

Energie - Environnement - Economie

le triangle des Bermudes

**Paul Cobut**

*ATIC- sept 2019*



## LE TSUNAMI FINANCIER QUI L'AVAIT PRESSENTI EN 2007?

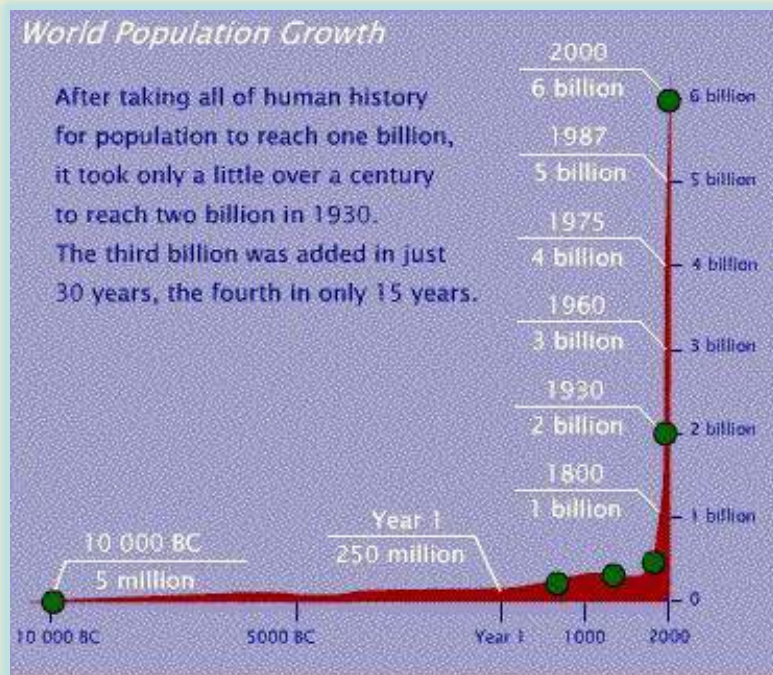


ET POURTANT LA DÉMESURE ET LES MONTAGES  
FINANCIERS SCABREUX POUVAIENT LE FAIRE CRAINDRE



# ET LE TSUNAMI ENVIRONNEMENTAL ON EN PARLE ... MAIS QUI Y CROIT VRAIMENT ?

ET POURTANT, TOUS LES INDICATEURS SONT AU ROUGE

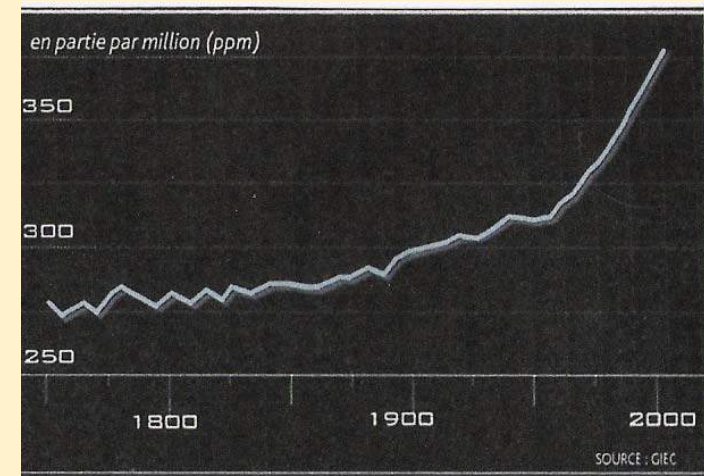
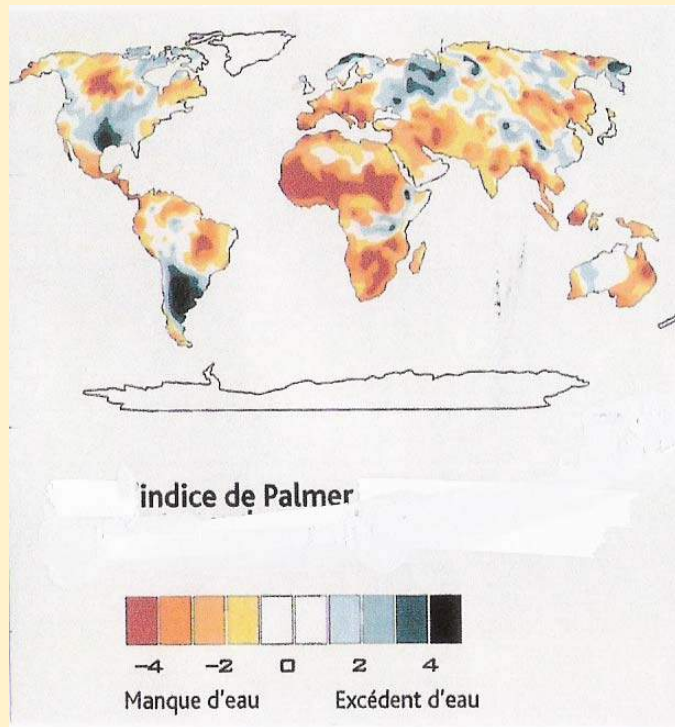


- **Explosion démographique insensée**
- Dérive climatique incontestable
- Emissions de gaz à effet de serre accrues
- Déforestation accélérée
- Consommation d'énergie croissante
- Epuisement des réserves d'eau
- Disparition de nombreuses espèces animales

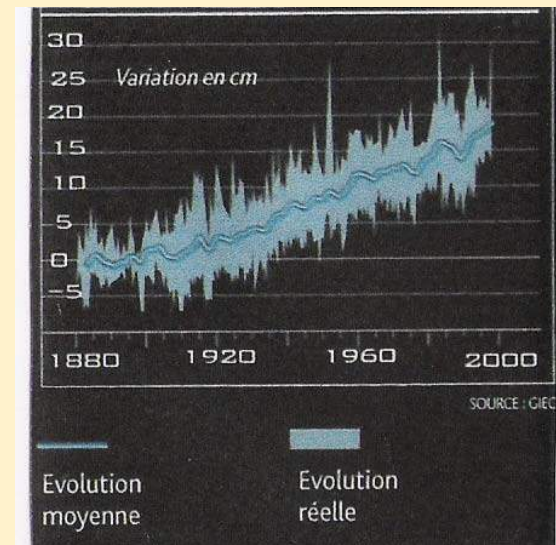
**IL POURRAIT SONNER LE GLAS DE L'AVENTURE HUMAINE**

# L'ADÉRIVE CLIMATIQUE EST CONFIRMÉE PAR DE NOMBREUX INDICES

- LA CONCENTRATION EN CO<sub>2</sub> AUGMENTE

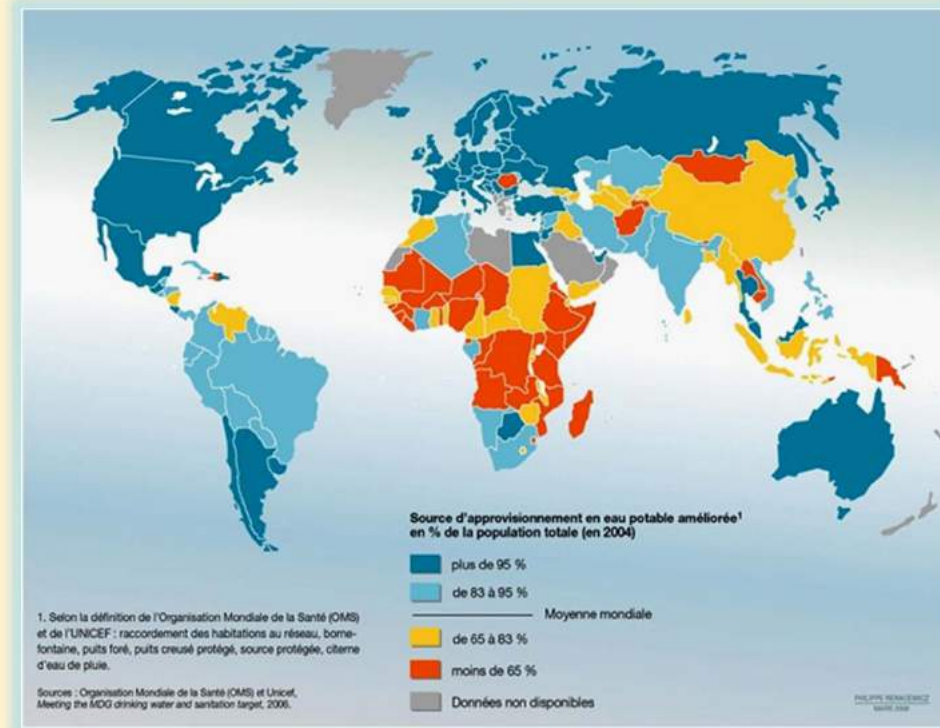


- IL Y A UNE FORTE TENDANCE A L'ASSECHEMENT, SURTOUT DANS L'HEMISPHERE SUD



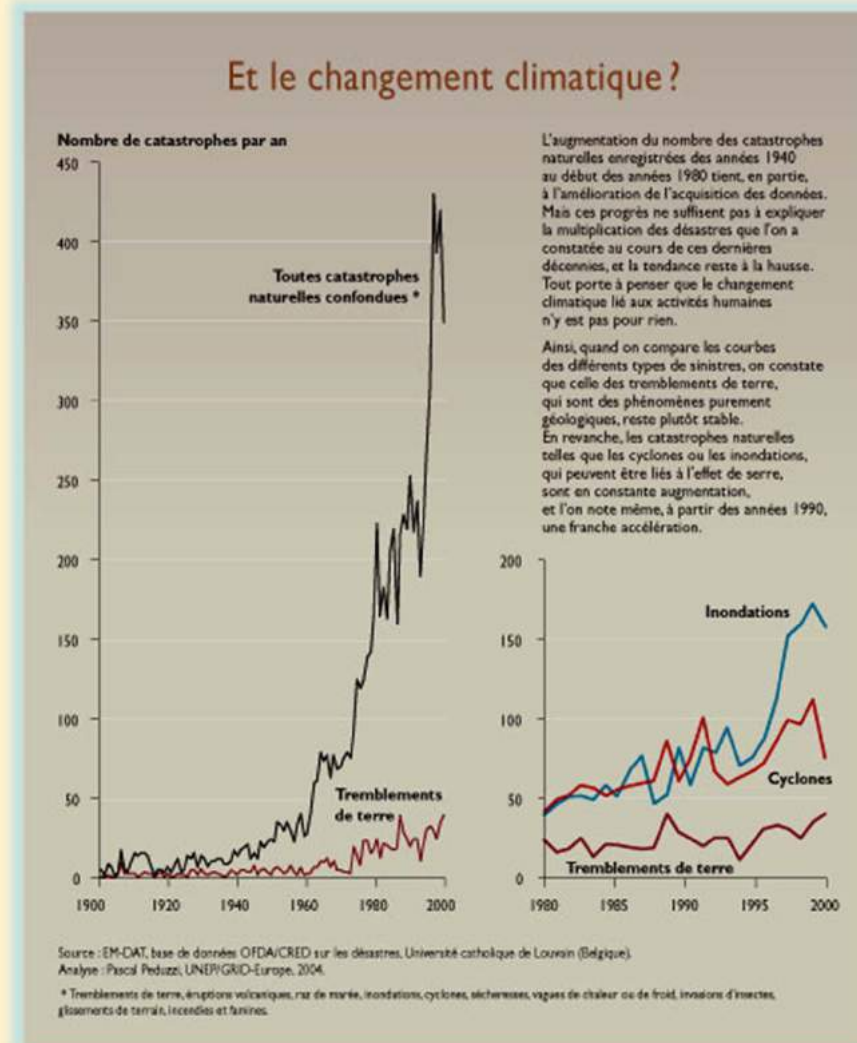
- LE NIVEAU DE LA MER S'ELEVE

- **L'EAU POTABLE DEVIENT, DANS CERTAINES CONTREES, UNE DENREE PRECIEUSE ET POURRAIT MÊME, A TERME, DEVENIR SOURCE DE CONFLITS**

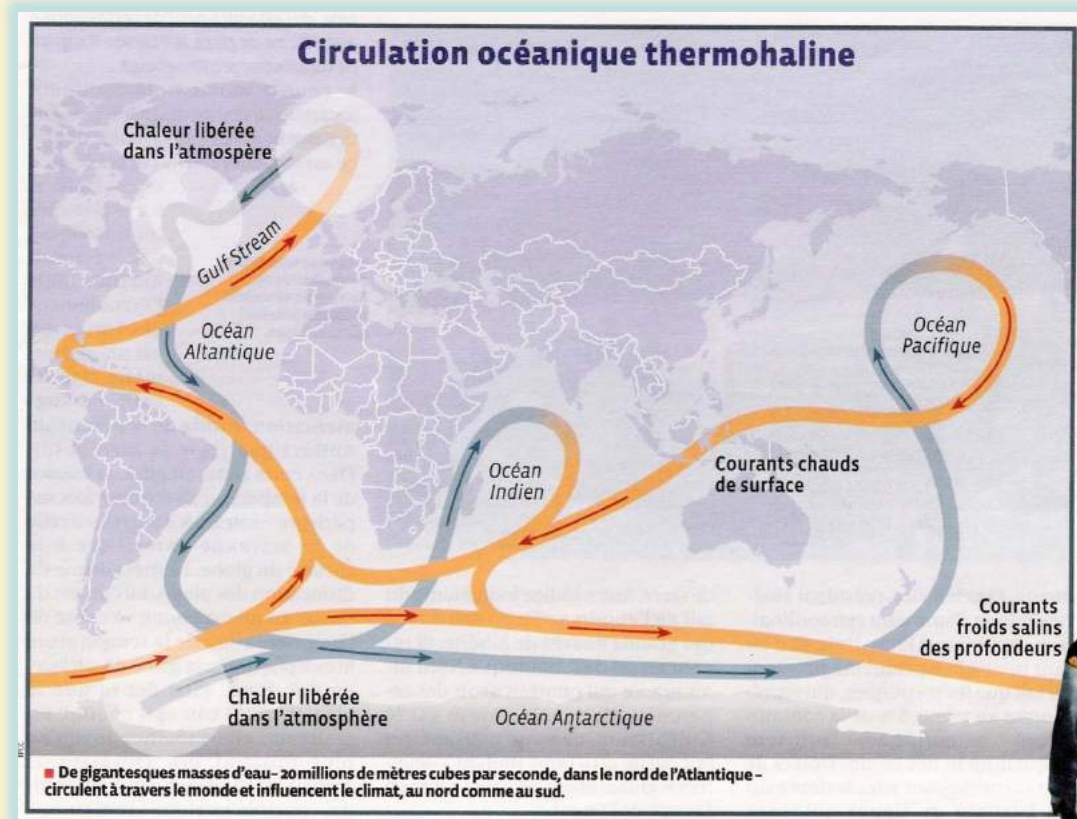


- **5 à 7 mioha DE TERRES ARABLES DISPARAISSENT ANNUELLEMENT**
- **CERTAINES MERS INTERIEURES, COMME LA MER MORTE, SONT EN VOIE D'ASSECHEMENT COMPLET PROVOQUANT DE GRAVES PERTURBATIONS SOCIO-ECONOMIQUES**

- LA FREQUENCE DES CATATROPHES NATURELLES S'EST FORTEMENT ACCRUE CES DERNIERES ANNEES



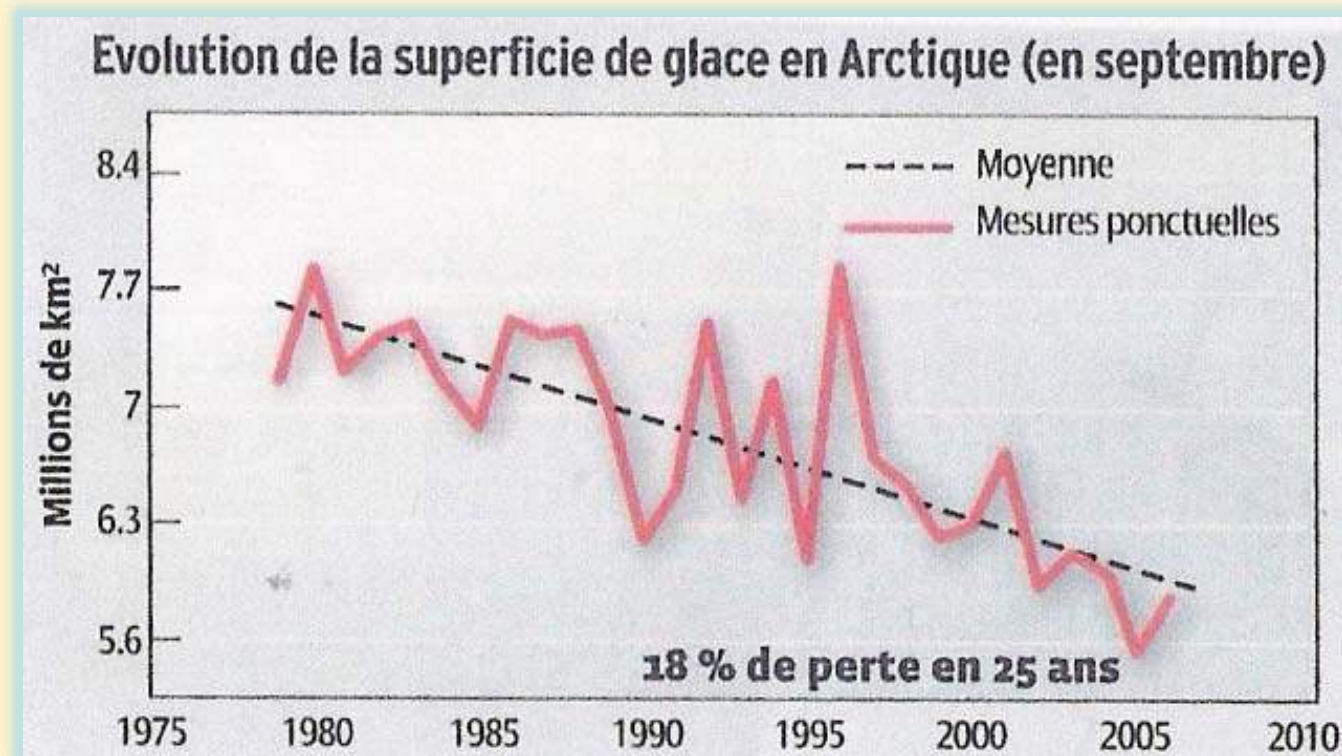
- **ON REDOUTE AUSSI , QU'A TERME PLUS LONG, LES COURANTS MARINS NE SOIENT PERTURBES PAR LE CHANGEMENT DE TEMPERATURE DES OCEANS MAIS AUSSI PAR LE CHANGEMENT DE SALINITE DES EAUX SEPTENTRIONALES**



**L'INFLEXION DU COURANT DU 'GULFSTREAM' POURRAIT , AU 22<sup>ème</sup> SIECLE PROVOQUER UN REFROIDISSEMENT IMPORTANT DE NOTRE CLIMAT**

# LA DERIVE CLIMATIQUE VA S'ACCÉLÉRER

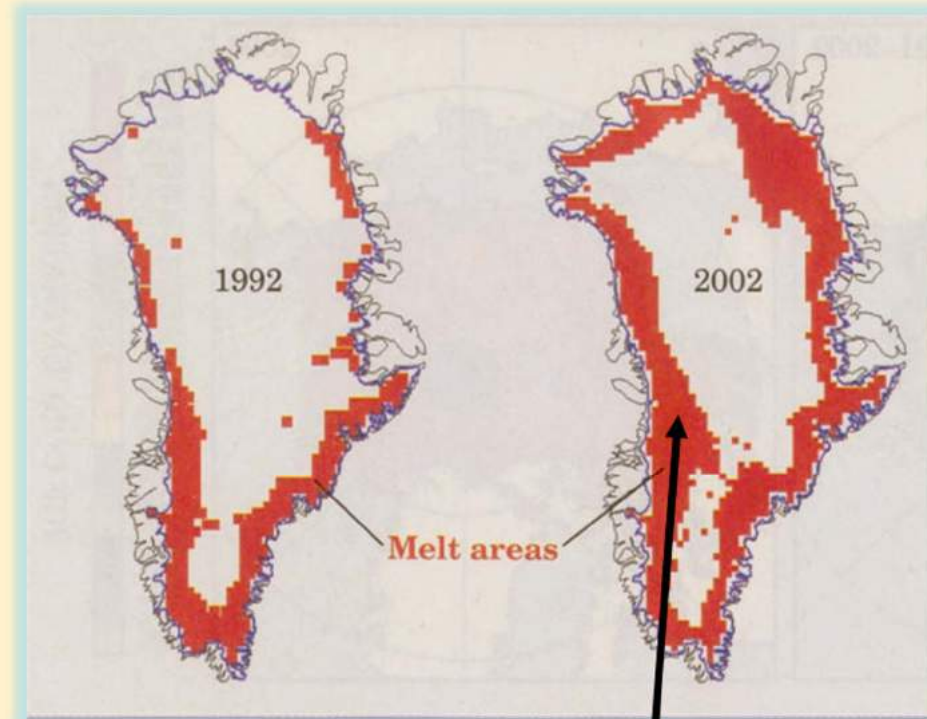
LA SUPERFICIE DE GLACE EN ARCTIQUE A DIMINUE DE 18 % EN 25 ANS





# LA DÉRIVE CLIMATIQUE VA SACCÉLÉRER

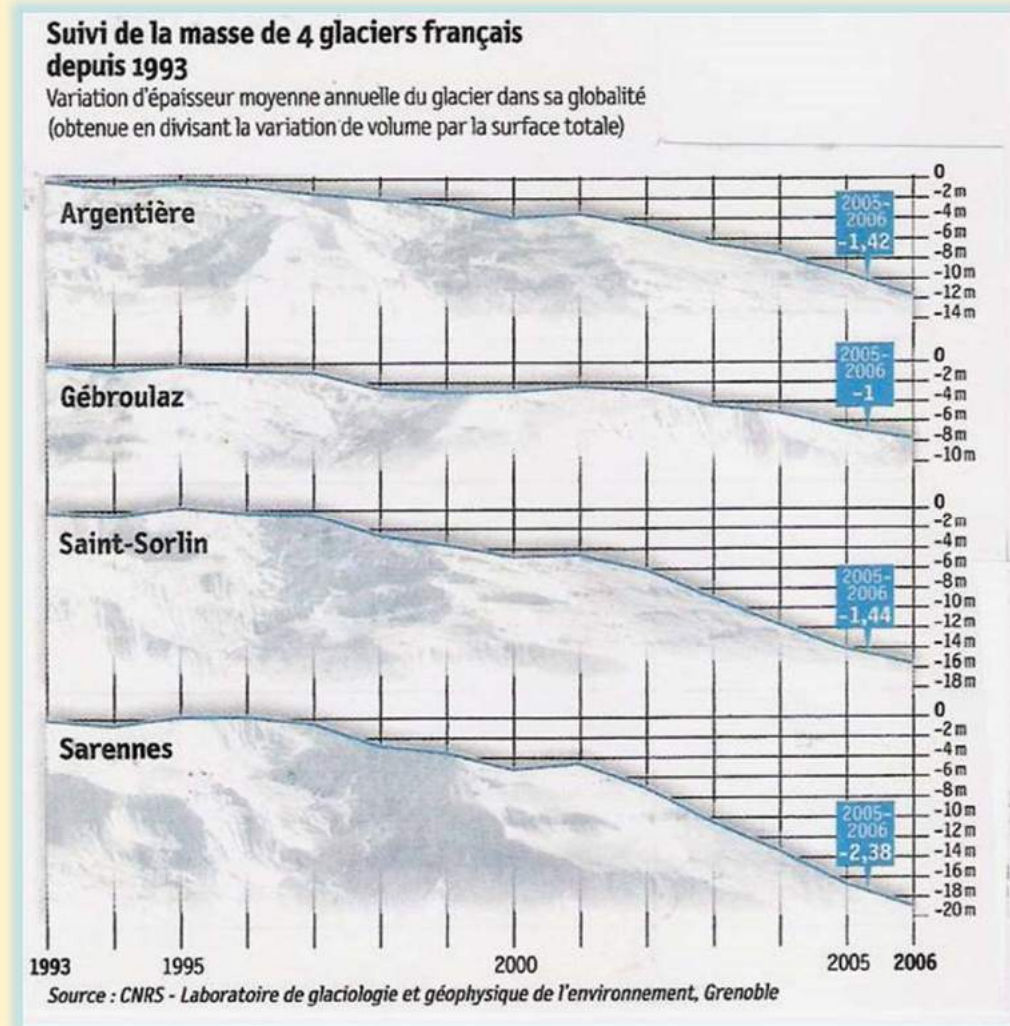
LE GROENLAND PERD SON MANTEAU BLANC QUI  
FOND DANS LE NORD DE L'OCEAN ATLANTIQUE



**70 meters thinning in 5 years**

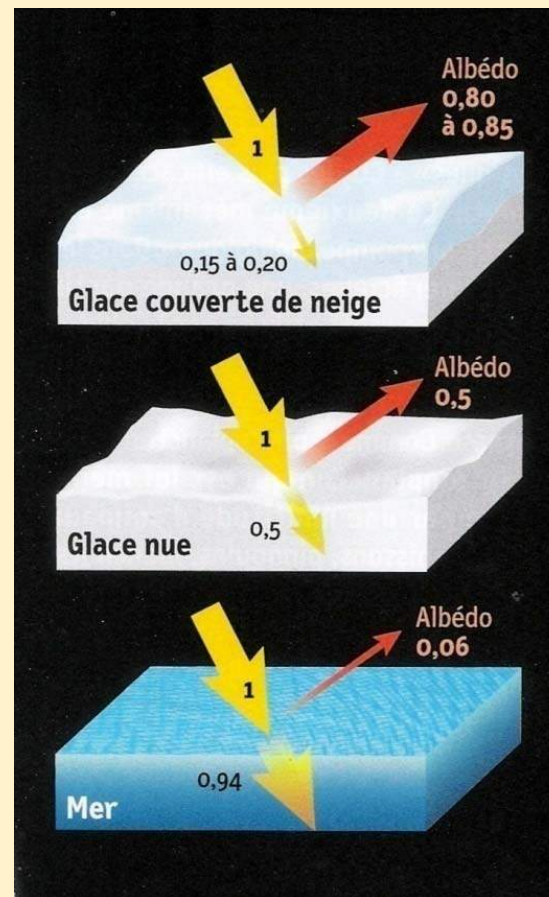
# LA DÉRIVE CLIMATIQUE VA S'ACCÉLÉRER

LES GLACIERS ONT FONDU DE MOITIE DEPUIS 1900



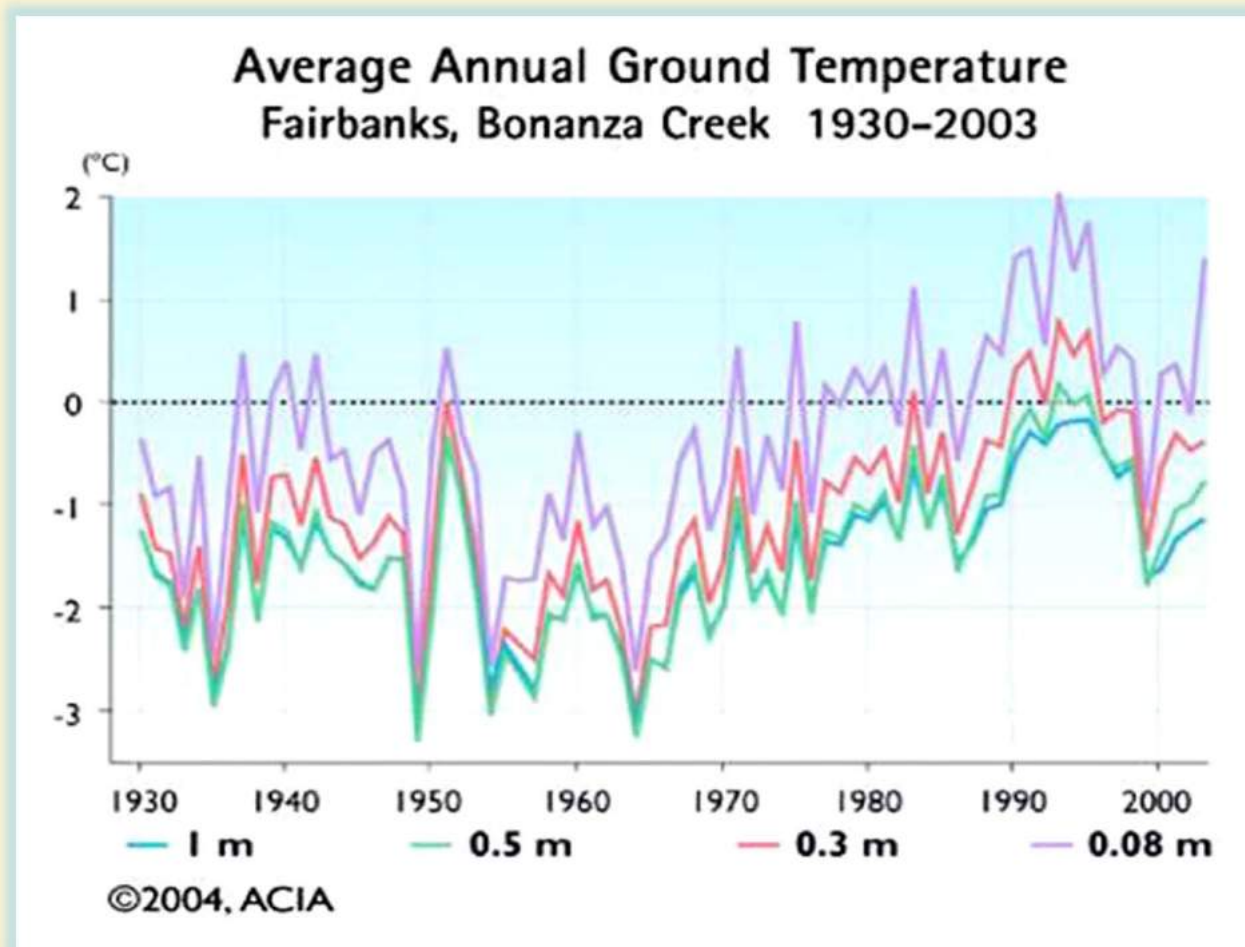
# LA DÉRIVE CLIMATIQUE VA S'ACCÉLÉRER

LA FUSION DE LA CALOTTE GLACIÈRE, DU MANTEAU DU GROENLAND ET DES GLACIERS À TRAVERS LE MONDE DIMINUE LA REFLEXION DES RAYONS SOLAIRES (Albedo)



# LA DÉRIVE CLIMATIQUE VA S'ACCÉLÉRER

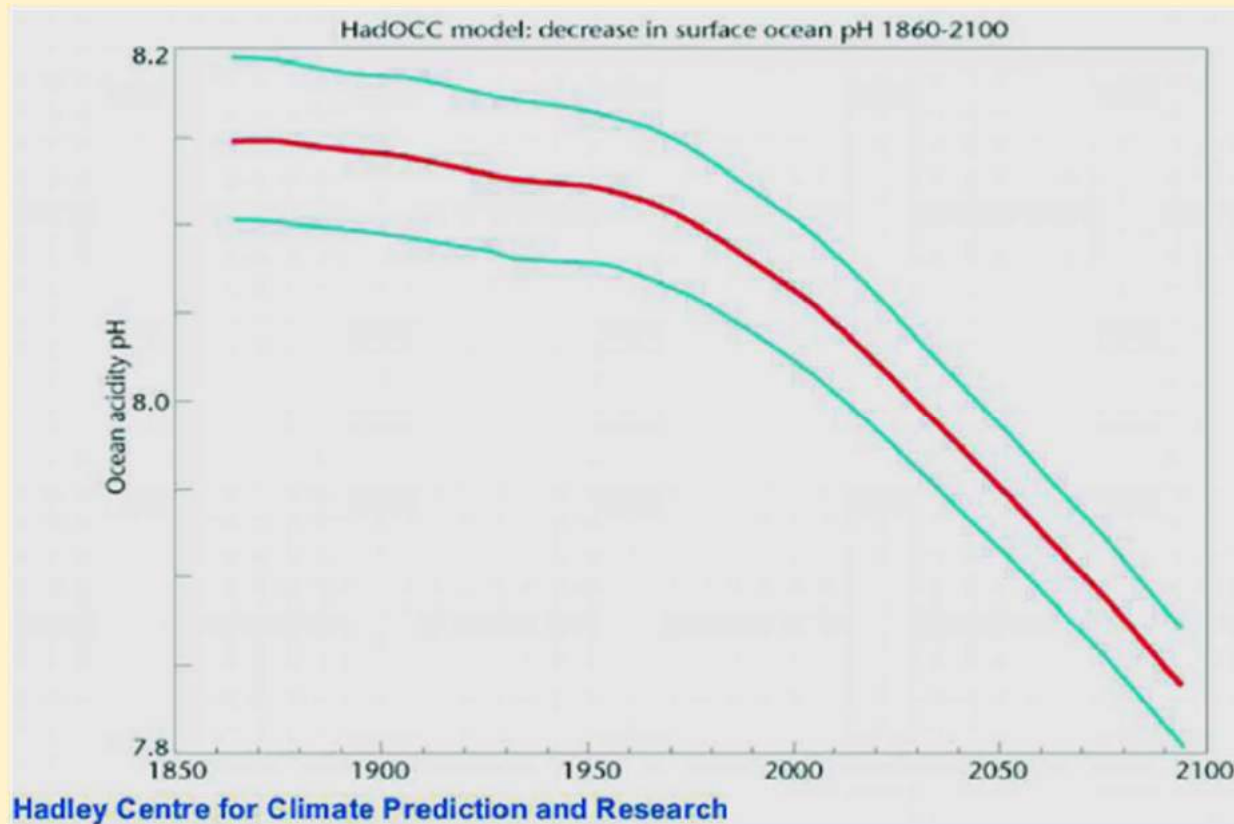
RECHAUFFEMENT PROGRESSIF DU 'PERMAFROST' (**Baïkal, Mongolie, Nord de la Chine**) ET LIBÉRATION PROBABLE DE GRANDES QUANTITÉS DE CH<sub>4</sub> !



# LA DÉRIVE CLIMATIQUE VA S'ACCÉLÉRER

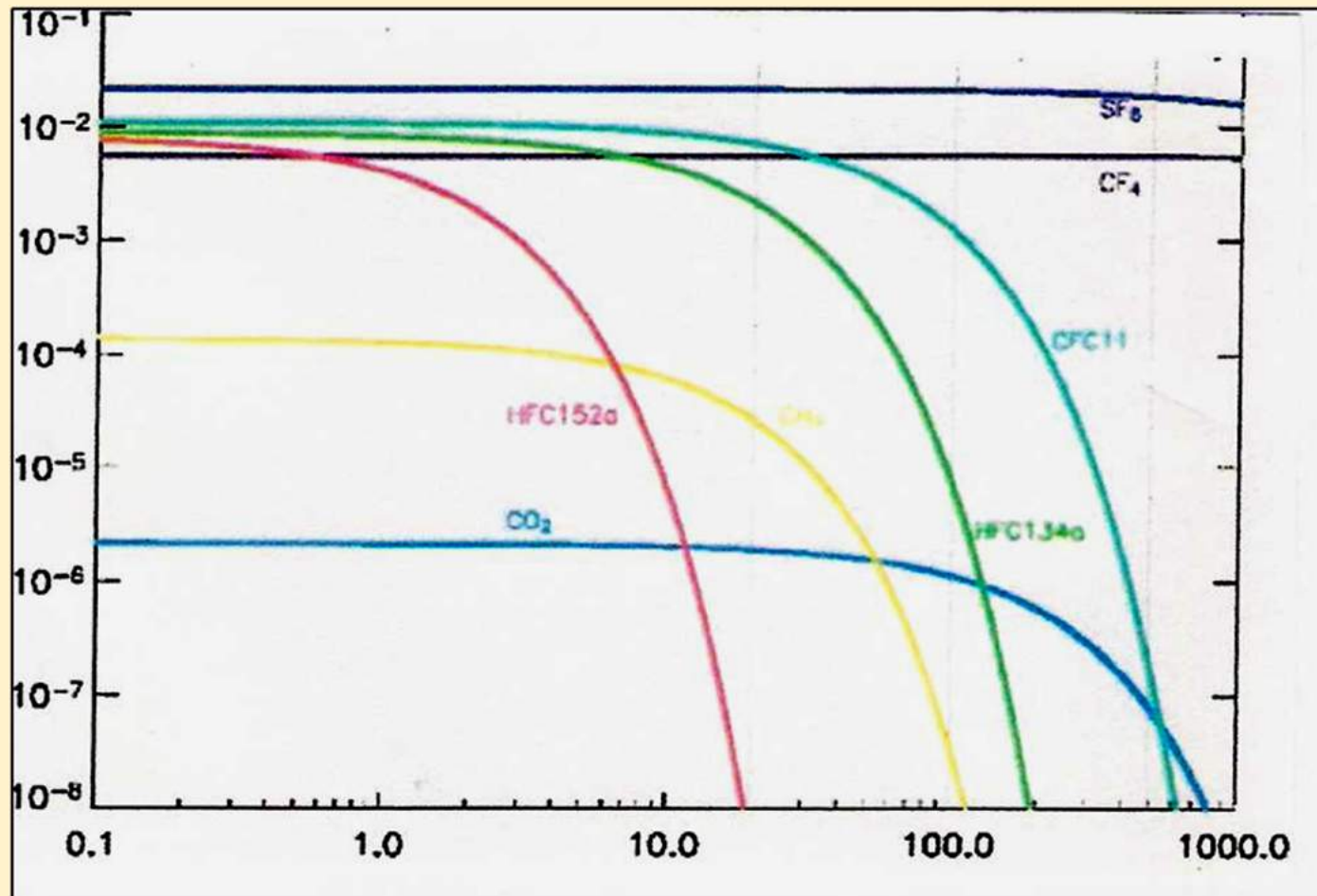
ACIDIFICATION DES OCEANS A CAUSE DE LA PRESENCE CROISSANTE DE CO<sup>2</sup>.

LE POTENTIEL DE CAPTATION DE GAZ CARBONIQUE (CO<sup>2</sup>) PAR LES OCEANS S'EN TROUVE DIMINUÉ



# LA DÉRIVE CLIMATIQUE VA S'ACCÉLÉRER

LA DURÉE DE VIE DES GAZ A EFFET DE SERRE (**GES**) DANS L'ATMOSPHERE REND LEUR CONCENTRATION CUMULATIVE



## NOTRE SYSTÈME ÉCONOMIQUE EST BASÉ SUR UN POSTULAT:

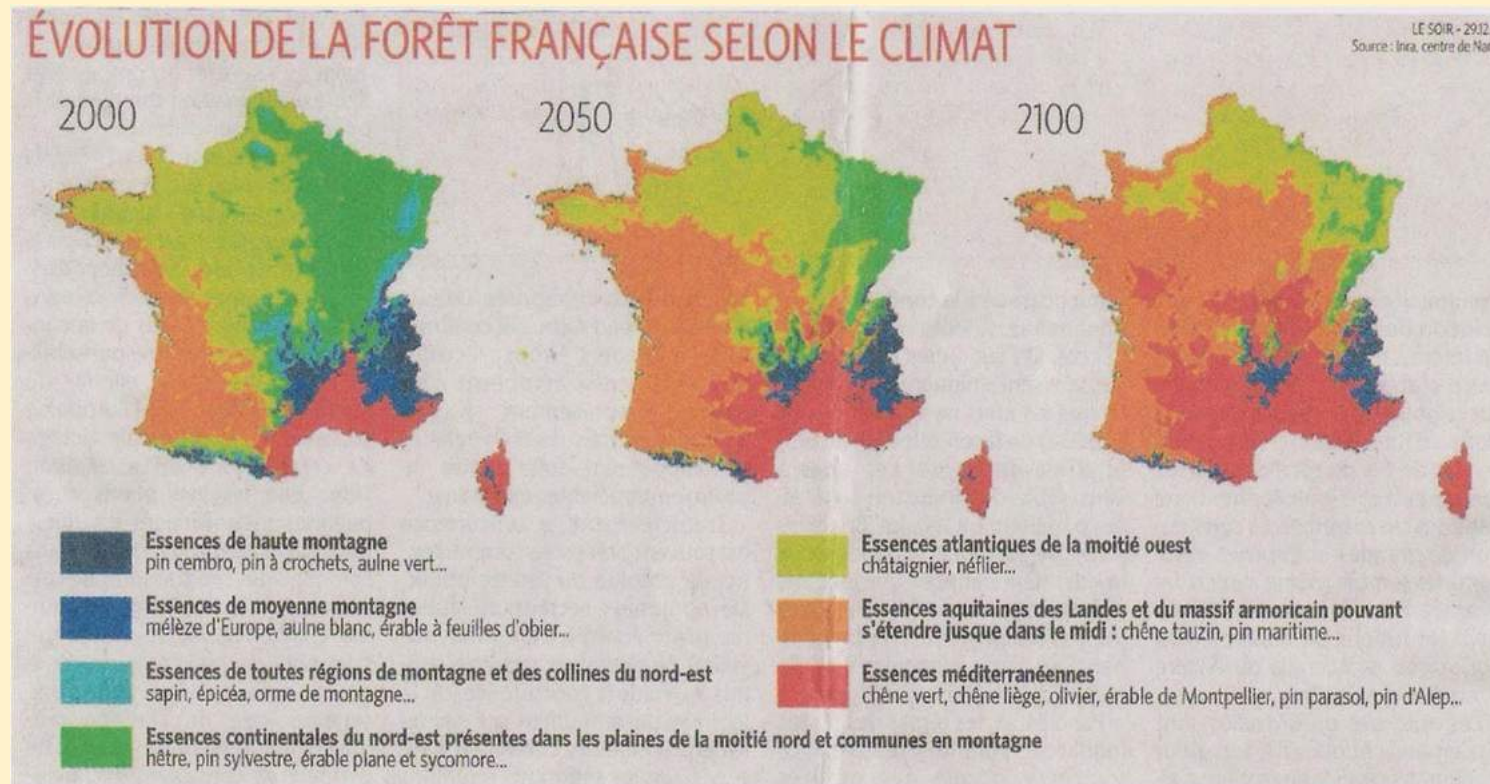
# CROISSANCE CONTINUE ...

- PIB mondial en très forte augmentation (x 7 de 1950 à 2000)
- Durant le 20<sup>ème</sup> siècle, la consommation d'énergie a été multipliée par 6. Dans l'hypothèse « no change », elle va encore doubler pour 2030
- Le développement des pays émergents est extraordinaire: en 1998, ils représentaient 5% du commerce mondial en 2015, ils ont atteint 46% !
- La consommation de minerais au 20<sup>ème</sup> siècle fut 27 fois plus importante qu'au siècle précédent

# EST-CE GRAVE DOCTEUR ?

OUI, PLUTOT, CAR :

- **LES CONSEQUENCES POUR L'AGRICULTURE, LA FAUNE ET LA FLORE S'ANNONCENT DRAMATIQUES**

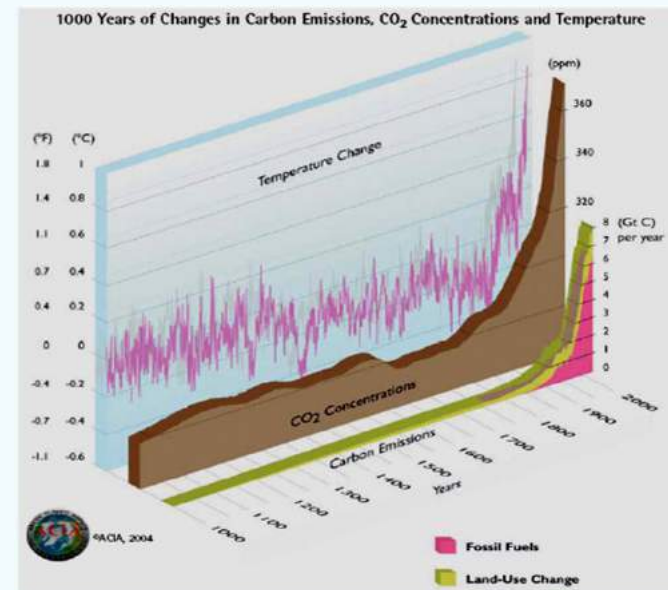


- **APPARITION DE MALADIES ET D'ÉPIDÉMIE SUBTROPICALES**
- **DISPARITION DE NOMBREUSES ESPÈCES ANIMALES**



# LE 21ème SIÈCLE SERA MARQUÉ PAR LA NÉCESSITÉ DE RÉSOUDRE PLUSIEURS PROBLÈMES MAJEURS :

- ÉPUISEMENT PROGRESSIF DES RICHESSES MINIÈRES, DÉVELOPPEMENT DU SECTEUR DU RECYCLAGE
- INSUFFISANCE DES RESSOURCES EN EAU POTABLE
- DIMINUTION DE LA DISPONIBILITÉ ET AUGMENTATION DES COÛTS DES RESSOURCES NATURELLES D'ÉNERGIE ( pétrole, gaz naturel charbon,... uranium)
- NÉCESSITÉ DE LIMITER L'ÉMISSION DE FACTEURS POLLUANTS (industrie, transports et secteur résidentiel)



# LES COMBUSTIBLES FOSSILES ET PARTICULIÈREMENT L'OR NOIR ONT JOUÉ UN RÔLE FONDAMENTAL DANS L'AMÉLIORATION RAPIDE DE NOTRE NIVEAU DE VIE

- La révolution industrielle a été rendue possible par la découverte de gisements importants de charbon
- La découverte de gisements pétroliers fut à la base d'un développement économique sans précédent grâce à son extraordinaire densité d'énergie

**1 litre de pétrole = 10 kWh**

→ **voitures, camions, avions, machines agricoles  
process industriels simplifiés et moins coûteux**



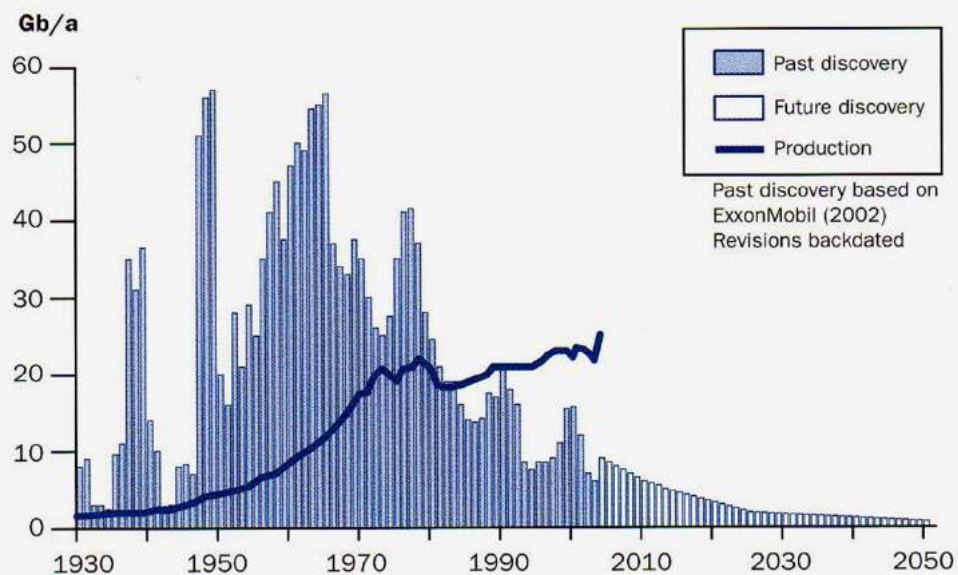
**MAIS CES RÉSERVES ÉNERGÉTIQUES SONT LIMITÉES**

# LA PROBLEMATIQUE DE L'ENERGIE POSE ACTUELLEMENT 3 QUESTIONS FONDAMENTALES

## 1. LA DISPONIBILITE

- DEPENDANCE ENERGETIQUE DE L'U.E. EN 2009 : **52 %**
- PREVISION « NO CHANGE » POUR 2030 **>75 %**
- LES RESERVES DE PETROLE CONVENTIONNELLES SERAIENT EPUISEES VERS **2050**
- LE PETROLE DE SCHISTE PEUT RETARDER L'ÉCHÉANCE DE LA PÉNURIE VERS **2080...90**

*Parting of the ways: increasing oil production and diminishing new discoveries*



Source: Association for the Study of Peak Oil and Gas

**« Nous devrions nous faire du souci. Le délai est court et nous réalisons à peine que nous avons un problème. »**

**Chris Skrebowski**  
**Petroleum review, 2004**

# CERTAINS MESSAGES SONT ECLAIRANTS

## Conviction à partager

Et si la préparation d'un avenir énergétique durable était aussi liée à la découverte de nouvelles ressources pétrolières ?



Les ressources pétrolières sont encore importantes, mais pour satisfaire une demande croissante et construire l'avenir, Total continue à faire des découvertes significatives, poursuit en permanence ses efforts pour accroître les réserves des champs de pétrole en production et innove pour mobiliser et exploiter de nouvelles ressources d'énergies fossiles. Mais parce que le pétrole est précieux, il sera nécessaire de concentrer principalement son usage là où il est le plus difficile à substituer : les transports et la pétrochimie.  
[www.total.com](http://www.total.com)

Pour vous, notre énergie est inépuisable.



TOTAL

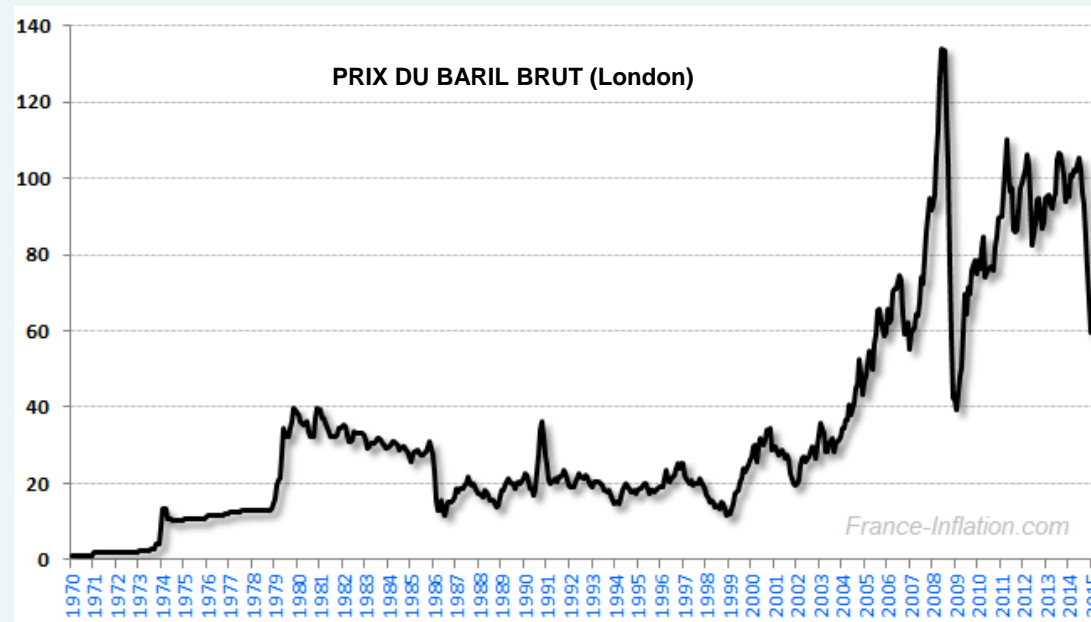
« MAIS, PARCE QUE LE PETROLE EST PRECIEUX, IL SERA NECESSAIRE DE CONCENTRER PRINCIPALEMENT SON USAGE LA OU IL EST PLUS DIFFICILE A SUBSTITUER : LES TRANSPORTS ET LA PETROCHIMIE' »

# LA PROBLEMATIQUE DE L'ENERGIE POSE ACTUELLEMENT 3 QUESTIONS FONDAMENTALES

## 2. LE COÛT

POUR le PETROLE :

- MELANGE DE CRITERES STRUCTURELS ET CONJONCTURELS
- INFLUENCE ACTUELLE PRIMORDIALE DU PETROLE DE SCHISTE
- TENDANCE LONG TERME A LA HAUSSE



# LA PROBLEMATIQUE DE L'ENERGIE POSE ACTUELLEMENT 3 QUESTIONS FONDAMENTALES

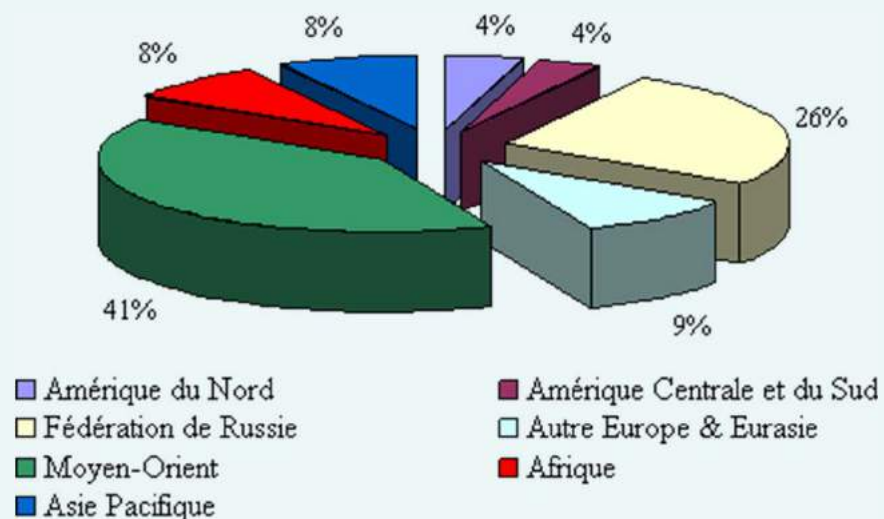
- POUR le GAZ NATUREL:

RÉPARTITION DES RÉSERVES PLUS FAVORABLE

EXPLOITATION DES SCHISTES GAZEUX

TENDANCE LONG TERME A UNE HAUSSE PLUS MODÉRÉE

FLUCTUATIONS DE PRIX MOINS MARQUÉES QUE LE PETROLE



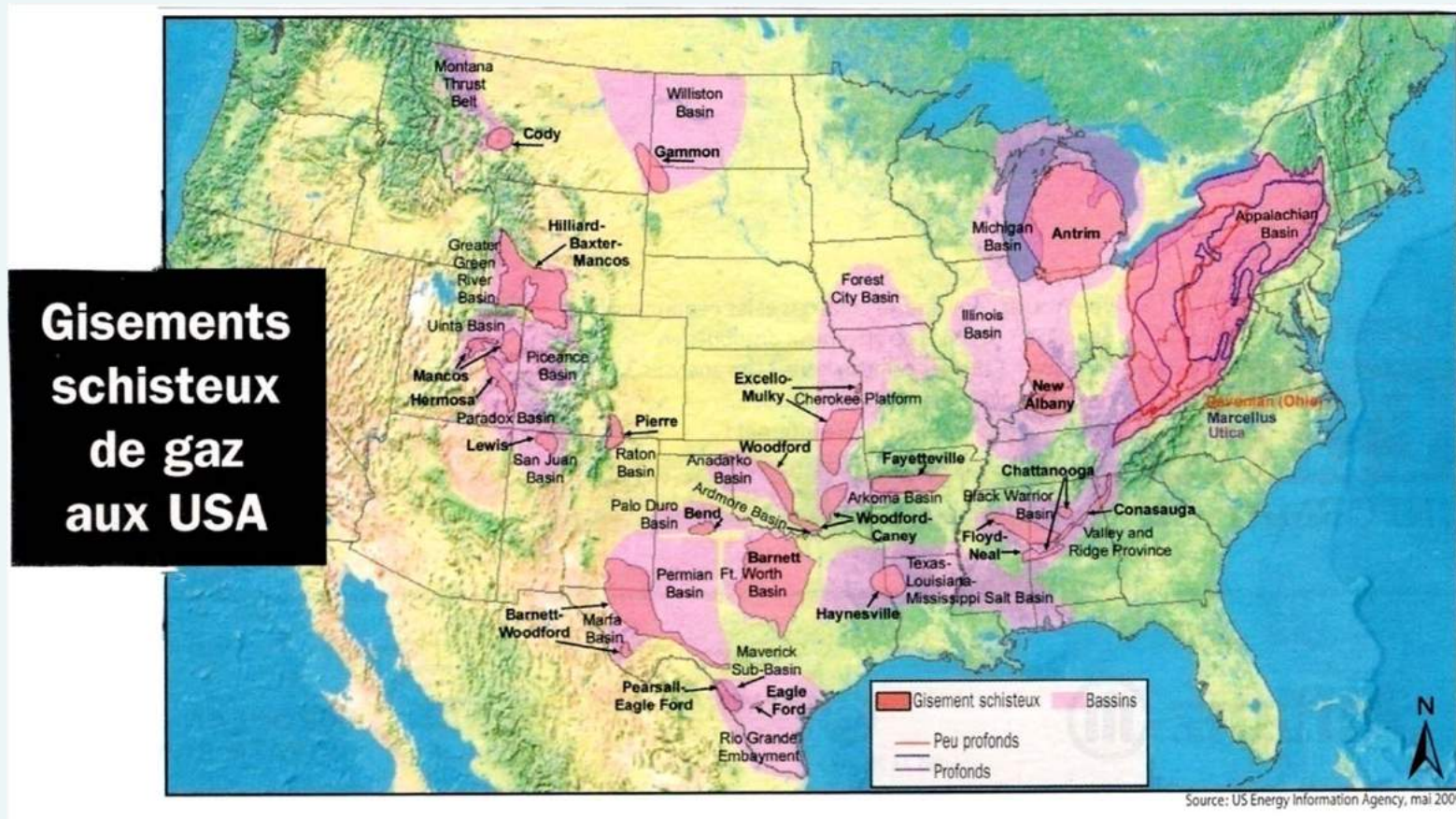
# **DECOUPLAGE DU PETROLE ET DU GAZ NATUREL**

- **LE MARCHÉ DU GAZ NATUREL EST ORIENTÉ VERS LE CHAUFFAGE ET LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ TANDIS QUE LE PÉTROLE SE DESTINE PROGRESSIVEMENT AU TRANSPORT ET À LA PÉTROCHIMIE**
- **LES RÉSERVES DE GAZ NATUREL PERMETTENT UN APPROVISIONNEMENT À PLUS LONGUE ÉCHÉANCE GRÂCE À LA DÉCOUVERTE DE SCHISTES GAZEUX ET D'HYDRATES DE MÉTHANE DANS LES GLACES ARCTIQUES ET DANS CERTAINS SÉDIMENTS MARINS**
- **L'ENSEMBLE DES RÉSERVES CONNUES PERMET D'ESPÉRER UN APPROVISIONNEMENT POTENTIEL DE 100 ANS ENVIRON**

**MAIS ...**

# DECOUPLAGE DU PETROLE ET DU GAZ NATUREL

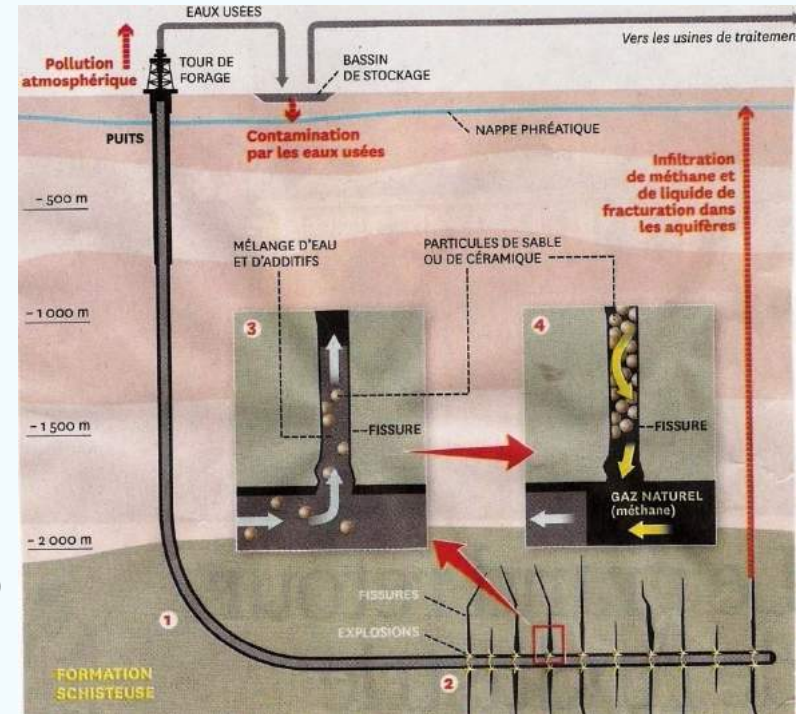
- LES GAZ SCHISTEUX SONT LOCALISÉS PRINCIPALEMENT AUX USA, EN INDE, EN POLOGNE. LEUR EXTRACTION PAR HYDROCRACKING (EAU + ADDITIFS CHIMIQUES) EST DANGEREUSE SUR LE PLAN ENVIRONNEMENTAL.





- LES INVESTISSEMENTS SONT ACCEPTABLES MAIS LES RISQUES ÉCOLOGIQUES IMPORTANTS

- utilisation de grandes quantités d'eau à forte forte pression (600 bars)
- utilisation de 17 solvants, la plupart toxiques
- rejet important d'eaux usées à réinjecter dans des puits asséchés
- pollution des nappes phréatiques
- hausse de l'activité sismique (US geographical survey)
- pertes de méthane 5 à 8% ( 1g CH4 = 23 g CO2 )



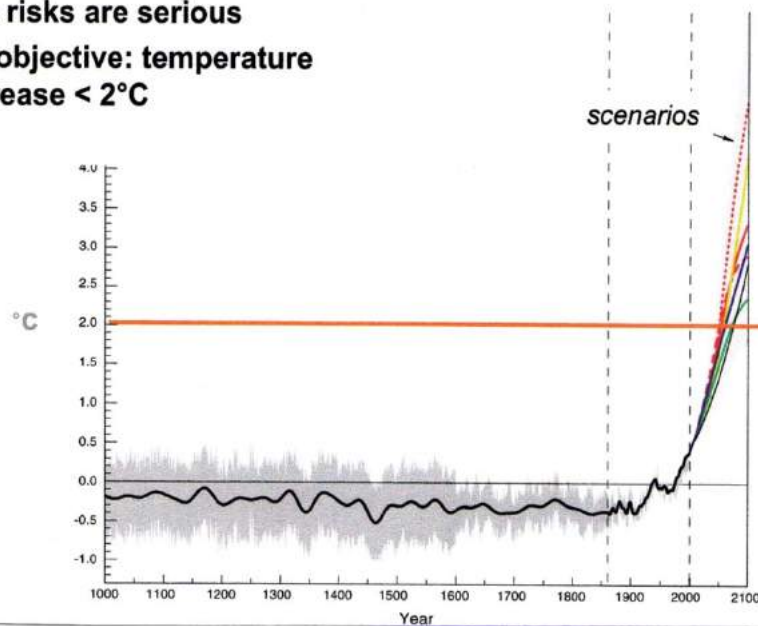
L'EXPLOITATION DES GAZ DE SCHISTE DOIT ÊTRE CONSIDÉRÉE COMME UNE OPPORTUNITÉ DE DÉLAI COMPLÉMENTAIRE POUR RÉUSSIR NOTRE MUTATION VERS LES ÉNERGIES RENOUVELABLES PLUTÔT QU'UNE CHANCE DE POURSUIVRE UNE POLITIQUE DE CROISSANCE EXPONENTIELLE DE NOTRE ÉCONOMIE ' CARBONÉE'

# LA PROBLEMATIQUE DE L'ENERGIE POSE ACTUELLEMENT 3 QUESTIONS FONDAMENTALES

## 3. L'ENVIRONNEMENT

**LA CONSOMMATION D'ENERGIE FOSSILE  
ENGENDRE D'IMPORTANTES EMISSIONS  
DE GAZ A EFFET DE SERRE**

- × The risks are serious
- × EU objective: temperature increase  $< 2^{\circ}\text{C}$

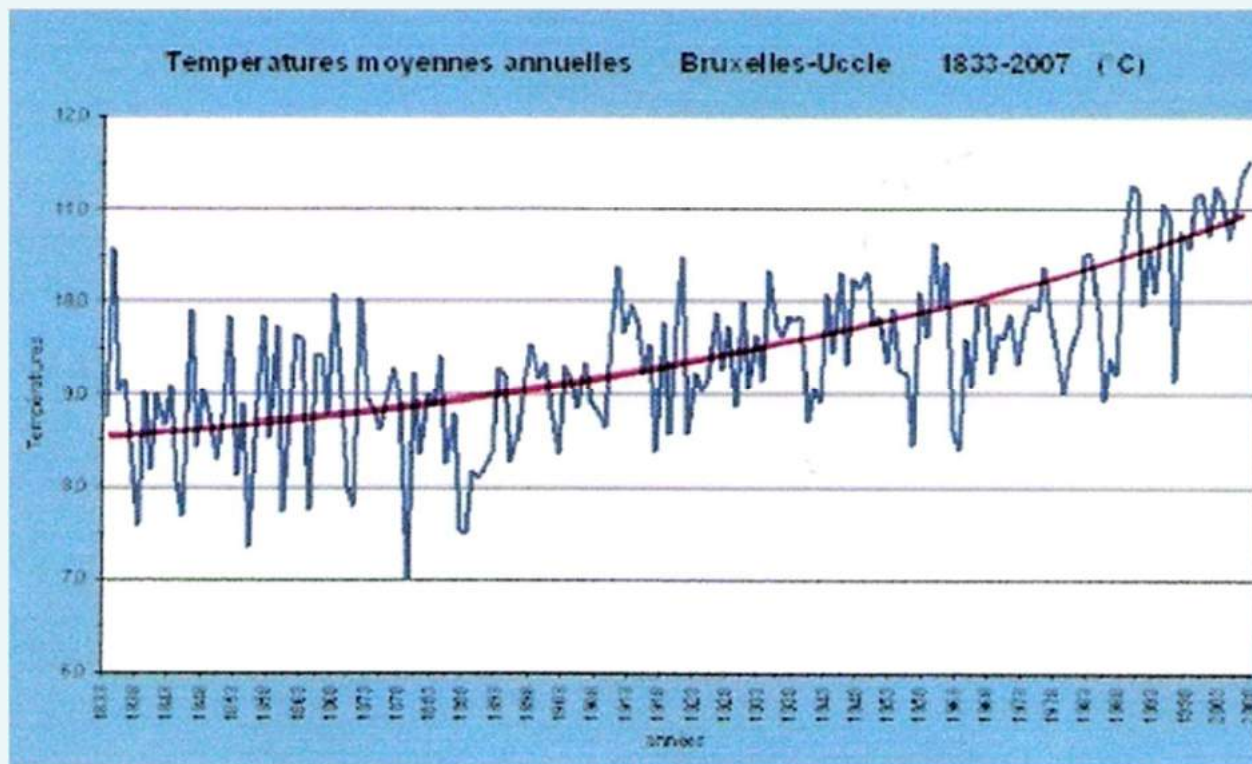


**IL Y A CONCOMITANCE ENTRE L'EXPLOSION  
DEMOGRAPHIQUE ET LE DEVELOPPEMENT  
INDUSTRIEL D'UNE PART ET LA DERIVE  
CLIMATIQUE D'AUTRE PART**

**EVOLUTION DE LA TEMPERATURE MOYENNE MONDIALE**

# LA DERIVE CLIMATIQUE EST TRES NETTE EN BELGIQUE

LA TEMPÉRATURE MOYENNE A UCCLE A AUGMENTÉ DE 2°C DE 1833 à 2007



**PARMI LES 10 DERNIÈRES ANNÉES, 4 SONT PARMIS LES 5 ANNÉES  
LES PLUS CHAUDES JAMAIS ENREGISTRÉES, 2018 ÉTANT L'ANNÉE  
DE TOUS LES RECORDS !**

# UNE POLLUTION ACCEPTABLE ?

L'EXTRACTION DE PETROLE A PARTIR DES SABLES BITUMINEUX DE L'ALBERTA EST UNE CATASTROPHE ECOLOGIQUE



# UNE POLLUTION ACCEPTABLE ?

## ILS ONT SOMBRÉ EN EUROPE ...

Torrey Canyon	(1967)	119.000 tonnes
Olympic Alliance	(1975)	10.000 tonnes
Olympic Bravery	(1976)	1.200 tonnes
Urquiola	(1976)	101.000 tonnes
Boehlen	(1976)	7.000 tonnes
Amoco Cadiz	(1978)	230.000 tonnes
Andros Patria	(1978)	47.000 tonnes
Betelgeuse	(1979)	27.000 tonnes
Gino	(1979)	41.000 tonnes
Irènes Sérénade	(1980)	102.000 tonnes
Tanio	(1980)	6.000 tonnes
Cavo Cambanos	(1981)	18.000 tonnes
Sivand	(1983)	9.000 tonnes
Patmos	(1985)	5.000 tonnes
Amazzone	(1988)	3.000 tonnes
Marao	(1989)	600 tonnes
Aragon	(1989)	25.000 tonnes
Rosebary	(1990)	1.000 tonnes
Haven	(1991)	144.000 tonnes
Aegian Sea	(1992)	80.000 tonnes
Braer	(1993)	85.000 tonnes
Sea Empress	(1996)	73.000 tonnes
Erika	(1999)	27.000 tonnes
Prestige	(2004)	73.000 tonnes



... SOIT 1.237.800 TONNES EN 40 ANS !

## UNE POLLUTION ACCEPTABLE ?

L'EXTRACTION ET LE TRANSPORT DU GAZ NATUREL GÉNÈRE AUSSI UNE QUANTITÉ IMPORTANTE DE GES  
LES FUITES DE METHANE EN RÉSEAU DE DISTRIBUTION SONT ESTIMÉES À 1% DE LA CONSOMMATION. LES PERTES GLOBALES DE L'EXTRACTION JUSQU'AU CLIENT FINAL REPRÉSENTERAIENT PLUS DE 10% DE LA CONSOMMATION !

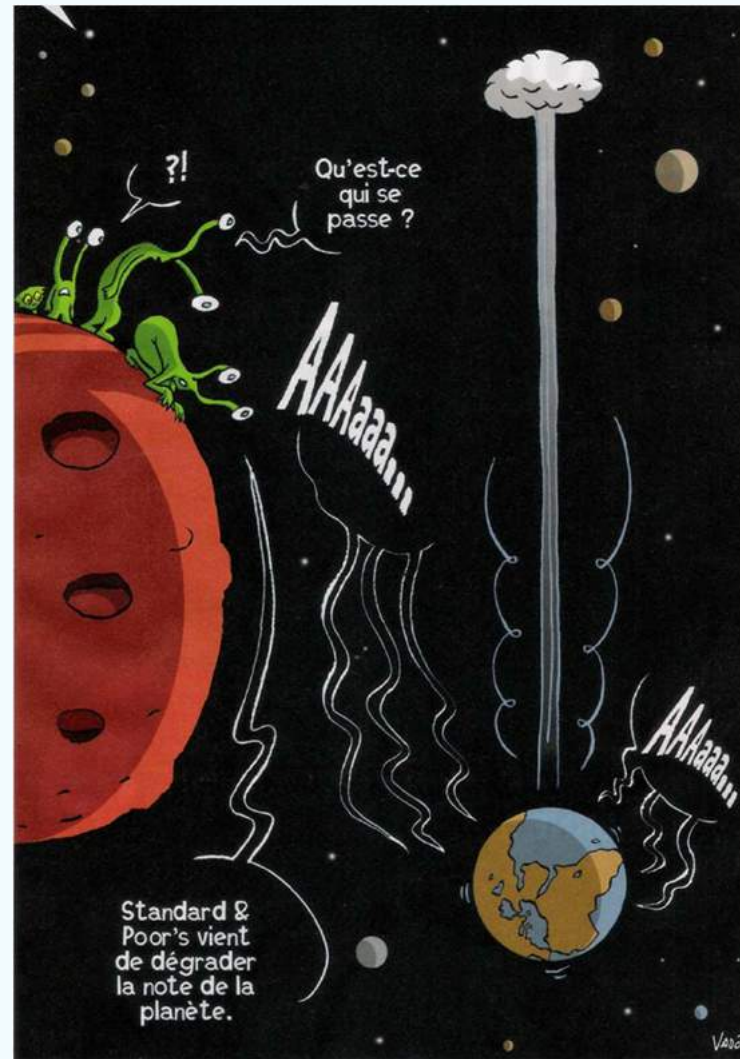
POUR MÉMOIRE, **1g CH<sub>4</sub> = 23 g<sub>éq</sub> CO<sub>2</sub>** ...



LA LIQUÉFACTION DU GAZ NATUREL EN GNL ET SA REGAZÉIFICATION REQUIÈRENT UNE CONSOMMATION IMPORTANTE D'ÉNERGIE



# POUR ACCÉLÉRER LA PRISE DE CONSCIENCE IL FAUDRAIT COTER LA TERRE COMME UN PRODUIT FINANCIER



Y A-T-IL UNE SOLUTION MIRACLE ?

**NON**

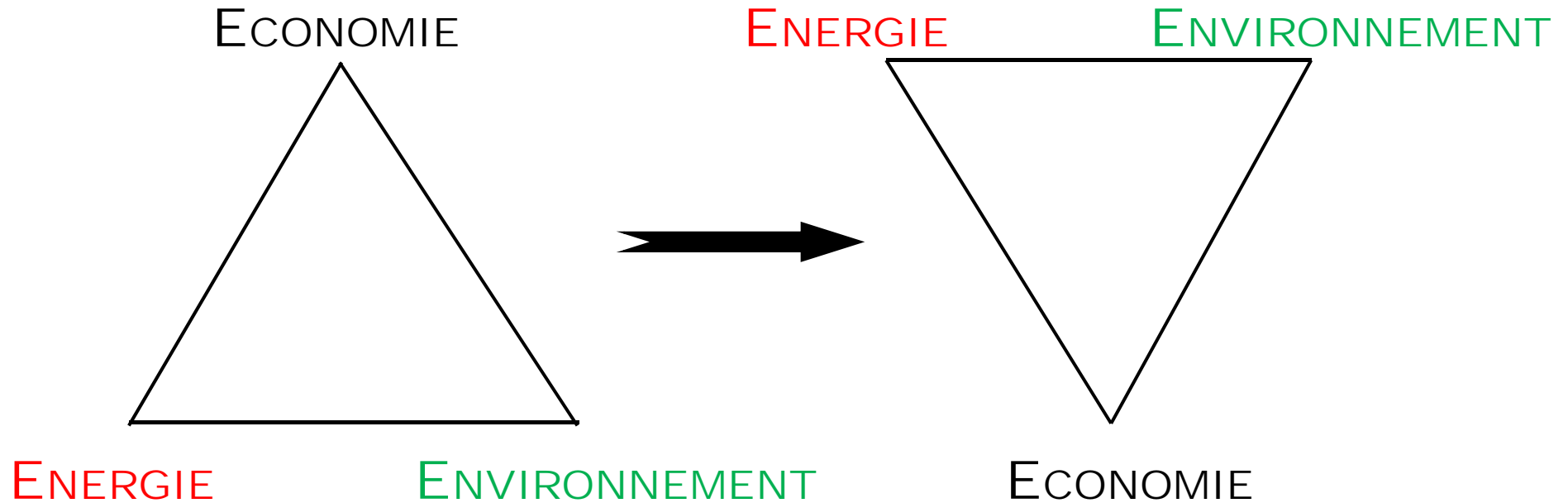
IL FAUDRA AGIR DE DIFFÉRENTES MANIÈRES **SUR LE PLAN COLLECTIF COMME AU STADE INDIVIDUEL** :

- **DÉVELOPPER LES ÉNERGIES RENOUVELABLES (RES)**
- **UTILISER RATIONNELLEMENT L'ÉNERGIE (URE)**
- **EXPLOITER DES RESSOURCES D'ÉNERGIE NON FOSSILES**

**IL FAUT ÉVALUER LA SITUATION AVEC LUCIDITÉ ET PRENDRE, LES DÉCISIONS NÉCESSAIRES POUR RÉORIENTER L'ÉCONOMIE DU **TOUJOURS PLUS** VERS UNE ÉCONOMIE DU **TOUJOURS MIEUX**.**

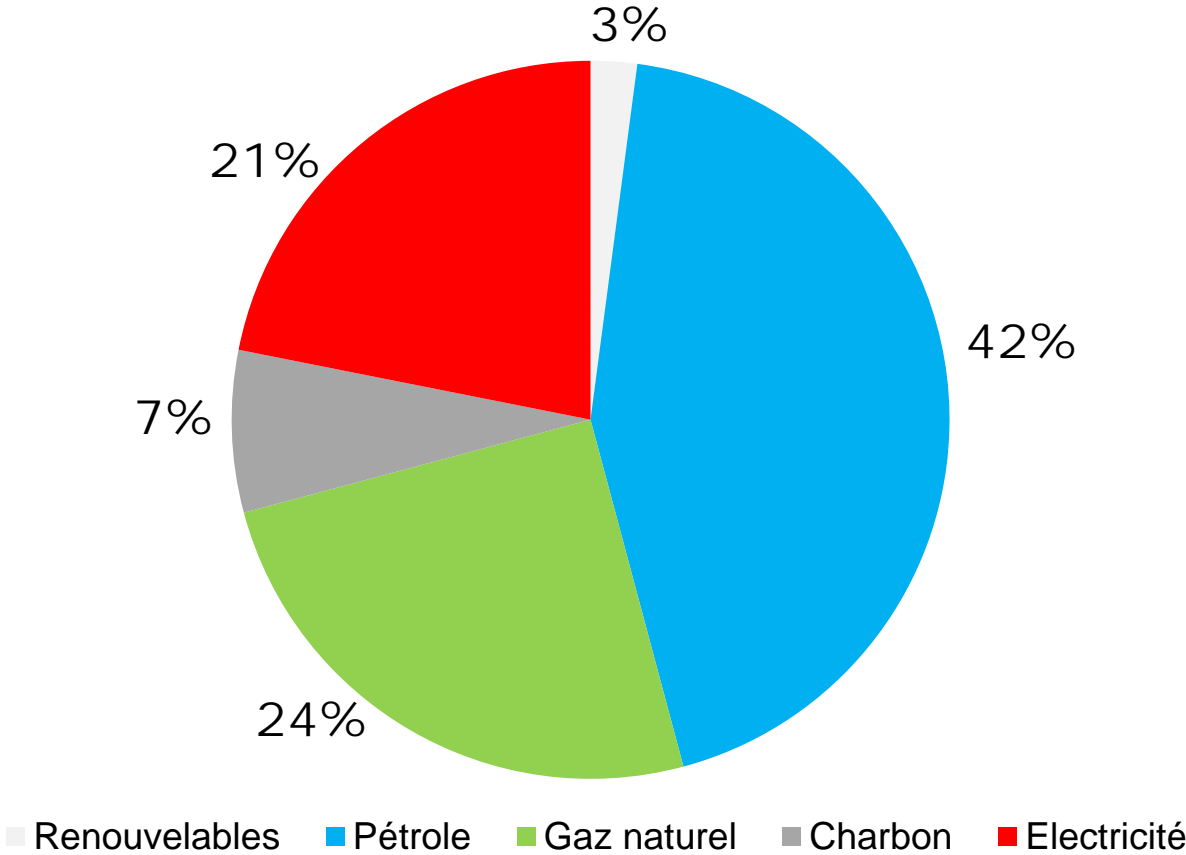


## L'EQUILIBRE DES 3 E ...



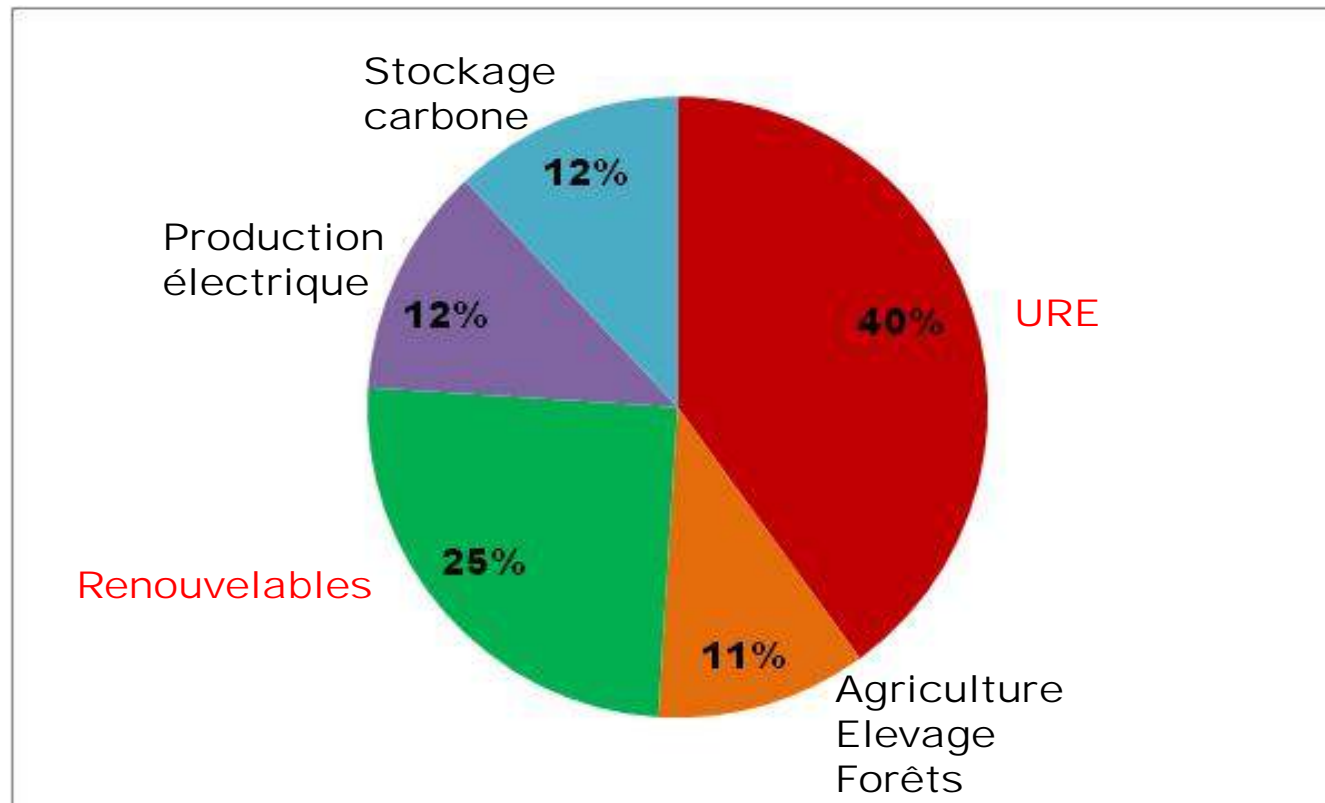
**... VA INÉLUCTABLEMENT S'INVERSER**

# CONSOMMATION FINALE D'ENERGIE UE (2016)



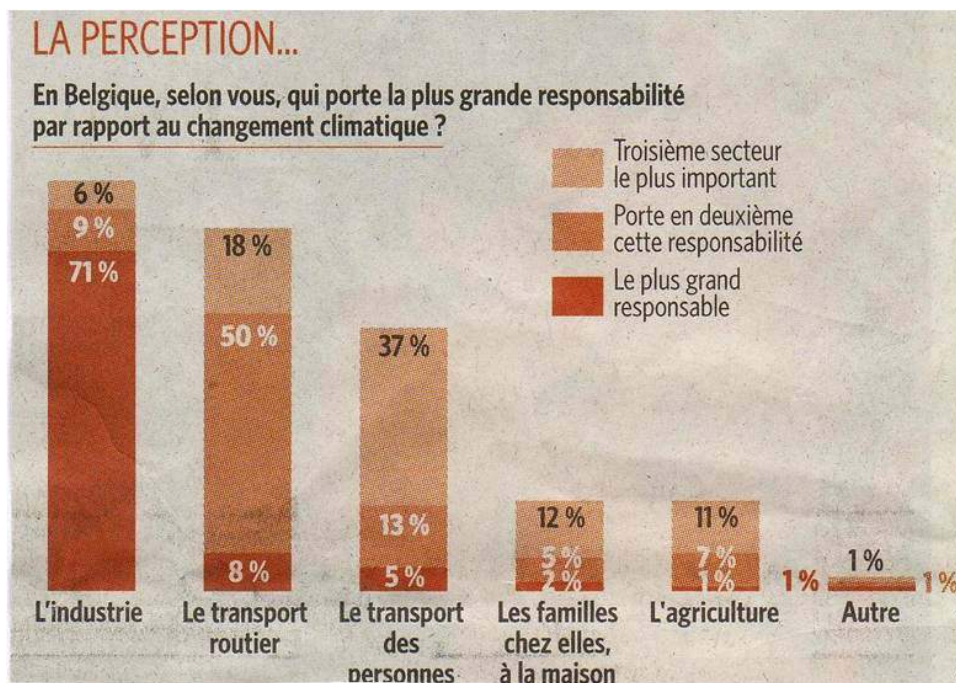
# COMMENT DIMINUER LES ÉMISSIONS DE GES ? OÙ SONT LES POTENTIELS DE DIMINUTION POUR 2050?

( étude UE)

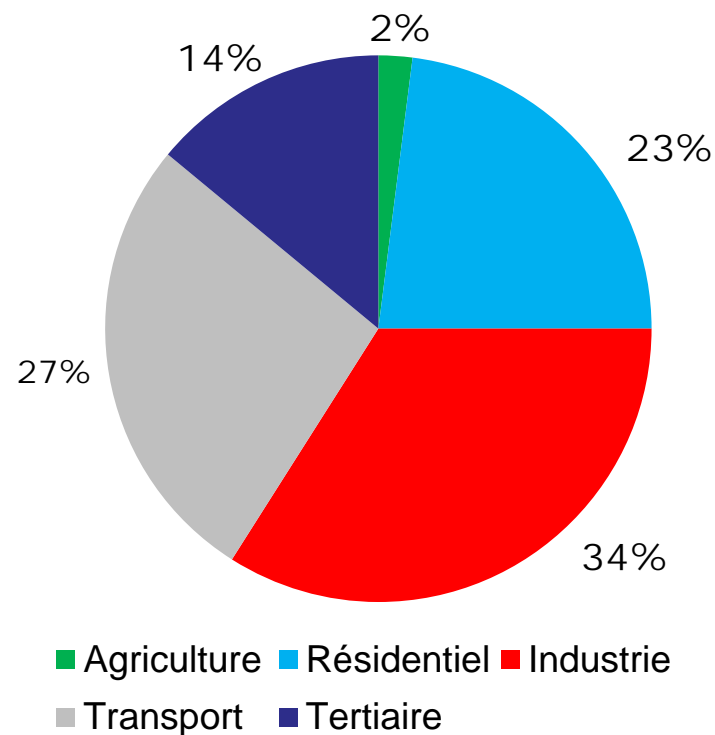


# QUI DOIT FAIRE LE PLUS GRAND EFFORT ?

## PERCEPTION



## GES REALITE (2015)



L'EFFORT DOIT ETRE REALISE PAR TOUT LE MONDE EN GENERAL ET CHACUN EN PARTICULIER

# LES ENERGIES RENOUVELABLES (RES)

- LEUR POTENTIEL EST SUFFISANT, EN THEORIE, POUR SATISFAIRE AUX BESOINS ACTUELS DE L'HUMANITÉ ET LA MUTATION ÉNERGÉTIQUE VERS LES ÉNERGIES RENOUVELABLES EST INÉLUCTABLE

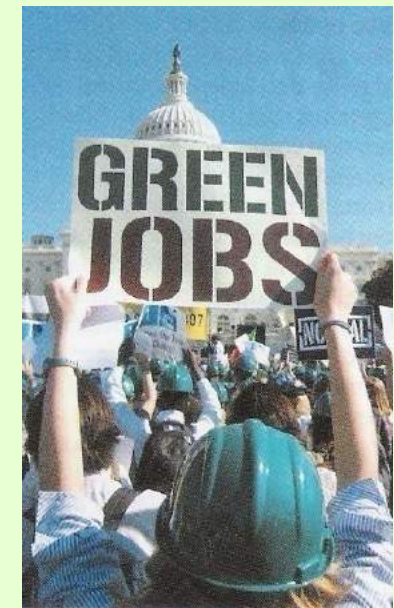
## MAIS

- LEUR EXPLOITATION N'EST PAS SIMPLE ET AURA UN COUT ÉCONOMIQUE
  - FAIBLE DENSITÉ ÉNERGETIQUE ET PRODUCTION ÉNERGÉTIQUE DISCONTINUE
  - INVESTISSEMENTS IMPORTANTS POUR LA PRODUCTION ET LE STOCKAGE
  - RÉORIENTATION NÉCESSAIRE DE CIRCUITS INDUSTRIELS ET DES MOYENS DE TRANSPORT

## MAIS AUSSI

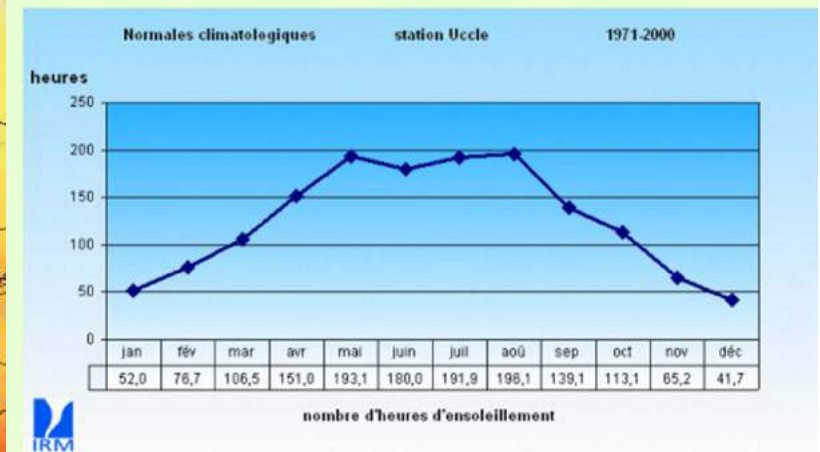
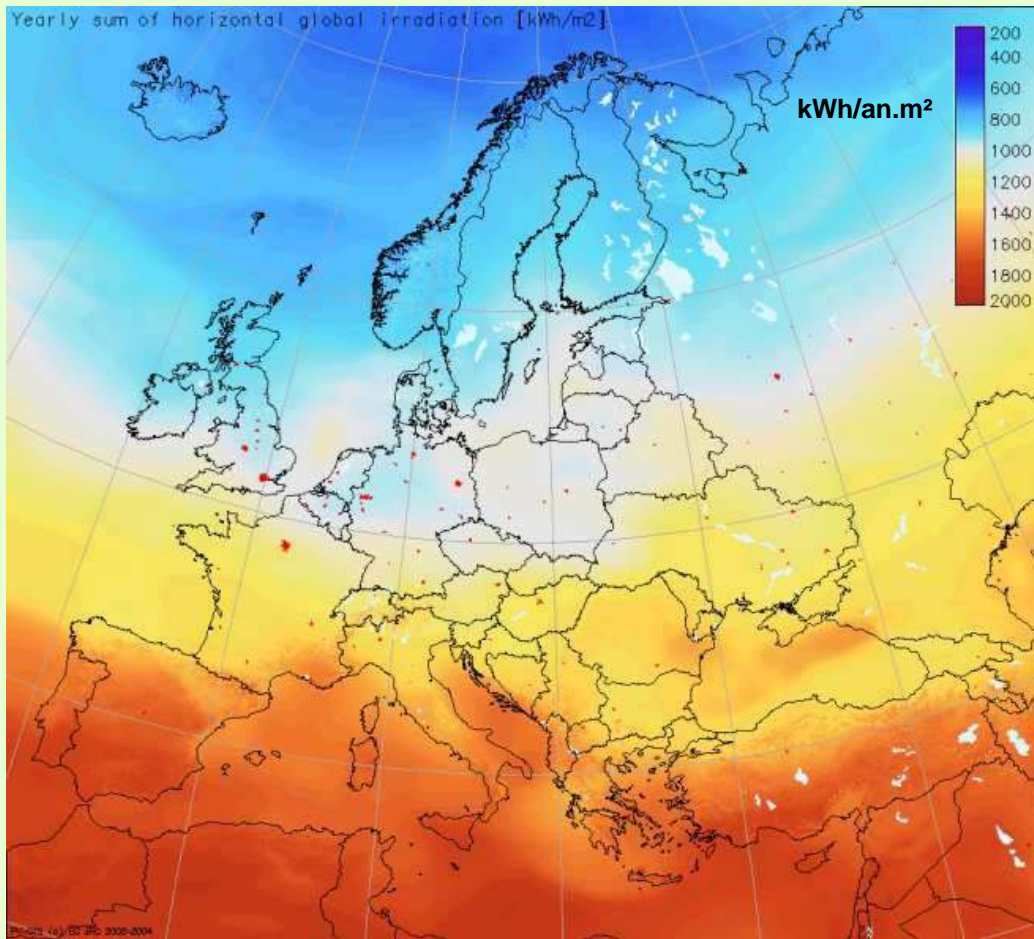
- ELLES PRÉSENTENT UN CHAMP DE RECHERCHE A DÉVELOPPER D'URGENCE ET UN POTENTIEL D'EMPLOIS CONSIDÉRABLE

A noter que les dépenses en R/D sur les énergies renouvelables en Belgique représentent 5/10.000 de pourcent du PIB de 1990 à 2010 !!!



# REPARTITION DES APPORTS THERMIQUES SOLAIRES

LE SOLEIL EST UNE SOURCE D'ENERGIE INEPUISABLE ...



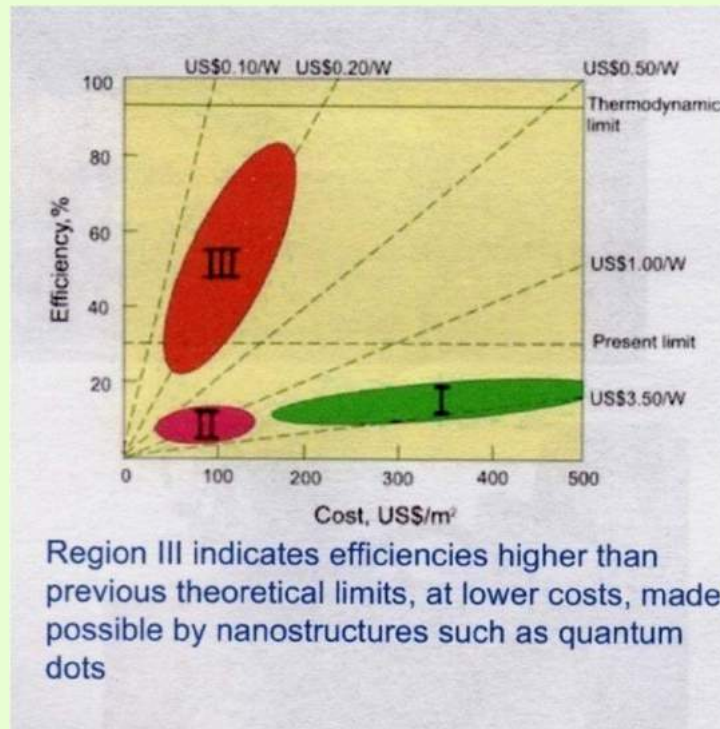
...MAIS SURTOUT EN ÉTÉ...

... ET LE JOUR SEULEMENT

# LES ENERGIES RENOUVELABLES (RES)

## L'AVENIR DES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES EST PROMETTEUR A MOYEN TERME

Le rendement de captation actuel est de 17 à 20 %

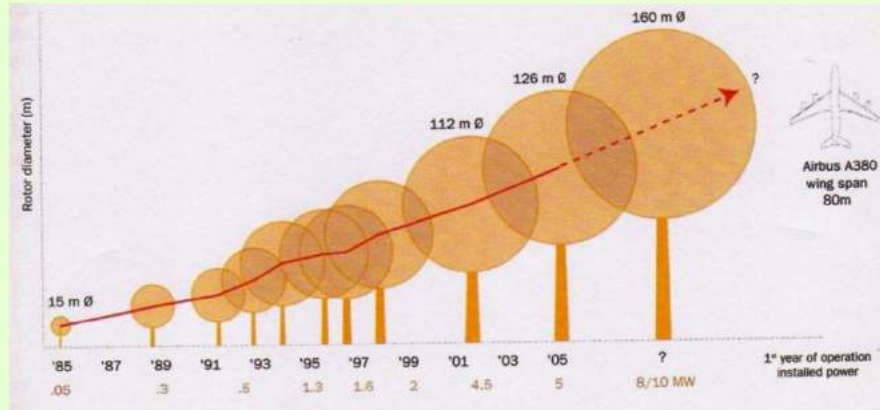


On peut espérer un rendement de captation de l'ordre de 35 ... 40% dans une dizaine d'années

**EVOLUTION COÛT/RENDEMENT**

# LES ENERGIES RENOUVELABLES (RES)

LA TAILLE DES EOLIENNES A ÉTÉ ACCRUE POUR EN AMÉLIORER LA RENTABILITÉ



Puissance moyenne < Puissance nominale

$$P = k \cdot v^3$$

→ PRIVILÉGIER L'OFFSHORE

COÛT DE L'ENTRETIEN À TERME ?





# LES ENERGIES RENOUVELABLES (RES)

**LA BIOMASSE EST UNE SOURCE INTÉRESSANTE CAR ELLE PERMET UNE PRODUCTION CONTINUE D'ÉNERGIE**

- **EXPLOITATION DES DÉCHETS MÉNAGERS**
  - incinérateur avec récupération d'énergie thermique → électricité
  - production de méthane → électricité
- **EXPLOITATION DES DÉCHETS CÉRÉALIERS**
  - production de méthane → électricité
  - production de biocarburant
  - attention aux problèmes de corrosion**
- **EXPLOITATION FORESTIÈRE**
  - directe avec des essences à rotation rapide → électricité
  - recyclage des déchets en pellets → électricité ou production thermique individuelle

# **LES ENERGIES RENOUVELABLES (RES)**

**LES ÉNERGIES RENOUVELABLES PERMETTENT ESSENTIELLEMENT  
DE PRODUIRE DE L'ÉLECTRICITÉ**

**LE VECTEUR ELECTRIQUE DEVRAIT DONC SE DÉVELOPPER  
FORTEMENT À L'AVENIR MAIS ...**

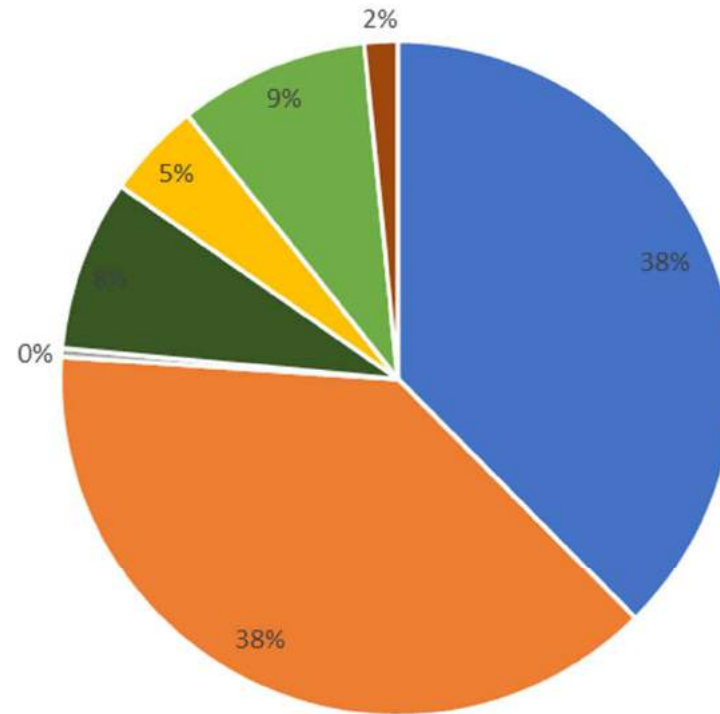
**...IL Y A ENCORE DU CHEMIN à PARCOURIR !**

**EN 2015, LES ÉNERGIES RENOUVELABLES COUVRAIENT**

**5,6% DE NOS BESOINS GLOBAUX EN ÉNERGIE**

# LES ENERGIES RENOUVELABLES (RES)

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ  
2015



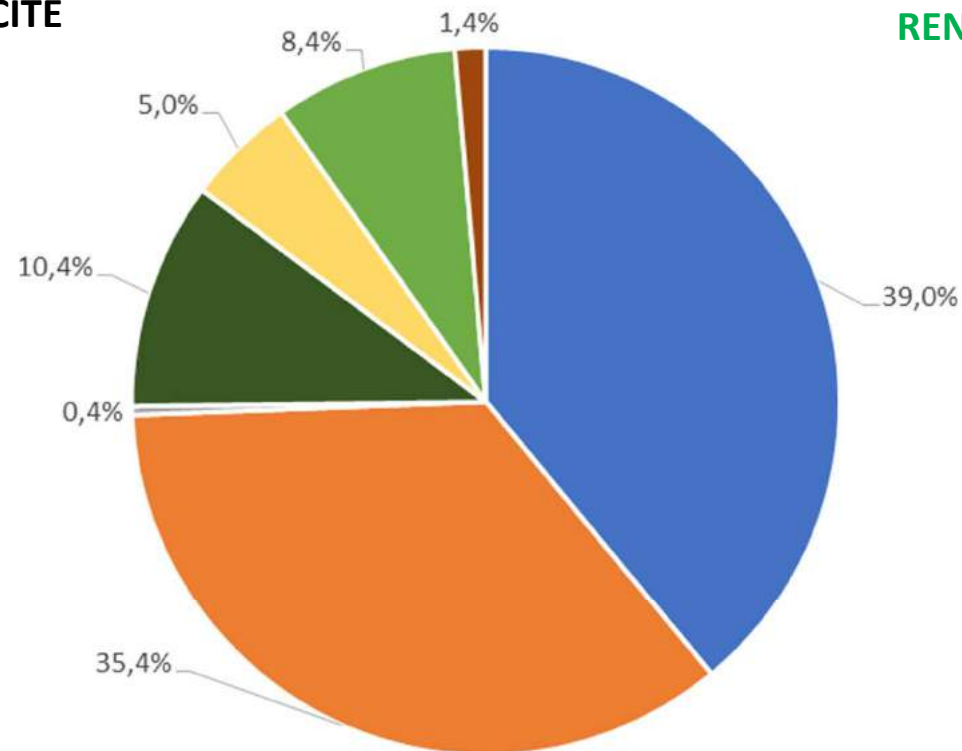
RENOUVELABLES 21,5%

■ Nucléaire ■ Combustibles fossiles ■ Hydro ■ Eolien ■ Solaire ■ biomasse, biogaz et traitements des déchets ■ Pompage

# LES ENERGIES RENOUVELABLES (RES)

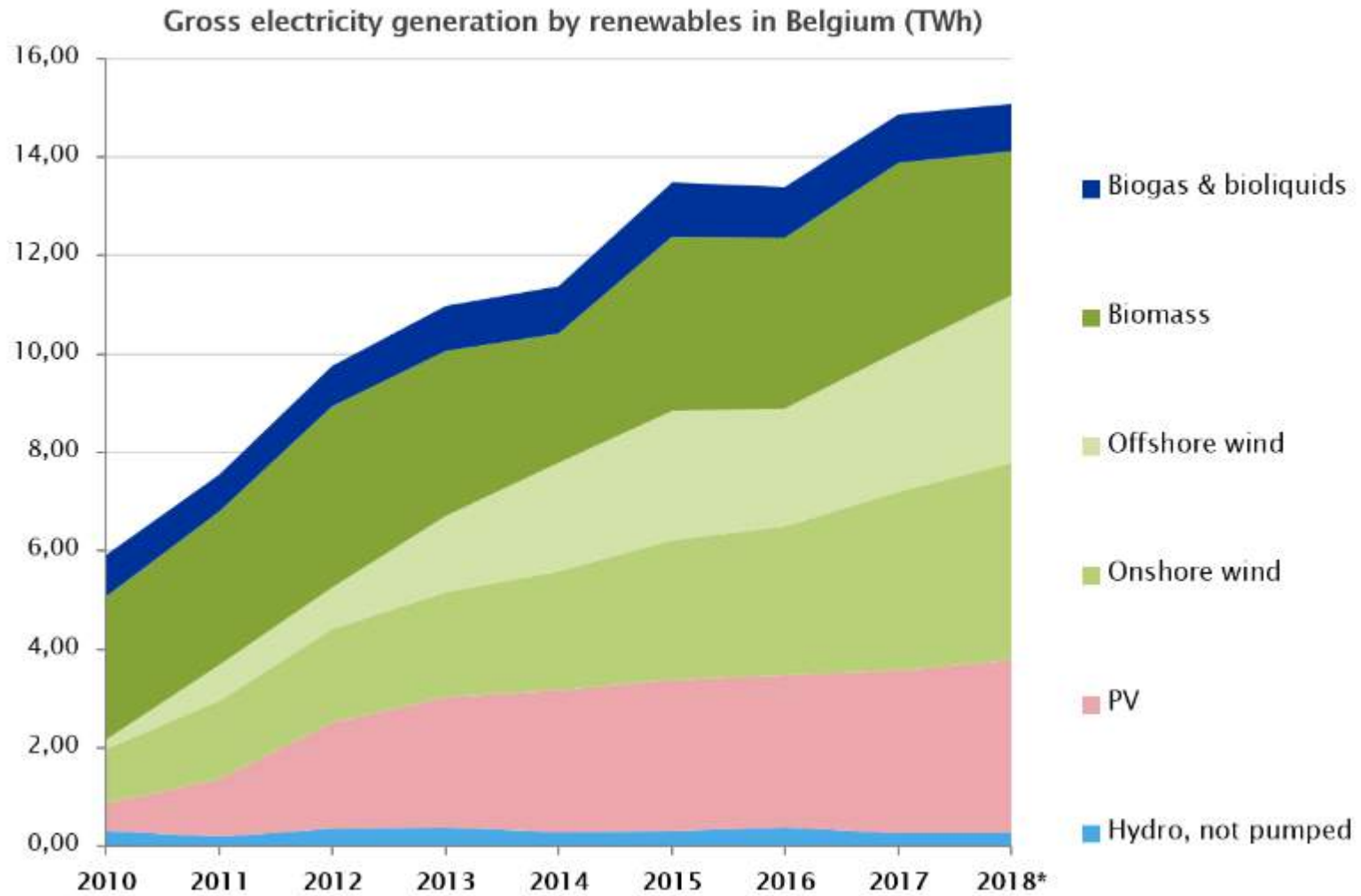
PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ  
2018

RENOUVELABLES 24,2%



■ Nucléaire ■ Combustibles fossiles ■ Hydro ■ Eolien ■ Solaire ■ biomasse, biogaz et traitements des déchets ■ Pompage

# LES ENERGIES RENOUVELABLES (RES)



# LES ENERGIES RENOUVELABLES (RES)

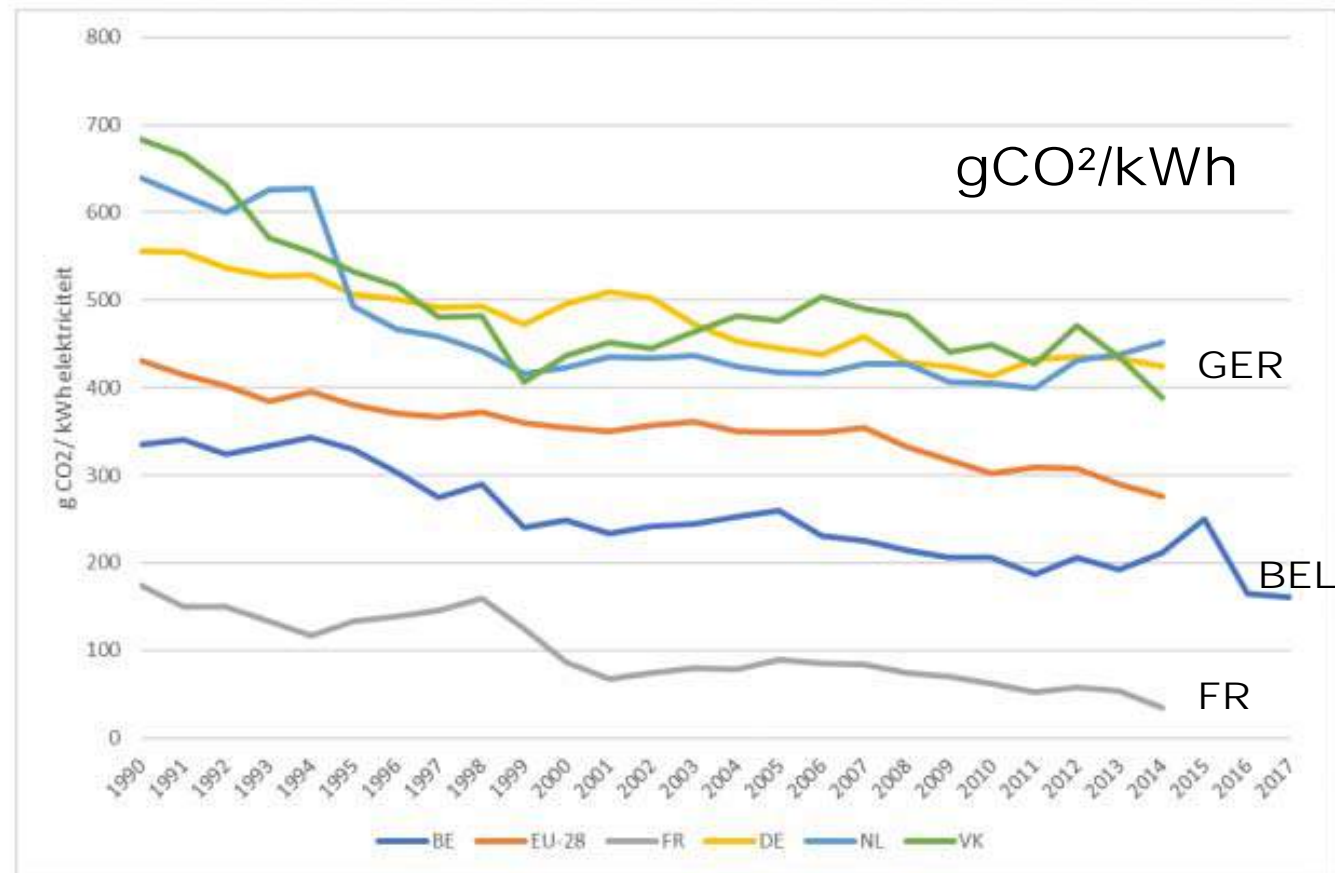


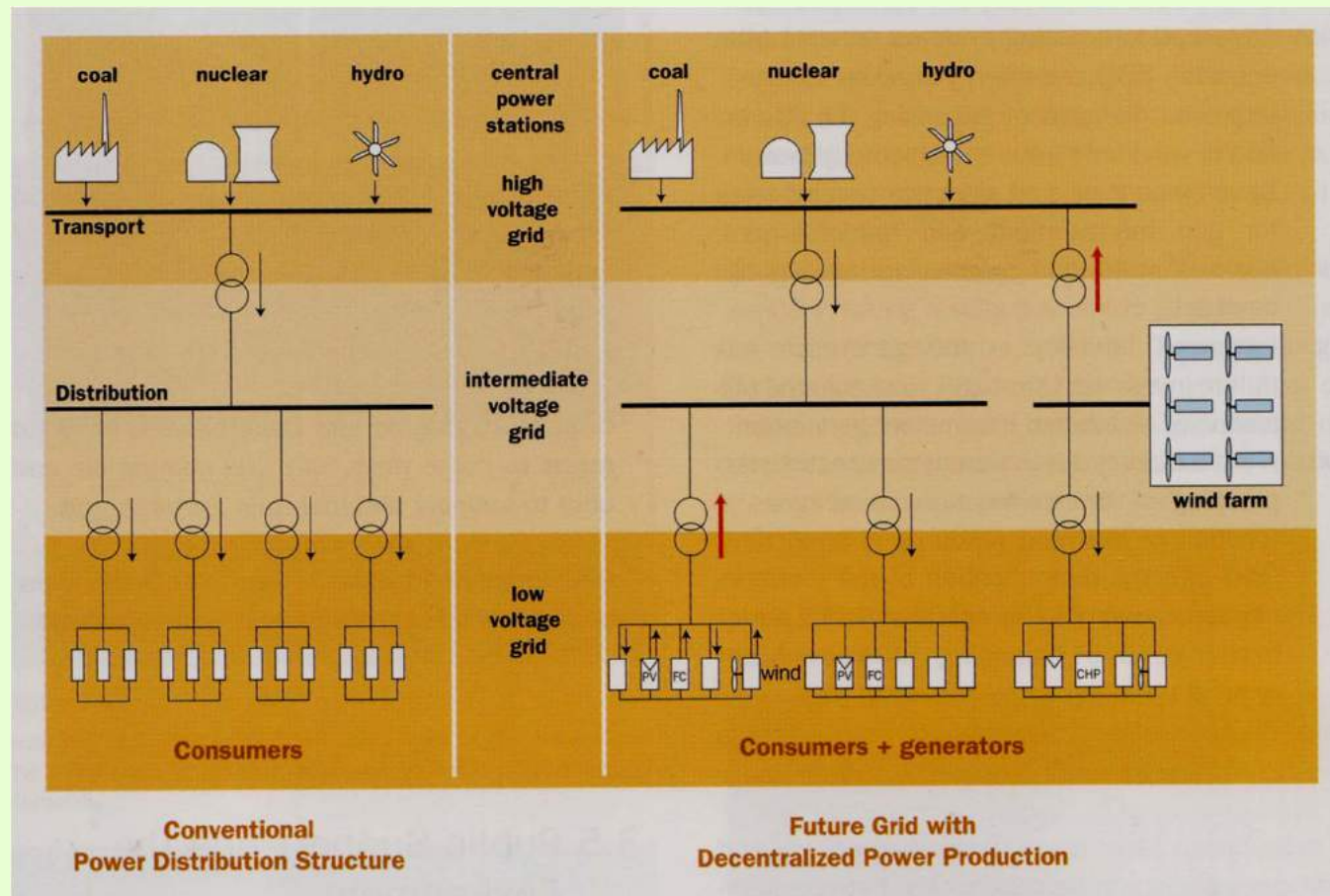
Figure 2 – Intensité carbone mesurée en gramme de CO<sub>2</sub>/kWh d'électricité produite<sup>1</sup>.

Note : La soudaine hausse de l'intensité carbone en Belgique en 2015 peut s'expliquer par la production nucléaire (2014 : 32,1 TWh, 2015 : 24,8 TWh, 2016: 41,4 TWh).

# LES ENERGIES RENOUVELABLES (RES)

L'EXPLOITATION ACCRUE DES ENERGIES RENOUVELABLES IMPLIQUE DES **INVESTISSEMENTS LOURDS** POUR ADAPTER LES RESEAUX DE DISTRIBUTION ELECTRIQUE

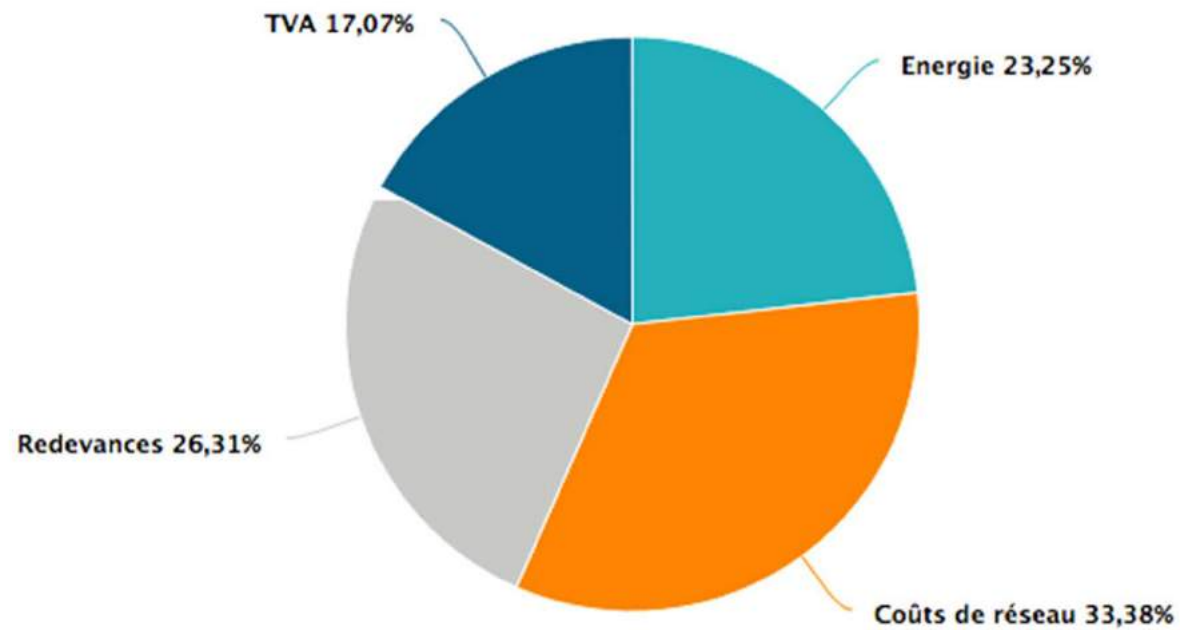
→ 'smart grids' - 'smart metering'



# LES ENERGIES RENOUVELABLES (RES)

## IMPACT SUR LE COÛT DE L'ÉLECTRICITÉ

Electricité en Wallonie - Résidentiel  
2018





# LES ENERGIES RENOUVELABLES (RES)

LE *FACTEUR DE CHARGE* (y compris les arrêts de maintenance) DES ÉNERGIES RENOUVELABLES EST PARTICULIÈREMENT FAIBLE ...

- HYDRAULIQUE 31%

- EOLIEN *onshore* 19%

- EOLIEN *offshore* 38%

- SOLAIRE 10%

... **COMPARÉ AU NUCLÉAIRE** 74% (2000 à 2015)

# LES ENERGIES RENOUVELABLES (RES)

QUELLES POSSIBILITÉS AU STADE DE LA PRODUCTION ?

**POUR COUVRIR UNE PARTIE IMPORTANTE DE NOS BESOINS ÉNERGÉTIQUES PAR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN ÉVITANT DES INVESTISSEMENTS COLOSSAUX, IL FAUDRA RÉALISER UN MIX ÉQUILIBRÉ**

- **BIOMASSE** **+/- CONTINU**
- **HYDRAULIQUE** (faible potentiel en Belgique) **PLUTÔT CONTINU**
- **EOLIEN** **VARIABLE**
- **PHOTOVOLTAÏQUE** **FORTEMENT VARIABLE**

-> **STOCKAGE NÉCESSAIRE + AUTRE(S) CHOSE(S)?**

# LES ENERGIES RENOUVELABLES (RES)

QUELLES POSSIBILITÉS DANS LE SECTEUR TERTIAIRE ET INDUSTRIEL ?

- CHAUFFAGE
  - POMPE À CHALEUR
  - BIOMASSE (PELLETS, DÉCHETS DE BOIS)
  - COGÉNÉRATION
- EAU CHAUDE SANITAIRE
  - POMPE A CHALEUR
  - CHAUFFE-EAU SOLAIRE
- ELECTRICITE
  - CAPTEURS PHOTOVOLTAÏQUES
  - COGENERATION
  - EOLIENNE

# LES ENERGIES RENOUVELABLES (RES)

QUELLES POSSIBILITÉS DANS LE SECTEUR RÉSIDENTIEL ?

- CHAUFFAGE
  - POMPE À CHALEUR
  - PELLETS, DÉCHETS DE BOIS
  - (MICRO – COGÉNÉRATION)
- EAU CHAUDE SANITAIRE
  - POMPE A CHALEUR
  - CHAUFFE-EAU SOLAIRE
- ELECTRICITE
  - CAPTEURS PHOTOVOLTAÏQUES
  - (MICRO – COGENERATION)
  - (mini EOLIENNE)



# DISPOSITIFS DE STOCKAGE (RES)

- AU STADE DE LA PRODUCTION D'ÉNERGIES RENOUVELABLES

- **production d'hydrogène**
- **fusion de sels chimiques**
- **stockage hydraulique**
- **stockage mécanique**



- AU STADE DE LA DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ

- **batteries**
- **hyper-condensateurs**

- AU STADE DU CONSOMMATEUR

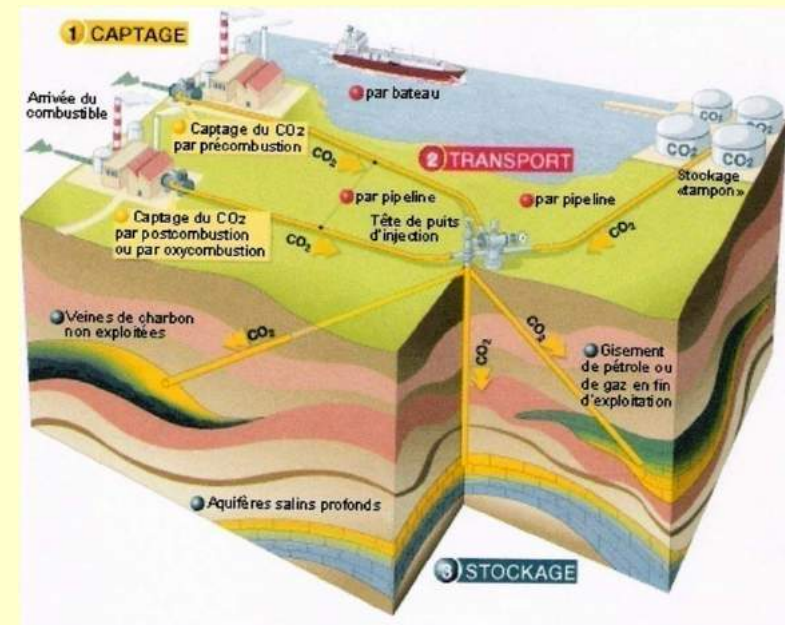
- **batteries**
- **hyper-condensateurs**
- **volant d'inertie**
- **(volume d'eau chaude)**
- **(changement d'état de fluides eutectiques)**

# LES ENERGIES ALTERNATIVES

## LE CHARBON

- LES RÉSERVES POURRAIENT COUVRIR NOS BESOINS PENDANT 200 ANS ENVIRON  
MAIS
- LA COMBUSTION DU CHARBON ÉMET UNE QUANTITÉ IMPORTANTE DE CO<sub>2</sub>

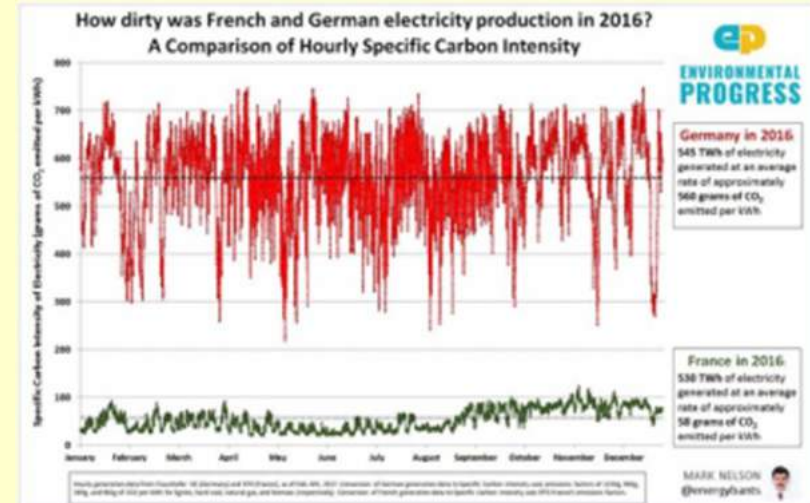
LE CHARBON POURRAIT ÊTRE UTILISÉ DANS DES CENTRALES ÉLECTRIQUES OU DE GRANDS CENTRES INDUSTRIELS EN CONJONCTION AVEC UN DISPOSITIF DE CAPTATION ET DE STOCKAGE DU CO<sub>2</sub>



# LES ENERGIES ALTERNATIVES

## LE NUCLÉAIRE

- **LA FISSION NUCLÉAIRE :**  
**UNE SOLUTION PROVISOIRE ...**  
**... EN ESPÉRANT MIEUX FAIRE AVEC ...**
- **LA FUSION NUCLÉAIRE ?**
  - première centrale en construction (projet ITER en construction)  
mise en service prévue pour test en 2025
  - coût élevé : 15bio€ pour 500 MW vs 8bio€ pour la fission
  - quasiment aucun déchet radioactif
  - disponibilité quasi infinie
  - production possible vers 2060 si test ITER satisfaisant



# LES ENERGIES ALTERNATIVES

## LE NUCLÉAIRE

- **PROJET BELGE MYRRHA**

qualifié par l'UE comme '*projet international d'innovation doté d'une grande pertinence sociale*' qui considère ce projet comme une priorité pour la production d'électricité durable.

- réacteur piloté par un accélérateur de particules générant des neutrons libres qui provoquent la réaction de fission

- **Aucun risque de réaction en chaîne. Il suffit de stopper l'accélérateur de particules pour arrêter le réacteur en quelques milli-secondes**

- Applications multiples

  - production d'électricité et de radio-isotopes médicaux

  - transmutation des déchets nucléaires longue vie en courte vie

  - production d'électricité et recherche sur la fusion nucléaire

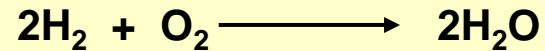
- **Mise en service 2026** (prototype à échelle réduite déjà testé OK à Mol)



# LES ENERGIES ALTERNATIVES

## L'HYDROGÈNE

- SA COMBUSTION N'ÉMET QUE DE LA VAPEUR D'EAU NON POLLUANTE



MAIS

- L'HYDROGÈNE N'EXISTE QUE SOUS FORME COMBINÉE DANS LA NATURE
- LA PRODUCTION D'HYDROGÈNE EST RÉALISÉE PAR
  - RÉFORMAGE GN  $\longrightarrow$  CONSOMMATION IMPORTANTE DE GAZ NATUREL
  - ÉLECTROLYSE  $\longrightarrow$  CONSOMMATION IMPORTANTE D'ÉLECTRICITÉ

**L'HYDROGÈNE POURRAIT ÊTRE PRODUIT PAR LES ÉNERGIES RENOUVELLABLES  
COMME ÉNERGIE DE STOCKAGE OU COMME COMBUSTIBLE POUR LE TRANSPORT**

# UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)

COMMENT RÉDUIRE NOS BESOINS ?

COLLECTIF

- AMÉLIORER LA MOBILITÉ TOUT EN DIMINUANT LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE - TÉLÉTRAVAIL
- ADOPTER UN ÉCLAIRAGE PUBLIC PERFORMANT
- RÉNOVER LES INSTALLATIONS THERMIQUES DES BÂTIMENTS PUBLICS
- ADOPTER UNE POLITIQUE FISCALE PLUS CONTRAIGNANTE

INDIVIDUEL

- RÉDUIRE LES BESOINS ENERGETIQUES
- UTILISER LES TECHNOLOGIES PERFORMANTES DISPONIBLES
- CHANGEMENT COMPORTEMENTAL :  
GASPILLAGE → PONDÉRATION ET REGLE DES 3R ( réparer – rénover – recycler )

**IL EST URGENT DE METTRE FIN AUX GASPILLAGES DE TOUTE NATURE**

SURCONSOMMATION ALIMENTAIRE



WEIGHT WATCHERS

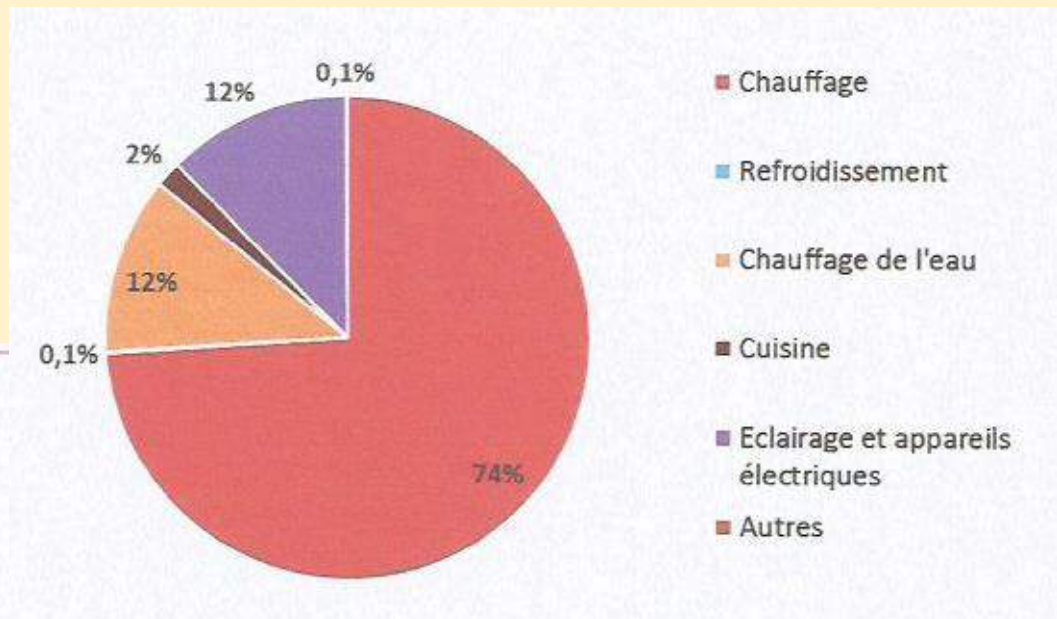
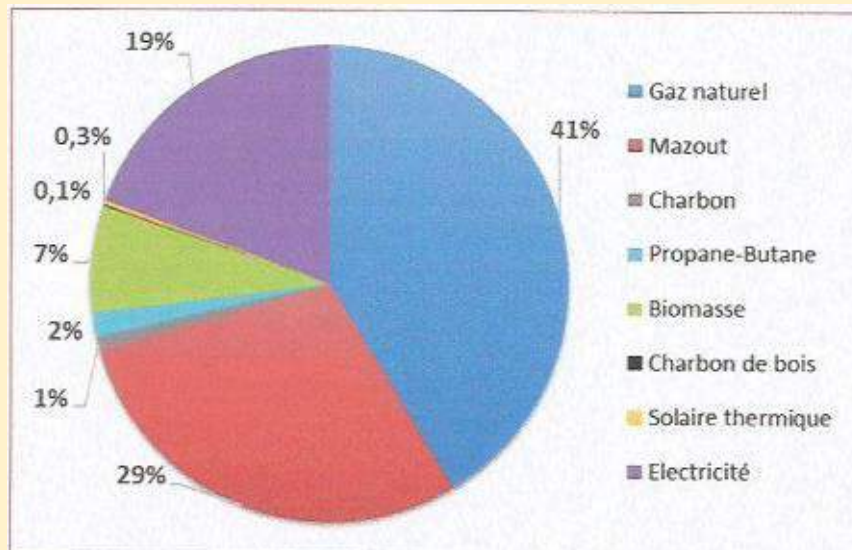
SURCONSOMMATION D'ÉNERGIE



WATT WATCHERS

# UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)

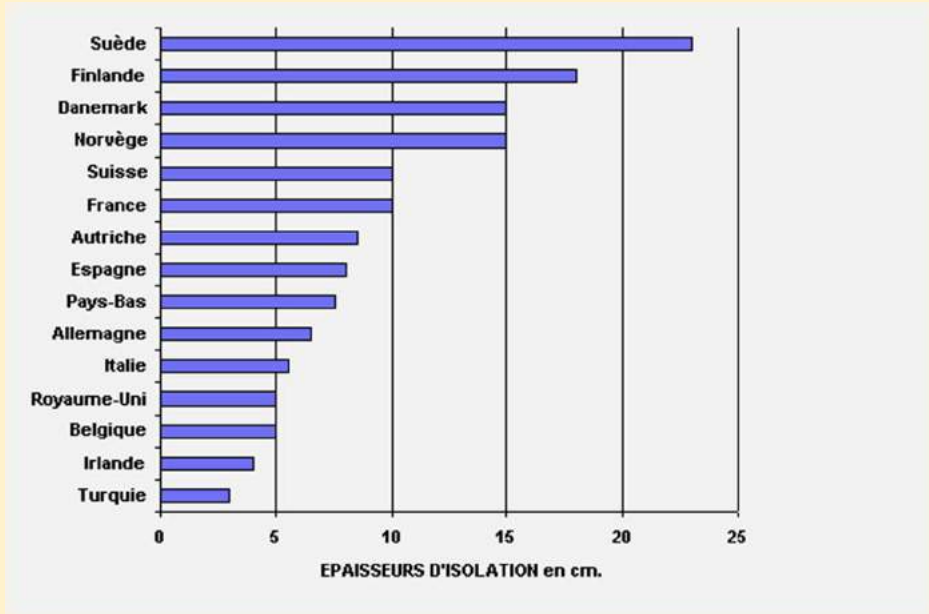
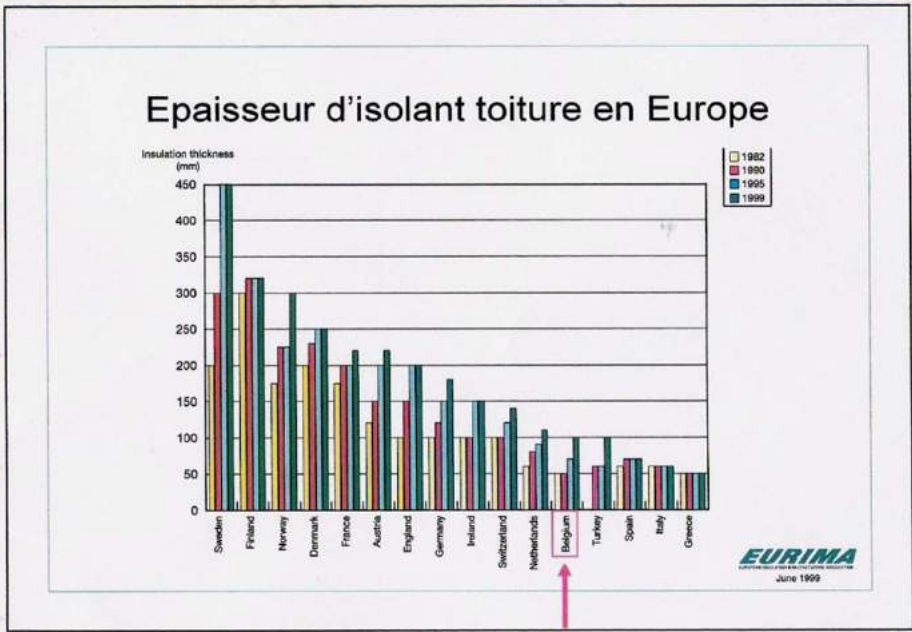
## ACTIONS POSSIBLES SUR LE PLAN INDIVIDUEL



### 4 PRIORITÉS :

- ISOLATION THERMIQUE DE L'HABITAT
- MODE DE CHAUFFAGE PERFORMANT
- ECONOMIE EN EAU CHAUDE SANITAIRE
- EXAMINER SÉRIEUSEMENT LE POSTE TRANSPORT

# UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)



murs extérieurs - source EURIMA

NOTRE HABITAT EST UN DES PLUS MAL ISOLES D'EUROPE  
 EN WALLONIE 44% DES LOGEMENTS SONT ANTERIEURS A 1945 !  
 35% SONT ENCORE ÉQUIPÉS DE SIMPLE VITRAGE !

# UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)

## LE CERTIFICAT ENERGETIQUE PEB

**CERTIFICAT PEB** Certificat de Performance Énergétique (PEB) Bâtiment résidentiel existant

N°: XXXXXXXX  
Établi le: XXX/XXX/XXXX  
Valable jusqu'au: XXX/XXX/XXXX  
Certificateur agréé N°: [Logo]

**Données administratives**

Rue: N°: Boîte: CP: Localité: Type de bâtiment: Permis de bâtir/d'urbanisme/unique obtenu le: Numéro de référence du permis: Année de construction: Version du protocole: Prix du certificat (TVA): Version du logiciel:

**Consommation énergétique calculée du bâtiment**

Consommation totale d'énergie primaire (kWh/m².an): Consommation spécifique d'énergie primaire -  $E_{sp}$  (kWh/m².an):

**Indicateurs spécifiques**

Enveloppe du bâtiment, Système de chauffage, Système de production d'eau chaude sanitaire, Ventilation, Système de production d'énergie renouvelable

**Échelle de catégories**

Classe	Consommation spécifique d'énergie primaire ( $E_{sp}$ ) (kWh/m².an)
A	$E_{sp} < 100$
B	$100 < E_{sp} < 120$
C	$120 < E_{sp} < 150$
D	$150 < E_{sp} < 200$
E	$200 < E_{sp} < 250$
F	$E_{sp} > 250$

**LES DIFFÉRENTS «SMILEYS»**

Smiley	Indicateur
1 (sad)	Isolation de l'enveloppe
2 (neutral)	Performance du système de chauffage
3 (neutral)	Performance du système de production d'eau chaude sanitaire
4 (neutral)	Qualité de la ventilation
5 (happy)	Présence de système de production d'énergie renouvelable

Cette consommation est établie sur base d'une occupation, d'un climat intérieur et de conditions climatiques standardisées, de façon sorte que le résultat peut différer de votre consommation réelle. Cette approche standardisée permet de comparer les bâtiments entre eux, de manière objective. Elle prend en compte la consommation pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, les auxiliaires et éventuellement, le refroidissement. Le résultat est exprimé en énergie primaire.

Certificateur agréé N°: Nom: Prénom: Rue: N°: Boîte: CP: Localité: Pays: Je déclare que toutes les données qui sont reprises sur ce certificat sont conformes à la réalité. Date: Signature:

Page 01 sur 14

**1 LE NUMÉRO DU CERTIFICAT** (important pour l'authentification) et sa durée de validité : tous les certificats sont enregistrés et stockés de manière confidentielle sur un serveur central géré par l'administration wallonne. Seuls les certificateurs agréés peuvent y avoir accès dans les cas prévus par la loi.

**2 LA DESCRIPTION DU BÂTIMENT**

**3 DEUX INDICATEURS TRÈS IMPORTANTS :**

- La consommation totale d'énergie primaire du bâtiment par an ;
  - La consommation totale d'énergie primaire du bâtiment par an ramenée au mètre carré (appelée «consommation spécifique»).
- Ces deux indicateurs sont complémentaires. Un bâtiment consommant beaucoup d'énergie peut très bien être dans cette situation parce qu'il est très grand et non parce qu'il est mal isolé. Il est donc indispensable de connaître sa consommation au mètre carré.

**4** Cette consommation spécifique est reprise dans une **ÉCHELLE DE CATÉGORIES** inspirée de celle des électroménagers. C'est cette échelle qui permet de comparer la performance énergétique des bâtiments. Cette échelle sera commune aux bâtiments résidentiels existants et neufs.

**5 LA LIGNE POINTILLÉE DU HAUT** indique l'exigence minimale pour les maisons neuves depuis le 1/5/2010 (entrée en vigueur de la seconde phase de la PEB, consommation spécifique inférieure ou égale à 170 kWh/m².an).

**6 LA LIGNE POINTILLÉE DU BAS** indique la performance moyenne actuelle des habitations unifamiliales en Région wallonne. Cette moyenne s'améliorera bien sûr dans les prochaines années.

**7 LA FLÈCHE INVERSÉE** indique qu'il s'agit d'une maison à énergie positive, produisant plus d'énergie qu'elle n'en consomme.

**8 LES DIFFÉRENTS «SMILEYS»** indiquent le niveau de performance de 5 points clefs du bâtiment : isolation de l'enveloppe, performance du système de chauffage, performance du système de production d'eau chaude sanitaire, qualité de la ventilation et présence de système de production d'énergie renouvelable.

Le logiciel tient compte de tous ces éléments pour délivrer une cotation globale. Par exemple une maison passive très bien isolée peut se permettre d'avoir un «smiley» plutôt mauvais du côté du chauffage (par exemple si elle utilise le chauffage électrique direct), car ce chauffage fonctionnera rarement. Sa cotation totale sera donc très bonne malgré tout. Bien entendu, si le chauffage est à base d'énergie renouvelable, la cote sera encore supérieure.

Les pages suivantes du certificat contiennent des données supplémentaires sur le bâtiment, des indicateurs complémentaires et des propositions d'améliorations générales établies automatiquement par le logiciel de certification.

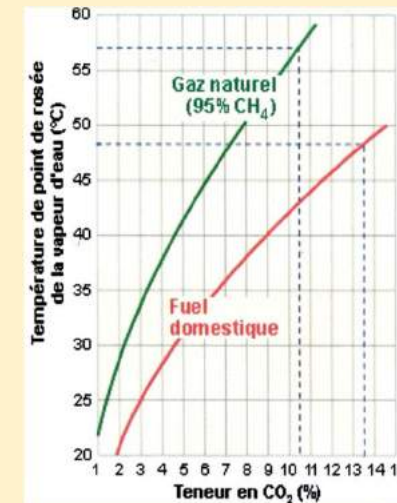
UN CRITERE ESSENTIEL POUR LA VALORISATION DE VOTRE HABITAT

# UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)

ACTIONS POSSIBLES SUR LE PLAN INDIVIDUEL

CHAUFFAGE

APRES AVOIR AMELIORE VOTRE ISOLATION THERMIQUE PENSEZ A UNE CHAUDIERE A CONDENSATION



OU A UNE POMPE A CHALEUR



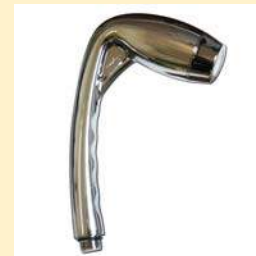
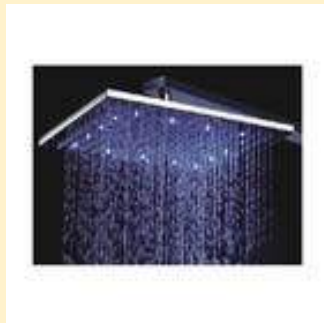
# UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)

## ACTIONS POSSIBLES SUR LE PLAN INDIVIDUEL

### EAU CHAUDE SANITAIRE

**NOUS CONSOMMONS PLUS DE 10.000 LITRES D'ECS PAR AN ET PAR HABITANT**

- **PRENDRE UNE DOUCHE AU LIEU D'UN BAIN → 60% D'ECONOMIE**
- **UTILISER UNE POMME-DOUCHE ECO → 35% D'ECONOMIE COMPLEMENTAIRE**



- **SI VOTRE CONSOMMATION RESTE GLOBALEMENT SUPERIEURE A 30000 L/an, PENSEZ A UN BOILER SOLAIRE OU A UNE POMPE A CHALEUR**

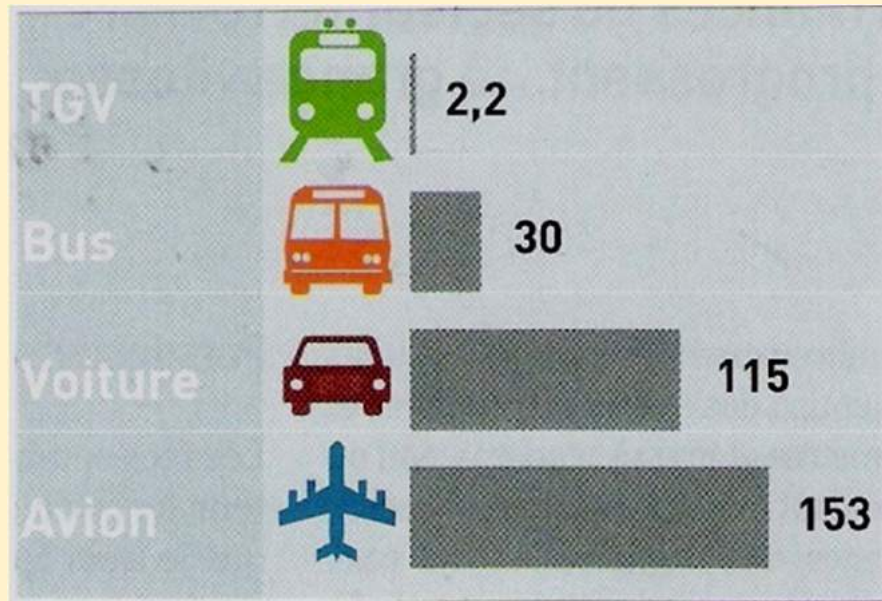
## UTILISATION RATIONNELLE DE L'ÉNERGIE (URE)

EN AMÉLIORANT L'ISOLATION THERMIQUE DE VOTRE HABITAT  
EN INVESTISSANT DANS DES APPAREILS PERFORMANTS  
ET  
EN MODIFIANT QUELQUE PEU VOTRE COMPORTEMENT,  
IL EST FACILE DE REDUIRE VOTRE CONSOMMATION D'ÉNERGIE  
DE 25 À 40 %  
LE BÉNÉFICE ANNUEL PEUT ATTEINDRE JUSQU'À **1500 €AN**  
POUR UN FOYER DE 4 PERSONNES



# UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)

ACTIONS POSSIBLES SUR LE PLAN INDIVIDUEL  
MOBILITE



EMISSIONS DE CO<sub>2</sub> (EN GRAMME PAR PASSAGER ET PAR KILOMETRE) SELON LES MODES DE TRANSPORT



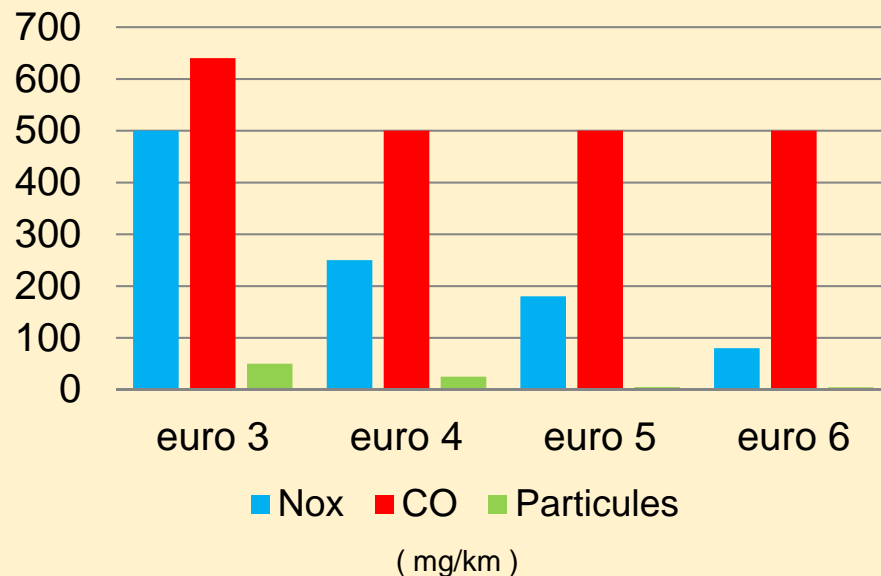
PRIVILÉGIER AUTANT QUE POSSIBLE LES TRANSPORTS PUBLICS  
NE PAS ABUSER DES CITY- TRIPS EN AVION !

# UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)

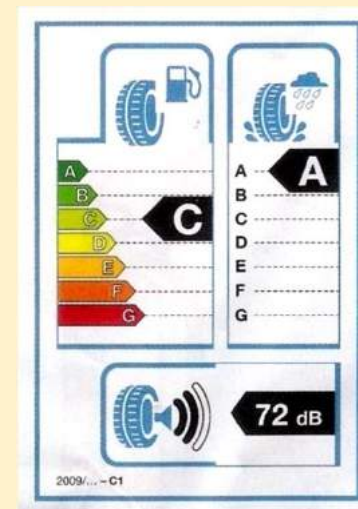
ACTIONS POSSIBLES SUR LE PLAN INDIVIDUEL  
MOBILITE

**CHOISIR SON VEHICULE POUR SON UTILITE PLUTÔT QUE POUR LA FRIME**  
( une Ferrari va aussi vite qu'une smart à 120km/h)

## TEST NEDC

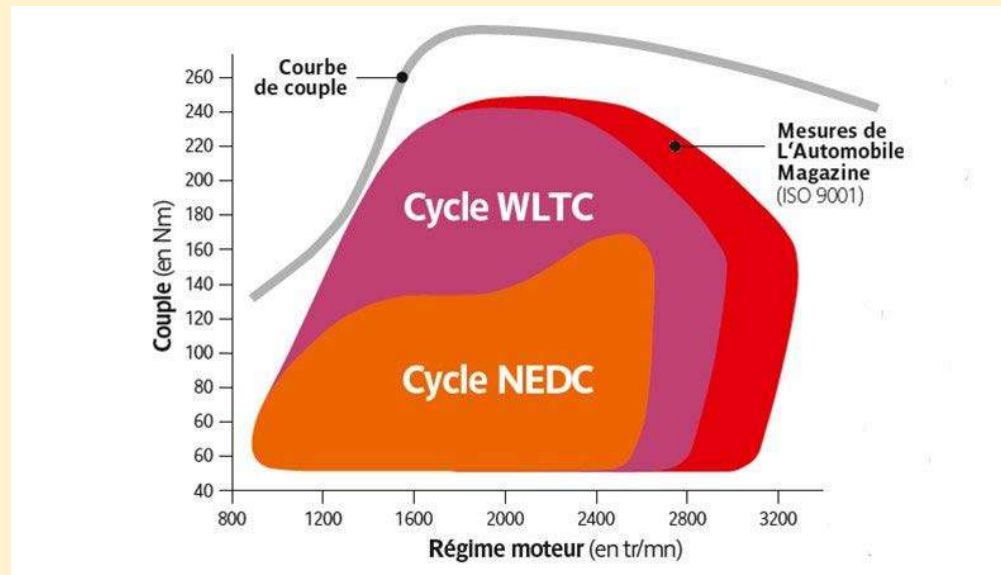


La succession de normes euro a engendré une évolution spectaculaire dans le secteur automobile



# UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)

NORMES DE MESURE DE CONSOMMATION NEDC → WLTP



COMPARATIF DE MESURES DE CONSOMMATION – Peugeot 508

	CONSOMMATION	CO <sup>2</sup>
<b>NEDC</b>	4,5 l/km	120 g/km
<b>WLTP</b>	6,2 l/km	164 g/km
<b>ISO 9001</b>	7,0 l/km	185 g/km

## UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)

NE FOCALISONS CEPENDANT PAS EXCLUSIVEMENT SUR LA POLLUTION AUTOMOBILE !

	émissions / an		
	CO <sup>2</sup> (kg)	Nox (g)	Particules (g)
CHAUFFAGE GN	3960	2800	96
CHAUFFAGE MAZOUT	5280	4800	500
CHAUFFAGE ELEC	5800	4180	310
CHAUFFAGE PAC	1935	1395	105
VEHICULE DIESEL	2400	1600	90

véhicule diesel 20.000 kms/an  
consommation chauffage éq 2000 l mazout/an

# UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)

## LA VOITURE ÉLECTRIQUE, UNE SOLUTION ÉCOLOGIQUE ?

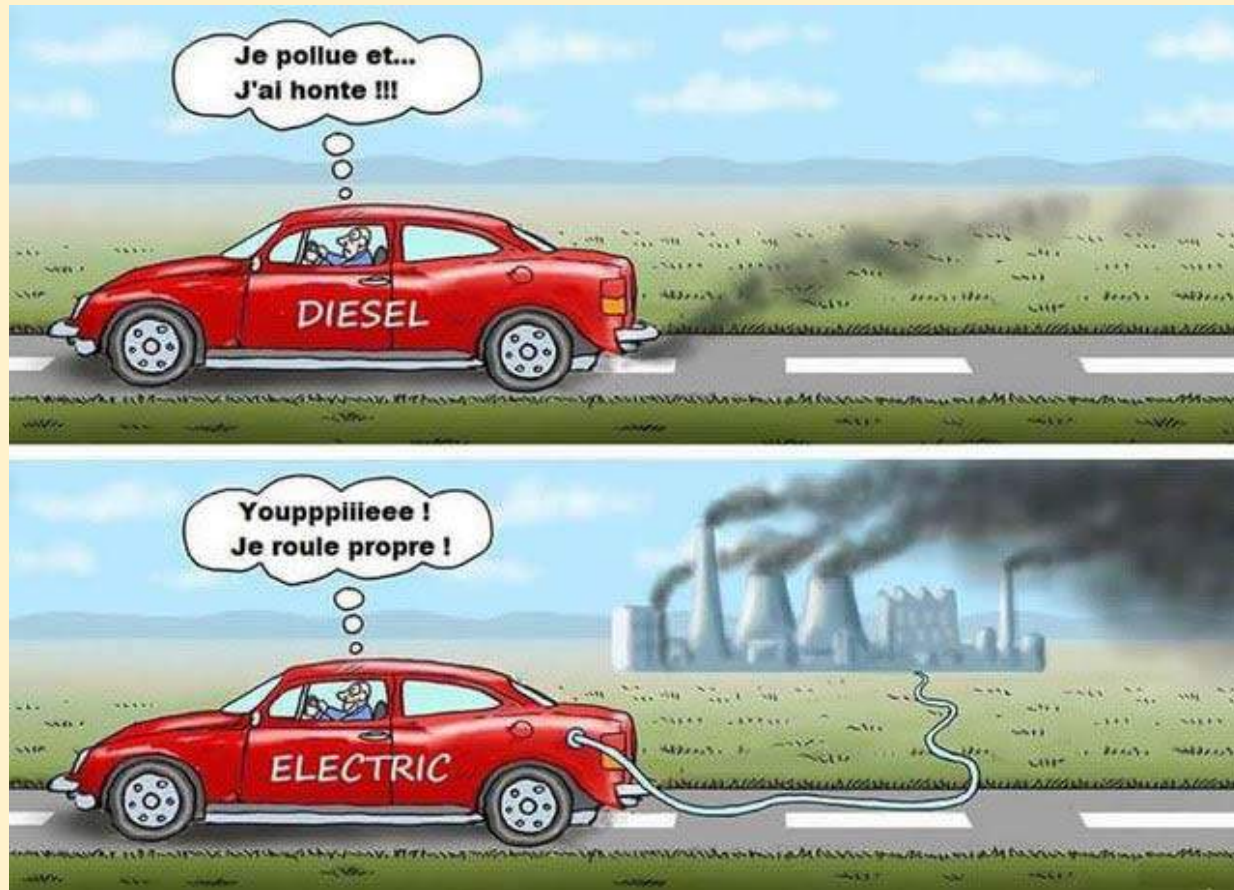
- RENDEMENT DU MOTEUR ESSENCE : 35...38% (injection directe)
- RENDEMENT DU MOTEUR ESSENCE HCCI : 42...45%
- RENDEMENT DU MOTEUR DIESEL : 43... 46%
- RENDEMENT DU MOTEUR CNG : 35... 38%
- RENDEMENT FINAL DU MOTEUR ELECTRIQUE : 33... 83%
  - rendement centrale thermique classique 40%
  - rendement centrale gaz TGV 55%
  - rendement renouvelables 100%
  - rendement réseau de distribution 92%
  - rendement moteur électrique 90%,

**LE RENDEMENT DE PRODUCTION D'ELECTRICITE EST PRIMORDIAL, MAIS AUSSI LE COMBUSTIBLE UTILISÉ POUR LA PRODUCTION D'ELECTRICITE CAR IL VA DÉTERMINER AVEC LE RENDEMENT LA QUANTITÉ DE CO<sup>2</sup> ÉMISE**

# UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)

## AU STADE ACTUEL

LA VOTURE ÉLECTRIQUE N'EST PAS 'Zéro émission de CO<sup>2</sup>'



UN COMPARATIF PLUS SERIEUX S'IMPOSE

# UTILISATION RATIONNELLE DE L'ÉNERGIE (URE)

## AVANTAGES DE LA VOITURE ÉLECTRIQUE

- RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE AU FREINAGE
- PAS DE PERTES MÉCANIQUES DANS UNE BOÎTE DE VITESSES
- PAS DE PERTES D'ÉNERGIE AU RALENTI
- REJET DES ÉMISSIONS CO<sup>2</sup> → CENTRALES ÉLECTRIQUES

- Utilisation ROUTE / ville    diminution de l'énergie requise    10%    (facteur **0,90**)
- Utilisation route / VILLE    diminution de l'énergie requise    20...30%    (facteur **0,75**)
- Utilisation VILLE    diminution de l'énergie requise    35...45%    (facteur **0,60**)

## UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)

COMPARATIF ENERGIE PRIMAIRE ET ÉMISSIONS CO<sup>2</sup>

MOTORISATION	ENERGIE LA ROUE	ENERGIE PRIMAIRE	INDICE Ep ref ESSENCE	Facteur CO <sup>2</sup>	INDICE CO <sup>2</sup>
Essence	100	$100/0,37 = 270$	100	1	100
Essence HCCI	100	$100/0,42 = 238$	88	1	88
Diesel	100	$100/0,44 = 227$	84	1,05	88
CNG	100	$100/0,37 = 270$	100	0,78	78
Electrique R/v	100	$100 \times 0,9 / 0,35 \dots 0,85 = 231 \dots 106$	86 ... 39	1,3 ... 0	112 ... 0
Electrique V/r	100	$100 \times 0,75 / 0,35 \dots 0,85 = 214 \dots 88$	79 ... 33	1,3 ... 0	103 ... 0
Electrique V	100	$100 \times 0,6 / 0,35 \dots 0,85 = 171 \dots 71$	63 ... 26	1,3 ... 0	82 ... 0

LE VEHICULE ÉLECTRIQUE PRÉSENTE INDÉNIABLEMENT UN AVANTAGE SUR LE PLAN ÉNERGÉTIQUE ET PERMET UNE DIMINUTION DES ÉMISSIONS DE CO<sup>2</sup> ... **MAIS**



# UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)

## IL FAUT TENIR COMPTE D'AUTRES FACTEURS

En considérant incluant le rendement et les combustibles utilisés dans le mix énergétique en Belgique (nucléaire inclus) d'une part et le life cycle cost pour la fabrication et le recyclage partiel des batteries l'équilibre en émissions de CO<sup>2</sup> se situe à environ 100.000 kms parcourus par comparaison avec un véhicule à essence à injection directe. L'utilisation massive de batteries posera aussi un grand problème de gestion des déchets !

La nouvelle technologie du moteur essence à combustion interne HCCI mis au point par Mazda (skyactiveX) permettant une augmentation de rendement du moteur essence devrait reporter le point d'équilibre au-delà de 125.000 kms

## UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)

TEST-ACHATS A VÉRIFIÉ L'AUTONOMIE RÉELLE DE 3 VÉHICULES ÉLECTRIQUES :  
ELLE EST DE 25 à 30% INFÉRIEURE À CELLE ANNONCÉE PAR LES CONSTRUCTEURS

ÉTONNANT ?



**soit un véhicule diesel de taille comparable à une Tesla. Sa consommation est de 5l/100 kms → l'énergie nécessaire est de  $5 \times 10 \text{ kWh} \times 0,45 = 22,5 \text{ kWh}$**



**La capacité des batteries d'une Tesla est de 80 kWh. L'autonomie sera donc de  $80 / 22,5 = 355 \text{ km}$  soit 71% de l'autonomie annoncée ...**

**L'AUTONOMIE RÉELLE ACTUELLE DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES NE LEUR PERMET PAS UN VÉRITABLE USAGE POLYVALENT**

# UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)

## LA VOITURE ÉLECTRIQUE, DES PROBLÈMES À RÉSOUDRE :

- **Autonomie** **en voie d'amélioration**
  - batteries Lithium-ion : 220 wh/kg → 350 wh/kg vers 2020 ... 2022
  - batteries à électrodes liquides (MIT) vers 2020 ... 2022
  - hypercondensateurs : 500 wh/kg vers 2020 ... 2025
- **Durée de charge** **nette amélioration possible, mais ...**
  - les hypercondensateurs pourraient théoriquement réduire la durée de charge à quelques minutes seulement, mais ... impact sur le réseau !!!
- **Coût direct** **évolution très indécise**
  - le coût du véhicule et du dispositif de stockage doit diminuer drastiquement avec la fabrication en série. L'entretien d'un moteur électrique est négligeable.
  - le prix de l' 'électricité-transport' sera grevé de taxes comme les combustibles destinés au transport actuellement
- **Coûts induits** **très élevés**
  - établissement d'un réseau très important de bornes de charge (parkings avec boucle d'induction)
  - investissements nécessaires en production électrique (renouvelable collectif, fusion nucléaire, photovoltaïque et stockage individuel...)
  - investissements colossaux à prévoir pour les réseaux de distribution

# UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)

## ÉVOLUTION VRAISEMBLABLE A COURT ET MOYEN TERME:

LE VEHICULE ' *mild hybrid* ' **POUR USAGE MULTIPLE**

**moteur essence HCCI + alterno – démarreur + batterie 48V, 2 à 3 kWh**

- récupération d'énergie au freinage → batterie
- batterie → alterno-démarreur pour appoint électrique en accélération et à basse vitesse
- batterie → éclairage et dispositifs électriques du véhicule

## AVANTAGES

- technologie au point (Valeo, Delphi)
- surcoût très faible
- diminution drastique des émissions Nox, CO<sup>2</sup> et fines particules en ville
- autonomie conservée, pas de problème réseau électrique

## UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)

ÉVOLUTION VRAISEMBLABLE A COURT ET MOYEN TERME:

LE VÉHICULE HYBRIDE RECHARGEABLE **POUR USAGE MIXTE AVEC PROPORTION CITADINE** (OU SUBURBAINE) **IMPORTANTE**  
moteur essence HCCI + moteur électrique + batterie 10 à 12 kWh

LE VÉHICULE DE SERVICE TOUT ELECTRIQUE **POUR USAGE EXCLUSIVEMENT CITADIN**  
moteur électrique + batterie 10 à 15 kWh

## **UTILISATION RATIONNELLE DE L'ÉNERGIE (URE)**

**ÉVOLUTION POSSIBLE A LONG TERME:**

**LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE DEVRAIT ÊTRE PLUS QUE SUFFISANTE : renouvelables et fusion nucléaire (?)**

**LE STOCKAGE D'ÉNERGIE POURRAIT SE FAIRE AU LONG DE LA JOURNÉE SUR UN VOLANT D'INERTIE MONTÉ SUR PALIERS MAGNÉTIQUES ET POUVANT ATTEINDRE UNE VITESSE DE ROTATION DE 100.000 T/min**

**LE VÉHICULE SERAIT ÉQUIPÉ D'UN TEL DISPOSITIF SUR LEQUEL ON PUISERAIT L'ÉNERGIE CINÉTIQUE POUR LE MOUVOIR**

**IL Y AURAIT 2 DISPOSITIFS (1 sur le véhicule et 1 en phase stockage) INTERCHANGEABLES EN « *QUICK CHANGE* »**

## **UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)**

**ÉVOLUTION POSSIBLE A LONG TERME:**

**LES AVANTAGES SONT évidents :**

**DISPOSITIF DE STOCKAGE à volant d'inertie beaucoup plus léger  
( → 100.000 t/min) et beaucoup moins lourd que des batteries**

**DIMINUTION DU COÛT ET DU POIDS DU VÉHICULE**

**PAS DE POLLUTION POUR LA PRODUCTION ET LE RECYCLAGE DES  
BATTERIES**

**AUTONOMIE POSSIBLE DE 200 kms → 500 kms AVEC BATTERIE  
D'APPOINT**

**CHARGE BEAUCOUP MIEUX RÉPARTIE POUR LES RÉSEAUX DE  
DISTRIBUTION ET UTILISATION OPTIMALE DE L'ÉNERGIE  
DOMESTIQUE PHOTOVOLTAÏQUE**

# UTILISATION RATIONNELLE DE L'ÉNERGIE (URE)

## AUTRES SOLUTIONS POSSIBLES:

### LE CNG

- EN REMPLACEMENT PARTIEL OU TOTAL DU FUEL
- DIMINUTION DES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub>, PAS DE FINES PARTICULES
- DURÉE DU REMPLISSAGE ASSEZ LONGUE (compresseur)
- SOLUTION INTÉRESSANTE POUR LE TRANSPORT ROUTIER

### L'HYDROGÈNE

- PRODUCTION D'HYDROGÈNE PAR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN PÉRIODE D'EXCÈS DE PRODUCTION  
→ FUSION NUCLÉAIRE
- PILE À COMBUSTIBLE → MOTEUR ÉLECTRIQUE + VAPEUR D'EAU

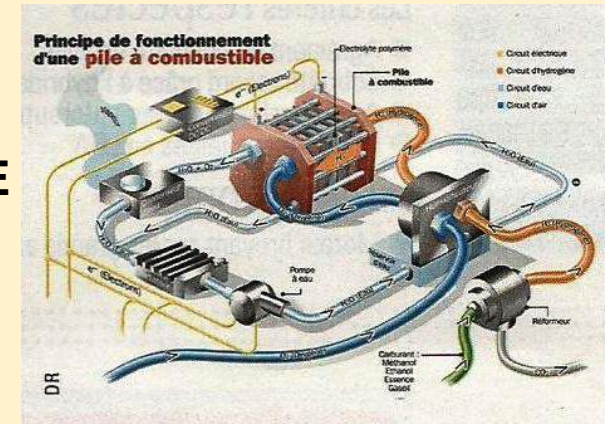


# UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)

LA PILE A COMBUSTIBLE UNE SOLUTION INTÉRESSANTE

## AVANTAGES

- **POIDS ÉQUIVALENT À UNE VOITURE ÉLECTRIQUE**
- **PRIX INFÉRIEUR (10 à 20%)**
- **AUTONOMIE SUPÉRIEURE (+30%)**
- **CHARGE PLUS RAPIDE QUE POUR DES BATTERIES (10 à 15 minutes)**
- **PAS D'INVESTISSEMENT LOURD POUR LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES, SIMPLE RECONVERSION DU RESEAU DE POMPES FUEL**
- **PAS DE RECYCLAGE DE BATTERIES**
- **COMBUSTIBLE DISPONIBLE DE MANIERE ILLIMITÉE (SI FUSION NUCLÉAIRE POUR PRODUIRE L'HYDROGÈNE)**



# **UTILISATION RATIONNELLE DE L'ENERGIE (URE)**

## **LA PILE A COMBUSTIBLE UNE SOLUTION INTERESSANTE**

### **PROBLEMES À RESOUDRE**

- **LE COMBUSTIBLE N'EXISTE QUE COMBINÉ À L'ÉTAT NATUREL PAS. IL FAUT EXTRAIRE L'HYDROGÈNE DE CES COMBINAISONS**
- **MISE SUR PIED D'UN RÉSEAU DE STATIONS-SERVICE HYDROGÈNE POUR L'ALIMENTATION DES VÉHICULES (CONVERSION DU RÉSEAU FUEL EXISTANT)**
- **PRODUCTION IMPORTANTE DE VAPEUR D'EAU (GES), MAIS PAS DE CO<sup>2</sup> NI DE NO<sub>x</sub>, NI DE FINES PARTICULES**
- **FIABILITÉ ET DURÉE DE VIE À VÉRIFIER**
- **COÛT ÉLEVÉ DE LA PILE À COMBUSTIBLE**
- **RISQUE D'EXPLOSION → MESURES DE SECURITE**

## QUELQUES PISTES DE RÉFLECTION

METTRE FIN AU GASPILLAGE (SOUVENT LIÉ AU SNOBISME)

*Quelques exemples :*

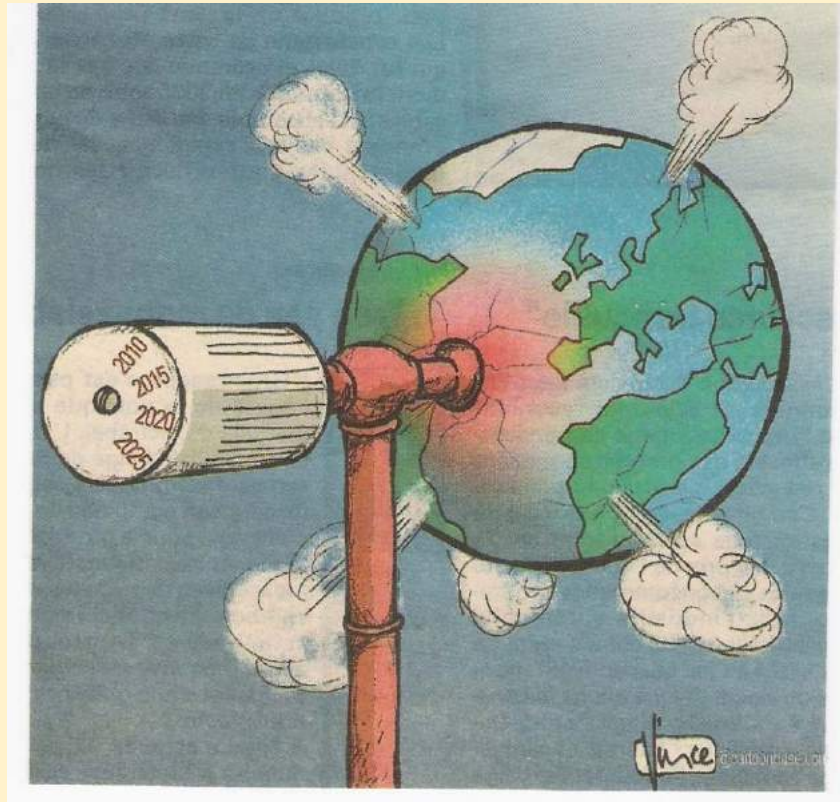
- **POLITIQUE D'ALLOCATION FAMILIALE** (à revoir )
- **FISCALITÉ DE L'IMMOBILIER LIÉE AU PEB**
- **MODE** (féminine → masculine → enfantine)
- **TÉLÉTRAVAIL**, c'est pour quand ?
- **SÈCHE MAINS ÉLECTRIQUE** (11x plus énergivore que le distributeur papier)
- **PERCOLATEUR à CAPSULES** (30% plus énergivore, déchets illimités ...)
- **CITY TRIP AVION POUR LE WEEK-END** ( taxation ?)
- **LE SUV** (consommation 15% supérieure à un break correspondant)
- **LA COURSE AU DERNIER UPDATE D'UN PRODUIT** (voiture, smartphone ...)
- **LA RECHERCHE DE L'ALIMENTATION EXOTIQUE**
- **L'OBSESSION DU 'TOO MUCH'** (maison, voiture, équipements ...)

.....

*LES ÉTUDES D'ÉCONOMISTE DEVRAIENT  
COMMENCER PAR UN COURS DE THERMODYNAMIQUE  
CAR L'EFFICACITÉ DANS L'USAGE DES RESSOURCES EST  
AUSSI IMPORTANTE QUE LE COUPLE CAPITAL-TRAVAIL  
POUR PRODUIRE LA RICHESSE*

*Jeremy Rifkin*

NOUS NE SOMMES QUE LOCATAIRES D'UNE PLANÈTE QUI APPARTIEN ÀUX GÉNÉRATIONS FUTURES.



RIEN N'INTERDIT QUE NOUS PUISSIONS DISPARAÎTRE EN TANT QU'ESPÈCE ALORS QU'À TITRE INDIVIDUEL, NOUS N'AVONS JAMAIS VÉCU AUSSI LONGTEMPS EN BONNE SANTÉ

*Paul JORION,  
sociologue et anthropologue*

IL EST TROP TARD

POUR ETRE PESSIMISTE

IL EST TROP TÔT

POUR DESESPÉRER

IL EST PLUS QUE TEMPS

POUR AGIR

*on ne peut vivre perpétuellement dans le déni conscient d'une  
évidence sans risque de lendemains très douloureux*