

# Quelle est l'Énergie du Futur?



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

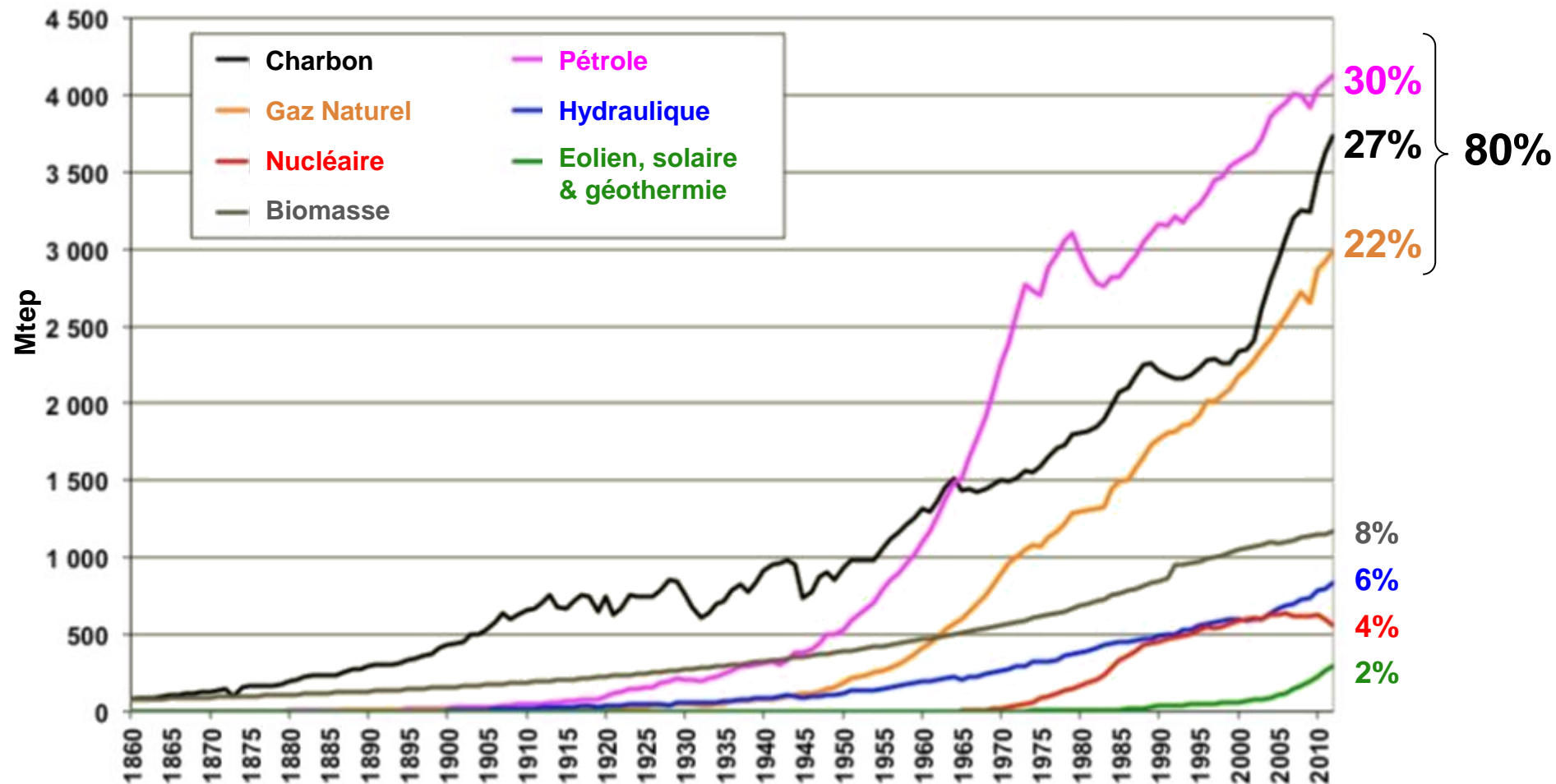
Avril 2015

# 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.

## Evolution de la consommation mondiale d'énergie primaire

- Millions de tonnes équivalent pétrole, 1860 à 2012 -



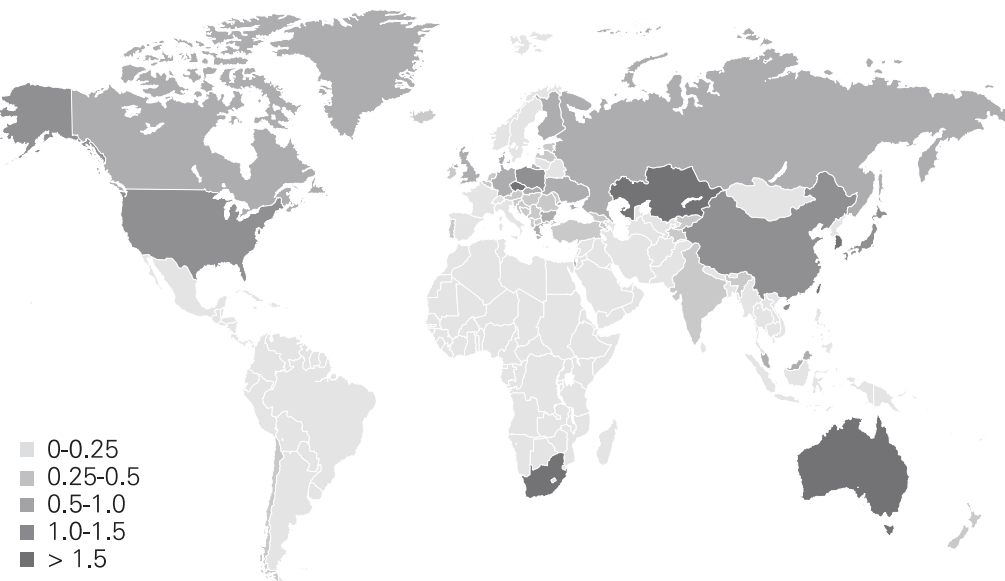
Sources: Shilling et al., 1977, et BP Statistical Review, 2013

# 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 2017

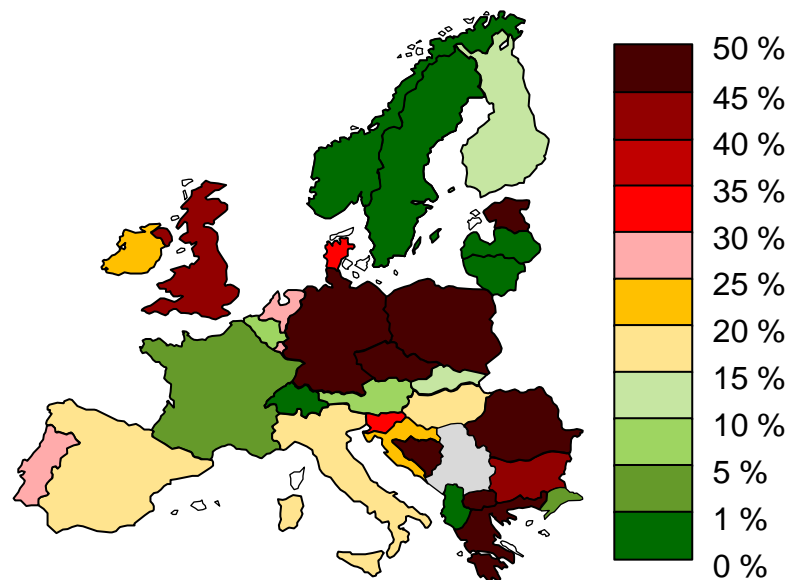
## Consommation de charbon par habitant

- Tonnes d'équivalent pétrole, 2013 -



## Production d'électricité à base de charbon

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



*40% de l'électricité mondiale est produite à partir de charbon, qui représente 40% des émissions mondiales de CO2 et 60% de l'augmentation de ces émissions depuis l'an 2000*

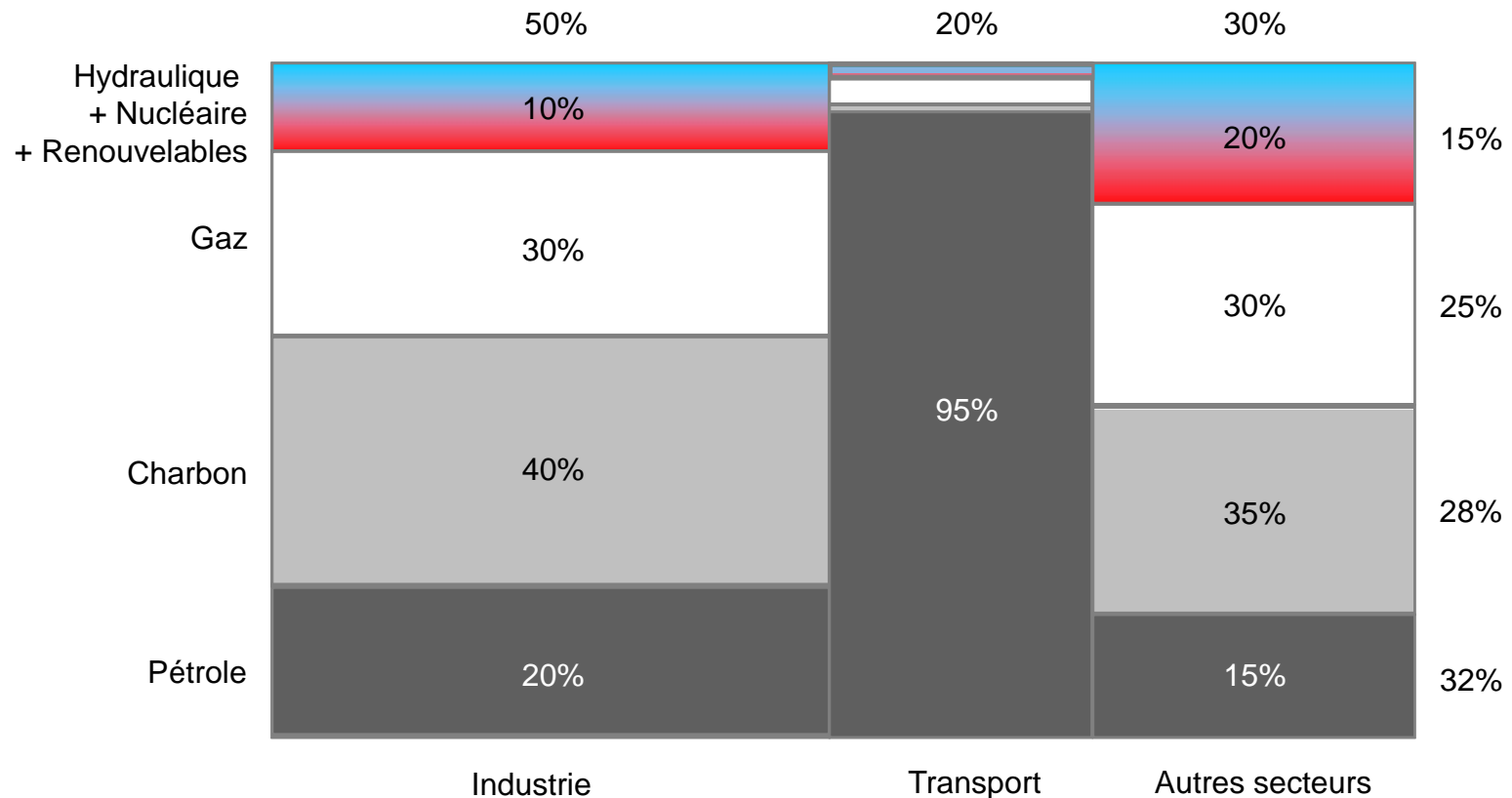
Source: Banque Mondiale, *BP Statistical Review of World Energy 2014*

# 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

- % de tonnes équivalent pétrole, 2013-



Autres secteurs = agriculture, tertiaire, résidentiel

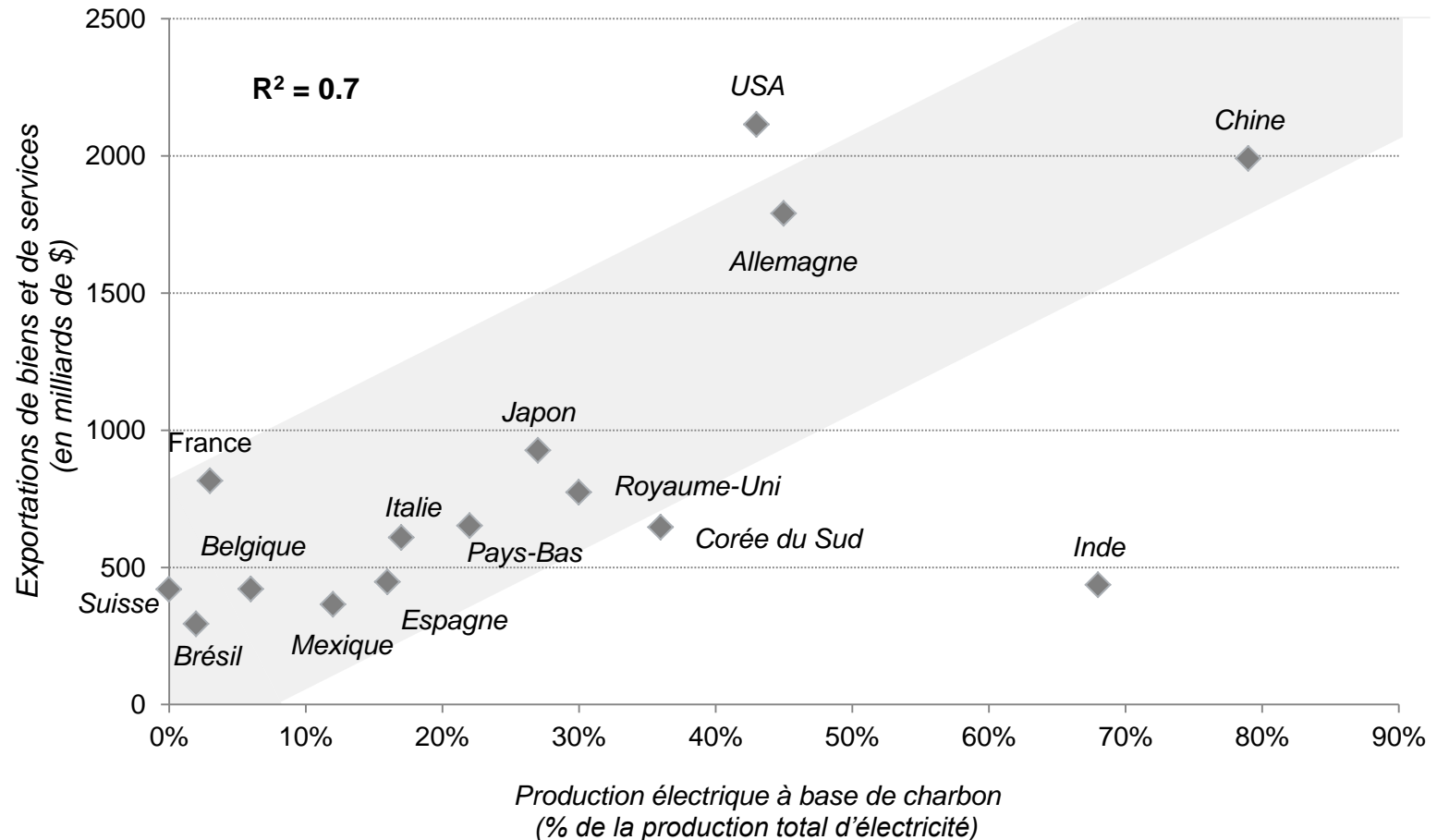
Sources: [BP Energy Outlook 2035](#), EIA

# 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 -



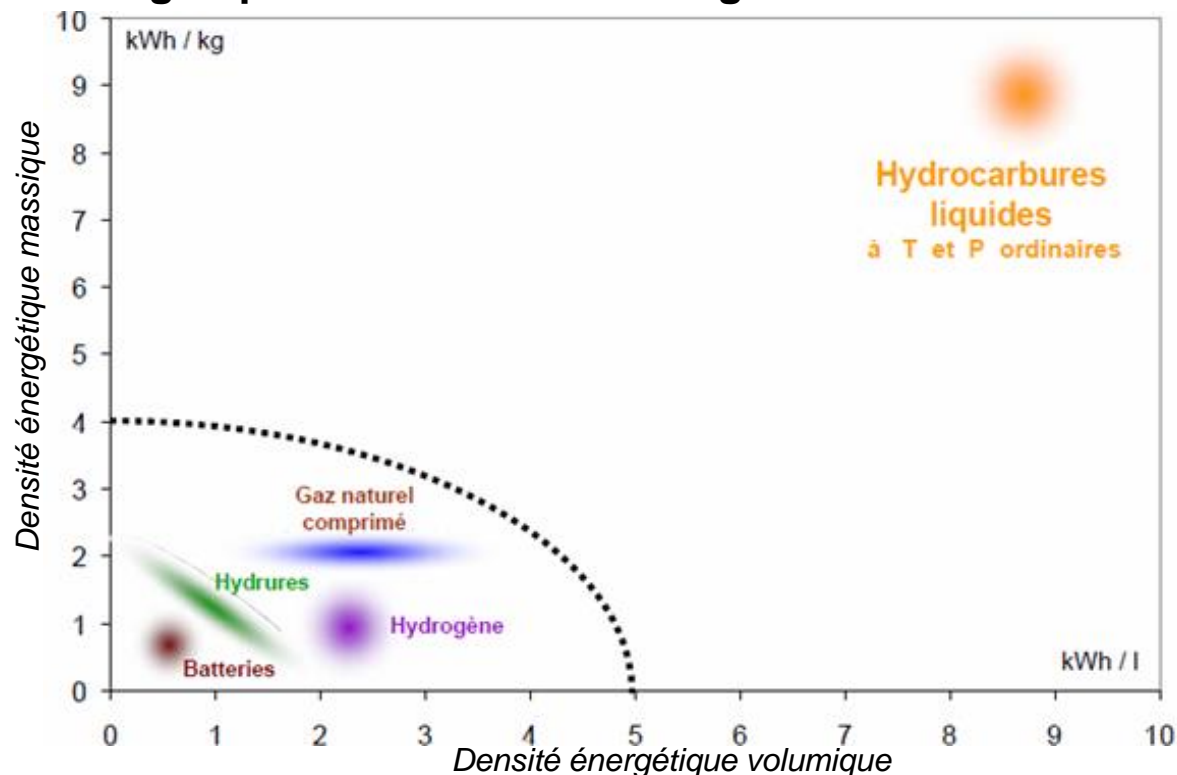
\* Hors énergie

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

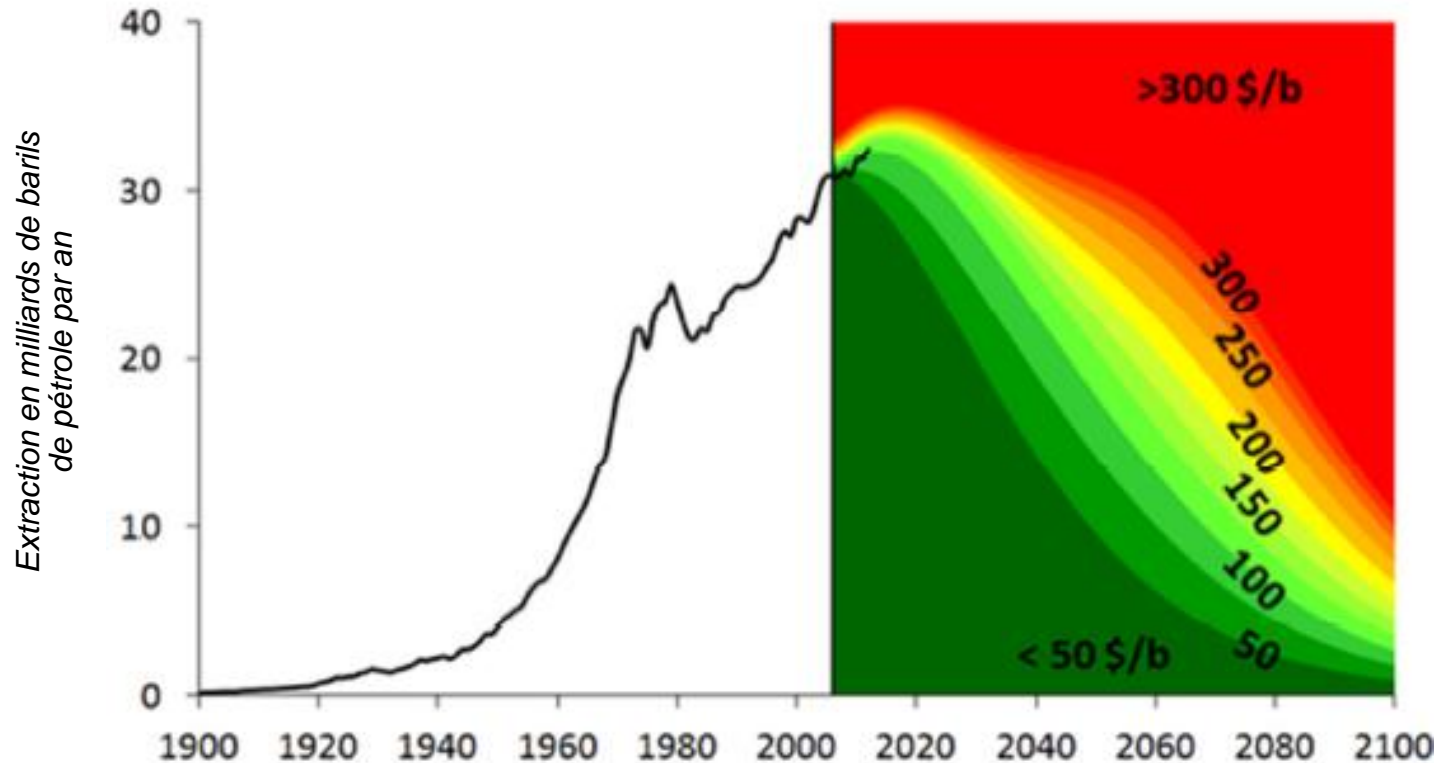
Source : Pierre-René Bauquis, Richard Heinberg

# 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

- 1900 à 2100 -



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

Jean-Marie Bourdaire

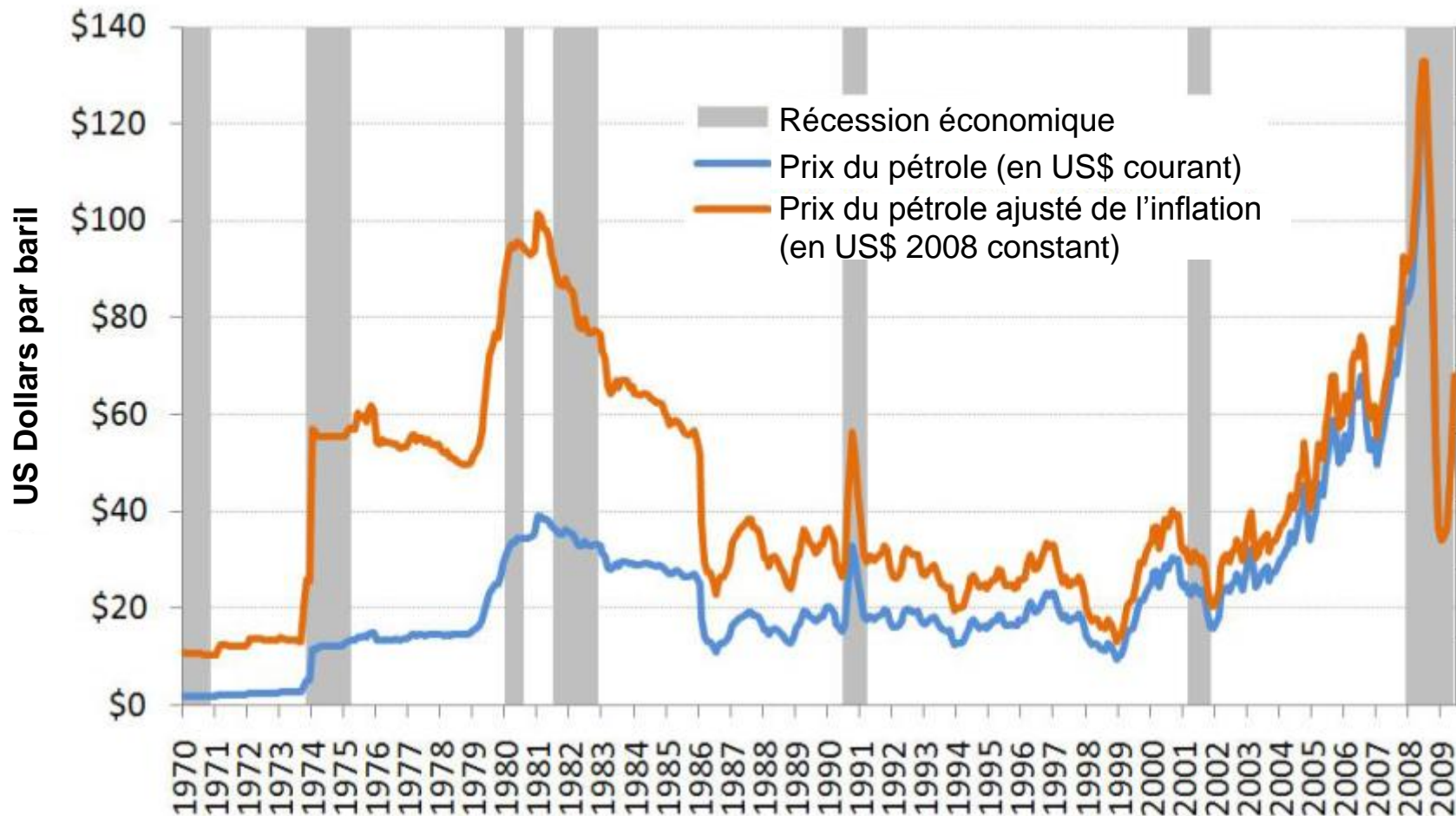
Source : Jean-Marie Bourdaire, Patrick Brocorens



# 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



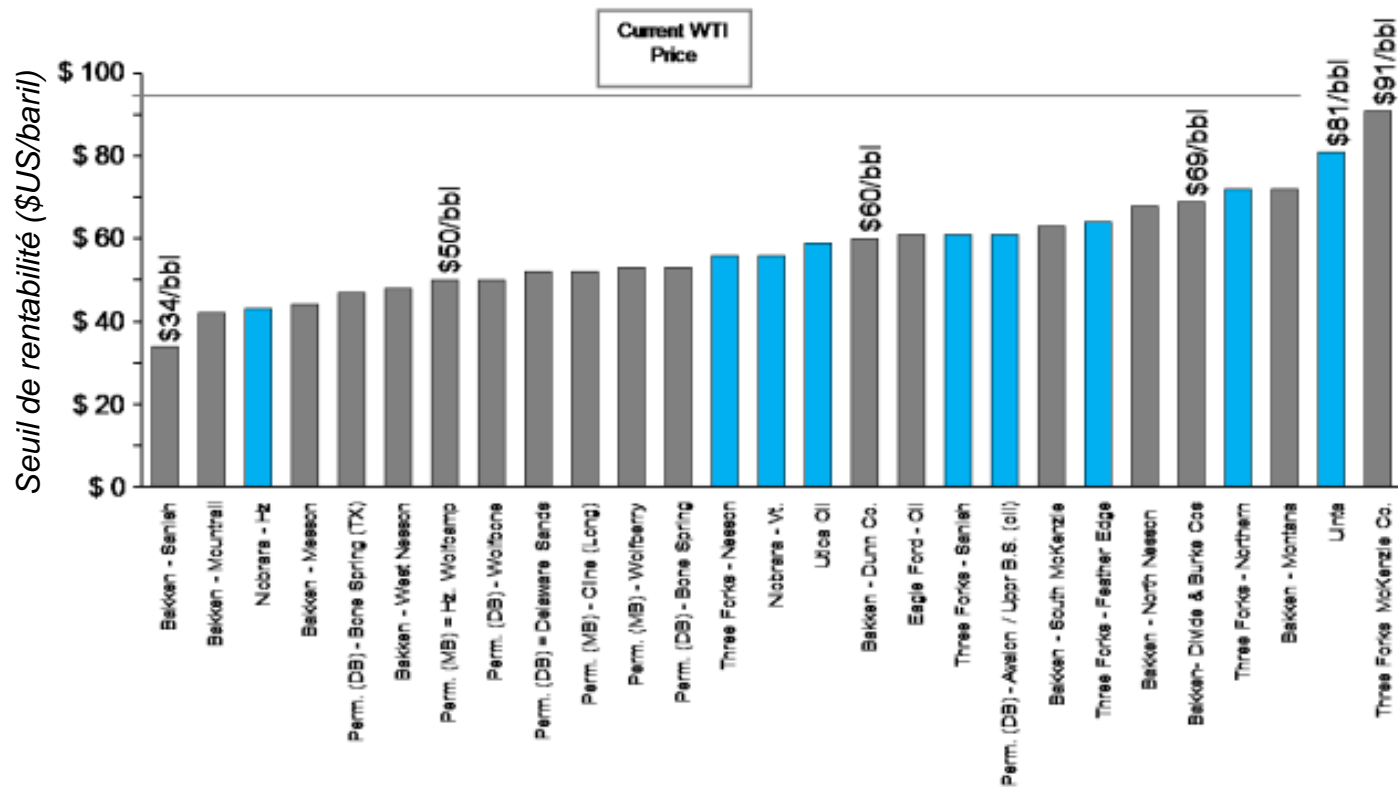
Source: Steven Kopits, June 2009, Douglas Westwood, Oil: What price can America afford?, EIA, NBER



# Houston, nous avons un problème...

Certains champs de pétrole ont besoin d'un baril de pétrole à plus de 80\$ pour être rentables alors que la demande de pétrole se contracte à partir de 100\$ aux US et de 120 \$ en Chine

## Seuil de rentabilité de différents champs de pétrole de roche-mère aux Etats-Unis



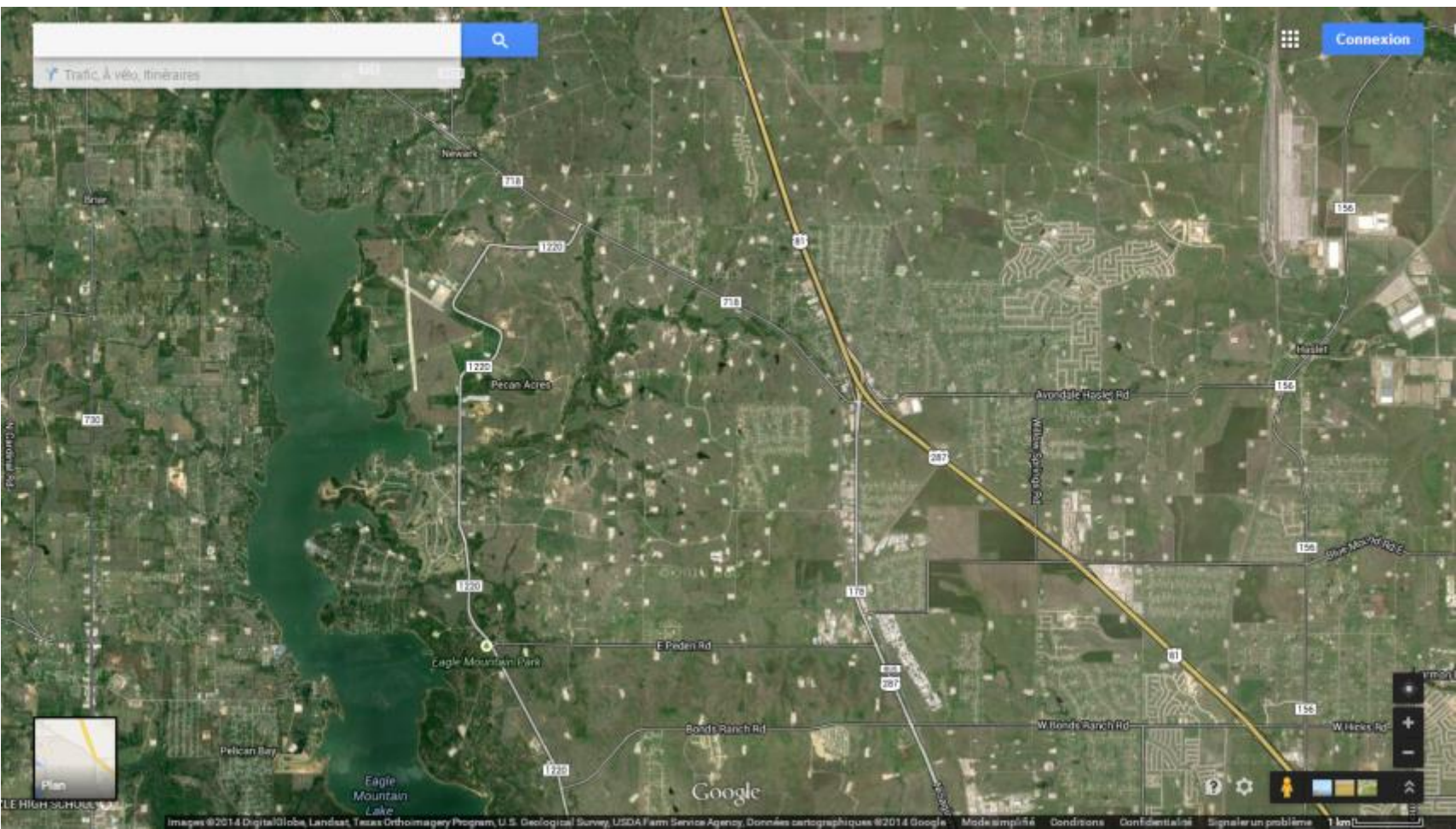
Source: TPH and HPDI (Global Shale Conference, 21 November 2013); BE required for 10% IRR, including capital recovery. The authors indicate that the chart includes large number of conventional and non-conventional which generally have less attractive economics. Grey color chow major production plays

Source: The Oxford Institute for Energy Studies Mars 2014, Douglas-Westwood Associates

# 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

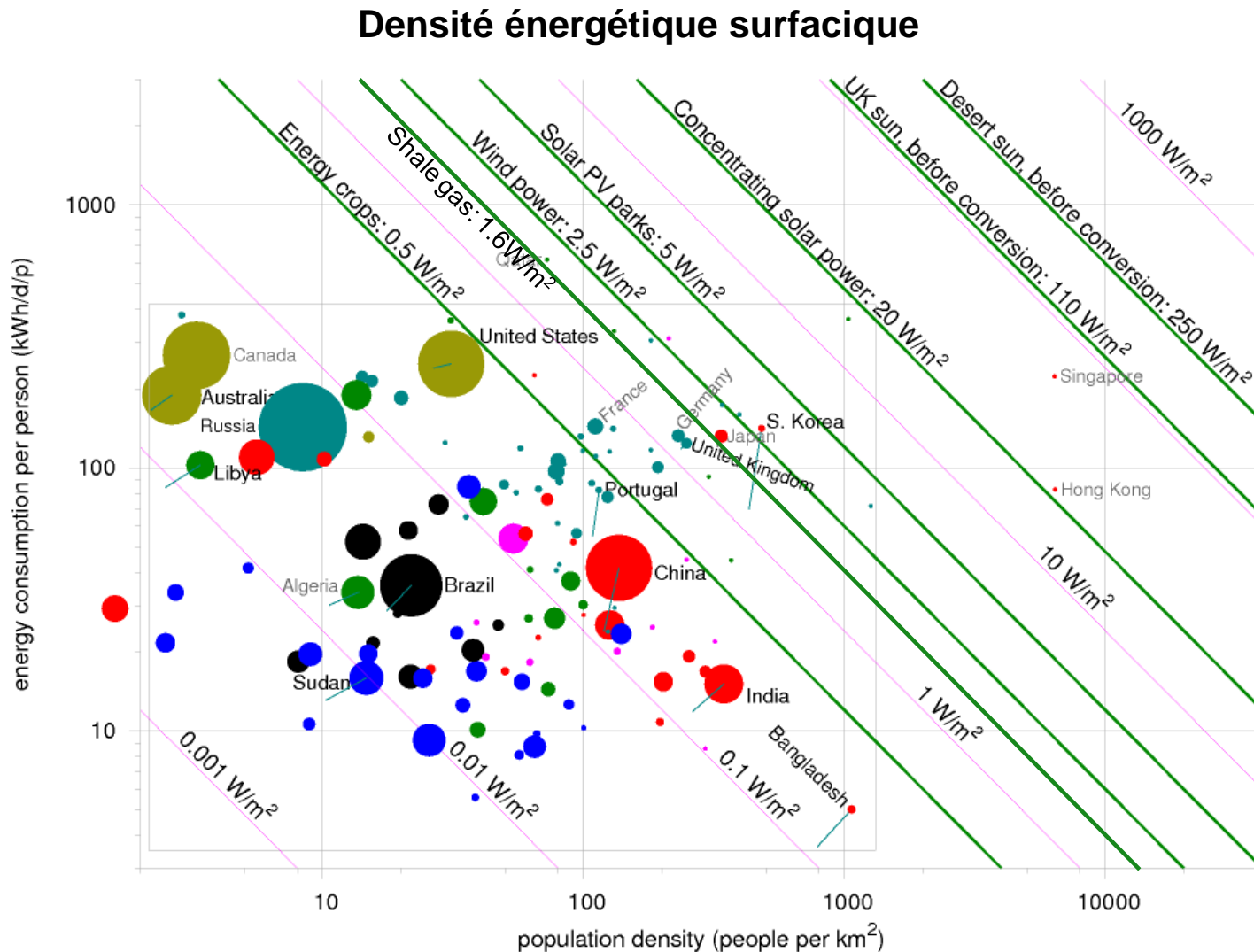
## Vue aérienne d'un champ d'exploitation de gaz de schiste au Texas - Cliquez sur l'image -



Source : [Google maps](#)

# 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!



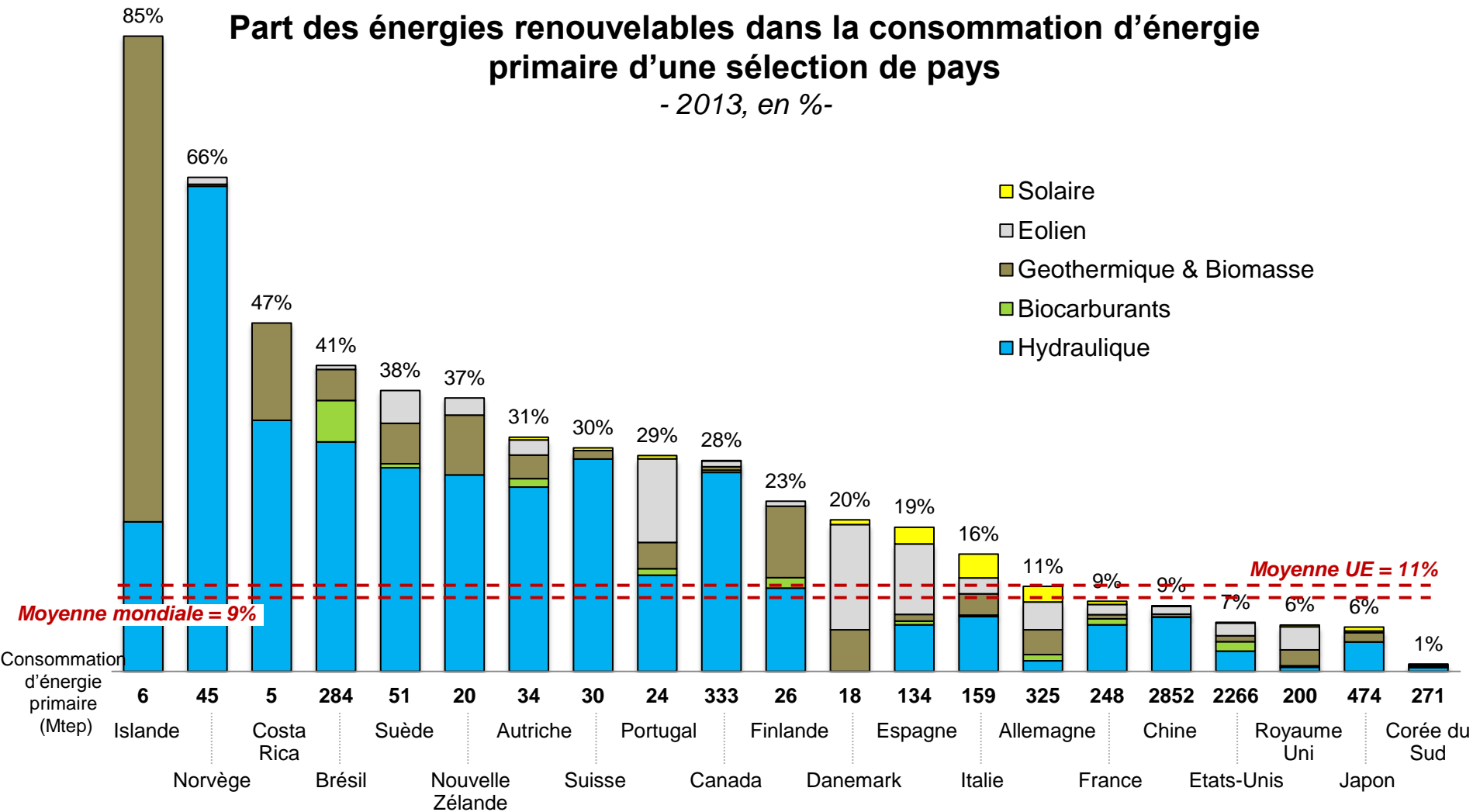
Source: [David MacKay, a reality check on renewables](#)

# 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

- 2013, en %-



Facteur de conversion TWh / Mtep sur la base d'un rendement moyen de 38% des centrales thermiques modernes

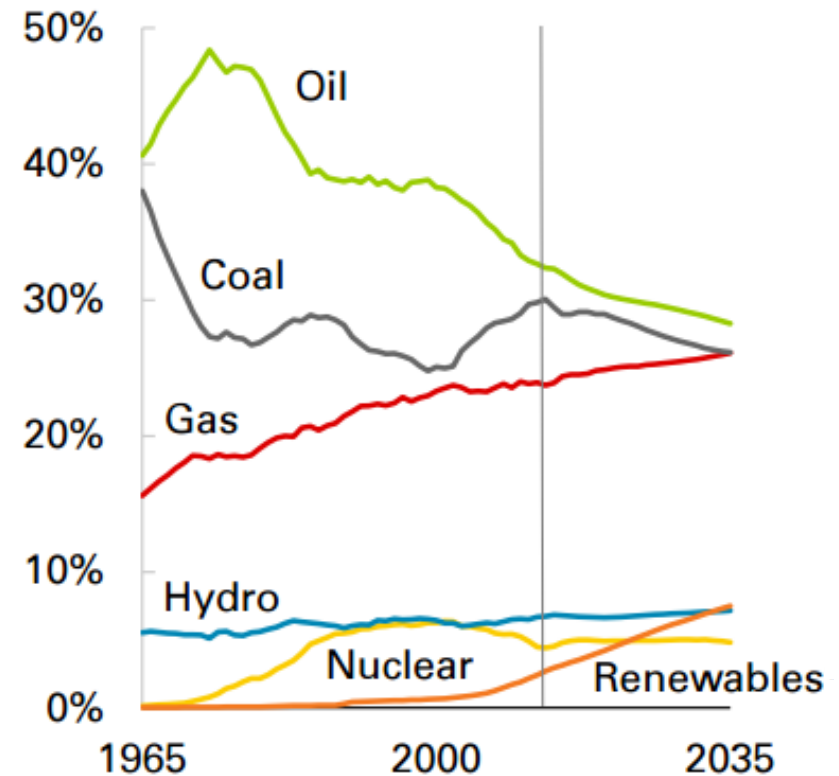
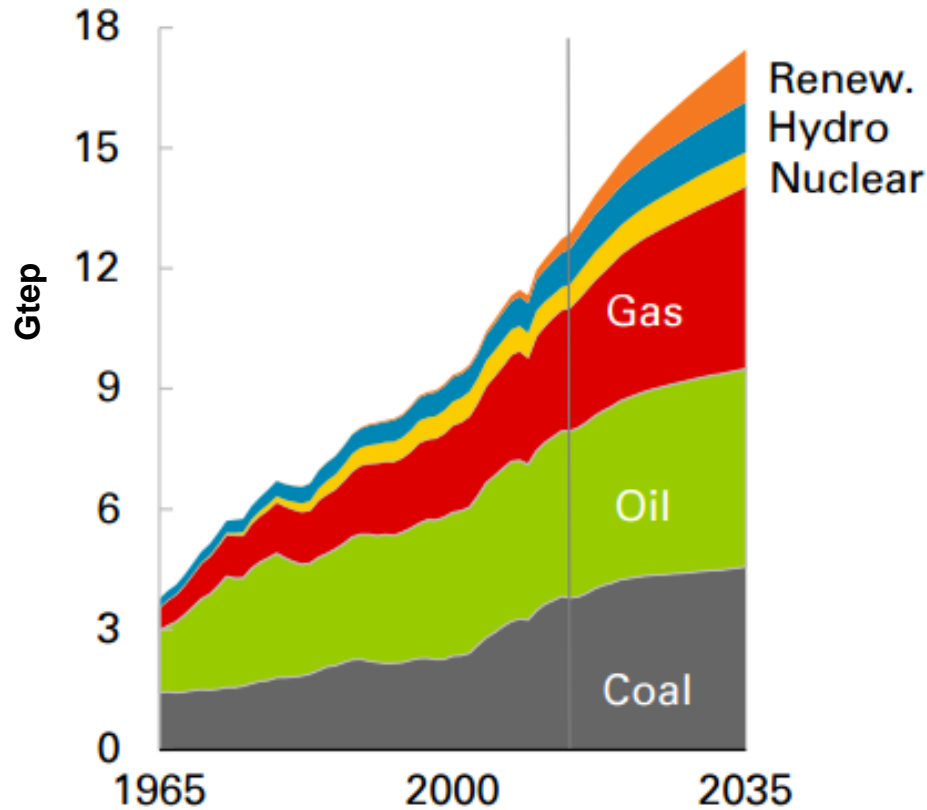
Sources: *BP Statistical Review of World Energy 2014*, Frost & Sullivan

# Quelle pourrait être l'énergie du futur alors?

La part des énergies fossiles dans la consommation d'énergie mondiale ne devrait baisser que très modestement de 85% en 2013 à 80% en 2035, la part des nouvelles énergies renouvelables augmentant elle de 3% en 2013 à 8% en 2035

## Evolution de la consommation mondiale d'énergie primaire

- Milliards de tonnes équivalent pétrole et %, 1965 à 2035 -



Source: [BP Energy Outlook 2035](#)

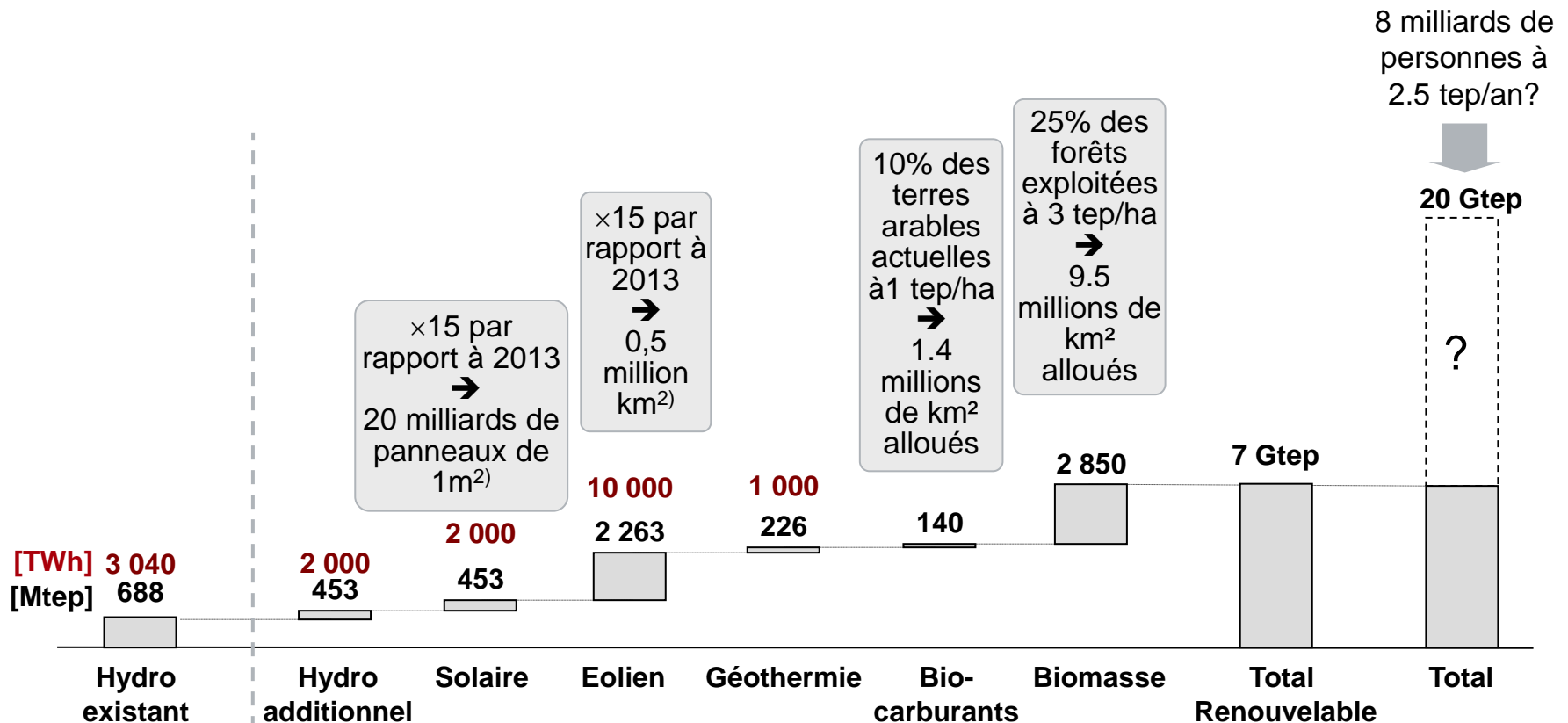


# Comment faire le jour où on n'aura plus de pétrole, ni de gaz, ni de charbon?

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

- Millions de tonnes équivalent pétrole par an -



Facteur de conversion TWh / Mtep sur la base d'un rendement moyen de 38% des centrales thermiques modernes

Source: Philippe Bihouix, BP Statistical Review of World Energy 2014, Frost & Sullivan

# 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)

