Deloitte.

HEC PARIS

SOCIETE GENERALE
Corporate & Investment Banking

Le carbone va-t-il **gouverner l'économie?**

Jean-Michel Gauthier
Global Leader, Energy & Resources,
Deloitte, Corporate Finance
Executive Director,
Energy & Finance Chair, HEC

Ecole Normale Supérieure – Institut Pierre-Simon Laplace
CERES-ERTI / GIS-CES, 10 janvier 2011

Deloitte.

HEC PARIS

SOCIETE GENERALE
Corporate & Investment Banking

Le carbone va-t-il **gouverner l'économie?**

Jean-Michel Gauthier
Global Leader, Energy & Resources,
Deloitte, Corporate Finance
Executive Director,
Energy & Finance Chair, HEC

Ecole Normale Supérieure – Institut Pierre-Simon Laplace
CERES-ERTI / GIS-CES, 10 janvier 2011

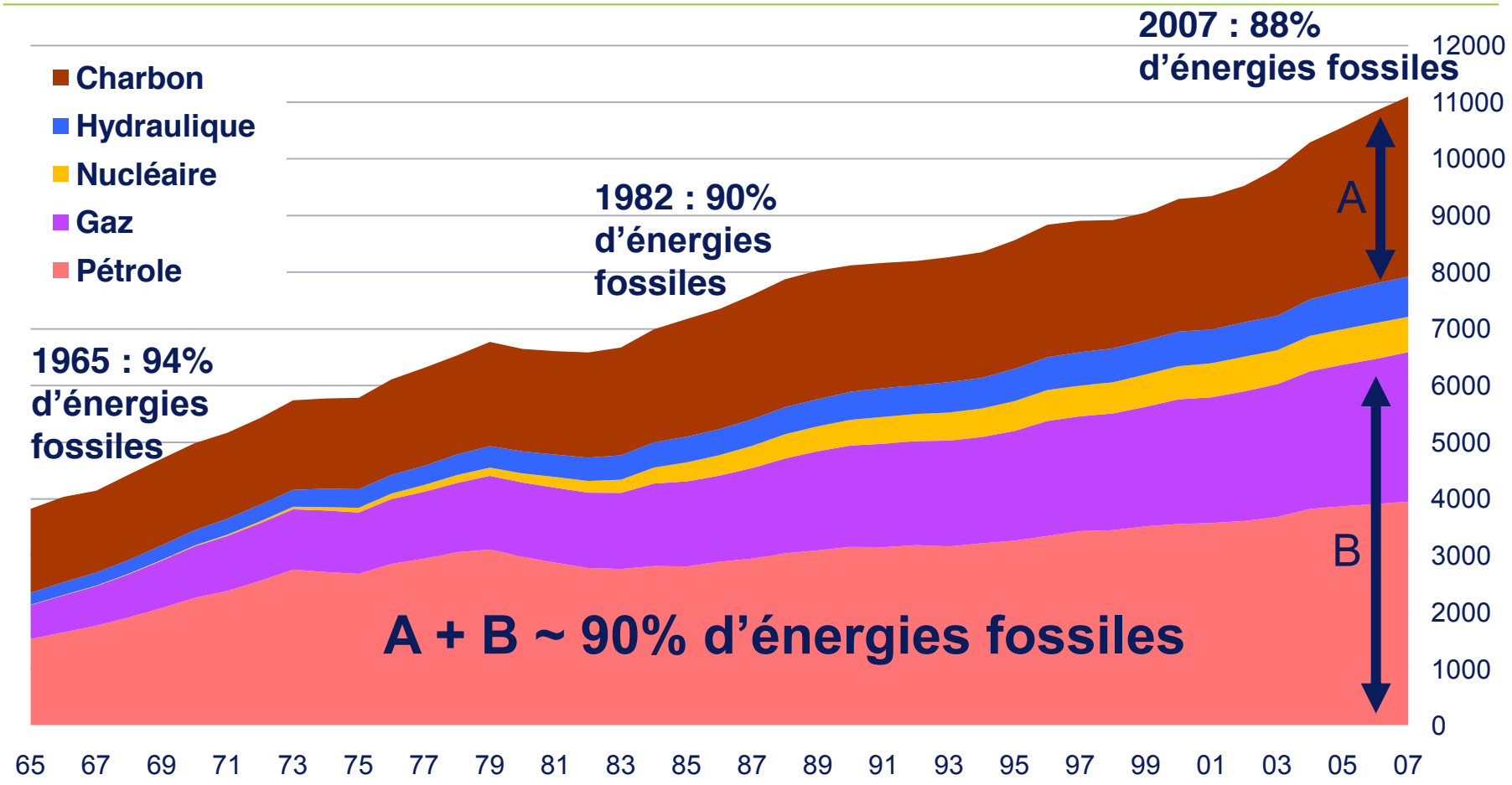
Agenda

"We are on course for a dirty, expensive and unstable future" (International Energy Agency)

1. **Une longue histoire de carbone**
2. **Vers une offre énergétique contrainte?**
3. **Les coûts de la contrainte carbone**
4. **Le marché du carbone va-t-il sauver le climat?**

© 2009 Deloitte

L'énergie fossile, ressort de l'économie mondiale



Structure de la demande mondiale d'énergie primaire depuis 1965 (en millions de tep)

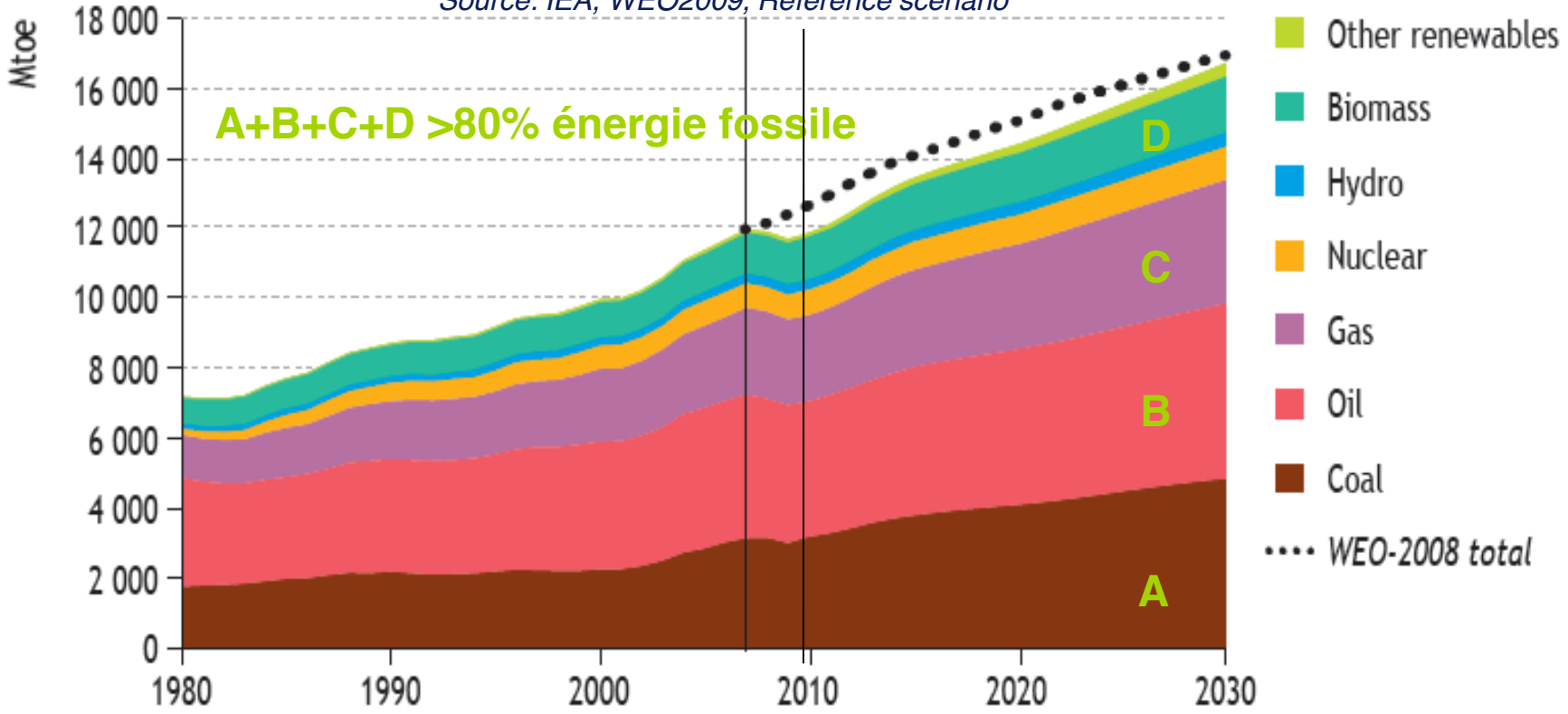
Source: BP

© 2008 Deloitte Conseil

Dans 20 ans, l'intensité « carbonique » de l'économie mondiale n'aura que marginalement baissé

Demande mondiale d'énergie primaire (en millions de tep) jusqu'en 2030

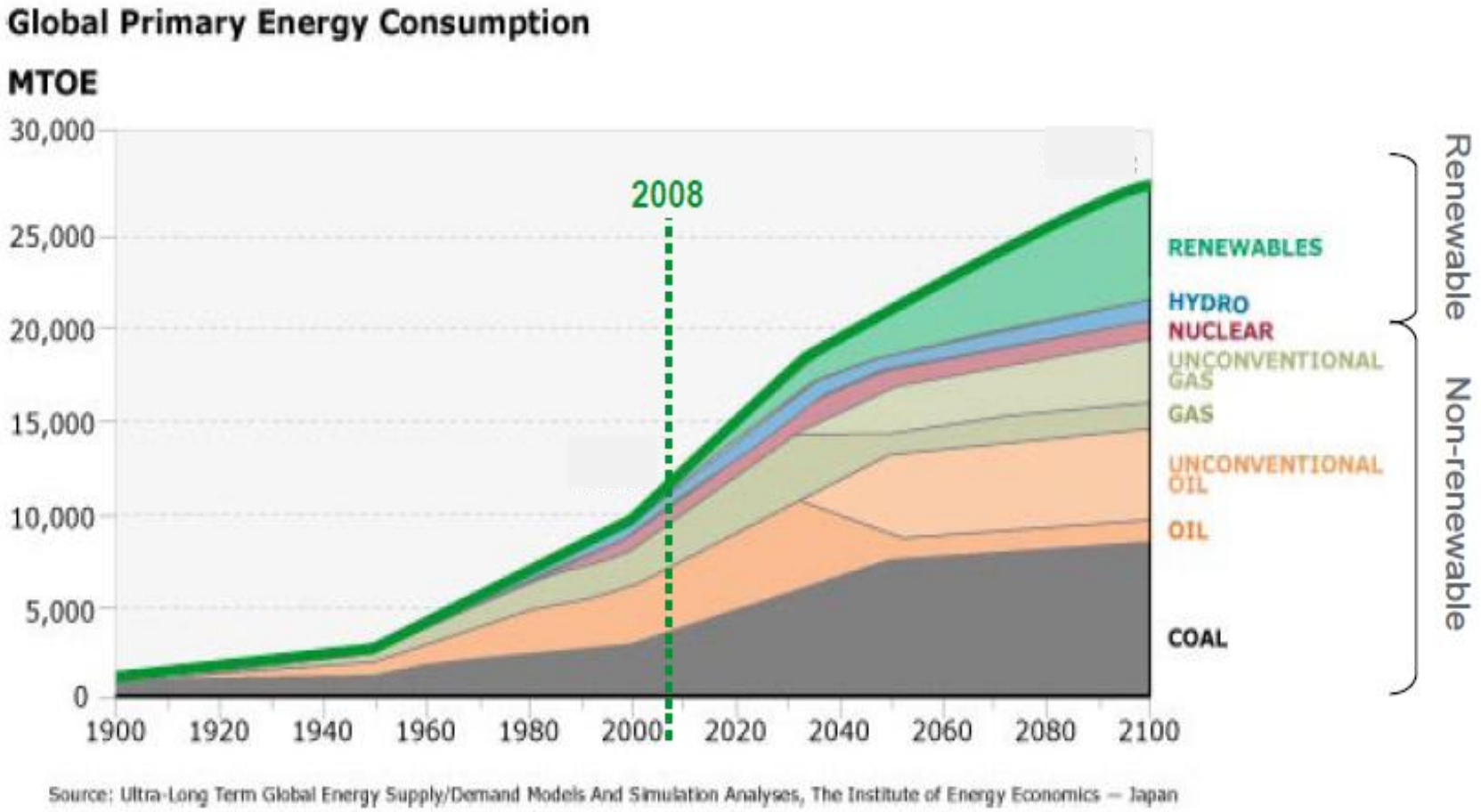
Source: IEA, WEO2009, Reference scenario



La première énergie demeure le pétrole
Le charbon s'adjuge la croissance la plus forte

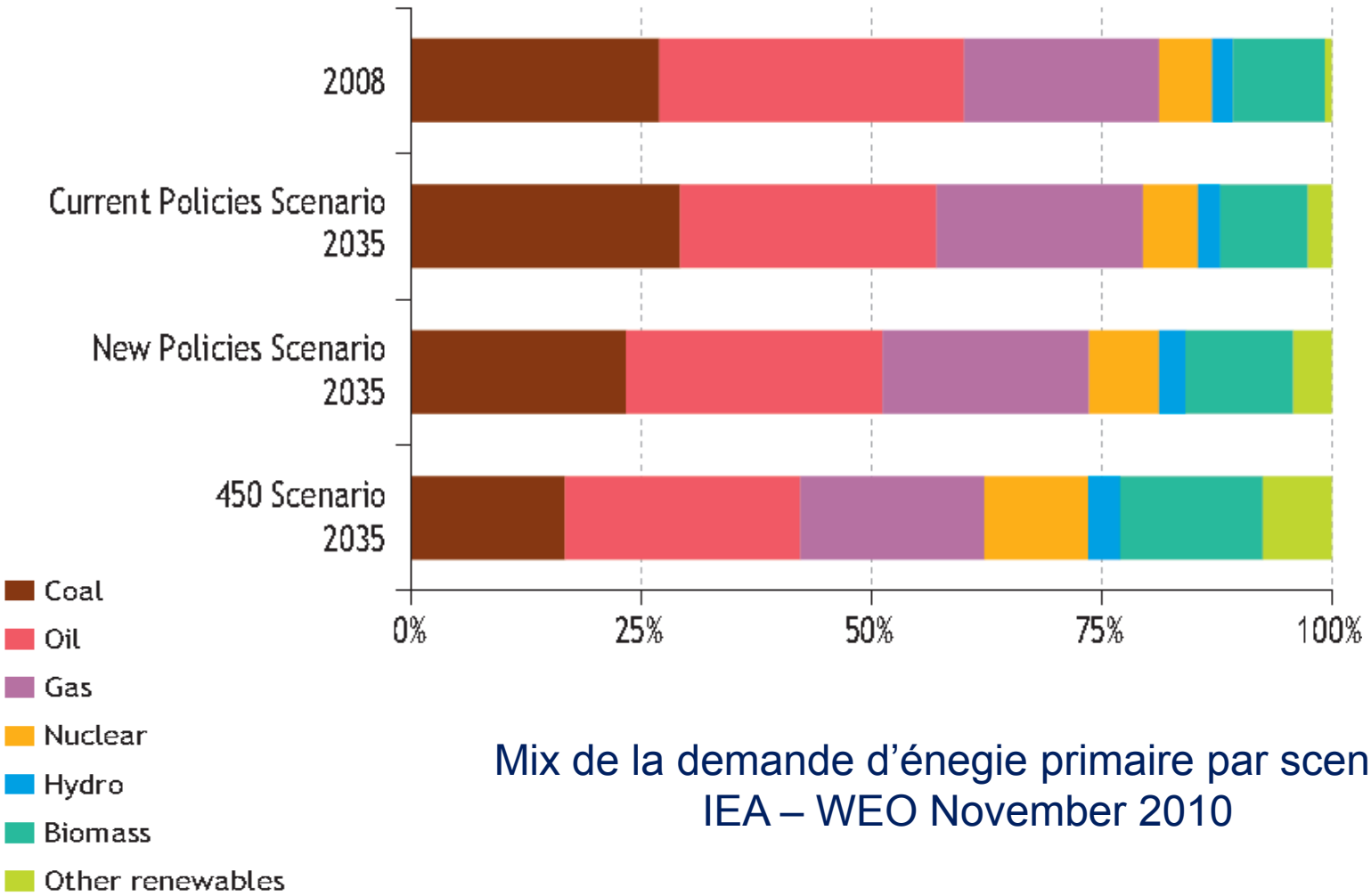
Offre et demande énergétique sur le très long terme: un autre monde en 2100?

Source: The Institute of Energy Economics, Japan



Les capacités renouvelables à grande échelle n'arrivent qu'à l'horizon 2030 - 2050

Quel mix énergétique pour contenir le changement climatique?
Les 3 Scenarii de l' AIE



Périmètre

12 Gtep

18 Gtep

16,7 Gtep

15 Gtep

Mix de la demande d'énegie primaire par scenario
IEA – WEO November 2010

© 2009 Deloitte

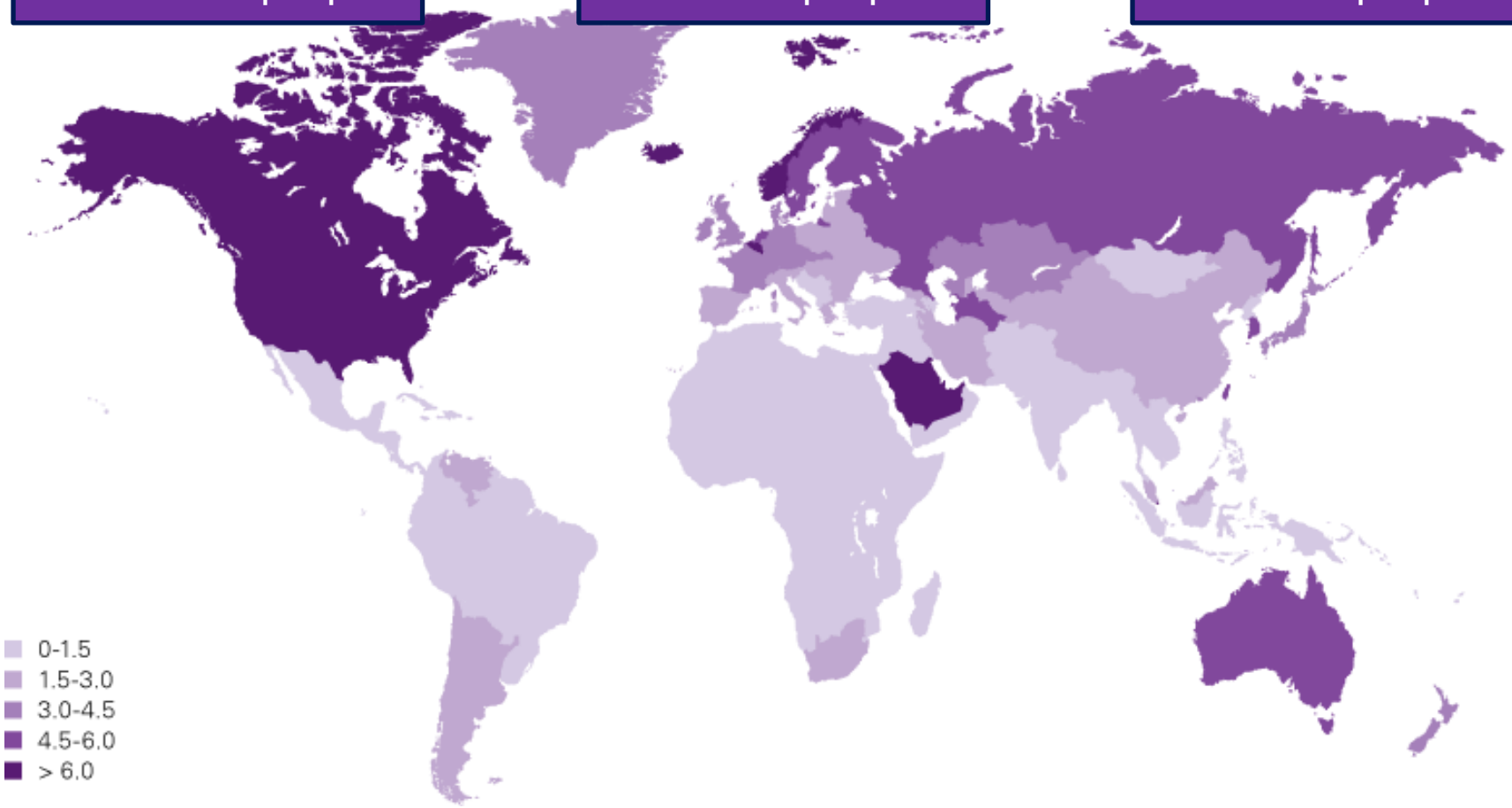
L'équation énergie - carbone par habitant en 2009

en tep ou tCO2eq

US
8 toe/capita
>20 tCO2eq/capita

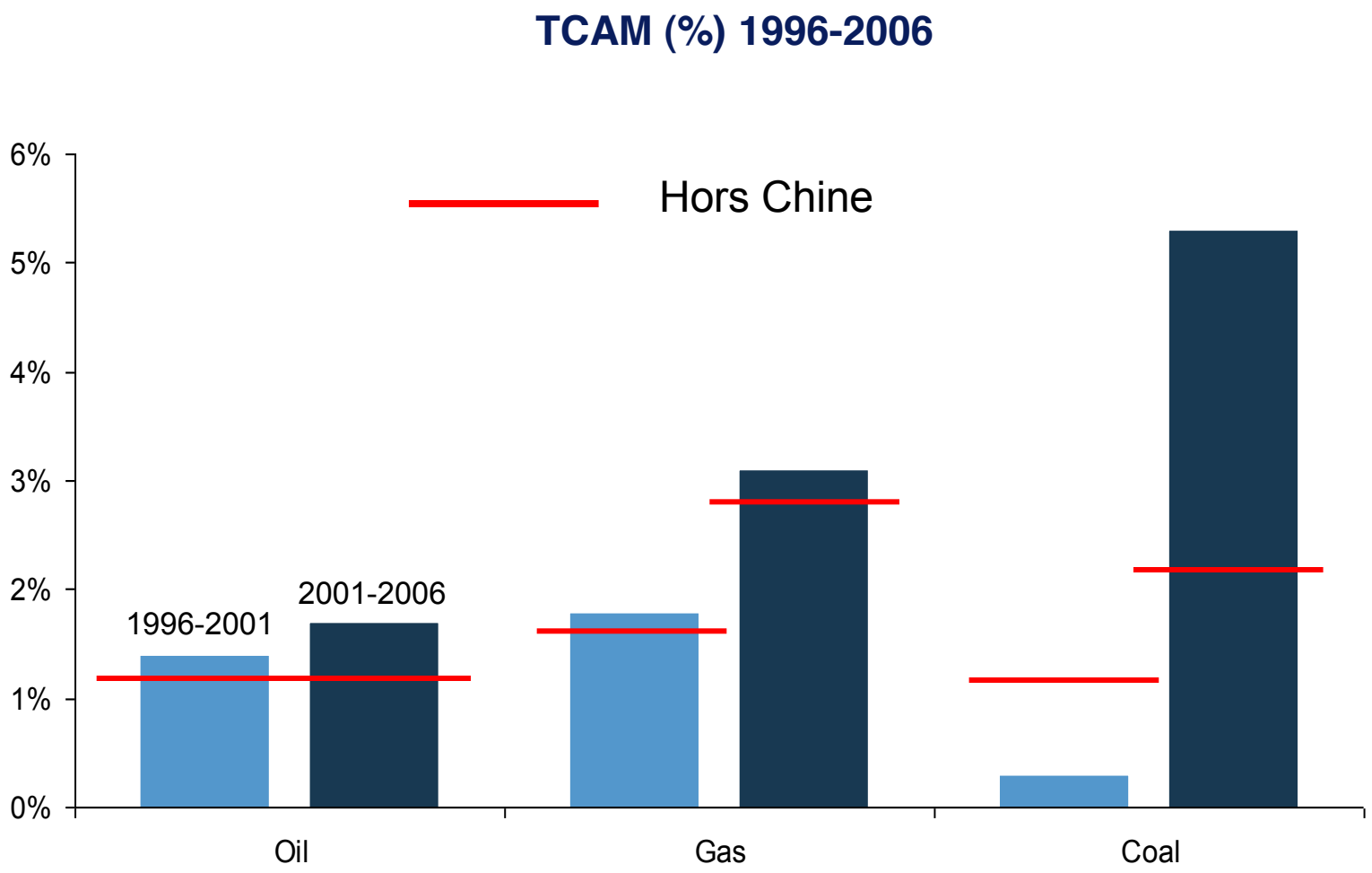
EU
3.5 toe/capita
8 tCO2eq/capita

China
0.8 toe/capita
2 tCO2eq/capita



Source: BP Statistical Review

Le changement de “paradigme” énergétique autour de l’année 2001 - 2002

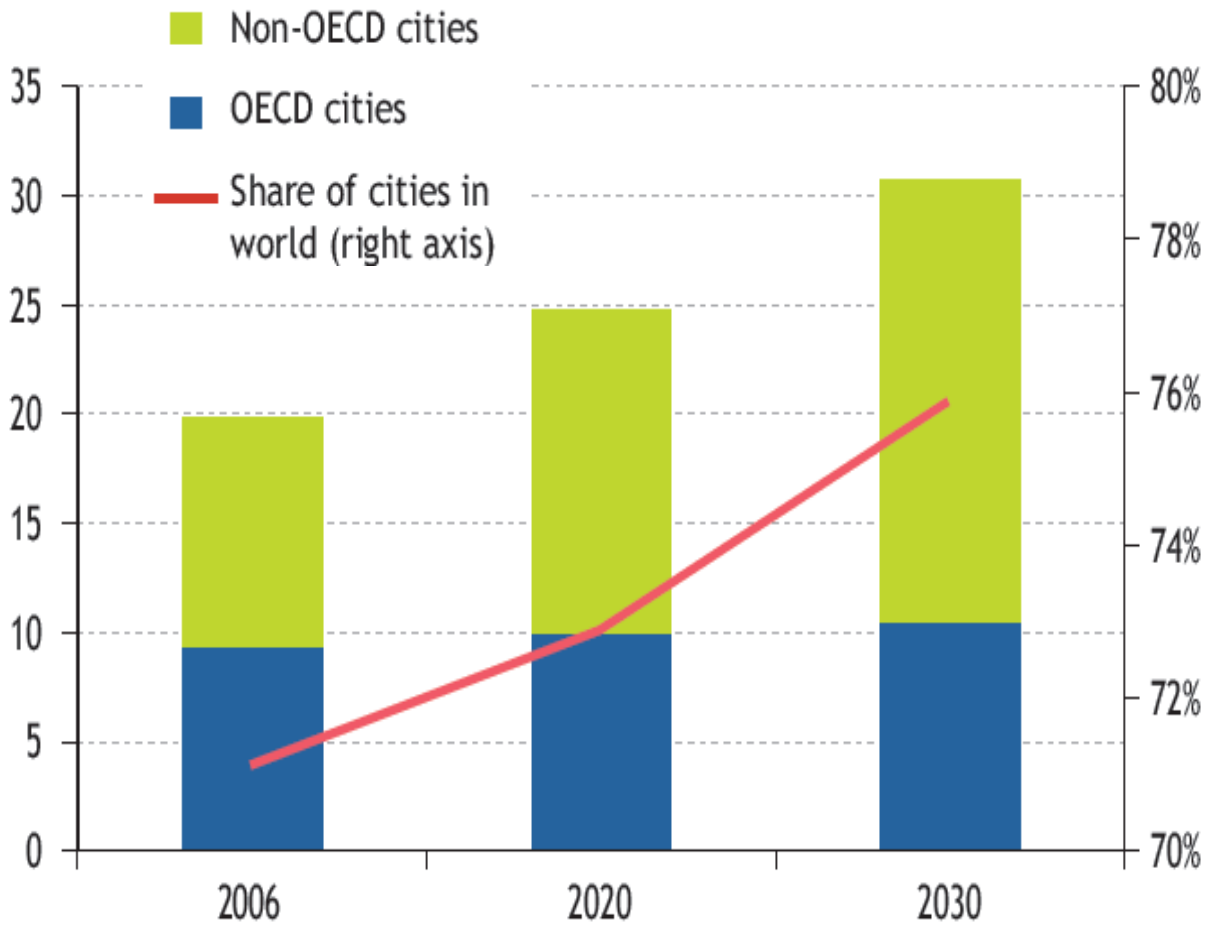


Source: Deloitte, BP

© 2008 Deloitte Conseil

La contribution prédominante des villes aux émissions mondiales (en milliards de tonnes de CO2)

- **Population mondiale:**
  - +50% d'ici 2050
  - 2007: 6,7milliards en 2007
  - 2050: 9,2milliards
- **Pays en développement:**
  - 2007: 5,4 milliards
  - 2050: 7,9 milliards
- **Citadins:** 5milliards en 2030
  - 1950: 30%
  - 2007: 50%
  - 2030: >60%



En 2030, les villes concentrent 60% des populations et génèrent~ 80% du CO2

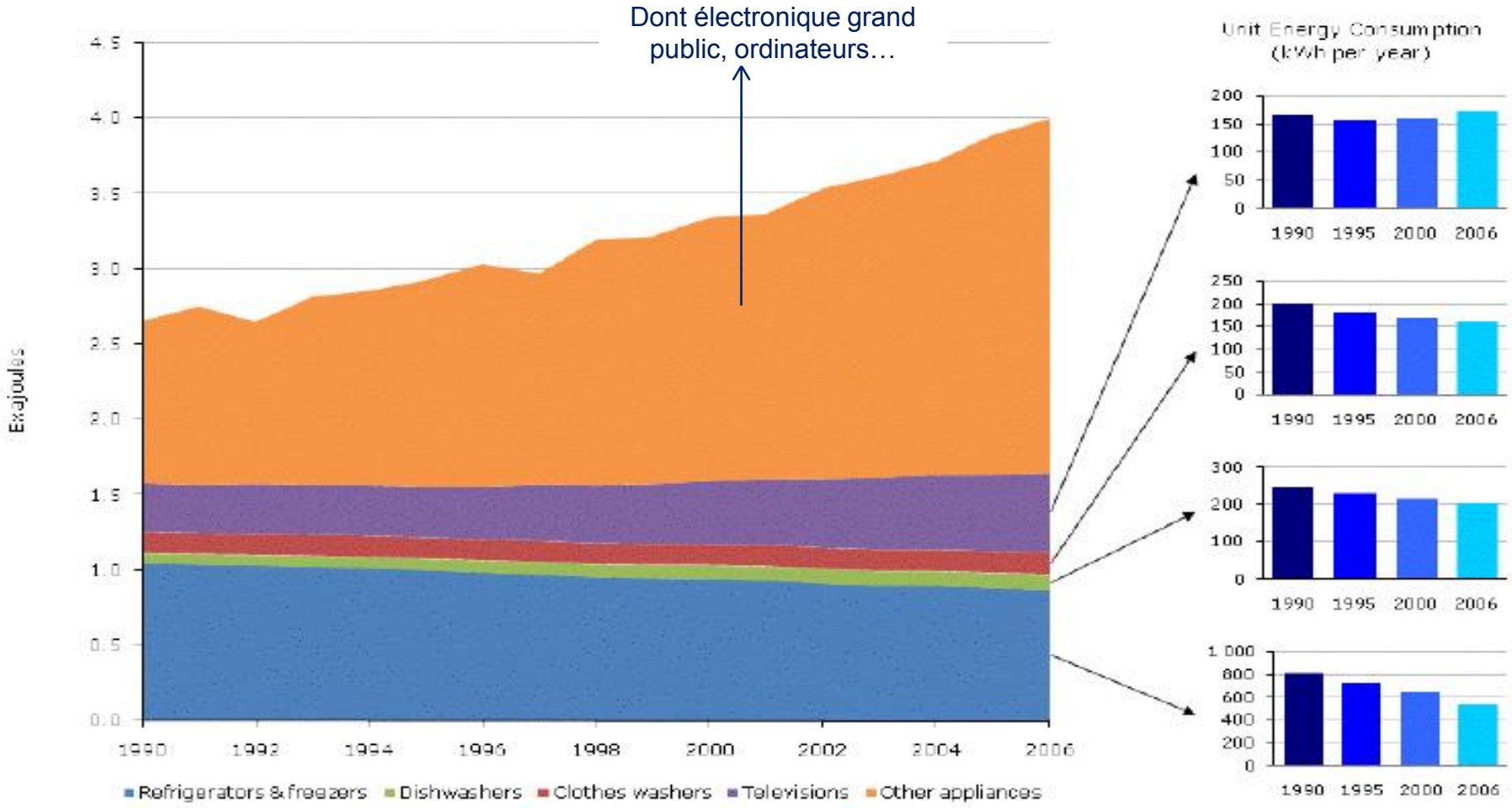
Sources: IEA WEO 2008, Deloitte

© 2008 Deloitte Conseil

Intensité énergétique du secteur résidentiel (1990 – 2006)

Consommations énergétiques des principaux appareils ménagers

source: IEA 2010



© 2009 Deloitte

Agenda

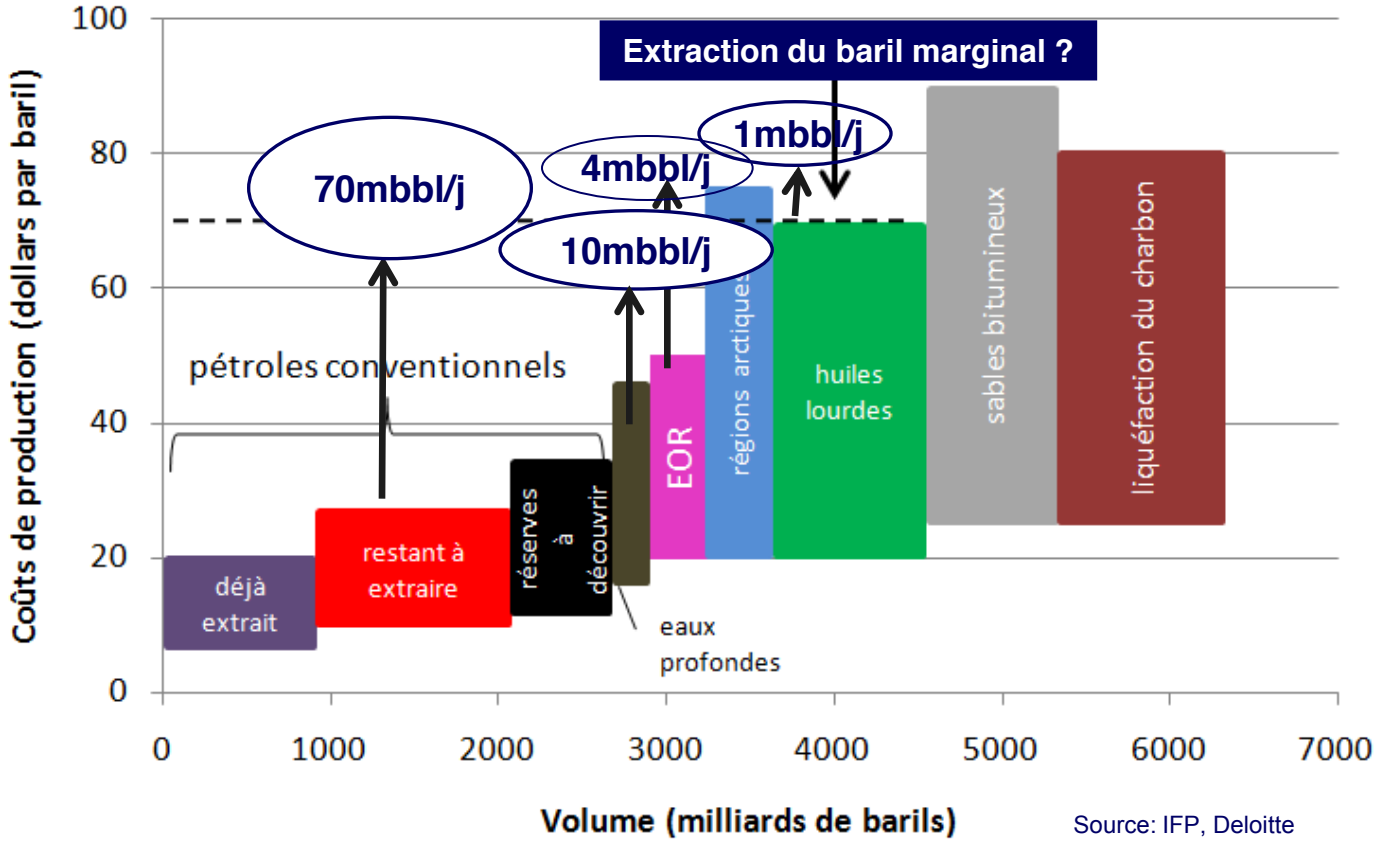
“We are on course for a dirty, expensive and unstable future” (International Energy Agency)

1. **Une longue histoire de carbone**
2. **Vers une offre énergétique contrainte?**
3. **Les coûts de la contrainte carbone**
4. **Le marché du carbone va-t-il sauver le climat?**

© 2009 Deloitte

L'ère du pétrole facile à exploiter et bon marché appartient au passé

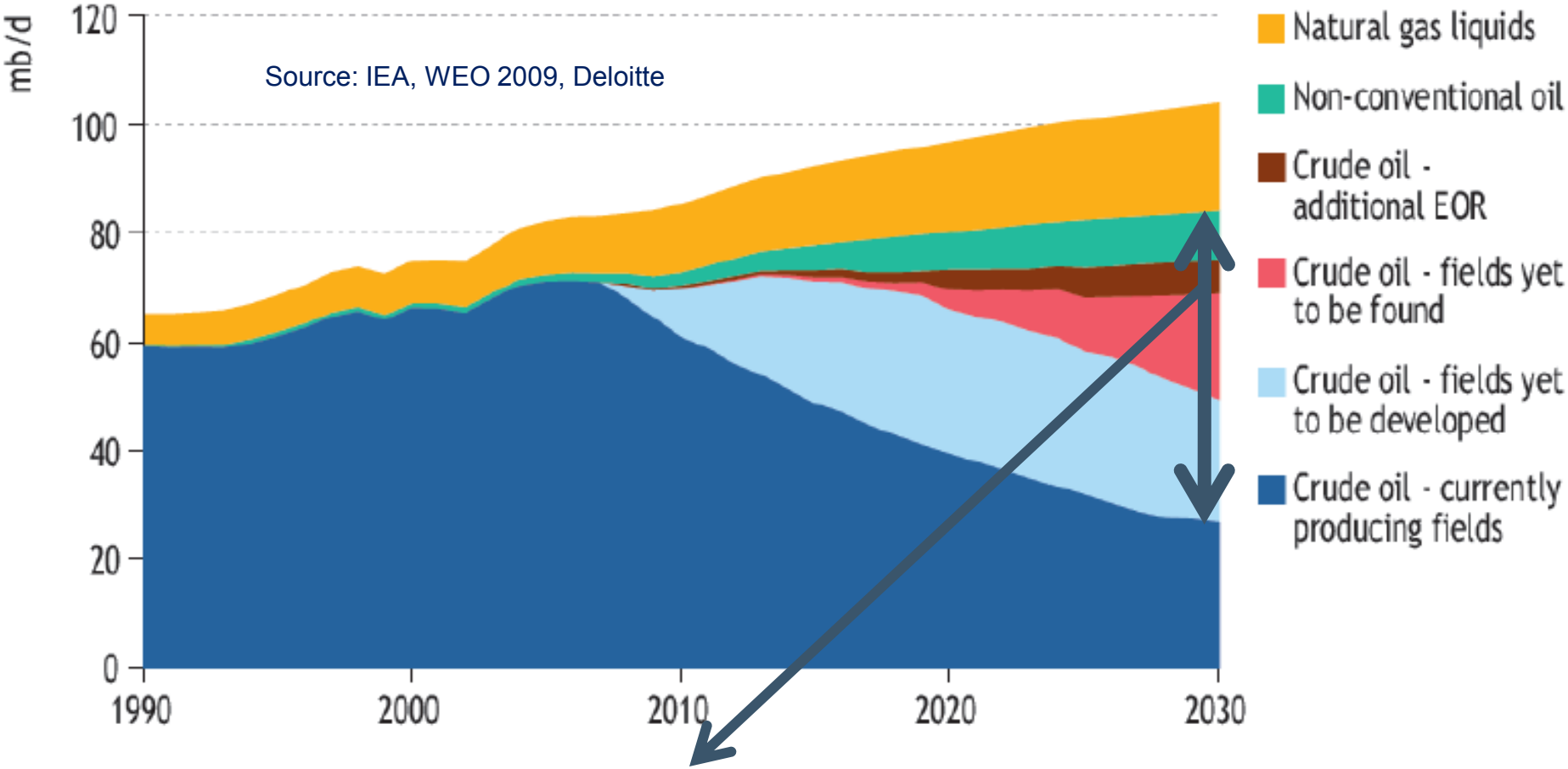
- Le prix de marché du pétrole (hors prime de risque) est égal au coût marginal d'extraction du dernier baril servant la demande.
- La demande marginale de pétrole est, dans une hypothèse de demande globale de 85 Mbbl/j, servie par les productions de brut non conventionnel



Source: IFP, Deloitte

©2008 Deloitte & Associés

Sommes-nous en train de passer le “Peak Oil”?

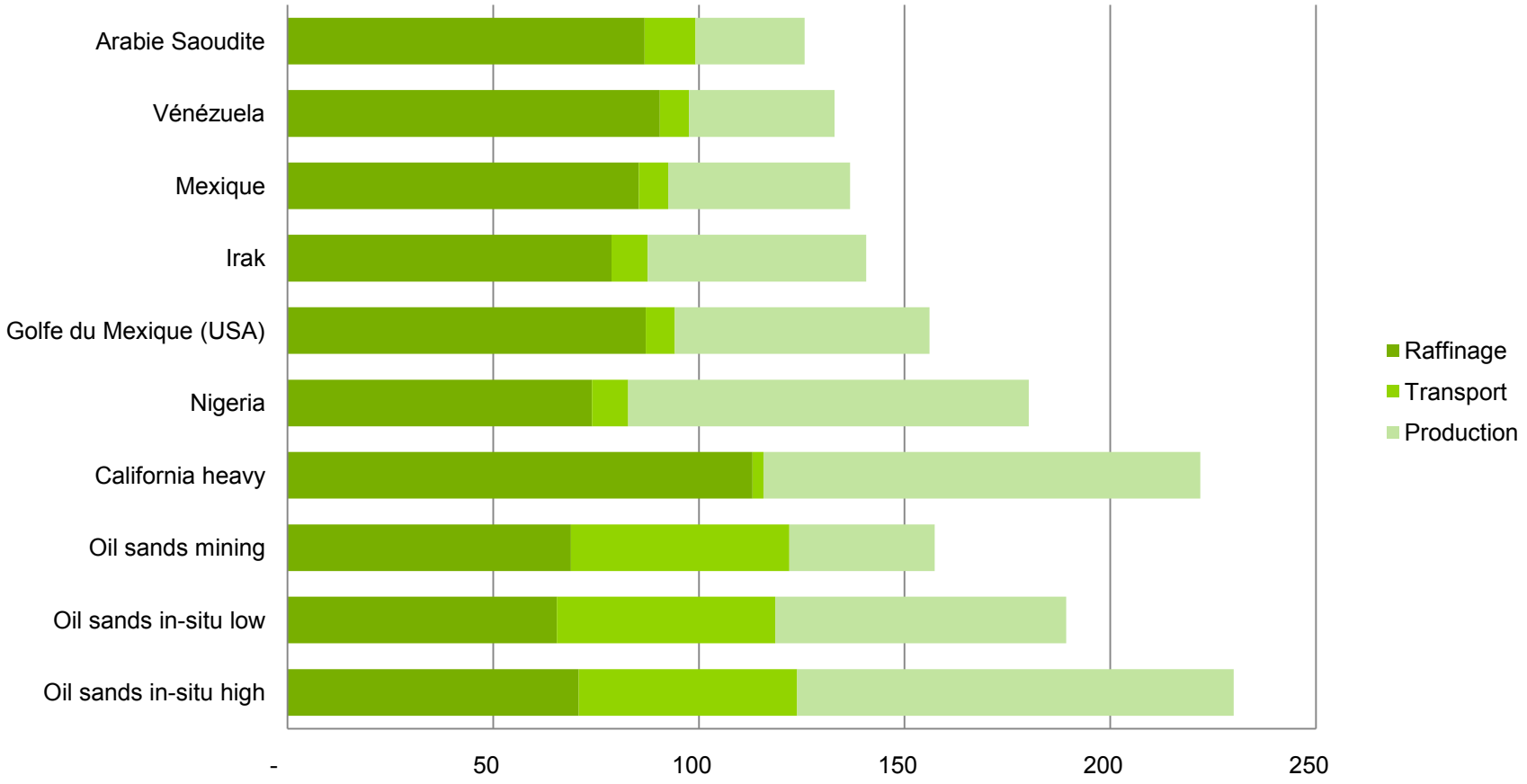


Il nous faut trouver l’équivalent de 6 x Arabie Saoudite avant 2030

© 2008 Deloitte Conseil

La production de pétrole non-conventionnel entraîne des émissions de CO2 de 80% supérieures

Emissions de gaz à effet de serre selon les types de pétrole
(hors combustion)

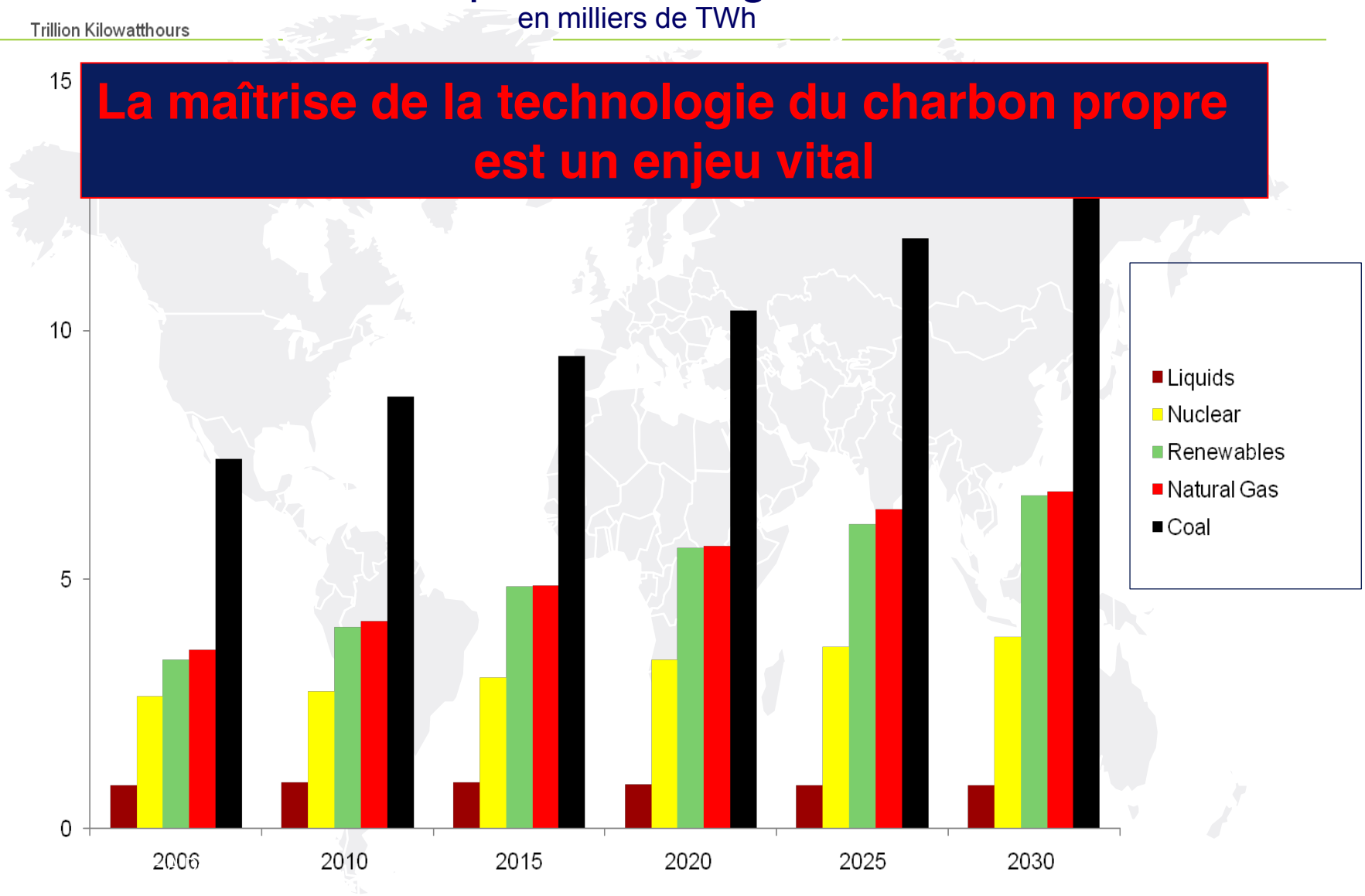


Source: IEA, WEO 2010, Deloitte

© 2010 Deloitte

Production mondiale d'électricité jusqu'en 2030 par technologie

en milliers de TWh



La maîtrise de la technologie du charbon propre est un enjeu vital

Sources: EIA, US DOE, Deloitte

© 2008 Deloitte Conseil

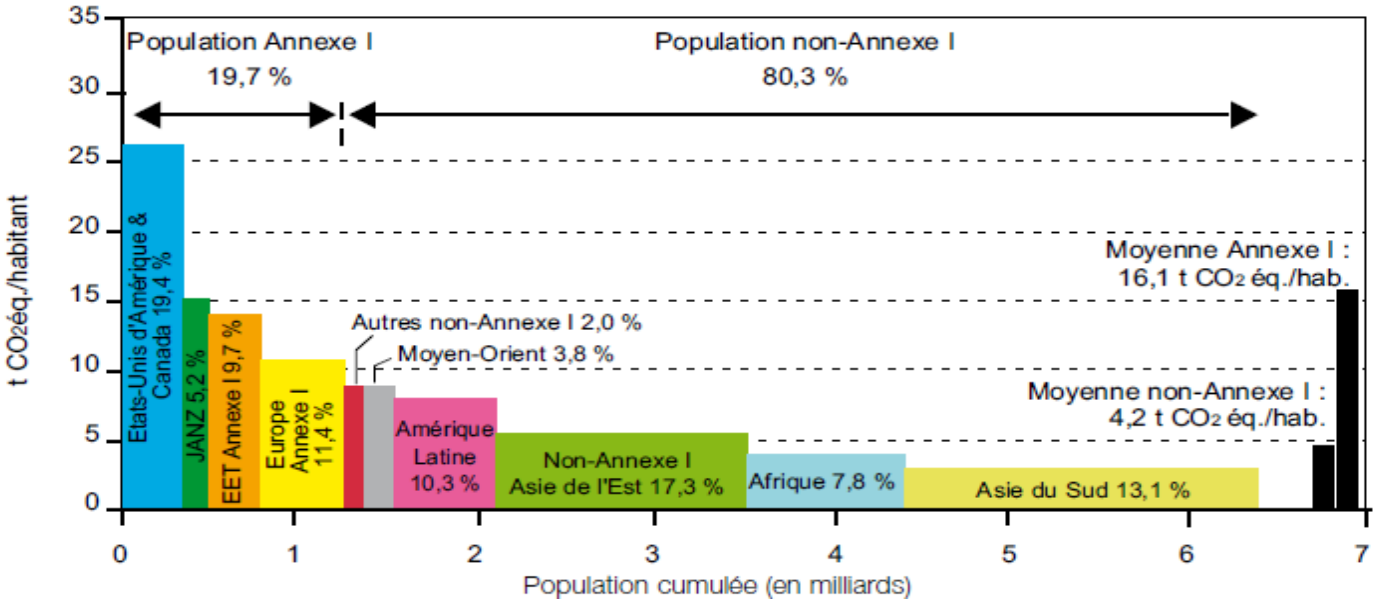
Agenda

"We are on course for a dirty, expensive and unstable future" (International Energy Agency)

1. **Une longue histoire de carbone**
2. **Vers une offre énergétique contrainte?**
3. **Les coûts de la contrainte carbone**
4. **Le marché du carbone va-t-il sauver le climat?**

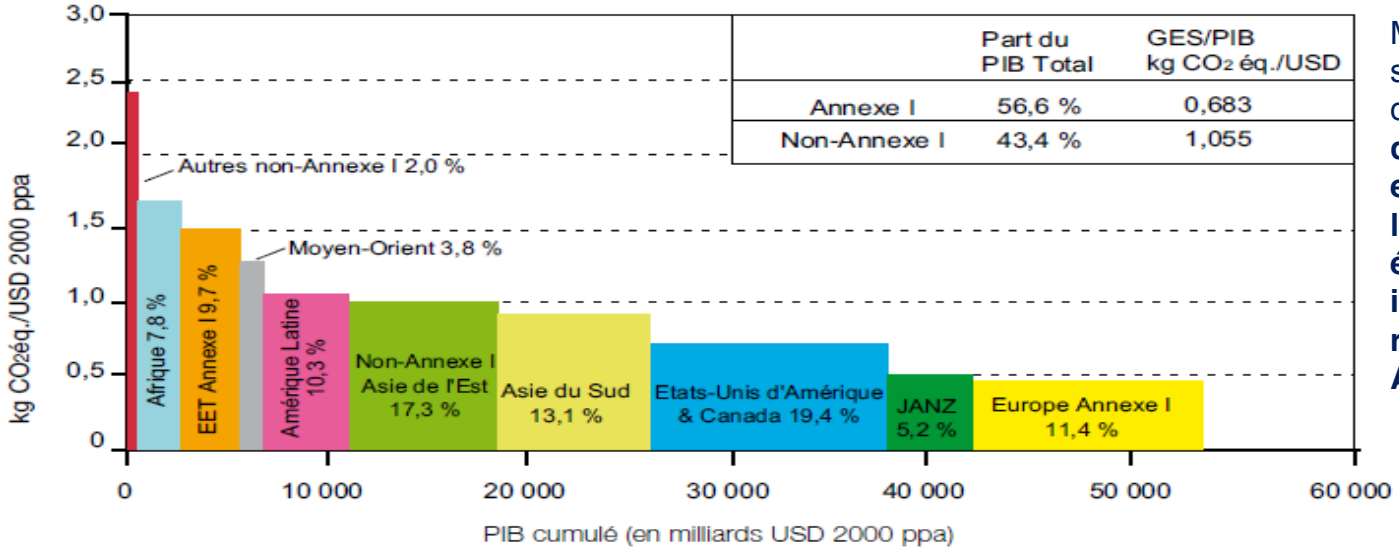
© 2009 Deloitte

Répartition des émissions de Gaz à Effet de Serre par habitant et par unité de PIB



Les pays de l'Annexe I de la CCNUCC représentent 20 % de la population, 57% du PIB et 46% des GES au monde.

En 2007, la moyenne de leurs émissions de GES par habitant était de **16,1 t CO_2 éq.**, soit environ quatre fois celle des pays non-Annexe I.



	Part du PIB Total	GES/PIB kg CO2 éq./USD
Annexe I	56,6 %	0,683
Non-Annexe I	43,4 %	1,055

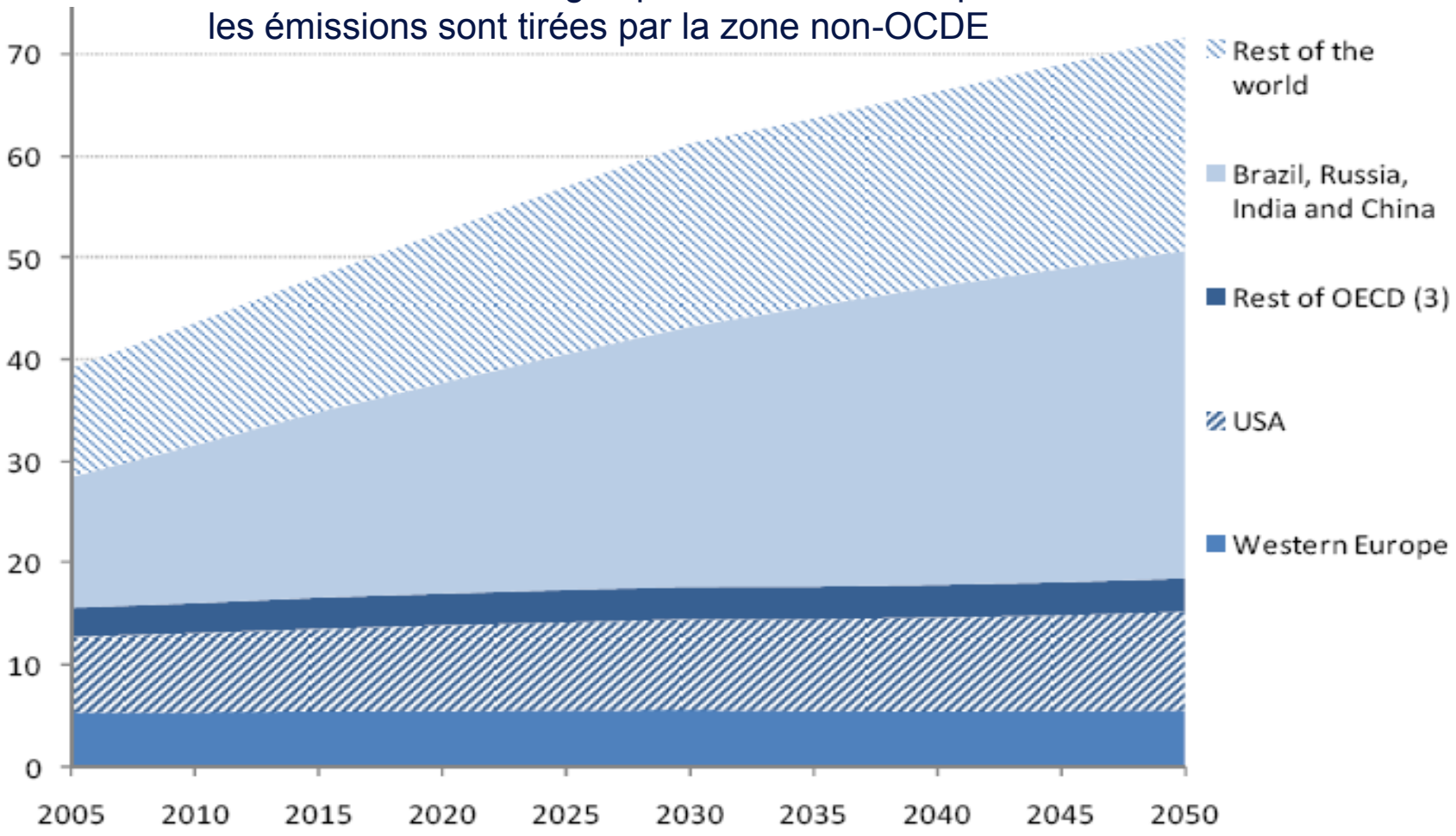
Mesurée en dollars 2000 selon la parité de pouvoir d'achat (ppa), **la production d'une unité de richesse entraîne en moyenne dans les pays de l'Annexe I des émissions de GES inférieures de 35 % par rapport aux pays non-Annexe I**.

Sources: IPCC reports, 1er Groupe de Travail 2007, CDC Climat, Deloitte

© 2009 Deloitte

Croissance des émissions mondiales de GES jusqu'en 2050 (en milliards de tonnes eq CO2)

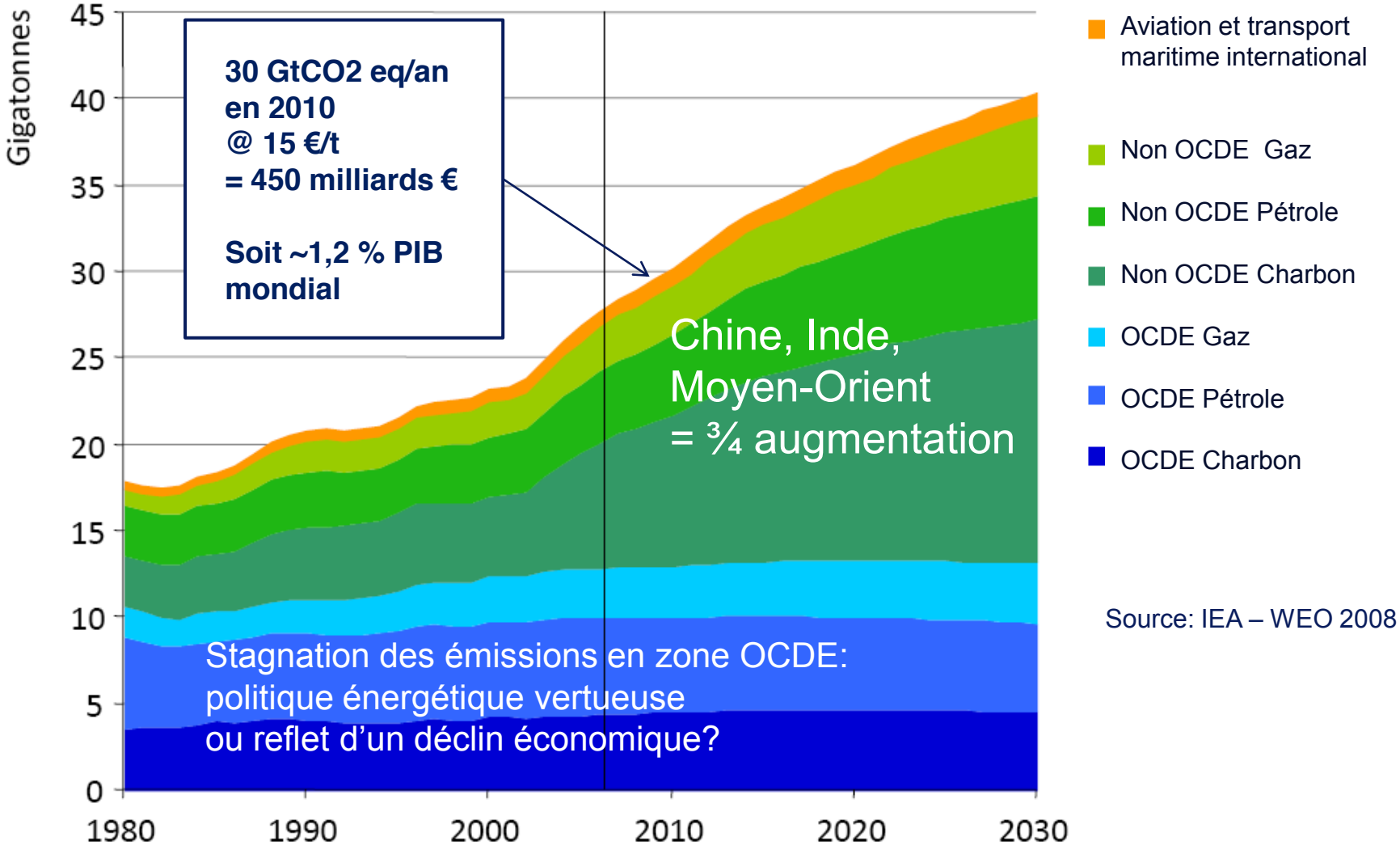
Corrélat d'une demande énergétique soutenue sur la période, les émissions sont tirées par la zone non-OCDE



Source: OECD, Climate Change mitigation, 2008

© 2008 Deloitte Conseil

Emissions de CO2 induites par la demande énergétique dans le monde (1980-2030), en Gt

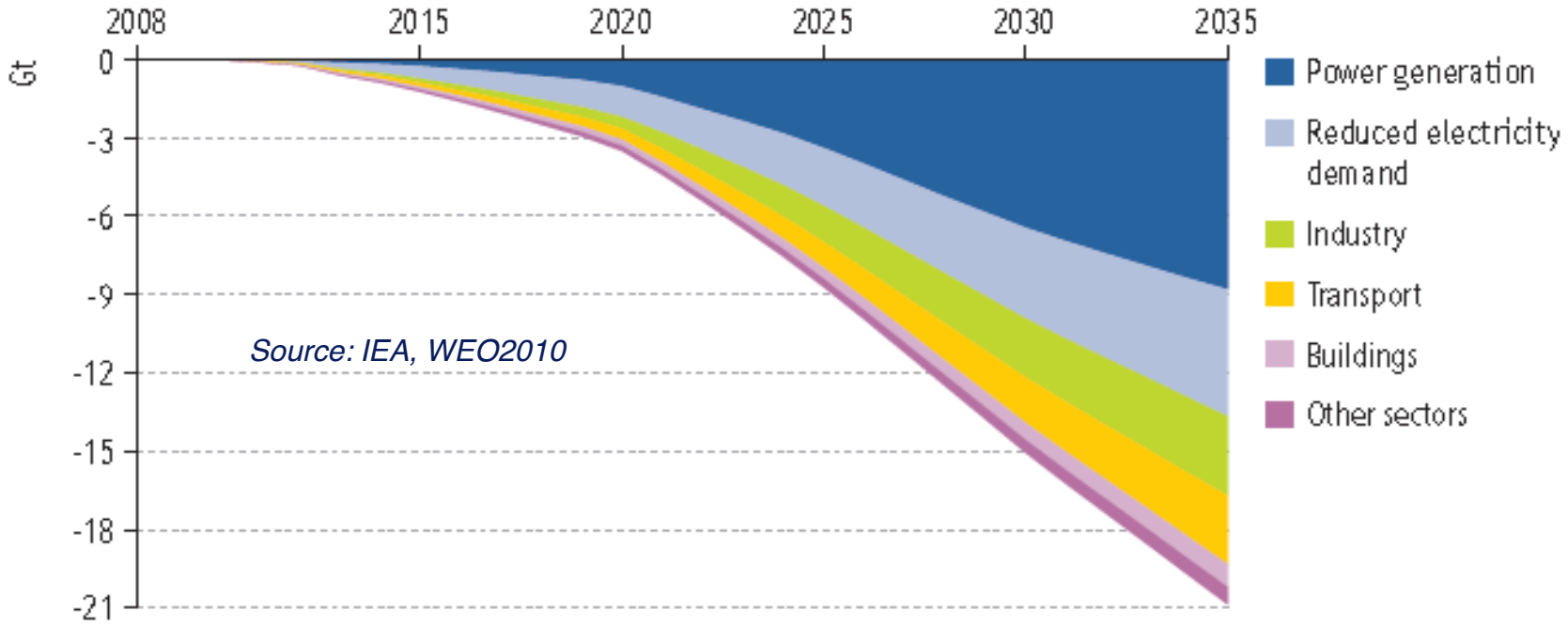


Source: IEA – WEO 2008

Deux défis de la zone non-OCDE: la génération électrique sur charbon, les transports urbains

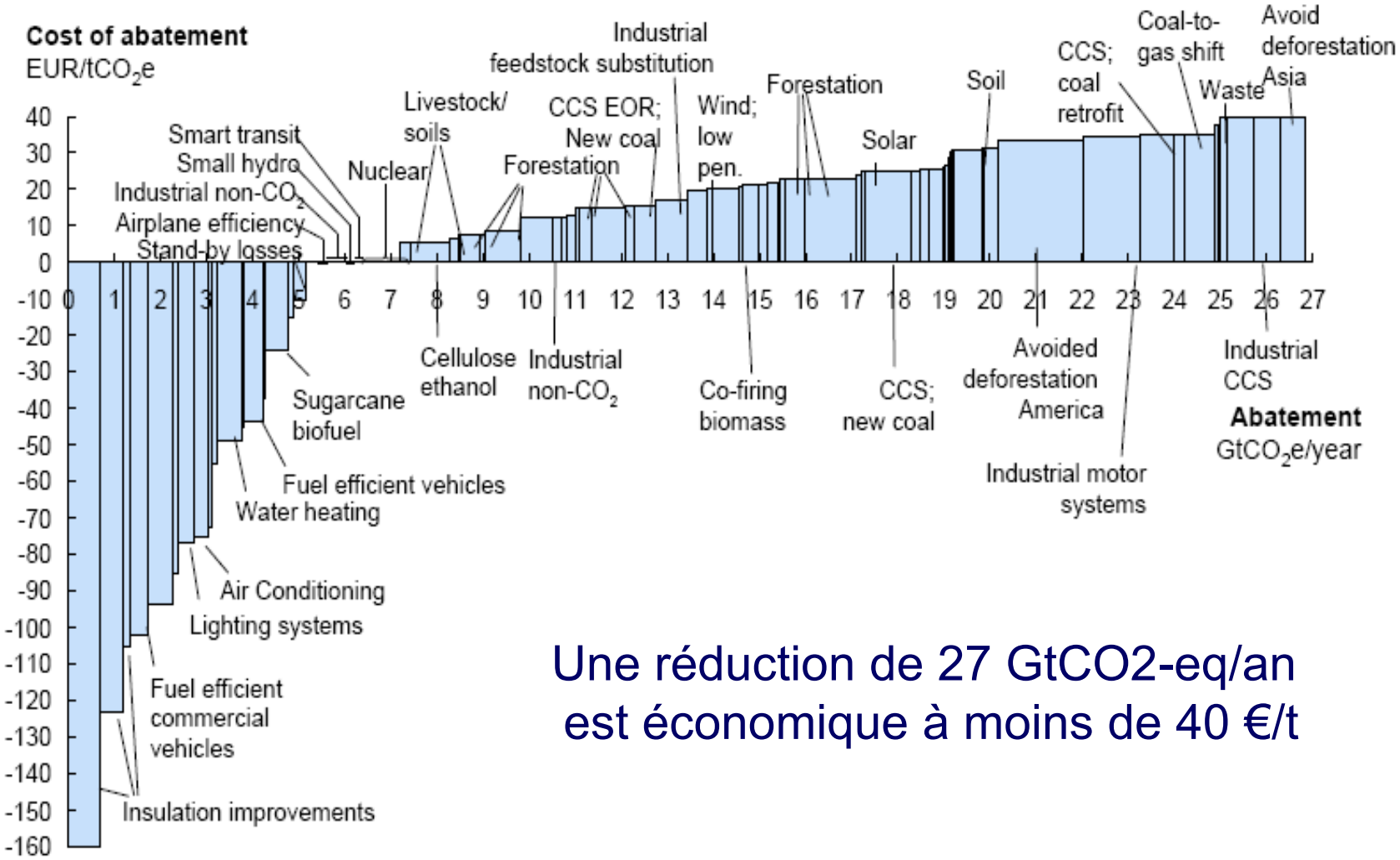
© 2008 Deloitte Conseil

Baisse de la demande électrique et dé-carbonisation de la génération d'électricité devront représenter près de 2/3 de l' effort de réduction des émissions de CO2



Réduction d'émissions nécessaires à l'atteinte du scenario 450 ppm scenario par rapport au Scenario de Référence de l'AIE

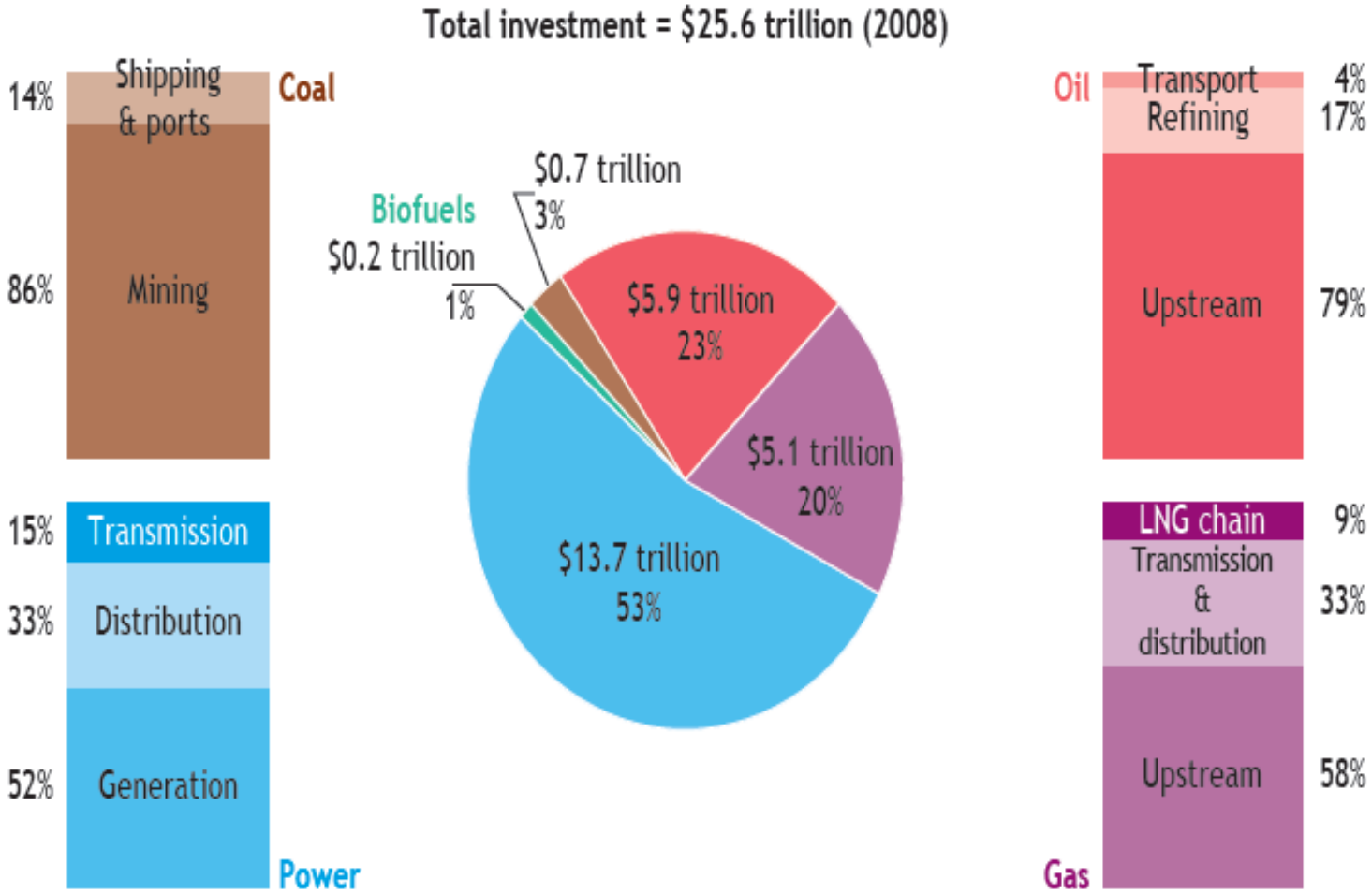
Les coûts de la réduction des émissions de CO2 par technologie



Une réduction de 27 GtCO2-eq/an est économique à moins de 40 €/t

Source: McKinsey

Montant d'investissement global cumulé dans les infrastructures énergétiques (2008-2030)

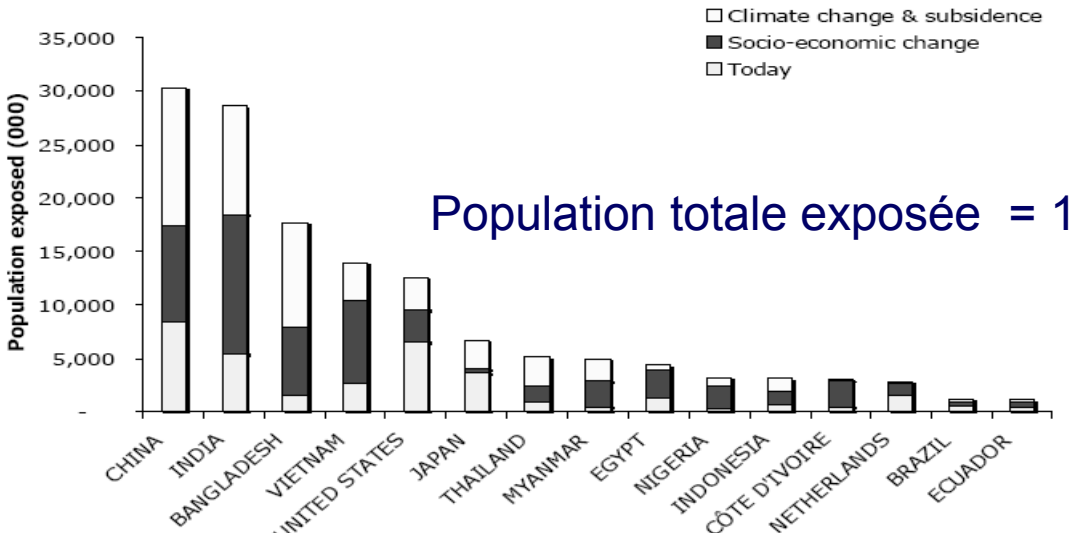


Source: IEA, WEO2009, Reference scenario

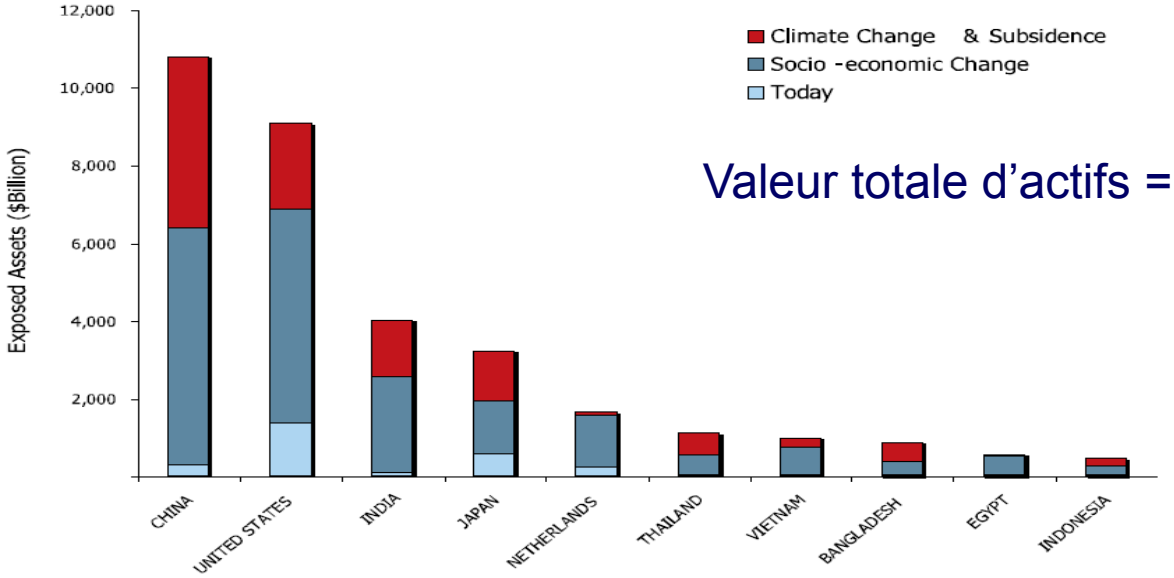
A ce montant de 25 000 milliards US$ s'ajoutent environ 10 000 milliards US$ de coût de transition vers une économie « bas-carbone »

© 2009 Deloitte

Populations et valeur d'actifs menacées par le changement climatique
Les 15 pays les plus exposés entre aujourd'hui et 2070



Population totale exposée = 140 millions de personnes



Valeur totale d'actifs = 35 000 milliards US$

Source: OECD Environment Working Paper, 2008

Agenda

“We are on course for a dirty, expensive and unstable future” (International Energy Agency)

1. **Une longue histoire de carbone**
2. **Vers une offre énergétique contrainte?**
3. **Les coûts de la contrainte carbone**
4. **Le marché du carbone va-t-il sauver le climat?**

© 2009 Deloitte

De Copenhague à Cancun: de la discorde…

- **Quelques engagements forts**
  - **Union européenne** : objectif de réduction des émissions de GES de 20 % d'ici 2020 par rapport à 1990. Envisage de passer à -30 % même sans accord climatique international.
  - **Japon :** objectif de réduction de 25 % d'ici 2020 par rapport à 1990.
- **Des avancées majeures :**
  - **Etats-Unis** : Objectif de 17 % de réduction des GES d'ici 2020 par rapport à 2005, encore à valider par le Congrès. Engagement conditionné à une plus grande implication des pays émergents tels que la Chine.
  - **Chine :** aucun objectif chiffré mais engagement à réduire la croissance de ses émissions et à limiter progressivement sa dépendance aux énergies fossiles.
- **Des résistances**
  - **Canada :** objectif de réduction de 20 % par rapport à 2006 d'ici 2020. Demande d'une reconnaissance de « circonstances nationales » dans le futur accord.
  - **Inde :** refus d'objectif de réduction contraignant et volonté d'adoption d'actions volontaires dans le cadre d'un nouvel accord.
  - **Russie :** objectif de réduction de 15 à 25 % pour 2020 par rapport à 1990.

De Copenhague à Cancun: … à la concorde?

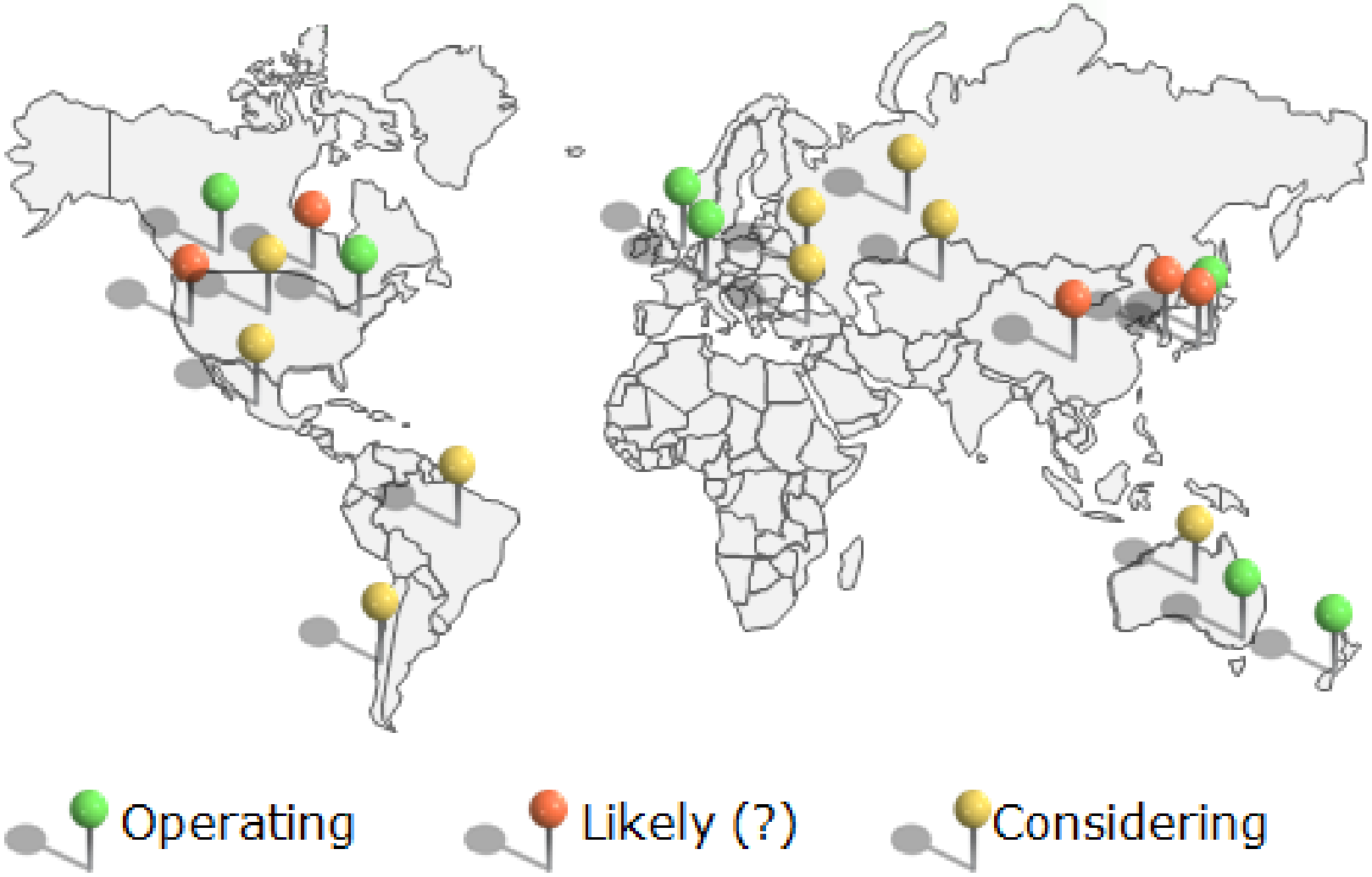
La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), réunie à Cancún (Mexique) a adopté samedi 11 décembre 2010 « un paquet équilibré de décisions » qui, notamment:

- **Réintègre dans le cadre multilatéral onusien les engagements** pris lors du précédent round de négociations à Copenhague en 2009 ;
- **Rend possible la poursuite et l'élargissement des outils de marché mis en place par le protocole de Kyoto** ;
- **Fixe une feuille de route technique et méthodologique pour les négociations de 2011** qui s'achèveront en décembre à Durban (Afrique du Sud);
- **Vise la limitation d'un réchauffement d'au plus 2°C d'ici la fin du siècle**, emportant des engagements de réduction des pays développés comme des pays en développement ;
- **Reconnait que les objectifs de réduction d'émissions déjà proposés à Copenhague** par les pays développés et en développement restent insuffisants pour atteindre la cible de 2°C ;
- **Propose la création d'un fonds vert pour gérer les financements** attendus des pays développés envers les pays en développement (30 milliards de dollars sur 2010-2012 et 100 milliards de dollars par an d'ici 2020). Ce fonds sera confié pour les 3 ans à venir à la Banque mondiale

Les outils de politique économique au service du changement climatique

- **La réglementation**
  Ex. Directive européenne : norme de 130gCO_2/km en 2012 pour les véhicules automobiles particuliers neufs
  - 👍 *: radicale si elle est appliquée*
  - 👎 *: difficultés de mise en œuvre, coût économique*
- **La fiscalité**
  Ex. taxe carbone en Suède et en France
  - 👍 *: Coût économique déterminé, applicabilité à tous les secteurs, prise en compte des secteurs d'émissions diffuses et nouvelles recettes financières*
  - 👎 *: incertitude sur l'atteinte de l'objectif de réduction d'émission, risques d'exemptions et coût économique, utilisation inappropriée*
- **Les systèmes d'échange de droits d'émission (*cap & trade*)**
  Ex : Kyoto pour les Etats, système européen d'échange de quotas de CO_2 pour les industriels
  - 👍 *: optimisation des coûts économiques, objectif environnemental fixé au démarrage, **émergence d'un prix de marché du CO2***
  - 👎 *: complexité, risques de coûts de gestion élevés, **volatilité et illisibilité du mécanisme de formation des prix***

La perspective d'un marché mondial du carbone est encore lointaine mais celle de marchés régionaux se rapproche



Source: Hood, 2010, IEA information paper, CDC Climat

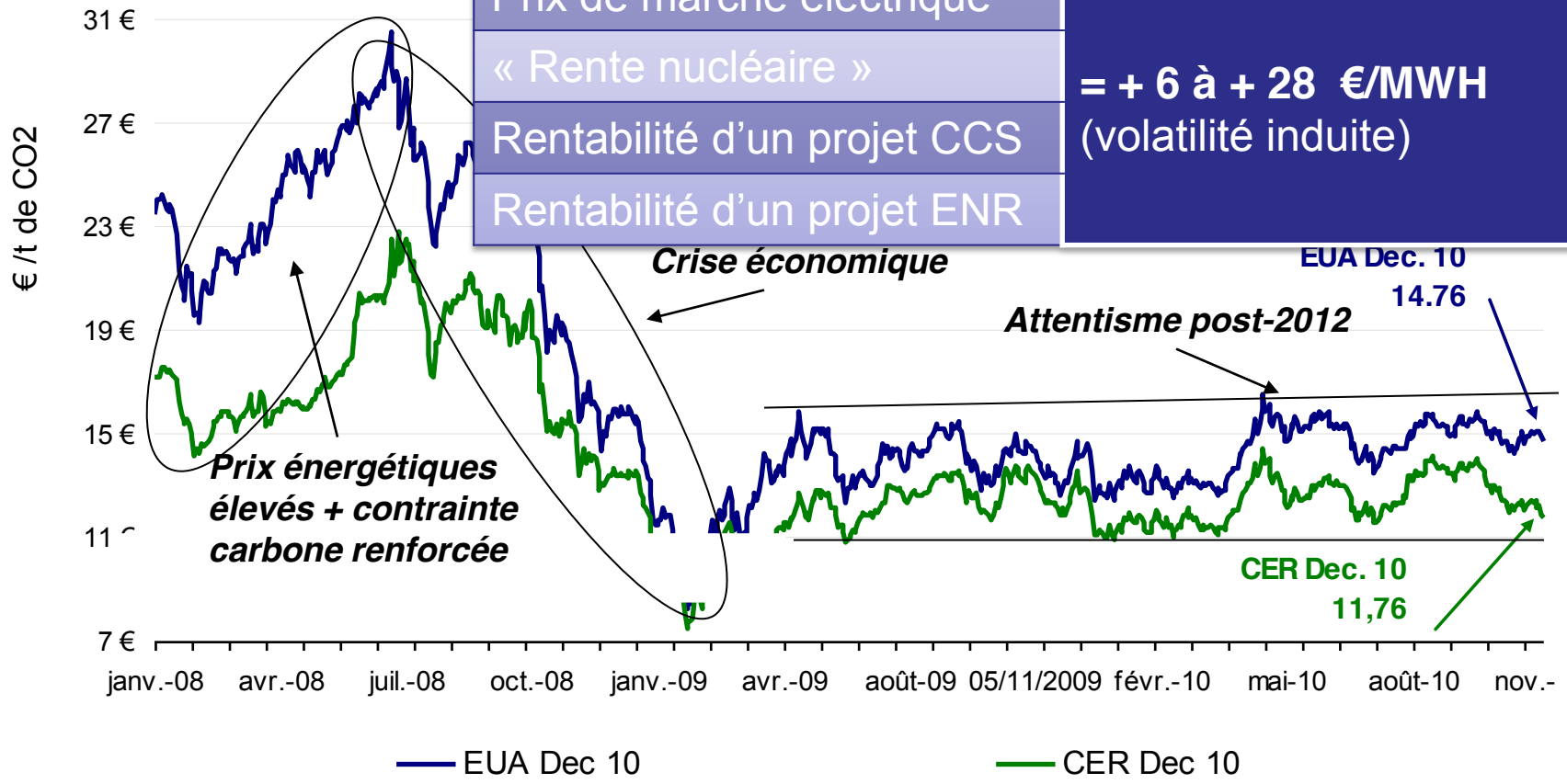
Le marché européen du carbone (évolution du prix de l'EUA)

La « rente carbone » a varié de 7 à 31 €/tCO2 en 6 mois, soit:

Coût marginal du MWh charbon

- Prix de marché électrique
- « Rente nucléaire »
- Rentabilité d'un projet CCS
- Rentabilité d'un projet ENR

= + 6 à + 28 €/MWH
(volatilité induite)



Source : CDC Climat Recherche, novembre 2010, Deloitte

Conclusion I

Il n'y aura ...

Pas de projets renouvelables

Pas de financements pour des projets de « charbon propre » (CCS)

Pas de financement de la « renaissance nucléaire » mondiale

Pas de chiffrage des politiques climatiques

…sans émergence d'un (ou de) prix de marché du carbone intelligible

© 2008 Deloitte Conseil

Conclusion II
Les réponses climatiques au secours de la sécurité énergétique…

L' action la plus efficace et la plus vertueuse afin de réduire mon "empreinte carbone", c'est de mesurer et réduire ma consommation d'énergie primaire.

Réduction de ma consommation énergétique =

- limitation des énergies importées
- réduction de la demande globale d'hydrocarbures
- pression à la baisse sur les prix
- augmentation de mon efficacité énergétique
- limitation du pouvoir de négociation du producteur
- limitation de la contrainte géopolitique
- renforcement de ma sécurité énergétique

Les nouveaux gisements d'énergies ne se trouveraient-ils pas en fait au cœur de ma propre consommation…?

© 2008 Deloitte Conseil

Merci!

gauthierjm@hec.fr
jgauthier@deloitte.fr

© 2009 Deloitte

- Coût marginal = Coût du combustible/efficacité thermique (€/MWh) + coût carbone (€/tCO2/MWh) + coût exploitation&maintenance (€/MWh)

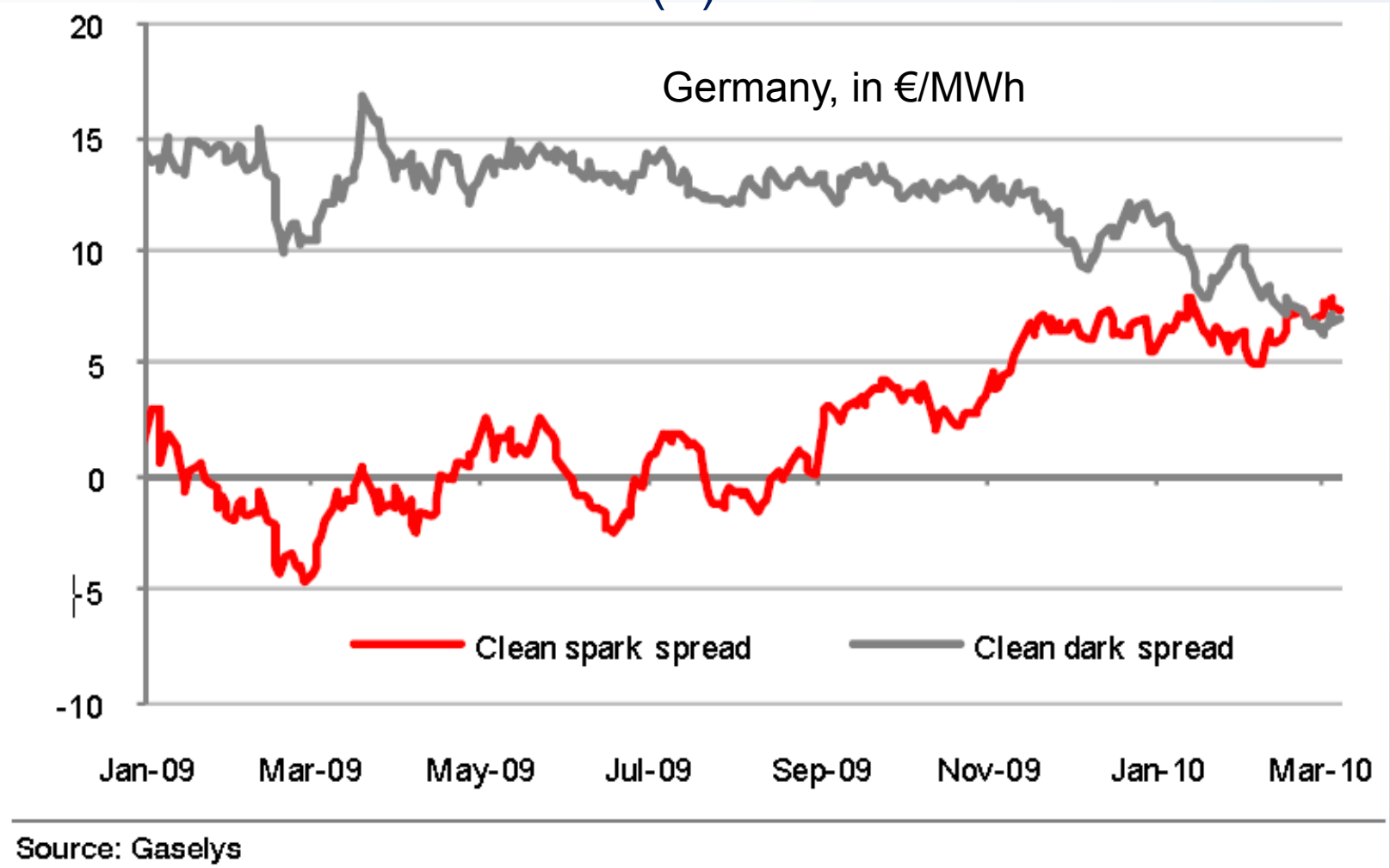
- Clean Spark Spread = Prix Electricité – Coût marginal gaz

- Clean Dark Spread = Prix Electricité – Coût marginal charbon

	Fuel €/MWh	Carbone €/MWh	Opération & Maintenance (€/MWh)	Total €/MWh
Centrale charbon CO2 = 7 €/tCO2	19	6	8	**33**
Centrale charbon CO2 = 25 €/tCO2	19	24	8	**52**
Centrale gaz CO2 = 7 €/tCO2	39	2	5	**46**
Centrale gaz CO2 = 25 €/tCO2	39	8	5	**52**

© 2009 Deloitte

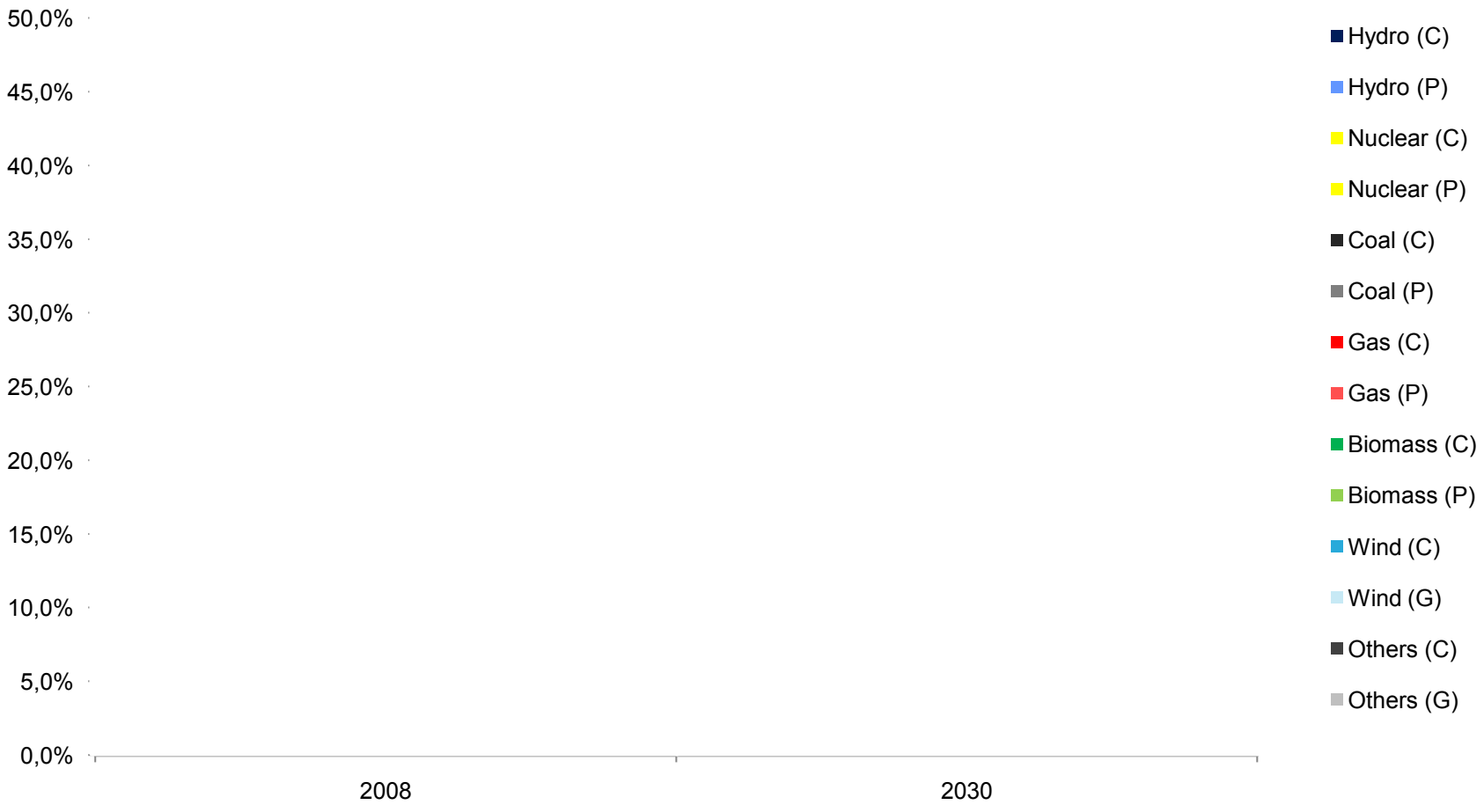
Price-setting mechanism on a wholesale electricity market (iii)



Clean Spark Spreads and Clean Dark Spreads

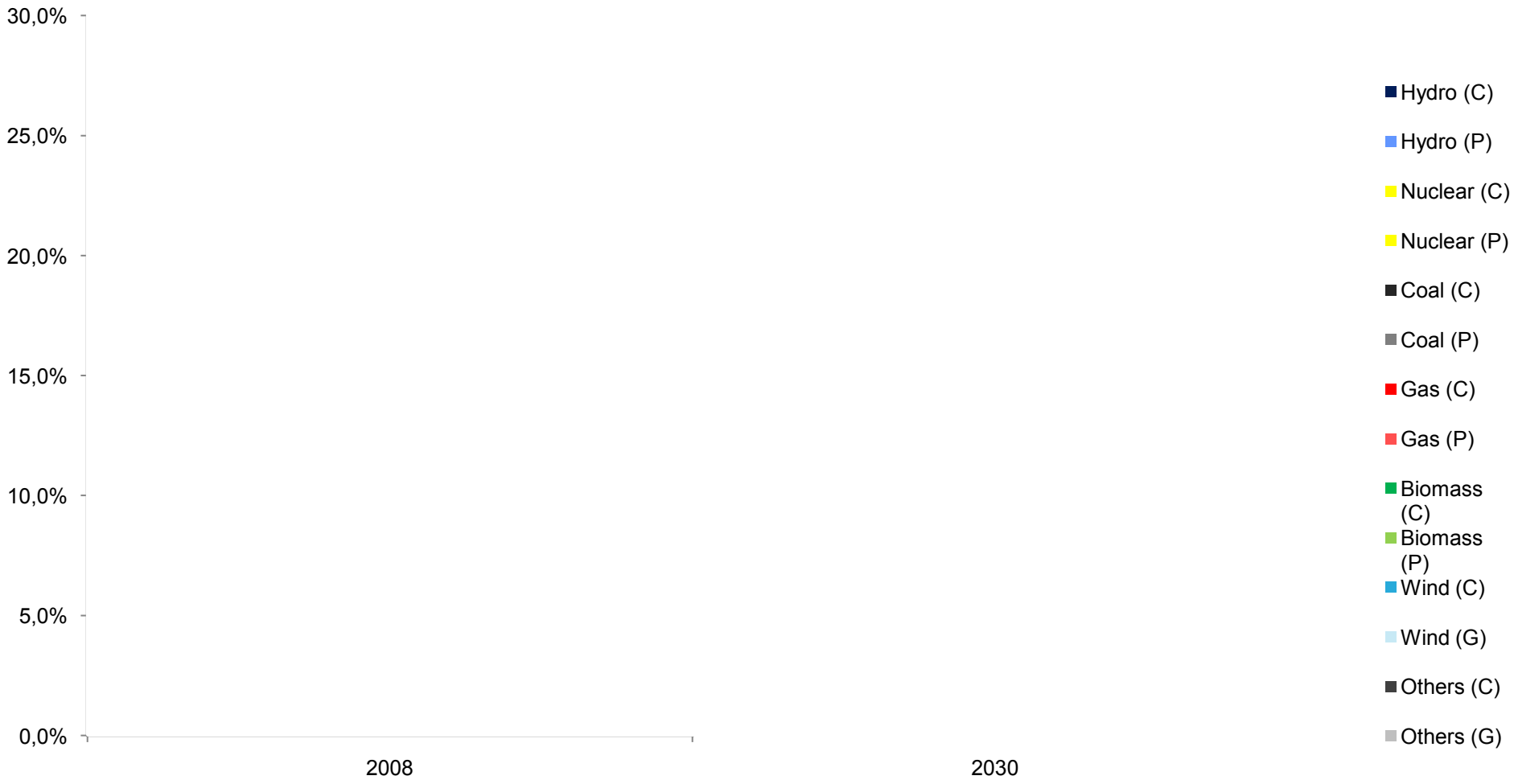
Source: Deloitte – SGCIB - CRE

US power



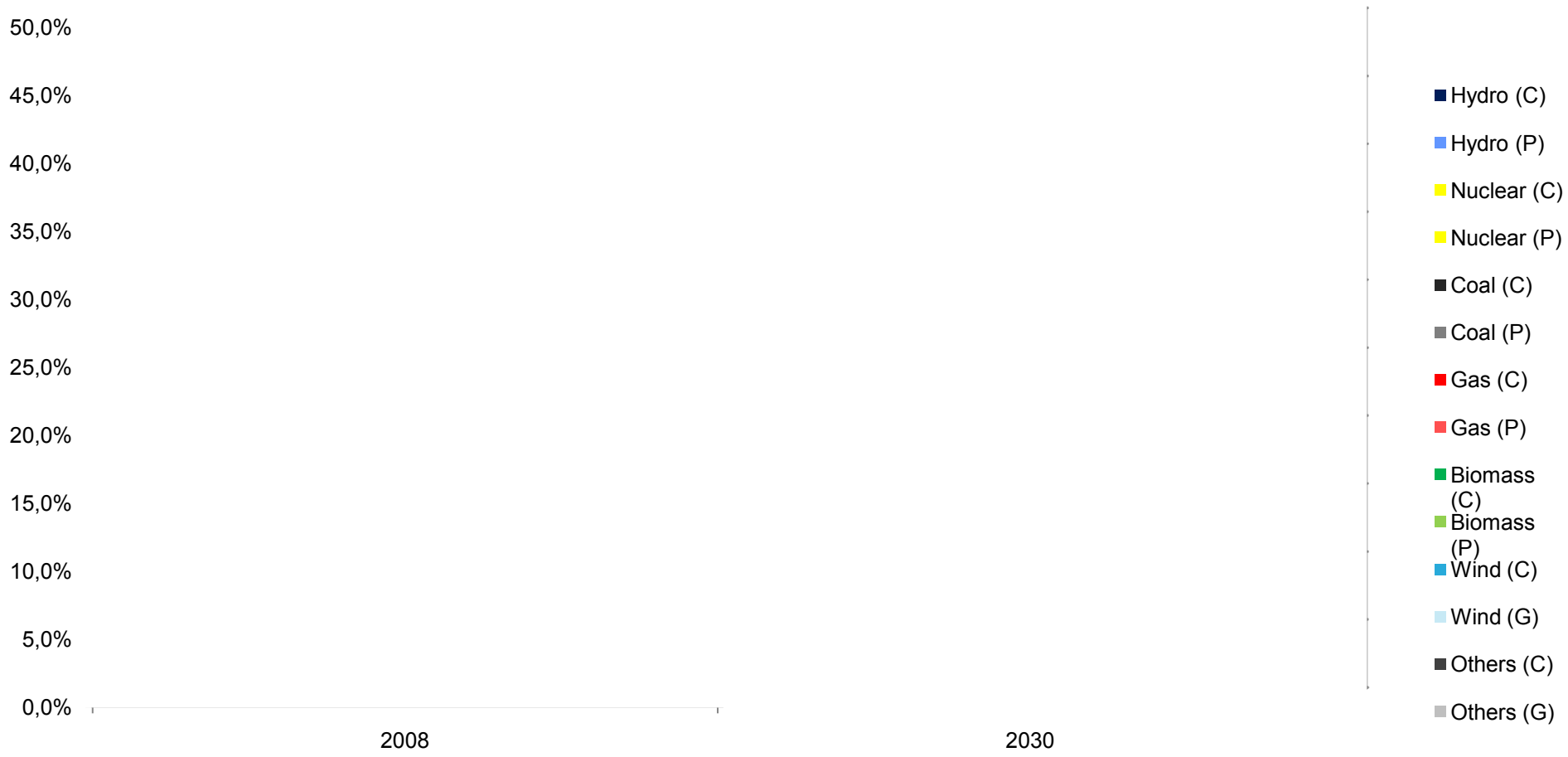
© 2009 Deloitte

EU Power



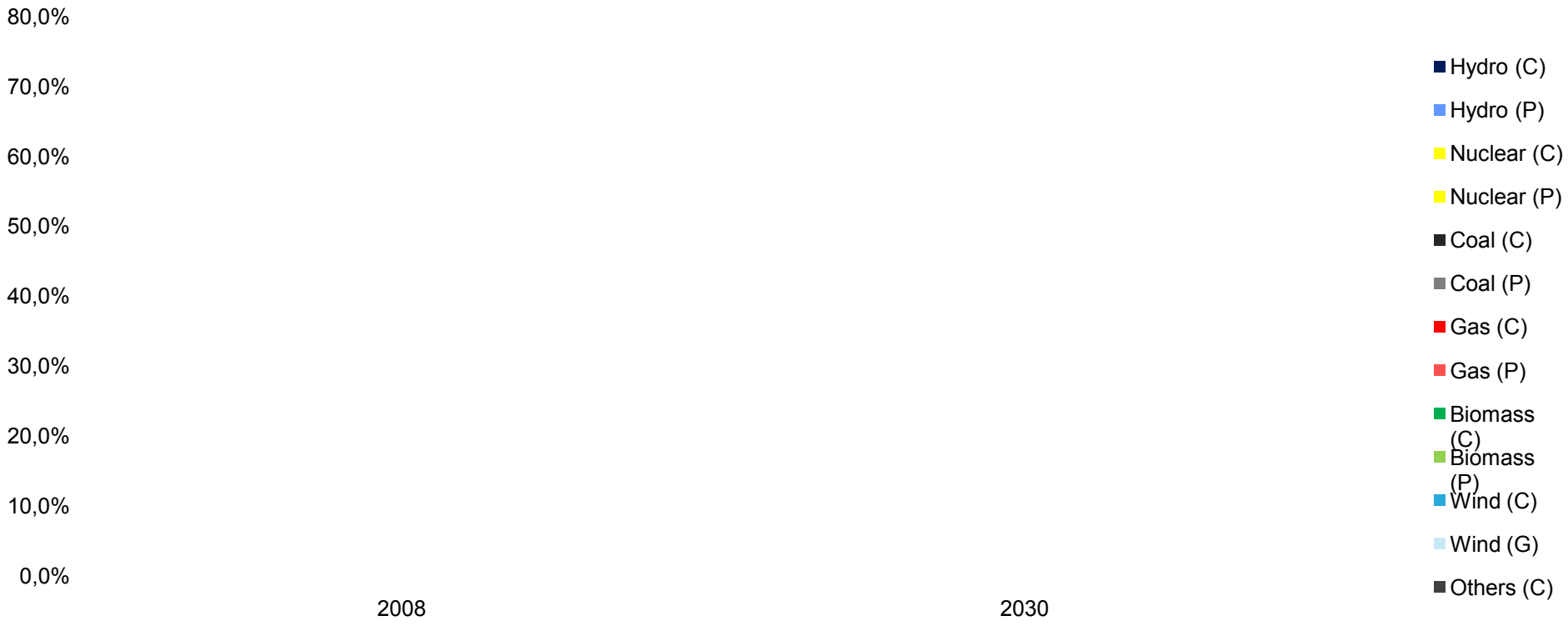
© 2009 Deloitte

Russie



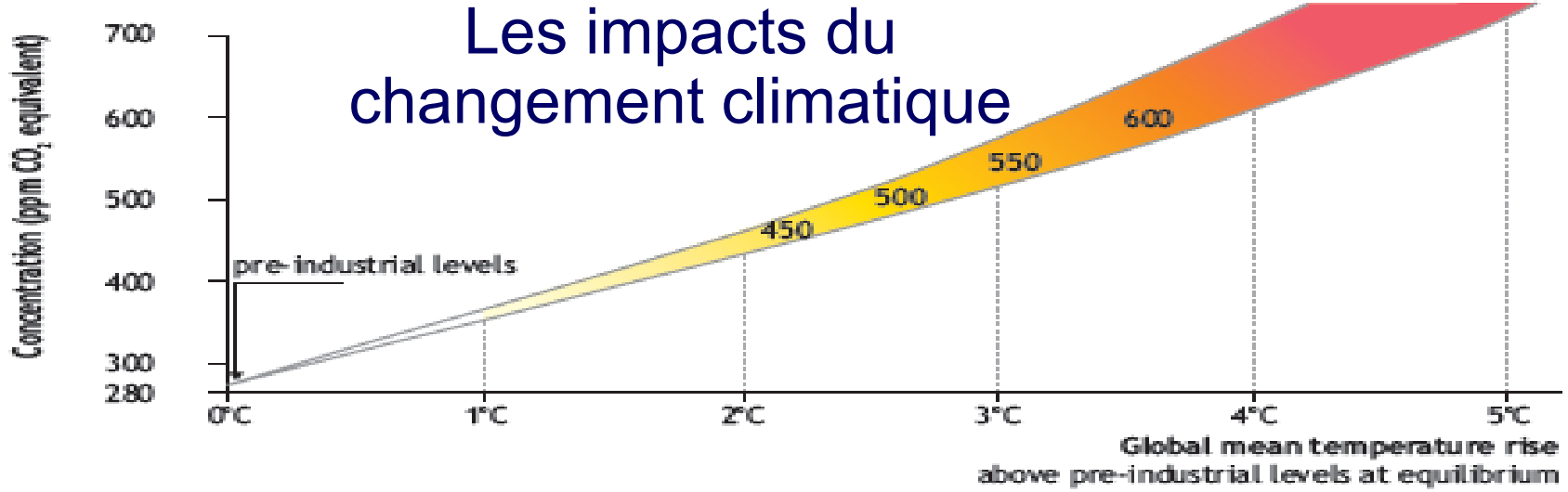
© 2009 Deloitte

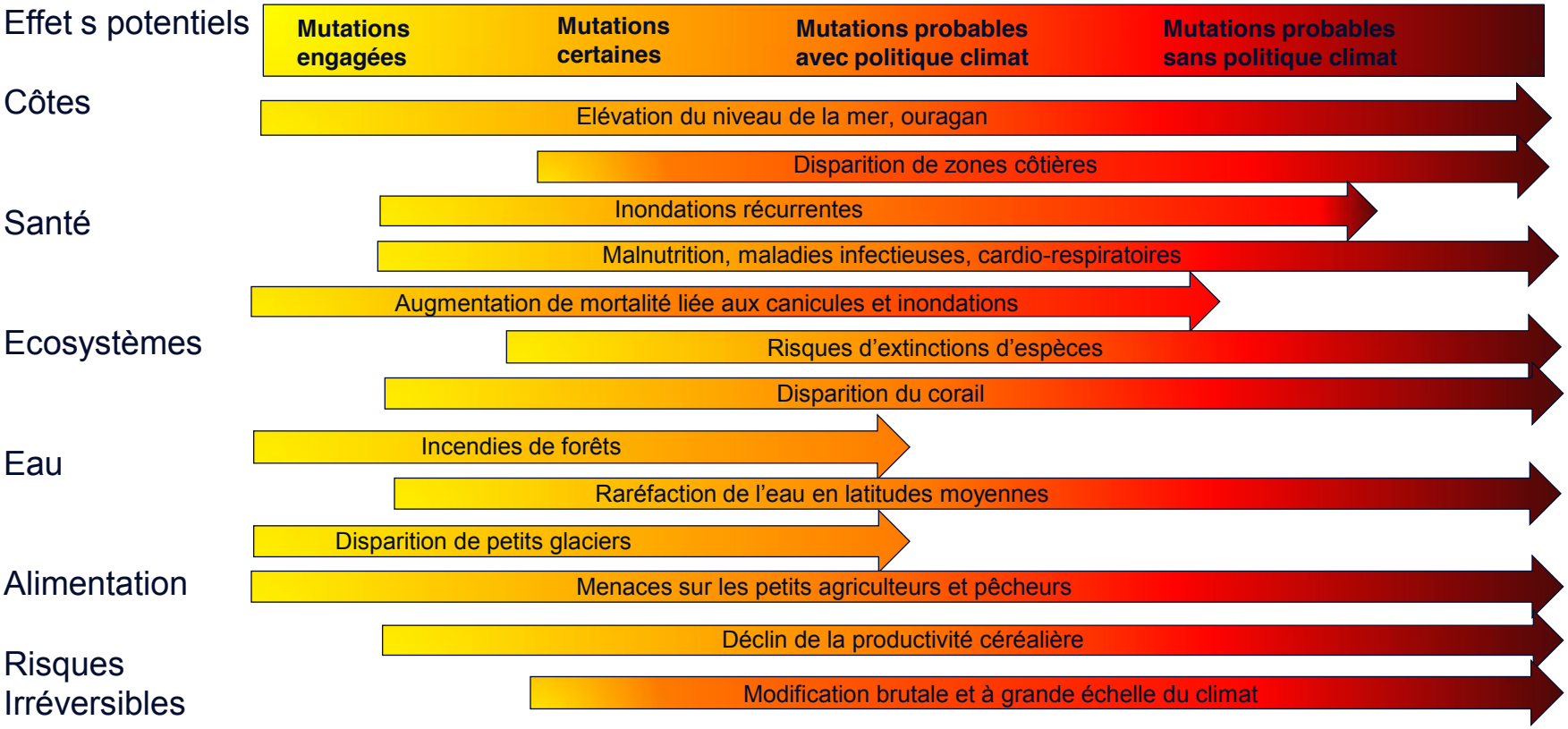
Chine



© 2009 Deloitte

Les impacts du changement climatique

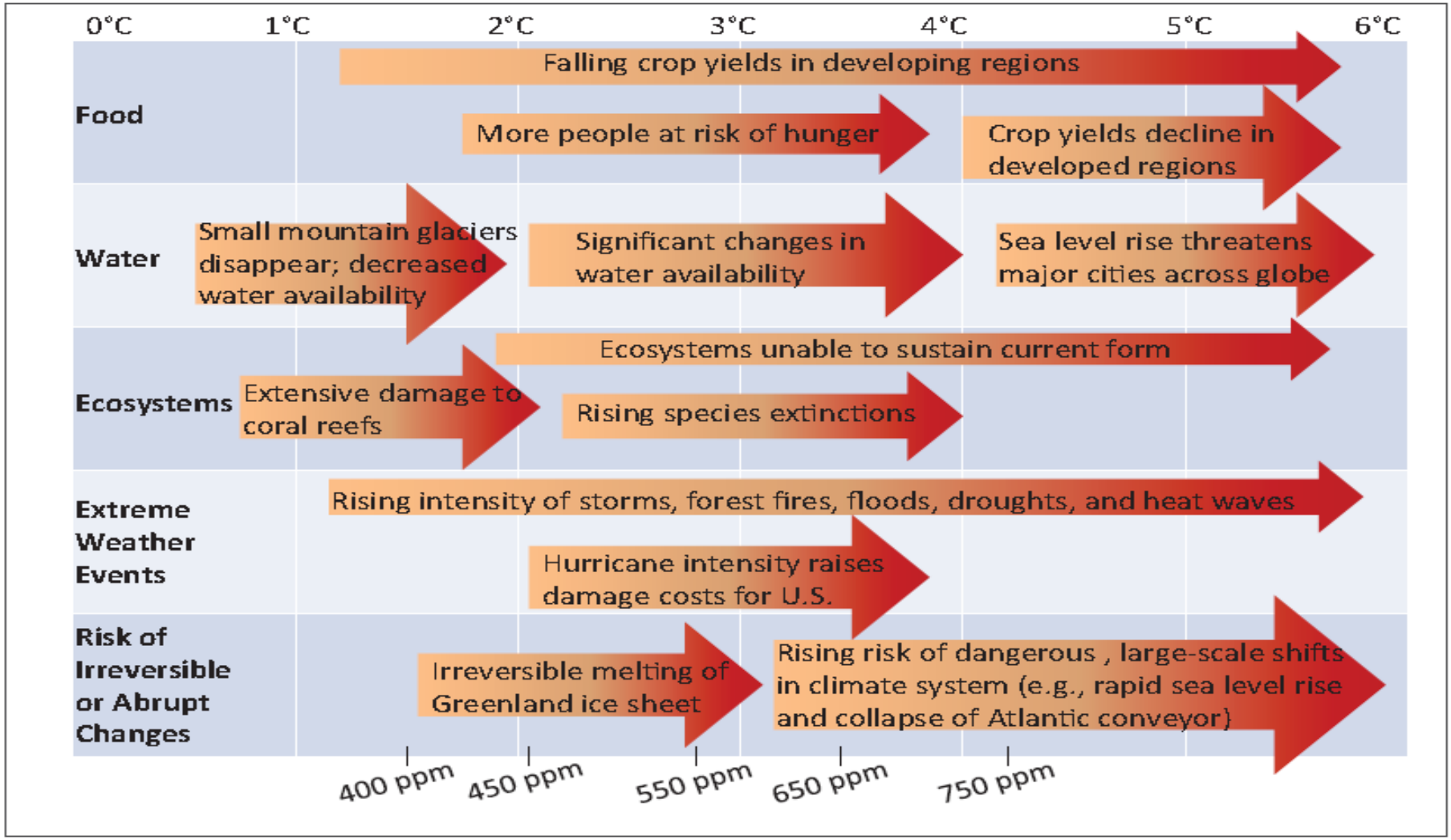




Sources: IEA, IPCC 2007, Rapport Stern, Deloitte

© 2008 Deloitte Conseil

Projected climate impacts of rising temperatures and increasing CO2 concentrations



Source: Stern Review on the Economics of Climate Change, Report to the Prime Minister and Chancellor of the Exchequer 2006

© 2009 Deloitte

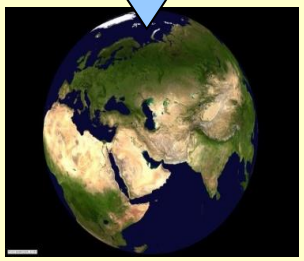
L'instrument de politique européenne
L'EU ETS ("Quotas de CO2")

- **Le périmètre des EU ETS représente:**

•41% des émissions de GHG de l'Europe

• 11% des émissions des pays développés

…



• 4% du total mondial d'émissions de GHG

	Période I : mise en route et apprentissage	Période II : période d'engagement au titre du Protocole de Kyoto
Période	2005 – 2007	2008 – 2012
Gaz concernés	CO_2	CO_2 et N_2O pour certains pays
Secteurs industriels couverts	Producteurs d'énergie, secteur des métaux ferreux, industrie minérale, papeterie, installations de combustion de plus de 20 MW des autres secteurs (agroalimentaire, chimie, production d'énergie externalisée, autres).	Inclusion de certains procédés chimiques dans certains pays, inclusion du transport aérien à partir de 2012.
Mode d'allocation des quotas	Quotas d'émissions alloués gratuitement	Système de mise aux enchères partielle des quotas alloués (7 % au Royaume-Uni, 1 % en Pologne)
Evolution des allocations	–	Réduction des allocations : • de 9 % au niveau européen • de 15 % en France (17 % à périmètre constant)
Prix des quotas observés	Mini : 0 €/t CO_2 (fin de période) Maxi : 30 € / t CO_2	Septembre 2008 : environ 24,5 € la tonne de CO_2

© 2008 Deloitte Conseil

Le carbone mesure de l'efficacité de l'économie

Parts des principales économies dans le commerce mondial (%)

Exporter	Value	Share	Importer	Value	Share
World (excl intra-EU	12,142		World (excl intra-EU)	12,430	
EU-27 (excl intra-EU)	1,928	15.9%	EU-27 (excl intra-EU	2,283	18.4%
United States	1,301	10.7%	United States	2,166	17.4%
China	1,428	11.8%	China	1,131	9.1%
Japan	782	3.4%	Japan	762	6.1%
Russia	472	3.9%	Russia	292	2.3%
India	179	1.5%	India	292	2.3%
Brazil	198	1.6%	Brazil	183	1.5%
South Africa	81	0.7%	South Africa	99	0.8%
Mexico	292	2.4%	Mexico	323	2.6%
		54.9%			60.5%

Emissions de CO2 des principales économies

		MT	Share
	Global Total	28,962.43	
1	China	6,071.23	21.0%
2	United States	5,769.31	19.9
3	EU-27	3,926.39	13.8
4	Russia	1587.36	5.5
5	India	1324.05	4.6
6	Japan	1236.34	4.3
7	Canada	572.94	2.0
8	Korea	488.71	1.7
9	Iran	465.9	1.6
10	Mexico	437.92	1.5
11	Australia	396.26	1.4
12	Indonesia	377.18	1.3
13	Saudi Arabia	357.9	1.2
14	Brazil	347.09	1.2
15	South Africa	345.77	1.2

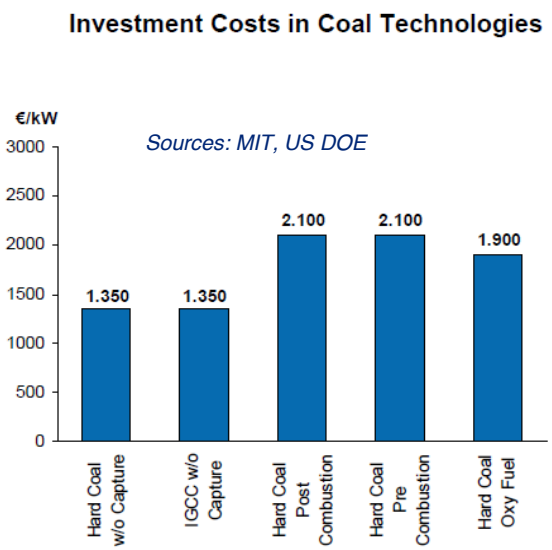
Sources: International Trade Statistics -2009 Report; IEA

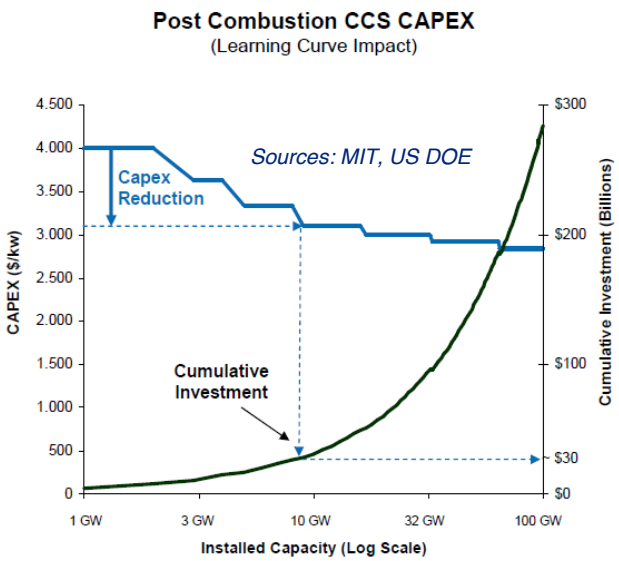
© 2009 Deloitte

6 - Va-t-on résoudre le dilemme charbonnier ?

- Le dilemme charbonnier s'énonce comme suit :
  - Abondant là où l'on a besoin de lui, à un coût marginal d'extraction faible (Chine, US)

    mais
  - 1 MWh sur charbon =~ 1 tonne de CO2 rejetée à l'atmosphère
- Le charbon est l'énergie qui affiche la perspective croissante la plus forte (30% de la demande totale d'énergie primaire en 2030 à égalité avec le pétrole).
- La technologie du charbon propre suppose un investissement équivalent à celui du nucléaire (3000 US$/KWe pour Schwarze Pumpe en Allemagne).
- Réduction de 20% de l'efficacité énergétique, doublement du coût du MWh.
- Les effets d'échelle restent à démontrer.
- Le nucléaire précèdera le charbon propre avec CCS

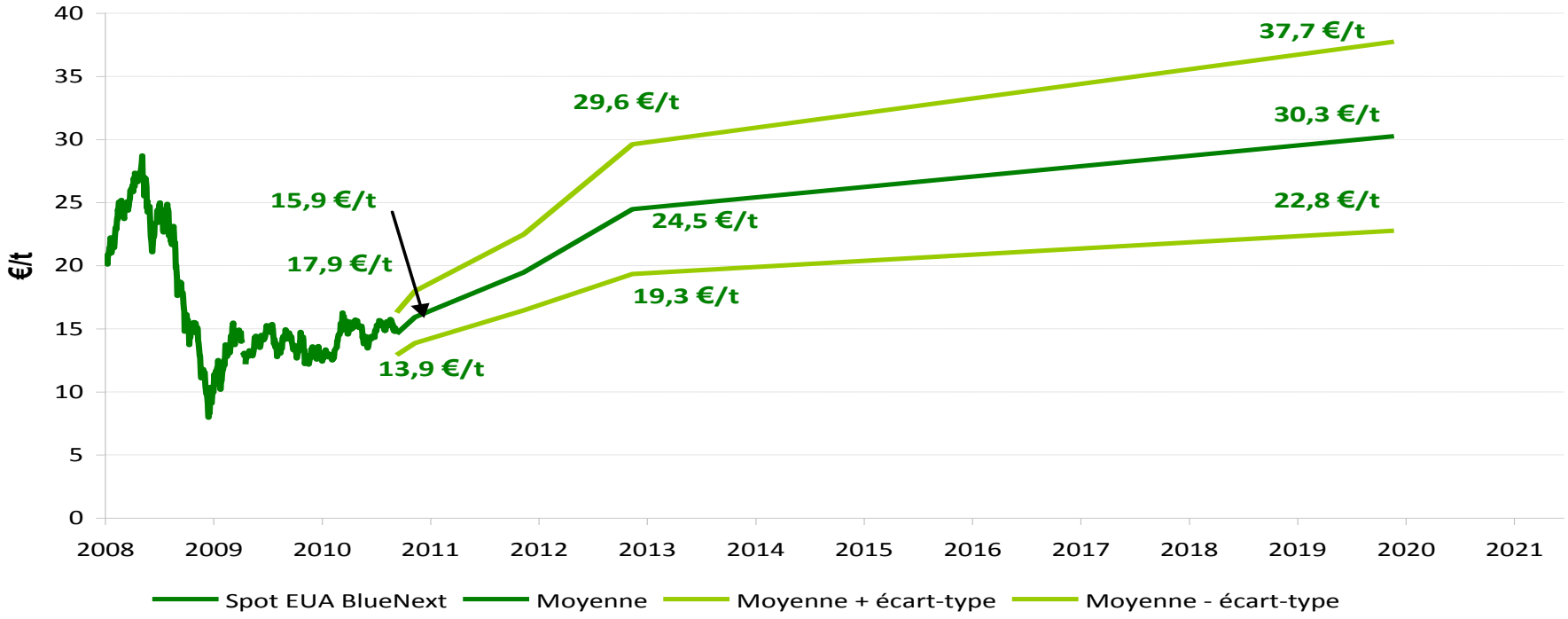




© 2009 Deloitte

3- Prévision : un prix du carbone jusqu'à 30€ en 2020

- Moyenne de prévision de prix à 24,5 €/t pour 2012 et 30,3 €/t pour 2020.
- Ces prévisions évolueront en fonction des décisions de l'UE sur:
  - L'objectif de réduction d'émission de GES (-20 % ou -30 %)
  - L'imposition de restrictions qualitatives sur les crédits CER

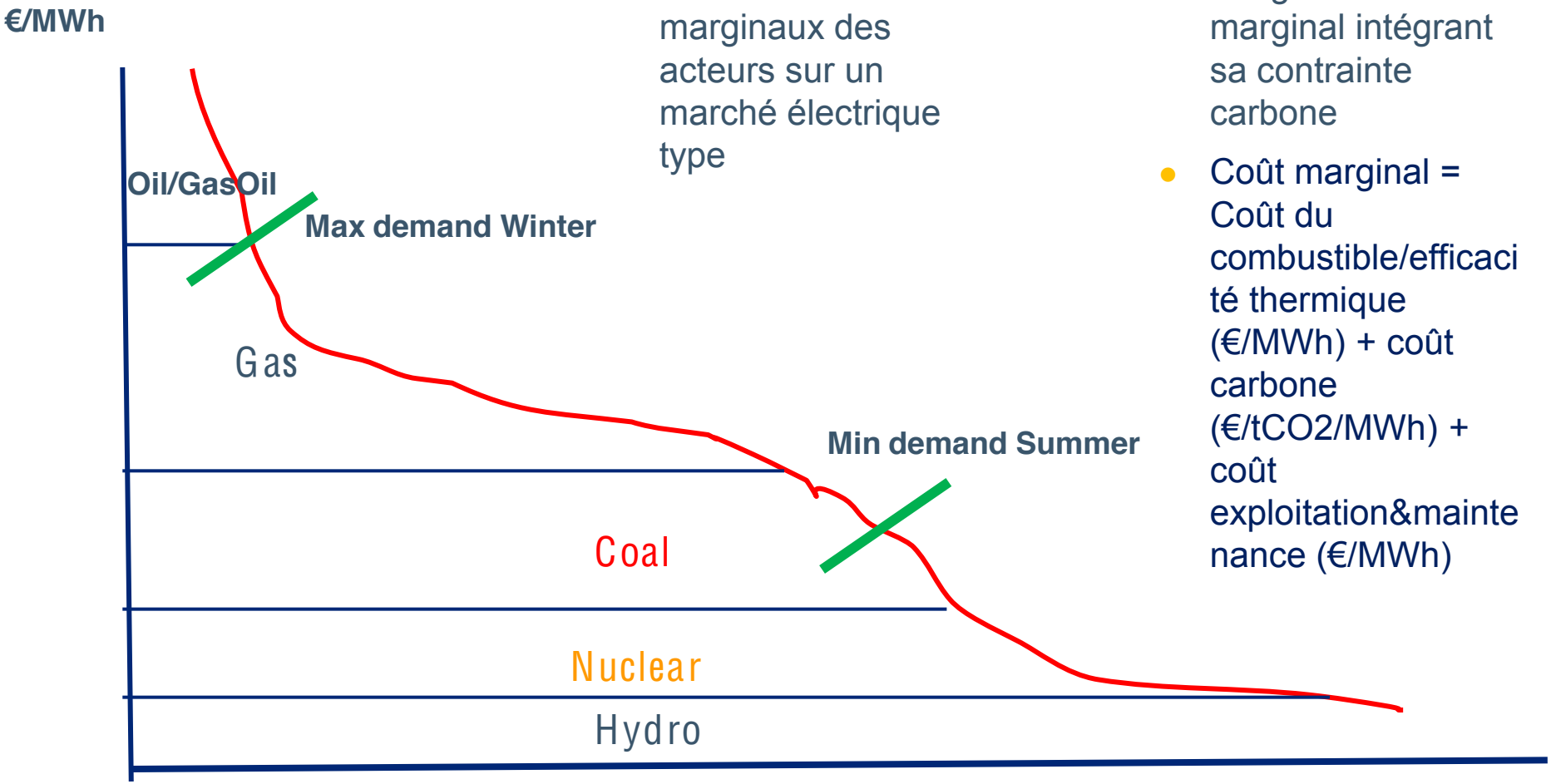


Source : CDC Climat Recherche décembre 2010

Le mécanisme de formation des prix de marché de l'électricité sans contrainte carbone

- Ordre de préséance économique entre les différents coûts marginaux des acteurs sur un marché électrique type

- Le prix de marché est égal au coût marginal de l'outil marginal intégrant sa contrainte carbone
- Coût marginal = Coût du combustible/efficacité thermique (€/MWh) + coût carbone (€/tCO2/MWh) + coût exploitation&maintenance (€/MWh)

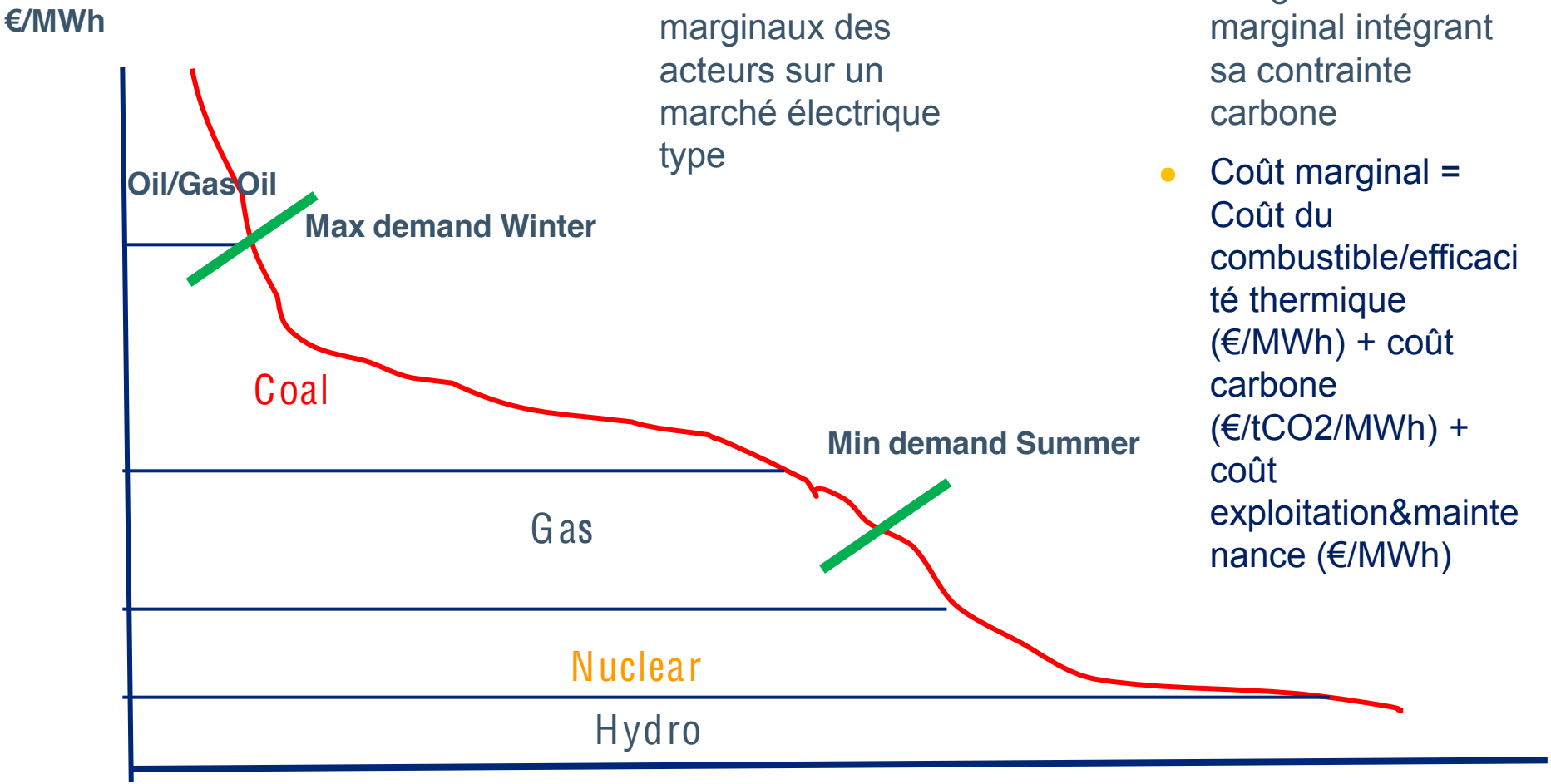


Monotone des prix en fonction des puissances appelées sur une année

Le mécanisme de formation des prix de marché de l'électricité avec contrainte carbone

- Ordre de préséance économique entre les différents coûts marginaux des acteurs sur un marché électrique type

- Le prix de marché est égal au coût marginal de l'outil marginal intégrant sa contrainte carbone
- Coût marginal = Coût du combustible/efficacité thermique (€/MWh) + coût carbone (€/tCO2/MWh) + coût exploitation&maintenance (€/MWh)



Monotone des prix en fonction des puissances appelées sur une année