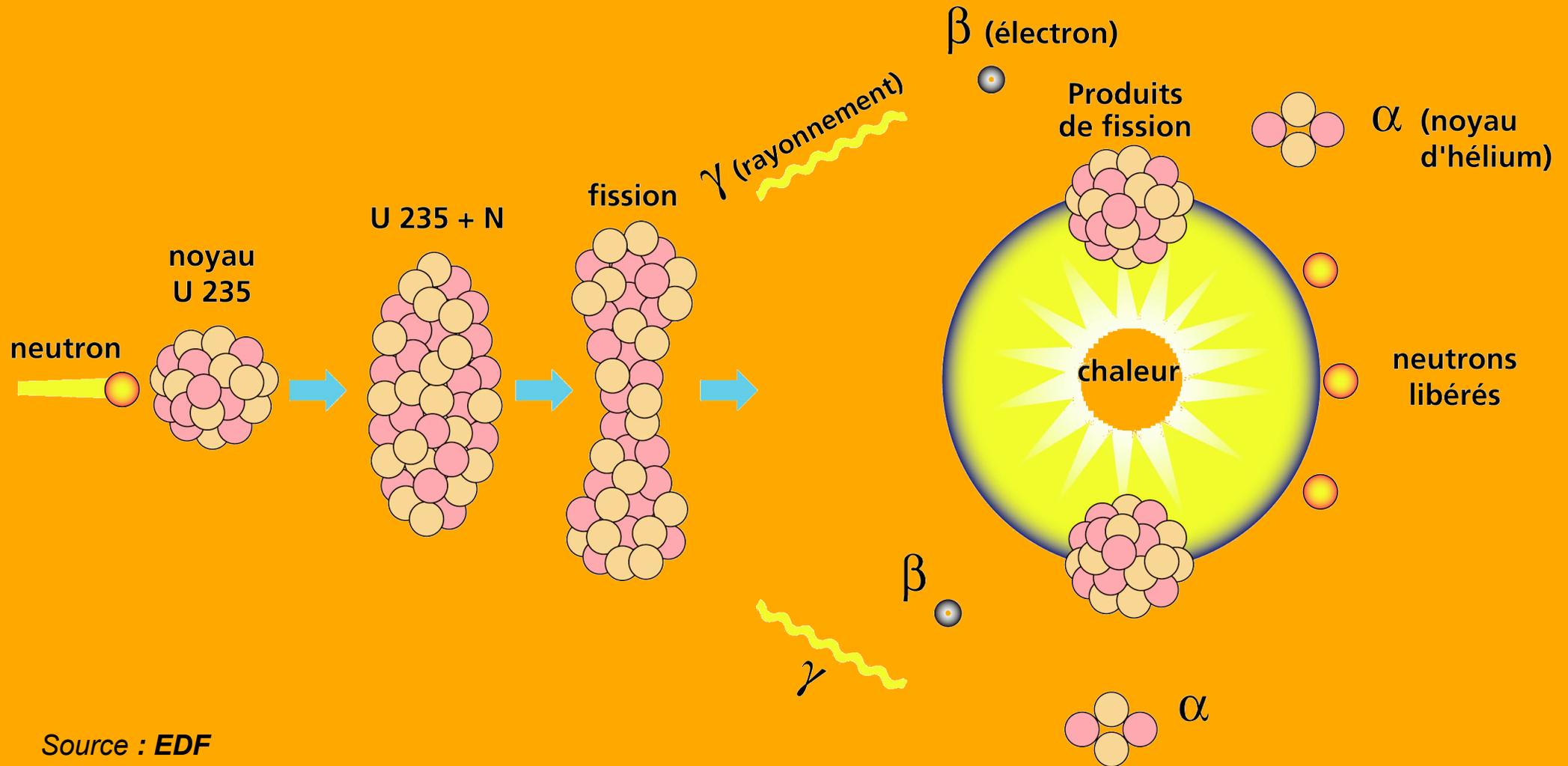


Le futur du nucléaire : un point de vue

Bernard Poty

***Directeur de Recherche Honoraire au CNRS
Société Française d'Énergie Nucléaire***

Phénomène de la fission nucléaire



Source : EDF

Energie chimique

1 kg Bois sec : 2 kWh

1 Kg Pétrole : 6 kWh

Energie nucléaire

Fission :

1 g matière fissile : 1 MWj (1,9 tep)

1 kg U naturel :

- REP : 50 000 kWh

- Surgénér : 5 M kWh

Fusion :

- 1 kg H : 200 M kWh

ITER

- **Construction :** **10 années**
(2007 - 2017)
- **Expérimentation :** **20 années**
(2017 - 2037)

Energie industrielle ?

- **2e moitié du 21e siècle**

Que faut-il pour produire 10 TWh en un an ?

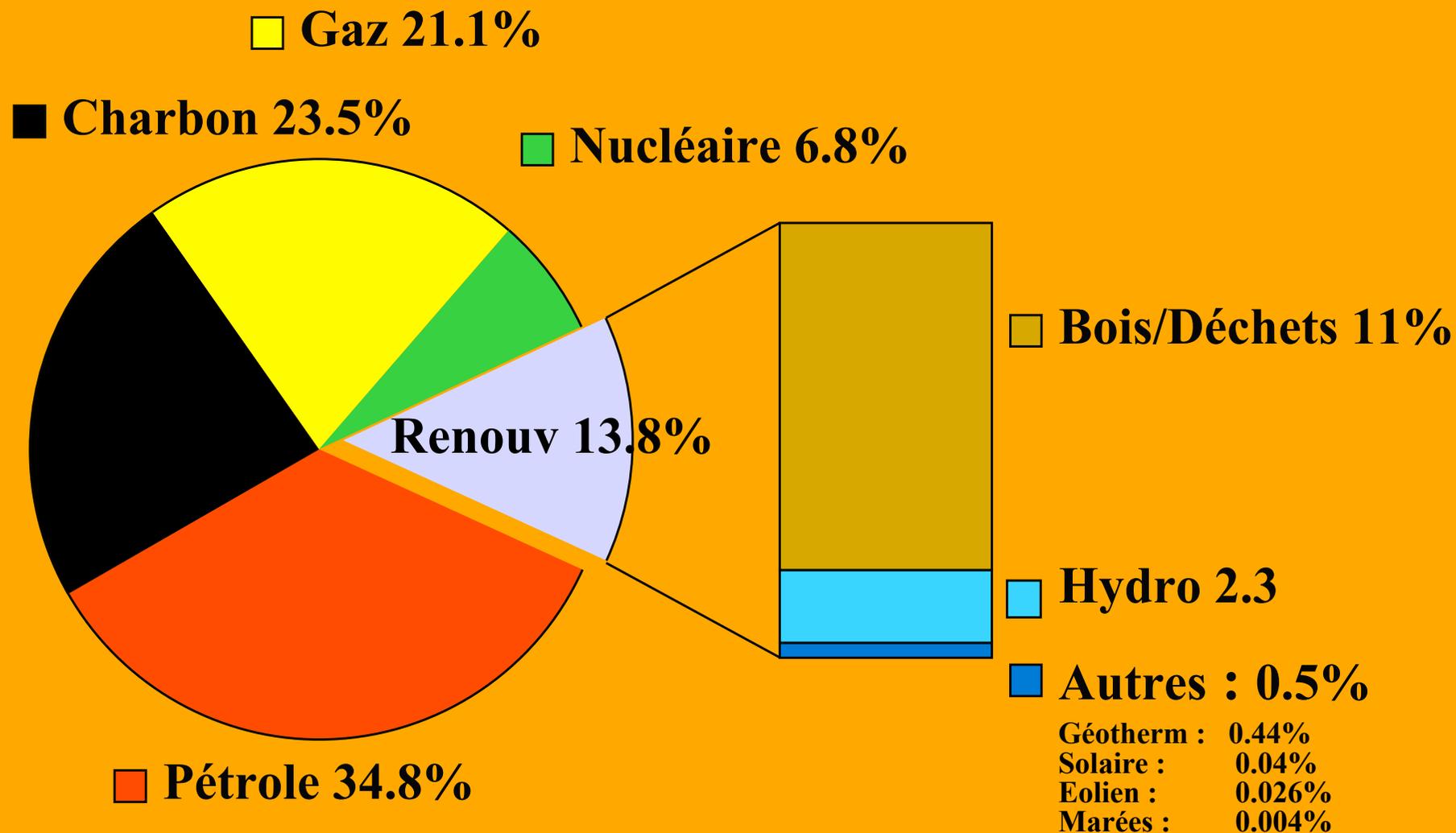
- 16 Mt bois
- 2 000 éoliennes (2 MWe chacune)
- 100 km² panneaux photovoltaïques
- 3,5 Mt charbon
- 2,2 Mt pétrole
- 1,6 Gm³ gaz

➤ 1 réacteur nucléaire de 1 450 MWe

Consommation d'énergie

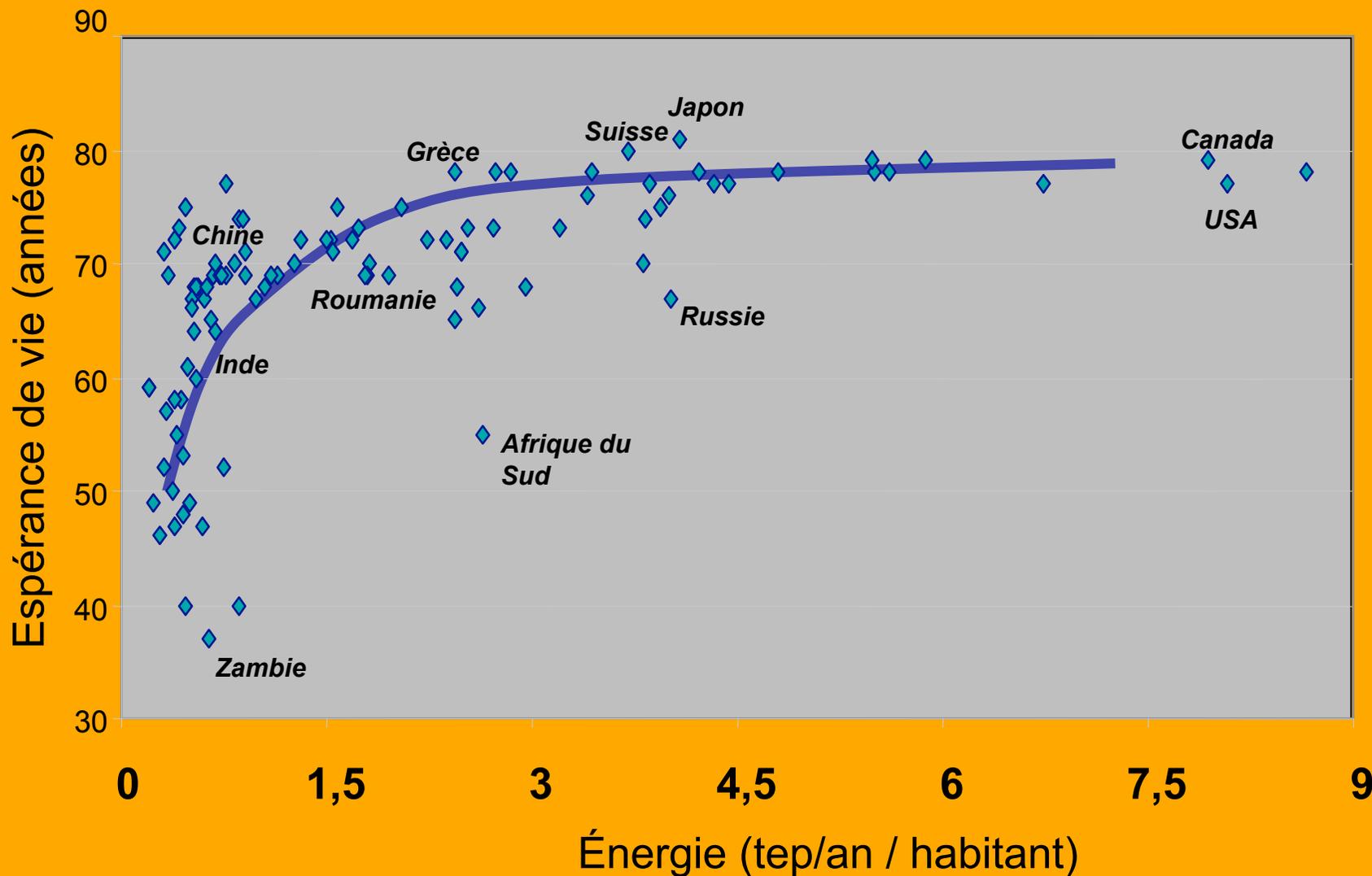
Monde 2002

9 Gtep



Source: IEA 2002

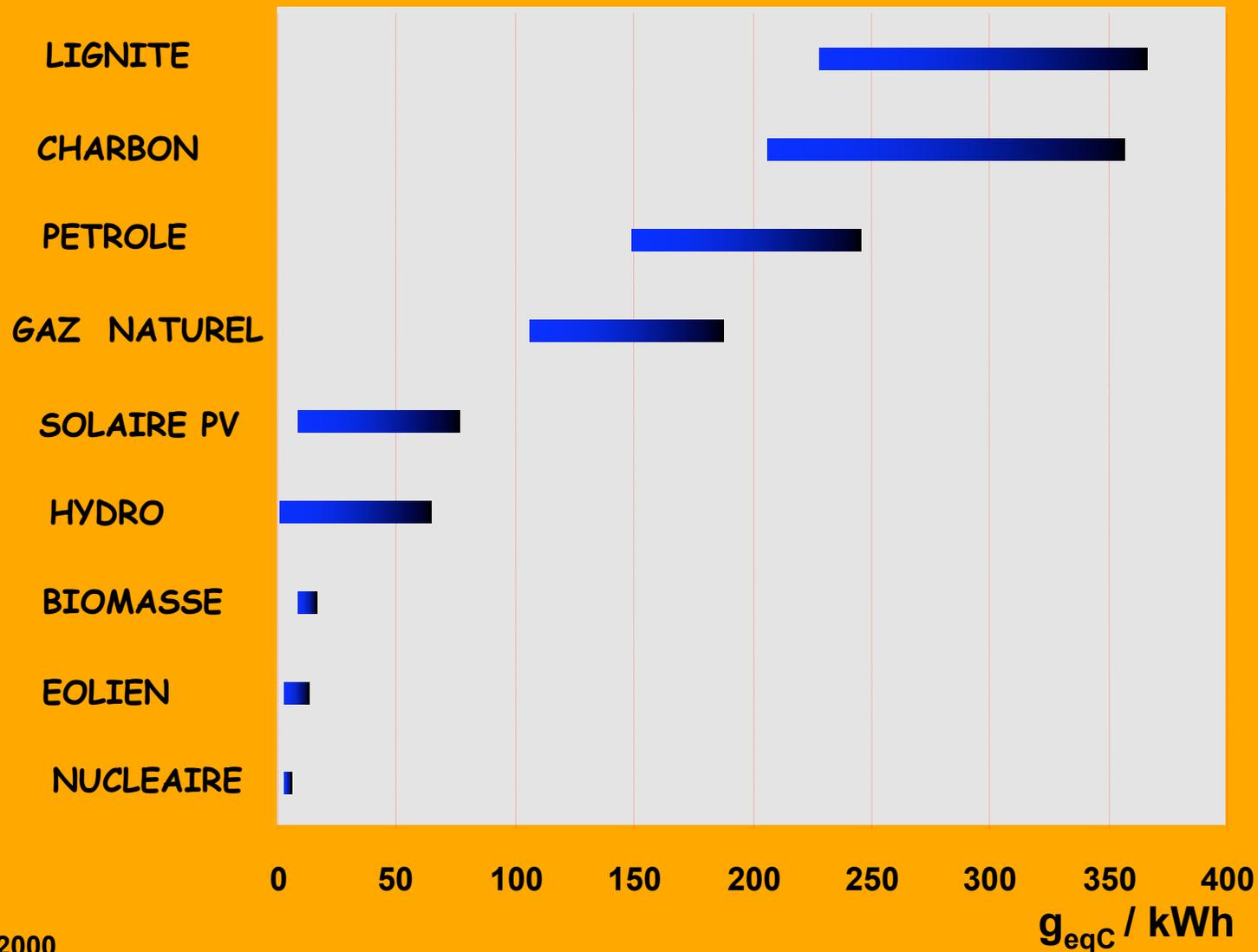
Relation entre espérance de vie et consommation énergétique dans le monde



Contraintes

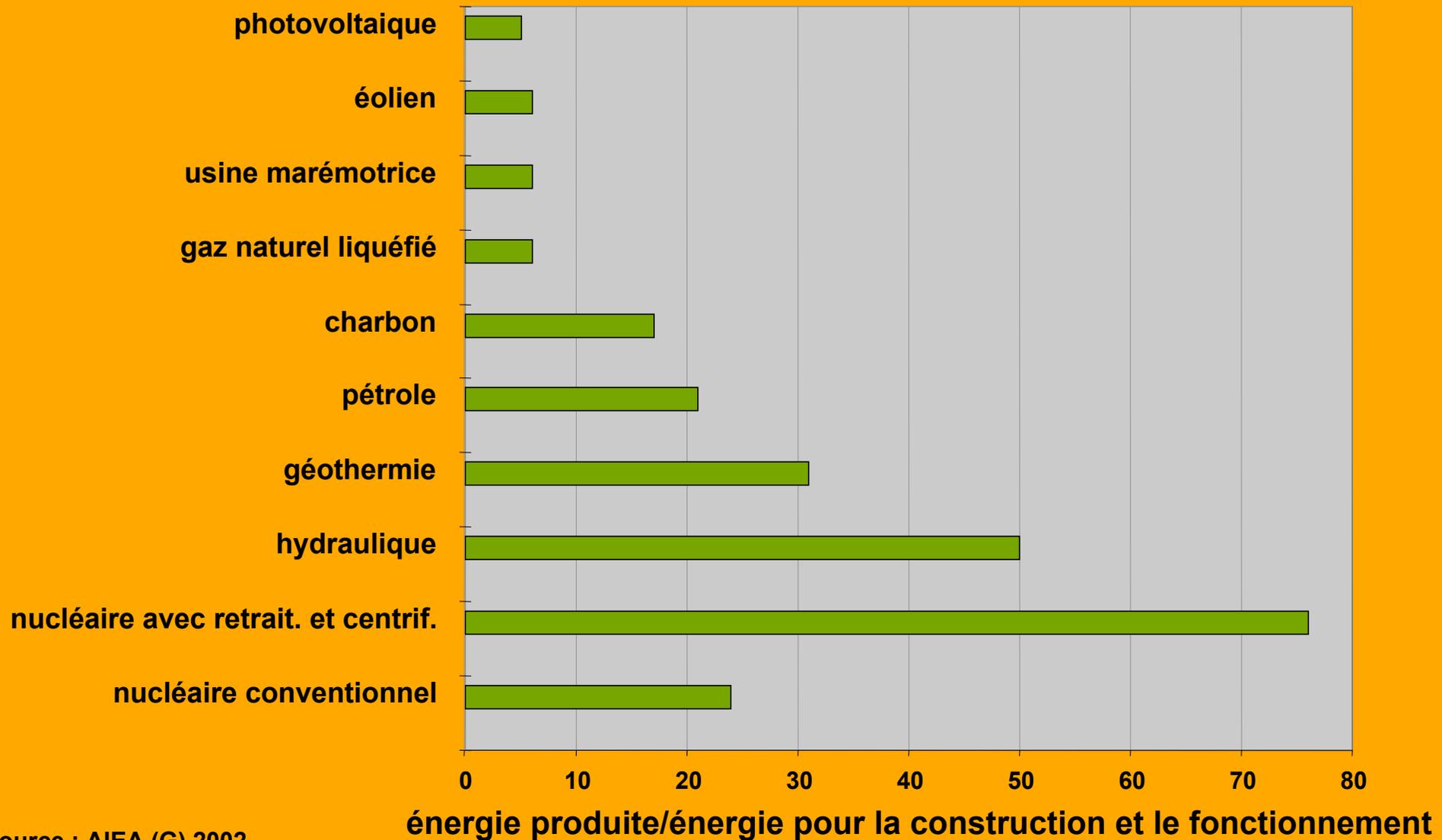
- **Hausse importante des prix des combustibles fossiles**
- **Enjeux du réchauffement climatique (nécessité de diminuer les émissions de Gaz à Effet de Serre)**

Gaz à effet de serre selon l'énergie



Source: IAEA 2000

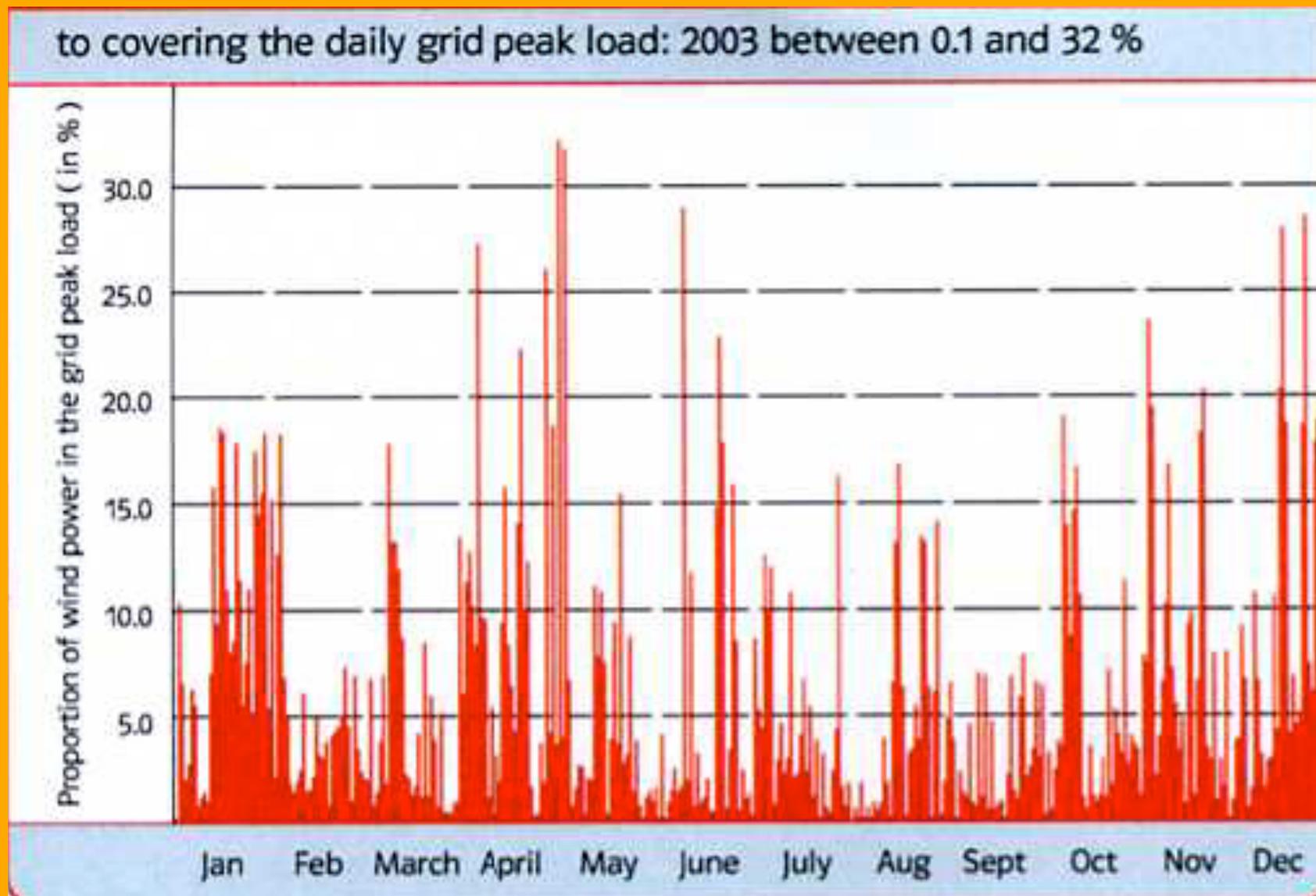
Ratio énergétique du kWh produit selon la source



Source : AIEA (G) 2002

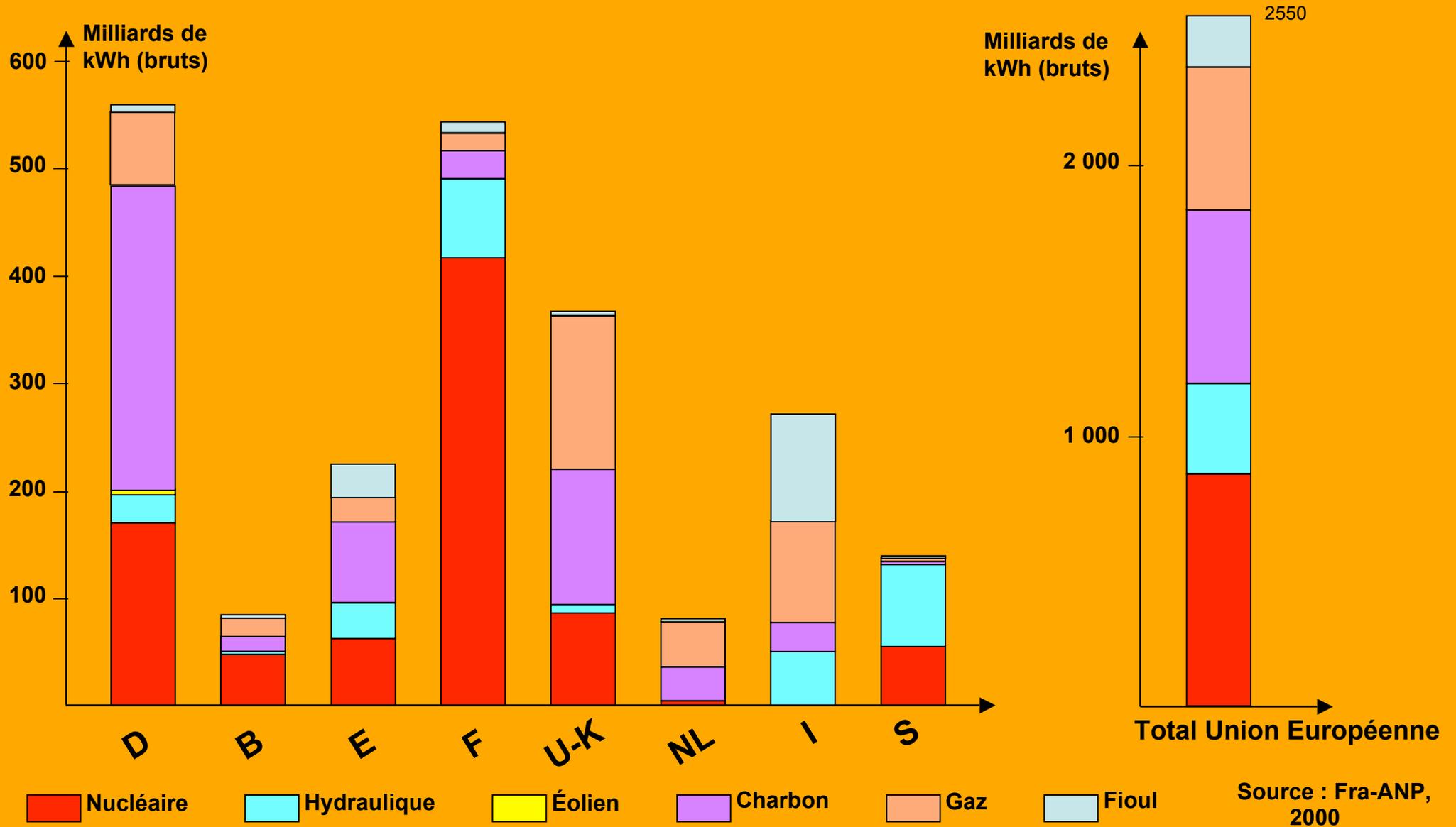
EON: parc de 5000 éoliennes (5000 MW)

Contribution réelle à un réseau de 15000 MW : 2003

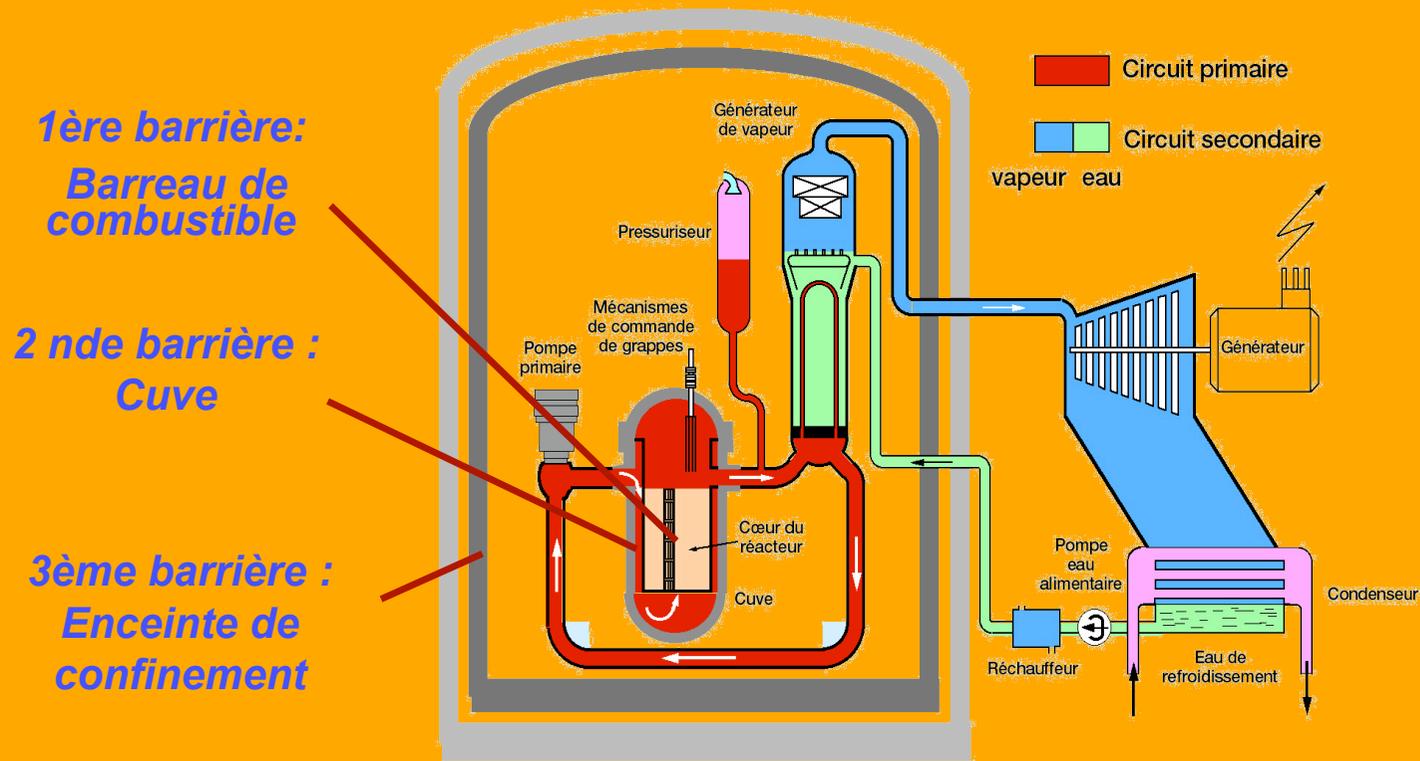


Production d'électricité en Europe (en 2000)

(par pays et par source)



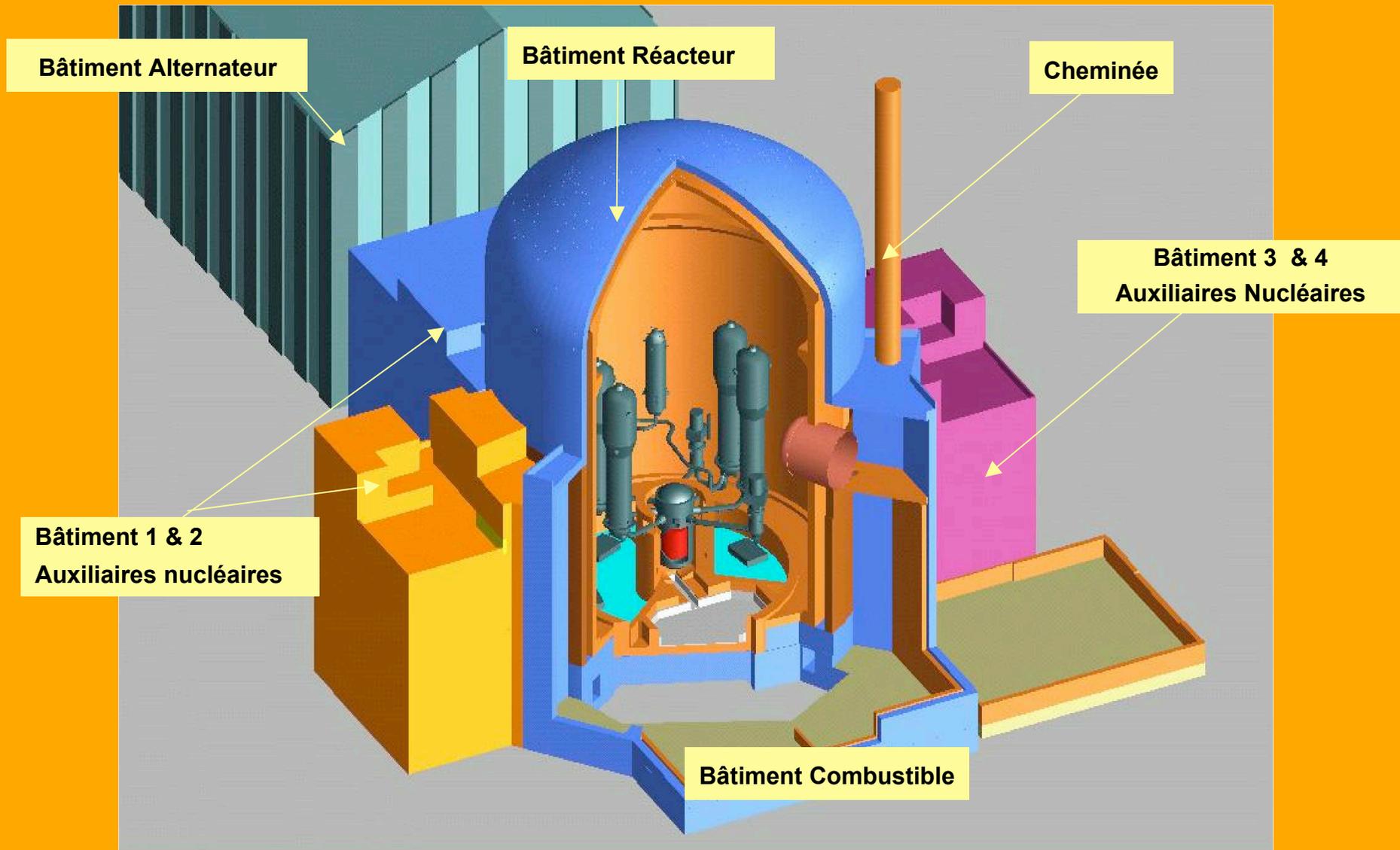
Comment fonctionne un réacteur à eau pressurisée



- > Succession de barrières de sûreté, indépendantes et emboîtées, protègent travailleurs et public contre la radioactivité produite à l'intérieur du combustible nucléaire.
- > les systèmes de sûreté sont redondants et indépendants

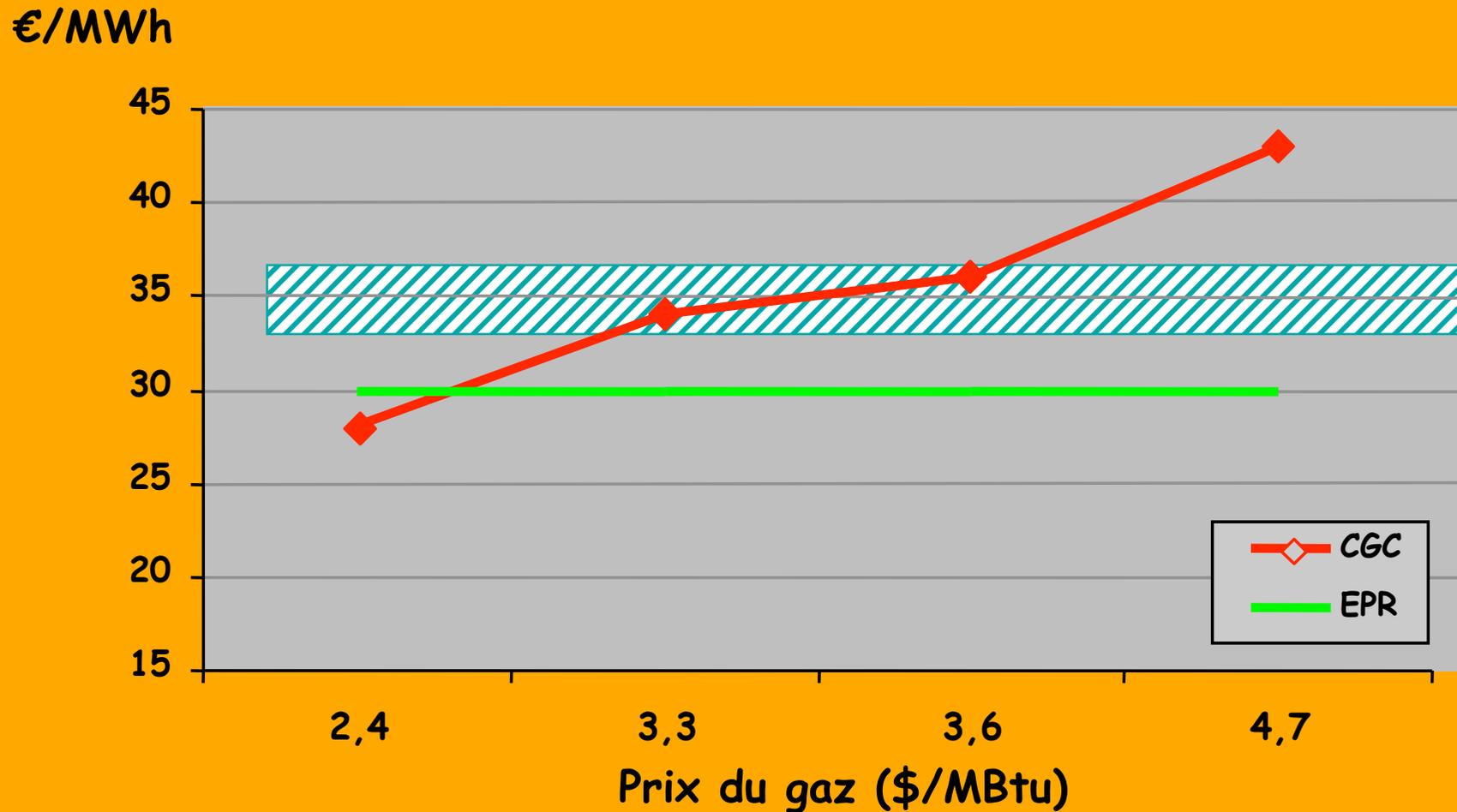
Source: Fra-ANP

Schéma général de l'EPR



Source: AREVA

Coûts de production Centrales à Gaz combiné et EPR



Source : Bertrand Barré AREVA 2004

Uranium : Ressources et Besoins (2003)

Ressources Connues

< USD 130\$/kg U

4,588 ktU

< USD 80\$/kg U

3,537 ktU

Besoins

67 ktU

- 441 Réacteurs Nucl. Com.
- 364 GWe

Production 36 ktU (54%)

Ressources Secondaires :

- *Stocks (civil + militaire)*
- *U retraité*
- *U appauvri réenrichi*

Source: IAEA-NEA 2003 Redbook

Une Solution : les Réacteurs à Neutrons Rapides

Un REP de 1450 MW travaillant en cycle fermé va accumuler en 40 ans:

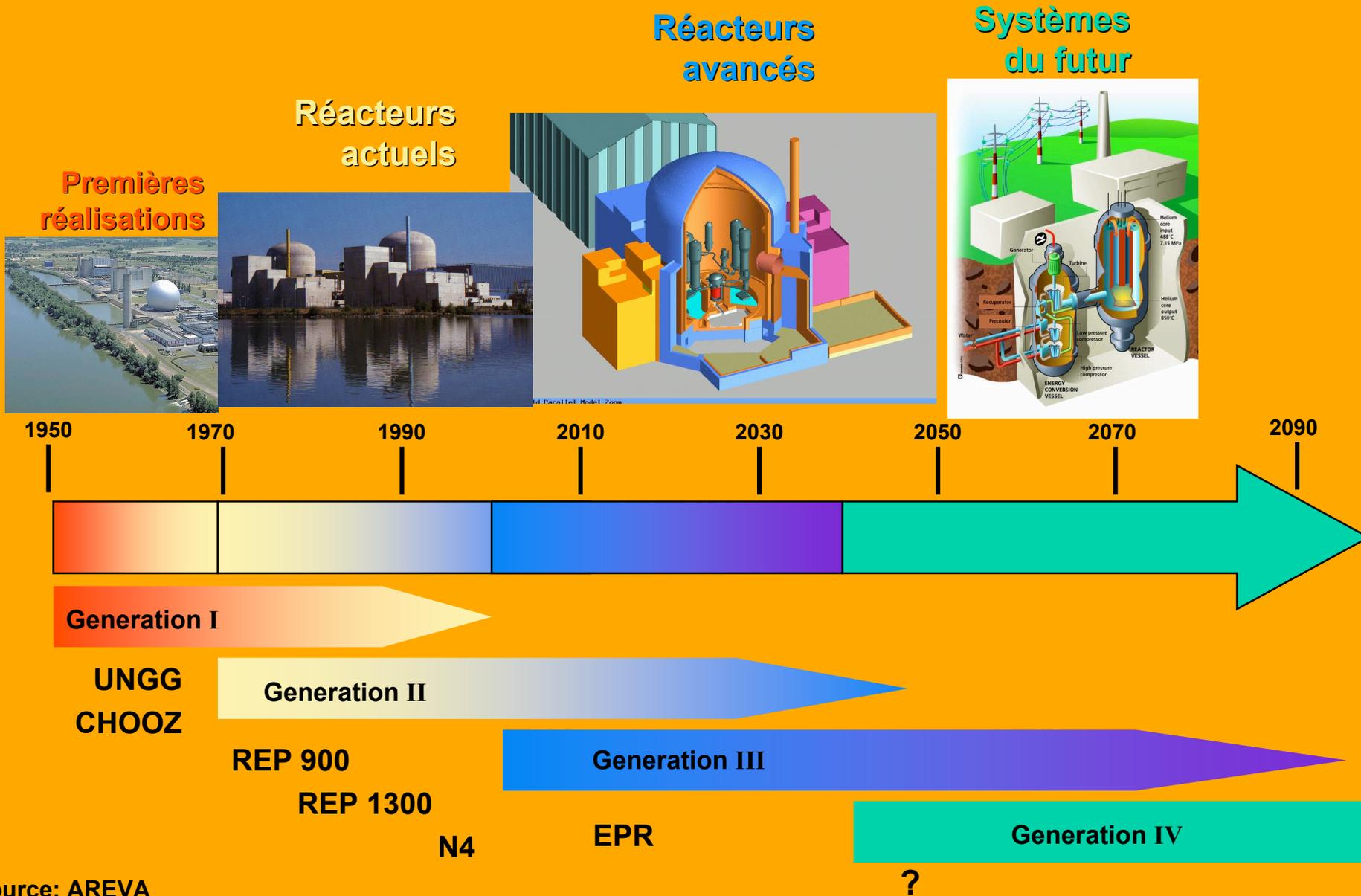
- 5 000 t d'Uranium appauvri**
- 20 t de Plutonium**

Un réacteur à neutrons rapides, travaillant seulement en régénération, pourra fonctionner en utilisant seulement ces 20 t de Plutonium.

Et il ne brûlera que 1 t U / an.

**Ainsi la ressource en Uranium ne limite pas
la "durabilité" du nucléaire**

Le calendrier des générations nucléaires



Source: AREVA

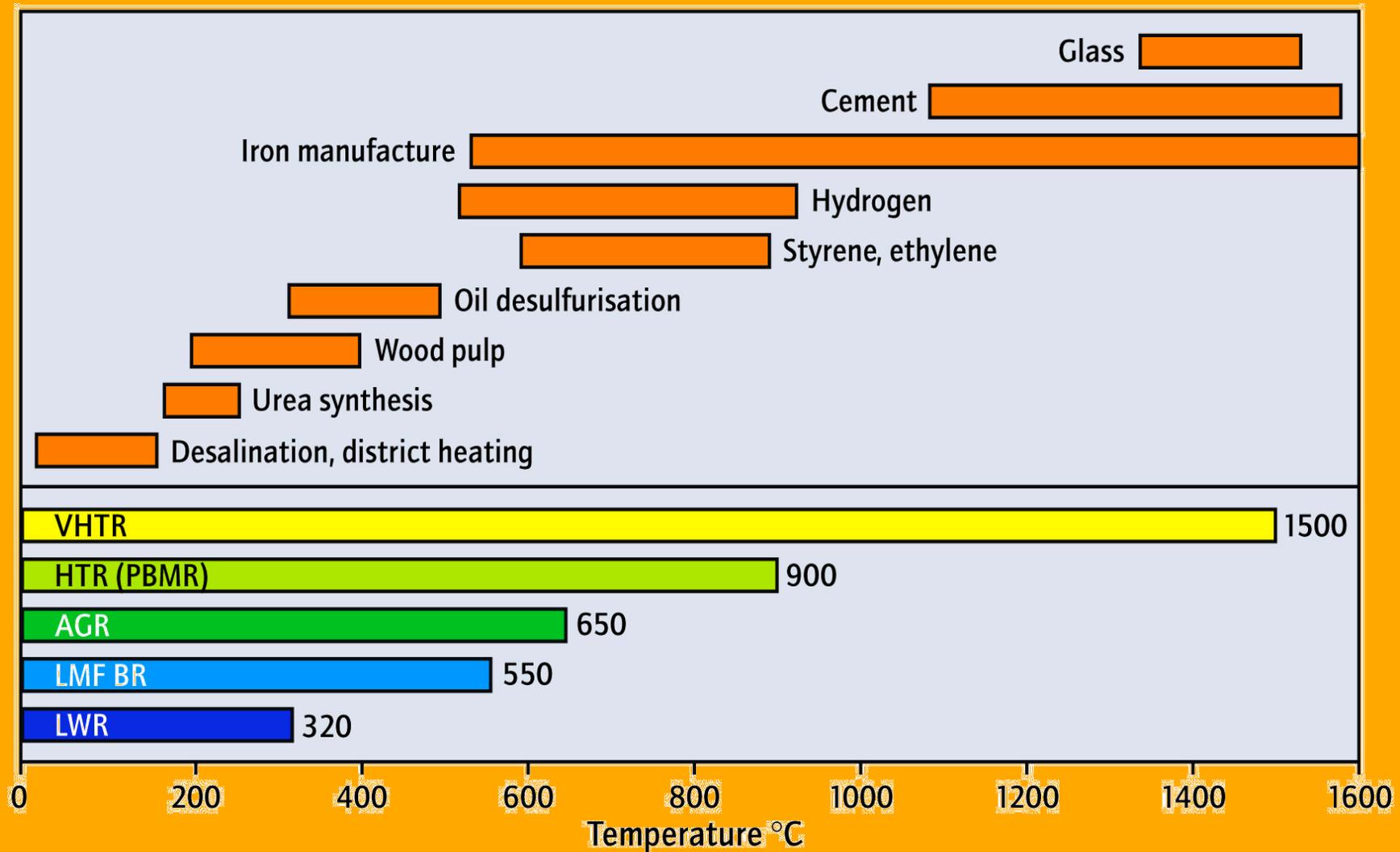
Génération IV : les six familles

Les différents chemins (2002)

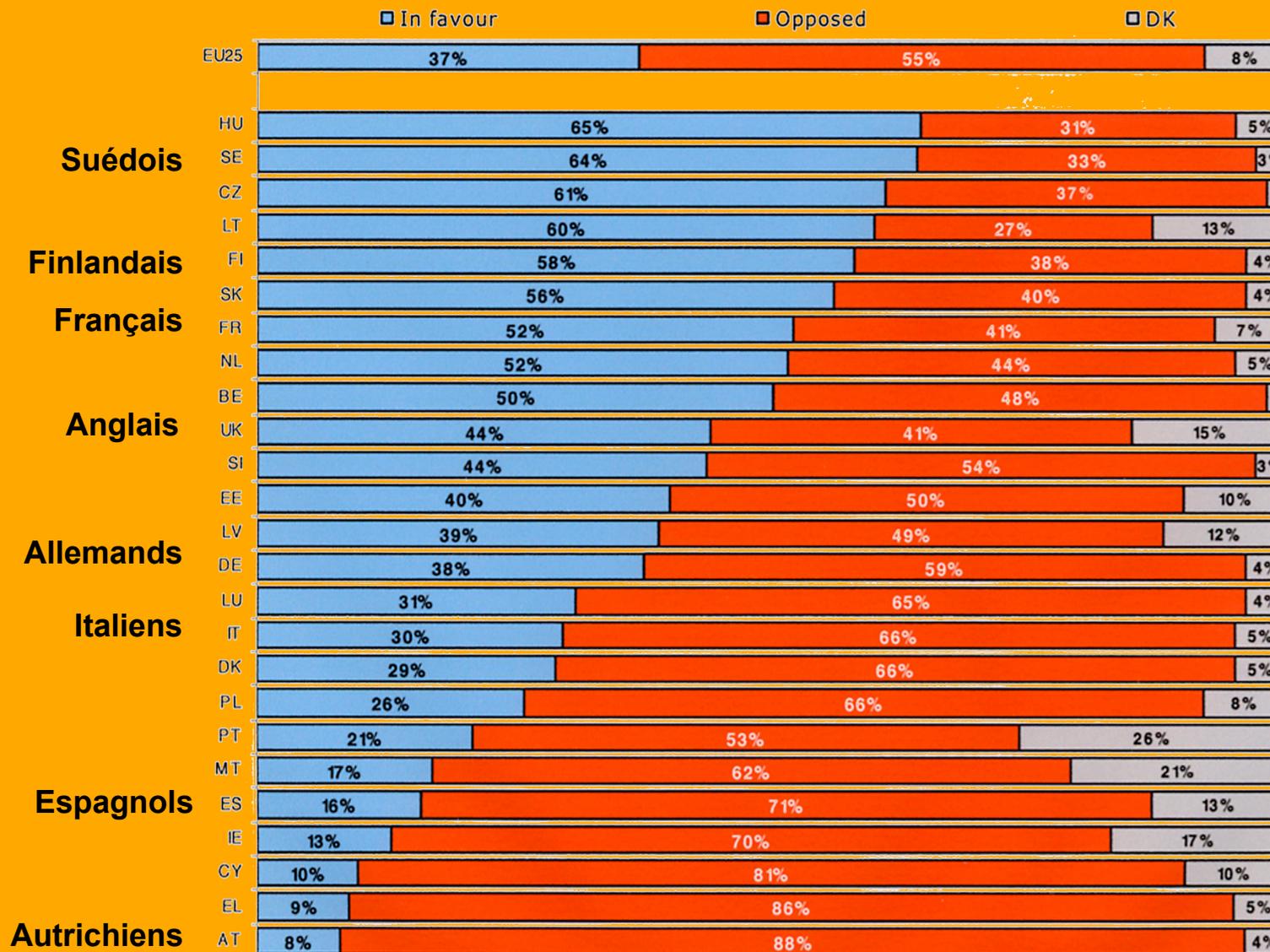
<i>Concepts GEN IV</i>	<i>Acronyme</i>	<i>Spectre</i>	<i>cycle comb.</i>	
Rapide Refr.Sodium RS	SFR	Rapide	Fermé	
Refr. Plomb RS	LSF	Rapide	Fermé	
Rapide Refr. Gaz RS	GFR	Rapide	Fermé	
Très Haute Température RS	VHTR	Thermique	Once-Through	
Eau Supercritique refr. RS	SCWR	Th & Rapide	Once/ Fermé	
Sels fondus RS	MSR	Thermique	Fermé	

Source : Bertrand Barré AREVA 2004

Applications multiples de la chaleur aux hautes températures

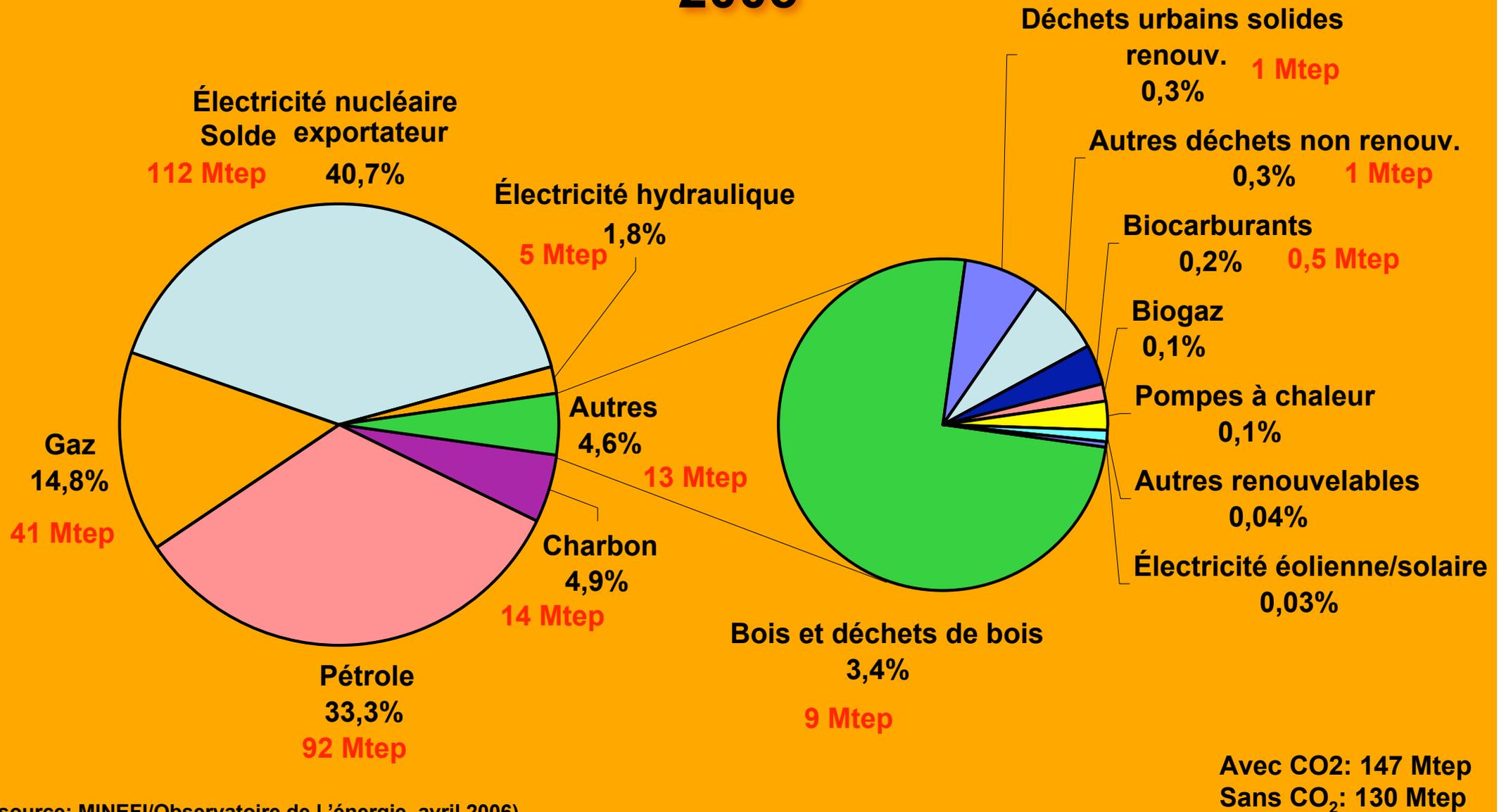


Les Européens et l'Énergie Nucléaire (Juin 2005)



Source: Eurobarometer

Bouquet énergétique primaire de la France 2005

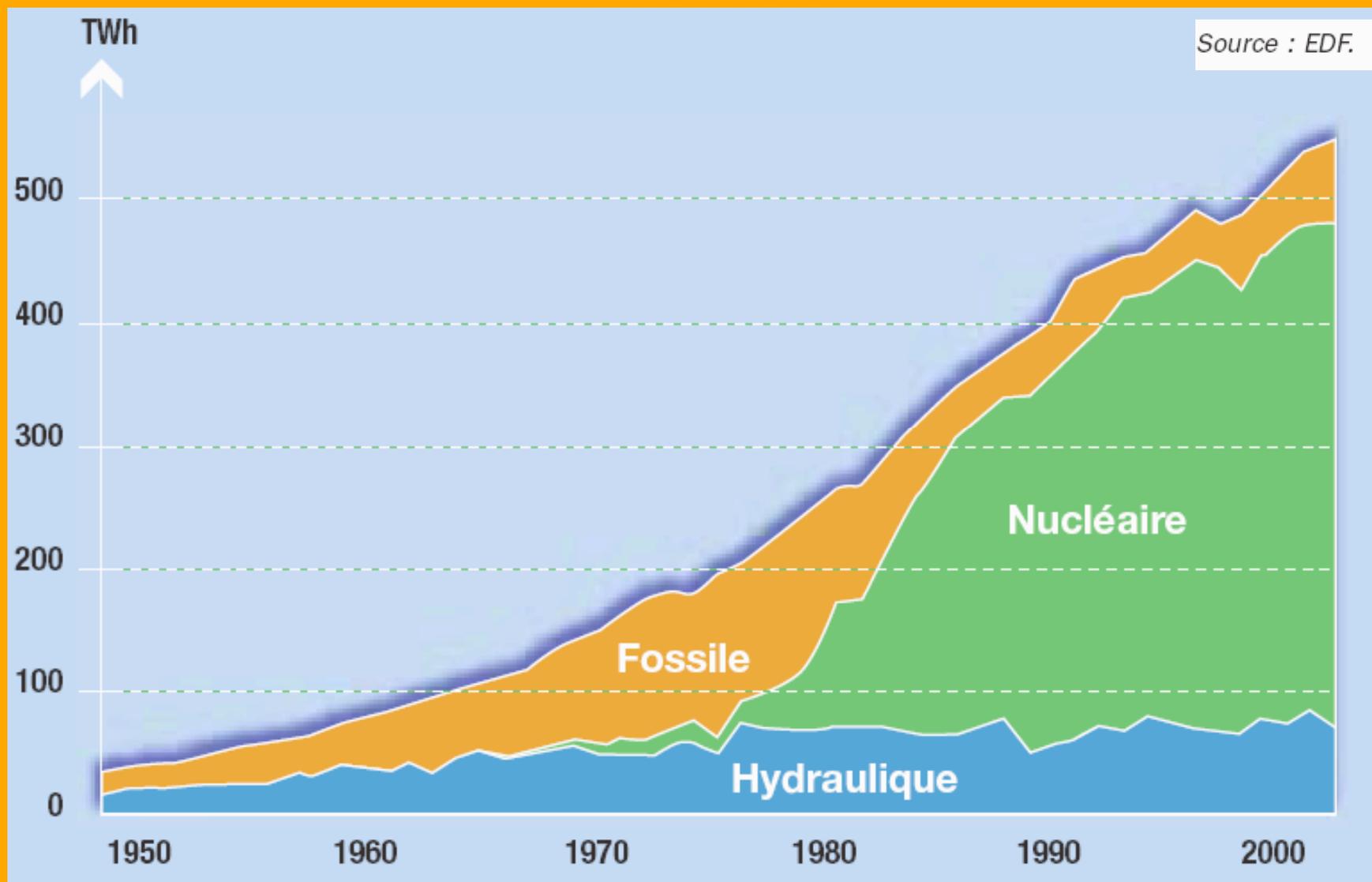


(source: MINEFI/Observatoire de l'énergie, avril 2006)

FRANCE

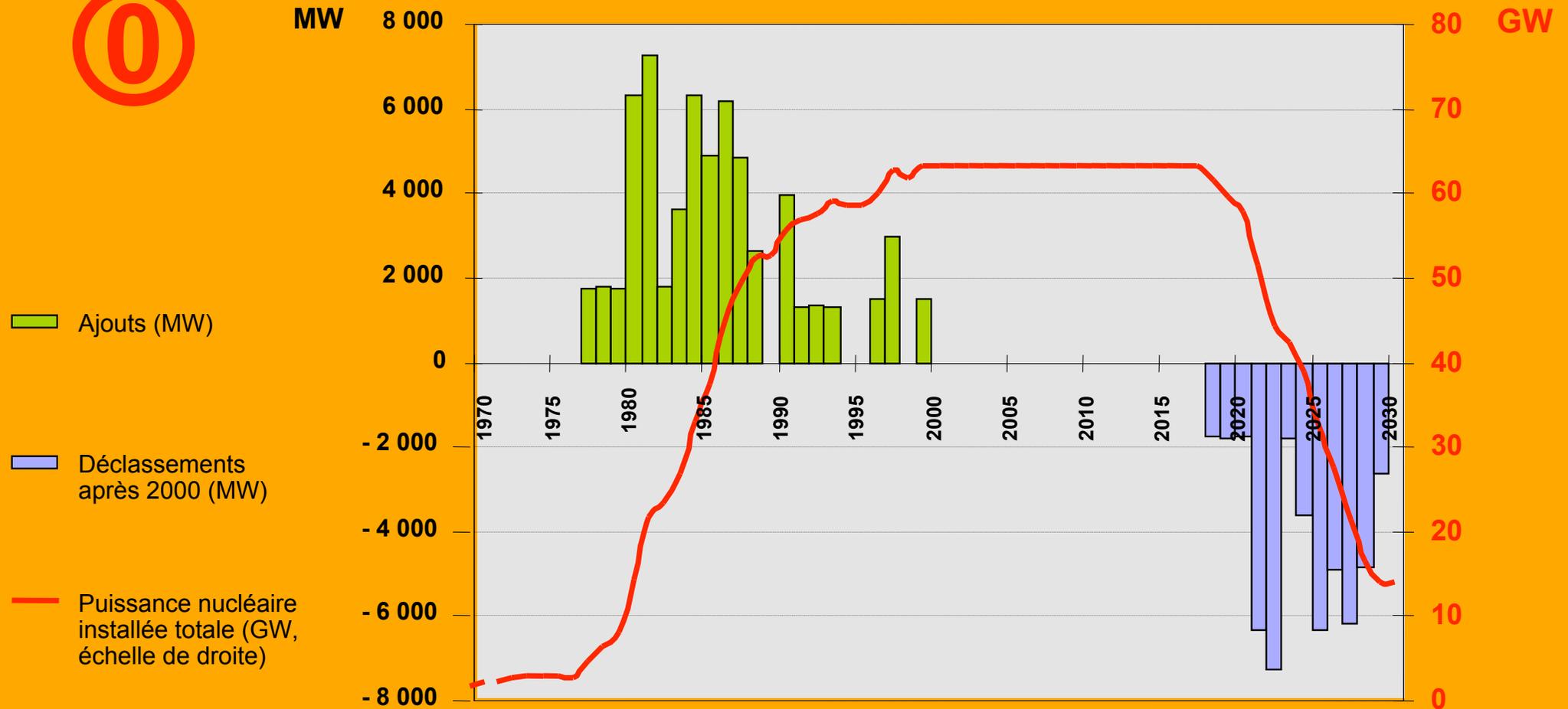
- Bon fonctionnement des réacteurs EDF
- EPR en construction
- Autorité de Sûreté Nucléaire indépendante
 - (loi du 13 juin 2006)
- Travaux de l'ANDRA et du CEA sur les déchets
- Prototype réacteur génération IV en 2020
- Mais population moyennement convaincue

Evolution de la production d'électricité France



L'avenir du nucléaire français : Scénario d'abandon total du nucléaire civil

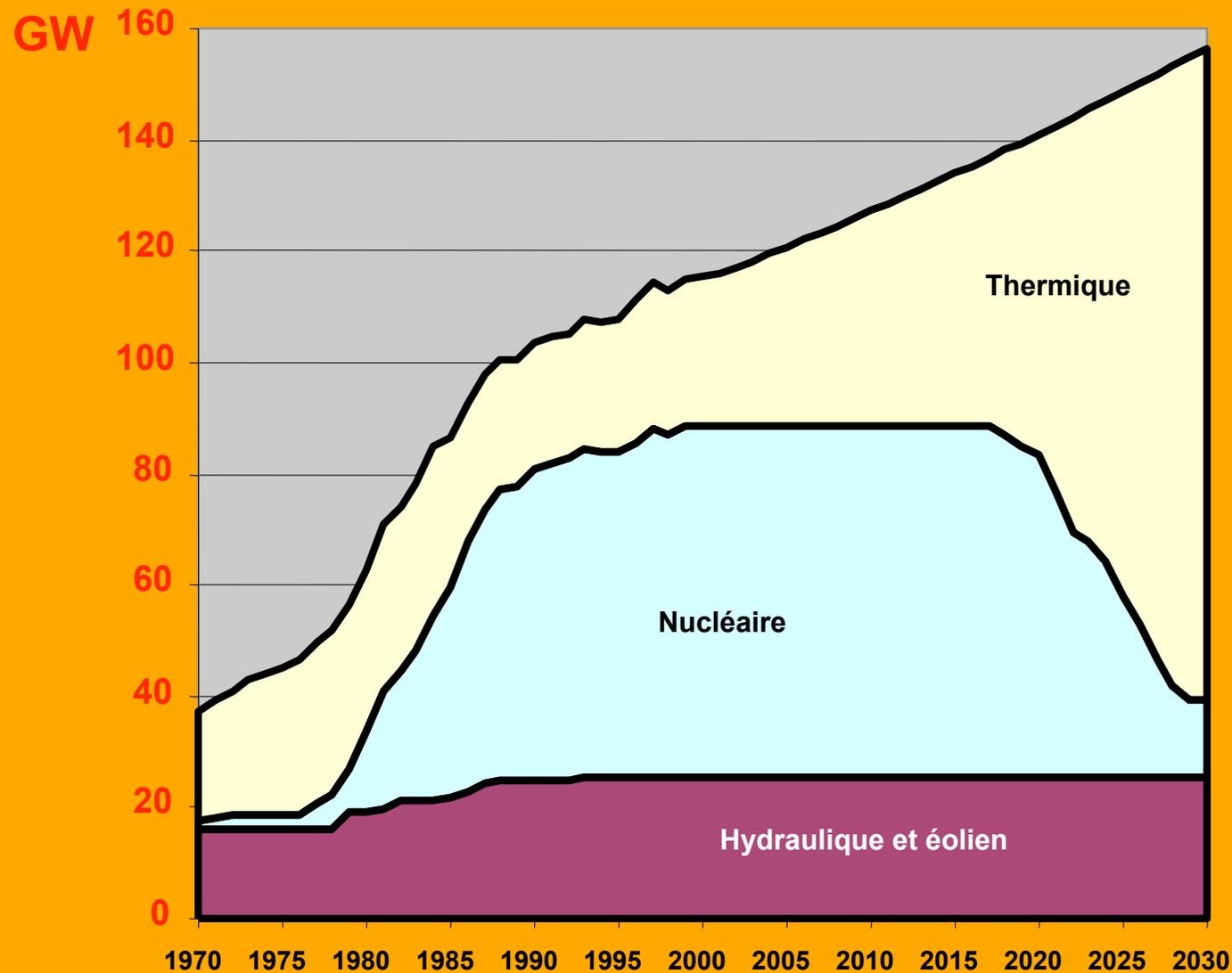
0



P.R.Bauquis - 2005

L'avenir du nucléaire français : Scénario d'abandon total du nucléaire civil

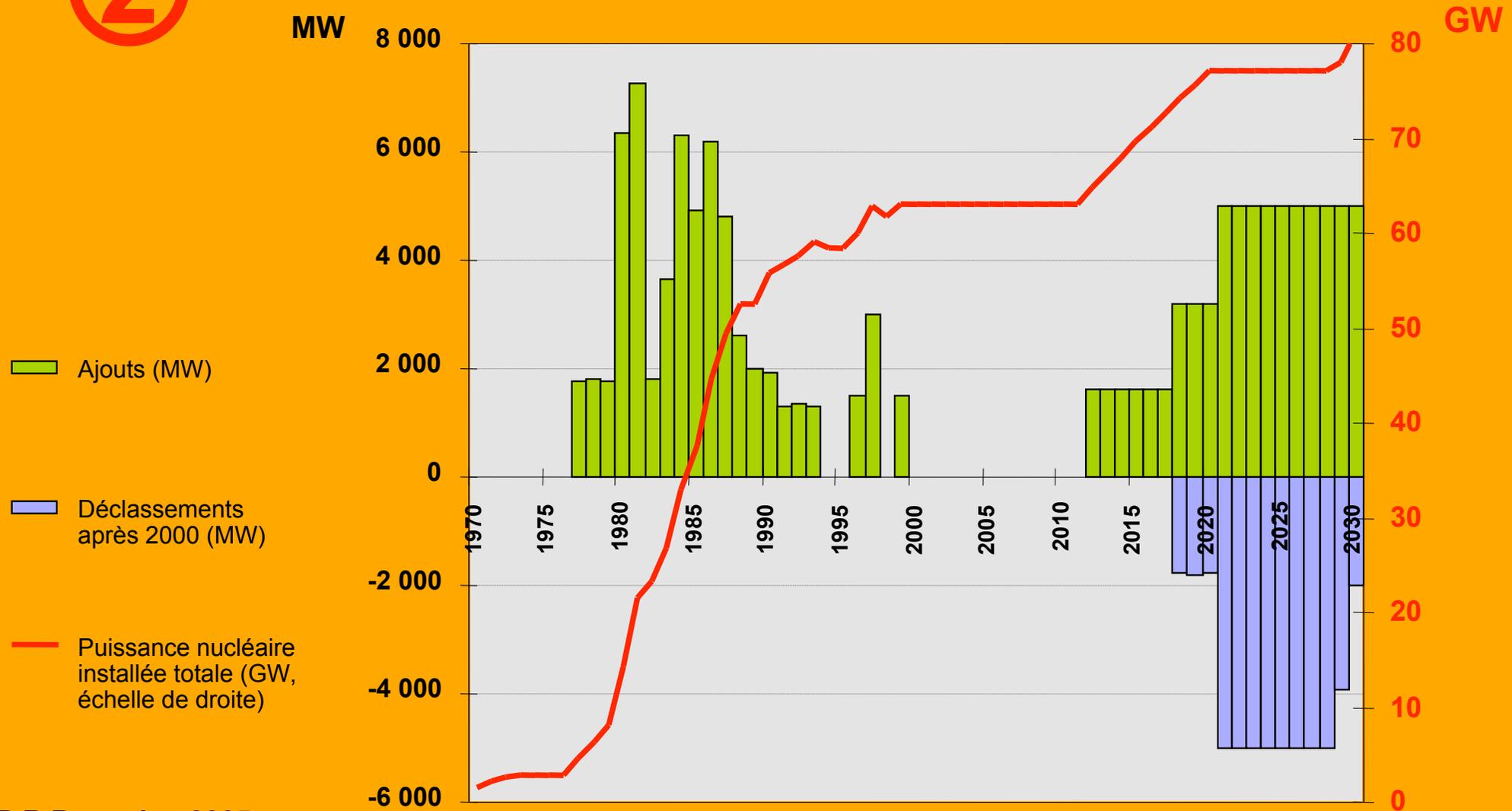
0



P.R.Bauquis - 2005

L'avenir du nucléaire français : Scénario suggéré (*)

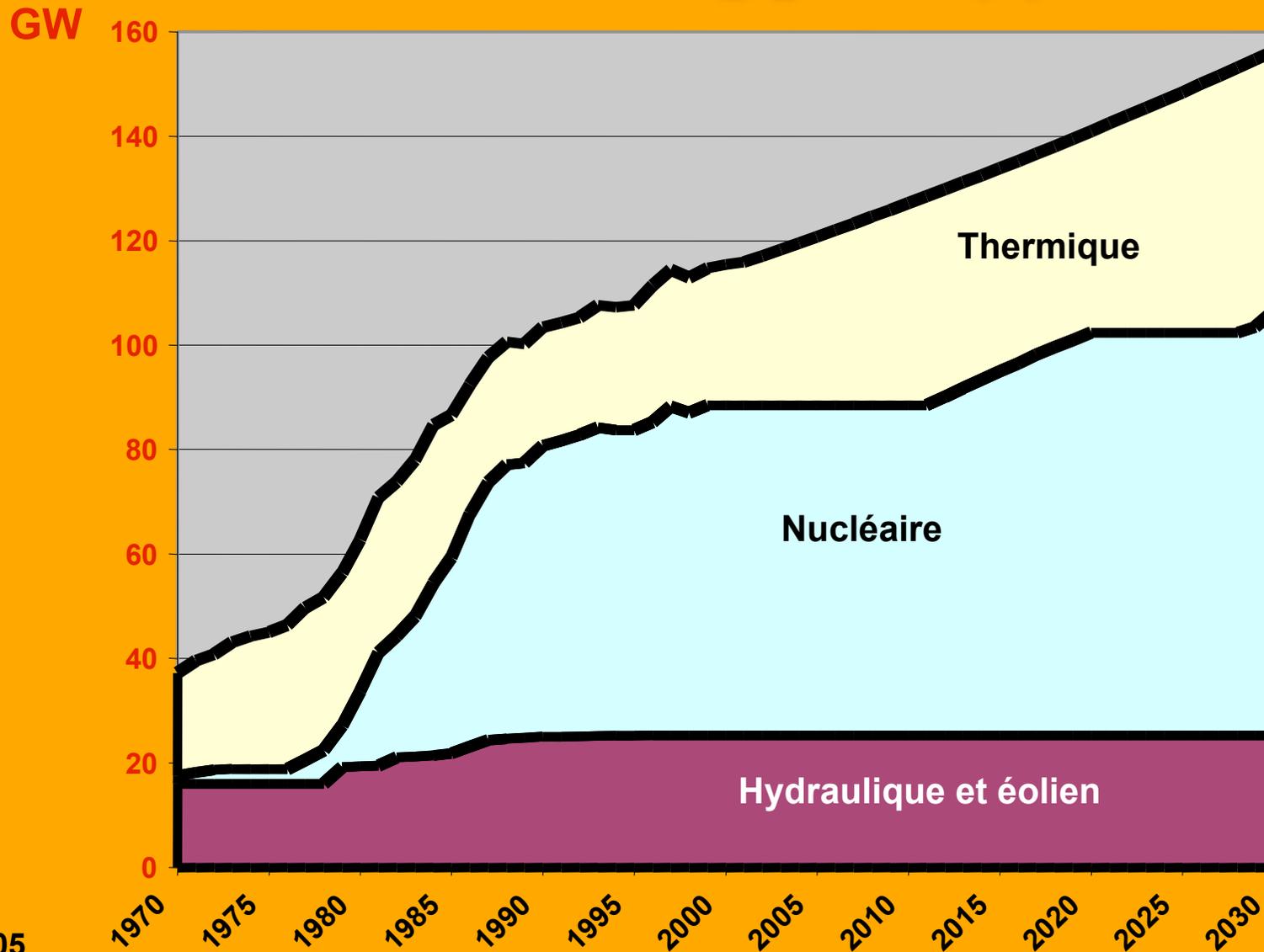
2



P.R.Bauquis - 2005

L'avenir du nucléaire français : Scénario suggéré (*)

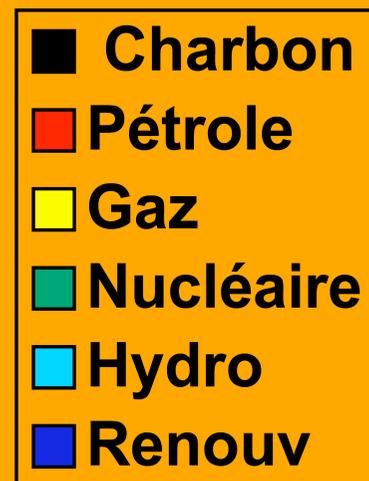
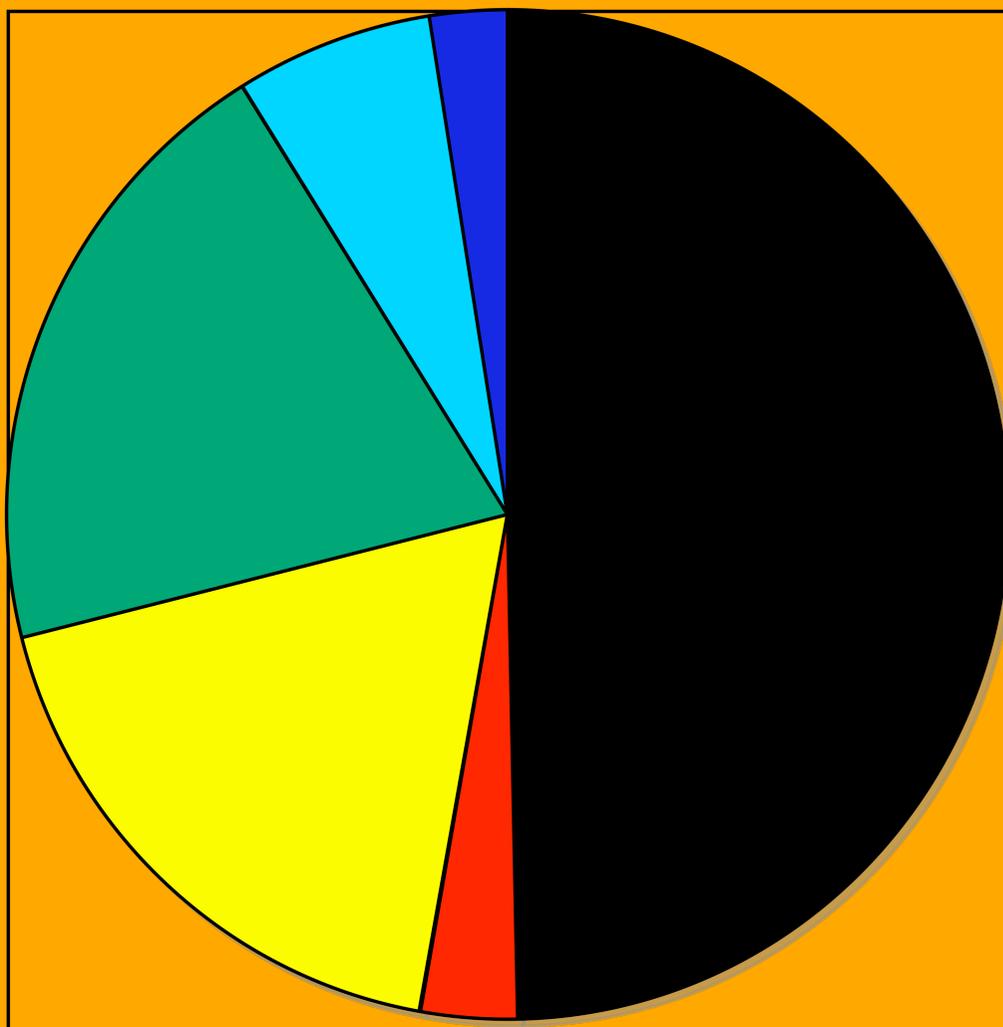
2



ETATS-UNIS

- Echech de la stratégie « tout gaz »
- Consolidation du secteur nucléaire (2001 G.W.Bush)
783 TWh en 2005, (> 100 TWH en 5 ans) (20% de l'électricité)
- Rôle de l'Etat Fédéral
 - Loi globale sur l'Energie (2005) , incitations fiscales.
 - Initiative *Global Nuclear Energy Partnership*
- Blocage du dossier Yucca Mountain (2004)

Source : Régis Babinet 2006

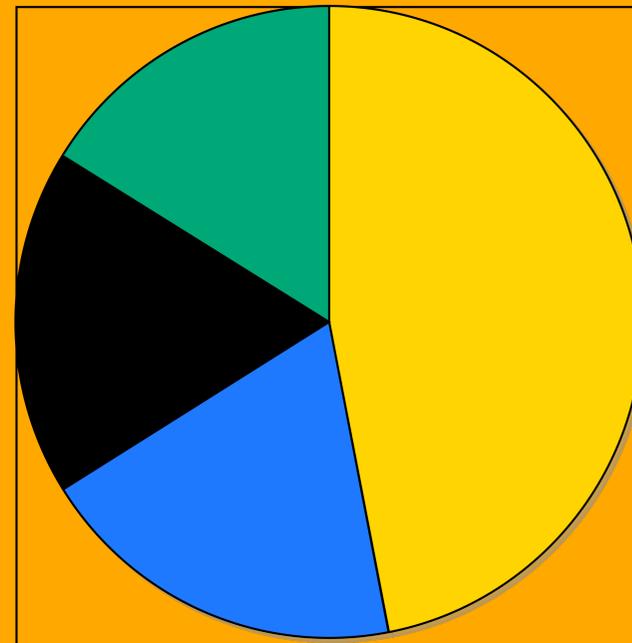


Mix électrique USA 2004

Source : Régis Babinet 2006

RUSSIE

- Puissance nucléaire actuelle : 23 GW
- Ambitions intérieure et extérieure
- Projection 2030 : 30 à 45 GW
- Mix électrique :



■ Gaz + Pétrole
■ Hydraulique
■ Charbon
■ Nucléaire

CHINE

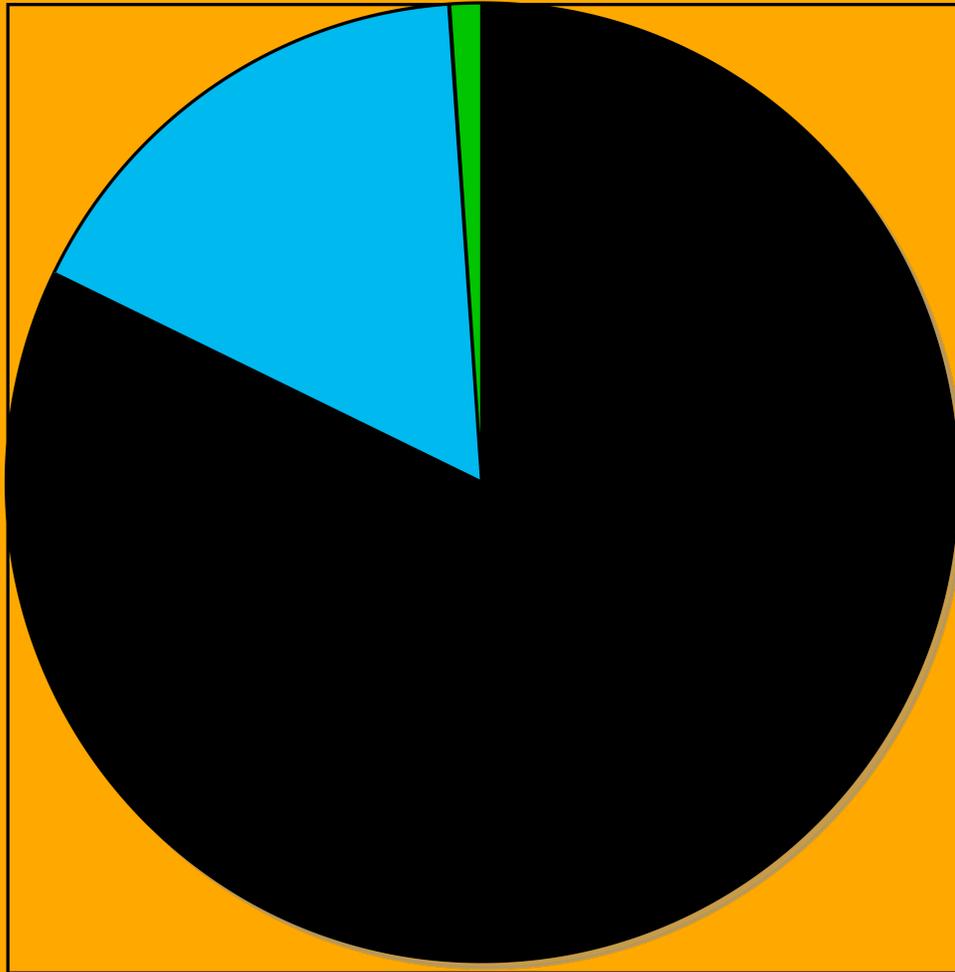
- Quadruplement du PIB entre 2000 et 2020
- Parc électrique : 508 GW (Nucléaire : 2%)
- Prévisions 2030 : 60 GW nucléaires
- Ambition de maîtriser totalement la filière nucléaire
- Faiblesse des ressources en uranium (1000 t/an)

Source : Ambassade de France à Pékin

Chine

Production électricité 2001

1433 TWh



- Charbon
- Hydro
- Nucléaire

Source : Ambassade de France à Pékin

Prévisions MONDE

(2012 à 2025) (2004 : 368 GW)

- Etats-Unis : 45 GW
- Russie : 30 GW
- Chine : 60 GW
- Inde : 30 GW
- Japon + Corée du sud : 30 GW
- Reste du monde (hors Europe) : 15 GW
- Europe : 45 +45 : 90 GW ??
- **Total mondial : 300 GW**

Source : Revue Générale Nucléaire 2006

Conclusion

- Renouveau mondial du nucléaire après 25 années de traversée du désert :
 - Avantages du nucléaire :
 - Prix de revient du kWh/fossiles
 - Sûreté dans les pays développés
 - Énergie en base sans CO₂
 - Indépendance énergétique
 - Inconvénients du nucléaire :
 - Mauvaise perception par le public (en particulier pour les déchets)
 - Prolifération

Redémarrage en Asie.

Europe et Amérique suivront après.

Mais sans l'adhésion des populations les politiques ne se lanceront pas