

Hydrocarbures de roche-mère : la révolution énergétique américaine peut-elle traverser l'Atlantique ?

Centre Cournot
Mardi 27 mai 2014
Aurélien Saussay

- ***“We have a supply of natural gas that can last America nearly 100 years.”***

Barack Obama, Février 2013

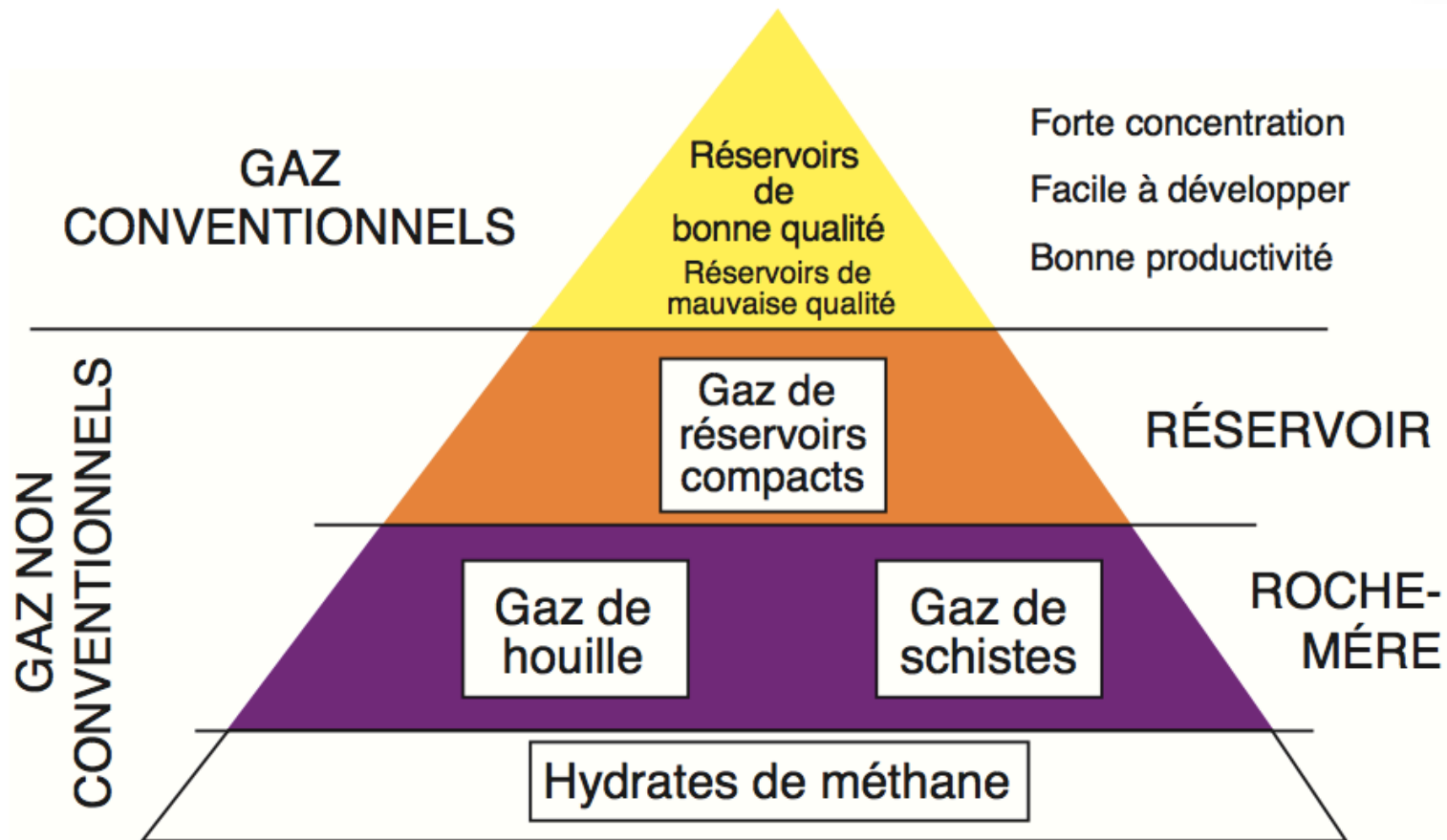
- ***“We are all losing our shirts today. We’re making no money. It’s all in the red.”***

Rex Tillerson, PDG d’Exxon-Mobil, Juin 2012

- ***« On importe aujourd’hui des milliards de mètres cubes de gaz. Si on pouvait en sortir, cela peut être un des éléments de redressement de notre économie. »***

Arnaud Montebourg, Juillet 2013

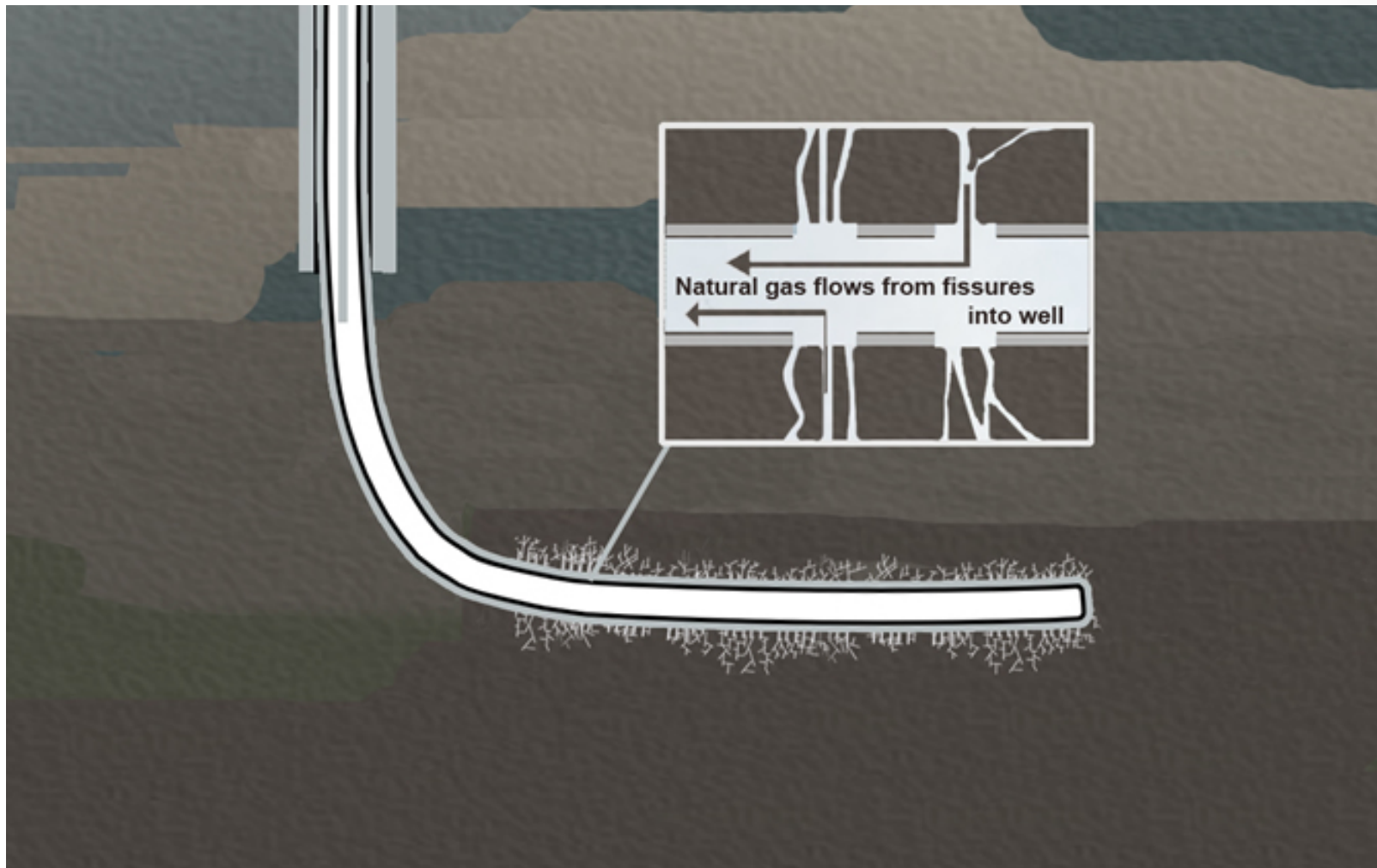
Où se trouvent les hydrocarbures de roche-mère ?



Des hydrocarbures très difficiles d'accès

- Les hydrocarbures de schistes sont enterrés plus profondément que les gisements conventionnels
- Gaz et huiles se trouvent piégés dans des roches très peu poreuses et imperméables
- Les techniques d'extraction conventionnelles ne permettent pas leur exploitation commerciale

La fracturation de la roche est nécessaire à l'exploitation



Une révolution technique mais aussi réglementaire

- Energy Policy Act de 2005 vise à réduire la dépendance des Etats-Unis aux importations d'énergies fossiles
- Deux lois environnementales sont modifiées
 - **Safe Drinking Water Act** : l'interdiction de forer à proximité des aquifères contenant de l'eau potable est levée pour les forages gaziers et pétroliers
 - **Clean Water Act** : l'article définissant la liste des polluants aqueux est modifiée pour exclure « toute eau, gaz, ou autre matériaux injecté dans un puits pour faciliter la production de gaz ou de pétrole »

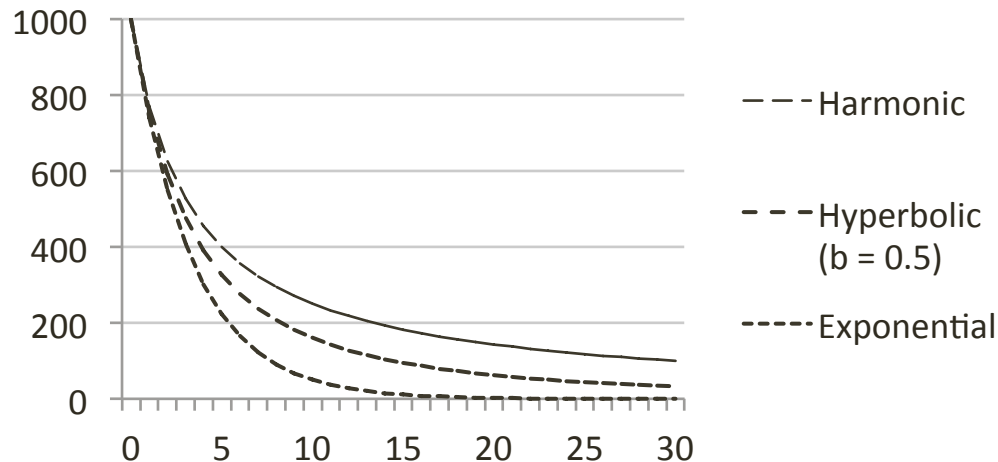
Modélisation de l'exploitation

Profil de production d'un puits : équation de Arps

- Equation de Arps (1945)

$$q(t) = q_i \frac{1}{(1 + bD_i t)^{\frac{1}{b}}}$$

où q_i est la production initiale, D_i le taux de déclin initial et b ($0 \leq b \leq 1$) un paramètre controlant l'évolution du taux de déclin



Production et rentabilité d'un puits

- La production mensuelle d'un puits au mois n , pour une production initiale q_0 et un taux de déclin mensuel δ_n

$$q_n = q_0(1 - \delta_n)^n$$

- La valeur actuelle nette (VAN) de la production d'un puits sur N_w mois, pour un coût de forage I , un coût opérationnel c_m , un prix de vente p , et un taux d'actualisation r :

$$VAN_{puits} = \sum_{n=0}^{N_w} \frac{q_0(p - c_m)(1 - \delta_n)^n}{(1 + r)^n} - I$$

- Le seuil de rentabilité p^* :

$$p^* = c_m + \frac{I}{\sum_{n=0}^{N_w} \frac{q_0(1 - \delta_n)^n}{(1 + r)^n}}$$

Profil de production d'un gisement

- Production du gisement au mois n , en forant D_i puits au mois i :

$$Q_n = \sum_{i=0}^n D_i q_0 (1 - \delta_{n-i})^{(n-i)}$$

- Si l'on considère :

$$D_R = \max_{0 \leq n \leq N_p} D_n \quad \delta = \min_{0 \leq n \leq N_w} \delta_n$$

alors :

$$Q_n \leq \frac{D_R q_0}{\delta}$$

- La production d'un gisement est bornée par un plafond qui ne dépend que du rythme de forage, de la production initiale des puits et du taux de déclin

Utiliser les données américaines pour calibrer le cas français

- Depuis le début des années 2000, 30 gisements exploités commercialement aux Etats-Unis
- 6 gisements représentent plus de 95% de la production américaine de gaz de schistes, 2 gisements plus de 85% de la production d'huiles de schistes
- L'historique des données de production américaine permet de calibrer production initiale, taux de déclin et coûts de forage

Production initiale et taux de déclin

Gaz de roche-mère

Production initiale (Mcf/jour)

Haynesville	Barnett	Marcellus
8 201	1 619	1 947
Fayetteville	Eagle Ford	Woodford
2 069	1 920	2 292

Taux de déclin

	Haynesville	Barnett	Marcellus	Fayetteville
Déclin année 1	68%	61%	47%	57%
Déclin année 2	49%	32%	66%	34%
Déclin année 3	50%	24%	71%	24%
Déclin année 4	48%	18%	47%	21%
Déclin année 5		15%		9%

Coûts de forage

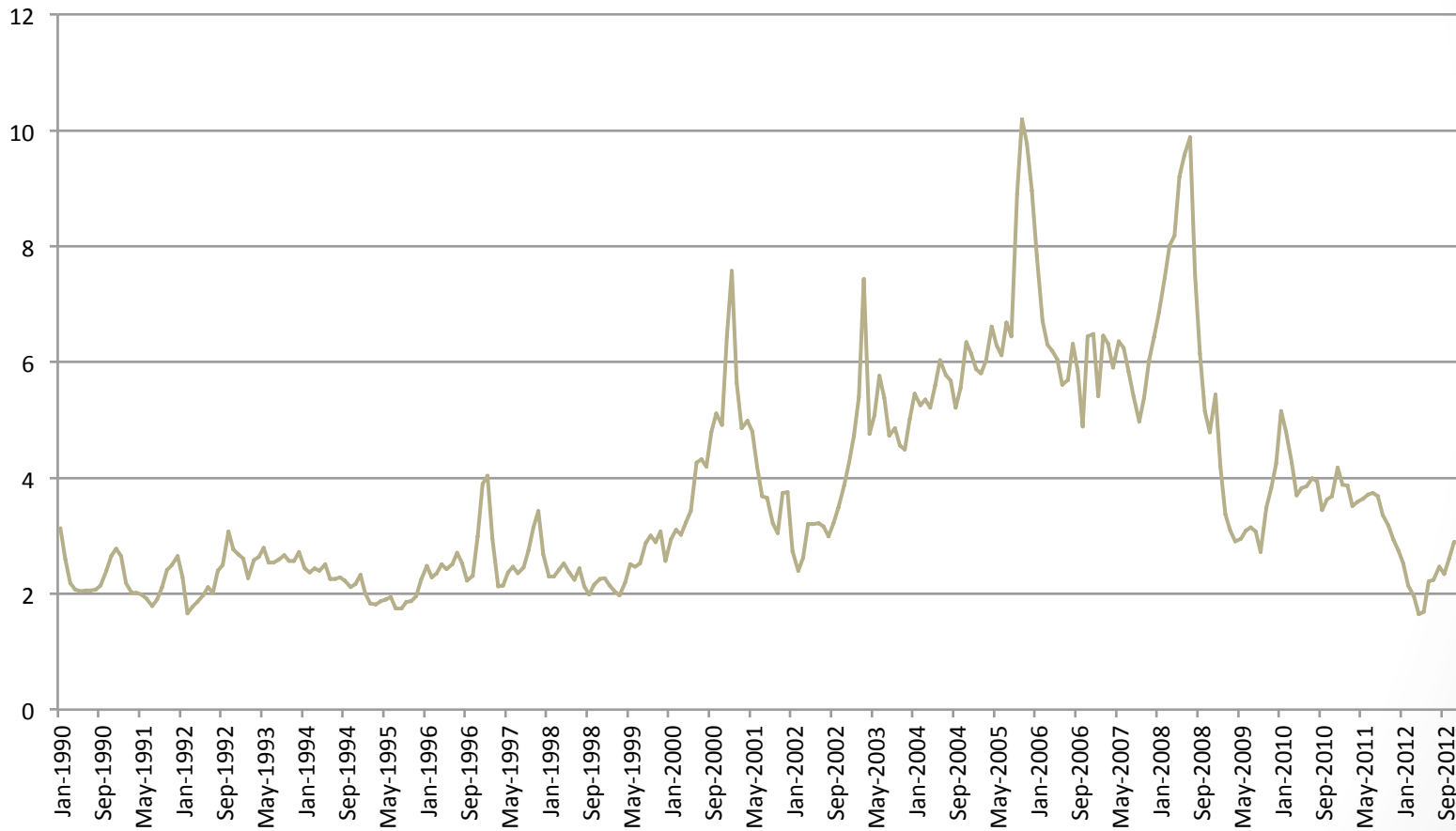
	Haynesville	Barnett	Marcellus
Coût de forage moyen (million USD)	9,5	3,5	5,3
Profondeur moyenne (m)	3 700	2 400	1 900

	Fayetteville	Woodford	Granite Wash
Coût de forage moyen (million USD)	2,8	8,5	7,8
Profondeur moyenne (m)	1 100	4 000	4 000

Les gisements français seraient compris entre 3 000 et 4 300 m de profondeur

Quel impact sur les prix ?

Prix du gaz naturel aux Etats-Unis (2005\$/Mcf)



Quel impact sur les prix ?

- La France fait partie du marché européen du gaz (529 milliards de m³ de gaz naturel consommés en Europe en 2013)
- Les prix du gaz en Europe sont beaucoup moins flexibles qu'aux Etats-Unis
 - Combinaison de contrats de long terme et de marché spot (44% des volumes consommés en 2012)
- Les volumes de production considérés ne permettraient pas d'influencer le prix spot
- **Modélisation de la valeur de la ressource à prix donné**
 - 11,6 USD/MMBtu, soit 30,9 EUR/MWh (prix spot moyen en Europe sur la période 2011-2013)

Scénarios d'exploitation du gaz de roche-mère en France : hypothèses

- **Taux de déclin**
 - moyenne observée sur les gisements américains, taux de déclin variable les 5 premières années d'exploitation
 - au delà de la 5^e année, taux de déclin constant, à 13%
- **Coûts opérationnels**
 - 0,75 USD/Mcf tout au long de l'exploitation
- **Rythme de forage** : 30 puits par mois
- **Période de production** : 30 ans
- **Exploitation par un organisme public** : taux d'actualisation de 4%/an
- **Réserves techniquement récupérables** de 137 Tcf (source : EIA)

Scénarios d'exploitation du gaz de roche-mère en France : hypothèses

Scénario	Production initiale (Mcf/jour)	Coût de forage (millions USD) <i>(millions EUR)</i>
1) Central	2 200	10,0 <i>(7,7)</i>
2) VAN nulle	2 200	13,3 <i>(10,2)</i>
3) Extrême	8 000	10,0 <i>(7,7)</i>

Scénarios d'exploitation du gaz de roche-mère en France : résultats

Scénario	Seuil de rentabilité (USD/MMBtu) (EUR/MWhr)	Production annuelle max (bcf) (milliards m ³)	Part des TRR* produites	VAN (milliards USD) (milliards EUR)
1) Central	8,6 (22,0)	491 (13,9)	10%	19,6 (14,7)
2) VAN nulle	11,2 (28,7)	491 (13,9)	10%	0 (0)
3) Extrême	2,9 (7,4)	1 787 (50,6)	37%	228,0 (171,6)

* Technically Recoverable Resources

Scénarios d'exploitation du gaz de roche-mère en France : variantes

Scénario	Hypothèses		Résultats	
	Prix de vente (USD/MMBtu) (EUR/MW hr)	Taux d'actualisation	Seuil de rentabilité (USD/MMBtu) (EUR/MW hr)	VAN (milliards USD) (milliards EUR)
1a) Liquides associés	12,7 (32,6)	4%	8,6 (22,0)	19,6 (14,7)
1b) Opérateur privé	11,6 (29,8)	10%	9,5 (24,3)	5,5 (4,1)
1c) Baisse du prix du gaz	11,6 à 5,8 (29,8 à 14,9)	4%	8,6 (22,0)	4,9 (3,7)

Production initiale et taux de déclin

Huiles de roche-mère

Production initiale (bbl/jour)

Bakken	Eagle Ford	Bone Spring
400	437	173
Granite Wash	Permian (Del.)	Niobrara
73	83	25

Taux de déclin

	Bakken	Eagle Ford
Déclin année 1	69%	60%
Déclin année 2	39%	39%
Déclin année 3	26%	26%
Déclin année 4	27%	27%
Déclin année 5	33%	

Scénarios d'exploitation des huiles de roche-mère en France

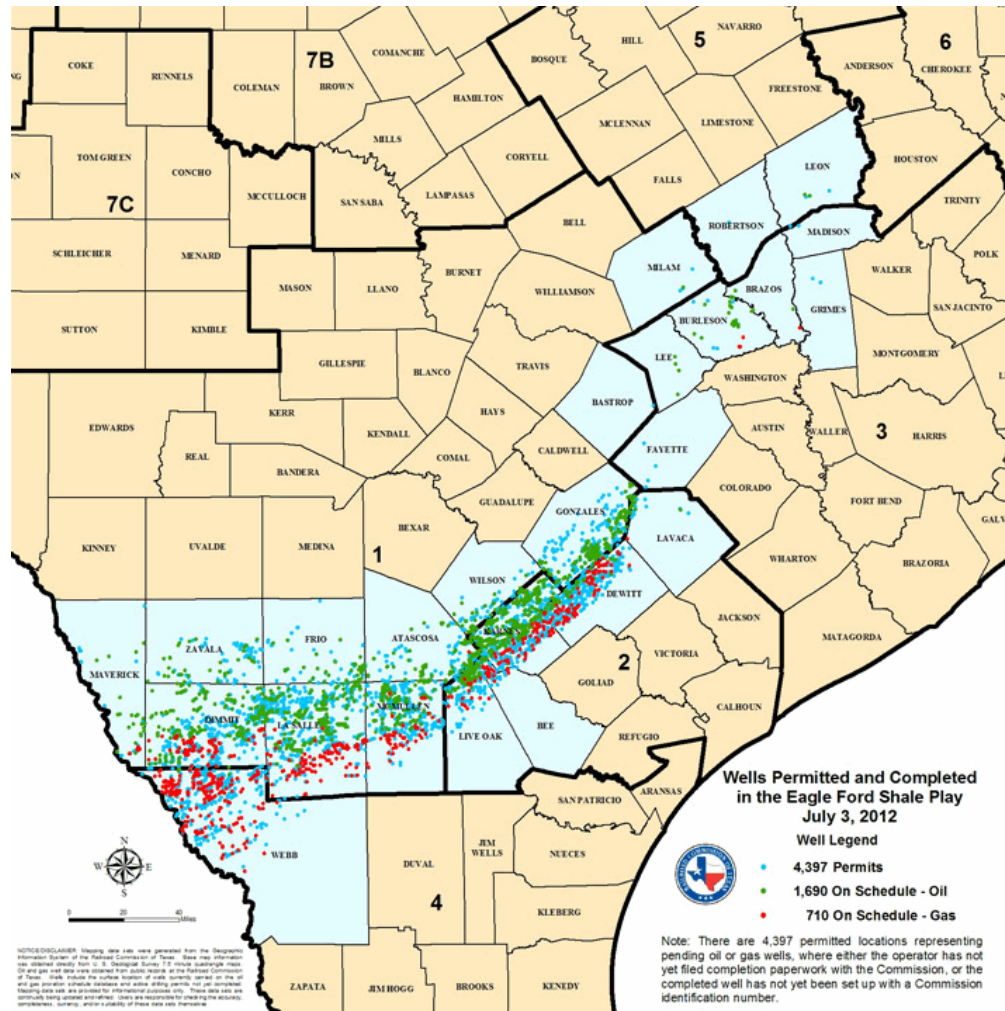
Scénario	Hypothèses		Résultats	
	Production initiale (bbl/jour)	Rythme de forage	Seuil de rentabilité (USD/bbl)	VAN (milliards USD) (milliards EUR)
1) Central	200	30	113	-7,5 (-5,6)
2) Haut	400	30	57	42,2 (31,5)
3) Forage limité	400	10	57	14,2 (10,6)

Le gisement potentiel français d'huiles de roche-mère



IGN 2012 - Licence ouverte

Implantation des puits dans le gisement d'Eagle Ford, Texas



Conclusions

- Même sous des hypothèses optimistes, calibrées sur les données de production américaine, la valeur de la ressource est mineure en France
- Le cas américain de chute rapide et importante des prix résulte d'un contexte très spécifique qu'il sera difficile de reproduire en Europe
- L'incertitude reste très grande sur la qualité géologique des gisements français
- L'intégration de contraintes environnementales plus sévères qu'aux Etats-Unis pourrait rapidement annuler une rentabilité déjà faible

Merci beaucoup !

aurelien.saussay@sciencespo.fr

“Can the U.S. shale revolution
be duplicated in Europe?”

37th IAEE Conference Online Proceedings