Les défis énergétiques : quelles énergies pour demain

Jean-François Minster, Total S.A.

Académie de Versailles, 8 Avril 2009

TOTAL

Éléments clés

- L'Énergie est à considérer à l'échelle mondiale.
- La demande croit pour des besoins de développement et avec la croissance de la population.
- La production pétrolière devrait plafonner vers 2020.
- Le système énergétique doit évoluer pour faire face aux enjeux du changement climatique.
- Le temps nécessaire pour développer les technologies; et la taille des investissements rendent cette transformation très longue.

TOTAL

L'enjeu du Développement durable

- **Solidarité entre riches et pauvres et entre générations**

  Satisfaire les besoins actuels des pays émergents

- **Préserver une partie des capitaux naturels pour les générations futures**

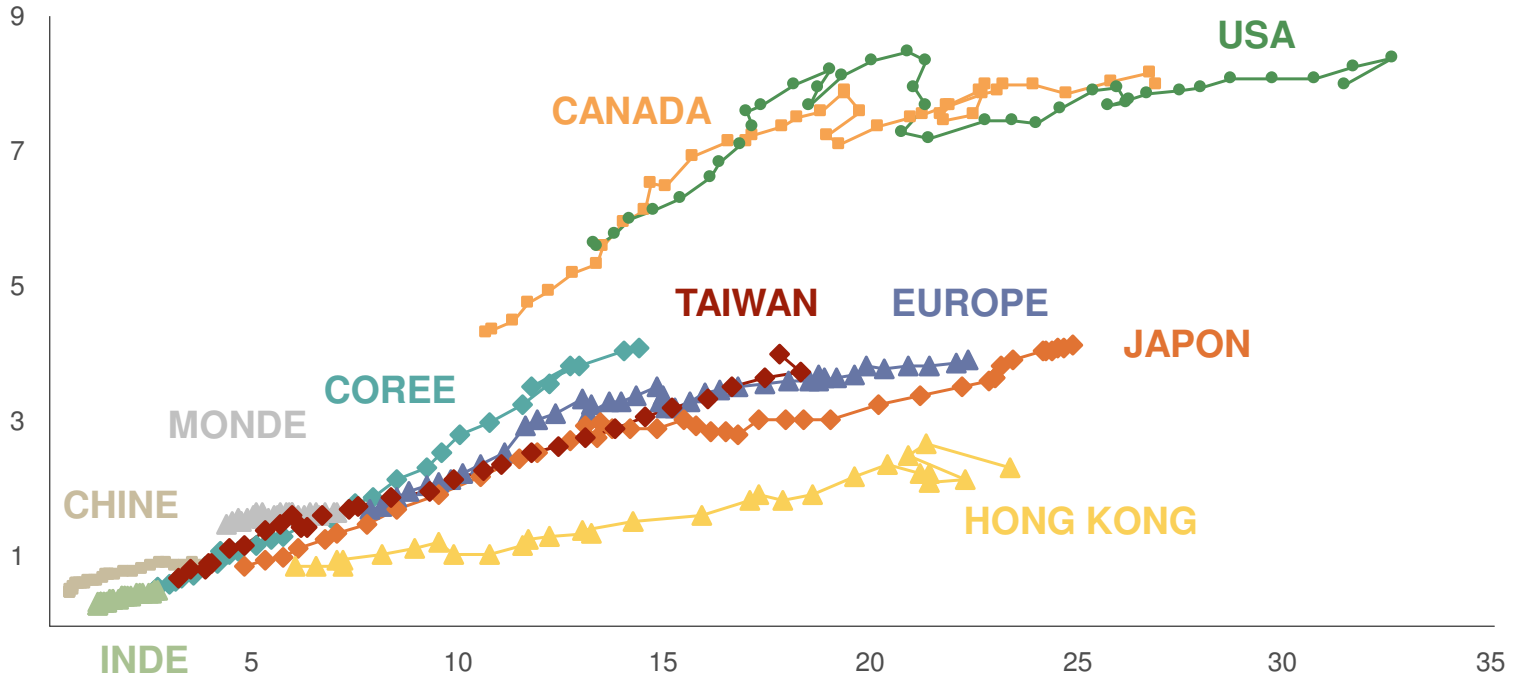
  Eau, biodiversité, surfaces agricoles,…

Problèmes reliés
Gérer les échéances

Le développement est ancré sur une croissance des besoins énergétiques

1960-2001 ou 1971-2001

Consommation d'énergie par habitant (tep)

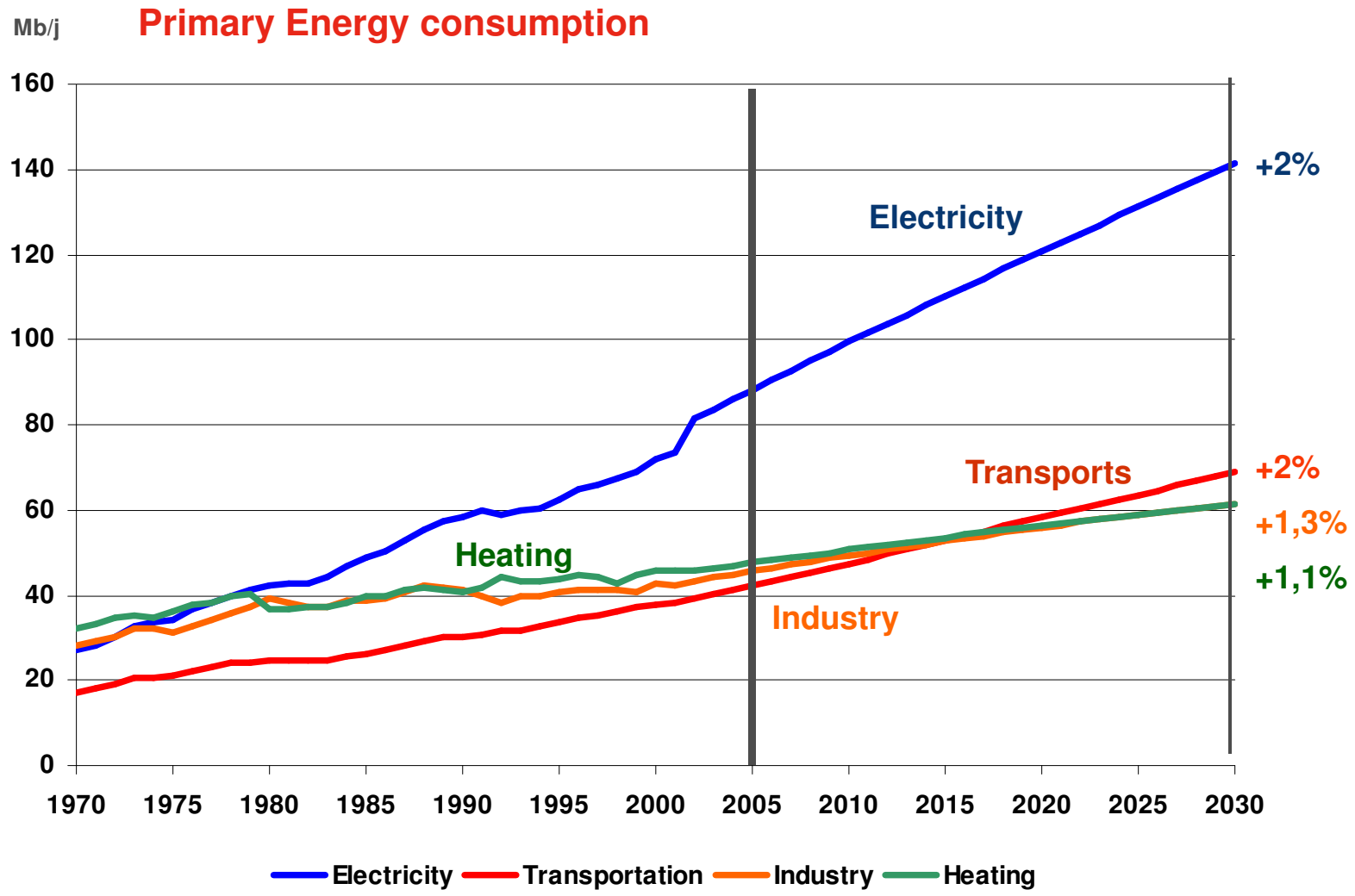


Source : AIE

Au moins 1 milliard d'habitants consommant plus d'énergies

TOTAL

Les usages énergétiques évoluent avec le développement

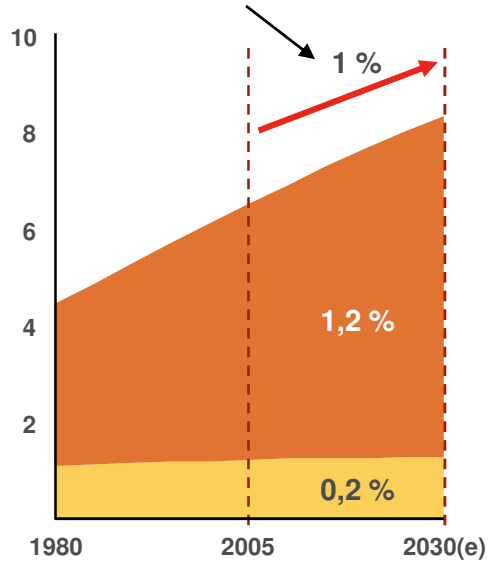


Croissance mondiale de la demande en énergie

Population

Milliards

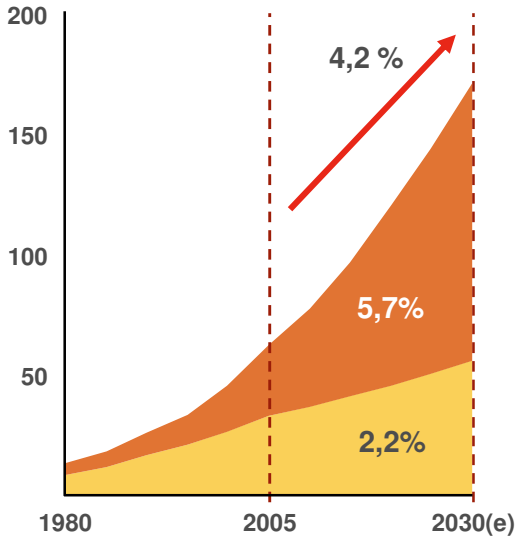
Croissance moyenne/an 2005-2030(e)



PIB

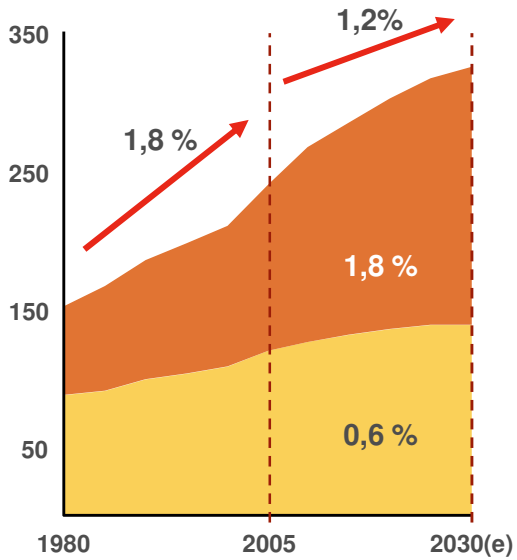
(parité pouvoir d'achat)

Mille milliards $ 2005



Demande d'énergie

Mbep/j

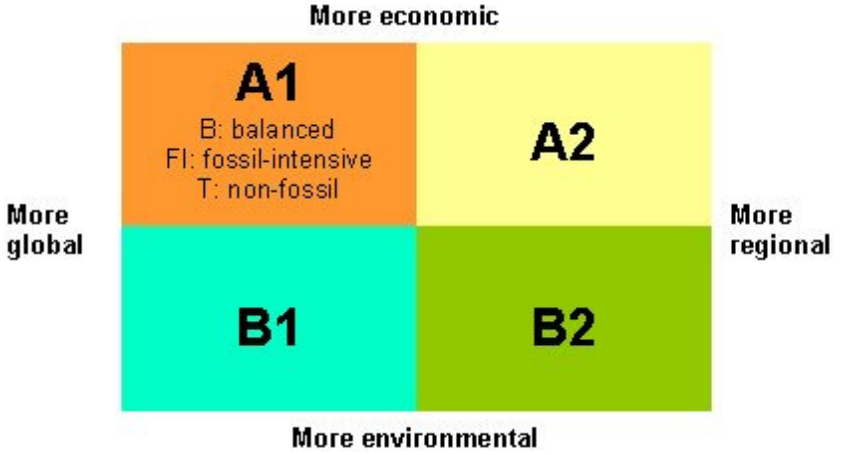


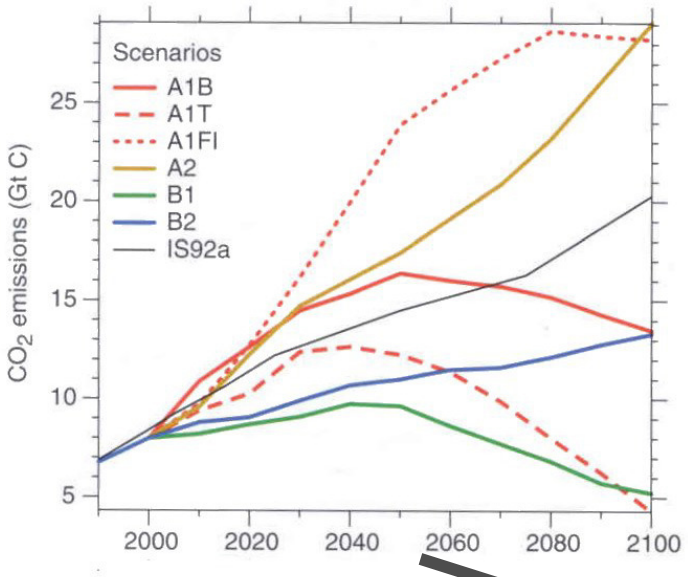
OCDE *Non-OCDE*

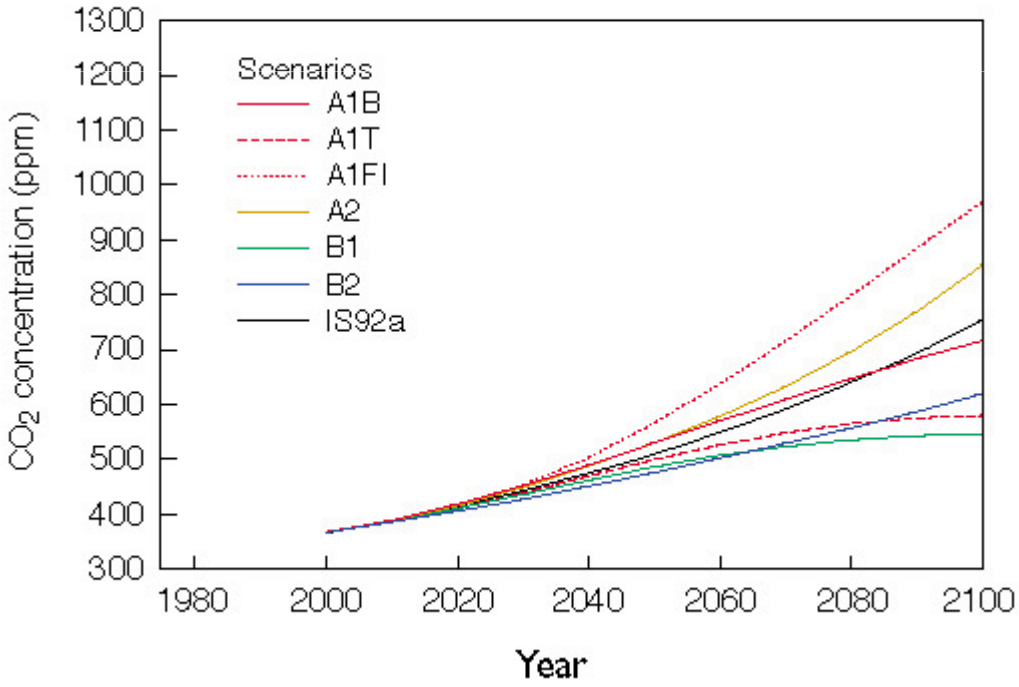
Une nécessaire maîtrise de la demande énergétique

sources : estimations Total

Les scénarios 2007 du GIEC







L'enjeu du changement climatique et ses impacts

- **Modifications régionales observées et prévues**
  - Précipitations
  - Phénomènes extrêmes
  - Niveau des mers
  - Glace de mer, calottes polaires
  - Migrations des espèces
  - Effets saisonniers dans l'écosystème
  - Agriculture et forêts
  - Socio-économiques
  - …
- **Recommandations GIEC, économistes, Grenelle Envt, politique Union Européenne**
  - Agir sur la sobriété énergétique, le mix énergétique et le captage-stockage de CO_2
  - Agir aussi vite que possible
    - pour éviter une augmentation >2°C
    - parce que l'investissement est moins coûteux que l'adaptation
  - Se préparer aux impacts

TOTAL

Les facteurs de contrôle de l'émission du CO_2

L' équation de Kaya

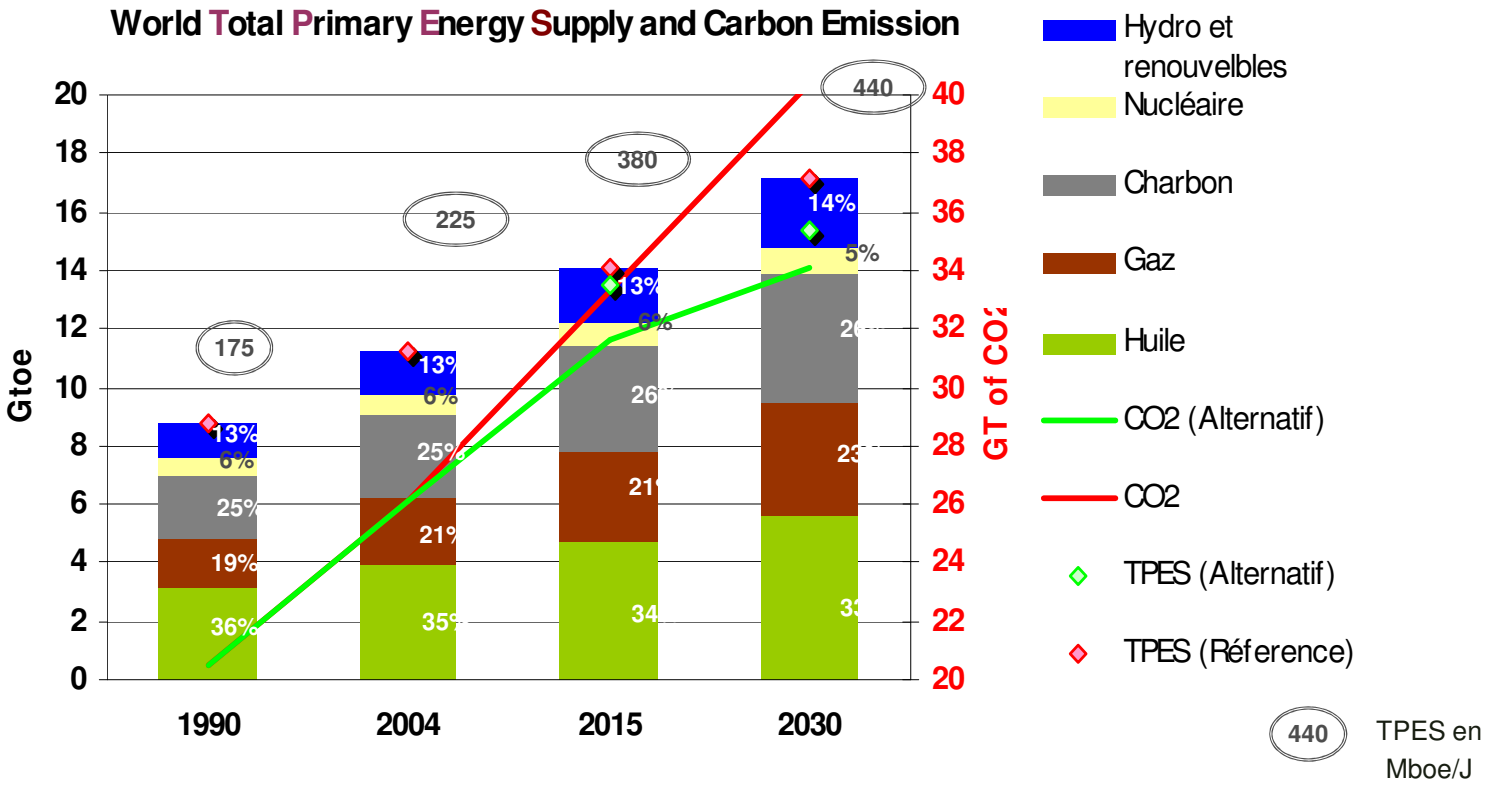
$$GHG = \frac{GHG}{En.unit} * \frac{En.unit}{GNP} * \frac{GNP}{Pop} * Pop$$

Émission du CO_2 = Contenu en carbone de l'énergie * Intensité énergétique * PIB par personne * Population

↑	↓	↑	↑	↑
à diviser par 2	à diviser par 4 en 50 ans	- 50% en 30 ans France	4%/an est un facteur 7 en 50 ans	+ 50% en 2050

TOTAL

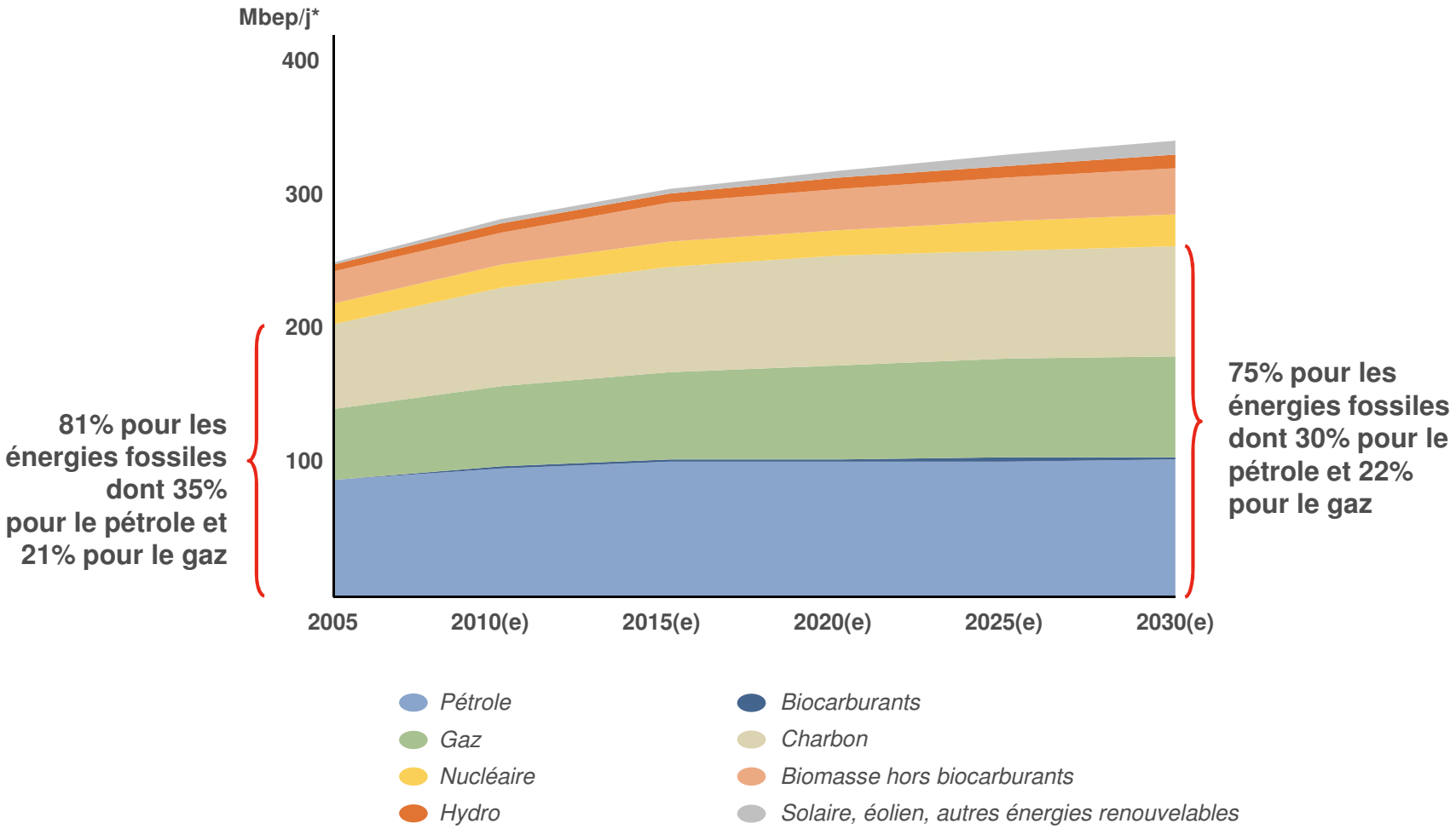
Les scénarios 2006 d'énergie primaire de l'AIE



- Accroissement de la demande (1.6%/an)
- Scénario « business as usual », doublement des émissions de CO_2 en 2030
- Scénario alternatif (1,2%/an de la demande) avec réduction limitée des émissions (-15%)
- Besoin de croissance plus rapide des énergies carbonées

Part des énergies fossiles d'environ 75% à l'horizon 2030

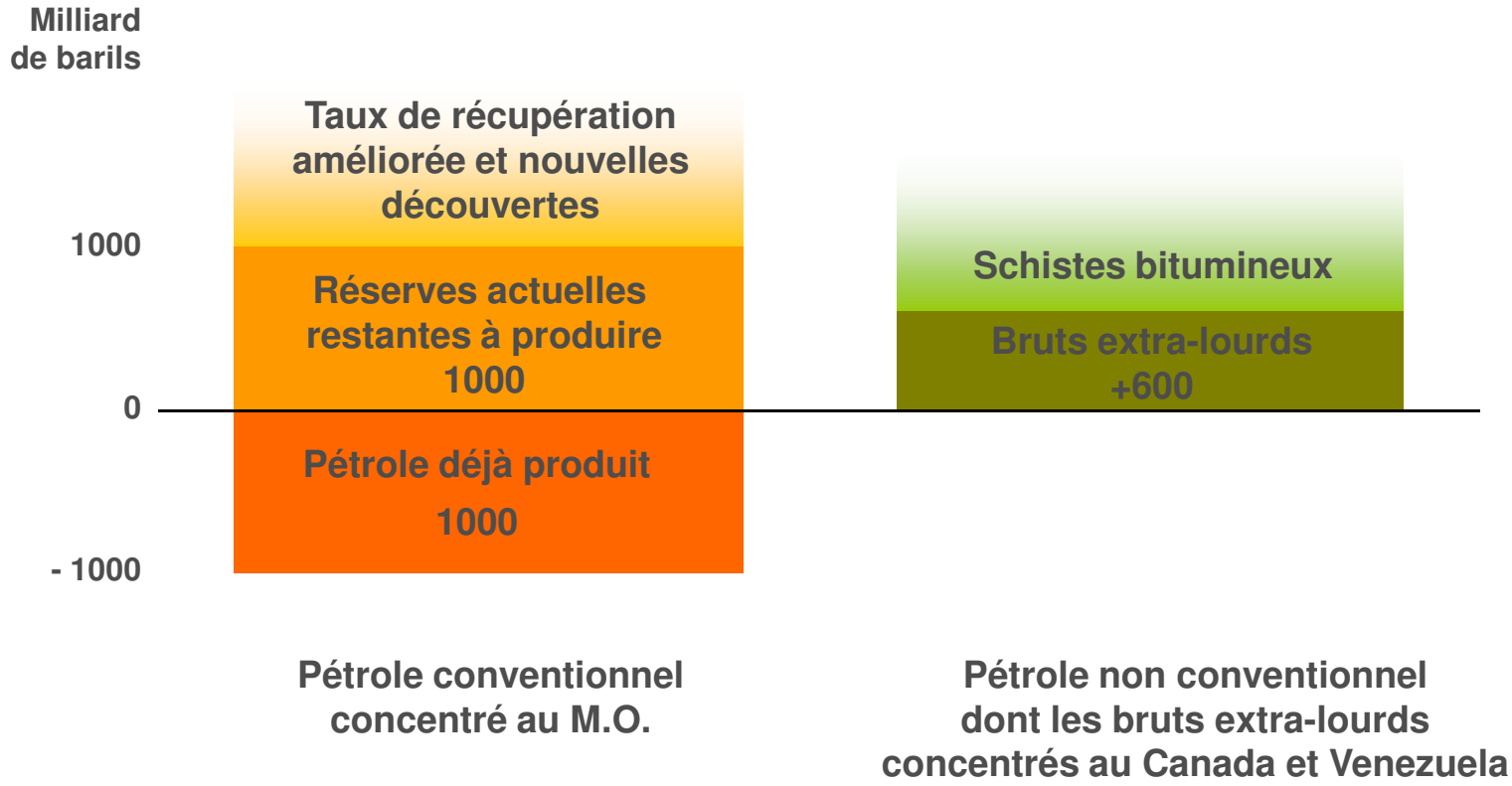
Offre énergétique mondiale



sources : estimations Total

* Million de barils équivalent pétrole / jour

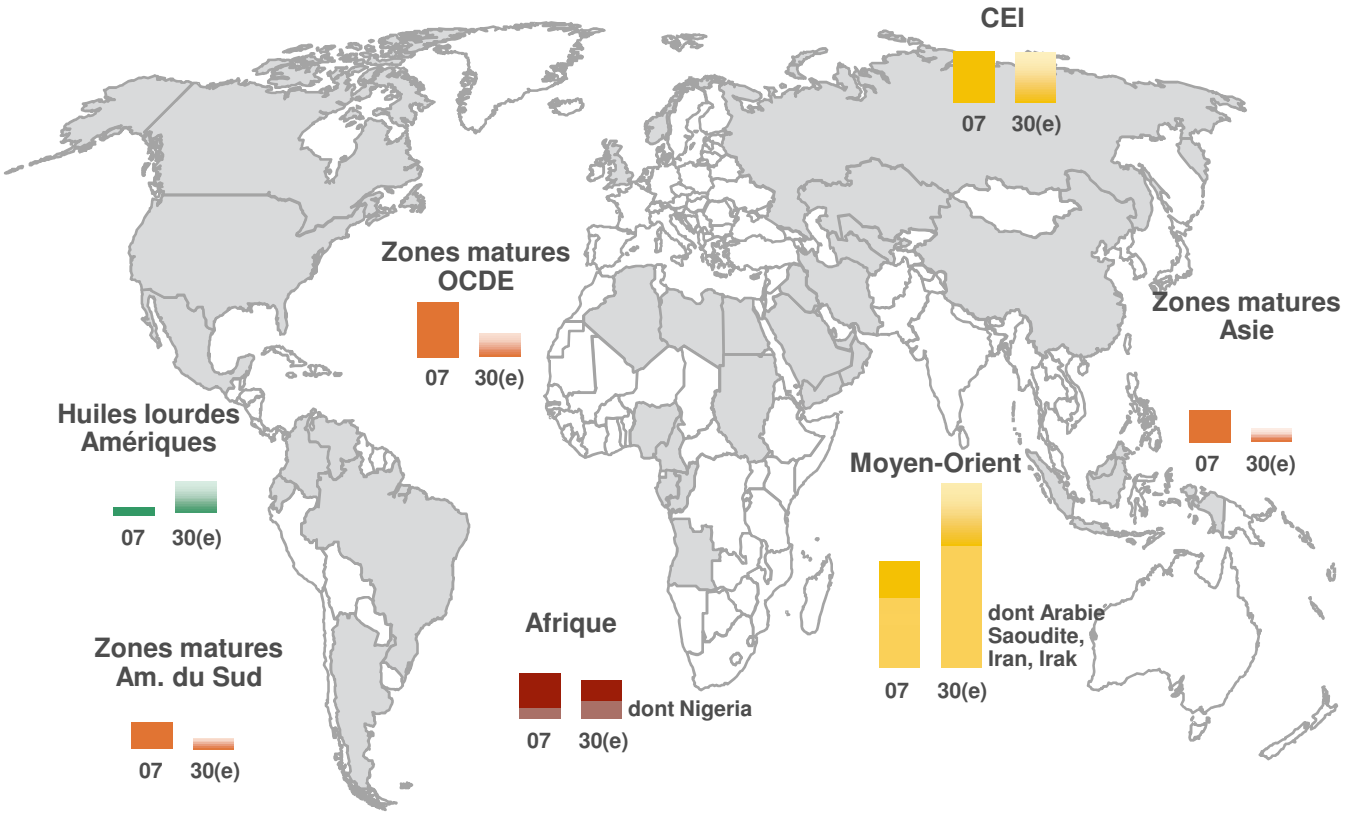
Pétrole : des ressources importantes dont ¼ déjà produites



Ressources pétrolières dont la mise en production progressive nécessite de plus en plus de technologie et d'investissement

La croissance du pétrole au Moyen-Orient et la production des huiles lourdes compensent le déclin des zones matures

Production mondiale de pétrole



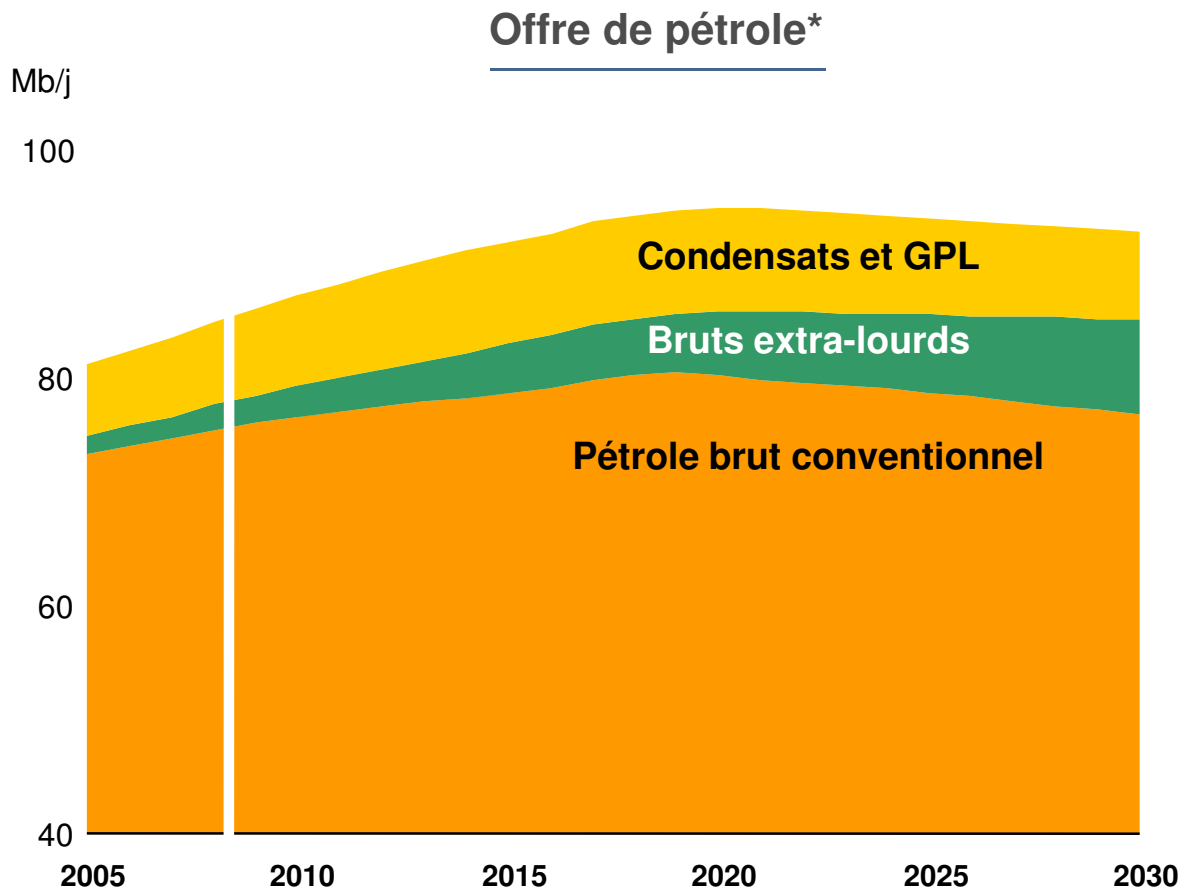
Incertitudes géopolitiques freinant le développement de nouvelles capacités.

Poids croissant de l'OPEP

sources : estimations Total

TOTAL

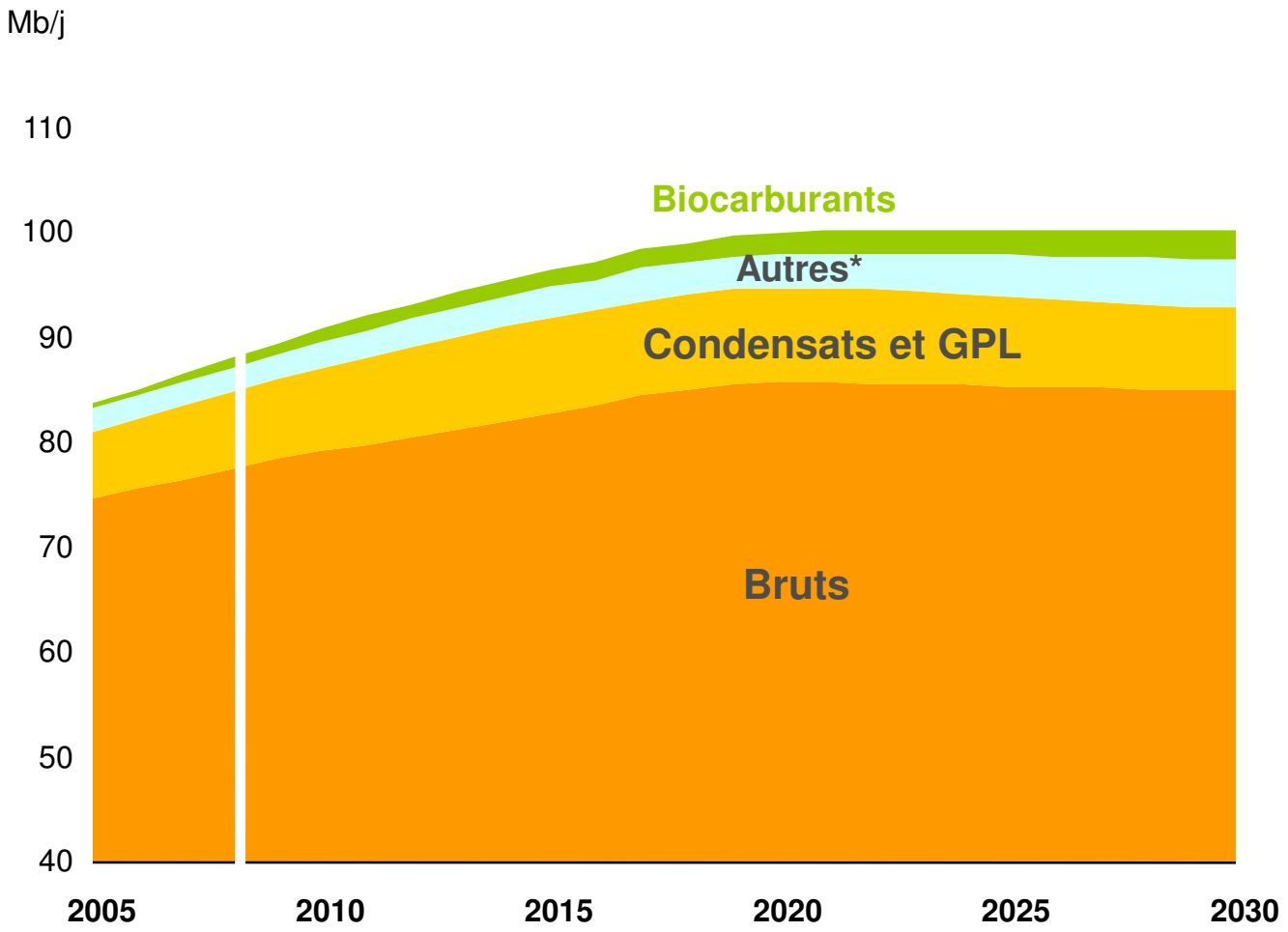
Une production de pétrole se stabilisant à environ 95 Mb/j avant 2020



Le développement des bruts extra lourds nécessite des investissements très importants et soulève des défis environnementaux majeurs

(*) : hors biofuels, CTL, GTL

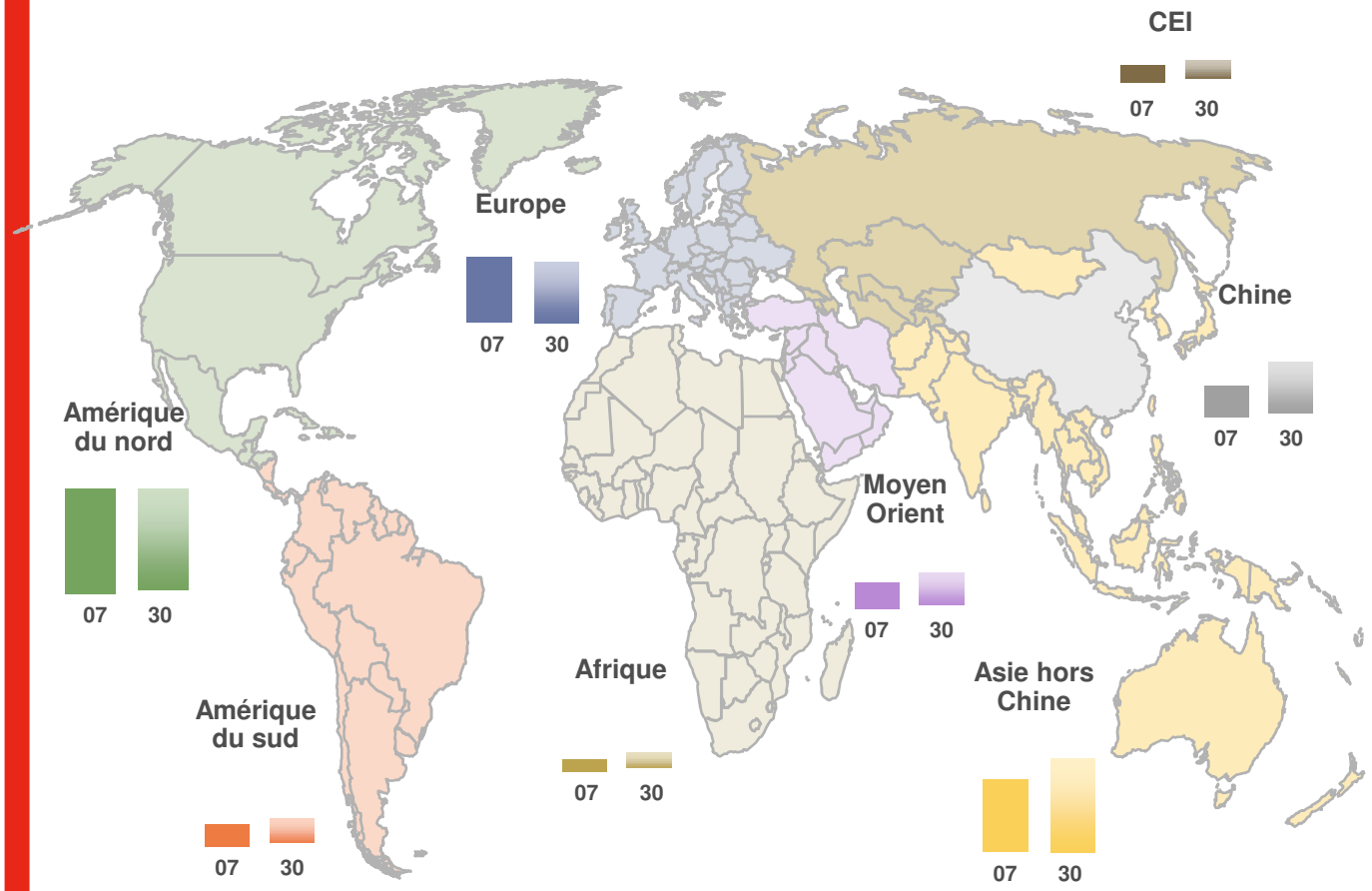
La demande de produits pétroliers devra s'adapter à une offre contrainte à environ 100 Mb/j avant 2020



* Autres = GtL + CtL et gains de raffinage

Une croissance de la demande tirée par les pays émergents et le transport

Demande mondiale de produits pétroliers



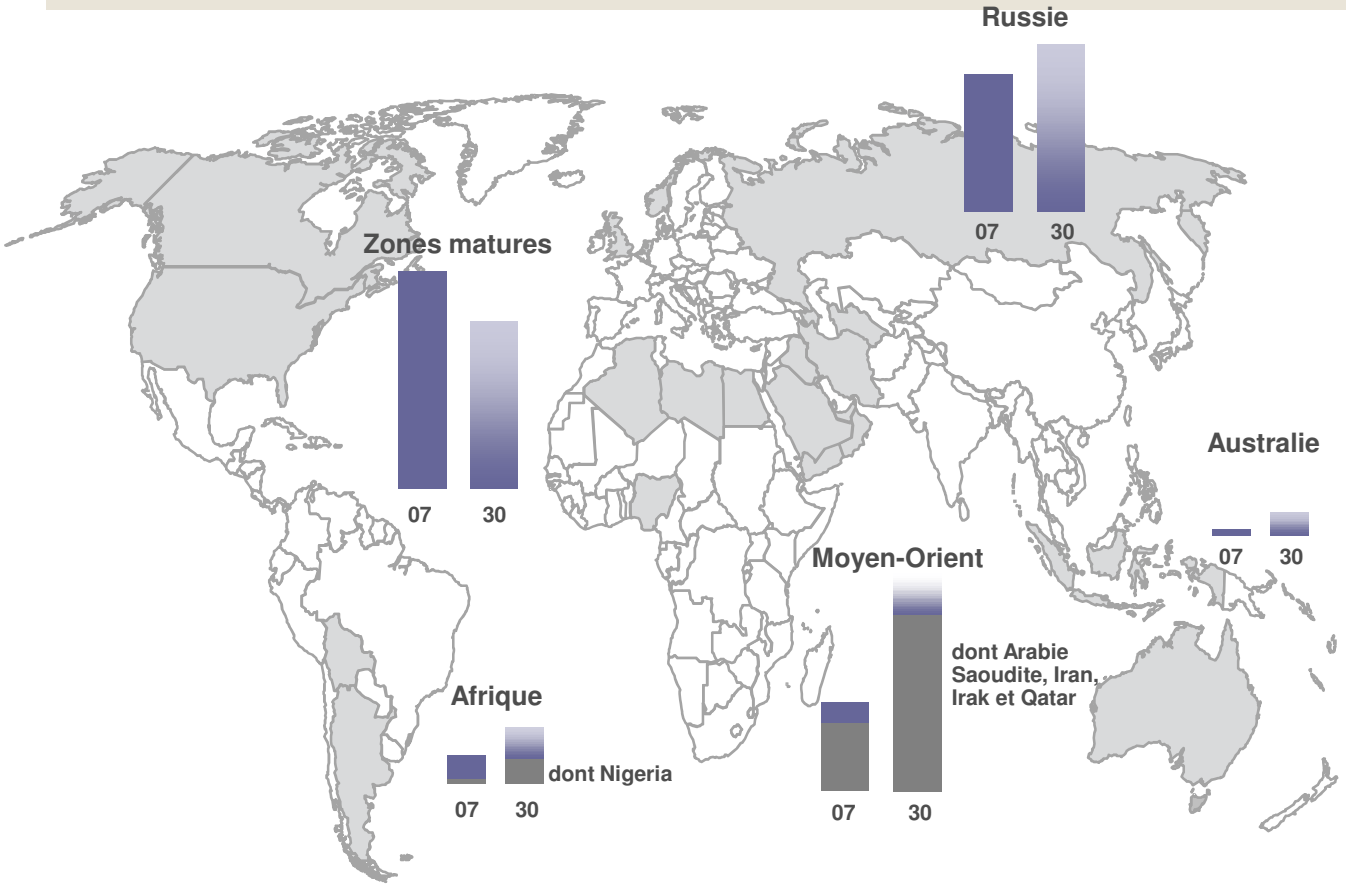
Variations 2007-2030 (% par secteur)	
Transport	+28%
Pétrochimie	+49%
Électricité	-33%
Industrie/Résidentiel	+1%
Moyenne	*+17%*

Une demande toujours plus forte de produits légers : naphta pour la pétrochimie, essence et diesel pour le transport

TOTAL

Gaz naturel : croissance soutenue grâce au Gaz Naturel Liquéfié

Production mondiale de gaz



Liquéfaction
+5% par an

Gazoduc
+1% par an

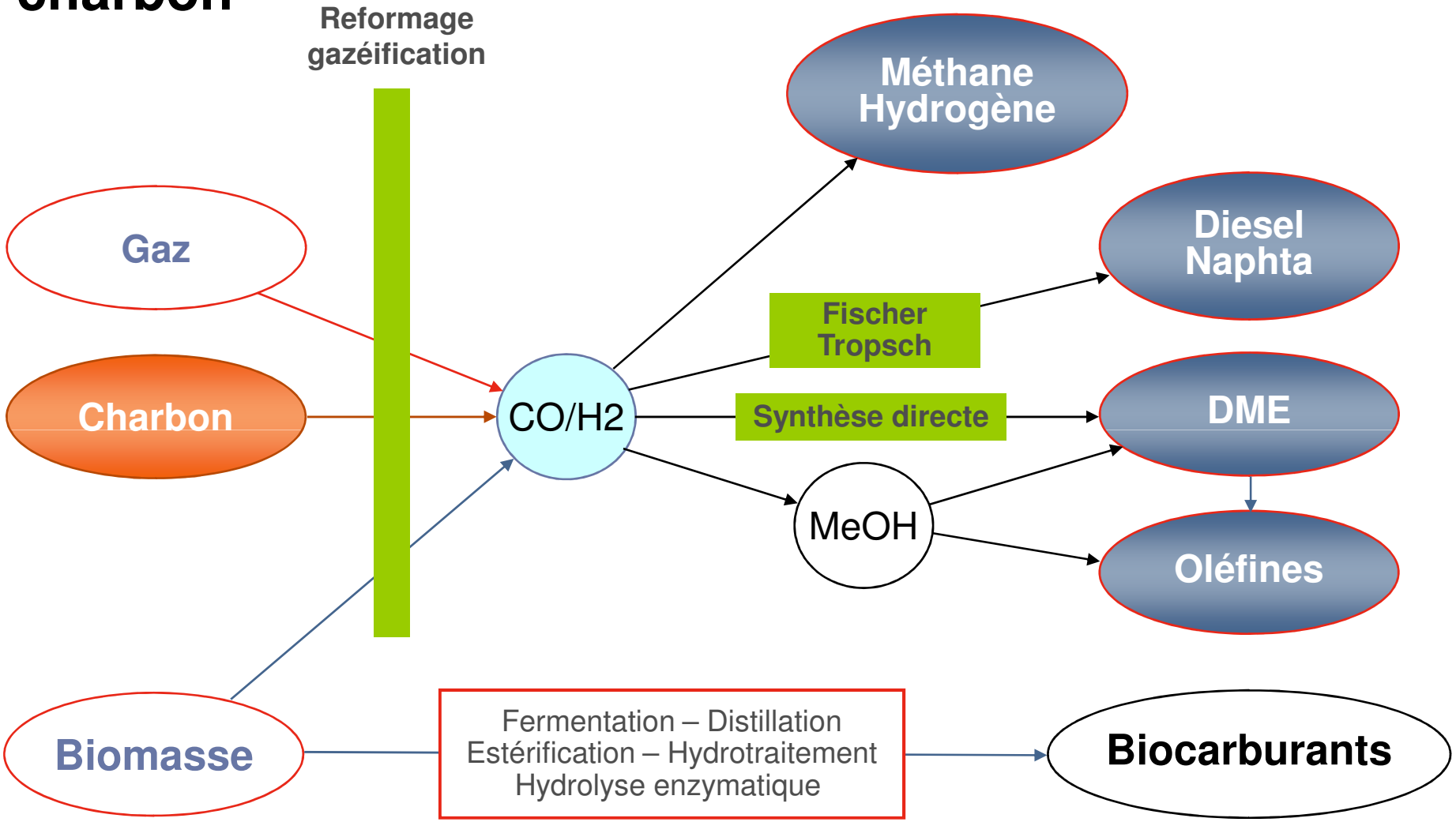
- **Ressources de gaz très abondantes concentrées en Russie et au Moyen-Orient**

Croissance de l'offre de gaz contrainte par le rythme de développement des projets de liquéfaction

sources : estimations Total

TOTAL

Les différentes filières de conversion chimique du charbon

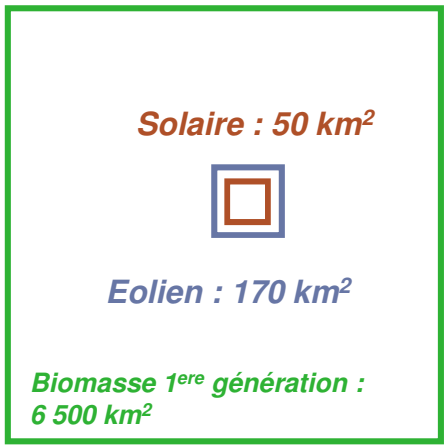


«Energies Nouvelles » : les ressources

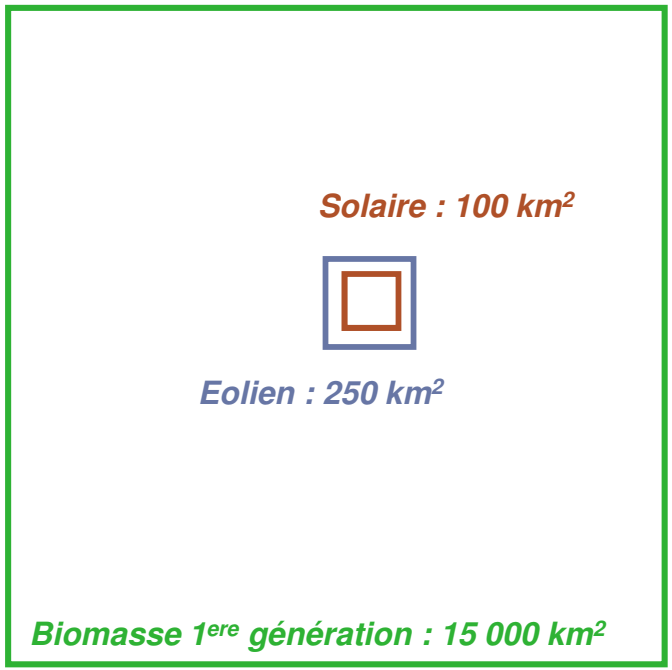
- **Uranium et charbon** : ressources très abondantes, beaucoup reste à explorer
- **Solaire** : tous les jours 1600 fois les besoins énergétiques de la planète
- **Vent** : ressource contrainte (gisement éolien limité, stabilité des réseaux)
- **Biomasse 1ère génération** : ressource contrainte pour éviter la concurrence de l'alimentaire

Energies Renouvelables :

surface nécessaire pour produire l'équivalent d'une tranche nucléaire (10 TWh/an)



Minimum



Maximum

TOTAL

Des dispositifs de taille importante

Une courbe d'apprentissage longue et difficile

- Premières productions : 1960 (golfe du Mexique, Moyen Orient)
- Mer du Nord : 1970
- Industrialisation des infrastructures : 1980
- Offshore profond : 1990
- Offshore très profond : 2000
- Conditions extrêmes (Arctique) : 2010 +

Création dans le temps de champions technologiques de rang mondial

TOTAL

La culture des microalgues - Option 1

Production de grande échelle de biomasse ou de lipides

- **Spécialisation selon produit cible (biomasse ou lipide)?**
- **Aquaculture en milieu ouvert (étangs, océan ouvert)**
- **100.000 tons de lipides/an (0,07% du raffinage de Total)**
  - Actuellement : 20g/m^2/jr et 30% de lipides

    4760 ha
  - Cible : 50gr/m^2/jr et 50% de lipides

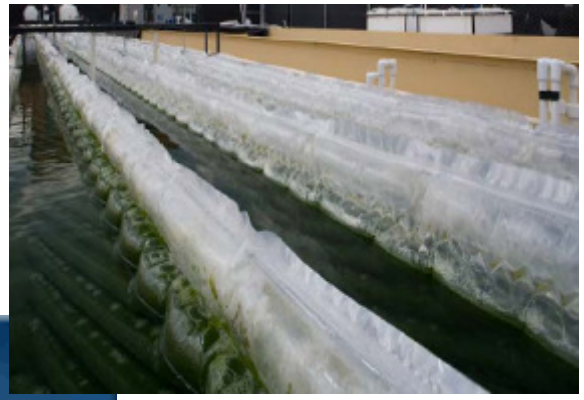
    1145 ha

Pilotes Shell de 2,5 ha

La culture des microalgues - Option 2

Captage et valorisation du CO_2 industriel
Molécules de spécialité

- **Spécialisation en vue de l'efficacité du captage ou de la production des molécules recherchées**
- **Photobioréacteurs efficaces**
- **Conversion de 100.000 t CO_2/an**
  - Actuellement 2,25 g/l/jr
    soit 63.500 m^3 et 240 ha de flux solaire
  - Maximum possible 6 g/l/jr
    soit 23.800 m^3 et lumière artificielle



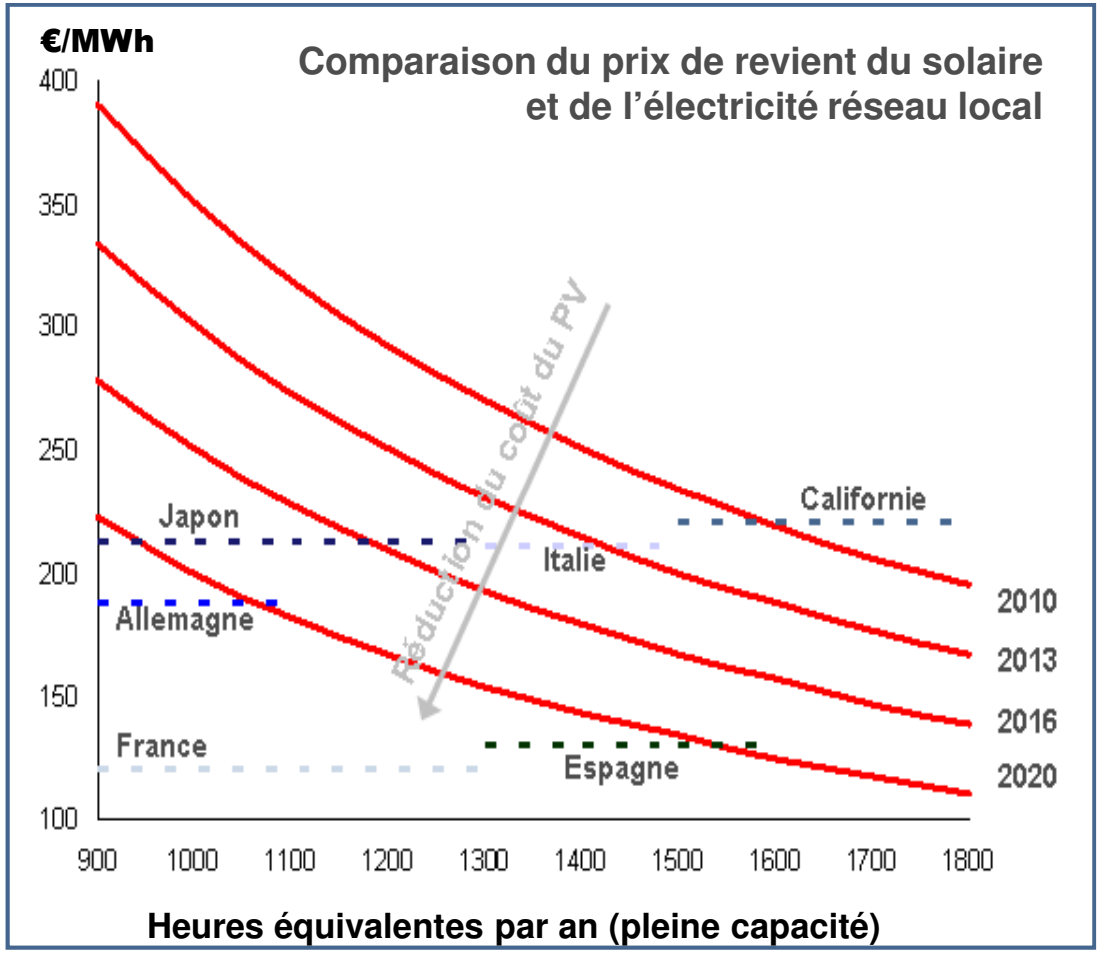
56 PME identifiées
Molécules à hautes VA

Le développement du photovoltaïque : une filière qui deviendra compétitive à partir de 2010

- **Une nécessaire réduction des coûts pour rendre le solaire photovoltaïque rentable pour l'utilisateur final (*grid parity*) :**
  moins 50% d'ici 2015

- **Un secteur où malgré une croissance exponentielle (plus 17% par an) :**
  - La capacité totale installée en 2030 est estimée à 200 GW, soit environ **3%** de la capacité de génération électrique totale
  - La production 2030 est estimée à 250 TWh, soit **0,8%** de la production électrique totale

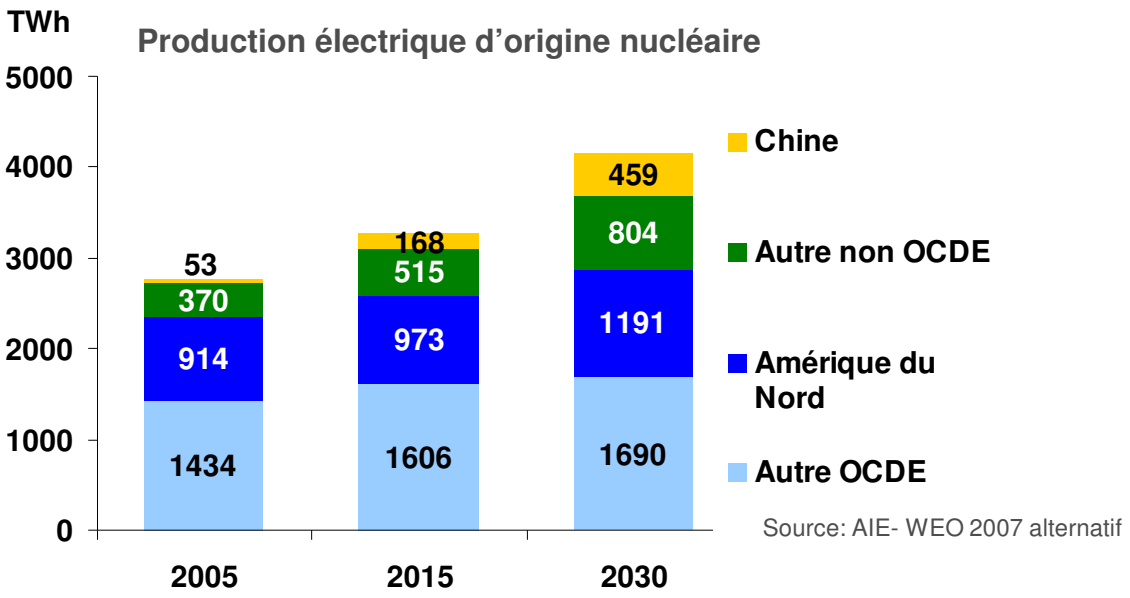
- **Un secteur très capitalistique**



Hors subvention, le PV devrait être compétitif par rapport aux autres énergies dès 2010 en Californie

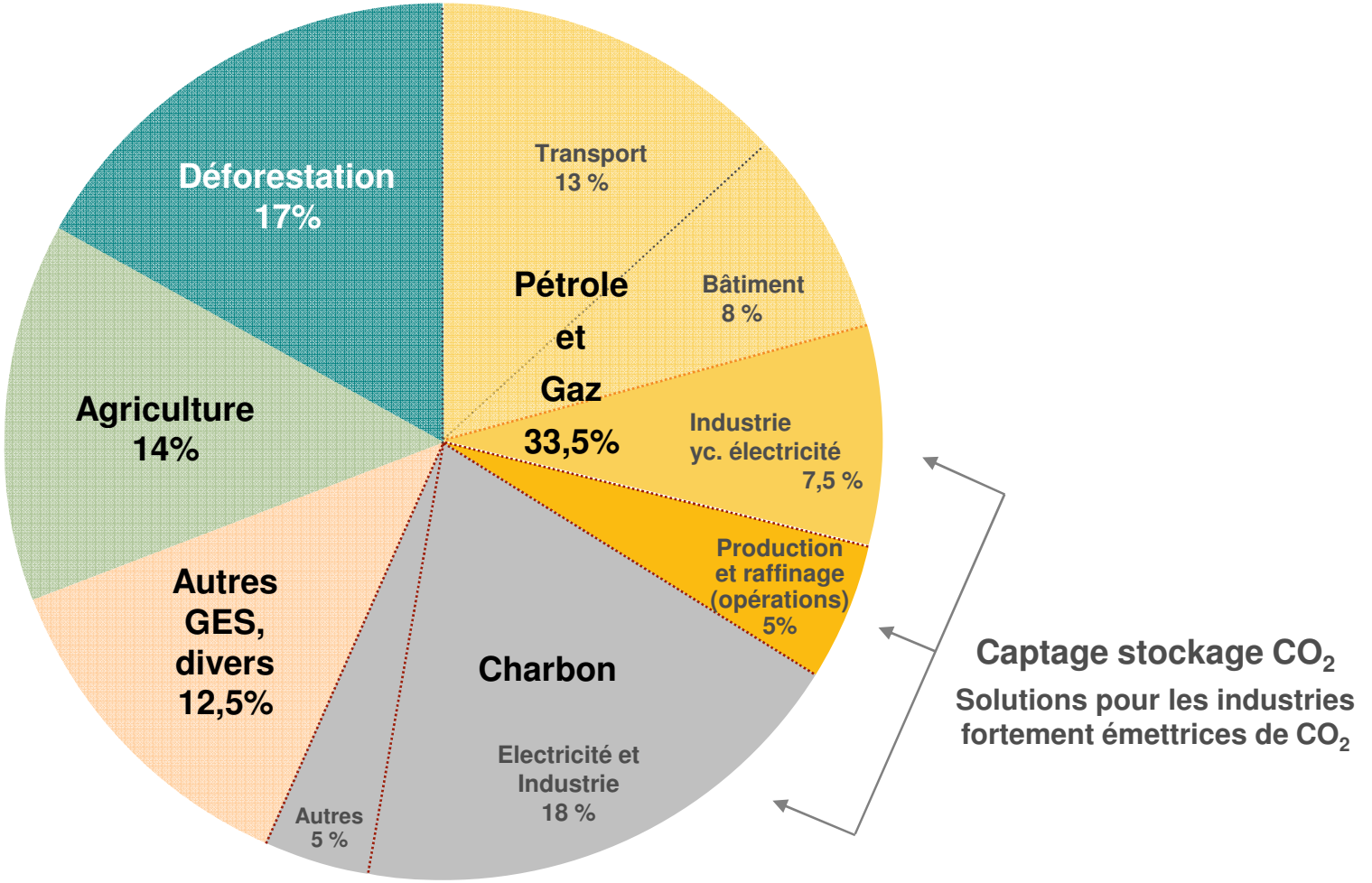
Source : Total - ADEME

Nucléaire : une relance nécessaire, mais qui n'aura un effet majeur que sur le long terme



- Un développement conditionné par l'acceptabilité et la relance de la filière industrielle
- Un effort d'investissement très important compte tenu de la nécessité de remplacer d'ici 30 ans la plupart des centrales existantes

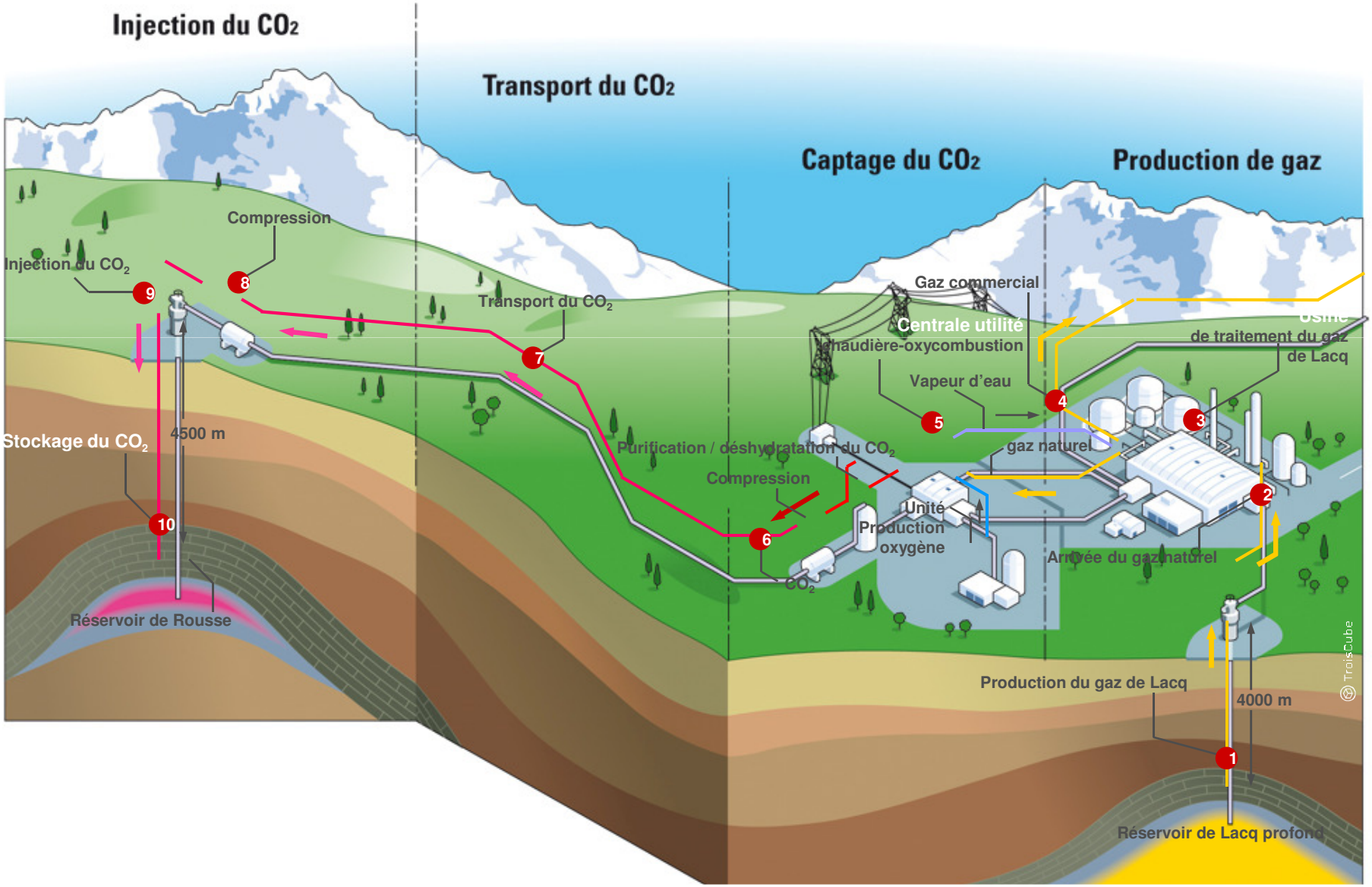
Gaz à effet de serre : quelles solutions pour les industries fortement émettrices de CO_2 ?

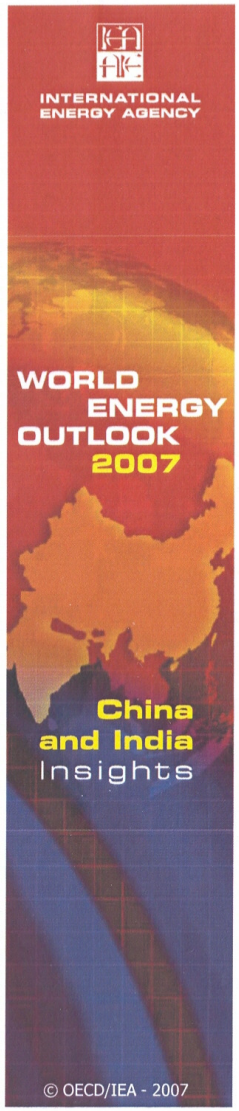


sources GIEC et AIE

TOTAL

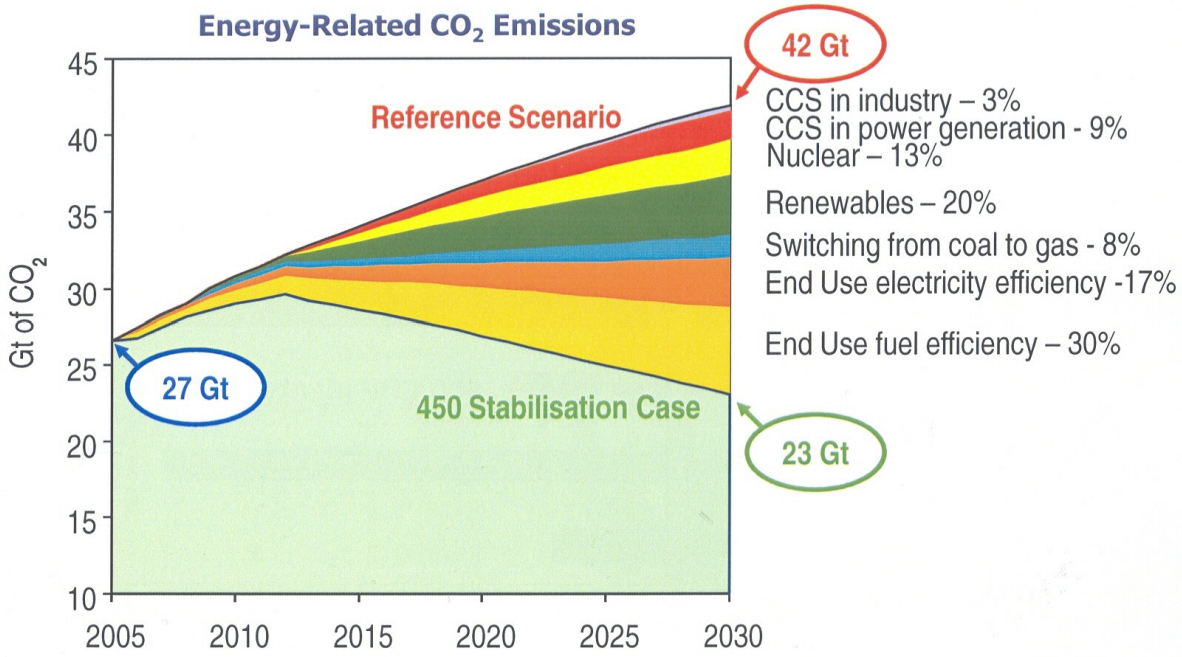
Le pilote de captage et de stockage de CO_2 dans le bassin de Lacq: une contribution phare au développement de cette technologie





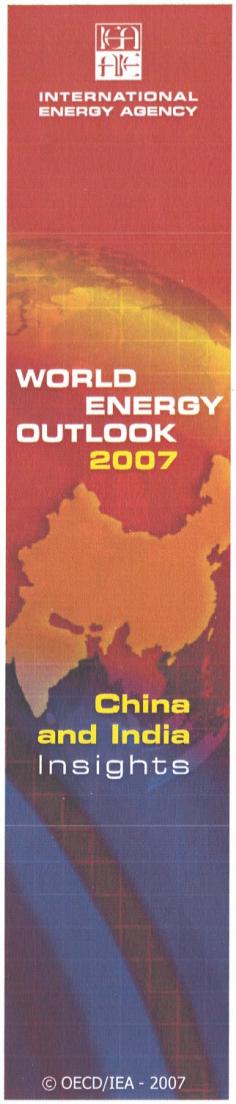
CO_2 Emissions - 450 Stabilisation Case

Achievable or Science Fiction ?

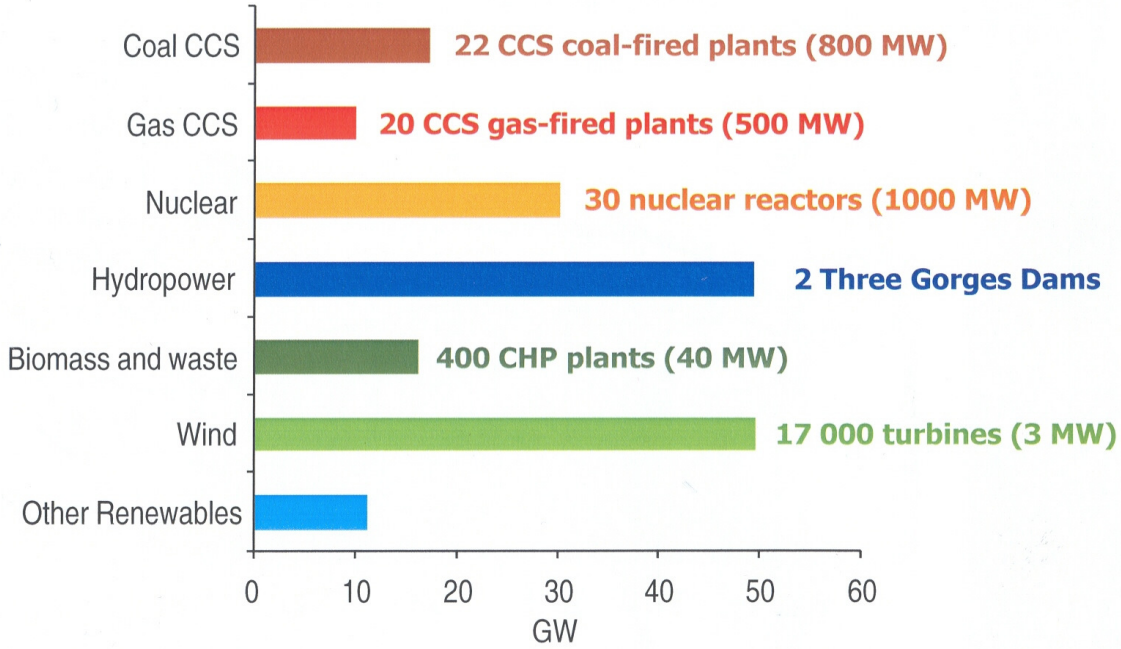


The G8 has pledged to "consider seriously a halving of global emissions by 2050". The '450ppm Stabilisation Case' illustrates the extent of this challenge. Energy-related CO_2 emissions would have to be reduced to around 23 Gt in 2030, after peaking sometime over the next decade.

TOTAL



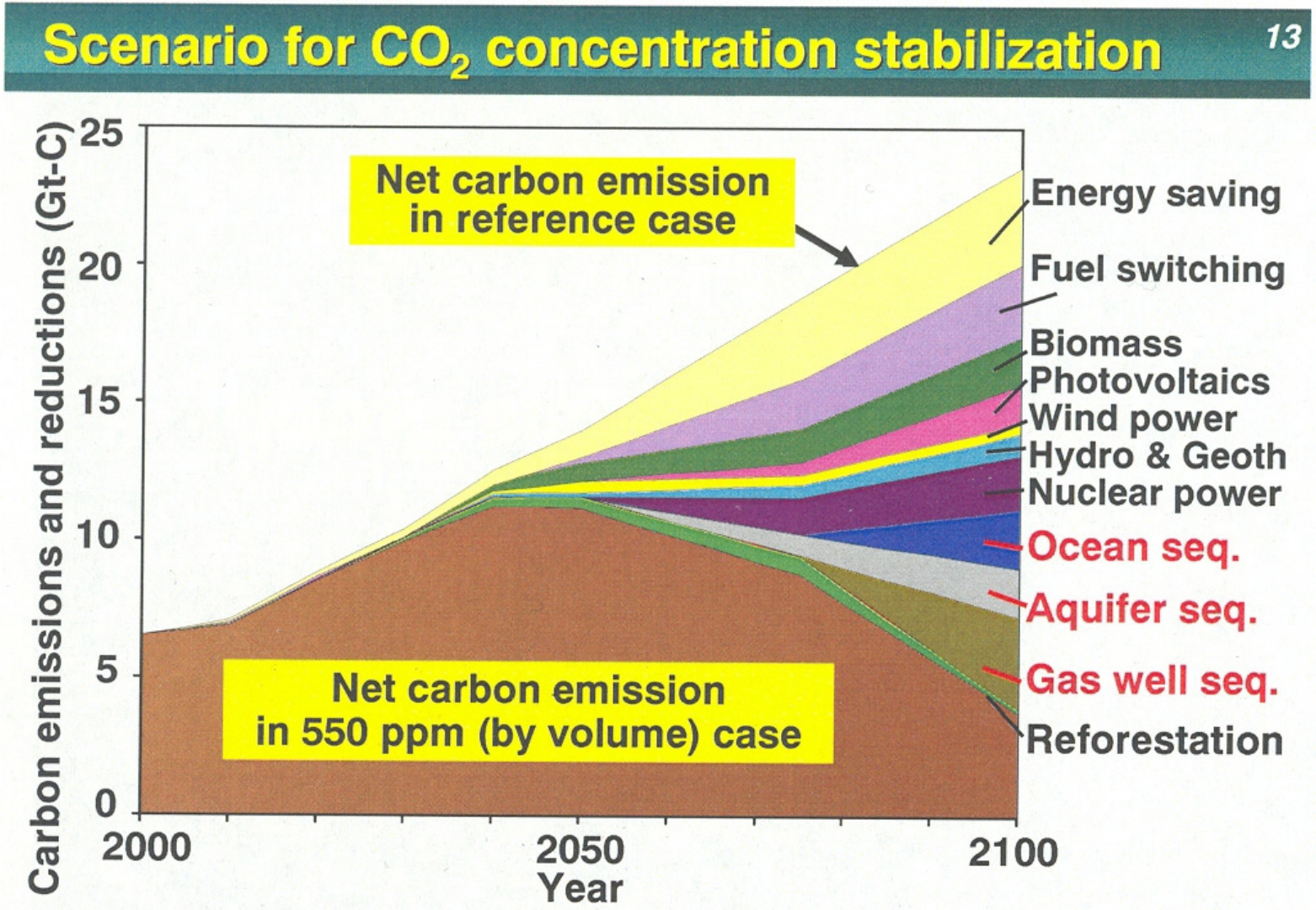
Average Annual Power Generation Capacity Additions in the 450 Stabilisation Case, 2013-2030



So what would the '450ppm Stabilisation Case' mean in practice?

TOTAL

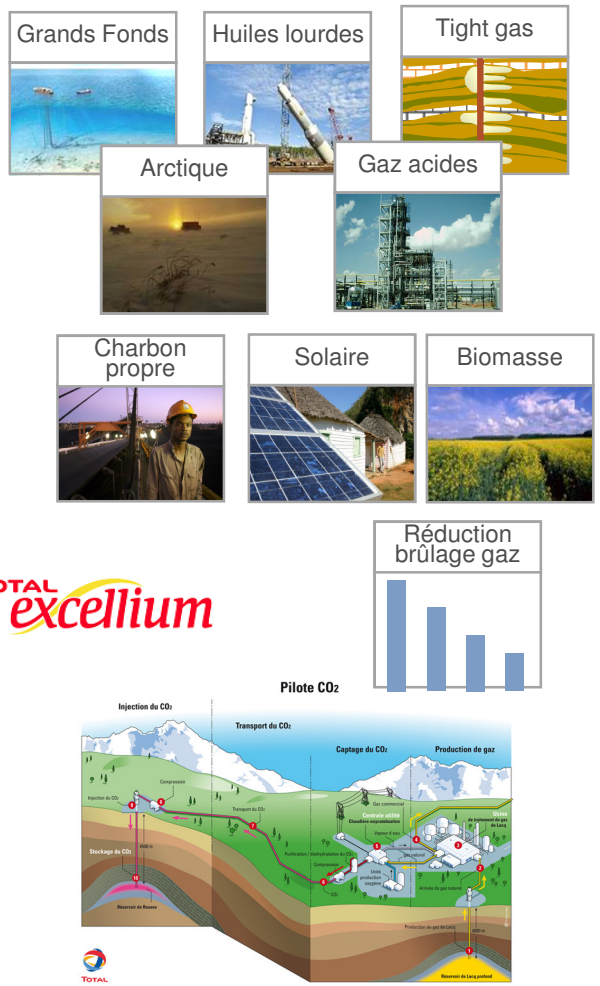
Une grande variété de scénarios : exemple du RITE (Japon)



TOTAL

Les cinq réponses de Total aux enjeux de l'énergie et de l'environnement

- **Investir dans la durée**
  - Besoins actuels et production du futur
- **Développer les technologies du futur**
  - Énergies nouvelles, captage-stockage de CO_2, efficacité énergétique
  - En accord avec les sociétés où nous travaillons
- **Maîtriser la consommation d'énergie du Groupe**
  - Efficacité des procédés et des utilités
- **Aider nos clients à maîtriser leur consommation d'énergie**
  - Produits et services
- **Prendre en compte et se préparer aux impacts des changements**
  - Climatiques, socio-économiques…
  - Pour l'entreprise
  - Actions de mécénat



TOTAL

« Energy wisdom is knowing

that you do not know »

John Kay – Financial Times, May 29, 2007