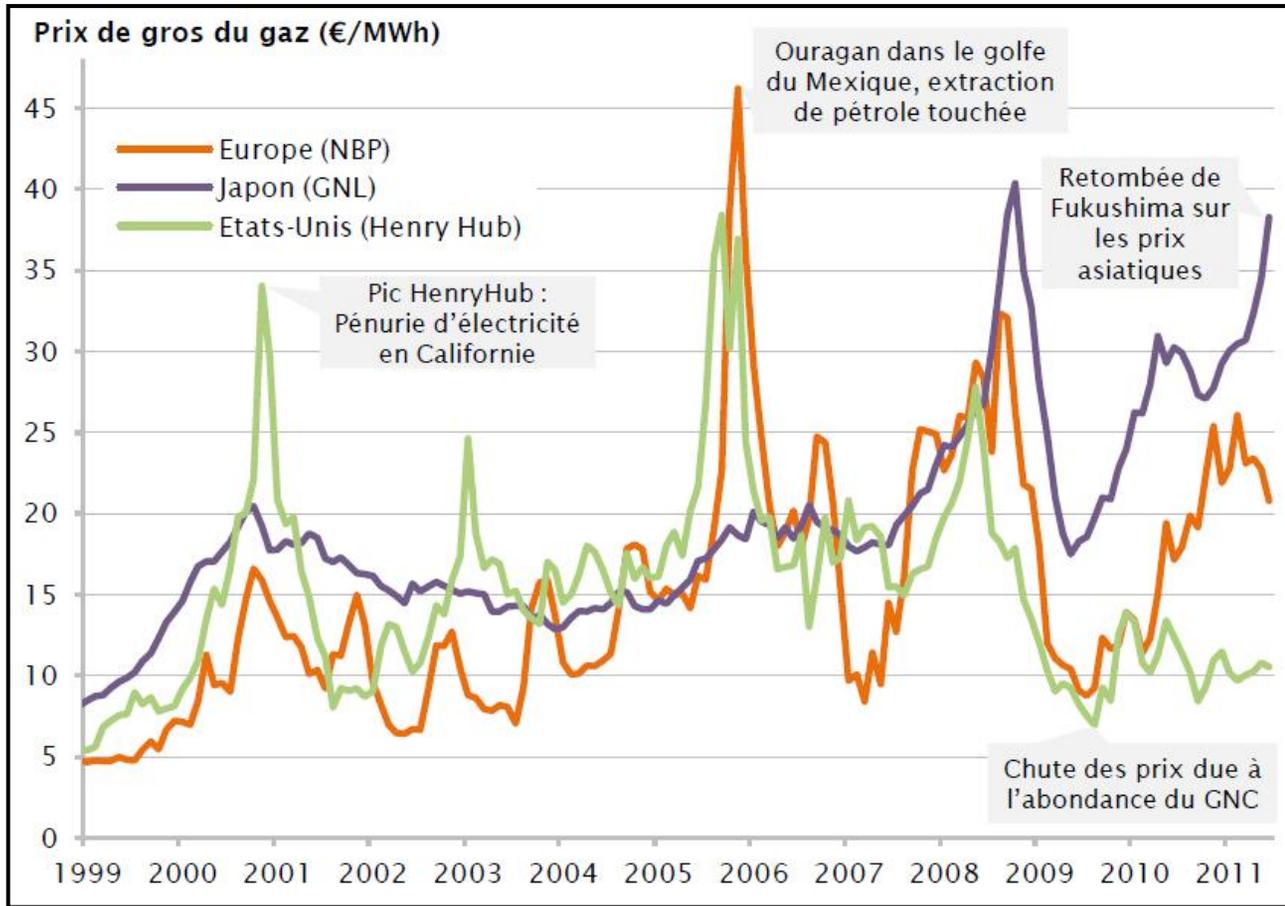


Pétrole/Gaz de schiste : les perspectives américaines (CIRA,2010)
600 000 emplois déjà créés plus d'1 million de plus d'ici 2035

ATTENTION : Le modèle économique américain n'est pas transposable !

Exploration d'hydrocarbures en France

L'exemple américain (3)



Le prix du gaz aux USA est historiquement bas....

Exploration d'hydrocarbures en France

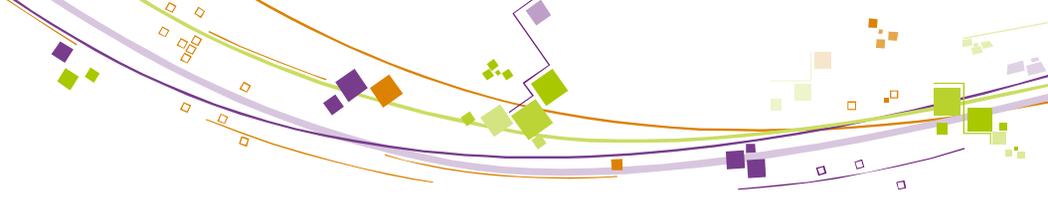
Indépendance énergétique et balance commerciale

La production d'hydrocarbures en France n'a jamais été très importante malgré la découverte de **LACQ**, un géant de gaz à l'époque (250 Gm³). L'activité pétrolière française, visant à l'époque (1950 / 1960) une autonomie énergétique a permis de développer une industrie pétrolière et parapétrolière forte. (ELF, TOTAL, Technip, CGG-Véritas, Vallourec)

Actuellement la production française de pétrole et de gaz est sur le déclin.

**98% de notre consommation d'hydrocarbures est importée
soit une facture de 62,1 milliards d'€uros en 2011.**

Hydrocarbures de roche-mère / Offshore profond (Guyane)
VERS UN NOUVEAU DEPART ?



CONCLUSIONS (1)

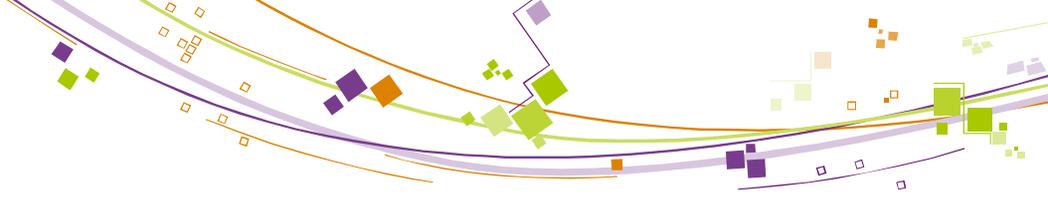
1- Le **demande d'hydrocarbures mondiale continuera à croître** dans les 25 prochaines années même si la part des hydrocarbures diminue dans le mix énergétique mondial.

L'inéluctable transition énergétique se fera sur le long terme.

2- Les **hydrocarbures non conventionnels** joueront un rôle +/- important dans l'approvisionnement en hydrocarbures suivant la vitesse de cette transition.

3- Les **ressources** en hydrocarbures non conventionnels ne sont pas encore bien définies mais sont certainement **considérables**.

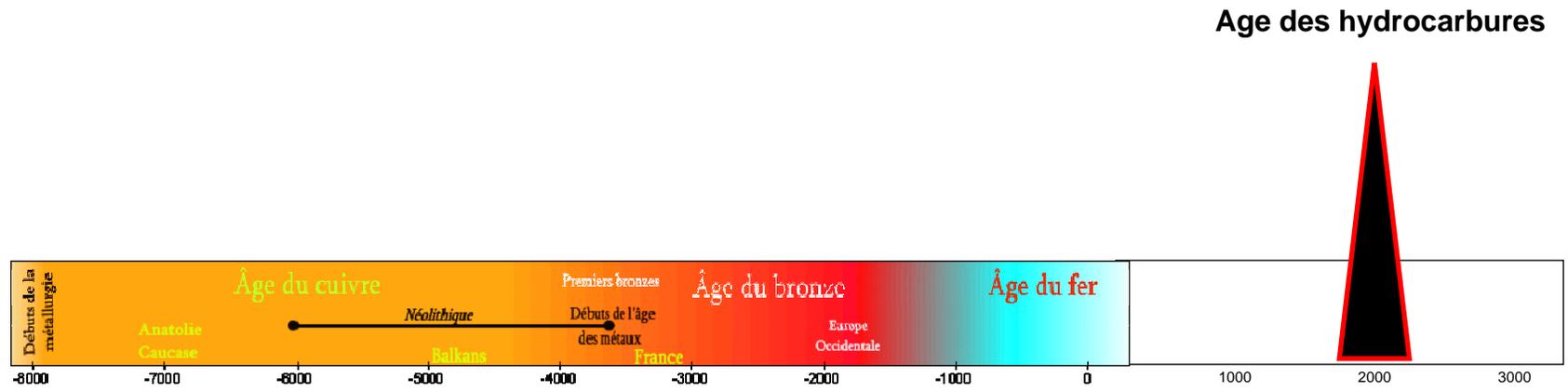
Produire de telles ressources nécessite la prise en compte les contraintes environnementales.



CONCLUSIONS (2)

4- La place des hydrocarbures de roche-mère dans le paysage énergétique français ne peut se concevoir que dans un réflexion plus globale de notre mix énergétique .

Les notions aussi complexes, voire contradictoires, d'indépendance énergétique, de balance commerciale, de ré-industrialisation mais aussi de développement durable du territoire et du respect environnemental font de ce sujet **un enjeu sociétal majeur.**





Innovater les énergies

www.ifpenergiesnouvelles.fr

