



**AEPN**

# Le nucléaire : *l'énergie du futur*



Présentation à Houilles

par Bruno Comby

Directeur de l'institut Bruno Comby (IBC)  
Fondateur et président de l'AEPN  
(Association des Ecologistes  
Pour le Nucléaire)





**AEPN**



## **Introduction : Le parcours d'un écologiste**

**Le changement climatique**

**Informations sur l'énergie**

**Que faire ?**

**Les économies d'énergie**

**Les énergies renouvelables**

**Le nucléaire : une énergie propre**

**L'énergie nucléaire**

**La radioactivité dans la nature**

**L'indépendance énergétique**

**Risques : Tchernobyl, Fukushima...**

**L'avenir de l'énergie**

**France décarbonée : mode d'emploi 80-100 GW**

**AEPN : Assoc des écologistes pour le nucléaire**

**Conclusion : C'est l'énergie du futur !**



**AEPN**

## **L'ancienne et la nouvelle vision de l'écologie : Les bienfaits de l'énergie nucléaire pour l'environnement**



# Le parcours d'un écologiste



**AEPN**





## La vie d'un scientifique indépendant

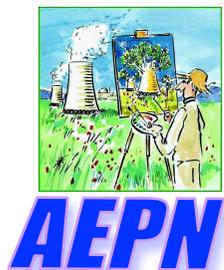


Diplômé de l'Ecole Polytechnique et ingénieur en génie nucléaire de l'Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées

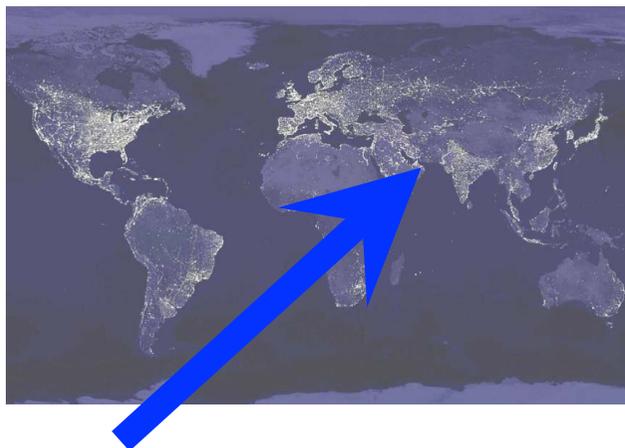
### Maison écologique à Houilles :

- Passive et positive en énergie
- >100 fois moins de CO2





## Le service militaire d'un pacifiste



Zone de guerre en 1981 :  
Golfe Persique  
Détroit d' Hormuz

Problème :  
Garantir la sécurité des  
super-tankers pétroliers

# La planète Terre vue la nuit



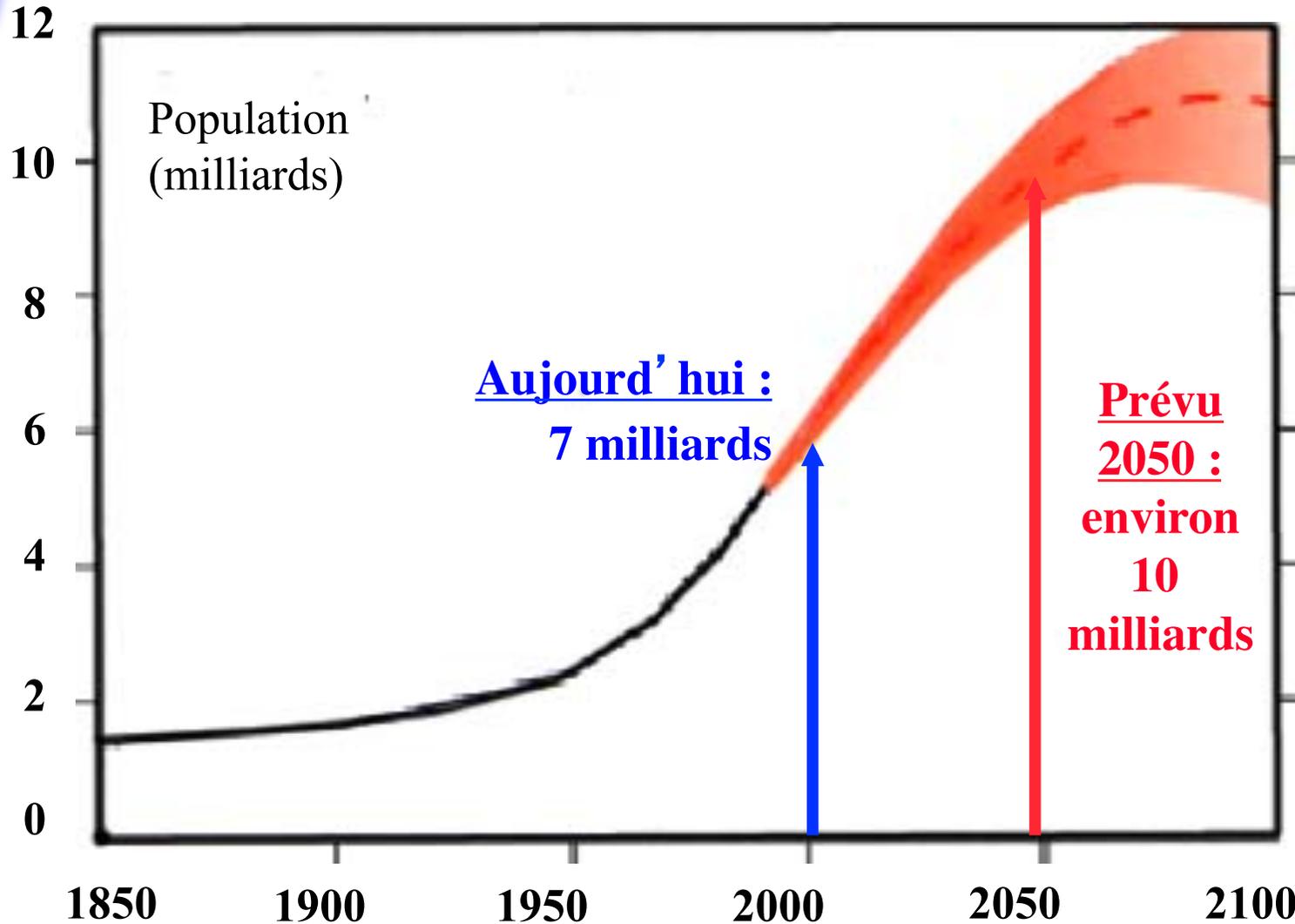
**Actuellement 20% de la population mondiale  
consomme 60% de l'énergie**

Planète Terre vue la nuit depuis l'espace (image reconstruite) - © Nasa 2000



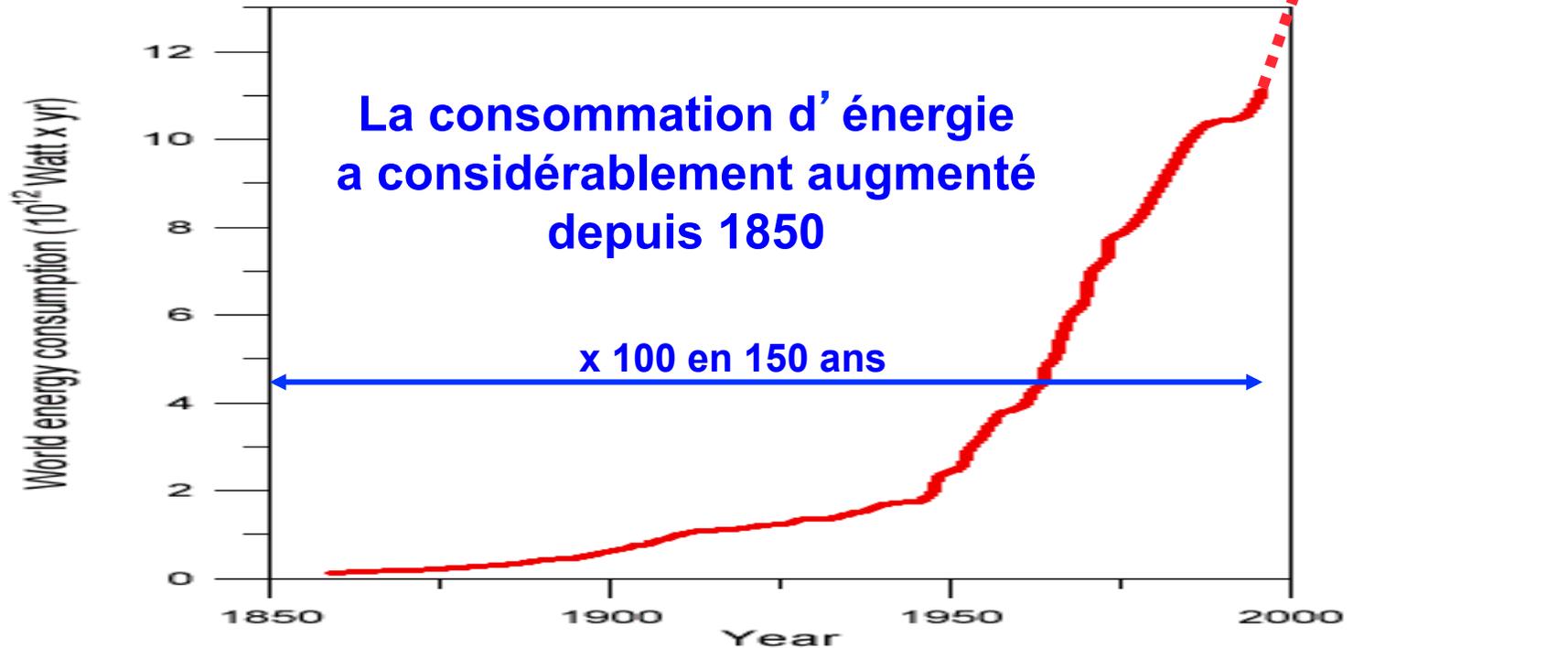
**AEPN**

# Population mondiale





# Consommation d'énergie



**Actuellement, la consommation d'énergie augmente rapidement dans les pays en développement et n'augmente plus dans les pays développés.**

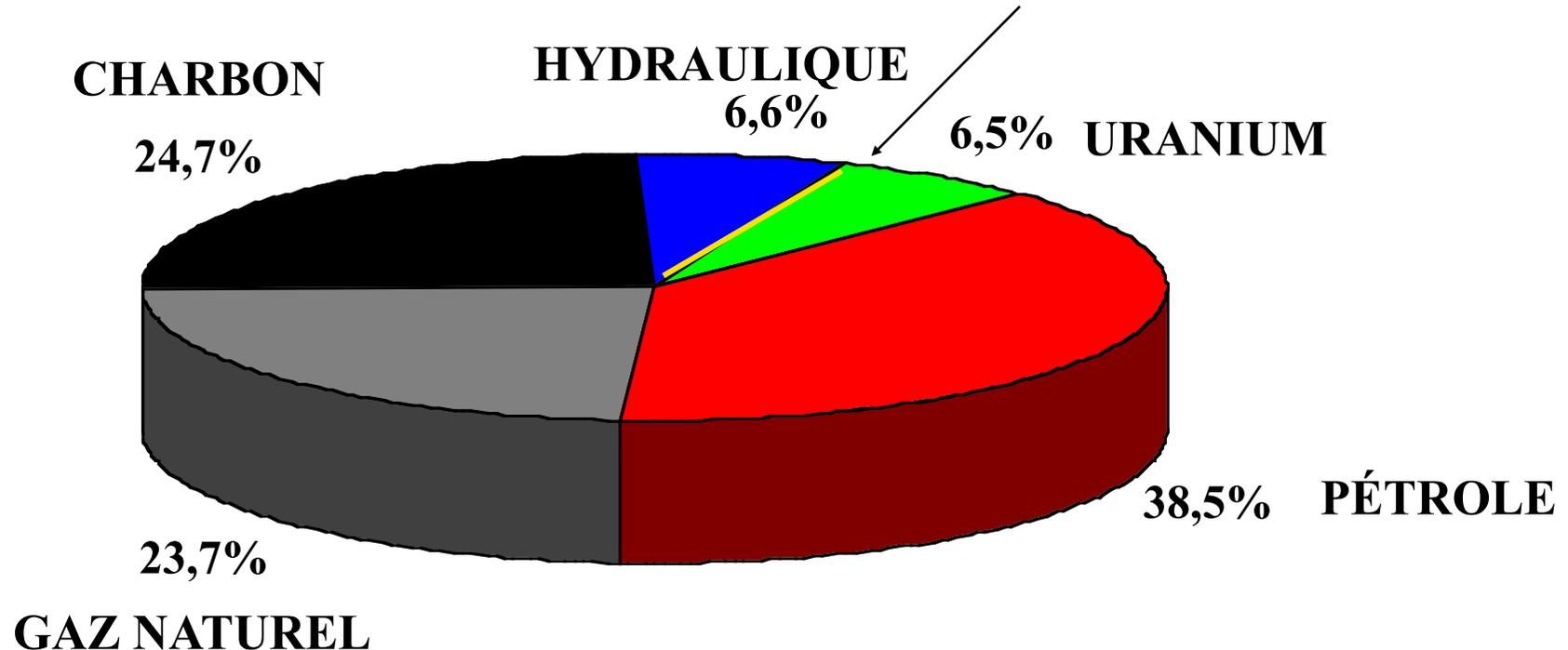


# SOURCES D'ÉNERGIES

hors biomasse et bois (MONDE 2002)

**87% de l'énergie est carbonée (charbon, pétrole, gaz) et contribue à l'effet de serre**

Solaire + éolien + géothermie = 1%



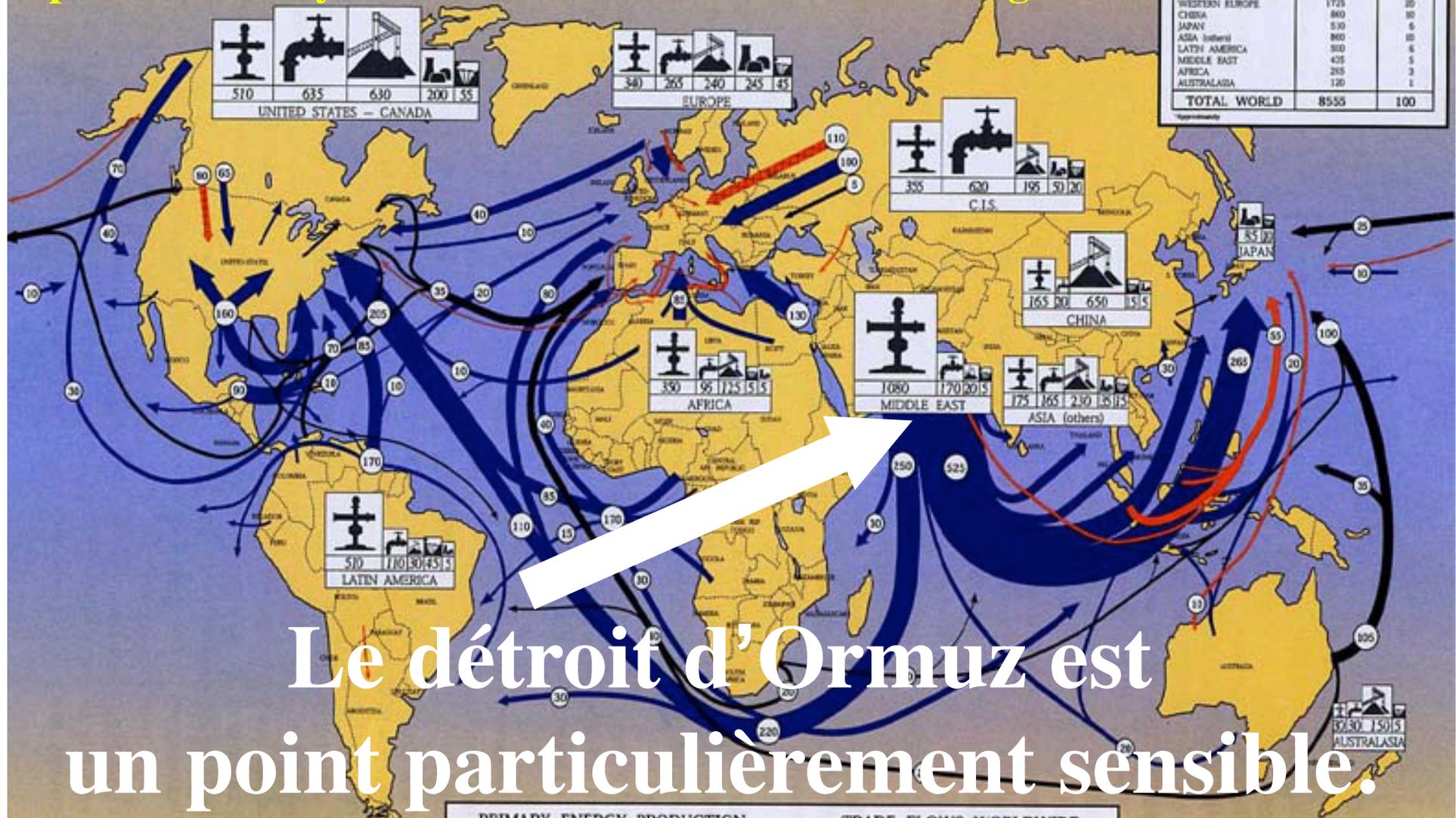
**9,1 Gtep/an + biomasse  $\sim$  10 Gtep/an**

Source : BP 2002

# ENERGY WORLDWIDE

Le monde dépend pour la moitié de son approvisionnement en pétrole du Moyen Orient : source de tensions et de guerres

PRIMARY ENERGY CONSUMPTION*		
Area	Consumption	Share (%)
UNITED STATES - CANADA	2365	28
CIS - EASTERN EUROPE	918	11
WESTERN EUROPE	1725	20
CHINA	860	10
JAPAN	510	6
ASIA (others)	860	10
LATH AMERICA	300	4
MIDDLE EAST	425	5
AFRICA	295	3
AUSTRALASIA	120	1
<b>TOTAL WORLD</b>	<b>8555</b>	<b>100</b>



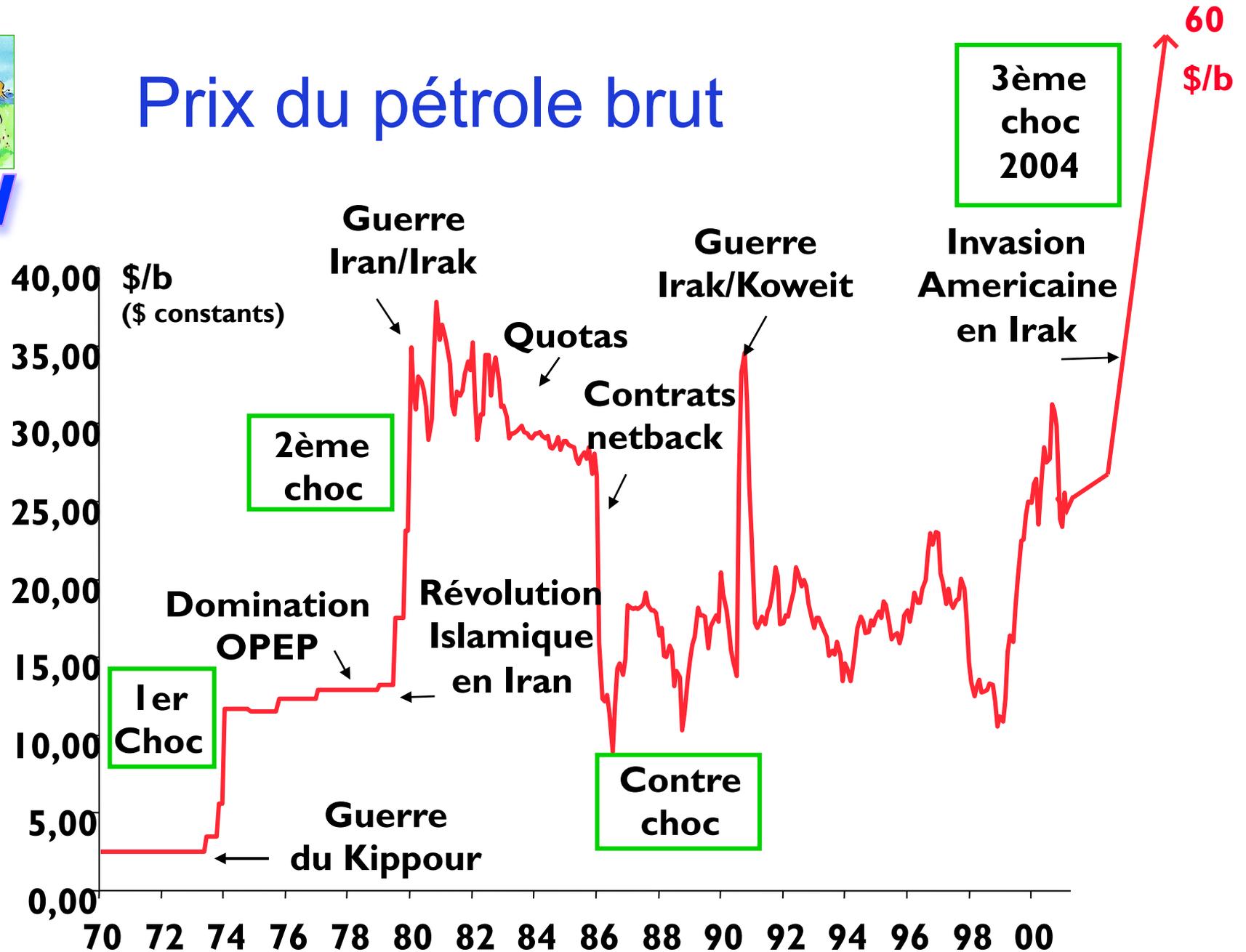
Le détroit d'Ormuz est un point particulièrement sensible.

PRIMARY ENERGY PRODUCTION					TRADE FLOWS WORLDWIDE			
(Million tonnes oil equivalent)								
					Petroleum		Gas line	
					Natural gas		Liquefied natural gas	
					Coal			

\*1995 data + 0.2% for nuclear production  
\*\*1995 data + 0.05% for hydroelectricity



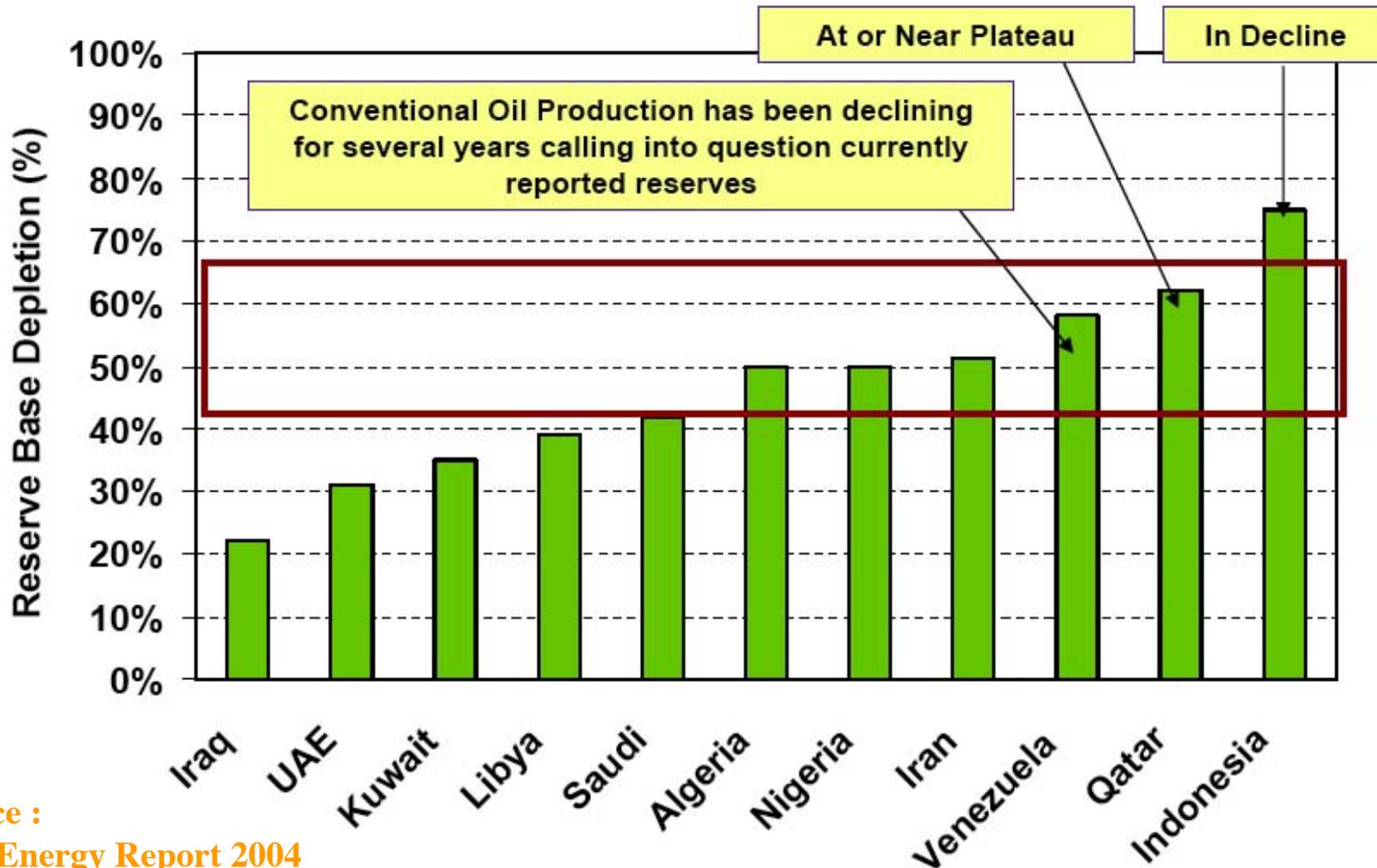
# Prix du pétrole brut



Source : Platt's / IFP



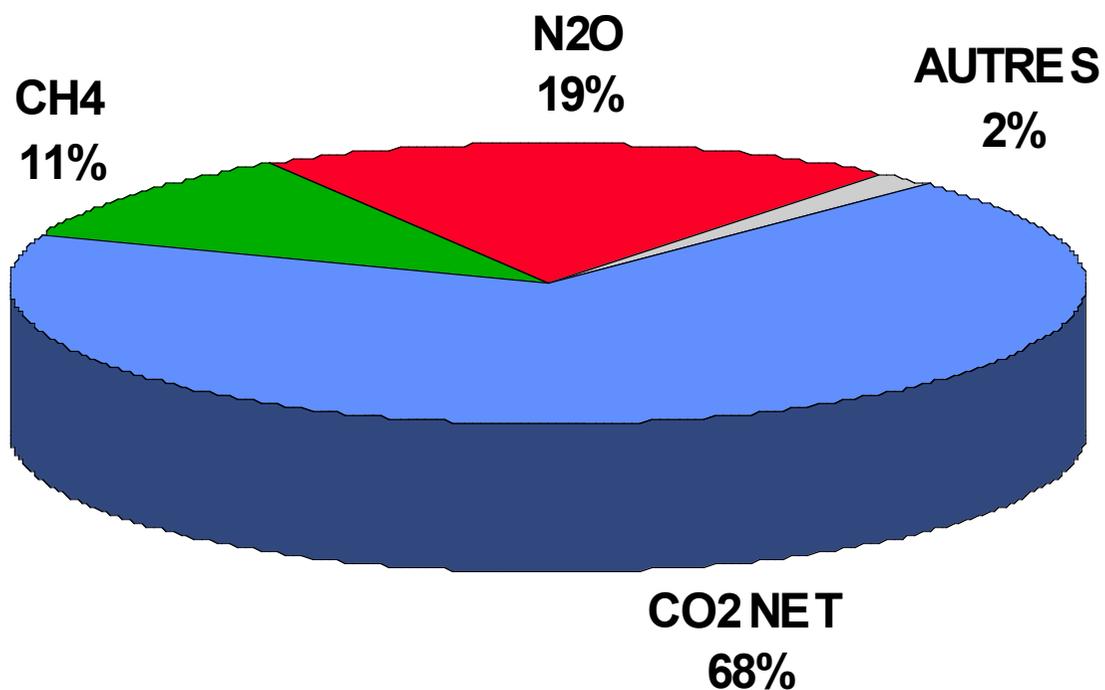
# LE PIC PETROLIER : LA FIN DU PETROLE PAS CHER



Source :  
PFC Energy Report 2004



## CONTRIBUTION AU PRG\*



\* **Pouvoir de Réchauffement Global**  
= part dans l'accroissement de l'effet de serre

Ref: GIEC 1995-X Environnement  
Chiffres pour la France

# Le CO2 est un gaz à effet de serre

20<sup>ème</sup> siècle : +0.5 à 1°C

21<sup>ème</sup> siècle : +3 à 6° C

Imaginons... : que nous arrêtions soudain d'émettre des gaz à effet de serre, le réchauffement climatique va-t-il cesser ?

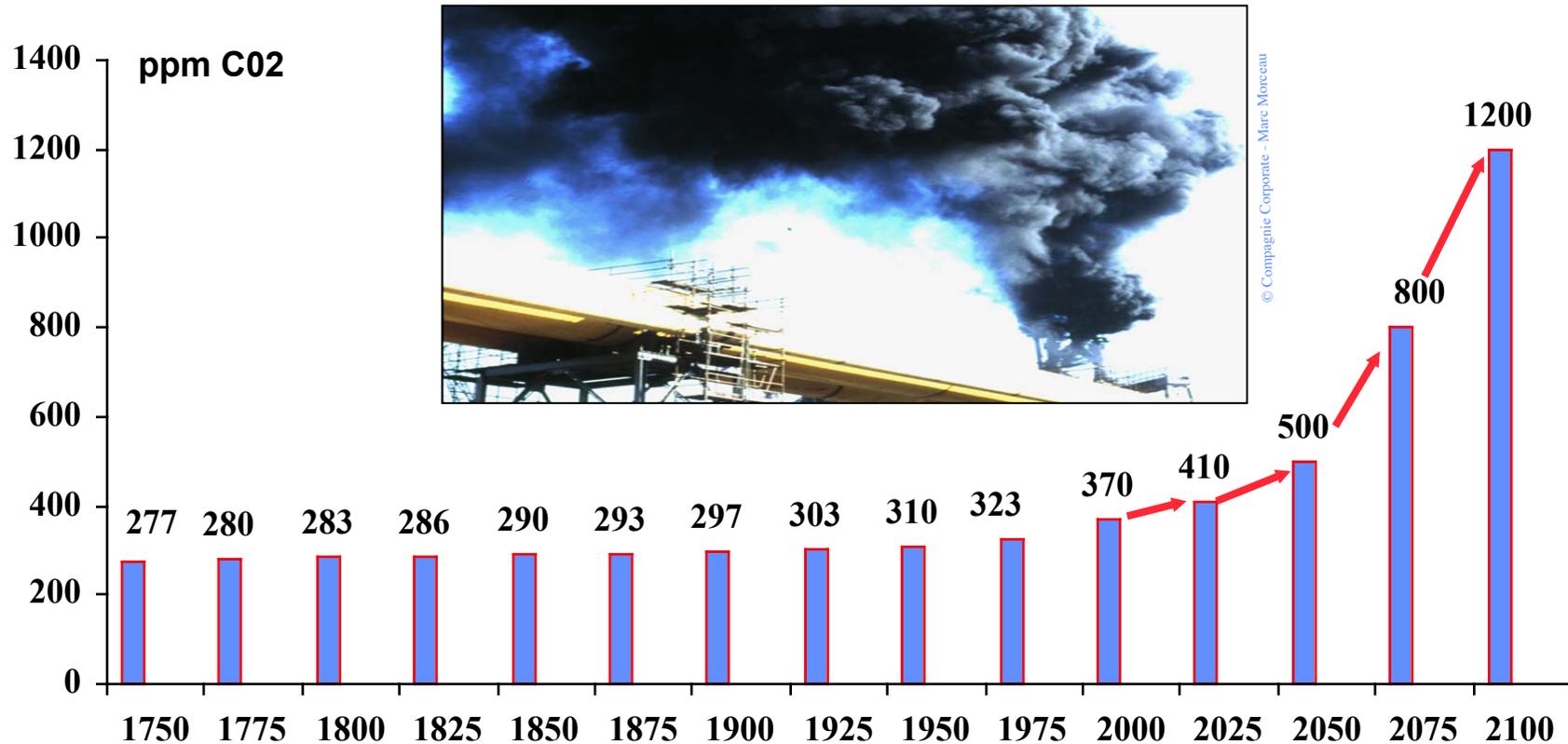
**UN EFFET DEJA GLOBAL**

**avec une longue constante de temps :**

**IL EST URGENT D'AGIR**



# Taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère



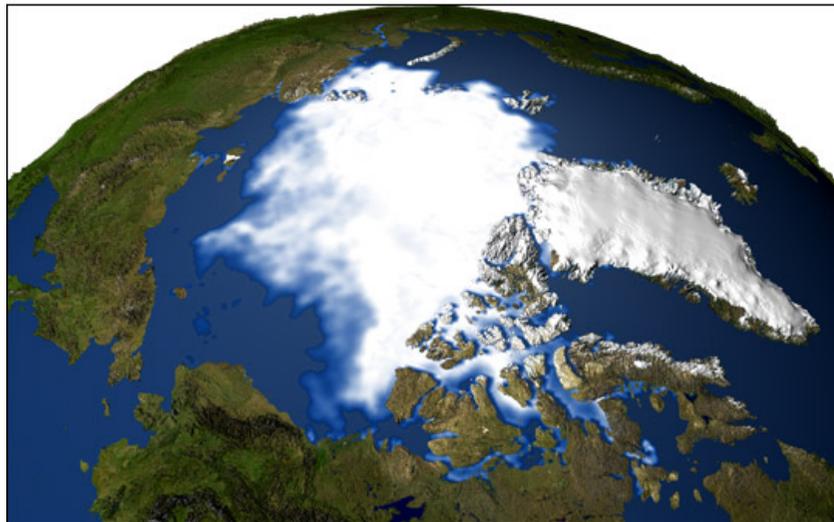
**Le taux de CO<sub>2</sub> dans notre atmosphère n'a jamais été aussi élevé depuis plus de 400 000 ans, et il continue à croître.**



**AEPN**

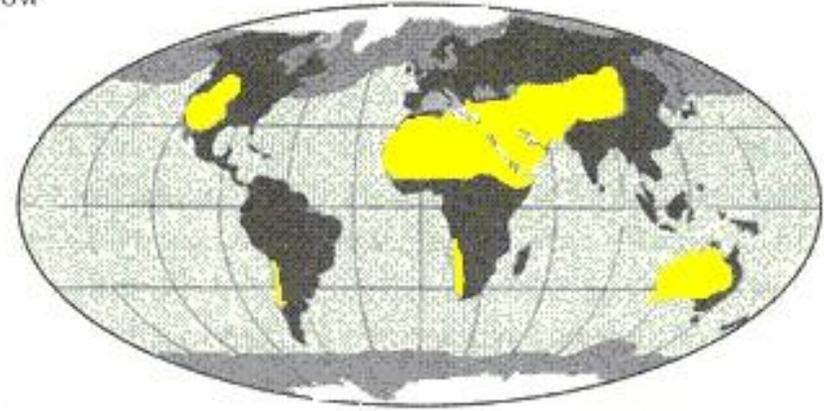


1979 SSMI Composite Data

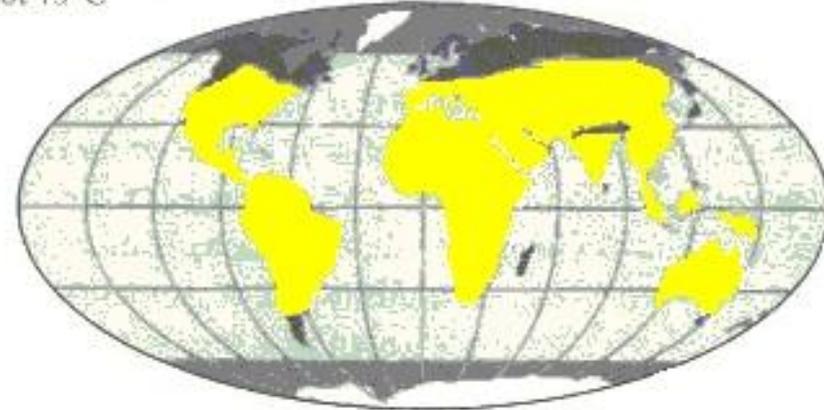


2003 SSMI Composite Data

Now



Hot +5°C



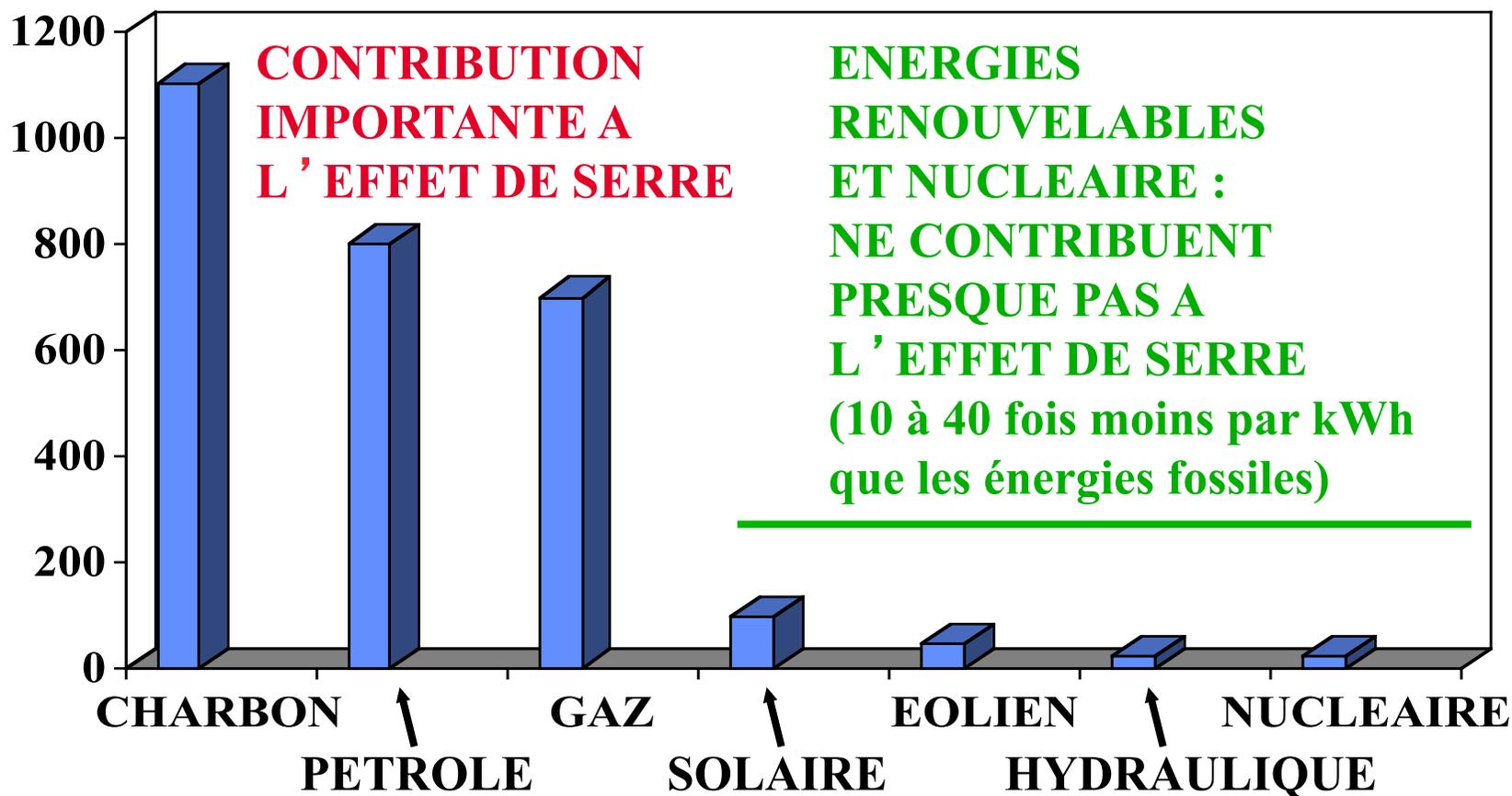
Nature of surface

-  Ice
-  Ocean with life
-  Ocean desert
-  Forests
-  Scrub and desert



# PRODUCTION DE GAZ A EFFET DE SERRE SELON LE TYPE D'ENERGIE

gr CO<sub>2</sub>/kWh



**ENERGIES FOSSILES**

Ref: NEW 01/96



# QUE FAIRE ?

**1 - ECONOMIES D'ÉNERGIES**

**2 - EFFICACITE  
ENERGETIQUE**

**3 - ENERGIES PROPRES**

**Objectif (nécessaire et réaliste), diviser :**

**- les gaz à effet de serre par 4 en Europe**

**Habitat - industrie - transport agroalimentaire - électricité**





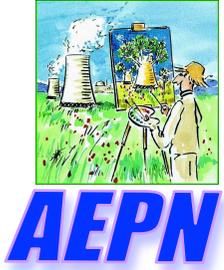
**AEPN**

# Un exemple concret : la construction écologique

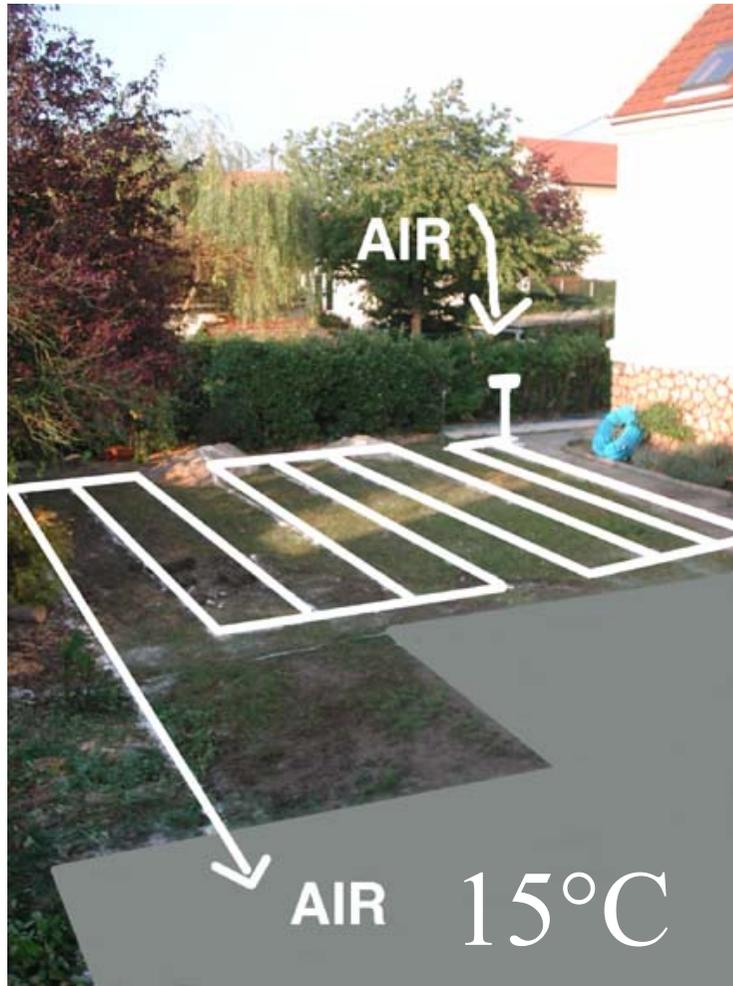
- 20 fois moins d'énergie
- 400 fois moins de CO2

**Par rapport à une maison ordinaire chauffée au gaz**





# Puits canadien Géothermie



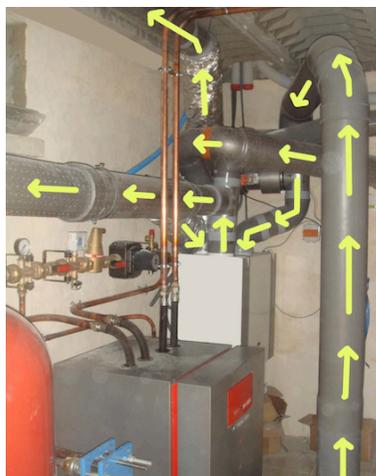
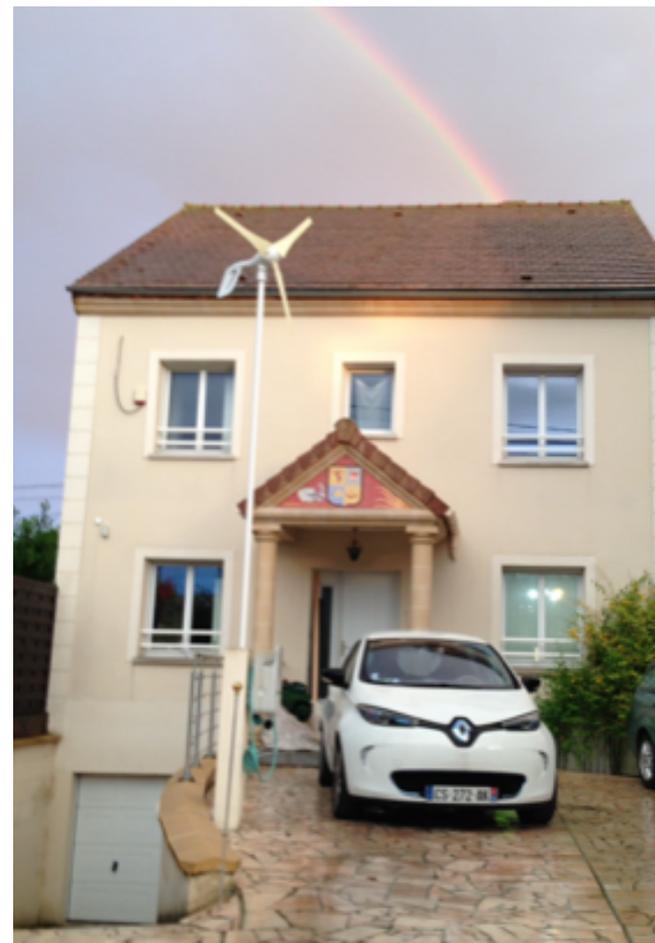


# Techniques de construction :

- Matériaux isolation renforcée « passive »
- Conception bioclimatique
- Ventilation double-flux + puits canadien
- Pompe à chaleur et ECS géothermique
- Production d'énergie « positive »
- **Récupération 80% chaleur eau chaude / douches**

**Il faut changer la RE 2020 !**

<http://maison.ecolo.org>





Sur les chantiers BTP,  
dans les mines,  
l'agriculture,  
l'industrie :



- stop au gaz, charbon, pétrole
- améliorer les méthodes  
(- engrais, - phyto, + économies, + échangeurs)
- tout électrifier (propre)



# Véhicules électriques



Voitures électriques  
camions, trains, bus,  
bateaux : l'électricité  
c'est propre !





# Transports propres

## Amélioration des performances des batteries

### De + en + de capacité (kWh) :

Pb : 50 km (années 90) Ni-Cd : 80 km (2000)

NiMH : 100 km (2005)

Lithium 2013 : 130 km (Zoé 22 kWh)

Lithium 2017 : 240 km (Zoé 41 kWh)

Lithium 2019 : 300 km (Zoé 52 kWh)

Kia Hyundai 2018 : 450 km (64 kWh)

Tesla M3 : 560 km (77 kWh) et MS 800 **2018** km



**2013**



1 000 000 km

### Moteur de + en + efficace :

20 -> 15 kWh/100 km en 5 ans

Électricité 2-3€/100km vs essence 10-12€/100km (x 4 à 5)

### Recharge de + en + rapide :

43 kW (2013) -> 75-150 kW (2020)

**En 2022-2025 :** 1000 km, 350 kW

100km/4min, 1,9 s le 0/100km/h 1 million miles battery

**2022**





**AEPN**

# Trajet Houilles-Larzac



2017

**Zoé 22 kWh**

**Range : 130 km**

**Charge Sodetrel**

**Durée du trajet : 23 h**  
**Départ 7h -> Arrivée 06h**

**Charge 1h30 pour 80 km**

Temps de roulage : 7h  
Temps de charge : 8x1h30  
Bornes HS, imprévus : 4h

Charge théorique : 43 kW  
Charge max : 37 kW  
Charge moyenne : 15 kW

Nouvelle batterie

2018

**Zoé 41 kWh**

**Range : 240 km**

**Charge Sodetrel**

**Durée du trajet : 17 h**  
**Départ 7h -> Arrivée 24h**

**Charge 2h pour 150 km**

Temps de roulage : 7h  
Temps de charge : 4x2h  
Bornes HS, imprévus : 2h

Charge théorique : 43 kW  
Charge max : 37 kW  
Charge moyenne : 25 kW

Nouvelle voiture

2018

**Kona 64 kWh**

**Range : 450 km**

**Charge Sodetrel**

**Durée du trajet : 9 h 30**  
**Départ 7h -> Arrivée 16h30**

**Charge 1h pour 175 km**

Temps de roulage : 7h  
Temps de charge : 2 x1h  
Bornes HS, imprévus : 0,5h

Charge théorique : 50 kW  
Charge max : 44 kW  
Charge moyenne : 35 kW

Nouveau réseau de charge

2020

**Kona 64 kWh**

**Range : 450 km**

**Charge Ionity**

**Durée du trajet : 8h30**  
**Départ 7h -> Arrivée 15h30**

**Charge 45 mn pour 175 km**

Temps de roulage : 7h  
Temps de charge : 2x 45 mn  
Bornes HS, imprévus : OK

Charge théorique : 100 kW  
Charge max : 77 kW  
Charge moyenne : 50 kW



# Prix : le paradoxe

Acheter plus cher... pour faire des économies



## KONA ESSENCE

Longévité : 300 000 km (4 voit/p)

Prix d'achat : 25 000 €

Entretien : 15 000 €

Essence : 30 000 €

-----

Coût total : 70 000 €

**Coût par km : 24 cts/km**

## ELECTRIQUE

Longévité : 1 000 000 km (1 voit/p)

Prix d'achat : 35 000 €

Entretien : 12 000 €

Electricité : 27 000 €

-----

Coût total : 74 000 €

**Coût par km : 8 cts/km**



# Combien de réacteurs nucléaires pour électrifier les VL, VU et PL ?

1 VE x 15 000 km/an x 20 kWh/100 km = 3 MWh/an

1 EPR x 1650 MW x 8000 h/an = 13 200 000 MWh/an

**Donc : 1 EPR = 4,4 millions de VE**



**33 M de VP  
= 8 EPR**



**6,2 M de VU (x 2,5 VP)  
= 3 EPR**



**630 000 PL (x 7 VP)  
= 1 EPR**

**Il faut 12 EPR = 19,2 GW pour décarboner la mobilité**



# Combien de réacteurs nucléaires pour électrifier chauffage et ECS ?

Consommation élect. chauff + ECS par logement : 3 MWh/an  
1 EPR x 1650 MW x 8000 h/an = 13 200 000 MWh/an

Donc : 1 EPR = 4,4 millions de logements isolés et électrifiés



Chauffage de 36,3 M logements :

47% élec **23% gaz** **16% fioul** 14% bois

39% 36,3 M x 3 MWh = 44 TWh = 3 EPR

+ chauffage tertiaire et industrie = 2 EPR

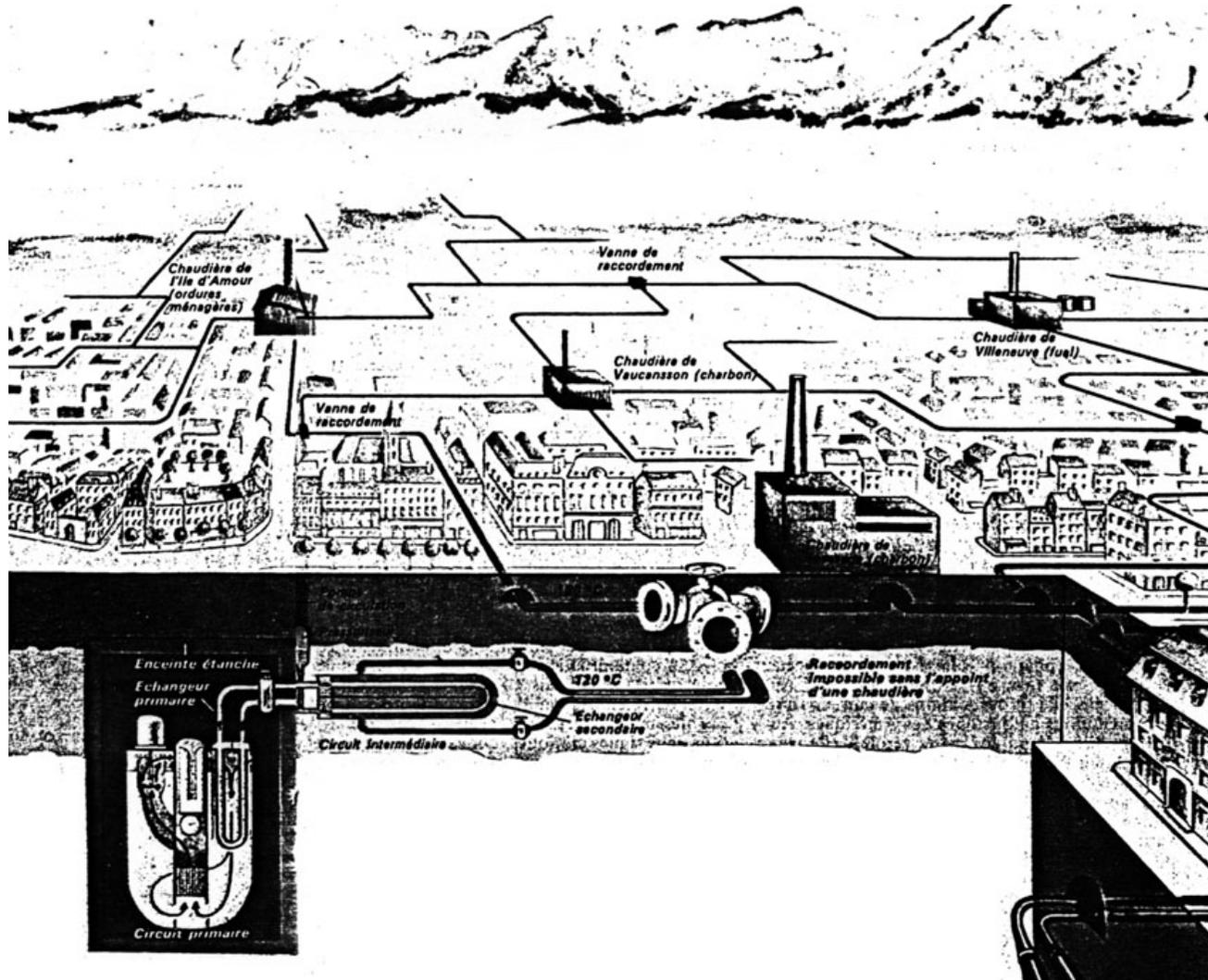
Il faut 5 EPR = 8 GW en + pour décarboner le chauffage



**AEPN**

# Cogénération nucléaire

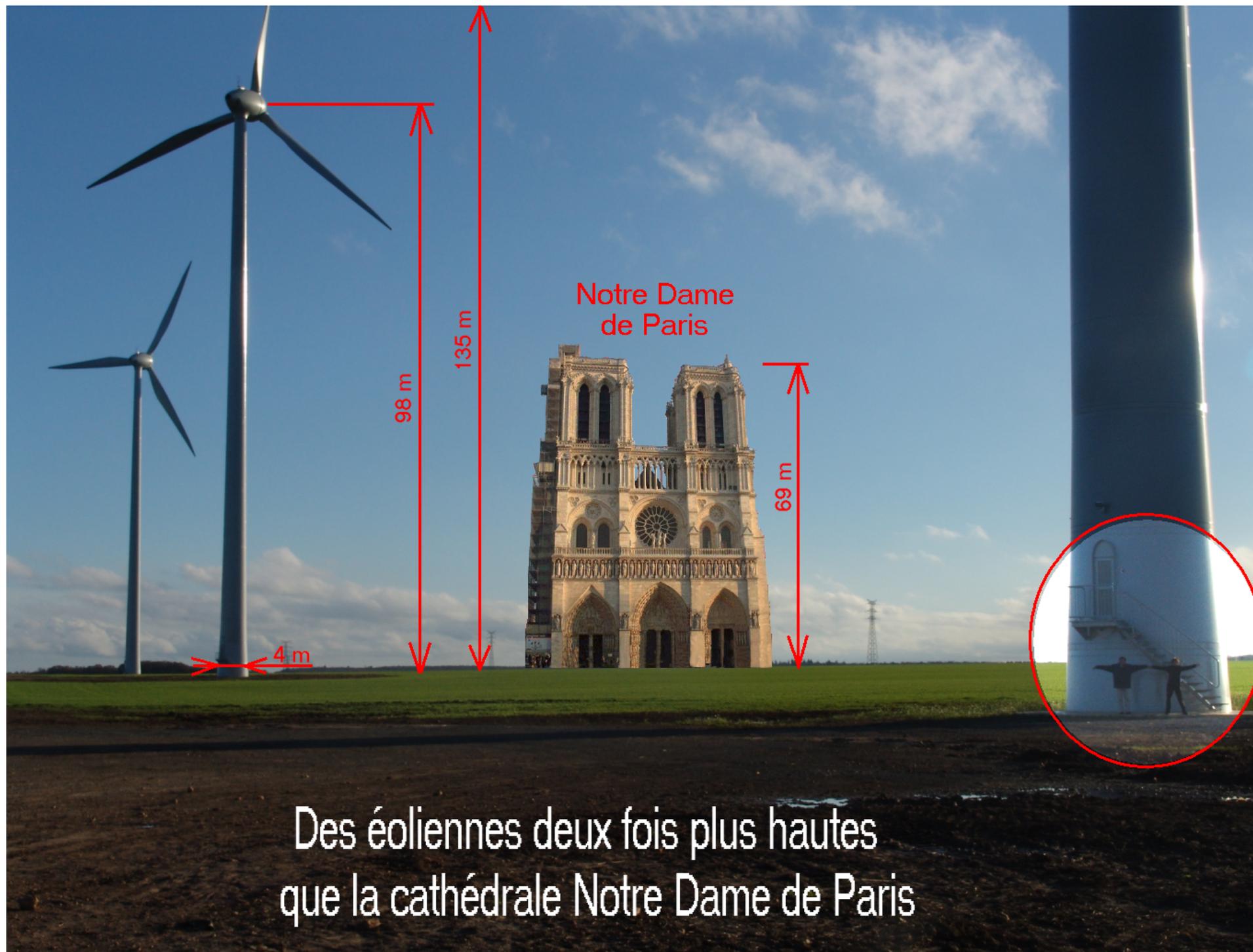
= chaleur propre (sans CO2) et (presque) gratuite



Gaspillage actuel :  
**1000 TWh/an**  
**= 1 PWh/an**  
**(en France)**

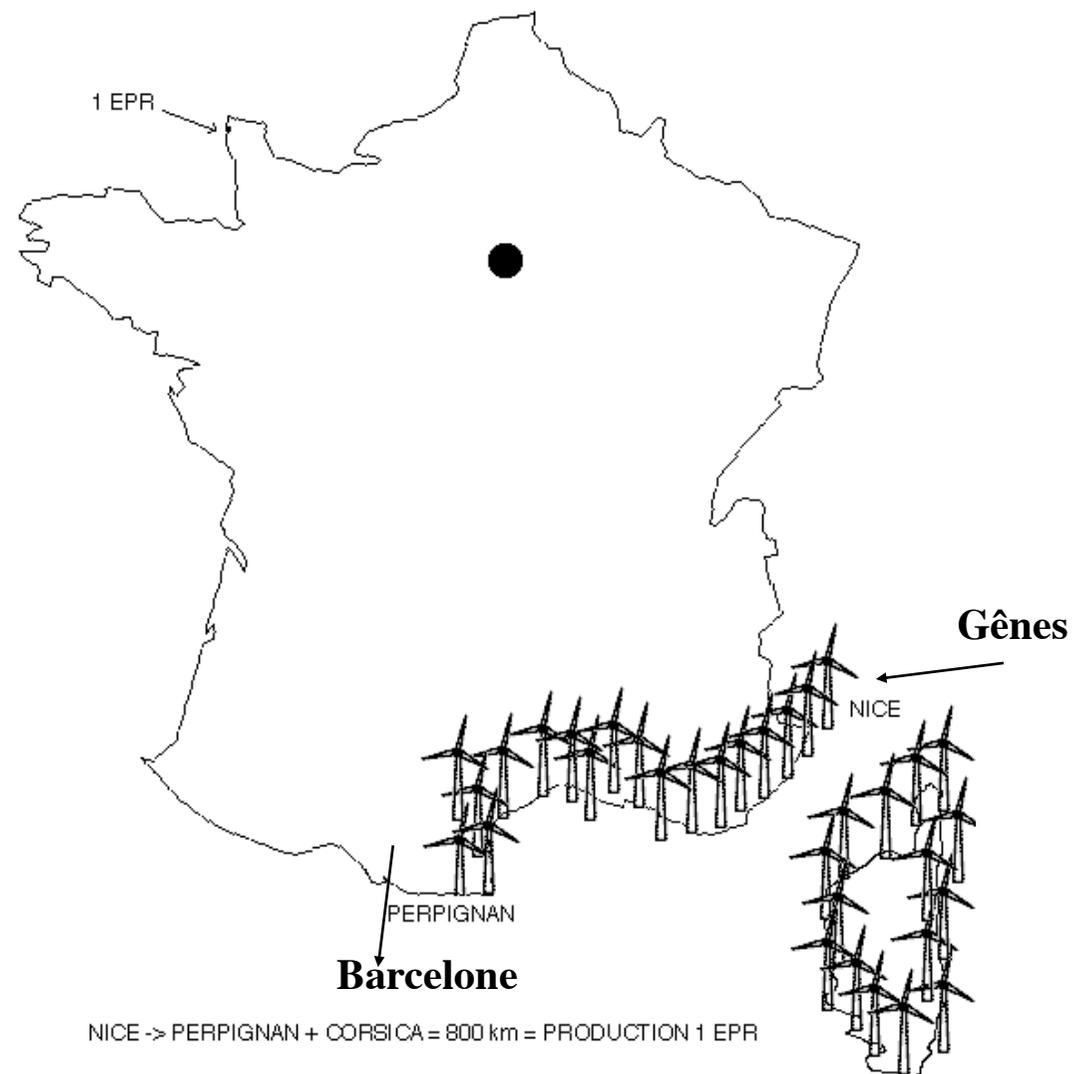
Projet Thémis  
Stockholm  
Temelin  
Russie  
Nogent/Seine

**NUWARD :**  
300 MWe  
1GWth  
1 Mhab





# L'ÉNERGIE ÉOLIENNE NE SAUVERA PAS LA PLANÈTE

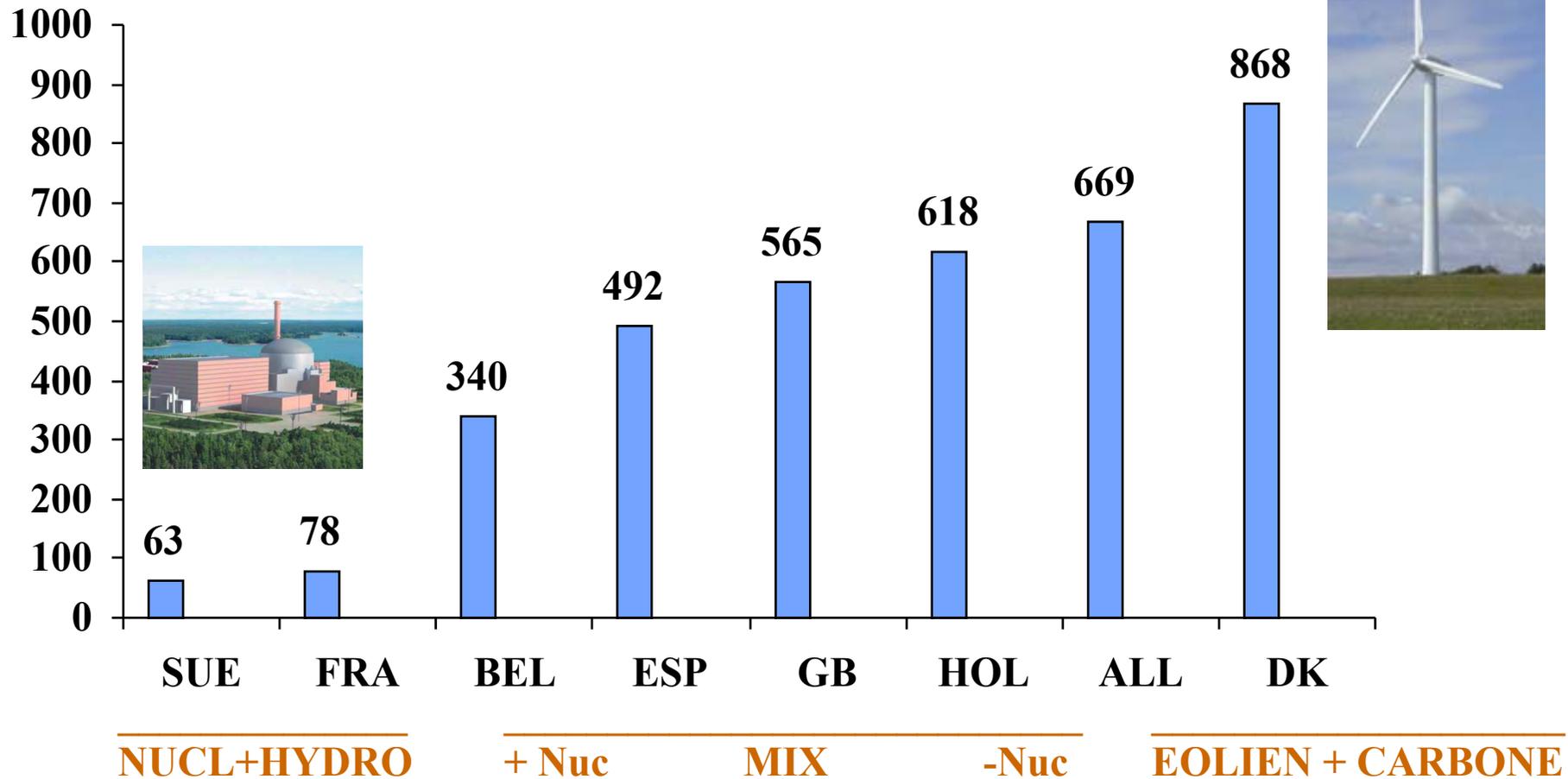




# REJETS DE CO2 PAR PAYS

TONNES/GWh

1995





**AEPN**

# L'ÉNERGIE SOLAIRE PEUT AIDER ... QUAND IL Y A DU SOLEIL





# L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE CONTINUE À SE DÉVELOPPER



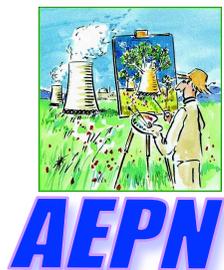
## Bonnes nouvelles de :

- Royaume-Uni
- États-Unis, Russie
- Chine, Inde
- Canada
- Pologne
- Emirats, Turquie,  
Bulgarie,
- Finlande

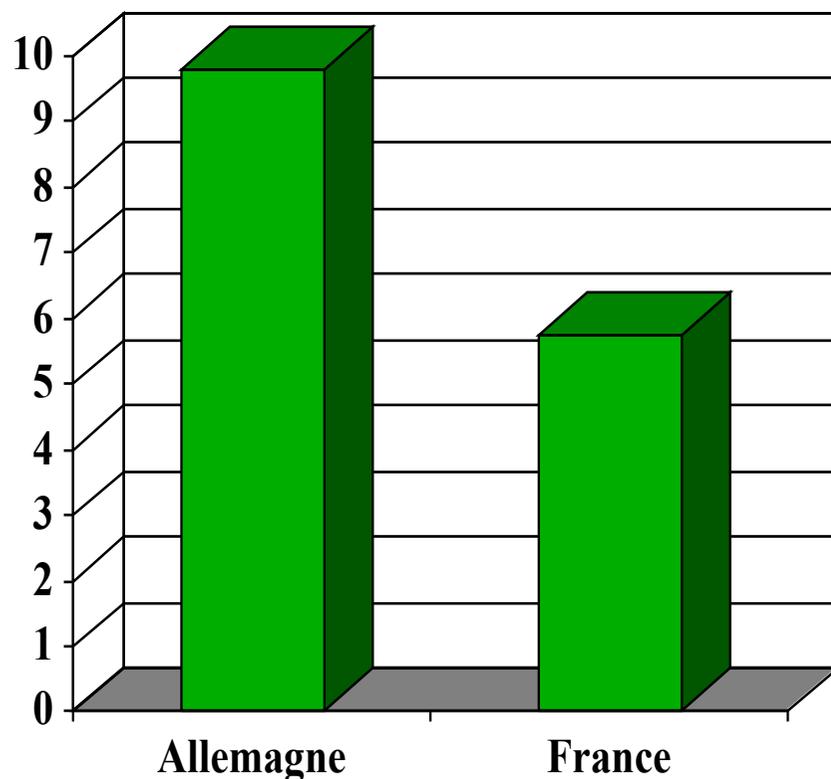
... et en France...



Allemagne ?



# EMISSIONS de CO<sub>2</sub> en France et en Allemagne (t CO<sub>2</sub>/personne par an)



Emissions de CO<sub>2</sub> (source IEA 2016)

**DE = 8.87 Tons CO<sub>2</sub>/hab 0.19 kg CO<sub>2</sub>/2010 USD GDP**

**FR = 4.38 Tons CO<sub>2</sub>/hab 0.10 kg CO<sub>2</sub>/2010 USD GDP**

■ Tons CO<sub>2</sub>/hab

Tarif de l'électricité pour les familles :

**DE = 30 cts/kWh**

**FR = 18 cts/kWh**

**L'exemple à suivre est la France,  
certainement pas l'Allemagne !**

Source :

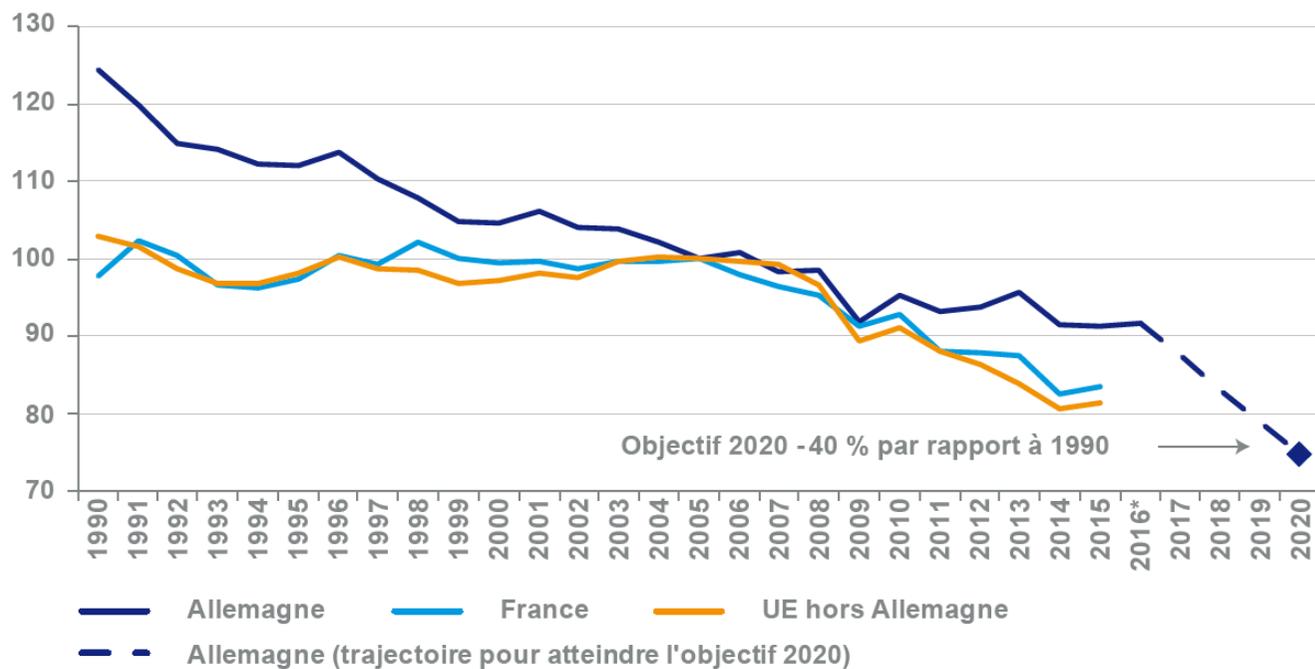
**EUROSTAT, European Commission,  
2<sup>nd</sup> trim 2018**

# Germany's Failed Climate Goals A Wake-Up Call for Governments Everywhere



Cooling towers at the lignite coal-fired power plant in Janschwalde, Germany. Photographer: Krisztian Bocsi/Bloomberg

## Évolution comparée des émissions de gaz à effet de serre en Allemagne, en France et en Union européenne (base 100 en 2005)



Source : Eurostat et BMWi<sup>1</sup> pour la donnée 2016, calculs France Stratégie



# Les énergies propres sont nécessaires



**Le monde va manquer d'énergie**  
**Il n'y a aucune contradiction**  
**entre les économies d'énergie,**  
**l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables.**  
**Toutes les énergies propres doivent être développées.**  
**Mais seules l'énergie nucléaire et hydraulique**  
**sont à la fois propres et disponibles à la demande**



# L'ÉNERGIE NUCLEAIRE

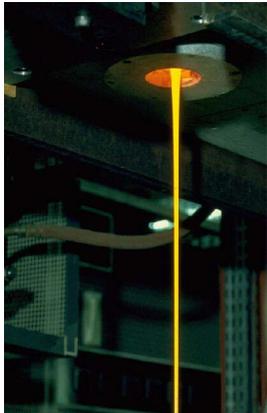


- Est très compacte
- Facteur 1 million  
(1g U = 1 tonne pétrole)
- Consomme très peu  
d'uranium  
(20 T=1m<sup>3</sup> par an)
- Produit très peu  
de déchets



**AEPN**

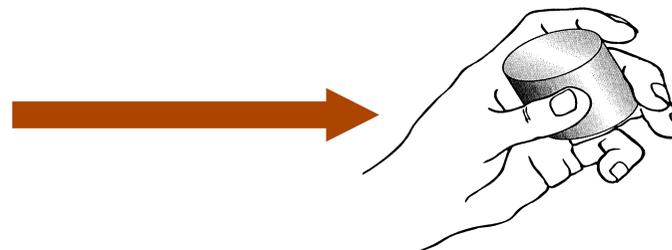
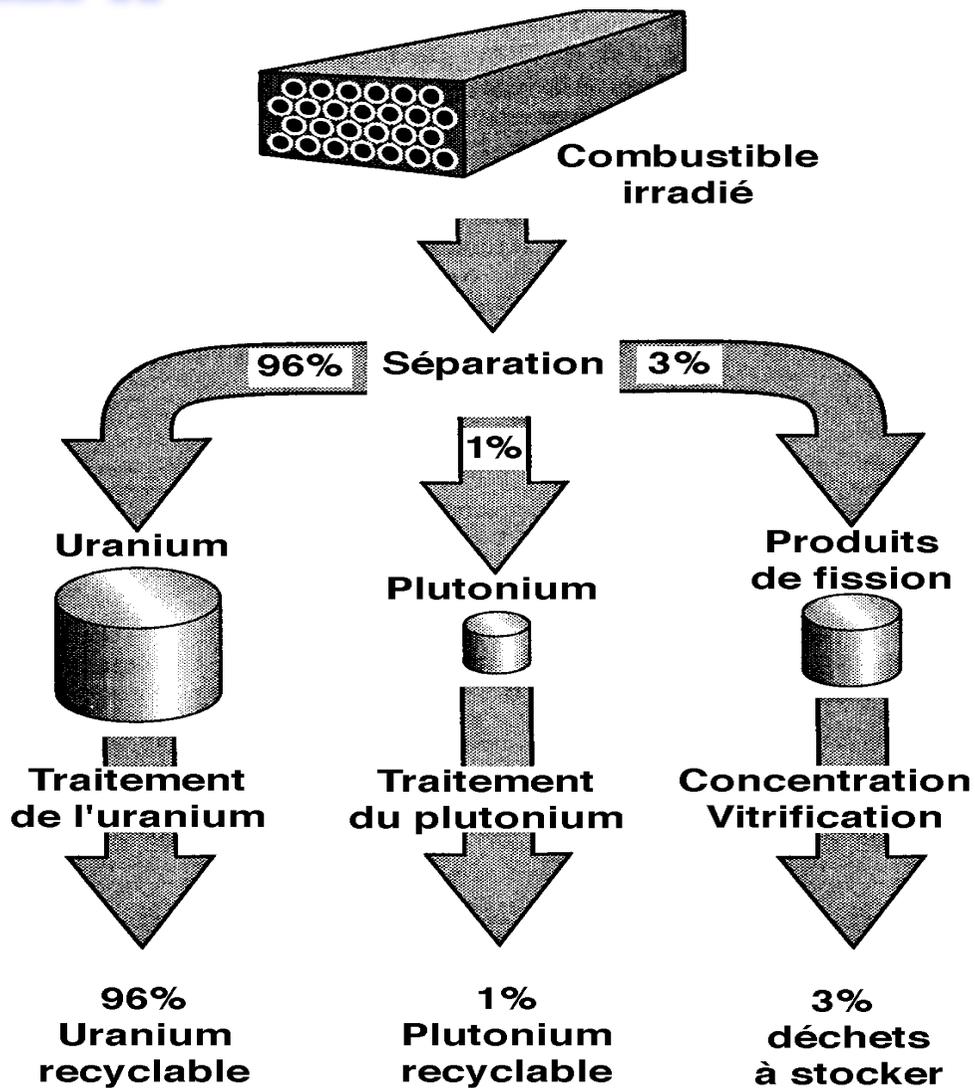
## Déchets nucléaires



- Leur volume est faible
- Ils sont confinés, pas rejetés dans la nature
- Ils se décomposent spontanément
- Leur toxicité initiale décroît très vite
- Quelques mètres de terre suffisent pour arrêter les rayonnements radioactifs
- Le combustible utilisé peut être retraité.



# LE RETRAITEMENT DES DECHETS NUCLEAIRES EST ECOLOGIQUE

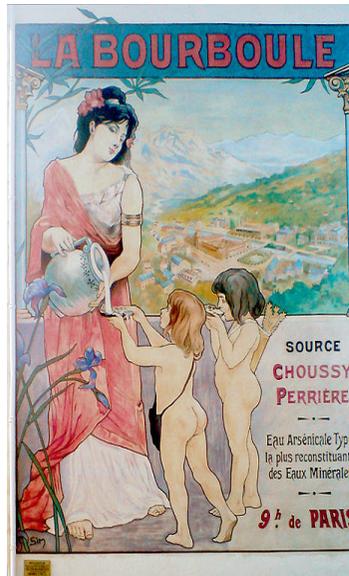
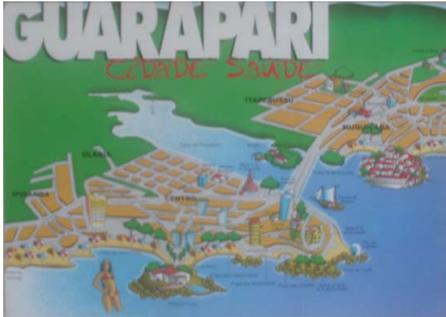


Volume de déchets nucléaires vitrifiés  
produit par une famille française  
« tout électrique » en 30 ans



**AEPN**

# La radioactivité, c'est naturel !



Partout : 0,1  $\mu\text{Sv}/\text{heure}$

En avion : 5  $\mu\text{Sv}/\text{heure}$

A Guarapari (Brésil) :

Jusqu'à 50  $\mu\text{Sv}/\text{hr}$  (plage)

A Ramsar (mer Caspienne):

150  $\mu\text{Sv}/\text{hr}$  (maisons)

La Hague INB: 0.001  $\mu\text{Sv}/\text{h}$

La Bourboule : 0,2 à 3  $\mu\text{Sv}/\text{h}$

U jardin : 10 kg/mètre (3 ppm)

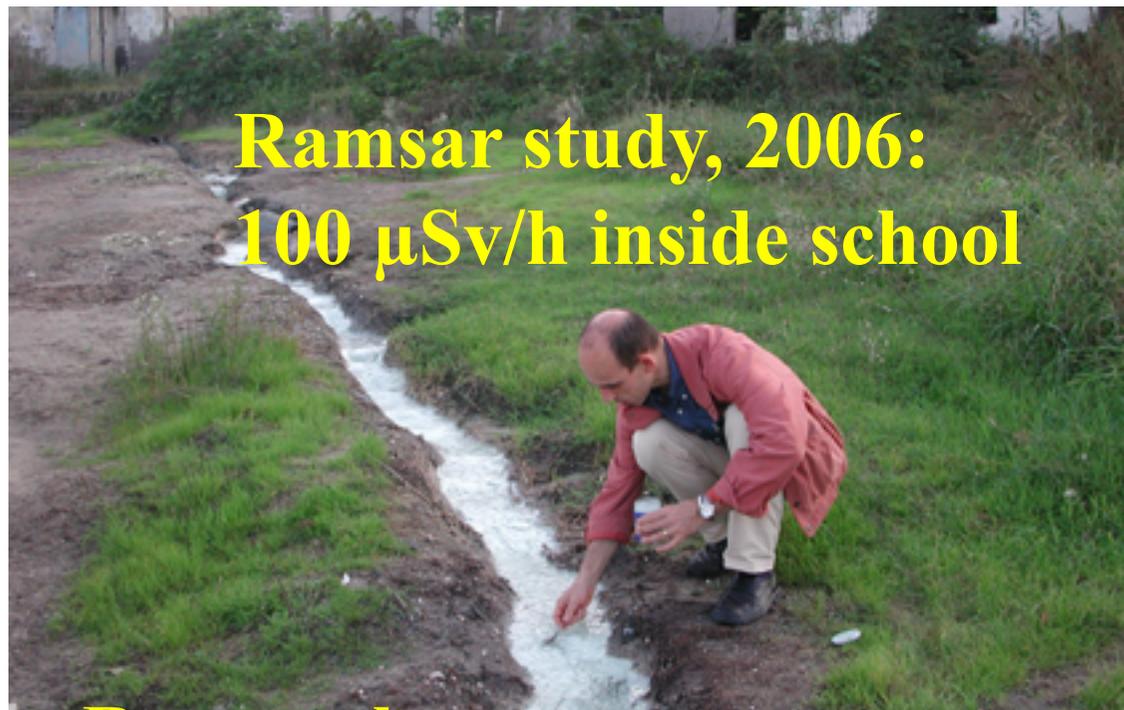
Pour protéger la population,  
la radioprotection doit inclure  
la radioactivité naturelle



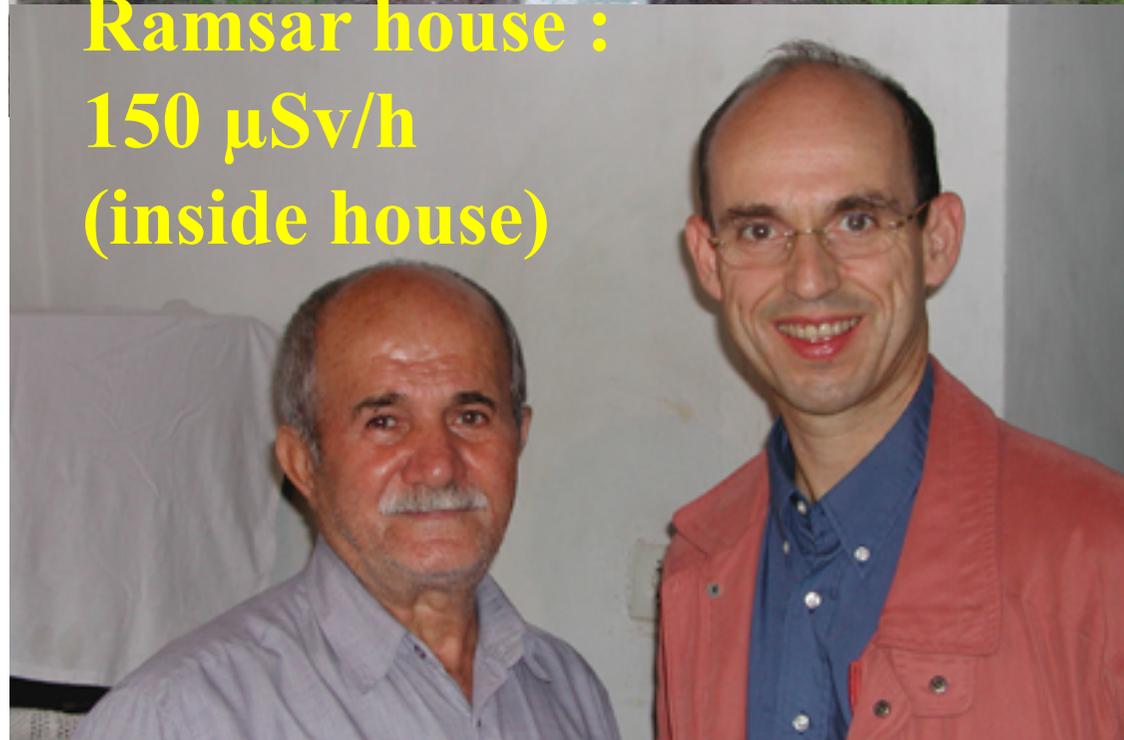
## Etude HBRS RAMSAR :

The highest background radiation school in the world and the health status of its students and their offspring  
(Comby & al., *Isotopes in Environmental and Health Studies*, oct 2013)

-> *No negative health effects observed*



**Ramsar study, 2006:  
100  $\mu\text{Sv/h}$  inside school**

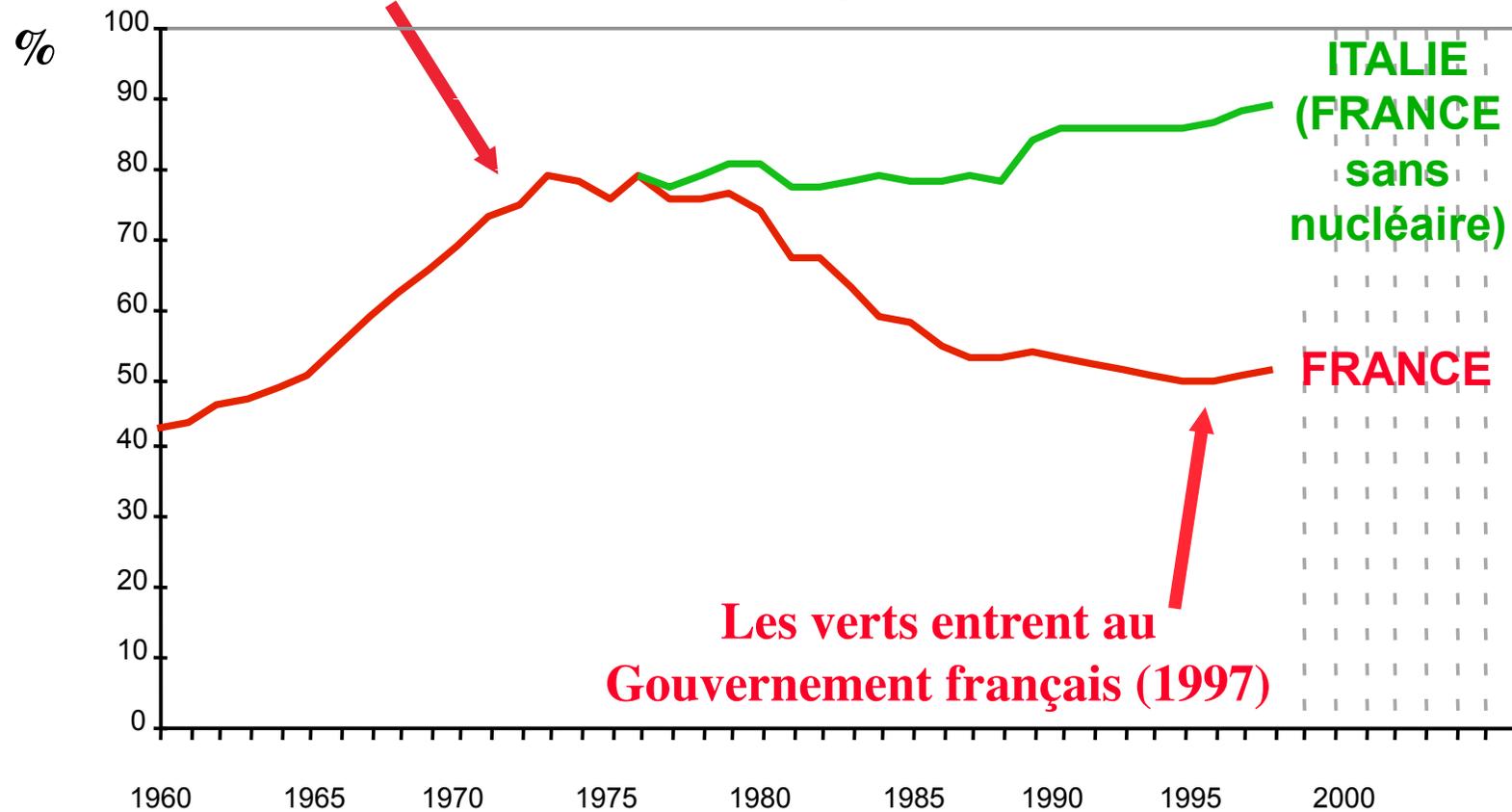


**Ramsar house :  
150  $\mu\text{Sv/h}$   
(inside house)**



# Dépendance énergétique (%)

**Début du programme nucléaire français (1973)**

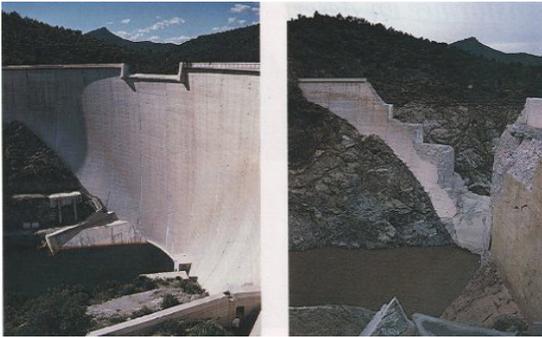


# Risques et accidents

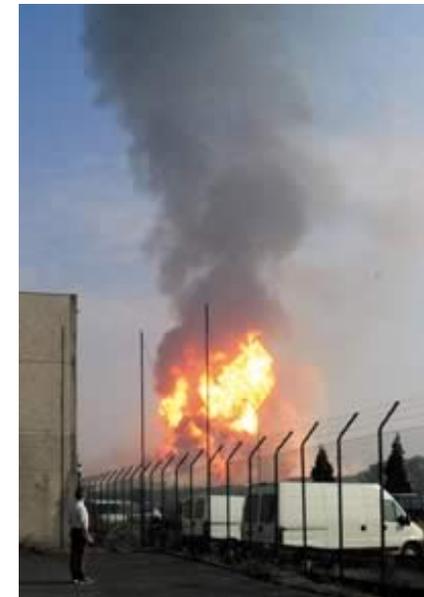




# Toute énergie comporte des risques



Malpasset - 423 morts  
2 Décembre 1959  
Moyenne = centaines/an



Ghislenghien  
30 Juil 2004  
22 morts



Explosion de vapeur - 1865  
Mississippi -> 1547 morts

350 000 morts / accidents du travail / an -> un seul dans le nucléaire 60



# L' accident De Tchernobyl

- Une catastrophe d'origine humaine, exemple à ne pas suivre avec erreurs graves à tous les niveaux :
- Réacteur de conception instable, pas d'enceinte de confinement, sécurités bypassées, test interdit...
- Tabac = 6 millions morts/an = 300 Tch/jr = 1 Tch/4 min



**TMI** : réacteur perdu, mais 0 décès  
**REP** : avec enceinte, pas graphite inflammable  
**CHARBON** : 10 000 décès/an (1 Tch/3 jr)



**AEPN**

# FUKUSHIMA



- Un tsunami dépassant toutes prévisions
- 20 000 morts noyés (seulement 2 dans la centrale)
- Arrêt automatique des 6 réacteurs
- 4 réacteurs détruits, 3 cœurs fondus, 2 explosions H<sub>2</sub>
- Evacuation rapide <15 03 : population non exposée
- 4 morts parmi les employés (**aucun par irradiation**)
- 6 employés > dose autorisée 250 mSv (vont bien)

## Leçons apprises : le nucléaire est encore plus sûr

- Révision des connaissances tsunamis (5.7m -> 14 m)
- Pompes et diesels de secours insuffisants et inondés
- STRESS-TEST : sûreté améliorée dans tous les pays<sup>63</sup>



# Risque d'attaque terroriste

WTC  
tower

Taille relative



## CONCLUSION :

- Cible difficile à viser pour un gros avion (taille)
- Enceinte de confinement prévue pour résister aux chutes d'avion
- Le risque majeur n'est pas nucléaire : c'est le black-out électrique (insuffisance d'électricité)

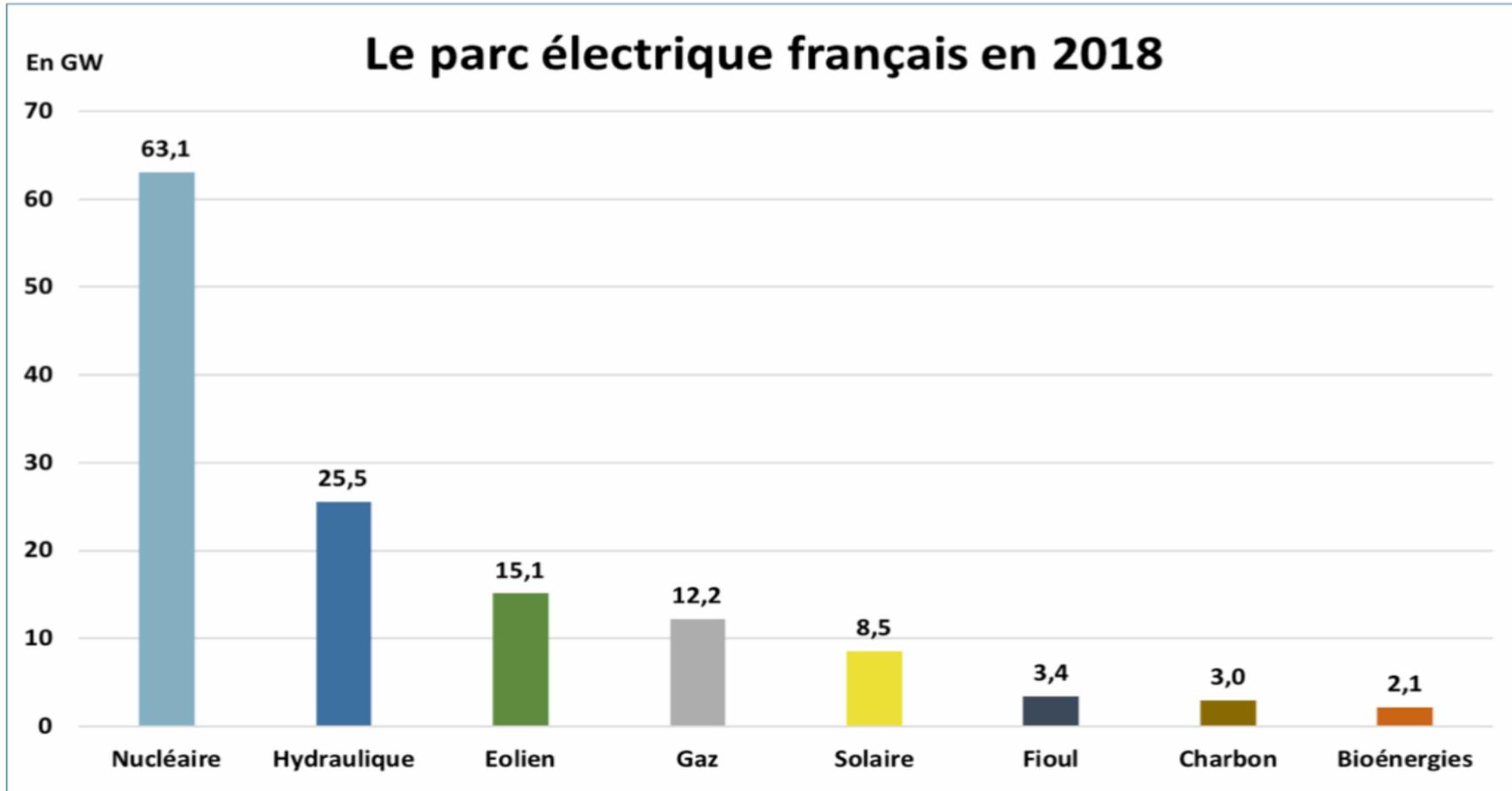
Solution : davantage de nucléaire pour avoir des centrales en réserve



**AEPN**

# PLAN 80 GW de l'AEPN

-> France 100% décarbonée



Source : RTE, bilan électrique 2018

Gaz + fioul + charbon = 18,6 GW donc 63 GW -> 81 GW + 5 GW STEP



# Zéro CO<sub>2</sub>, c'est :

Bannir le carbone (gaz, pétrole, charbon)

Augmenter les renouvelables ne sert à rien (remplace une électricité déjà décarbonée) -> supprimer toutes les aides

## L'AEPN propose en priorité :

- d'électrifier les transports
- d'électrifier le chauffage et l'ECS
- d'augmenter le parc nucléaire
- de mieux isoler les logements.





**AEPN**

**Pour une**

**FRANCE ZERO CARBONE**

**Situation actuelle : 58 réacteurs 63,2 GW**  
**(à remplacer par 38 EPR)**

**A quoi il faut ajouter pour décarboner :**

- les transports : 12 EPR 19,2 GW
- le chauffage : 5 EPR 8,3 GW



**Soit 27 GW en +, la LTECV prévoit moins de nucléaire, ce qui est contraire à l'objectif national de décarbonation**

**Il faut donc changer la LTECV et la PPE au plus vite**  
**et prévoir 27,5 GW en +, soit au total : 55 EPR = 91 GW**



# Le plan 80-100 GW de l'AEPN

## Scénario bas : 80 GW (49 EPR)

Poursuite de la désindustrialisation,  
crise sociale accrue, augmentation  
du chômage, diminution PIB

## Scénario haut : 100 GW (61 EPR)

Avec réindustrialisation partielle,  
légère croissance économique,  
diminution du chômage



**FRANCE**

**ZERO**

**CARBONE**



# PLAN 80-100 GW de l'AEPN -> LOI ET RÉGLEMENTATION

## Erreur de la LTECV et PPE :

**Plafond** : un seul mot à changer -> **plancher**

**50%** : un seul chiffre à changer -> **80-100 GW**

(parc nucléaire renouvelé : 49 à 71 réacteurs)

## Erreur de la RT 2012/2015 -> RE 2020

Une seule lettre à changer : **p** -> **f** (x2,58)

## Calendrier :

10 à 20 EPR à construire avant renouvellement parc

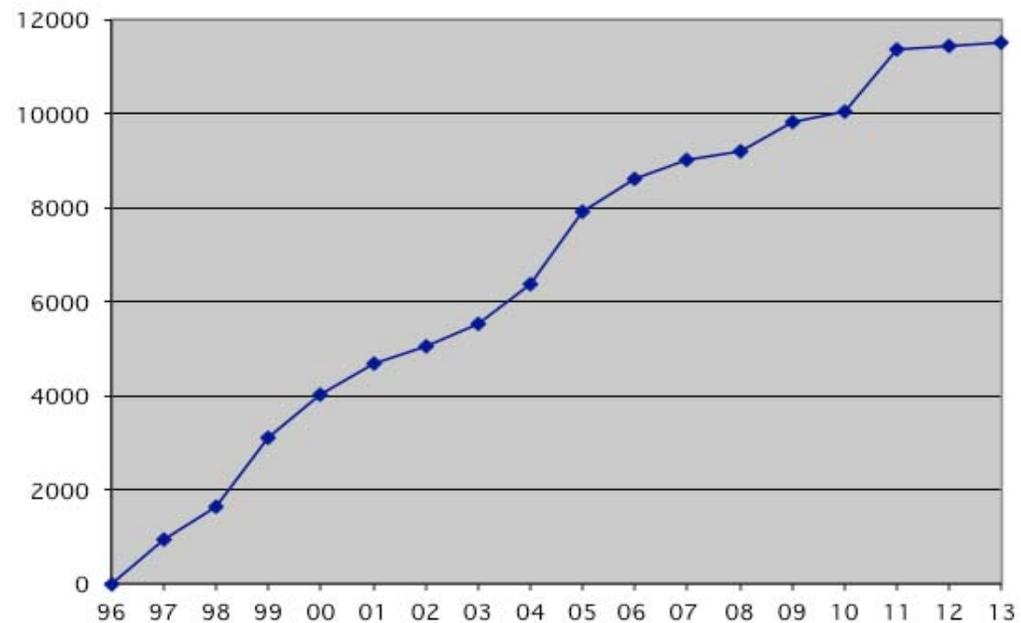
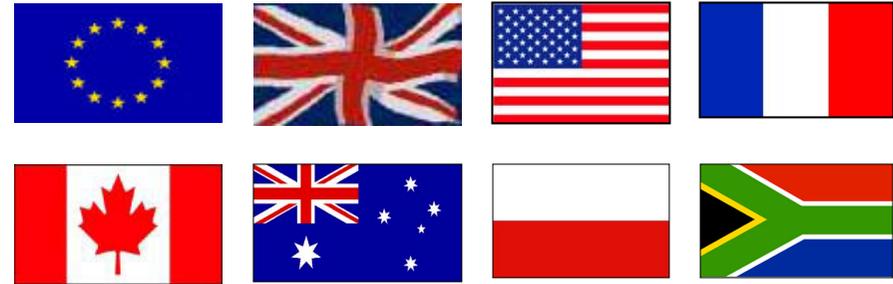
Rythme 2 réacteurs par an -> Date critique en 2022



# AEPN : Association des Ecologistes Pour le Nucléaire

- Un réseau international de plus de 16 000 membres et signataires favorables au nucléaire propre et respectueux de l'environnement
- En croissance rapide
- Dans 65 pays
- Sur 5 continents.

**Objectif de l'AEPN :**  
**information du public**  
**sur l'énergie et l'environnement**





# Activités de l' AEPN

Site web : [www.ecolo.org](http://www.ecolo.org)



en 15 langues



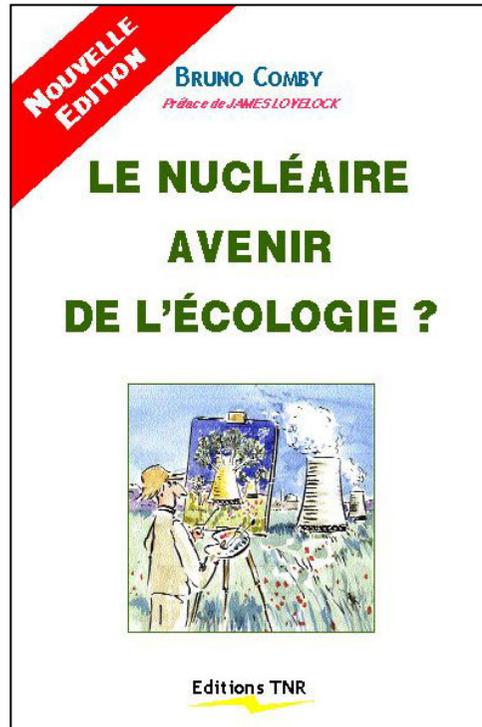
Centrale nucléaire de Civaux



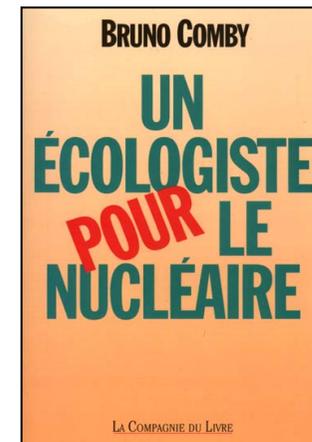
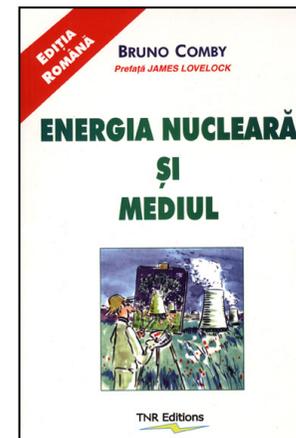
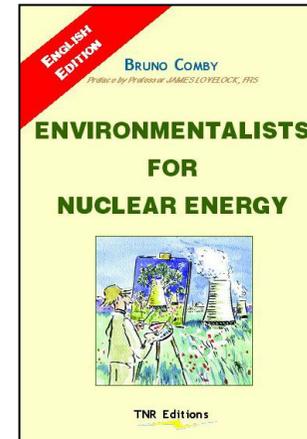


# Le nucléaire, avenir de l'écologie

Traduit et publié en 10 langues



Préface du Pr.  
James Lovelock  
et de Patrick  
Moore



[www.comby.org](http://www.comby.org)

-> cliquer sur « livres »



# Pr. James Lovelock



© Institut Bruno Comby

- **Fondateur historique de la pensée écologique depuis les années 1960**
- **auteur de la théorie de Gaia**
- **membre de l'AEPN**

**« L'énergie nucléaire est la seule solution écologique »**



# Quelques autres écologistes pour le nucléaire

**Patrick MOORE, EFN-Canada**

Fondateur et ancien directeur de Greenpeace international durant 7 ans, fondateur et ancien Président de Greenpeace-Canada durant 9 ans

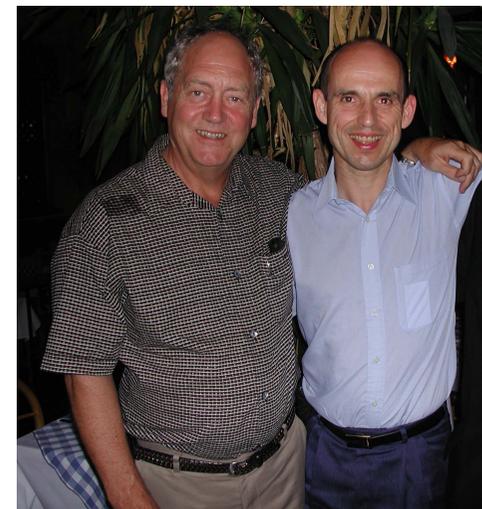


Photo D.R.



**Bishop Hugh MONTEFIORE, EFN-UK**

Ancien membre du Bureau de Friends of the Earth UK

**Yumi AKIMOTO, EFN-JP**



Survivants d' Hiroshima



**GuI GOKTEPE**

Black Sea Medal (distinction environnementale des Nations Unies)





# Nous n'avons qu'une planète





# Une planète habitable



**pour nos enfants**

**... et pour les  
générations  
Futures ...**

**L'ENERGIE NUCLEAIRE**

**BIEN CONCUE,**

**BIEN CONSTRuite,**

**BIEN EXPLOITEE EST**

**PROPRE, SURE, ABONDANTE,**

**ECOLOGIQUE, ECONOMIQUE**

**INDISPENSABLE POUR**

**NOTRE AVENIR, C'EST**

**L'ENERGIE DU FUTUR.**

**Pour faire face au réchauffement  
climatique**

**La France (quasi) zéro-carbone,  
c'est possible !**

**GRACE AU NUCLEAIRE .**





**AEPN**



**Plus d'information :**

**[www.ecolo.org](http://www.ecolo.org)**

**[www.comby.org](http://www.comby.org)**

**Contact :**

**[bruno.comby\(@\)polytechnique.org](mailto:bruno.comby(@)polytechnique.org)**

**© COPYRIGHT - droits réservés**