

Les grands défis énergétiques et climatiques

Hans Björn (Teddy) Püttgen

Professeur Honoraire

EPFL – Lausanne, Switzerland

Georgia Power Distinguished Professor Emeritus

Georgia Institute of Technology (Georgia Tech) – Atlanta, USA

Fellow IEEE

Energie – Puissance 10

HEIG-VD

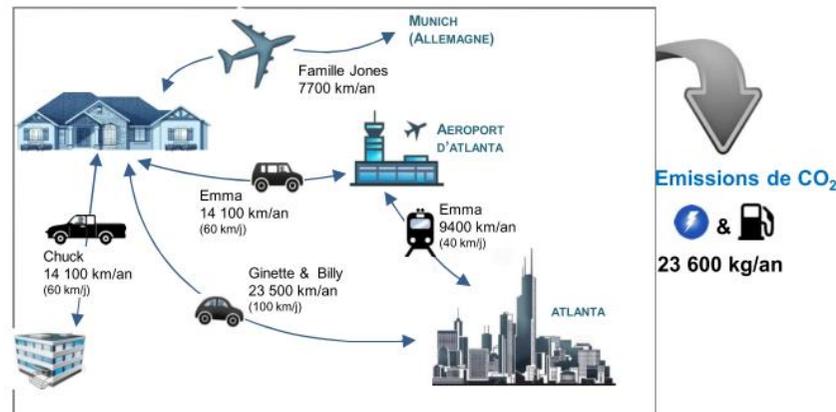
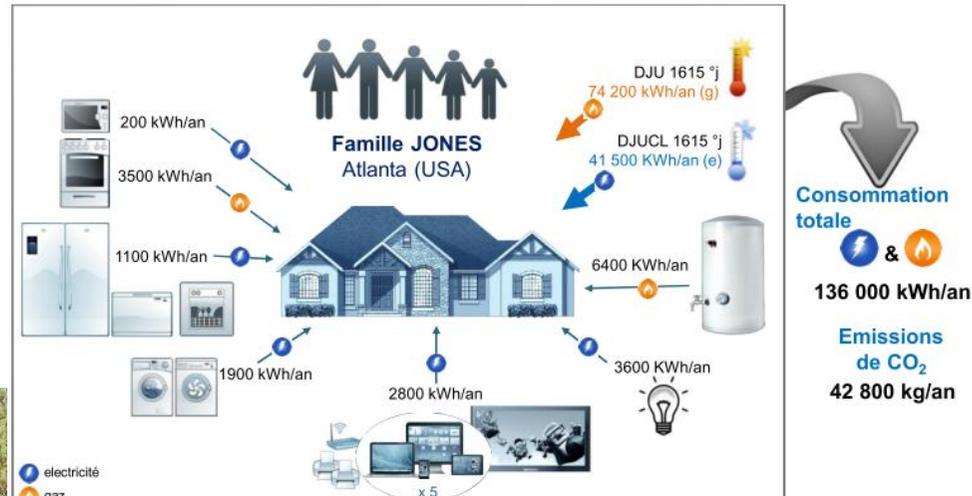
Yverdon, 15 février 2018

Quelques familles pour illustrer le propos

Famille Jones – Peachtree City, GA, USA – 30 km au sud d'Atlanta

Jones

- “ Maison 315 m².
- “ 3 enfants adultes à la maison.
- “ 5 voitures.



Defis

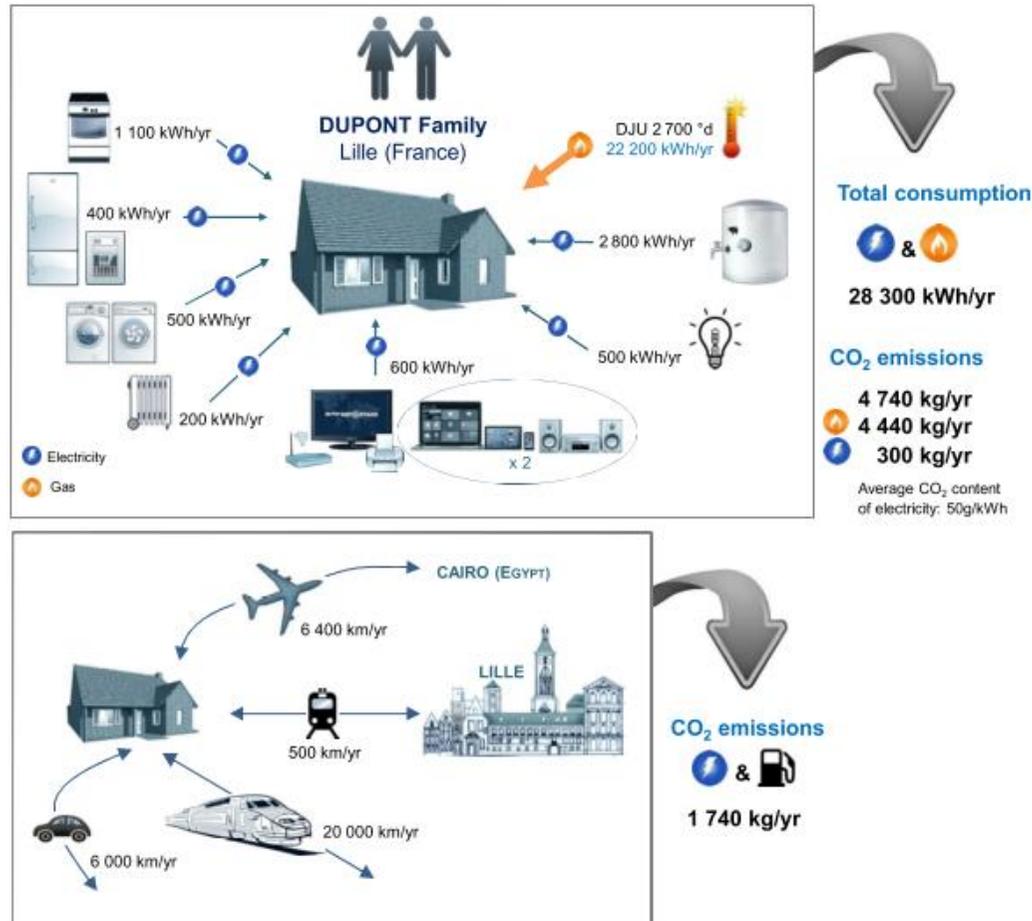
Réduction carbone à la maison et dans la vie quotidienne.

- “ Isolation.
- “ Solaire – PV & therm.
- “ Véhicules.

Famille Dupont – Lille, France

Dupont

- “ Pavillon de 135 m².
- “ Enseignants retraités.
- “ 3 enfants adultes qui habitent en France.
- “ Une voiture électrique.



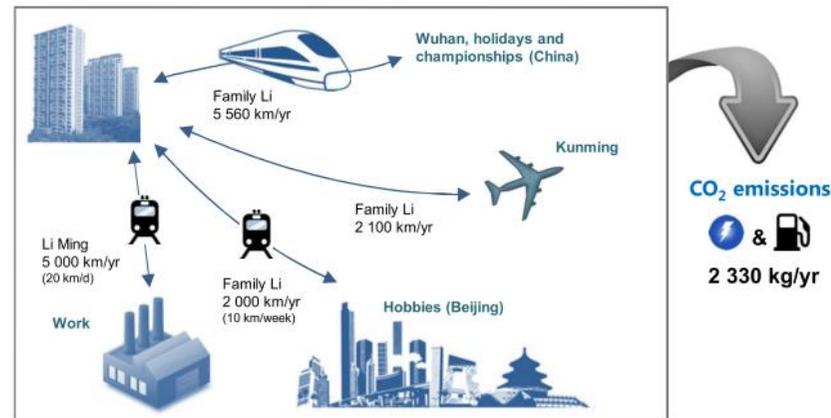
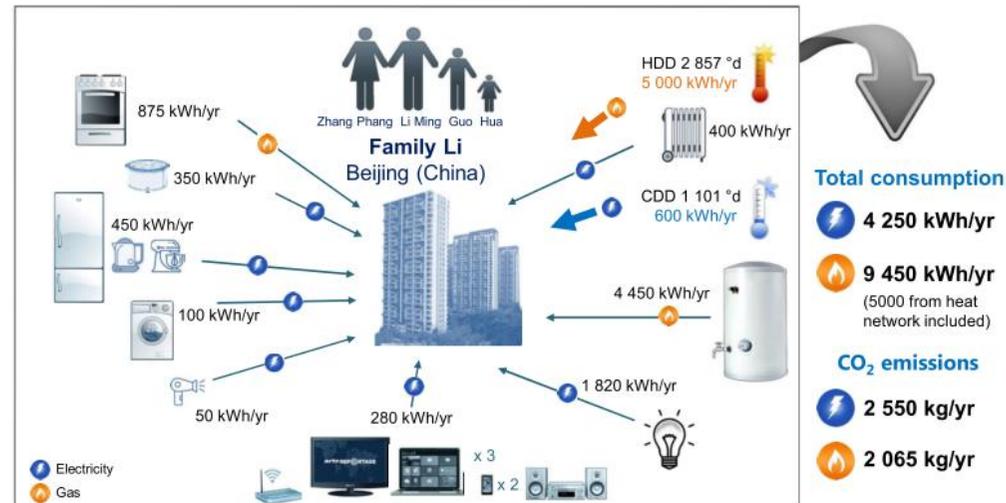
Question :

Devenir du nucléaire en France.

Famille Li - Beijing, Chine

Li

- “ 65 m² appartement.
- “ Deux enfants scolarisés.
- “ Pas de voiture.



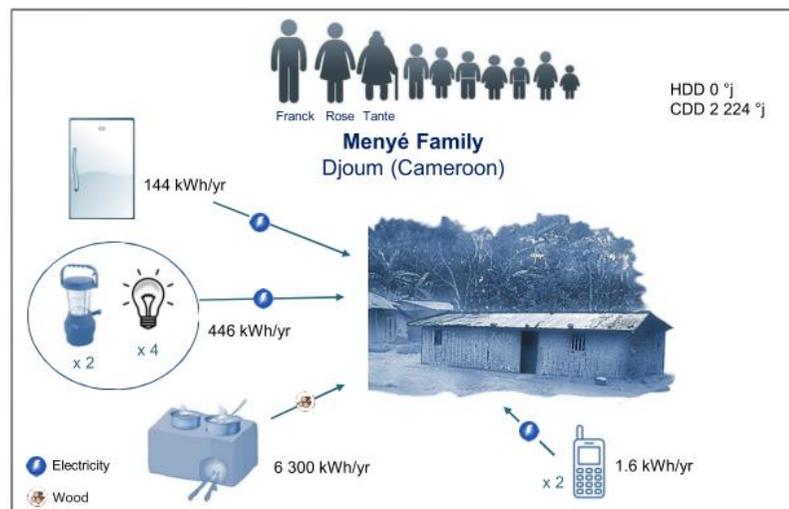
Défis / souhaits :

- “ Réductions des émissions à Beijing.
- “ Climatiser toutes les pièces de l'appartement.
- “ A terme: acquisition d'une voiture.

Famille Menyé – Dioum, Cameroun – 6'000 habitants

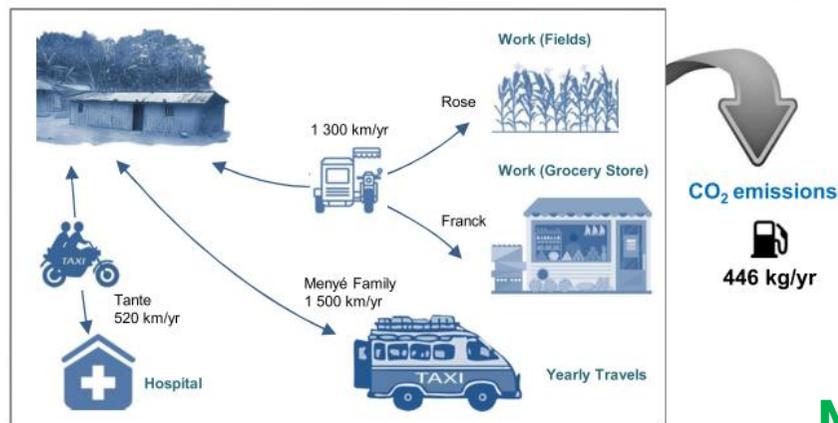
Menyé

- “ Maison de 100 m².
et une épicerie.
- “ Cinq enfants.
- “ Deux nièces & tante.
- “ Pas de voiture.



Souhaits :

- “ Installation PV & batteries pour complément à l’approvisionnement électrique peu fiable.
- “ Agrandir leur maison.
- “ Installer un puit avec pompe.
- “ Ordinateur pour faciliter les études des enfants.

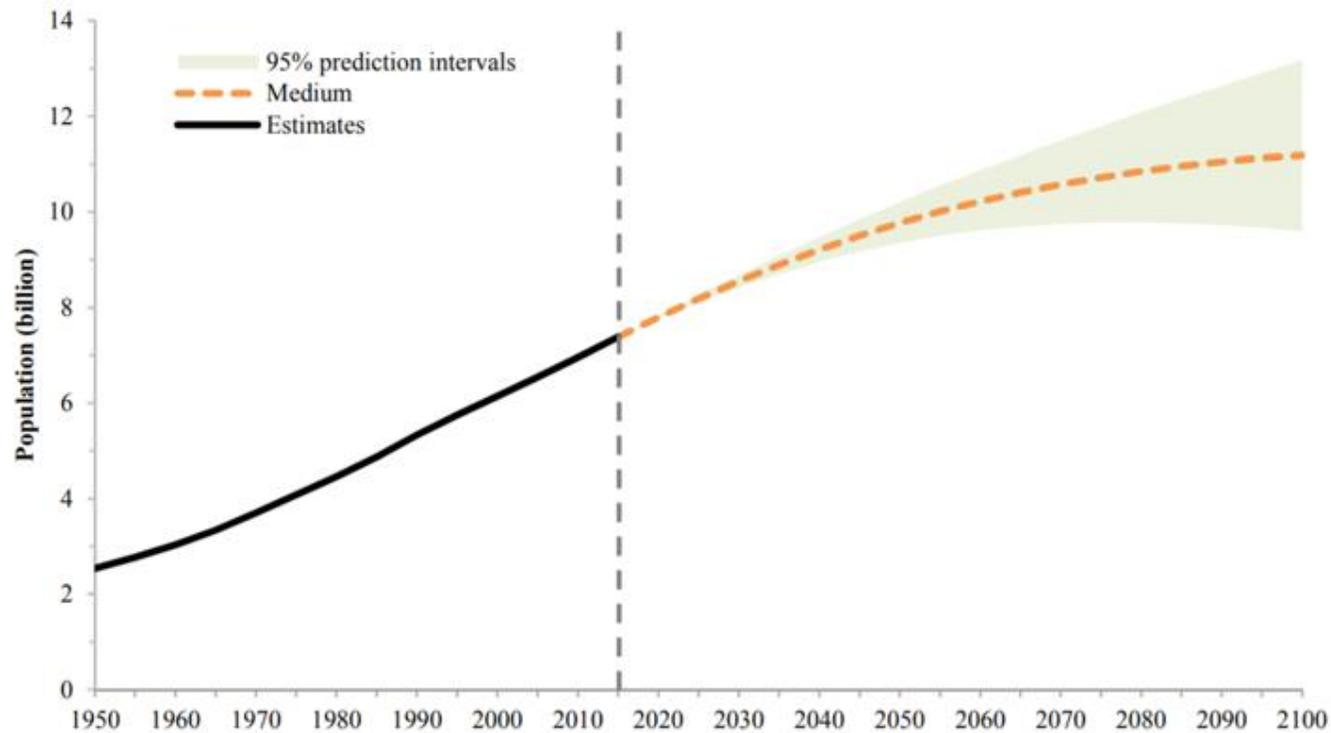


Défi :

Accès abordable et fiable à l’électricité pour tous, surtout dans les zones rurales.

Micro-réseaux off-grid !

Le croissance de la population



Source: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017).
World Population Prospects: The 2017 Revision. New York: United Nations.

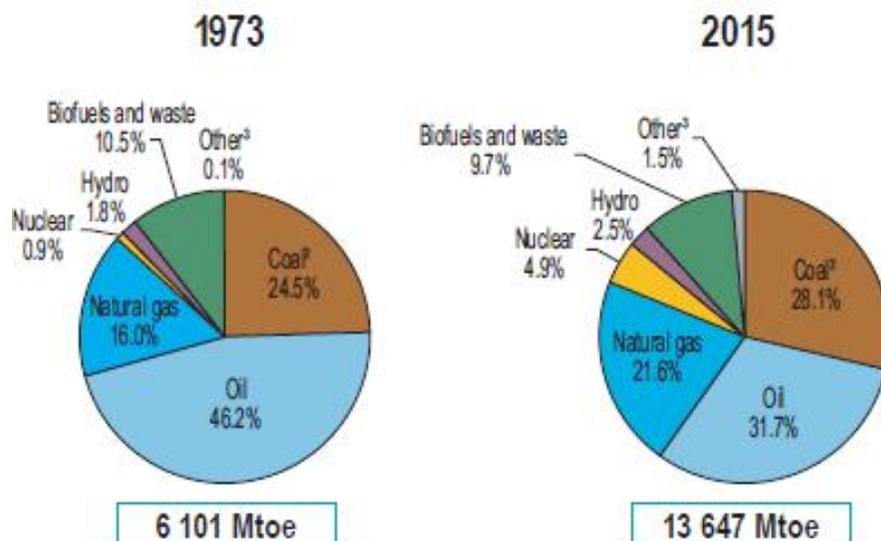
Plus d'un milliard de personnes sur Terre n'ont toujours pas accès à l'électricité.

Plus de deux milliards de personnes sur Terre n'ont pas accès à des conditions sanitaires satisfaisantes.

La situation énergétique dans le monde – trois «camemberts» et un tableau.

Energies primaires: approvisionnement par source

1973 and 2015 fuel shares of TPES



L'approvisionnement total a plus que de doublé

1. World includes international aviation and international marine bunkers.
2. In these graphs, peat and oil shale are aggregated with coal.
3. Includes geothermal, solar, wind, tide/wave/ocean, heat and other.

Nouvelles énergies renouvelables : de 0.1% à 1.5%

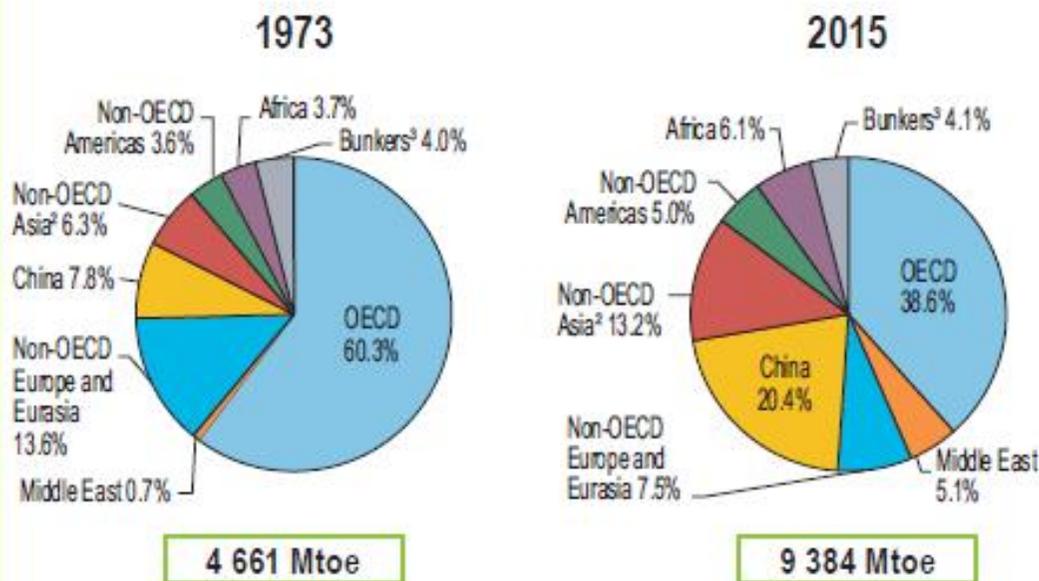
Energies décarbonnées (hydro & nouvelles ener. renouvelable & nucléaire) : de 2.8% à 8.9%

Energies fossiles : de 86.7% à 81.4%

IEA Key World Energy Statistics 2017

Consommations finales d'énergie par région

1973 and 2015 regional shares of TFC¹



1. Data for biofuels and waste final consumption have been estimated for a number of countries.
 2. Non-OECD Asia excludes China.
 3. Includes international aviation and international marine bunkers.

Final / Primaire

1973: 76.4%

2012: 67.2%

2017: 68.8%

L'efficacité énergétique a baissé depuis 1973.

Mais, elle remonte!

Croissance

OCDE: 29%

Hors OCDE: mult. par 3.1

Par habitant:

1973: 13.8 MWh/hab.

2015: 14.8 MWh/hab.

Chine : multiplié par 5.3

Afrique : multiplié par 3.3

Par habitant: 1973: 4.8 MWh/hab

2015: 16.3 MWh/hab

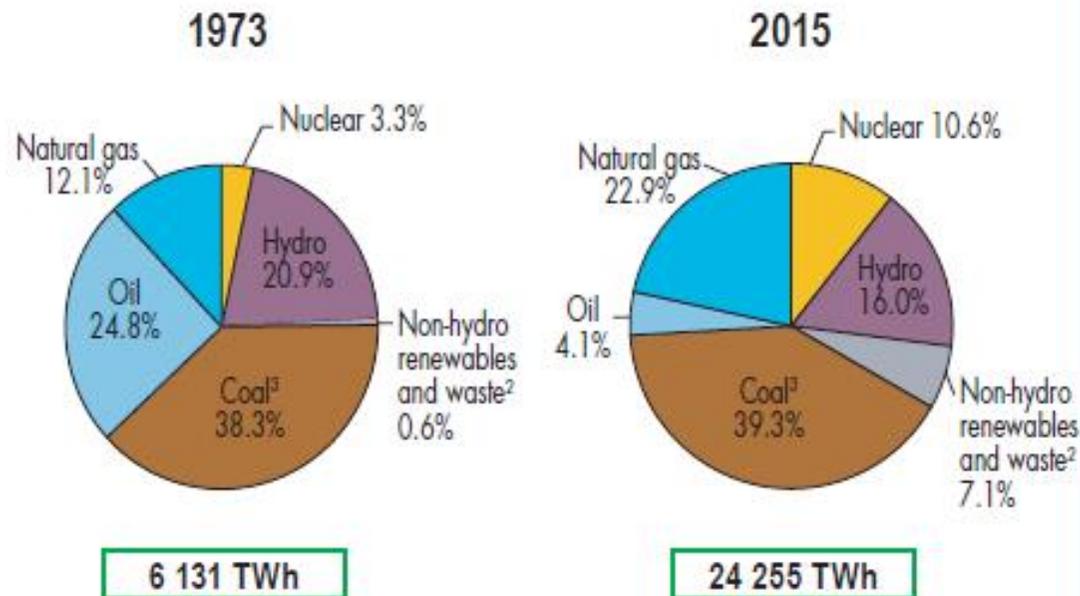
Par habitant: 1973 : 5.1 MWh/hab

2015: 5.7 MWh/hab

IEA Key World Energy Statistics 2017

Production d'électricité

1973 and 2015 source shares of electricity generation¹



1. Excludes electricity generation from pumped storage.

2. Includes geothermal, solar, wind, tide/wave/ocean, biofuels, waste, heat and other.

3. In these graphs, peat and oil shale are aggregated with coal.

La consommation totale a doublé
La consommation d'électricité a
presque été multipliée par
quatre!

Le monde devient rapidement
électrique !

La part des hydrocarbures a
diminué à 66.3% au lieu de
75.2%.

La part décarbonée a augmenté à
33.7% au lieu de 24.8%.

**La production d'électricité à partir du
charbon a été multipliée par 4 !!**

IEA Key World Energy Statistics 2017

Quelques comparaisons

Données 2015	Bangla Desh	Chine	Etats-Unis	France	Inde	Nigeria	Norvège	Monde
Population (millions)	161	1 371	322	66	1 311	182	5.2	7 334
E_{final}/cap (MWh)	2.02	16.17	54.9	26.0	5.12	7.70	45.96	14.88
Elec/cap (MWh)	0.33	4.05	12.83	7.04	0.86	0.14	23.4	3.05
Elec/E_{finale} (%)	16.3	25.0	23.4	27.1	16.8	2.0	50.9	20.5
tCO₂/cap	0.44	6.59	15.53	4.37	1.58	0.35	7.07	4.40
tCO₂/PNB	0.45	1.01	0.30	0.10	0.90	0.14	0.08	0.43

Nous n'allons pas manquer d'énergie sur Terre :

Le soleil en fournit en abondance.

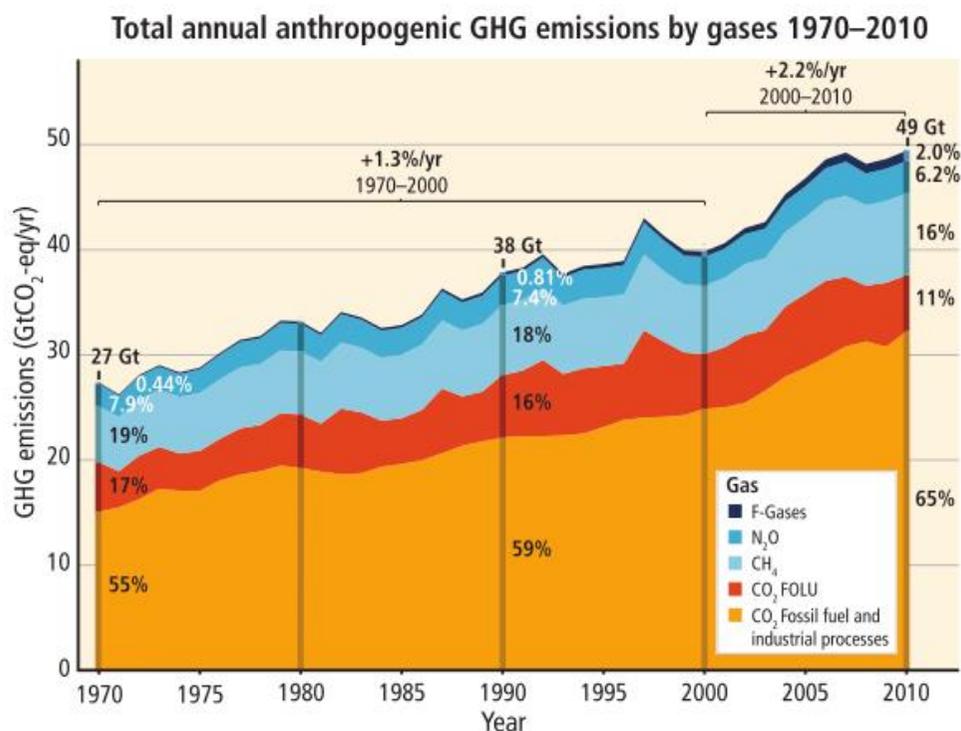
Les énergies de la mer – marémotrices surtout – sont encore inexploitées.

Les réserves d'uranium et thorium vont durer encore longtemps.

Le défi est entièrement dans l'utilisation rationnelle ET dé-carbonée de l'énergie !

Les gaz à effet de serre, GHG, jusqu'il faut – ni trop peu, ni trop !

Les émissions des Green House Gases



Energie	34 340 MtCO _{2e}
Industrie	3 140 MtCO _{2e}
Agriculture	5 200 MtCO _{2e}
Déchets	1 520 MtCO _{2e}
Total	44 200 MtCO_{2e}
Electricité et chaleur	15 100 MtCO _{2e}
Transport	6 340 MtCO _{2e}
Industrie & constr.	6 180 MtCO _{2e}
Autres combustions	4 100 MtCO ₂
Fuites	2 620 MtCO _{2e}
Total	34 340 MtCO_{2e}

IPCC – GIEC : Crédit entre 2015 et 2100 pour rester en dessous de 2 °C : 1'000 Gt total donc 750 Gt pour l'énergie.

GHG – Descente en trois étapes – une proposition

Pour l'énergie : «crédit» de 750 Gt jusqu'en 2100

En 2015: 34 Gt/an

Jusqu'en 2035 Arriver à 12.2 Gt/an

Jusqu'en 2050 Arriver à 6.1 Gt/an

Jusqu'en 2100 Arriver à 0 Gt/an

Il faut non seulement dé-carboner – mais **rapidement !**

On n'arrivera pas à fortement et rapidement dé-carboner au niveau mondial sans donner une valeur au CO₂.

Pour éviter des distorsions de marché au niveau mondial, cette valorisation doit se faire par le biais d'une Redevance Carbone universellement prélevée et pleinement redistribuée vers la population.

La situation électrique de la Suisse en 2016

Sortie du nucléaire chez nos voisins

Allemagne – 13% nucléaire

Août 2011	Mise hors service de 8 des 17 centrales en fonctionnement - 8'400 MW
Juin 2015	Mise hors service de Grafenrheinfeld – 1'275 MW
2022	Mise hors service des 8 centrales restantes – 10'700 MW

Belgique – 52% nucléaire

2015	Mise hors service de 2 des 7 centrales en fonctionnement - 866 MW
2025	Mise hors service des 5 centrales restantes - 5'100 MW

Energie à compenser suite à la fermeture des centrales nucléaires en Allemagne et en Belgique entre 2016 et 2025 : 125 TWh/an (consommation de la Suisse : 60 TWh)

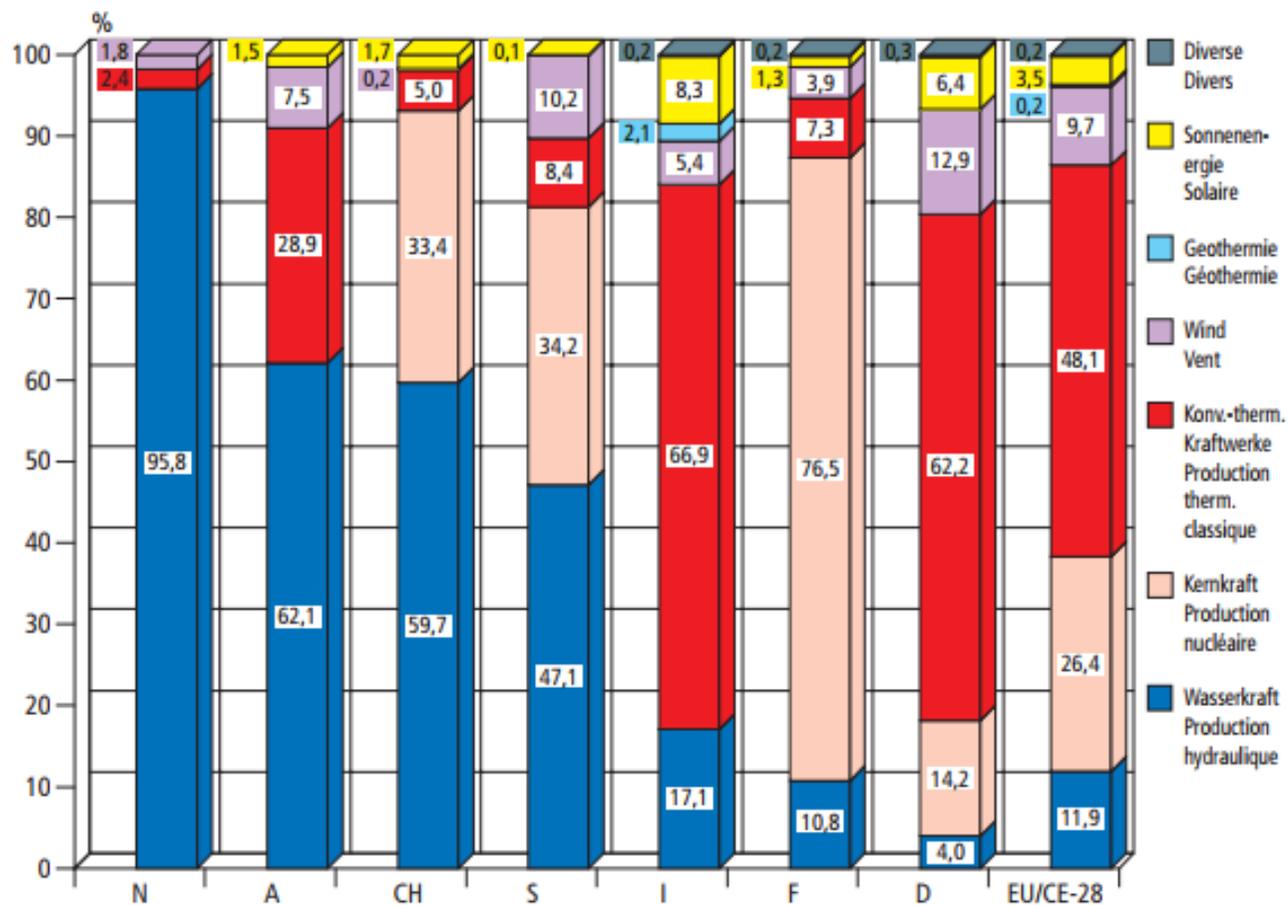
France

Loi sur la Transition Energétique, promulguée en août 2015 : gel de la capacité totale des centrales nucléaires ET la réduction de la portion nucléaire de 75 à 50% à l'horizon 2025 – **soit 120 TWh !!!**

objectif récemment reporté à plus tard – mais certaines centrales prennent de l'âge....

Il n'est pas certain que nos voisins puissent encore nous vendre beaucoup d'énergie électrique dès 2022 à des prix abordables par notre économie !

Suisse - la flexibilité dont nos voisins devraient avoir besoin



2015

Encore faudra-t-il s'arranger avec l'Union Européenne !

Par rapport à 2000 : un peu plus de solaire & éolien

OFEN 2016

L'approvisionnement électrique de la Suisse au 21^{ème} siècle dans le cadre de l'évolution énergétique mondiale

Hans Björn (Teddy) Püttgen

Professeur, Chaire de Gestion des Systèmes Energétiques

Directeur, Energy Center

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

Georgia Power Professor Emeritus, Georgia Institute of Technology

Société Electrique de la Vallée de Joux SA

10 décembre 2008 !!!!!

Les 7 éoliennes seront peut-être opérationnelles en 2018 ??

Subventions des énergies renouvelables

On continue de **subventionner**, sur le long terme, la production de **l'énergie** électrique renouvelable ce qui entraîne des **obligations sur 15 - 20 ans** dans un contexte énergétique qui évolue de plus en plus vite.

Aucune mention quant au couplage avec le stockage d'énergie adossé au PV et à l'éolien.

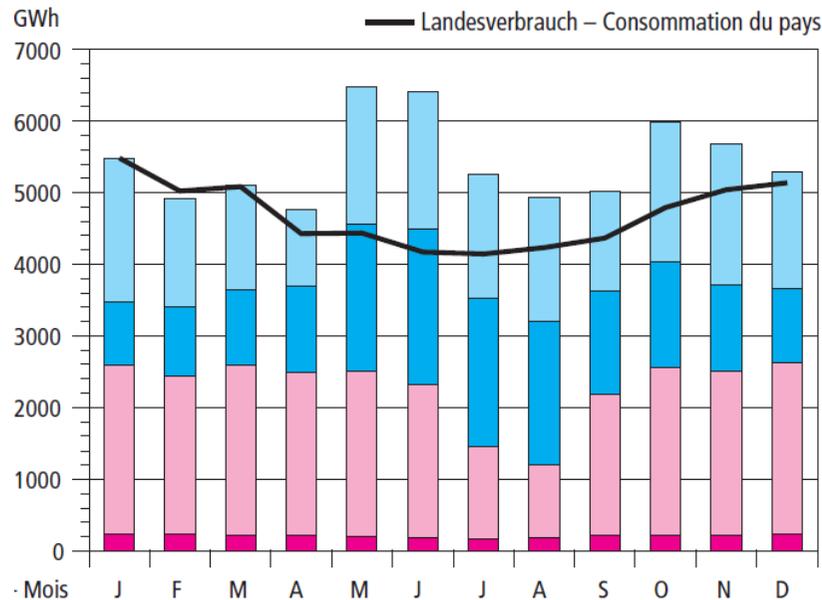
Les erreurs de la politique énergétique de l'Allemagne, qui ont des conséquences graves dans toute l'Europe, n'ont pas été prises en compte.

Une belle occasion d'innovation de politique énergétique à saisir !

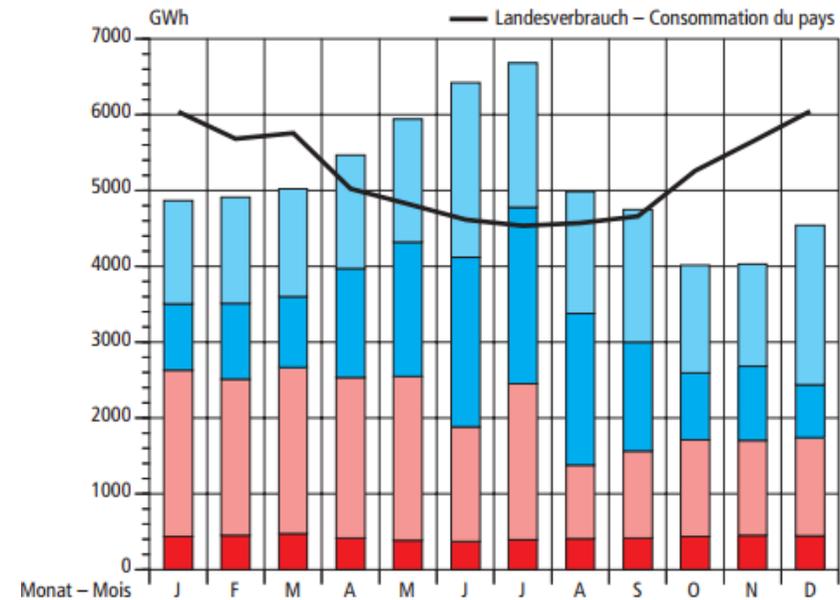
Si subventions il faut, il est impératif qu'elles ne portent que sur les **investissements**, en une fois, lors des débuts des travaux, ET **seulement si les installations sont adossées à du stockage d'énergie.**

Ce qui permettrait de limiter les besoins de capacité des infrastructures de transport et de distribution d'électricité.

Consommation d'électricité de la Suisse



2000 Importation: **1 mois**



2016 Importation: **7 mois**

Speicherkraftwerke
Centrales à accumulation

Kernkraftwerke
Centrales nucléaires

Laufkraftwerke
Centrales au fil de l'eau

Konventionell-thermische und andere Kraftwerke
Centrales thermiques classiques et divers

OFEN 2016

L'évolution est vers des importations de plus en plus massives.

D'où importer ?



Toute importation d'électricité, d'un volume significatif, sera forcément soit fossile soit nucléaire – deux sources dont nous ne voulons pas entendre parler en Suisse.

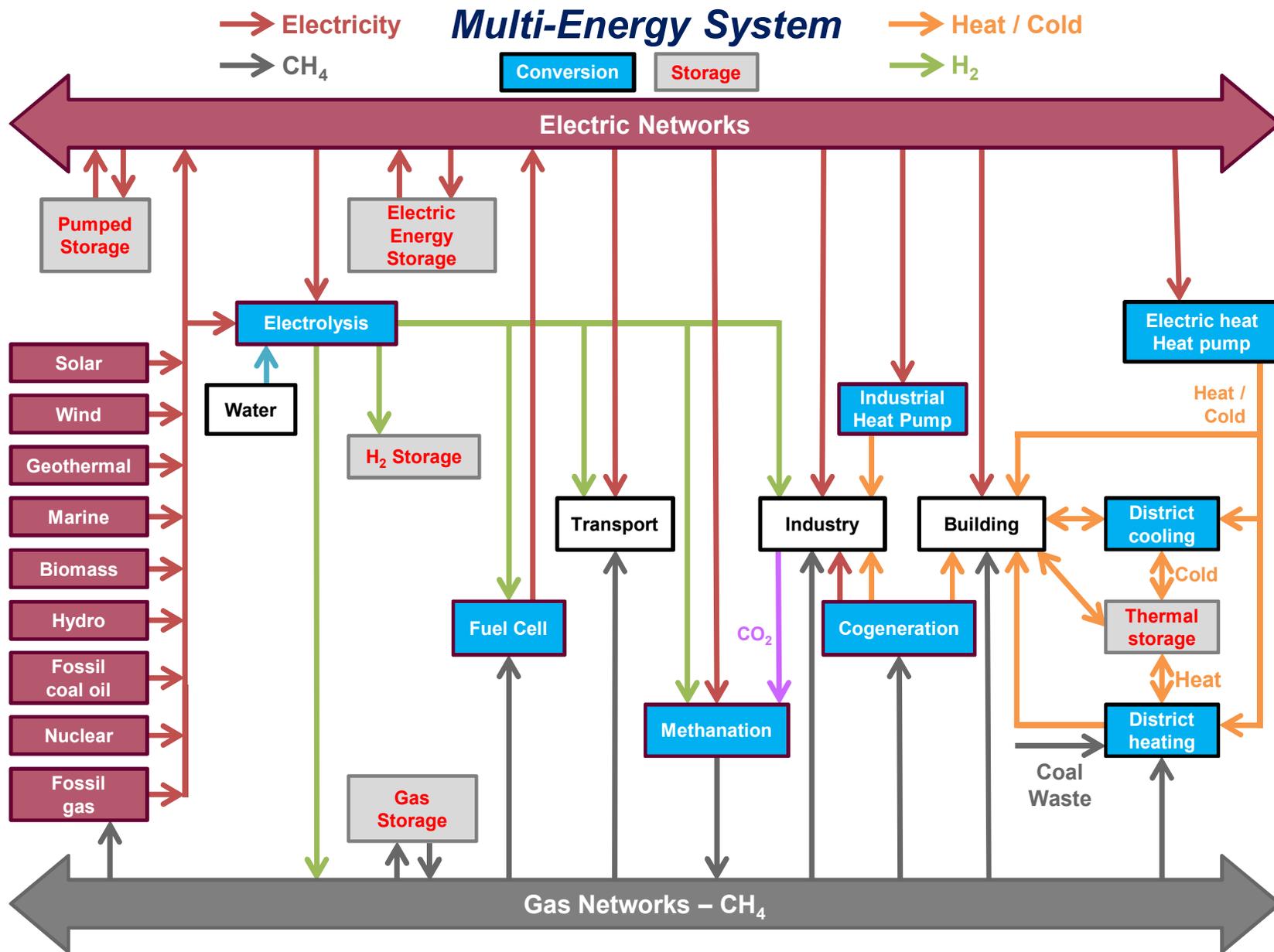
Nous allons massivement externaliser nos impacts sur l'environnement et devons le payer de plus en plus cher au fur et à mesure que nos voisins sortent du nucléaire.

Les systèmes énergétiques du futur seront :

multi-technologies

multi-fluides

multi-stockages



Inauguration Pope Benedikt XVI, 2005



Luca Bruno / AP

Inauguration Pope Francis I, 2013



Le monde devient électrique
Il faut s'en réjouir !

Michael Sohn / AP

Les grands défis énergétiques et de climat

Hans Björn (Teddy) Püttgen

Professeur Honoraire

EPFL . Lausanne, Switzerland

Georgia Power Distinguished Professor Emeritus

Georgia Institute of Technology (Georgia Tech) . Atlanta, USA

Fellow IEEE

Energie – Puissance 10

HEIG-VD

Yverdon, 15 février 2018
