

# Quelle est l'Énergie du Futur?



**Nicolas Meilhan**  
*Ingénieur Conseil, Frost & Sullivan*

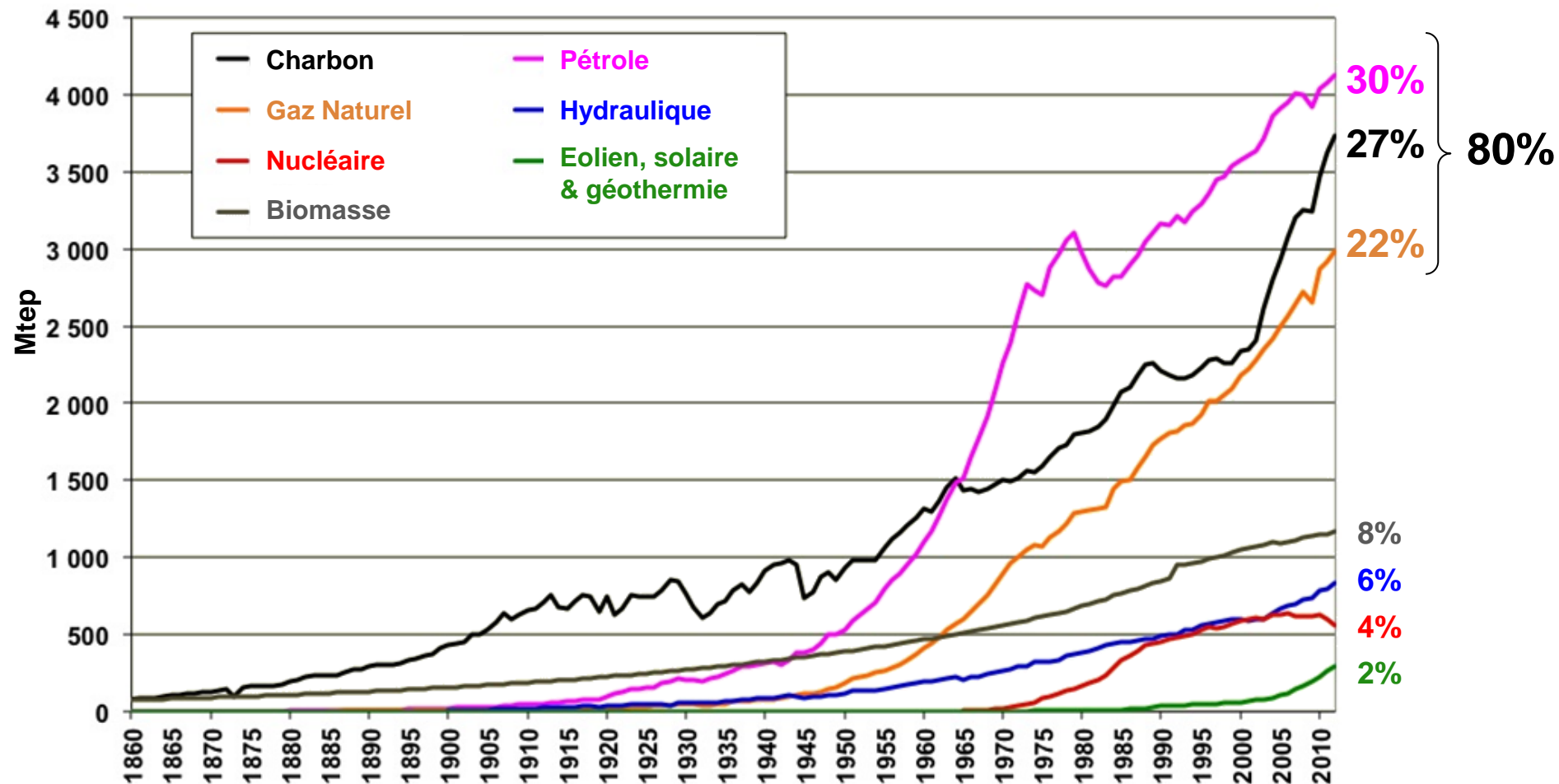
Janvier 2014

# Quelle est l'énergie du passé?

Le pétrole reste la principale source d'énergie, mais le gaz et le charbon lui ont repris des parts de marché ces dernières années. La part des énergies fossiles dans la consommation d'énergie mondiale ne devrait baisser que très modestement de 80% en 2013 à 75% en 2040

## Evolution de la consommation mondiale d'énergie primaire

- Millions de tonnes équivalent pétrole, 1860 à 2012 -



Sources: Shilling et al., 1977, et BP Statistical Review, 2013

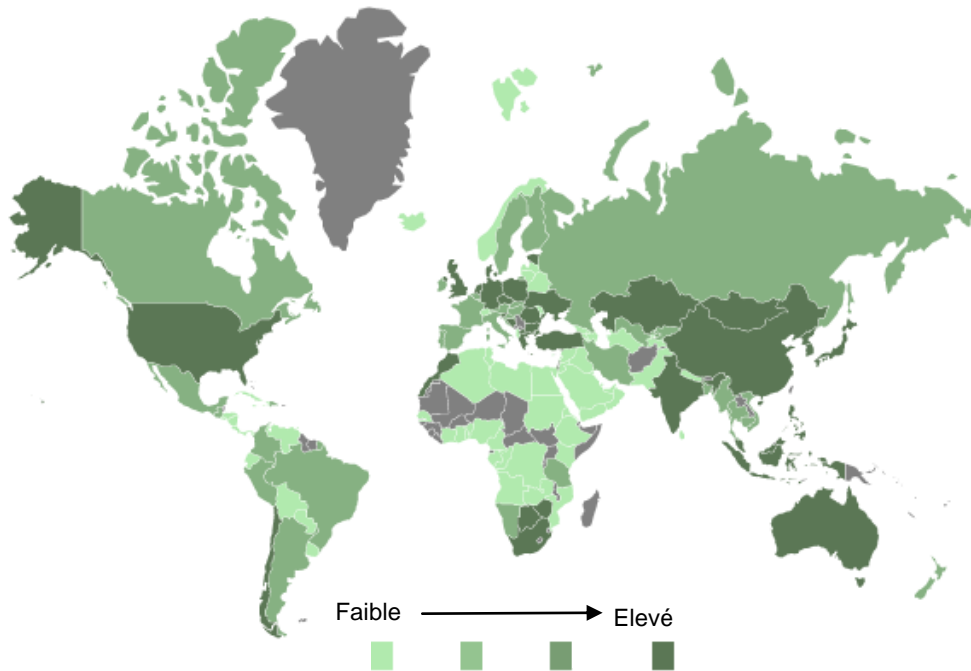
# Et moi qui croyais que le charbon était une énergie du passé...

Le charbon a effectivement permis la révolution industrielle au 18<sup>ème</sup> siècle. Mais c'est aussi l'énergie du futur – il devrait dépasser le pétrole et devenir la 1<sup>ère</sup> source d'énergie d'ici 2015

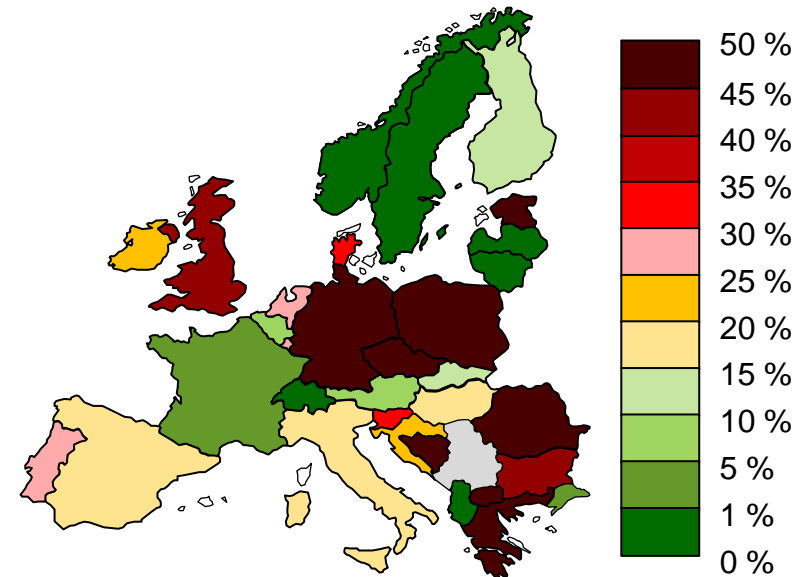
## Production d'électricité à base de charbon

- % de la production totale d'électricité en 2012-

Monde



Europe



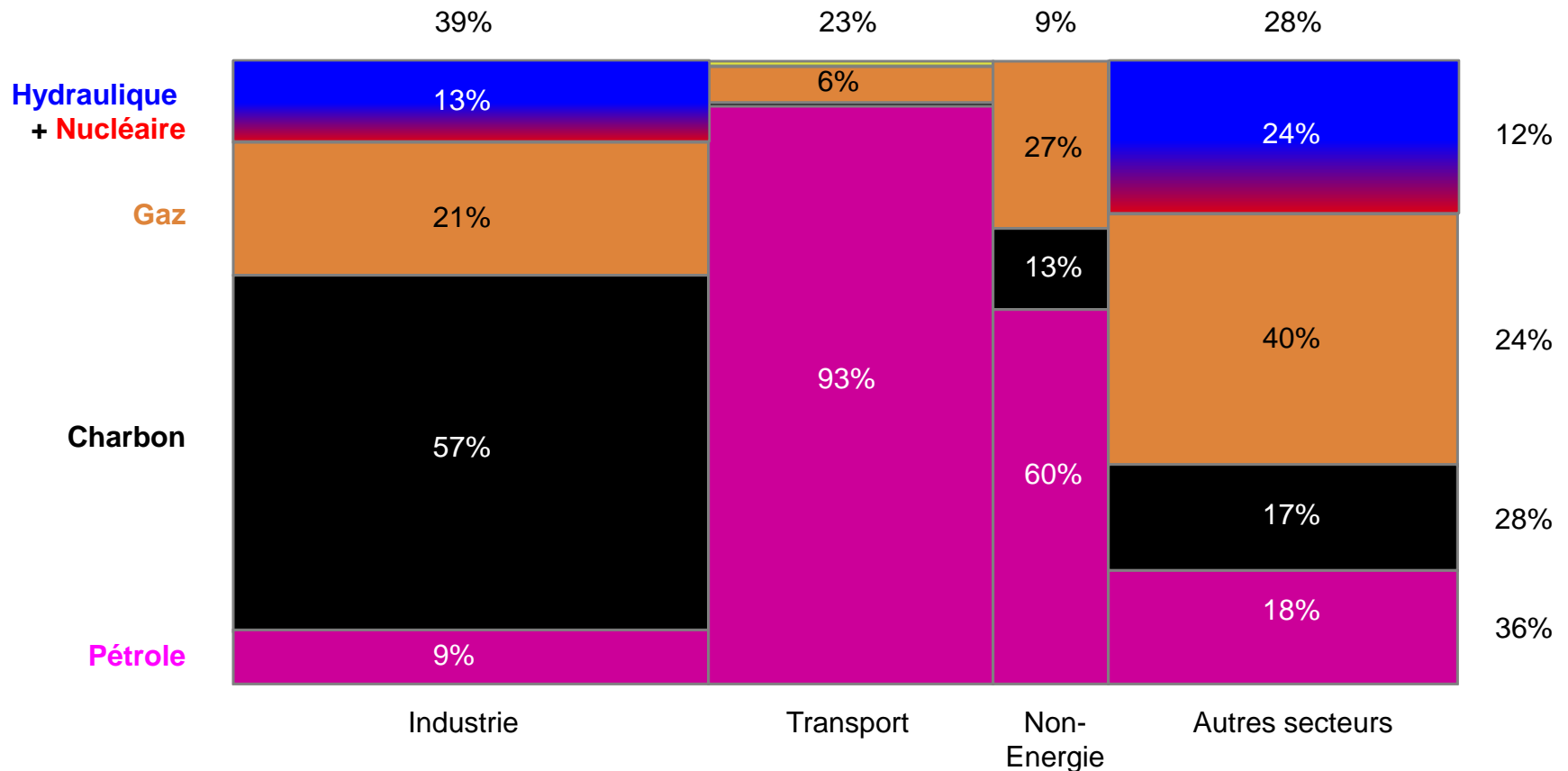
**40% de l'électricité consommée dans le monde est produite à base de charbon**

Source: Worldbank

# A quoi nous sert toute cette énergie?

Le pétrole est l'énergie du transport (qui en dépend à 93%) alors que le charbon permet de fabriquer tout ce qui nous entoure, couvrant presque 60% des besoins de l'industrie

**Répartition de la consommation mondiale d'énergie primaire (1)**  
- % de tonnes équivalent pétrole-



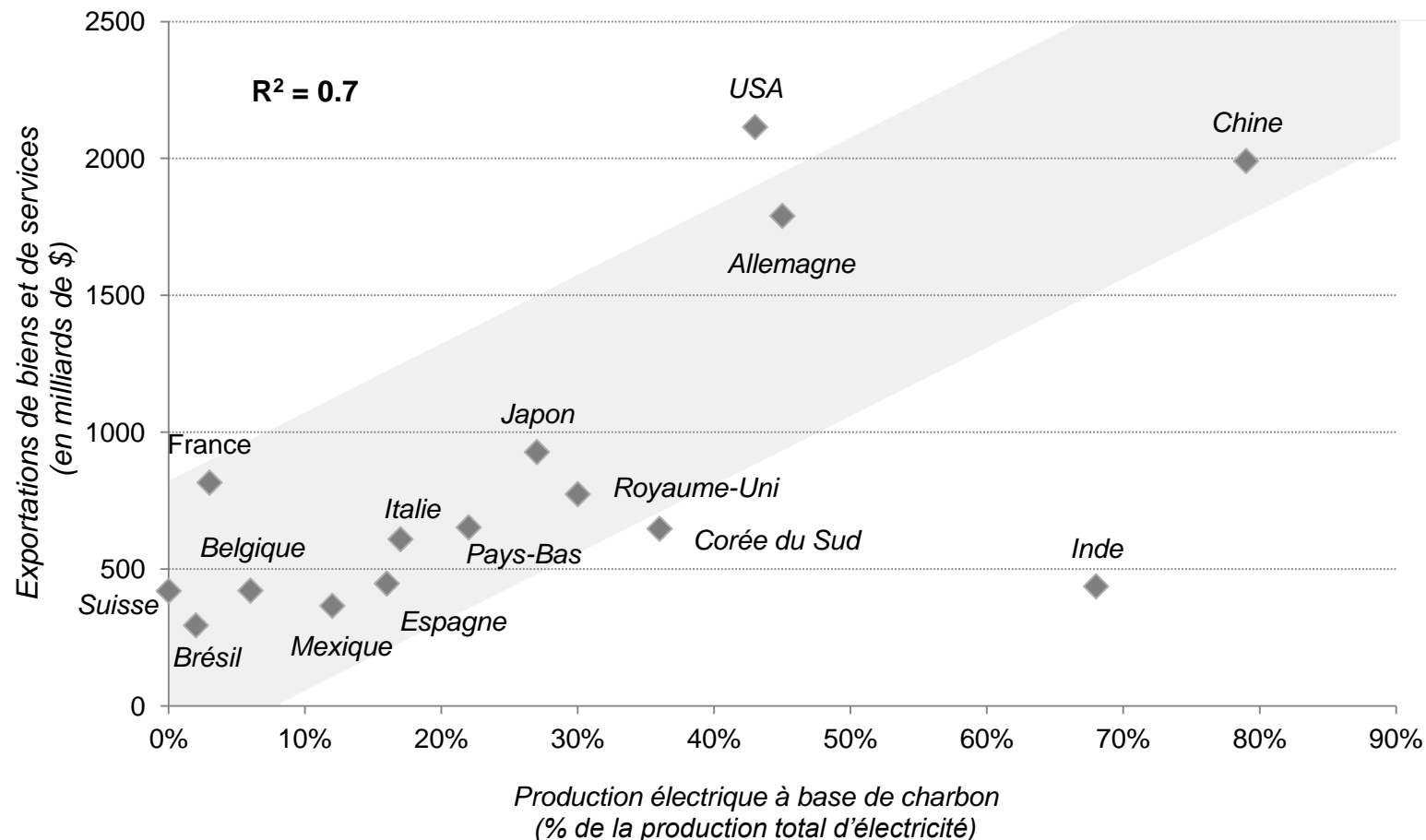
Note: (1) Energie commerciale seulement (hors biomasse) ; Même ratio TWh / Mtep utilisé pour le nucléaire et l'hydraulique  
Autres = agriculture, tertiaire, résidentiel  
Sources: BP Statistical Review of World Energy 2007, IEA, A.T. Kearney

# Pourquoi utilise-t-on majoritairement du charbon dans l'industrie?

Demandez aux 15 principaux pays exportateurs (qui représentent 80% des exportations mondiales) – ils auront probablement la réponse

## Exportations de biens & de services vs. production électrique à base de charbon

- Top 15 des pays exportateurs de biens & services\*, 2011 -



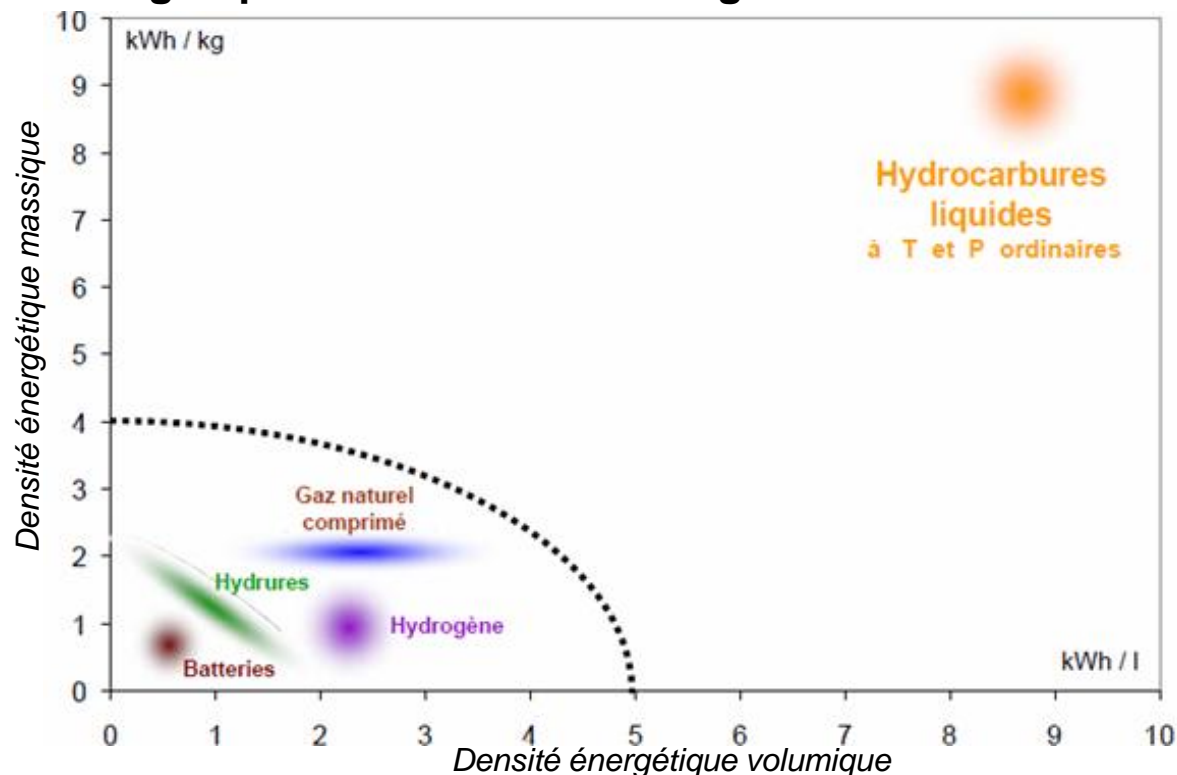
\* Hors énergie

Source: Banque Mondiale

# Pourquoi le pétrole est-il la seule énergie utilisée pour le transport?

1kg de pétrole contient autant d'énergie que 100 kg de batteries

## Densité énergétique des différentes énergies utilisées dans le transport



« Si on considère que la construction de la grande pyramide de Khéops nécessita le travail manuel de 10 000 personnes pendant 20 ans, alors la consommation journalière d'essence, de diesel et de kérosène aux Etats-Unis permettrait de construire 100 pyramides chaque jour »

Richard Heinberg

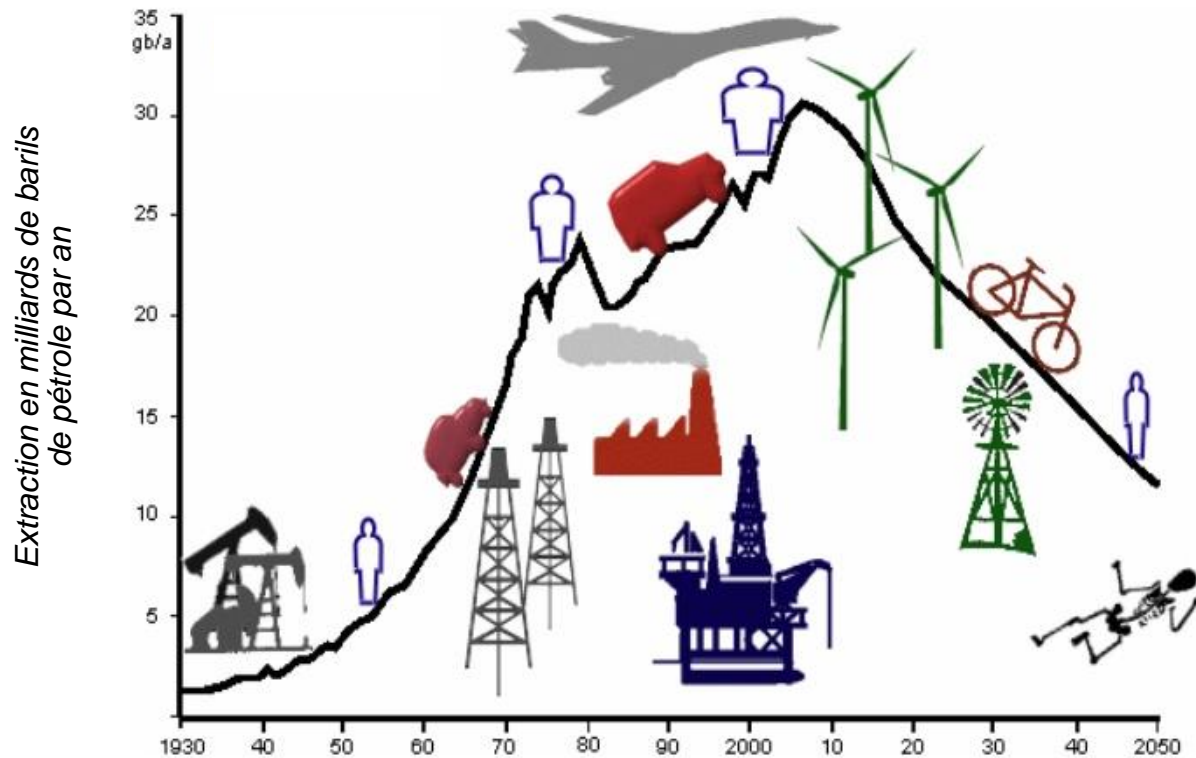
Source : Pierre-René BAUQUIS, Richard Heinberg

# Restera-t-il encore du pétrole en 2100?

La principale question est surtout de savoir pendant encore combien de temps disposerons-nous de pétrole peu cher pour faire tourner notre économie (et nos voitures..)

## Evolution de l'extraction d'hydrocarbures liquides

- 1930 à 2050-



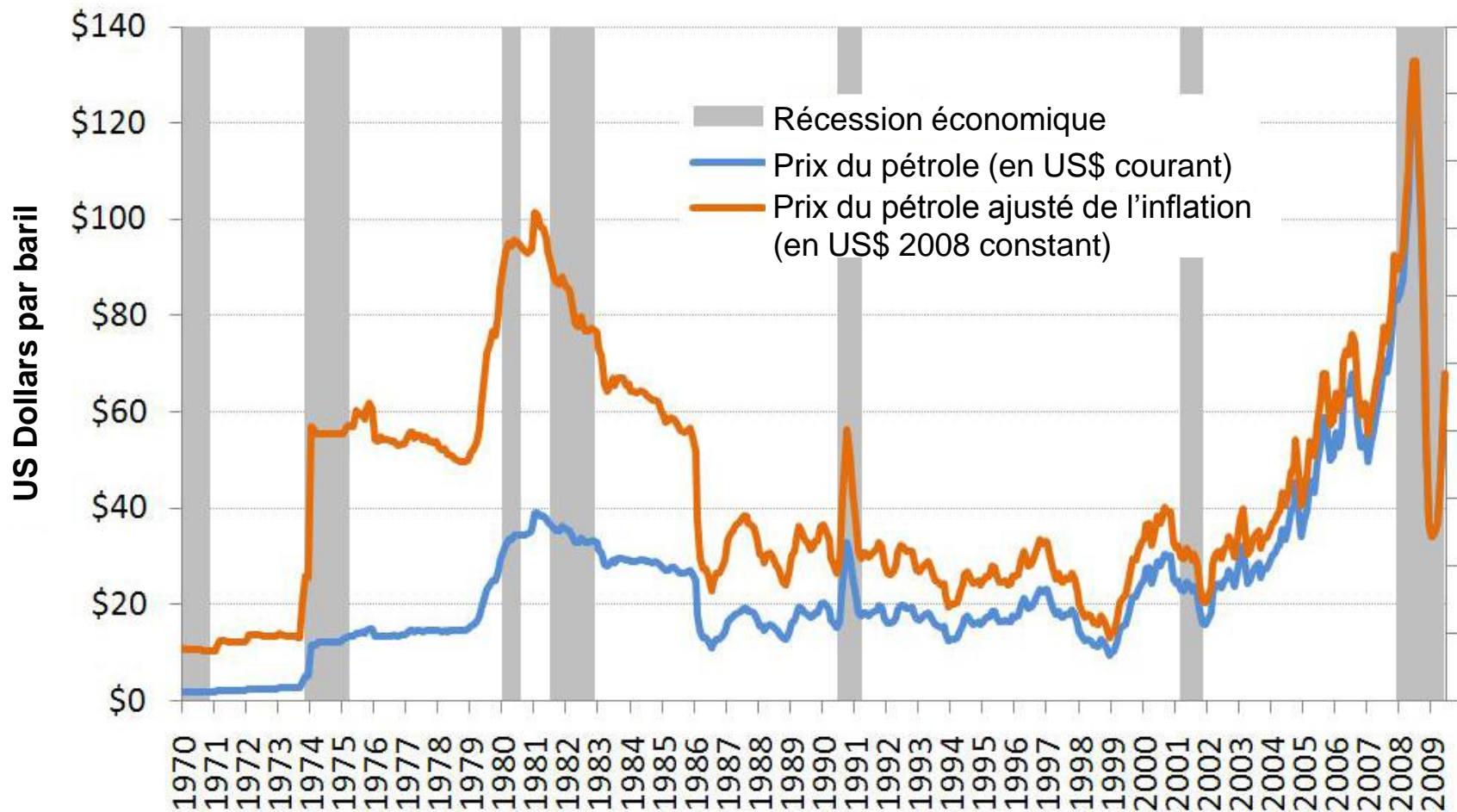
« Ce n'est pas la taille du réservoir qui compte mais la taille du robinet »

Jean-Marie Bourdaire

# A-t-on vraiment besoin de pétrole peu cher pour faire tourner notre économie?

Quatre des cinq dernières grandes crises économiques mondiales ont été précédées par un choc pétrolier

## Récessions économiques vs. prix du pétrole



Source: Steven Kopits, June 2009, Douglas Westwood, Oil: What price can America afford?, EIA, NBER

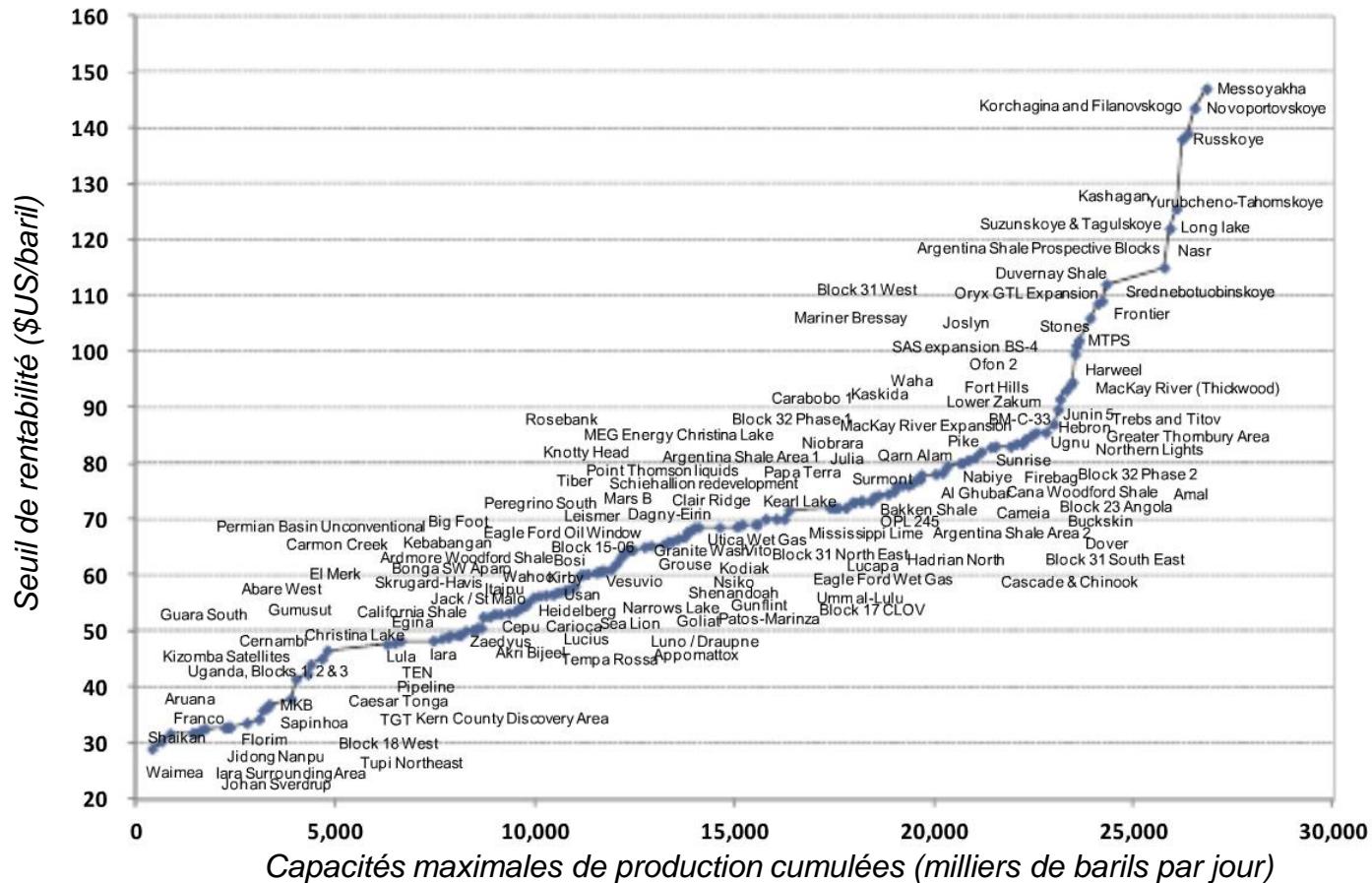


# Houston, nous avons un problème...

Certains champs de pétrole ont besoin d'un baril de pétrole à plus de 100\$ pour être rentables alors que la demande de pétrole se contracte à partir de 102\$ aux US et de 120 \$ en Chine

## Seuil de rentabilité des champs pétroliers en cours de développement

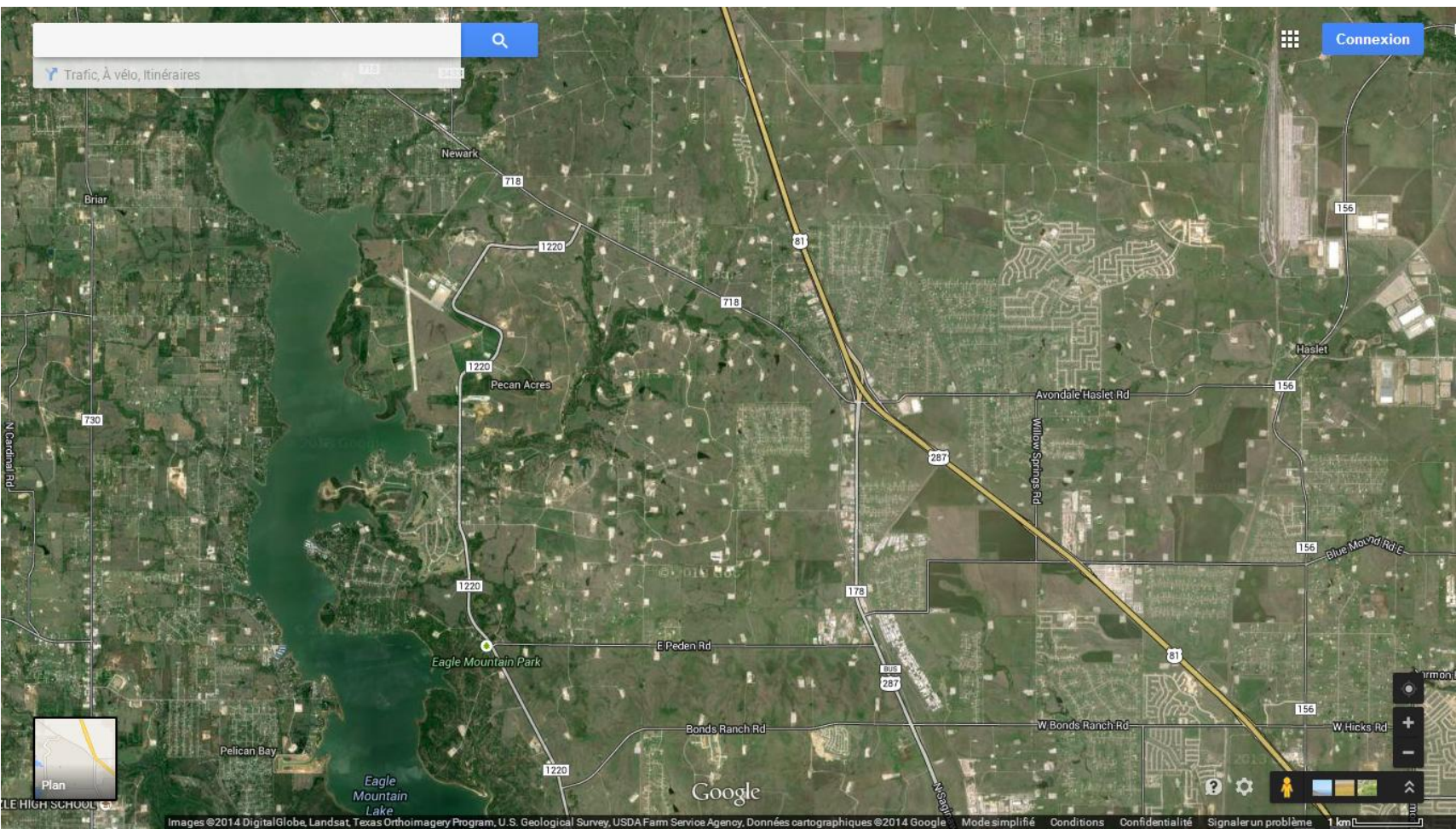
- Top 360 des champs pétroliers -



# La solution n'est-elle pas le gaz et le pétrole de schiste?

A court terme, peut-être aux Etats-Unis avec 40% de la consommation de gaz en 2013, à plus long terme probablement pas en Europe avec seulement 10% de la consommation de gaz en 2030

## Vue aérienne d'un champ d'exploitation de gaz de schiste au Texas - Cliquez sur l'image -

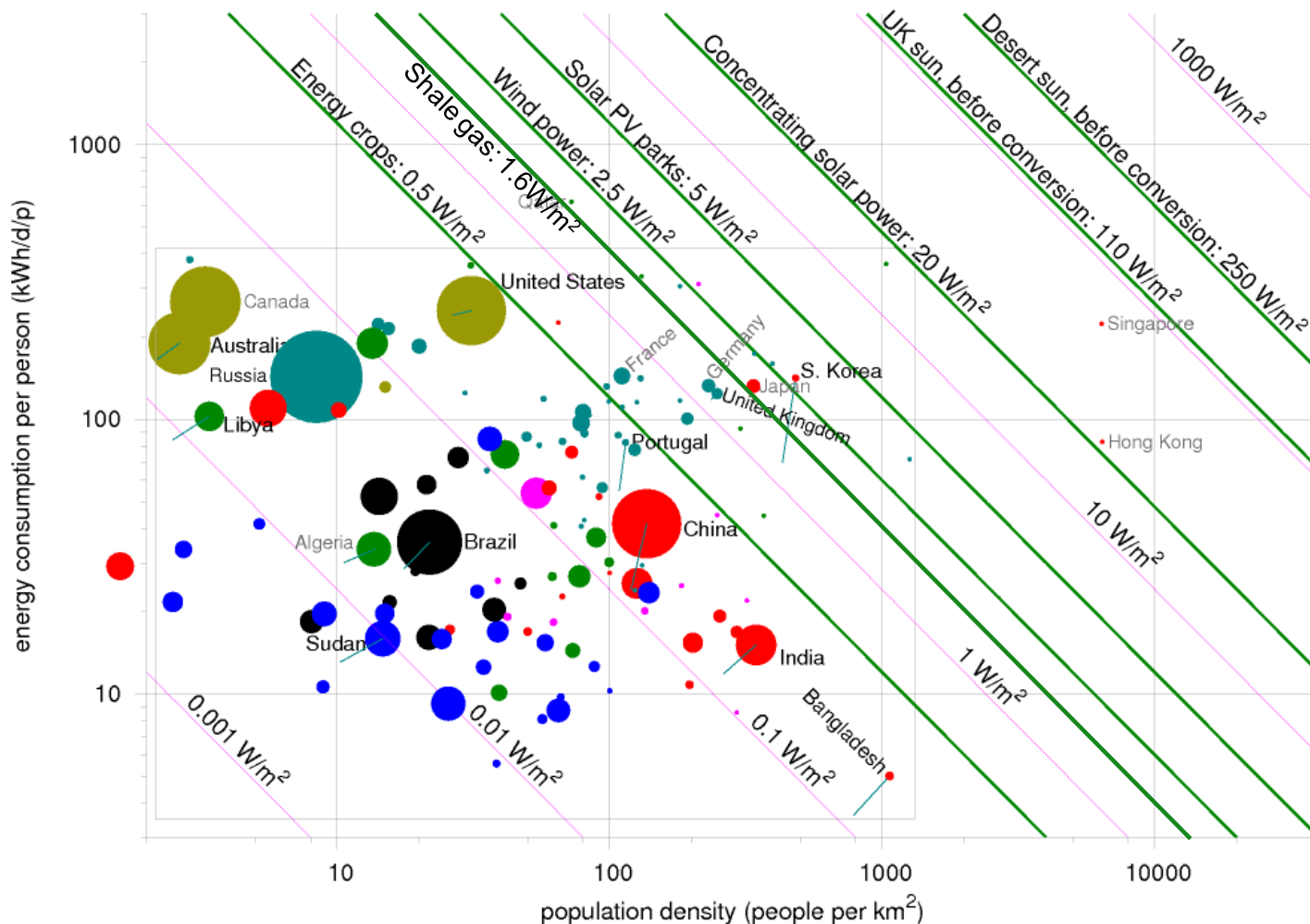


Source : Google maps: <https://goo.gl/maps/gE9Dp>

# Est-ce vraiment si important que cela d'avoir de la place?

Il faut regarder attentivement la densité énergétique surfacique quand on s'intéresse à l'énergie du futur: moins on a de place, moins on a de choix!

## Densité énergétique surfacique



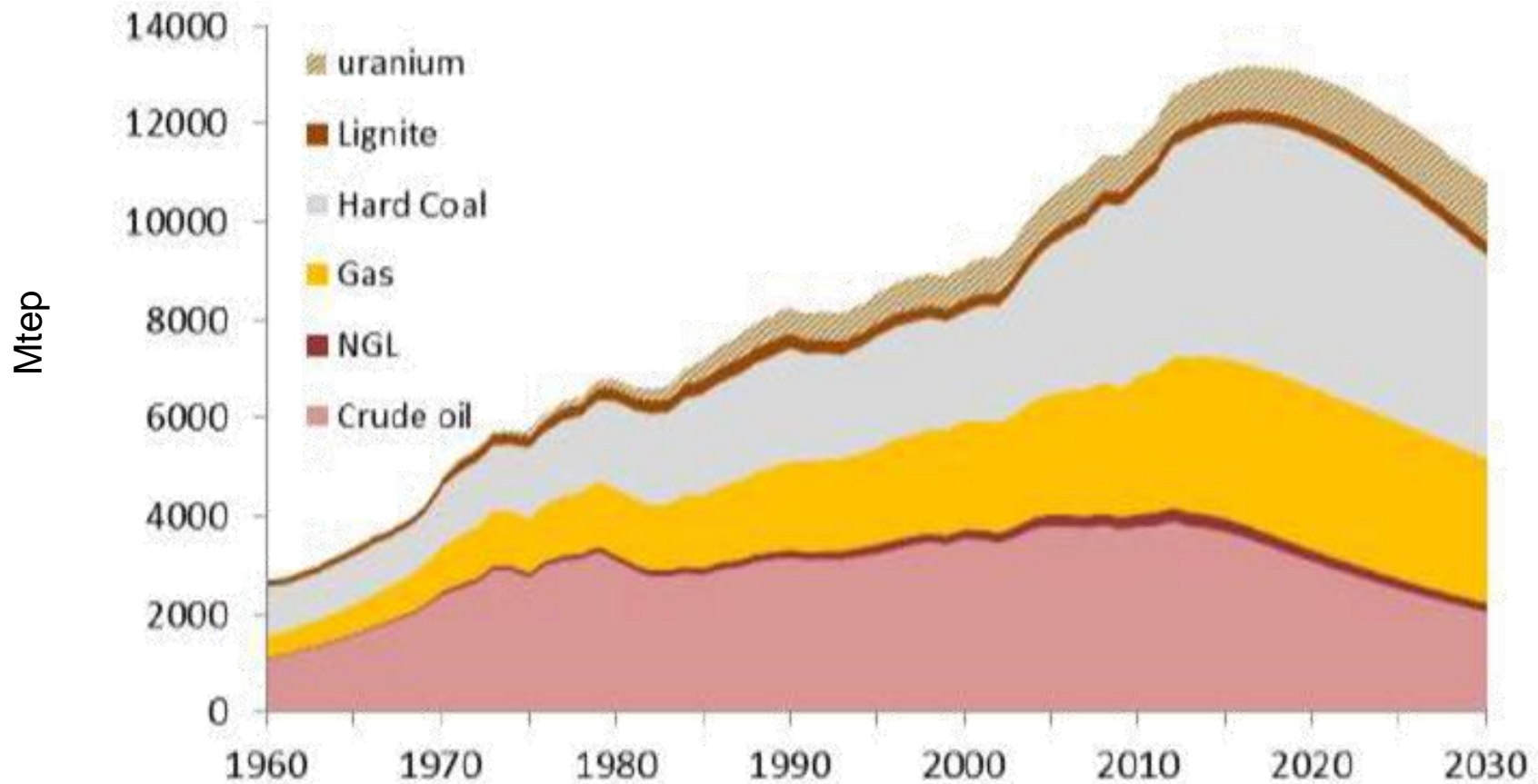
Source: David MacKay [http://www.ted.com/talks/david\\_mackay\\_a\\_reality\\_check\\_on\\_renewables.html](http://www.ted.com/talks/david_mackay_a_reality_check_on_renewables.html)

## Quel pourrait être l'énergie du futur alors?

Vraisemblablement le charbon tant qu'aucun coût n'est donné aux externalités négatives qu'il engendre – consommation d'eau, pollution atmosphérique, émissions de CO<sub>2</sub>

### Prévision de disponibilité d'énergies fossiles et d'uranium

- Millions de tonnes équivalent pétrole -



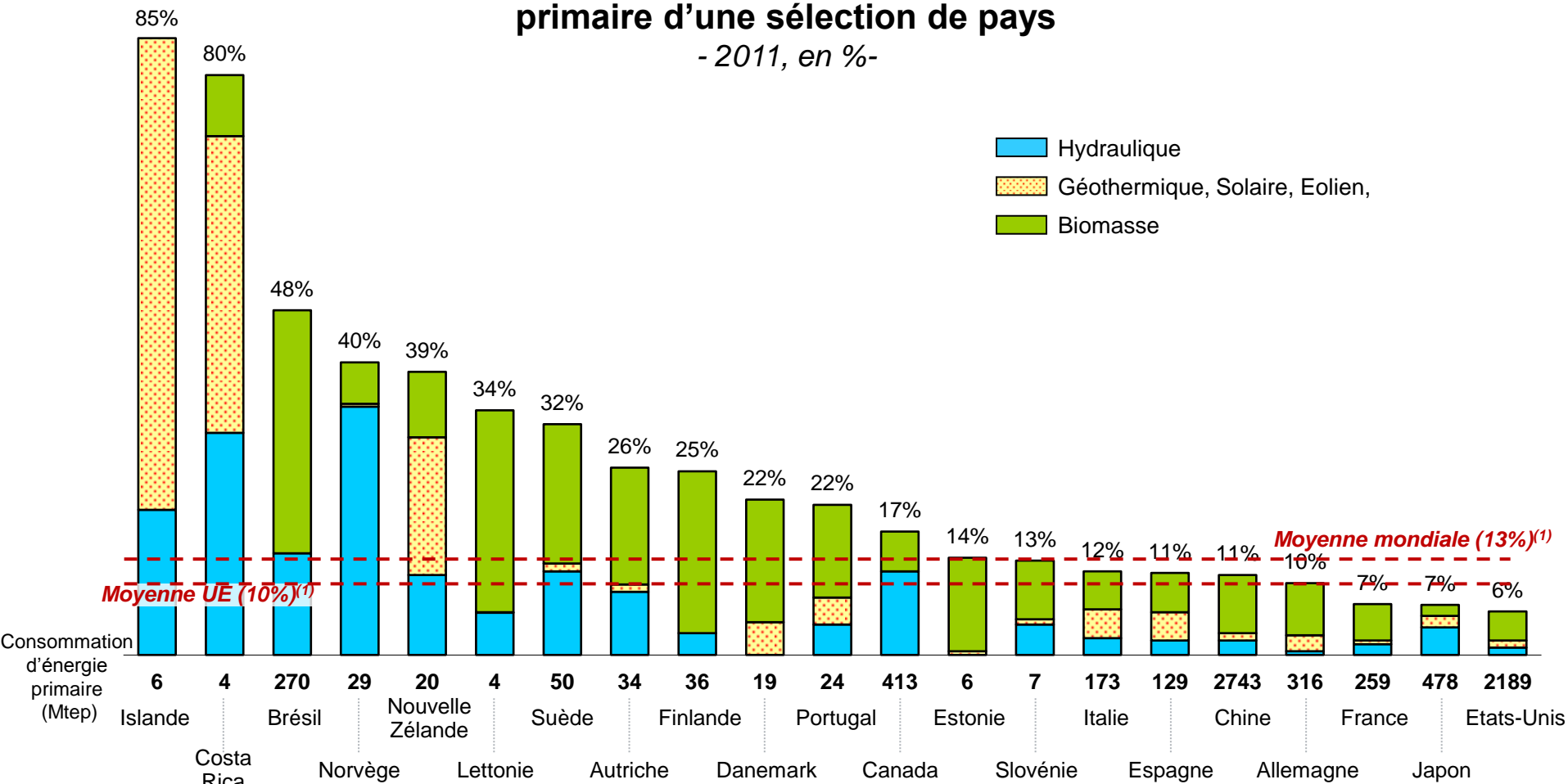
Source: Energy Watch Group, 2013 - [http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG-update2013\\_long\\_18\\_03\\_2013up.pdf](http://www.energywatchgroup.org/fileadmin/global/pdf/EWG-update2013_long_18_03_2013up.pdf)

# Ne peut-on pas avoir une énergie 100% renouvelable comme au Moyen-âge?

Les pays gâtés par la nature - forêts, montagnes ou géothermie - pourront s'en rapprocher ; pour les autres, ce sera plus compliqué à moins d'une baisse significative de la consommation

## Part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie primaire d'une sélection de pays

- 2011, en %-



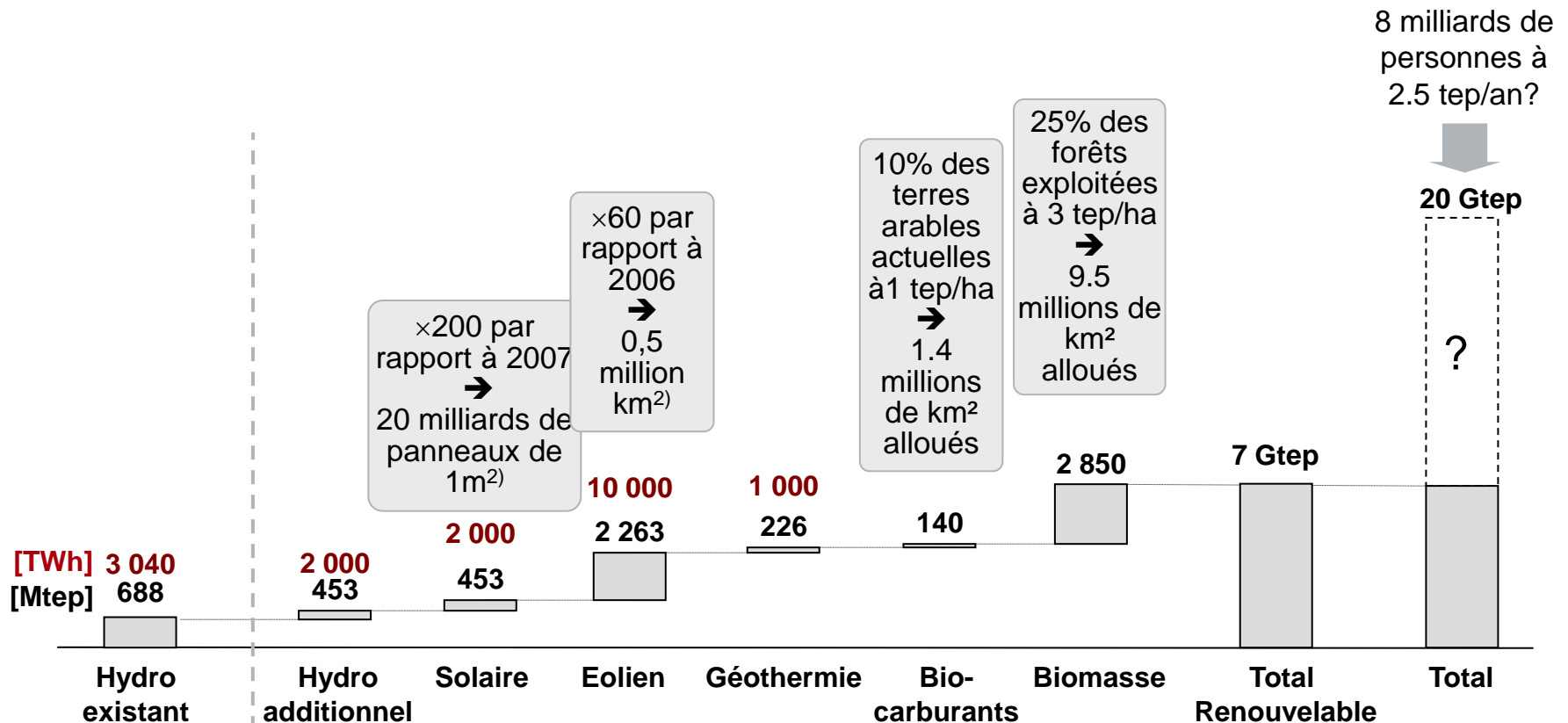
Note: (1) Based on IEA conversion ratios, 16% by applying 33% conversion factor  
Sources: Eurostat, IEA, Frost & Sullivan analysis

# Comment faire le jour où on n'aura plus de pétrole, ni de gaz, ni de charbon?

Cela va être très compliqué de maintenir notre niveau de vie actuel sans économies substantielles d'énergie – efficacité & sobriété

## Potentiel de production des énergies renouvelables – Ordres de grandeur

- Millions de tonnes équivalent pétrole par an -



Note: les biocarburants et la biomasse n'ont pas d'équivalent TWh

Les conversions TWh / Mtoe prennent en compte les rendements des différents procédés de production d'énergie

Source: Philippe Bihouix, 2008 - <http://www.lajauneetlarouge.com/article/lenergie-mondiale-face-la-penurie-ou-colbert-et-les-lecons-du-peak-wood>

# Quelle est la véritable énergie du futur alors?

Celle que nous ne consommerons pas!

Secteur	kep / personne en 1995	kep / personne Meilleure techno <sup>(1)</sup>	Commentaires
<b>Logement</b>			
Chauffage	740	300	• Isolation thermique
Cuisine	35	25	• Meilleur électroménager
Autres	70	35	• Veille
<b>Tertiaire</b>			
Chauffage	415	200	• Isolation thermique
Usages spécifiques	90	50	• Veille
<b>Nourriture</b>			
	360	250	• 50% d'économies sur la réfrigération et la cuisson
<b>Industrie</b>			
Produits intermédiaires	625	450	• Recyclages, éco-process
Equipements	150	130	
<b>Transports</b>			
De personnes	490	250	• Voitures à 4 litres / 100 km
De biens	315	200	• Réduction de la puissance des camions, fret ferroviaire
<b>Total</b>	<b>3290</b>	<b>1890</b>	

- Presque 50% d'économie d'énergie possible sans impact significatif sur notre niveau de vie...ce n'est sans doute pas assez mais c'est déjà un bon début!
- Mais remplacer l'ensemble des équipements existants prendra énormément de temps – pour le parc de voitures, il faut compter entre 10 et 15 ans au moins

Eteindre nos équipements électriques au lieu de les laisser "veiller" ... 5 à 6 TWh en France - presque un réacteur nucléaire!


Note : kep = kilo d'équivalent pétrole; meilleure technologie disponible en 1995

Source: Bernard Multon, ENS Cachan ; Commissariat au plan

F R O S T & S U L L I V A N

## Nicolas Meilhan

Consultant Principal  
Energie & Transport

 (+33) 1 42 81 23 24

 [nicolas.meilhan@frost.com](mailto:nicolas.meilhan@frost.com)

