



INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences

Energie : Défis et Innovations

Didier Roux
Académie des Sciences
Académie des Technologies



QUELLE ENERGIE UTILISONS-NOUS ?

RENOUVELABLE



- BIOMASSE
Si bien géré!



- VENT



- HYDRAULIQUE



- SOLAIRE



- DECHETS

NON-RENOUVELABLE



- FOSSILE
Charbon, Pétrole, Gaz

- NUCLEAIRE

LE SOLEIL EST A L'ORIGINE DE TOUTES (SAUF LE NUCLEAIRE)

RENOUVELABLE



- BIOMASSE
 - Photosynthèses des plantes
 - C'est la source d'énergie des espèces animales
 - Mais aussi utilisable comme un carburant



- EOLIEN
 - Le vent à la surface de la terre provient principalement des différences de température



- HYDRAULIQUE
 - L'eau s'évapore puis retombe en hauteur pour s'écouler conduisant à un travail mécanique



- DECHETS

NON-RENOUVELABLE



- FOSSILE
 - Charbon, Pétrole, Gaz



- Les carbohydrates provenant des plantes sont réduits dans le sol en hydrocarbures ou en carbones.

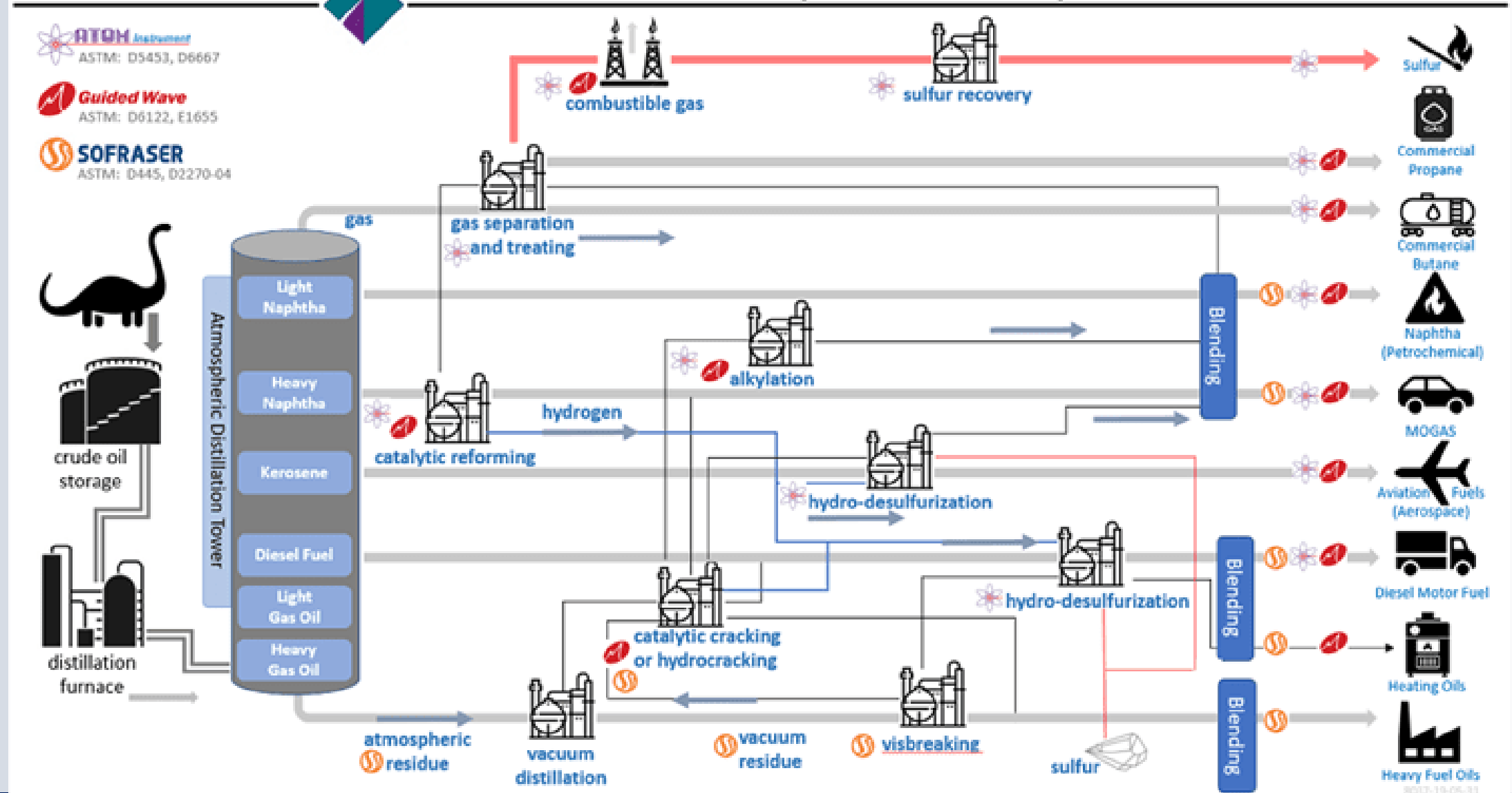


- Procédé biochimique et chimique mettant en œuvre la température et la pression

L'ÉNERGIE N'EST PAS PRODUITE PAR L'HOMME MAIS EXTRAITE ET TRANSFORMÉE!

LES SOURCES D'ÉNERGIE SONT TOUTES ACCESSIBLES ET GRATUITES

Advanced Process Analyzers for Refinery Measurements



LE COÛT : C'EST LA RENTE ET SA MISE À DISPOSITION

LE COÛT DE LA RENTE

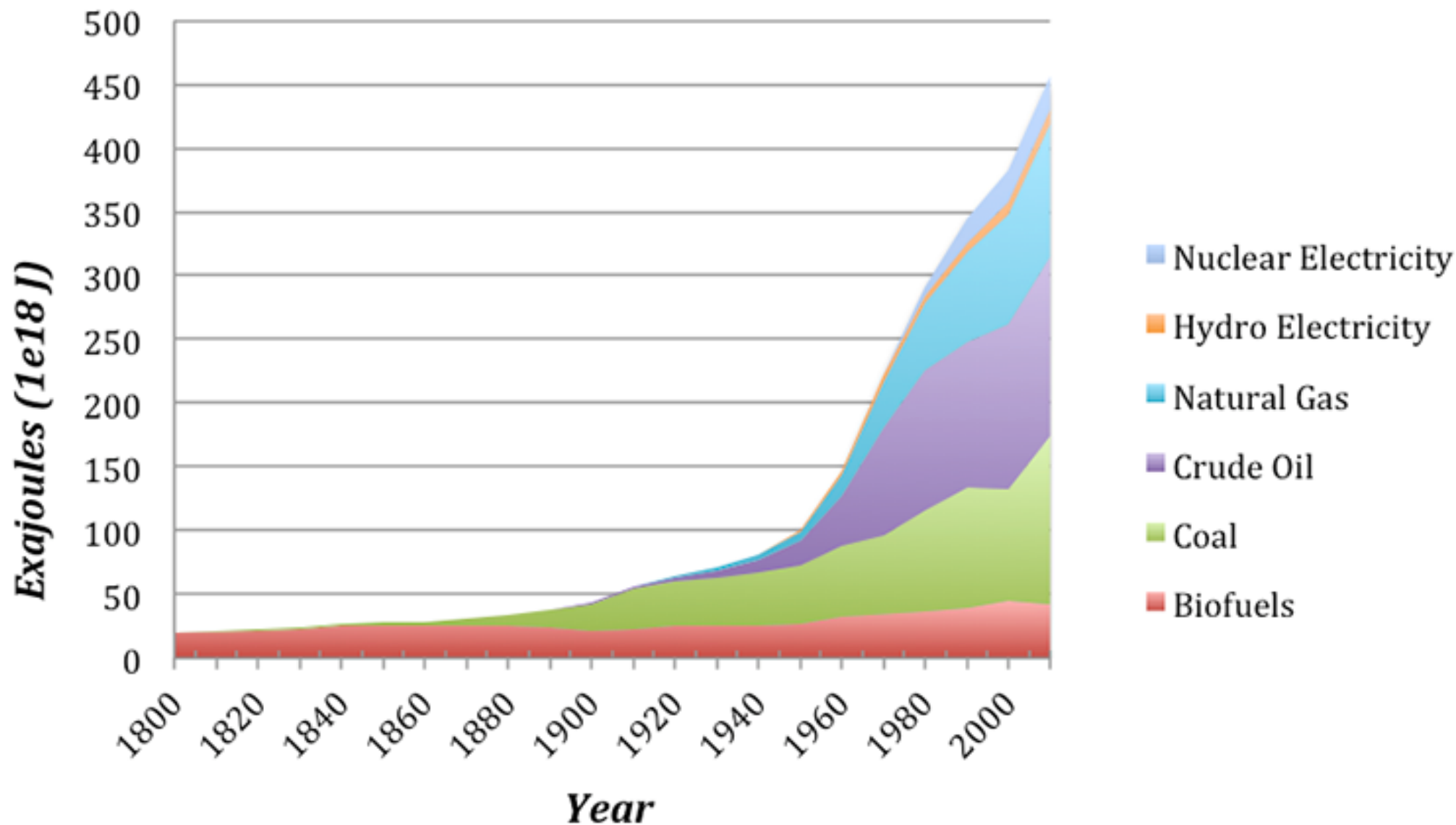
- BIOMASSE
 - Sol
- EOLIEN
 - Sol
- SOLAIRE
 - Sol
- HYDRAULIQUE
 - Sol
- PETROLE
 - Taxes
- NUCLEAIRE
 - Technologie

LE COÛT DE SA MISE EN OEUVRE

- BIOMASSE
 - Cultiver les plantes
- EOLINE
 - Investissement
- SOLAIRE
 - Investissement
- HYDRAULIQUE
 - Investissement
- PETROLE
 - Extraction et raffinage
- NUCLEAIRE
 - Investissement
 - Minerai

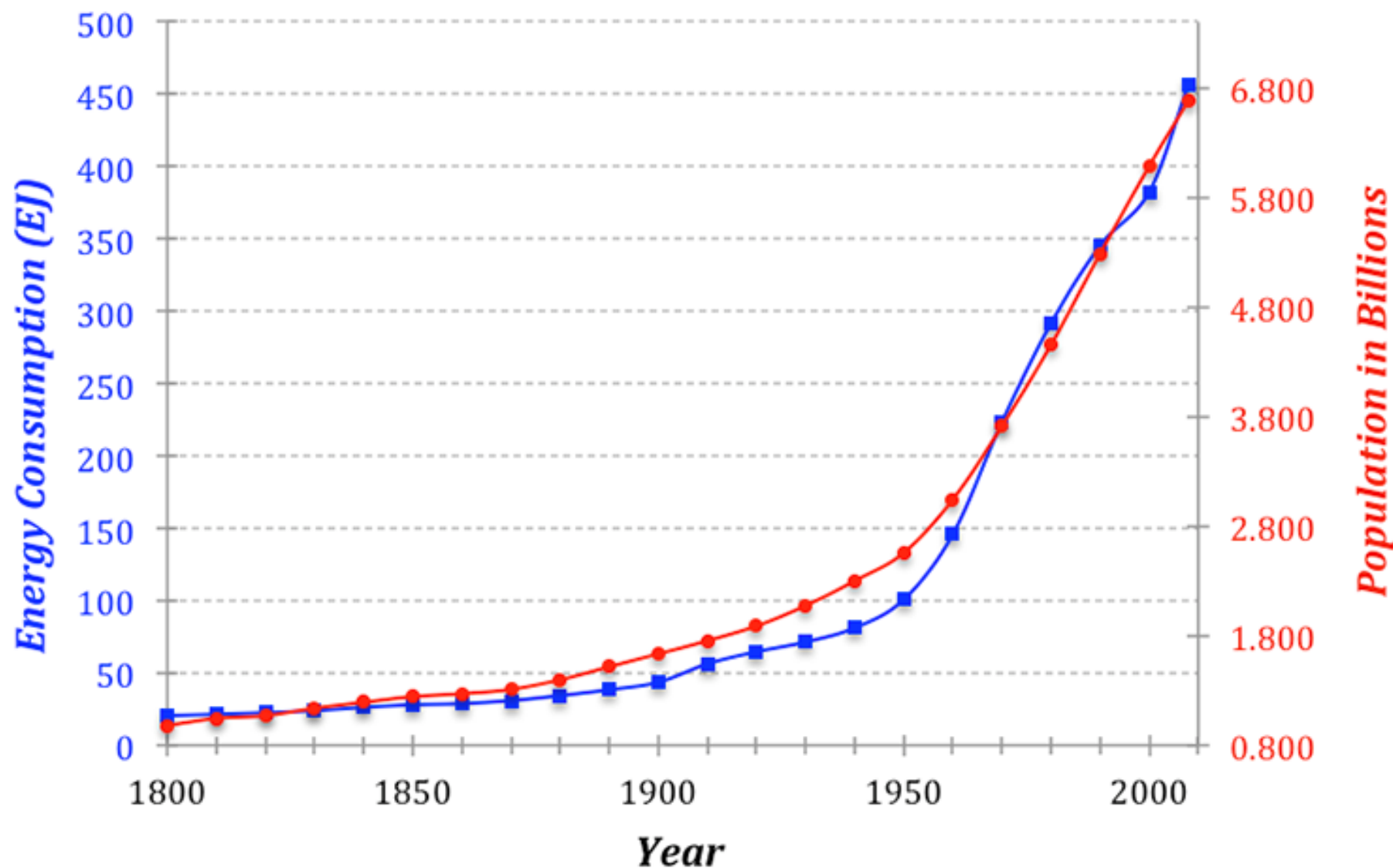
CONSOMMATION MONDIALE D'ENERGIE

History of Global Energy Consumption



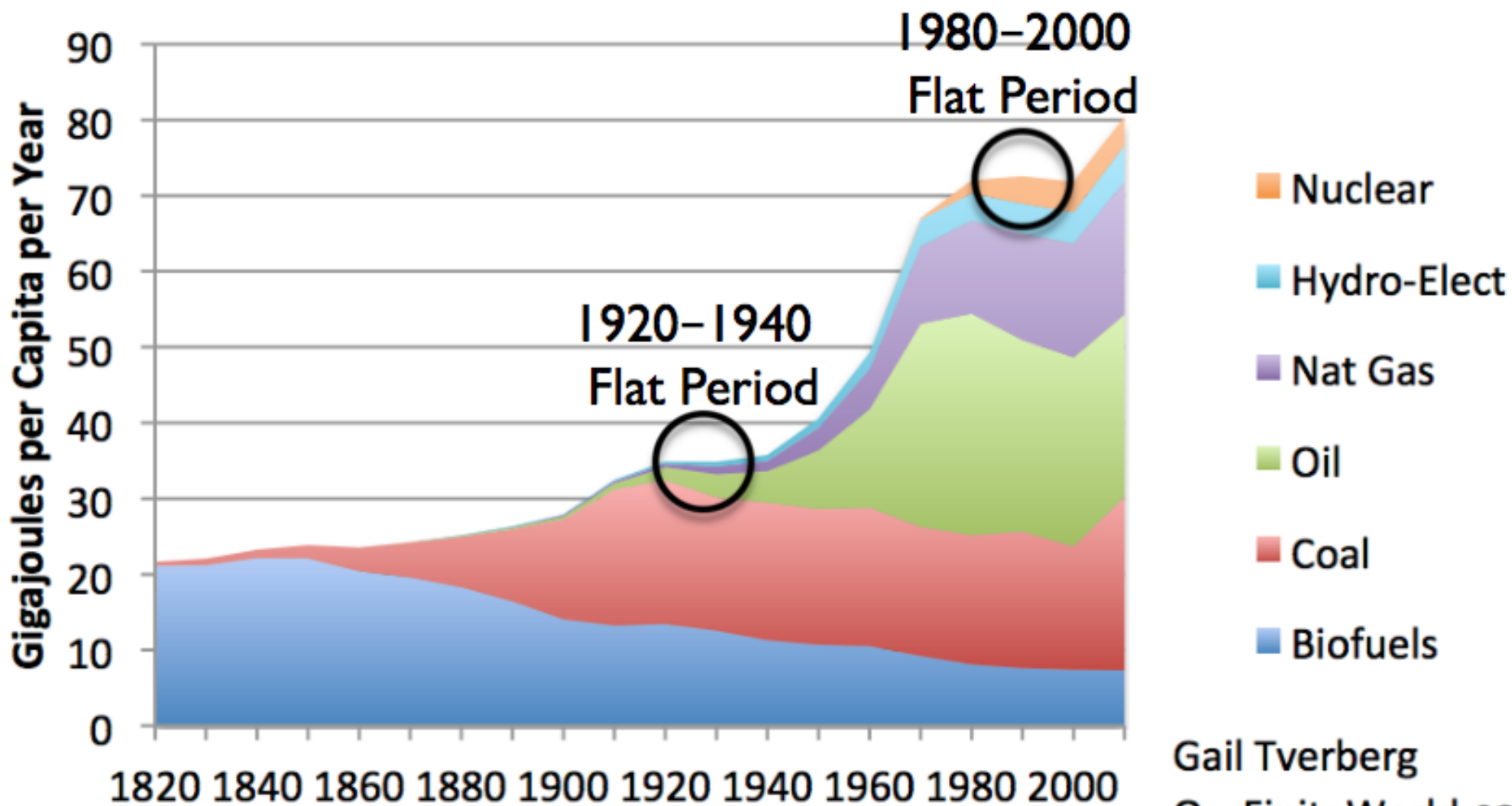
CONSOMMATION MONDIALE D'ÉNERGIE: AU PREMIER ORDRE

Energy Consumption and Population



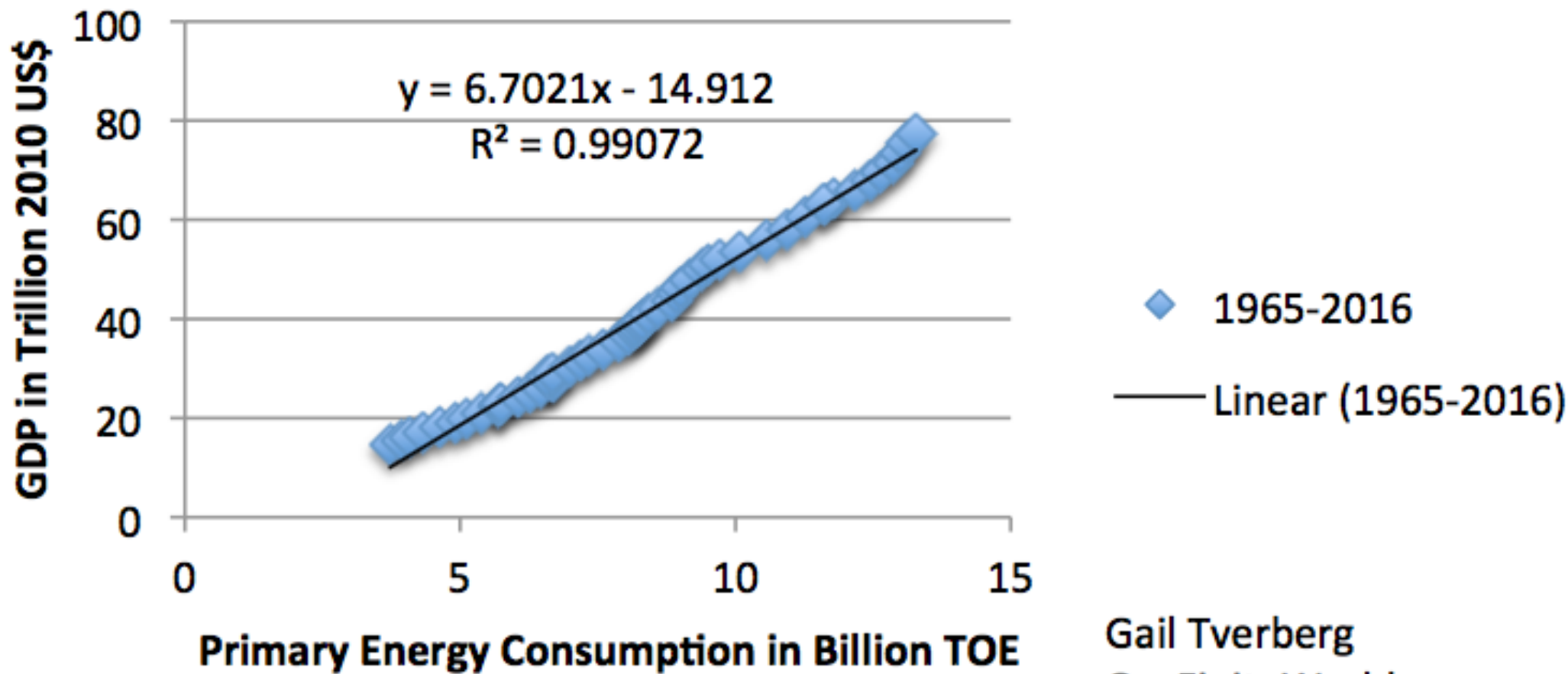
CONSOMMATION MONDIALE D'ÉNERGIE: 2^{ième} ORDRE

World per Capita Energy Consumption



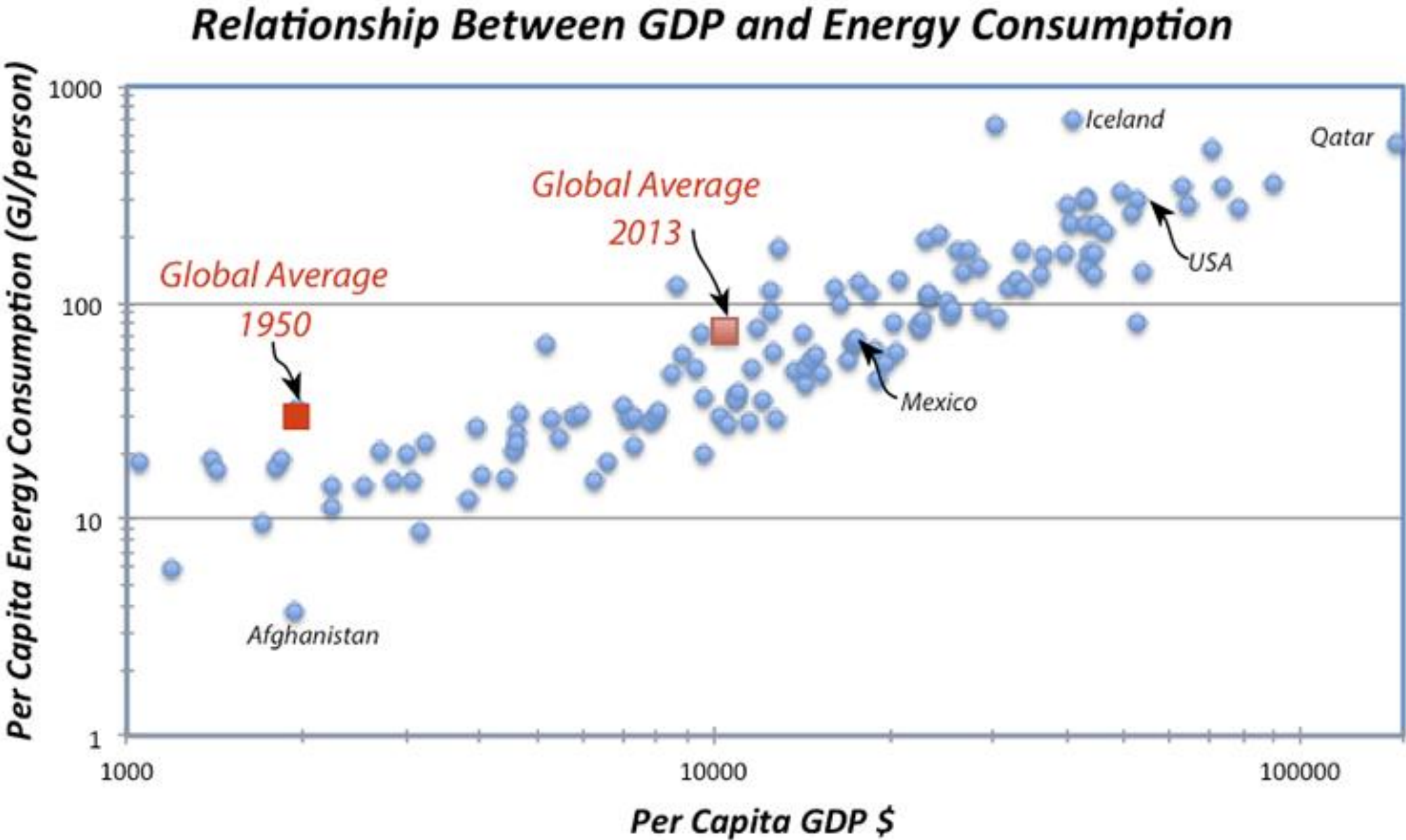
ENERGIE ET PIB

Energy Consumption vs. World GDP in 2010\$ 1965 to 2016



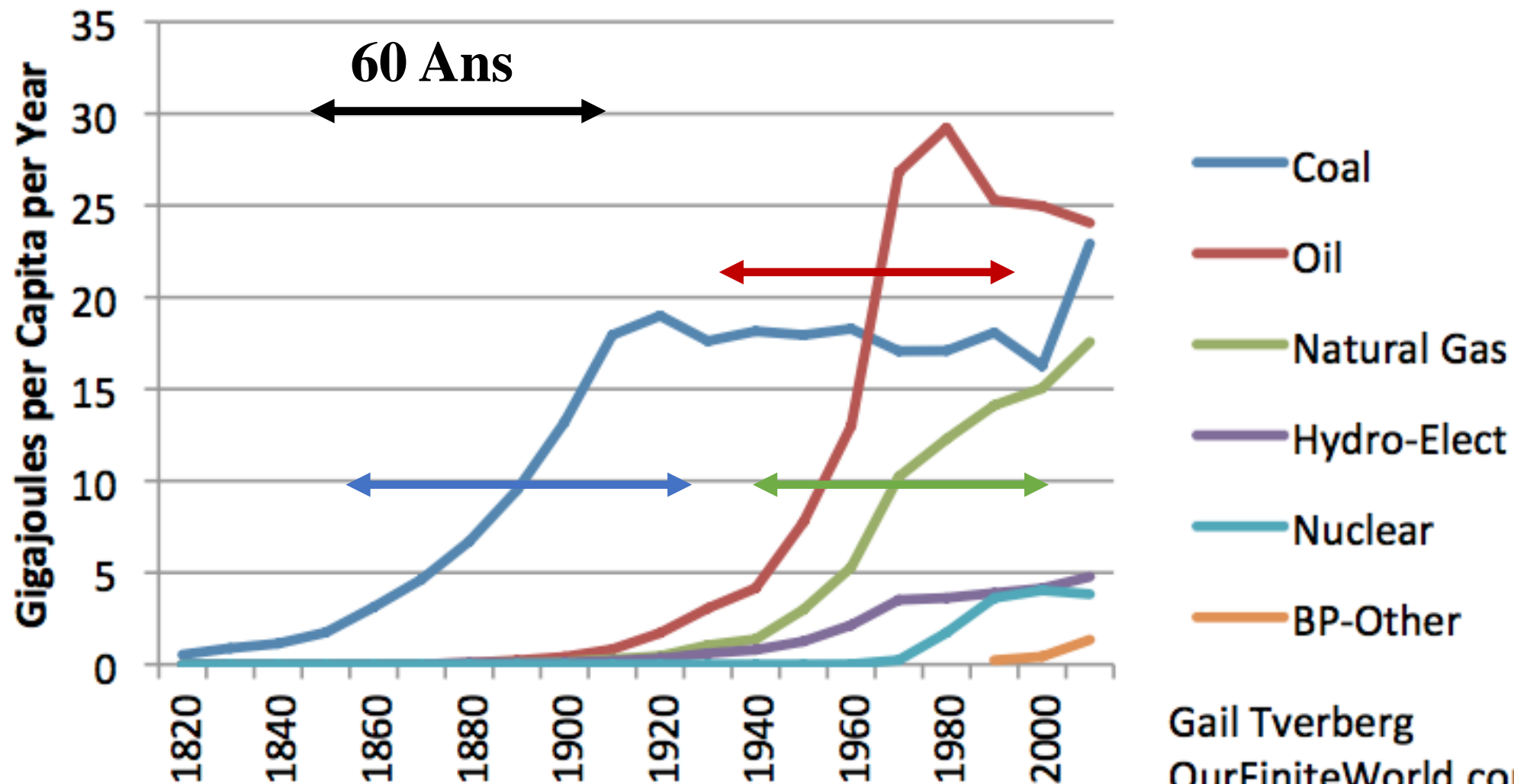
Gail Tverberg
OurFiniteWorld.com

CONSOMMATION MONDIALE D'ENERGIE: DE FORTES DIFFERENCES



UTILISATION SUCCESSIVE DES ENERGIES FOSSILES

Per Capita Consumption of Various Fuels

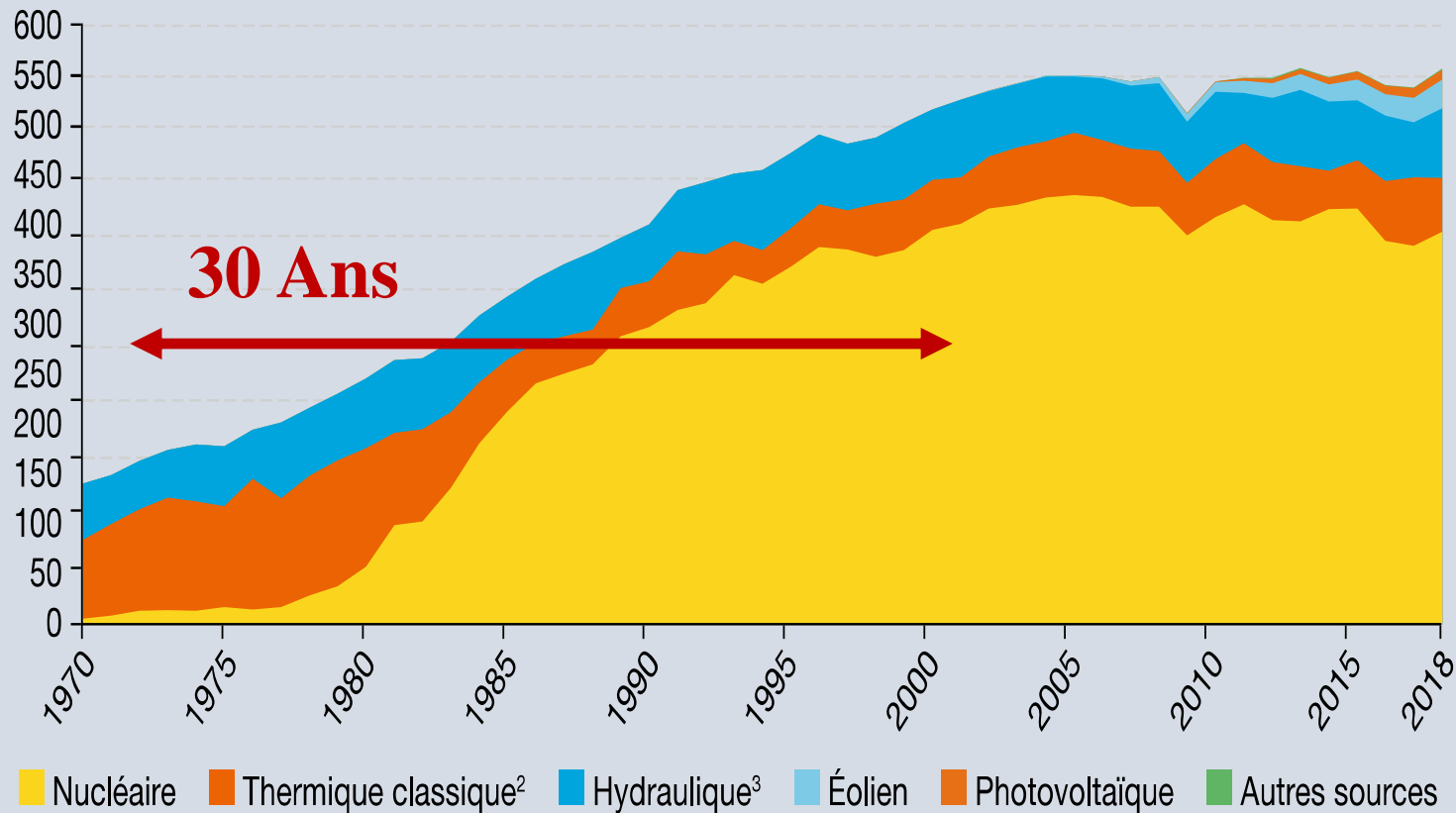


TEMPS CARACTÉRISTIQUE : PRODUCTION FRANÇAISE

PRODUCTION NETTE D'ÉLECTRICITÉ

TOTAL : 557 TWh en 2018

En TWh¹



ENERGIE PRIMAIRE / ENERGIE FINALE

ENERGIE PRIMAIRE

ENERGIE FINALE

- **ENERGIE PRIMAIRE = ENERGIE FINALE X PEF**

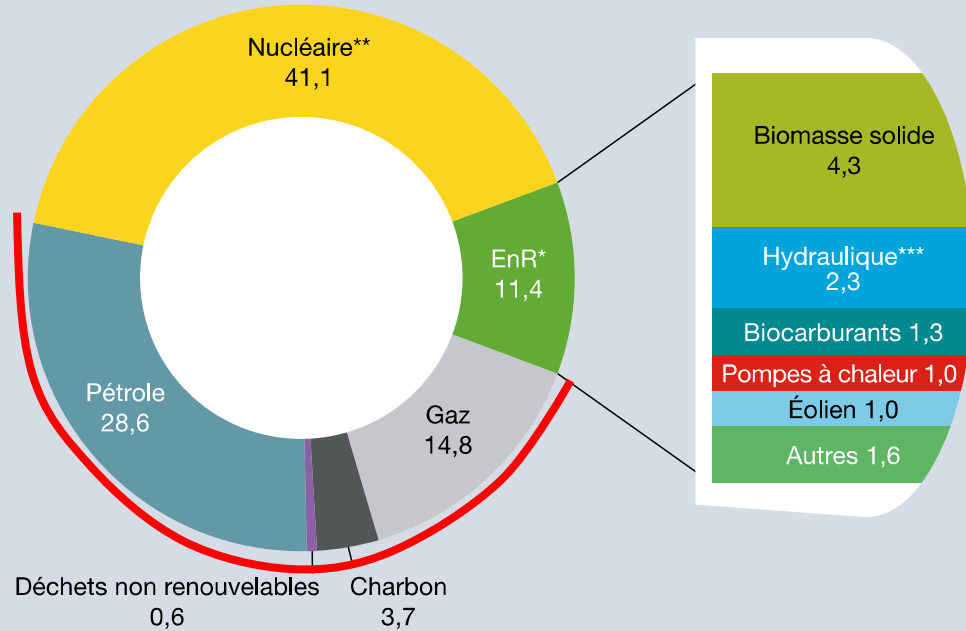
PEF = Primary Energy Factor

COEFFICIENT DE CONVERSION :

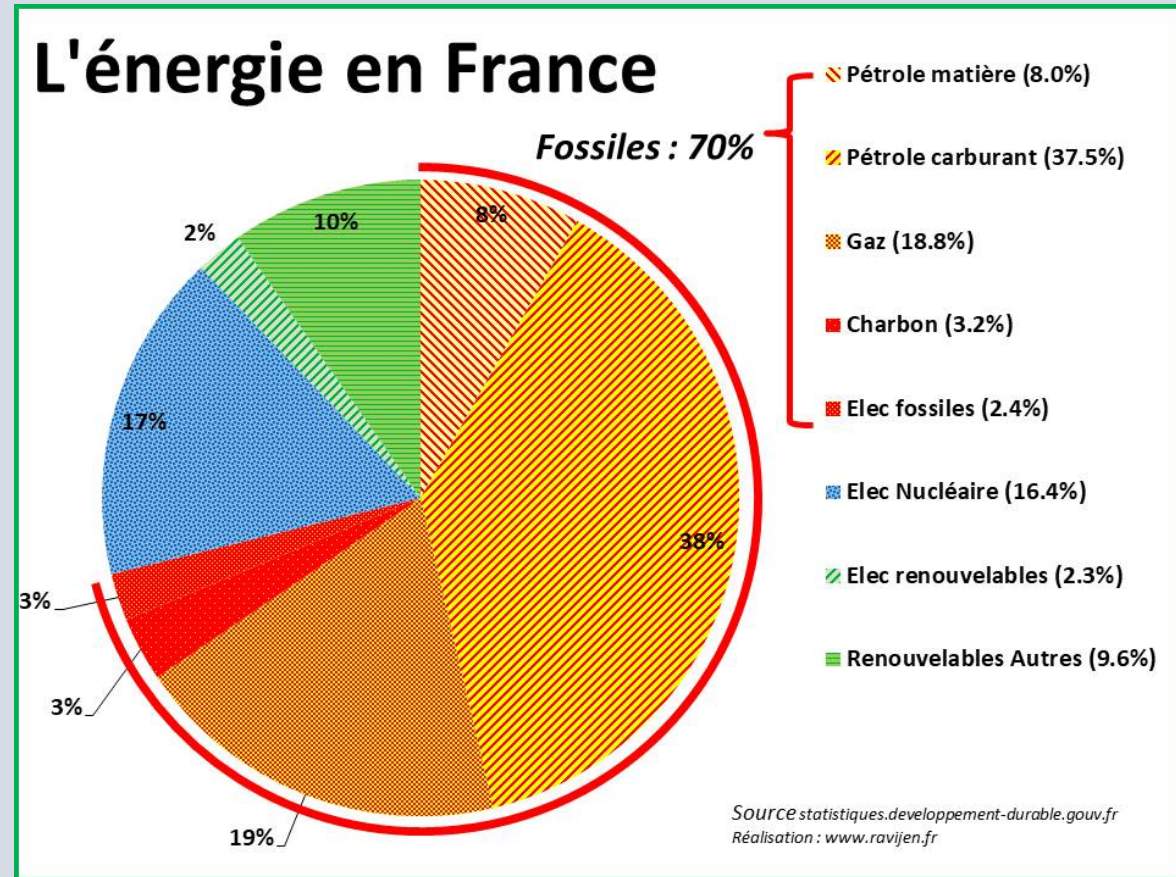
- **ELECTRIQUE : FRANCE 2,58 (2,92 Angleterre, 2 Suède)**

ENERGIE PRIMAIRE / ENERGIE FINALE

ENERGIE PRIMAIRE

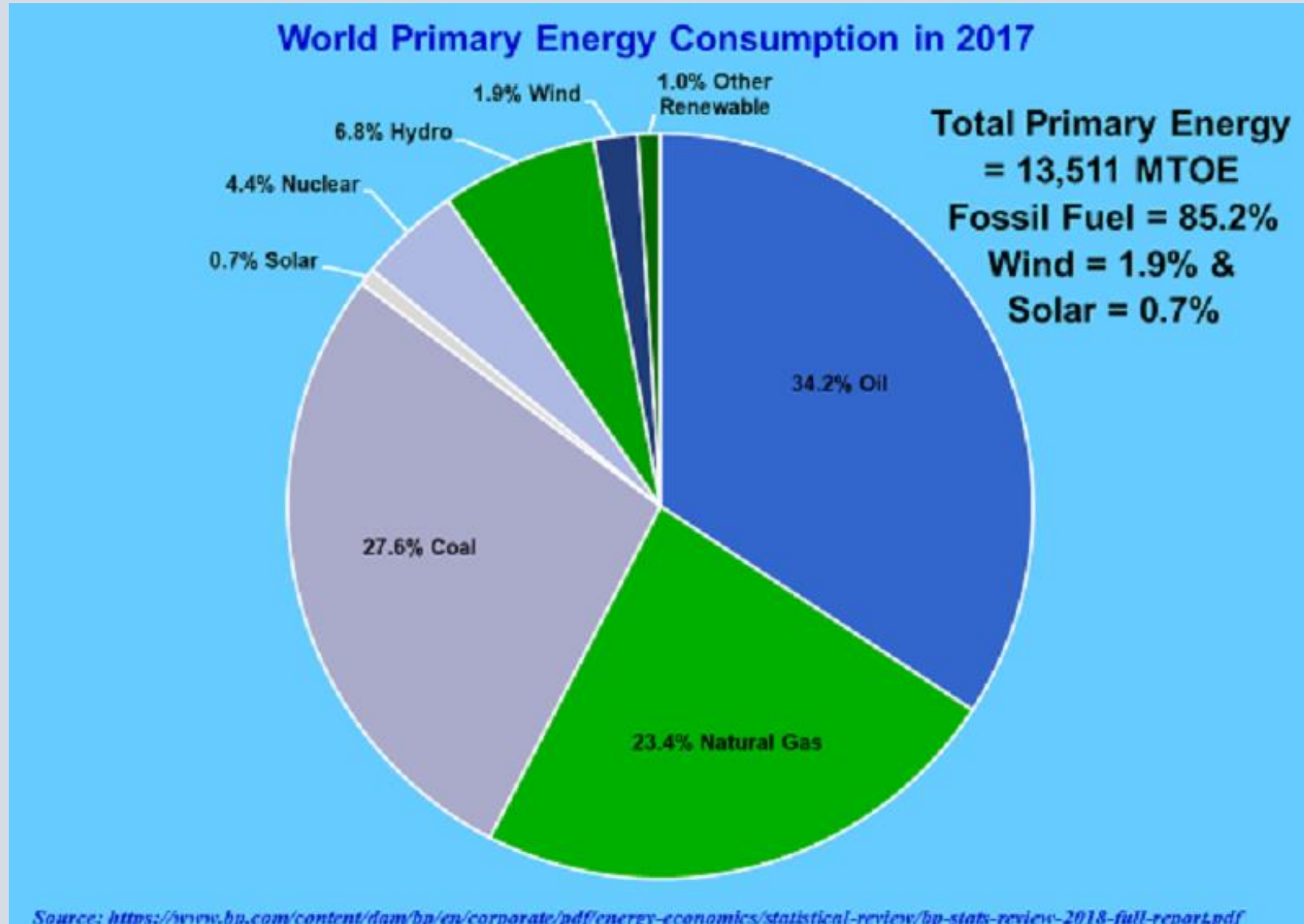


ENERGIE FINALE



QU'APPRENONS NOUS DE CES COURBES ?

LES ENERGIES FOSSILES DOMINENT / LES RENOUVELABLES RESTENT FAIBLES



QU'APPRENONS NOUS DE CES COURBES ?

LE TEMPS CARACTERISTIQUE D'EVOLUTION D'UN SYSTEME ENERGETIQUE

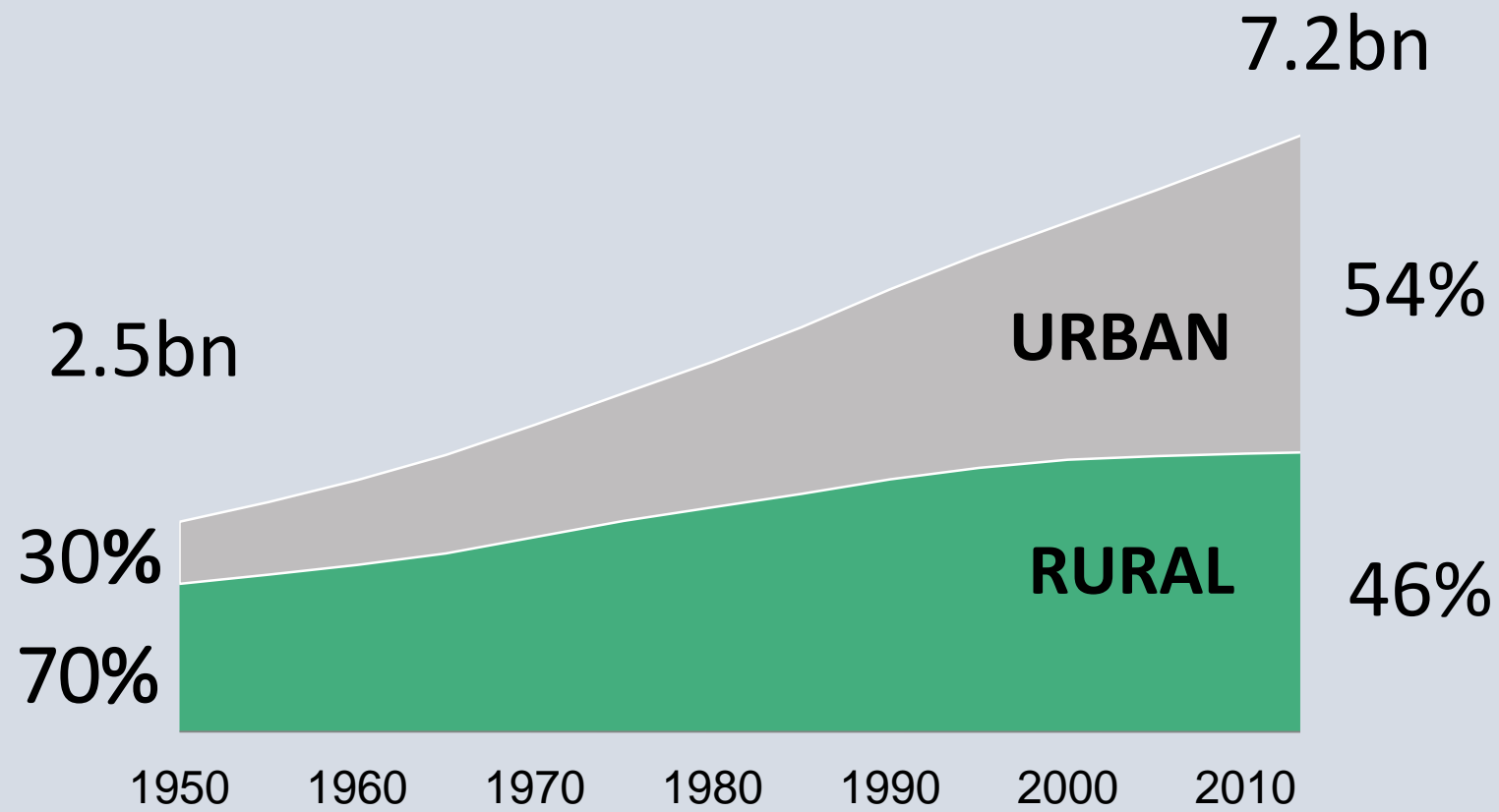
Temps caractéristique : 30-50 ans

- Décroissement de l'utilisation de la biomasse : 120 ans
- Accroissement de l'utilisation du gaz : 50 ans
- Mise en place d'une énergie nucléaire : 40 ans
- Construction de barrages hydroélectriques (France) : 30 ans

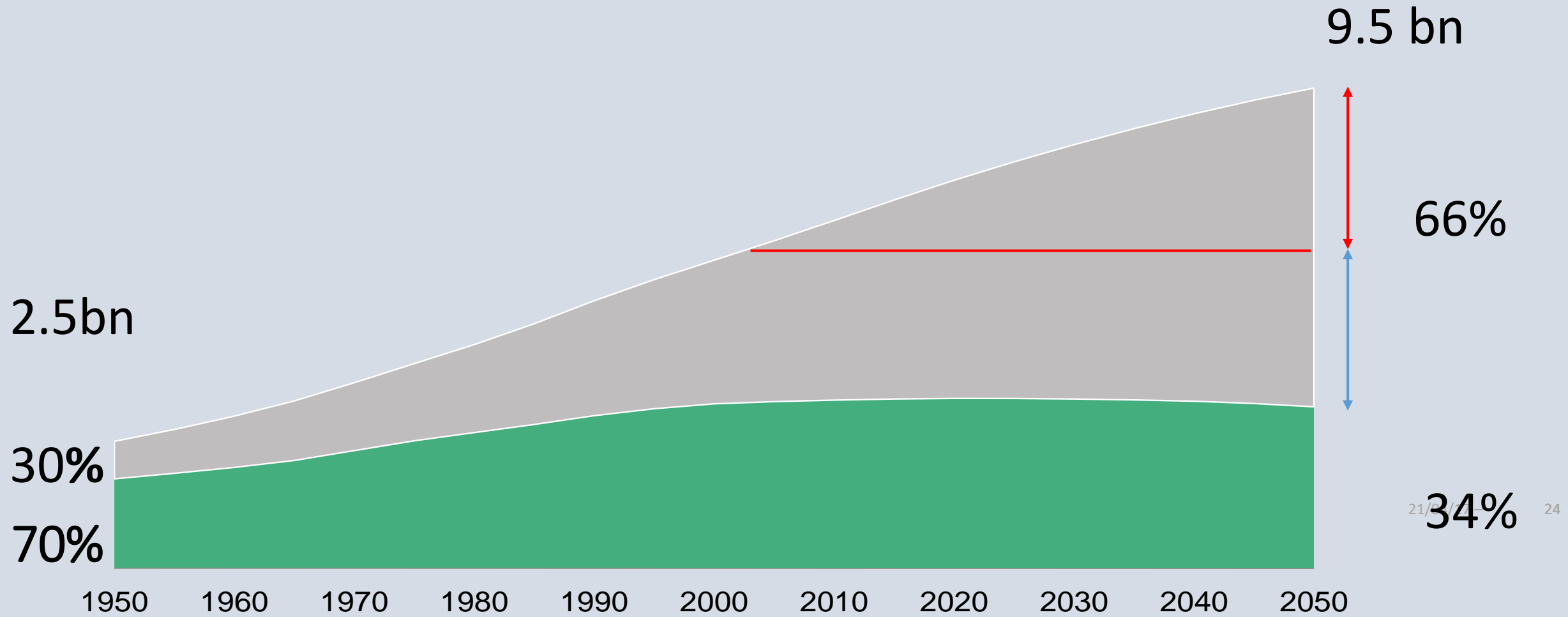
Qu'en est-il des renouvelables ?

LES ECONOMIES D'ENERGIES : EXEMPLE DU BATIMENT

POPULATION MONDIALE : ACTUEL

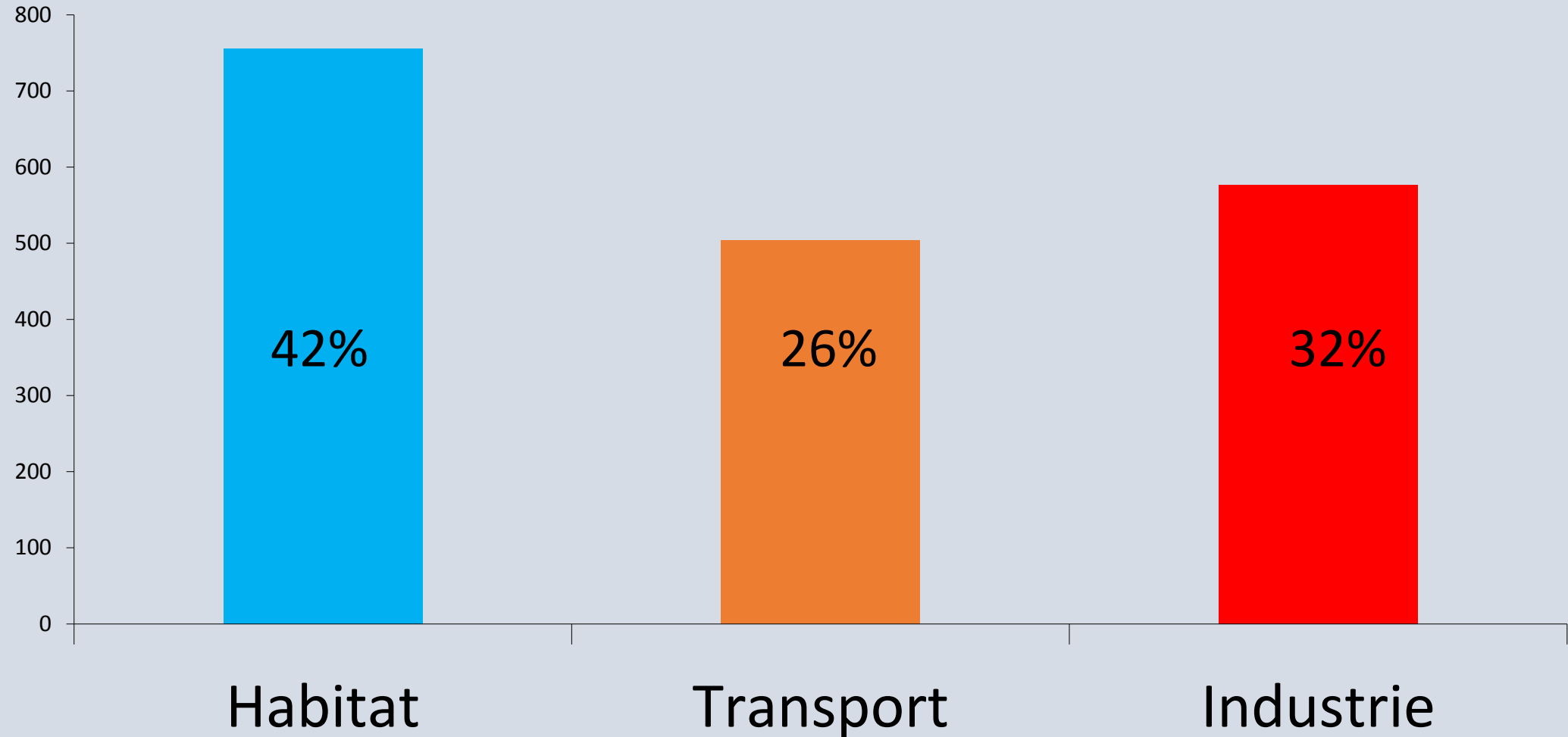


POPULATION MONDIALE : PROJECTION



BATIMENTS : PREMIER POSTE ENERGIVORE D'EUROPE

MPet

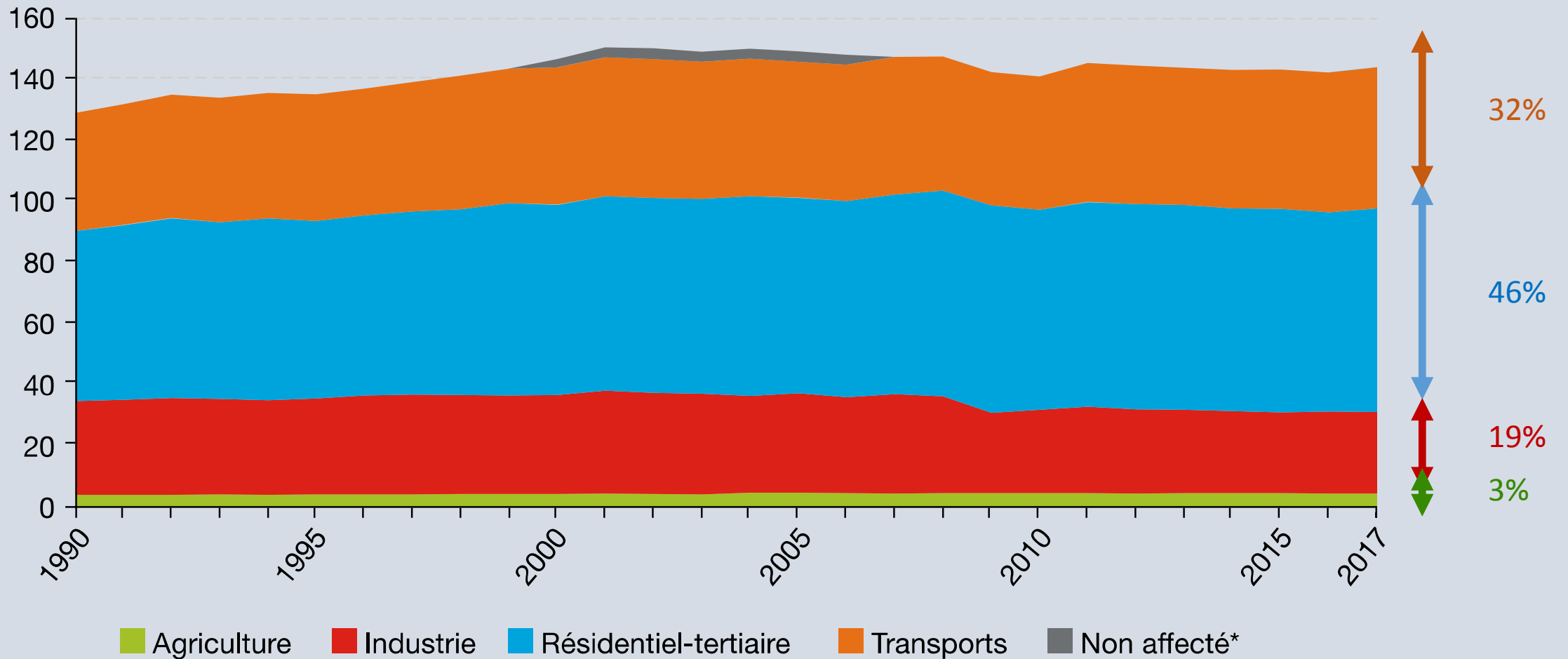


BATIMENTS : PREMIER POSTE ENERGIVORE EN FRANCE

CONSOMMATION FINALE ÉNERGÉTIQUE PAR SECTEUR

TOTAL : 144 Mtep en 2018

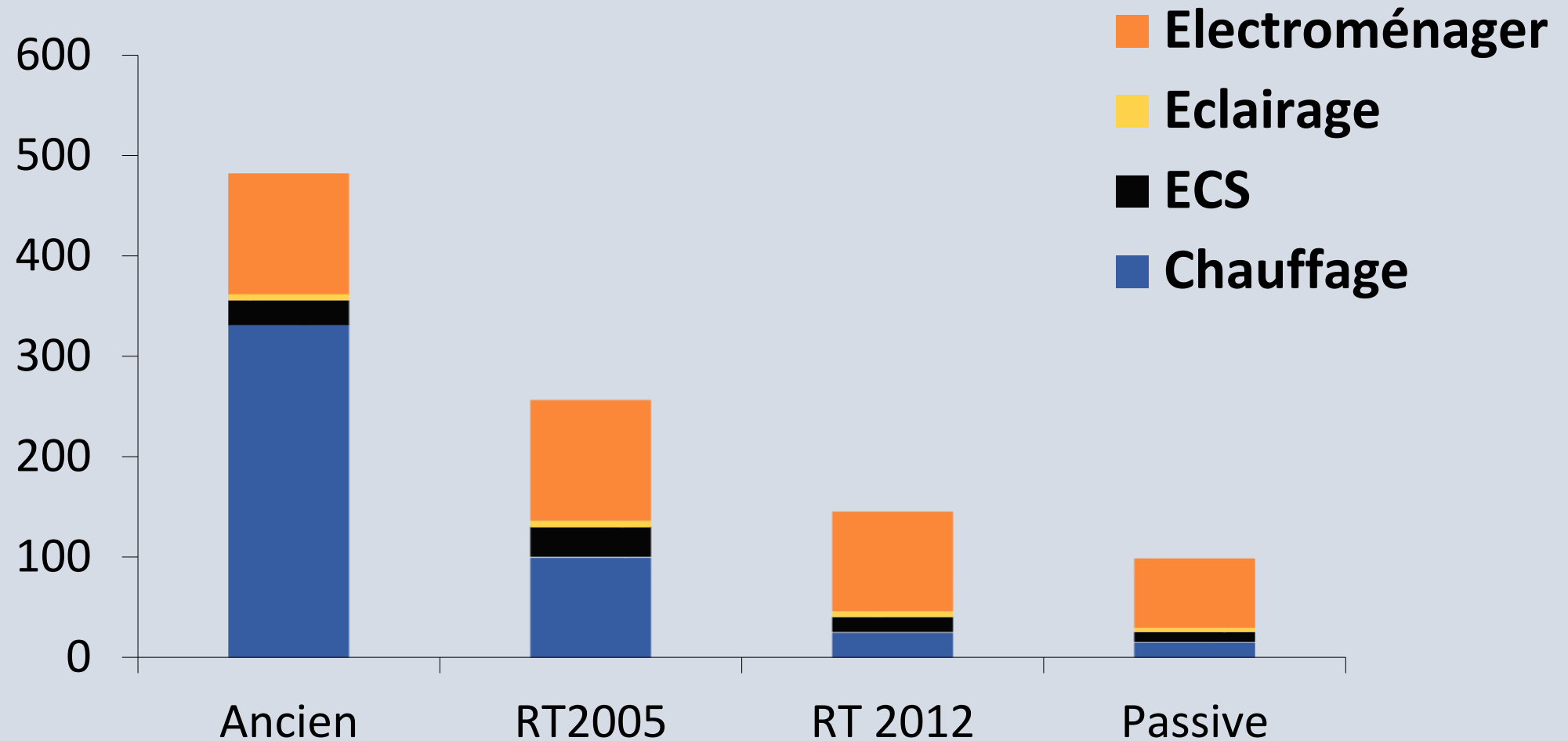
En Mtep (données corrigées des variations climatiques)



BATIMENTS NEUFS : DES PROGRES CERTAINS

LES BATIMENTS ANCIENS SONT LES PUS ENERGIVORES

kWhpe/m²/year



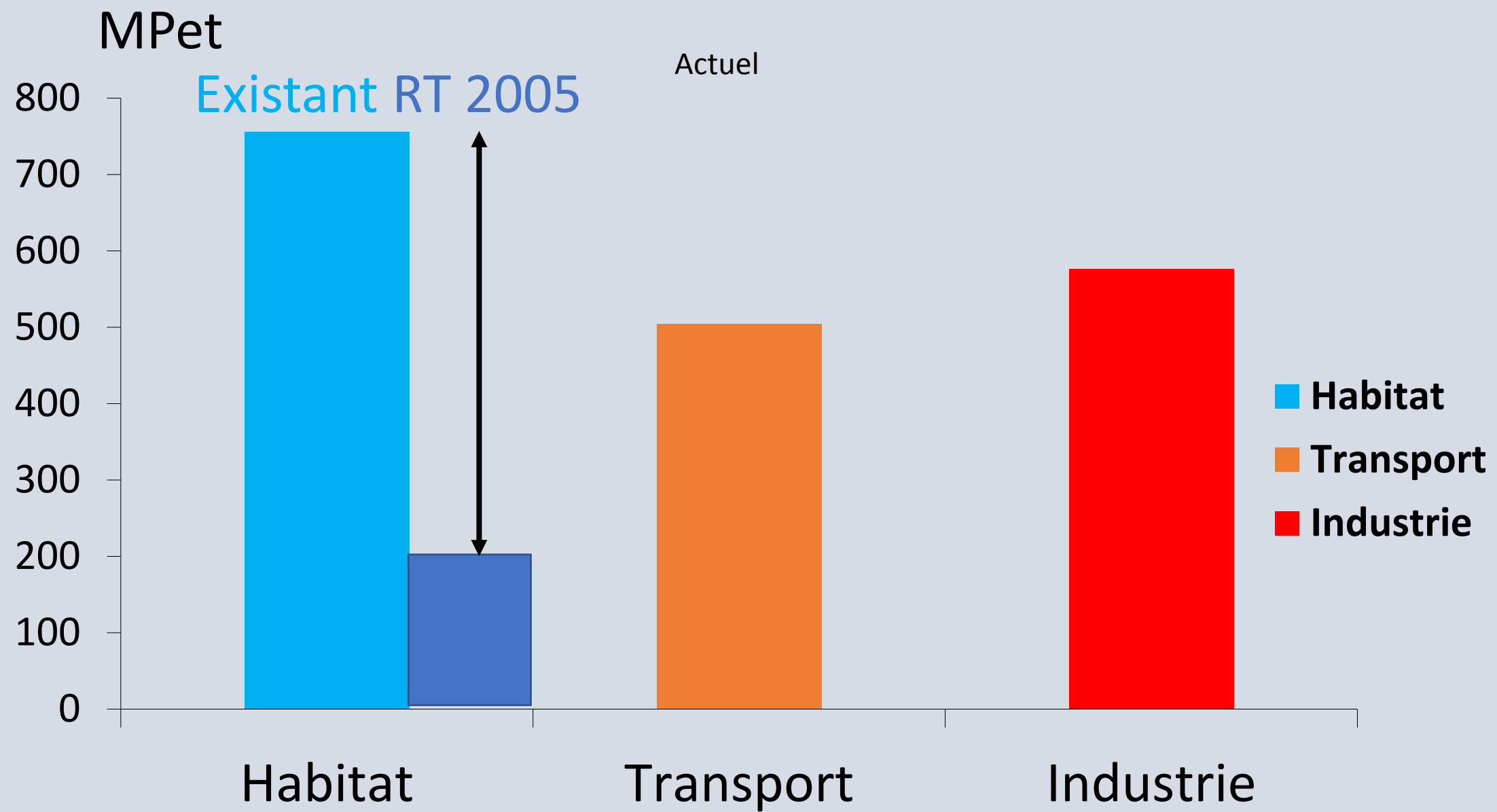
BATIMENTS ANCIENS : LES PLUS NOMBREUX

Le diagnostic de performance énergétique

Consommation énergétique En kWh/m ² par an	Performance du logement	% des logements diagnostiqués dans la catégorie	Exemple de consommation (logement de 75 m ²)
Moins de 50	A	1%	20 €/mois
51 à 90	B	3,1%	50 €/mois
91 à 150	C	14,2%	90 €/mois
151 à 230	D	27,5%	150 €/mois
231 à 330	E	28,9%	220 €/mois
331 à 450	F	14,1%	300 €/mois
plus de 450	G	11,2%	400 €/mois

C-G
96 %

LE BATIMENT LA PRINCIPALE RESSOURCE D'ECONOMIE D'ENERGIE



BATIMENT : INNOVATIONS

ISOLER : MATERIAUX TRADITIONNELLS



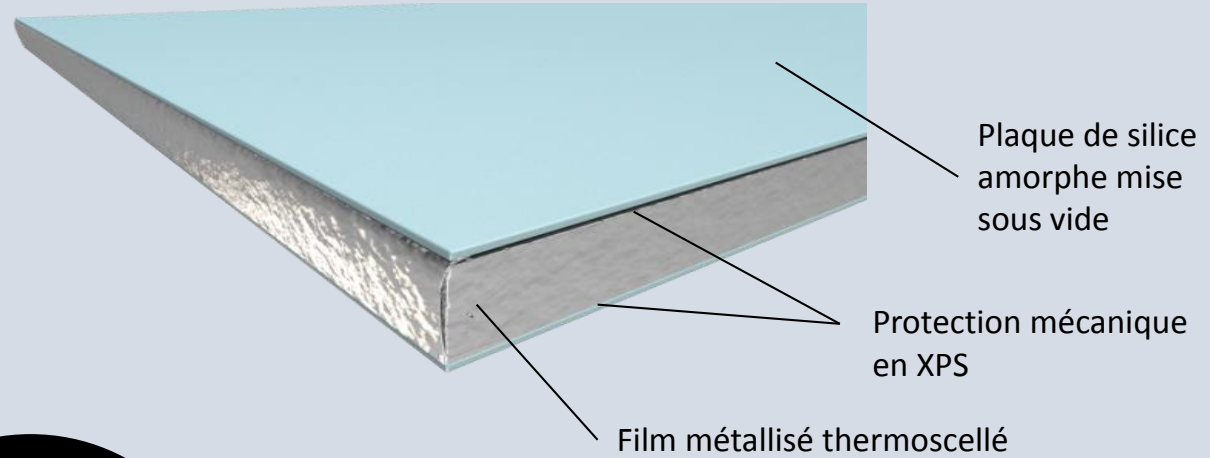
Outside



Inside

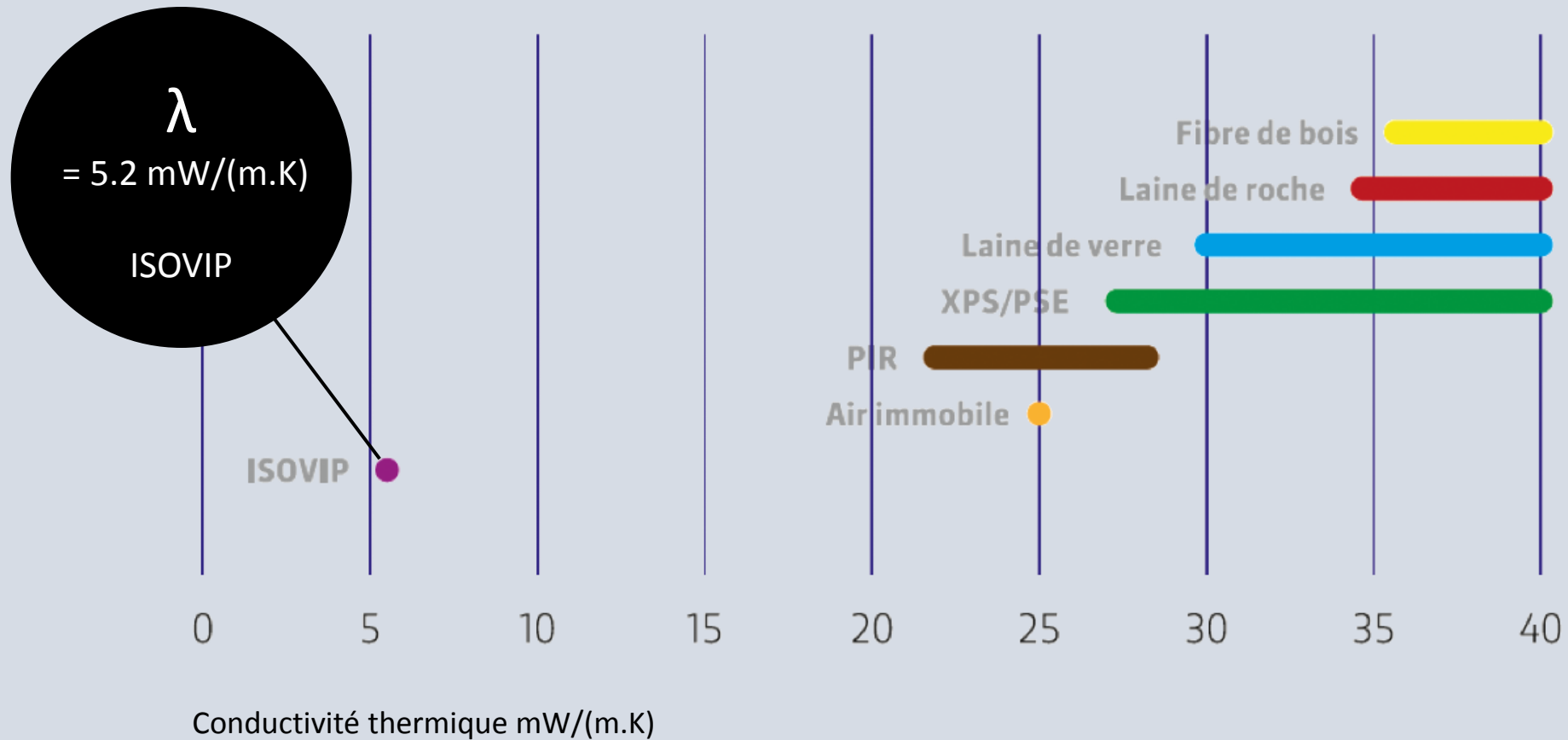
ISOLER : MATERIAUX INNOVANTS, VIP

VIP : VACUUM INSULATING PANEL



λ
= 5.2 mW/(m.K)
Certifié ACERMI

PERFORMANCE



VITRAGE ACTIF

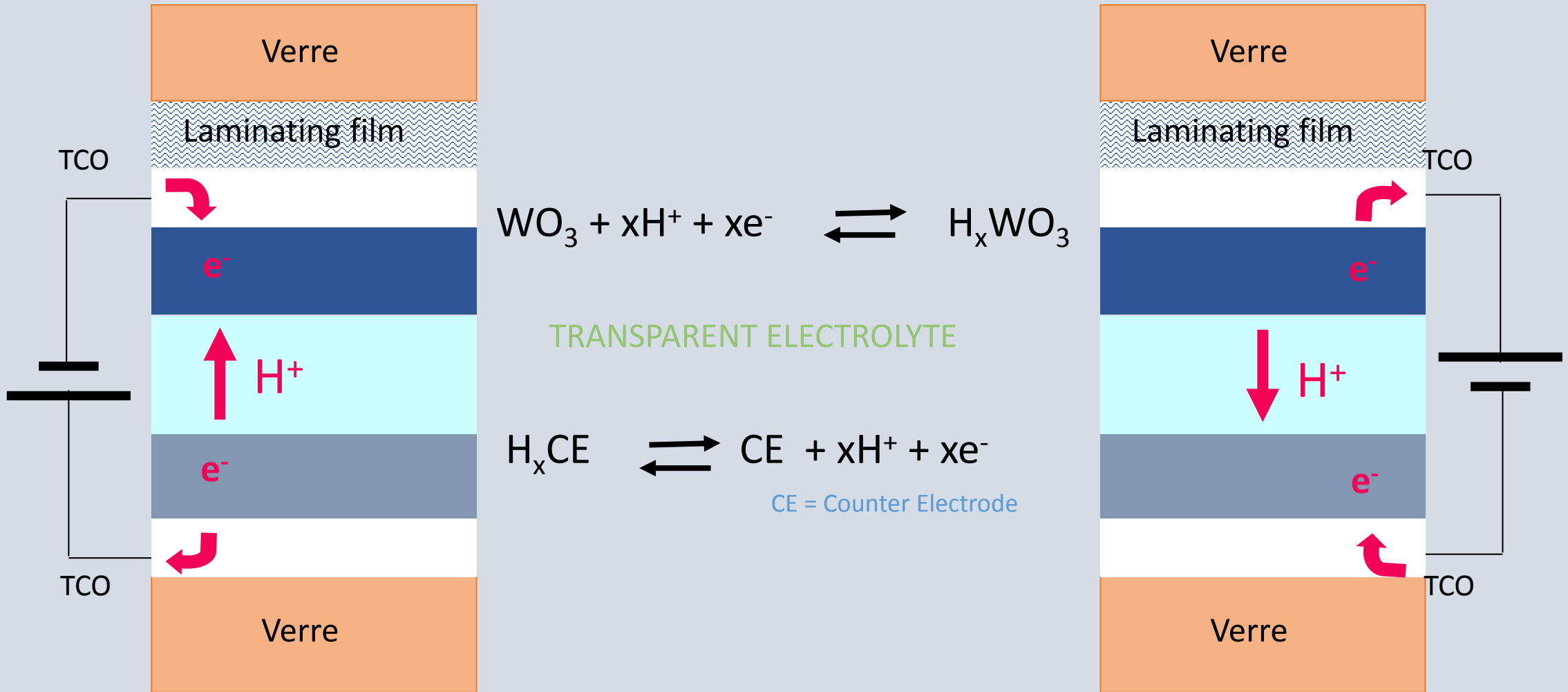


verre électrochrome

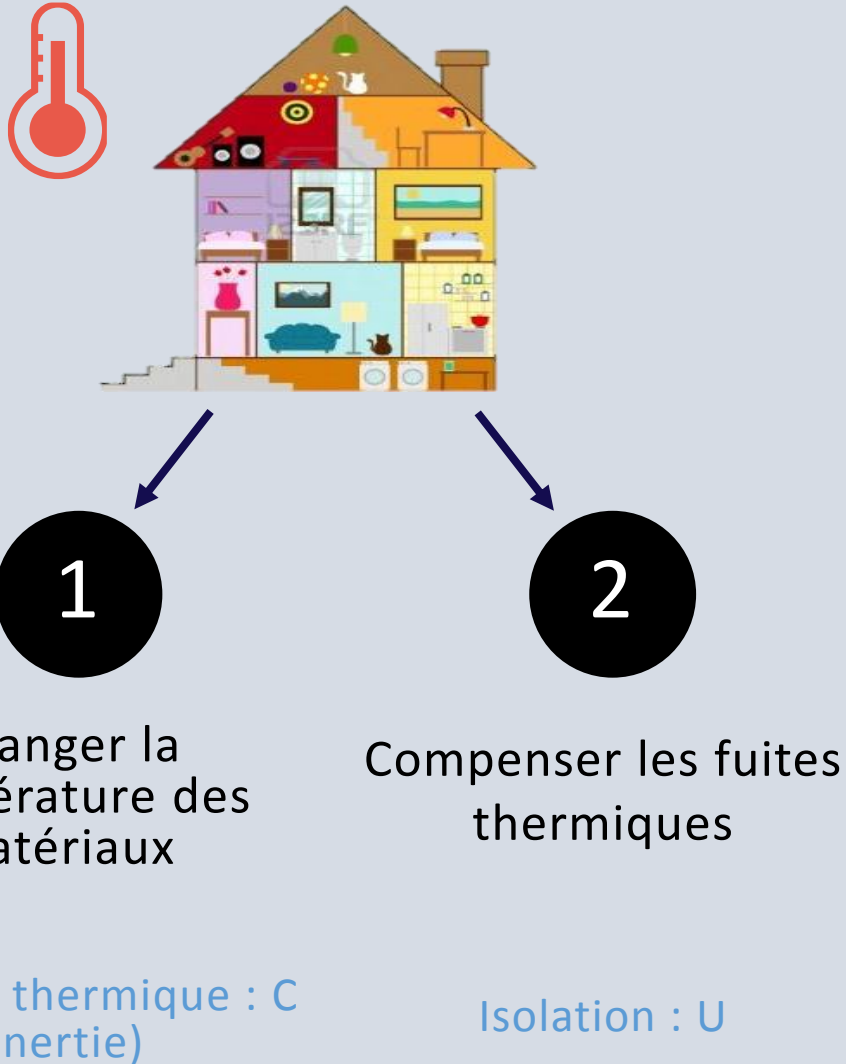
Ivanhoe Girls School, Melbourne, Australia



UNE BATTERIE DANS VOTRE VITRAGE



NOUVEAUX OUTILS POUR MESURER LA PERFORMANCE ENERGETIQUE DES BATIMENTS



CAPACITE THERMIQUE
 $C = C_p * \text{masse de materiaux}$

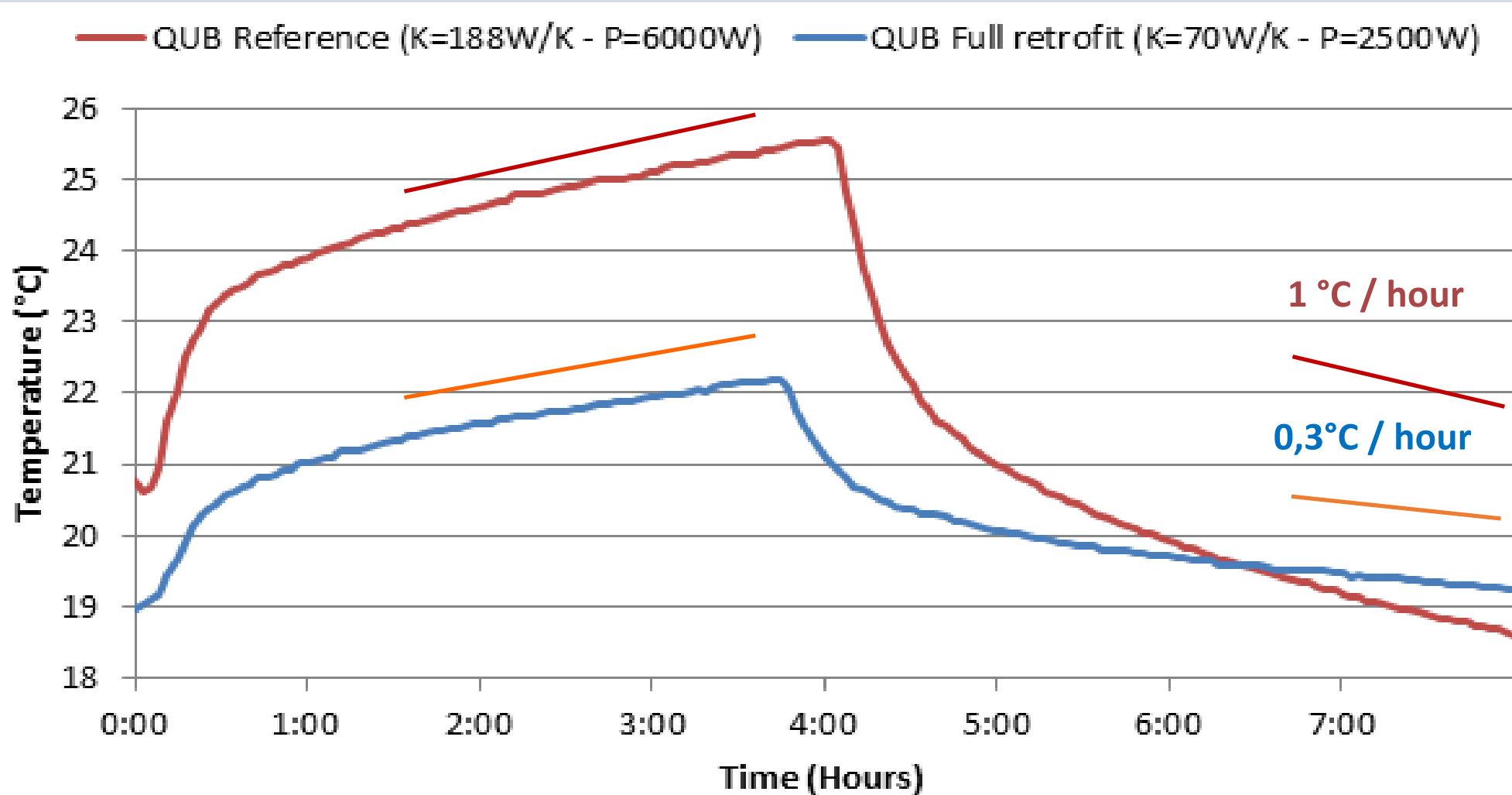
FUITES THERMIQUES
 $K = U * \text{Surface de l'enveloppe}$

TEMPS CARACTERISTIQUE
Rapport
 $t = C / K = \text{temps}$

En pratique plusieurs jours

METHODE DE PERTURBATION

Chauffer Puis Stopper : On mesure la réponse du bâtiment

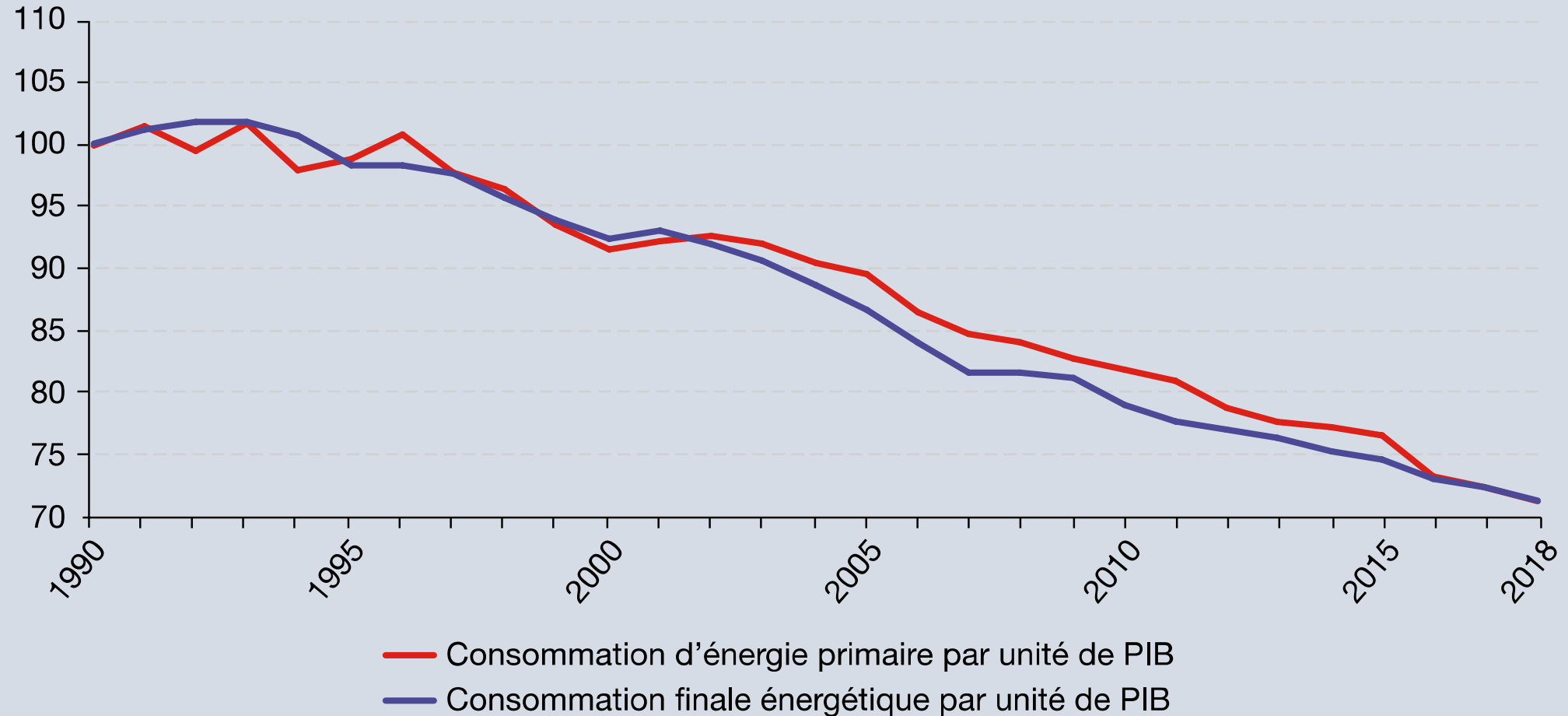


BILAN :
Les bonnes et les mauvaises nouvelles

LES BONNES NOUVELLES

INTENSITÉ ÉNERGÉTIQUE

En indice base 100 en 1990 (données corrigées des variations climatiques)



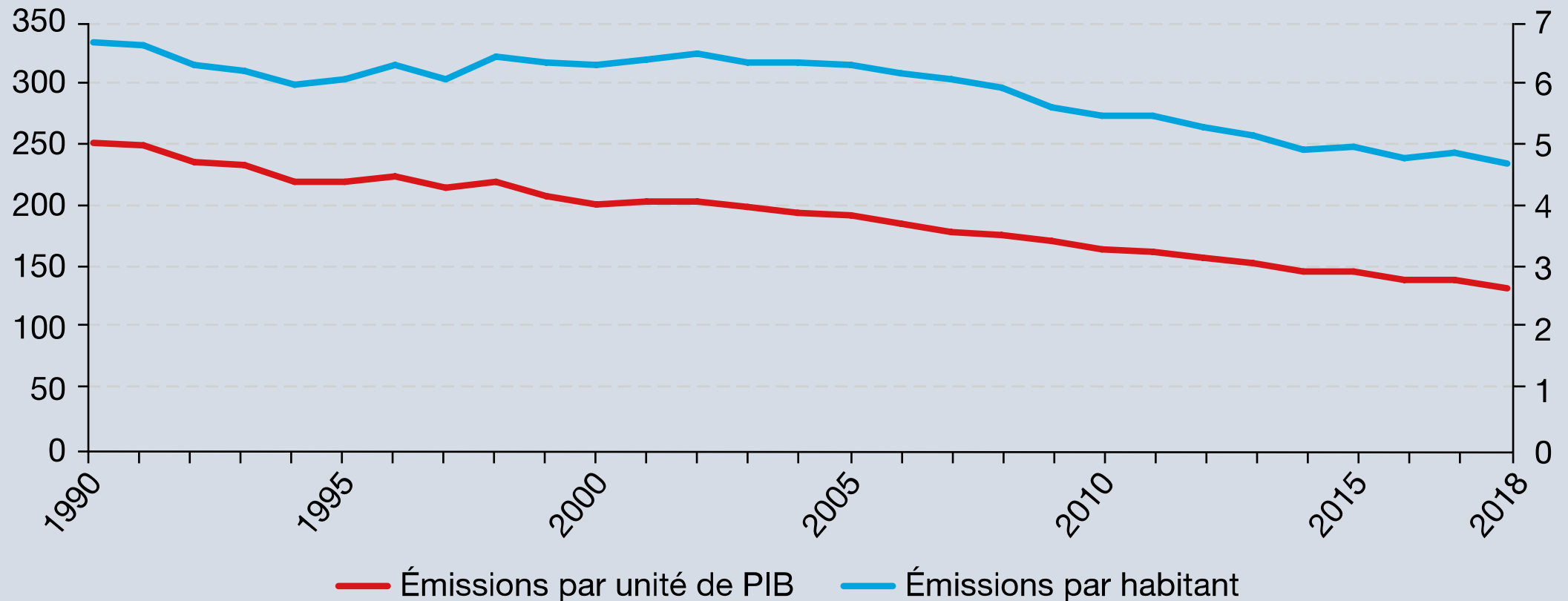
LES BONNES NOUVELLES

ÉMISSIONS DE CO₂ LIÉES À LA COMBUSTION D'ÉNERGIE

Par habitant et par unité de PIB (données corrigées des variations climatiques)

Tonnes de CO₂ par M€ 2018

Tonnes de CO₂ par habitant

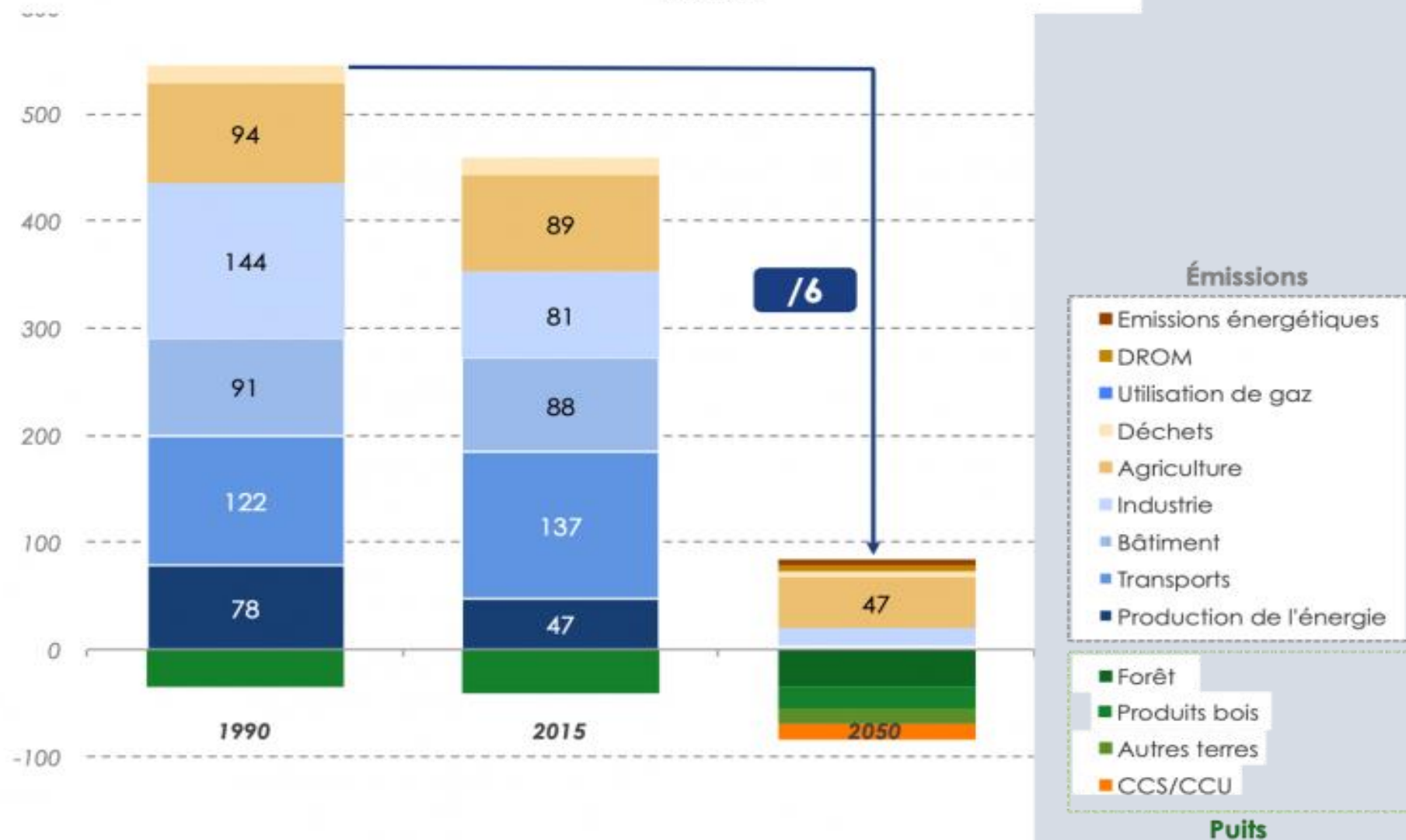


Champ : France métropolitaine.

Sources : SDES ; Insee

DES OBJECTIFS REALISTES ?

Stratégie Nationale Bas Carbone :
évolution des émissions nettes de gaz à effet de serre
MtCO₂e



LES MOINS BONNES NOUVELLES

PART DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LA CONSOMMATION FINALE BRUTE D'ÉNERGIE DE 2005 À 2017 (RÉALISÉ) ET TRAJECTOIRE PRÉVUE POUR ATTEINDRE L'OBJECTIF DE 2020

En %



CONCLUSION

Emissions territoriales de gaz à effet de serre (focus 2014-2030)

