

# Le coût du nucléaire EPR

Benjamin Dessus

Global Chance

14 mai 2013

## Des caractéristiques très particulières

- Densité de puissance considérable : 5000 MW th dans un faible volume (500 000 logements),
- La création de produits nouveaux dangereux (plutonium, produits de fission) à maintenir strictement confinés,
- Un réacteur qui reste dangereux même arrêté, si panne de refroidissement (ex Fukushima),
- Des pertes des 2/3 d'énergie vers les rivières et l'atmosphère,
- Une production difficilement modulable,
- Des coûts d'accidents de l'ordre du PIB national.

## Qui induisent des caractéristiques de coûts très particulières

- Un coût d'investissement au kW très élevé
- Des frais de combustibles marginaux (quelques%)
- Des frais de maintenance très indépendants du taux de charge
- Des investissements à long terme très importants de démantèlement et de gestion-stockage des déchets dangereux
- Un cycle de vie d' une centaine d' années entre construction et démantèlement

## Structure du coût de l' EPR Flamanville

Taux de rémunération capital	7,8%
Durée de fonctionnement installation (ans)	60,0
Taux d'intérêt intercalaire	4,5%
Durée d'avance de trésorerie (ans)	6
Taux d'actualisation (hors inflation)	3%
Délai des dépenses de fin de vie ( ans)	69
Production annuelle	7010
Facteur de charge	80,0%

## Structure de coûts

Coût overnight (k€ /MW)	5150,0
Coût yc avance trésorerie	6706,6
Dépenses fin de vie k€/MW	300,0
Dépenses fin de vie actualisées k€/MW	39,0
Investissement total k€/MW	6745,7
Loyer économique	532,0
<i>dont loyer dépenses fin de vie</i>	3,1
Frais d'exploitation (k€ /MW)	110,0
Invt maintenance (k€/MW)	2,7

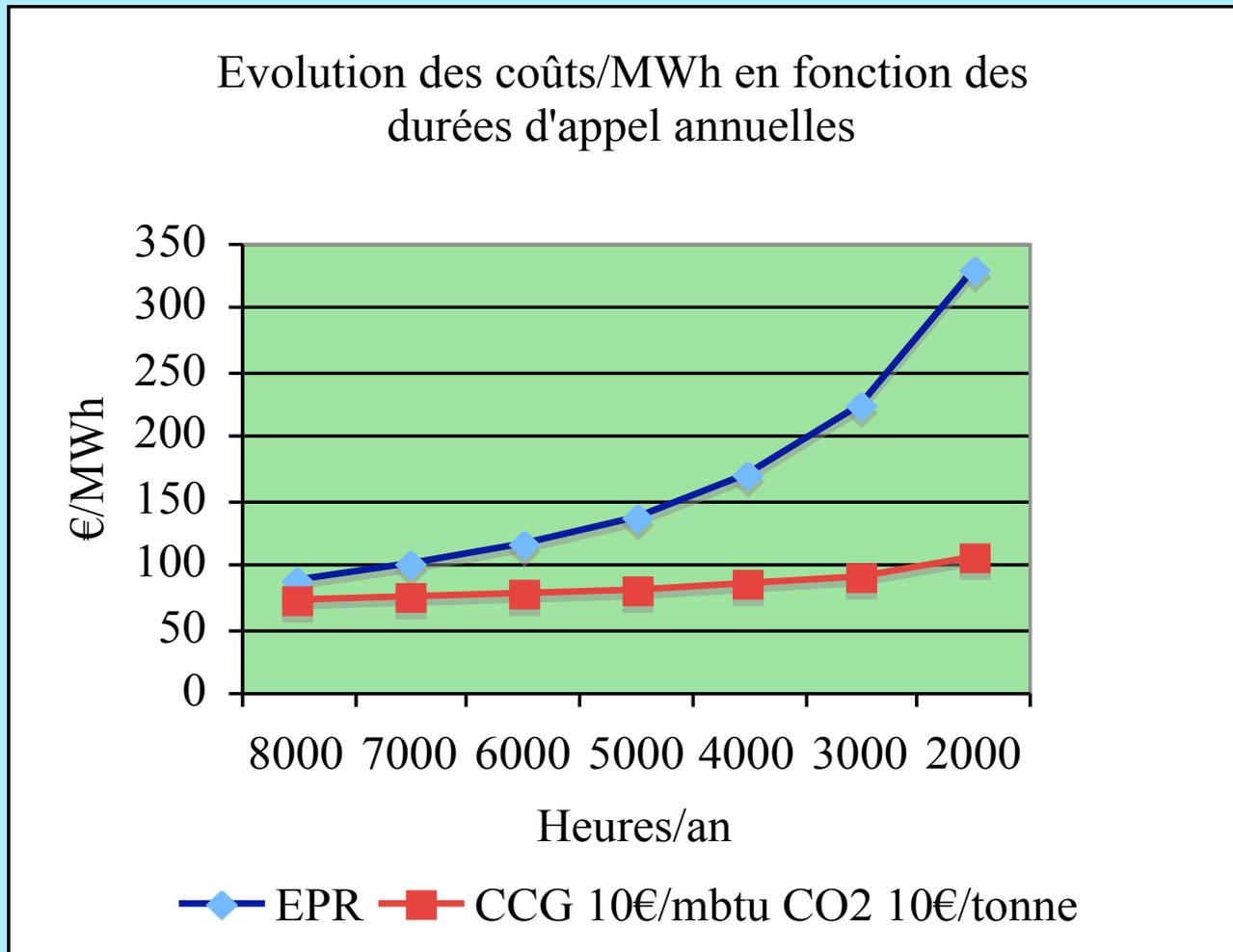
## Récapitulatif

Annuités capital/MWh	75,5
<i>dont annuités dépenses fin de vie</i>	<i>0,44</i>
Frais d'exploitation /MWh	15,7
Inv maintenance/MWh	0,4
provisions pour dépenses stockage/MWh	2,7
combustibles€/MWh	5,2
Coût courant économique	99,4

## Récapitulatif

- Des frais fixes de 90% du total
- Un investissement initial de 75 % du total
- Des frais de fin de vie apparemment très faibles, mais qui supposent le placement d'une réserve annuelle à 3% hors inflation pendant 70 ans
- Des frais de combustibles marginaux (5%)

# La nécessité d'un fonctionnement en base

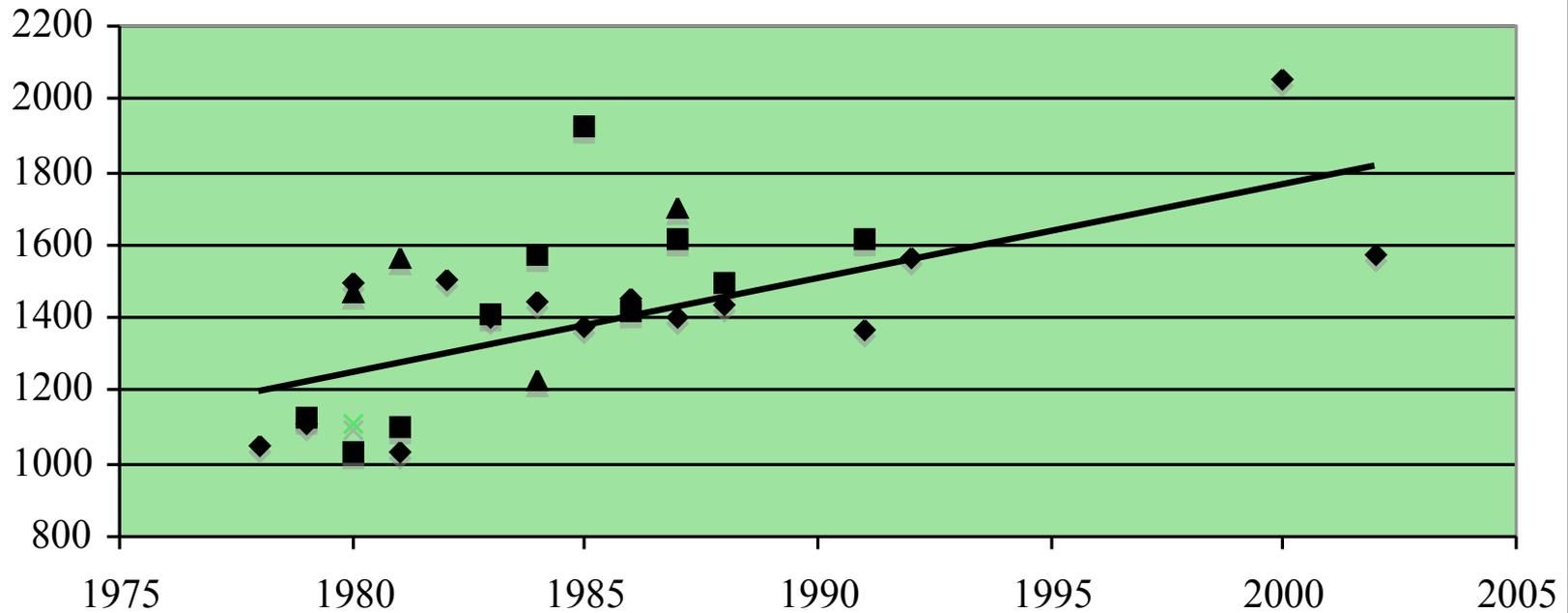


# L' apprentissage industriel?

- EDF parle d' une chute des coûts d'investissement de 25% dès le second EPR et le CEA de 50 à 75% des coûts de série.
- Le CEA envisage un raccourcissement de 40% des délais de construction.
- Quelle crédibilité à ces projections?

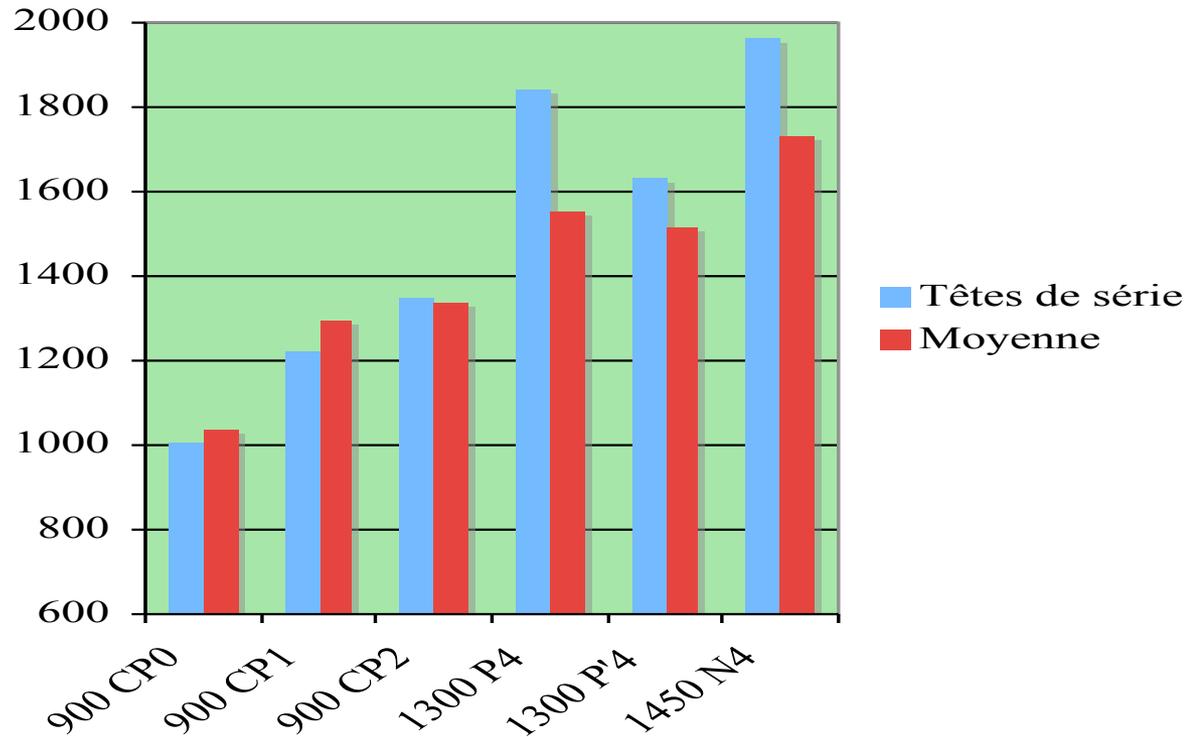
# Que dit l'histoire?

**Evolution du coût /kW des réacteurs au cours de la période 1978 -2002**



# Evolution sur le long terme

**Coûts "overnight" des têtes de série  
et coûts moyens des différents  
paliers de réacteurs français en  
fonctionnement**

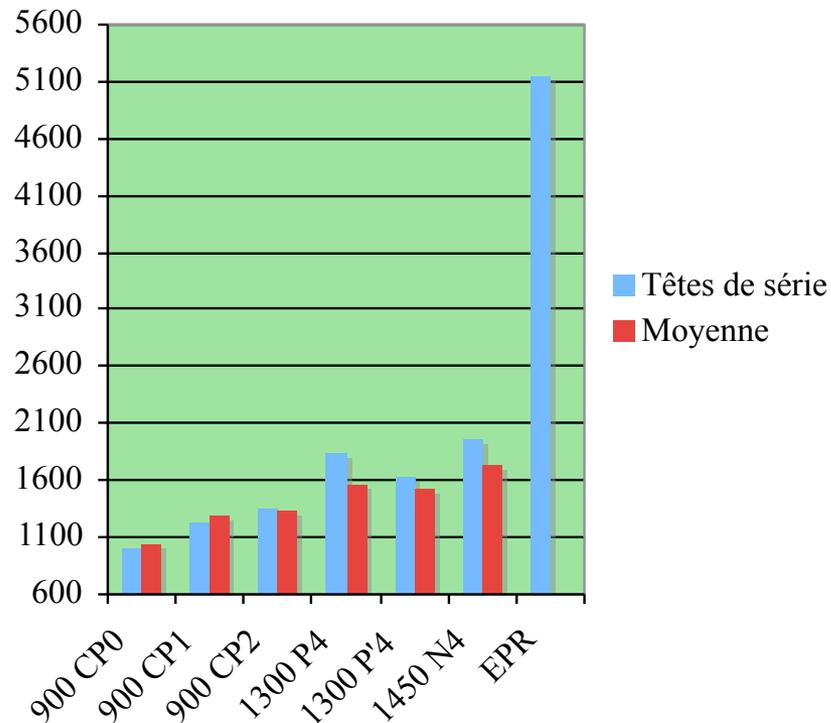


## Pas de loi claire sur les séries

- Pour les 900 MW (CP0, CP1 et CP2) un coût moyen  $>$ de 10% à la tête de série.
- Pour le 1300 P4 une chute de 16% , pour le P' 4 une chute de 7%
- Pour le 1450 N4 une chute de 12%.

# L' EPR hors épure

**Coûts moyens et coûts têtes de série des réacteurs français, y compris le futur EPR**

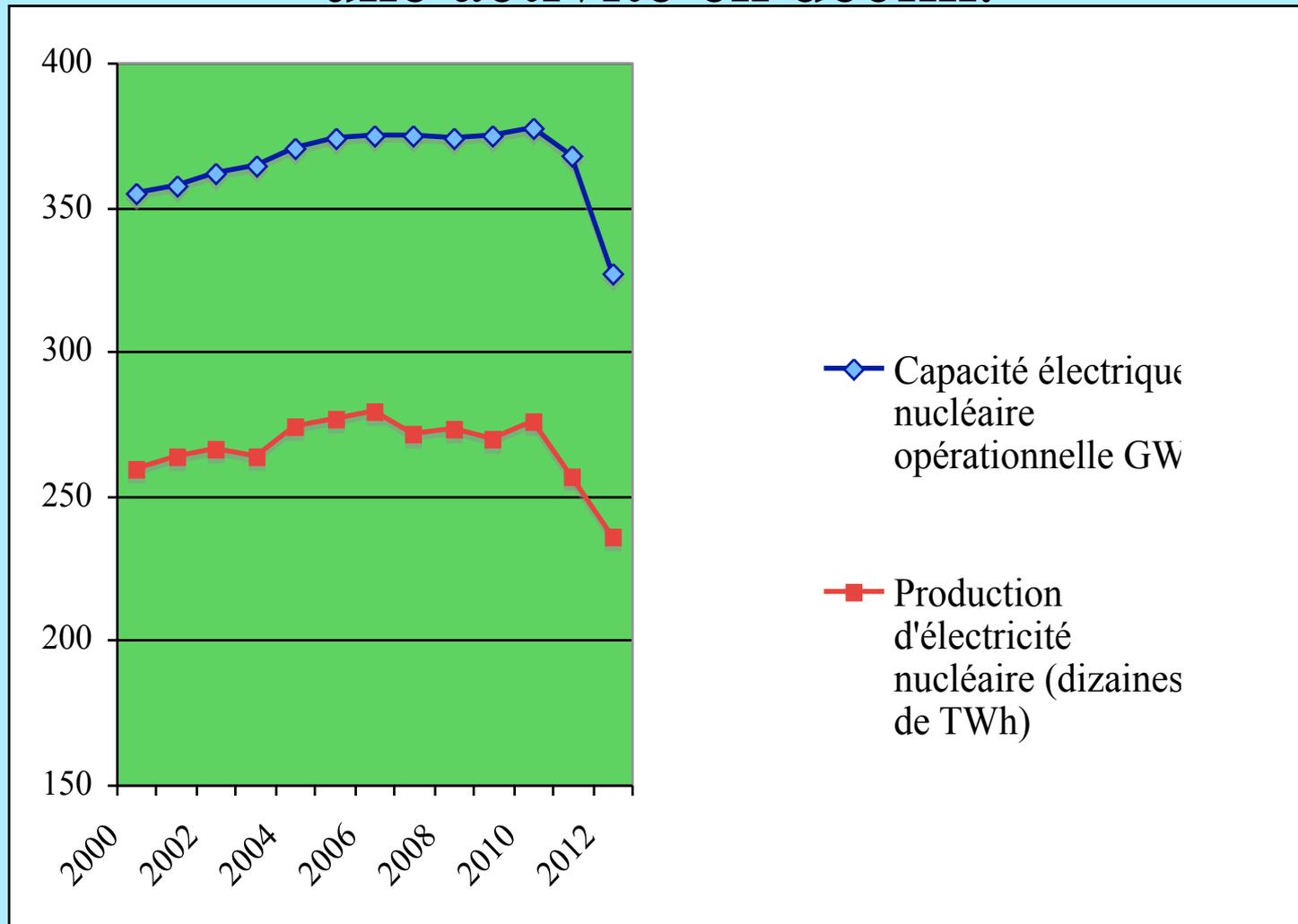


- une rupture majeure par rapport à la tendance qui aurait conduit à un coût de tête de série de l'ordre de 2400 /kW au maximum, (moins de la moitié de celui de Flamanville).

## Les raisons de ce « désapprentissage industriel » ?

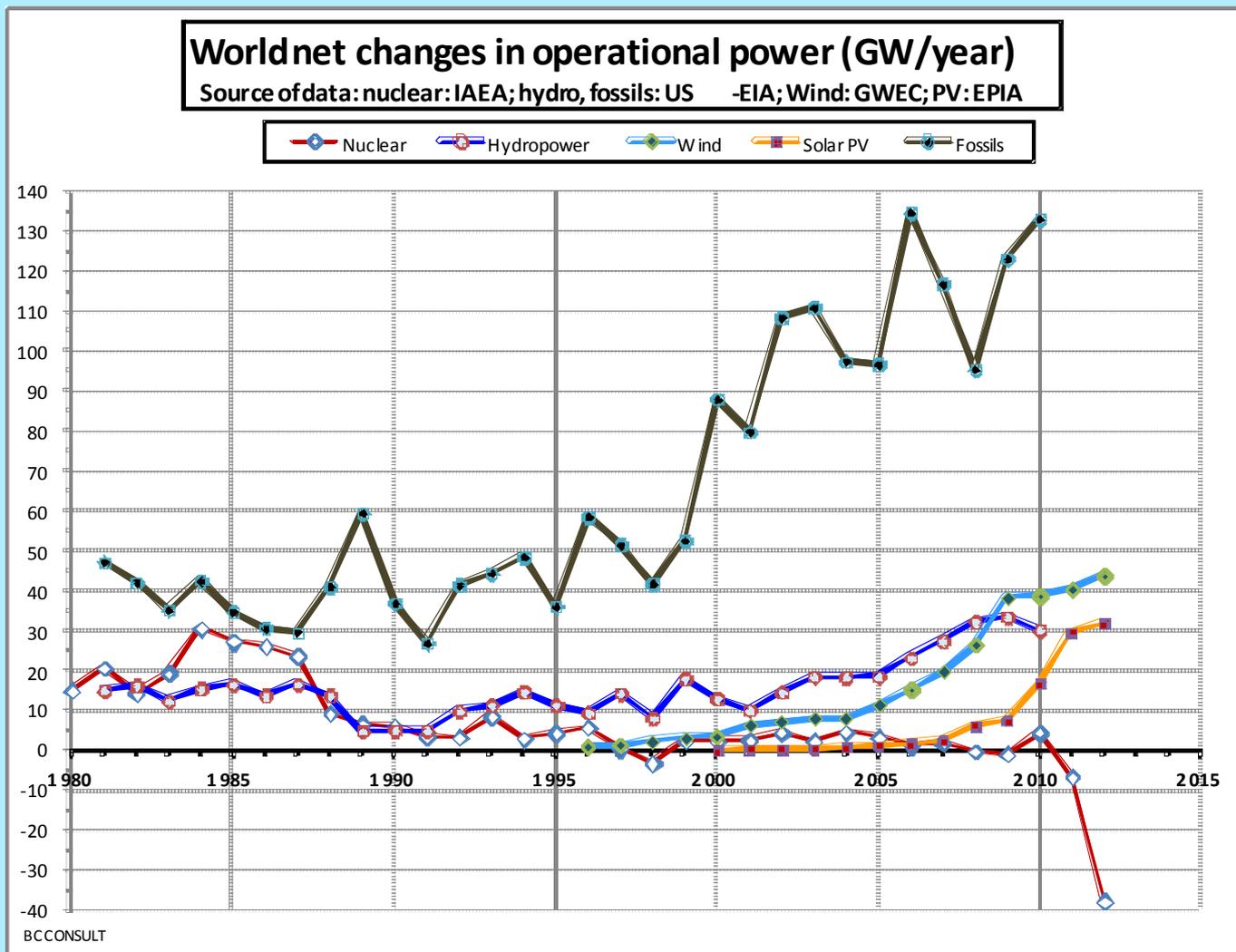
- Des règles de sûreté et de sécurité en constante évolution,
- Un effet de taille qui devient négatif par augmentation exponentielle de la complexité et du besoin de sûreté,
- La hausse des matières premières.
- Une phrase significative de Répussard (IRSN) : « *Fukushima ne remet pas en cause l'utilisation de la fission nucléaire comme source d'énergie. Mais il faut des technologies éliminant les risques d'accidents aussi graves* ».
- « *Cela demande peut-être de changer de paradigme, d'imaginer d'autres types de réacteurs et d'arrêter la course à la puissance. Avec une puissance thermique de plus de 5000 MW pour une puissance électrique de 1650 MW-, on arrive à des quantités gigantesques d'énergie stockées dans le coeur du réacteur* ».

# L' état du nucléaire mondial : une activité en déclin.

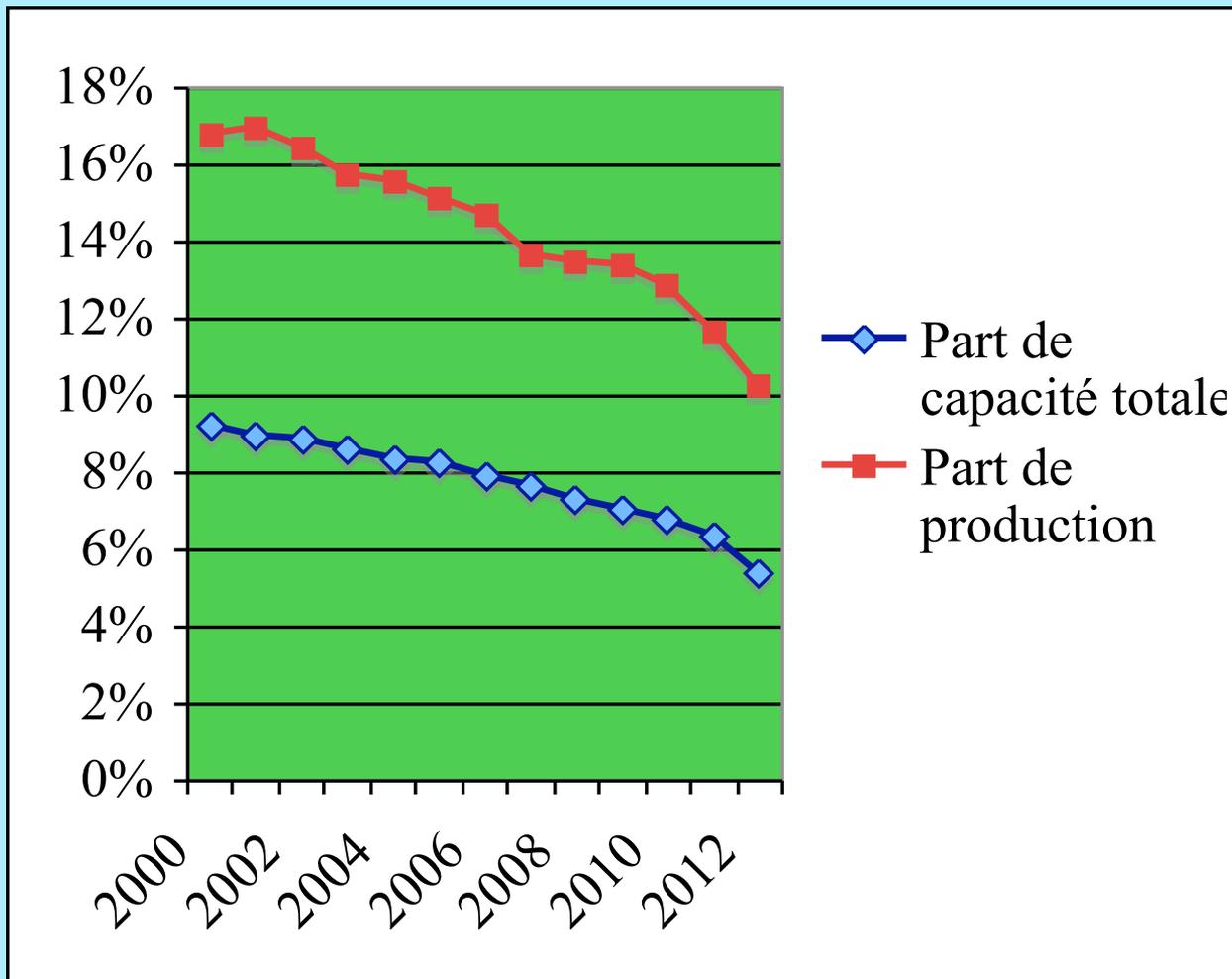


# Une activité en déclin

Source : B Chabot <http://www.renewablesinternational.net/>

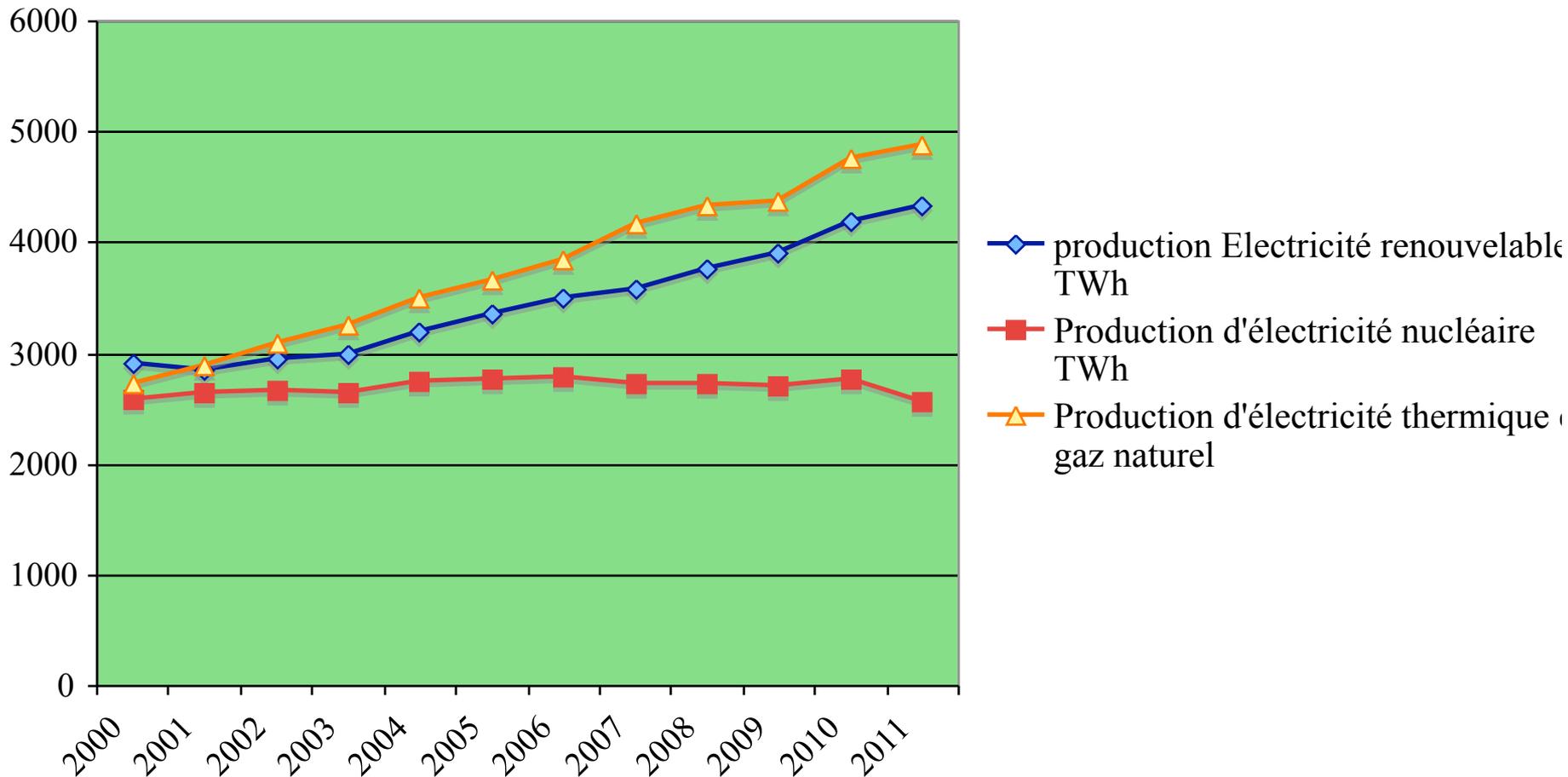


# L' état du nucléaire mondial: une part qui diminue dans le mix électrique mondial



# Au profit des renouvelables et du gaz.

## Monde



# Nucléaire : Puissance installée et Réacteurs

	<b>Puissance installée</b>	<b>Nombre réacteurs</b>	<b>Pays</b>
1970	16 111	84	14
1980	134 780	241	24
1990	328 347	416	30
2000	359 725	444	31
2011	366 791	435*	31

\* dont 50 au Japon

## Nucléaire : Arrêts définitifs en 2011

	<b>Allemagne</b>	<b>Japon</b>	<b>Royaume-Uni</b>	<b>Total</b>
<b>Réacteurs</b>	8	4	1	13
<b>Puissance</b>	8422	2719	217	11 358

# Réacteurs PWR« planifiés » d' ici 2020

<i>Pays</i>	<i>Fournisseur</i>
• Chine 17 GW,	<i>non décidé</i>
• Emirats 5,6 GW	décidé (hors Fr)
• Turquie 4,8 GW	Rosatom
• Royaume-Uni 5,6 GW	<i>Areva?</i>
• Inde 3,2 GW	<i>Areva</i>
• Etats Unis 4 GW	Westinghouse
• Russie 2,3 GW	Rosatom
• Total	< 43 GW

# Le marché mondial?

- Le renouvellement du parc mondial vieillissant est déjà un objectif ambitieux. Pour ne pas reculer il faudrait reconstruire 170 GW avant 2025 (hypothèse durée de vie des réacteurs de 40 ans). C'est loin d'être gagné.
- Le marché se heurte à la question du pas d'investissement technique et financier pour les nouveaux pays et à l'organisation du réseau qu'impose le nucléaire.
- Effet post Fukushima (décisions d'arrêt en Allemagne et autres), concurrence du gaz et forte incertitude sur les coûts d'aval à long terme.
- Epée de Damoclès d'un accident majeur

## Le marché mondial

- Les perspectives sont principalement les grands pays asiatiques en transition
- Mais il paraît très probable qu'un pays comme la Chine par ex s'équipe de réacteurs de sa propre industrie, comme la France l'a fait.
- Le fait que le chantier de l'EPR chinois avance beaucoup plus vite que celui de Flamanville me semble significatif...

# Globalement

- Un réacteur trop gros et trop complexe
- Un pas d'investissement d'une dizaine de G€
- L'exigence d'un besoin de base de plus de 10 TWh/an
- Une compétitivité improbable sauf si :
- le prix du gaz et du carbone s'envolent et les renouvelables déçoivent profondément.
- *Qui s'ajoutent aux problèmes génériques du nucléaire :*
- Des problèmes de fin de vie non résolus
- La crainte d'un accident majeur
- Les questions de prolifération