La COP 21 : Des objectifs Irréalistes

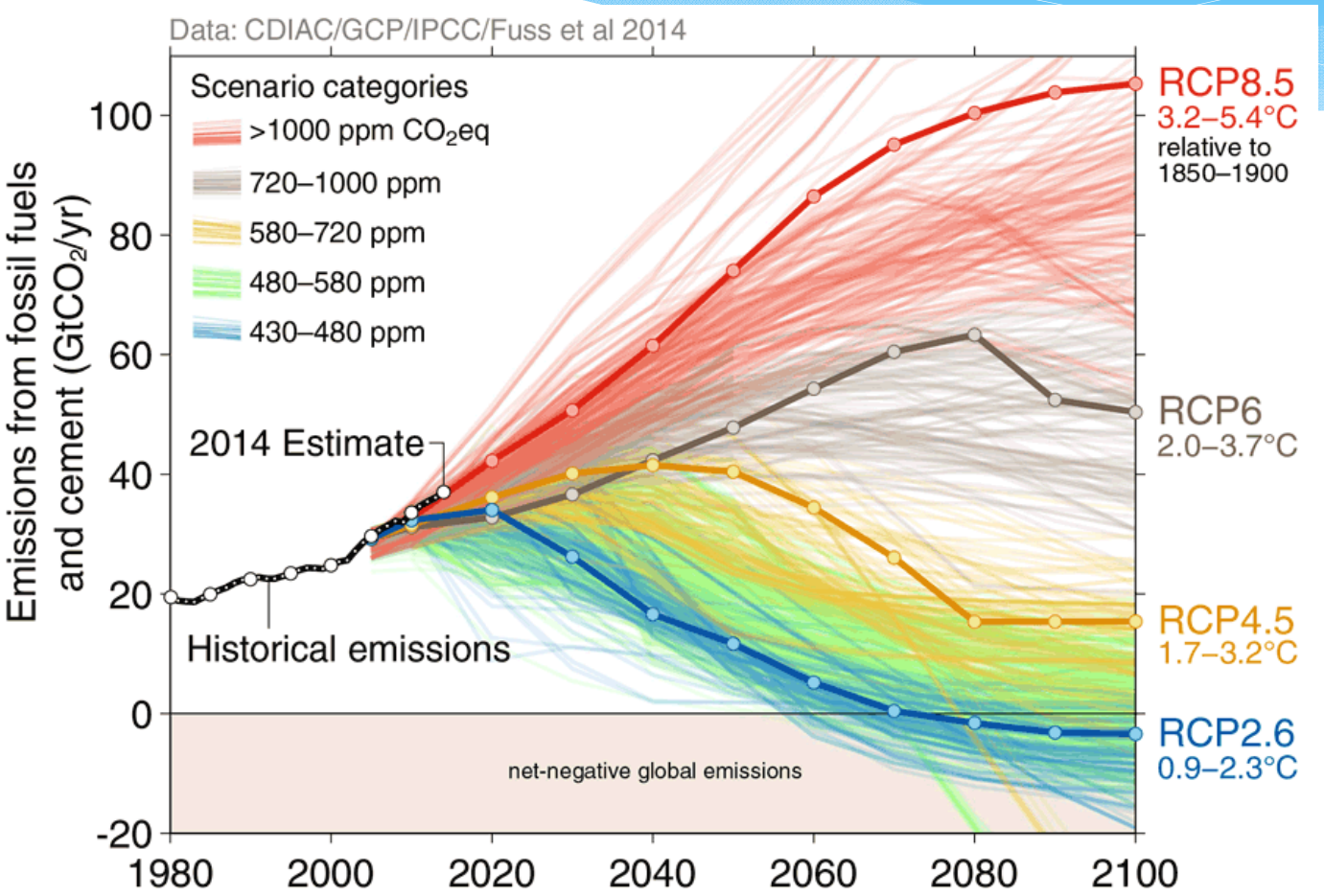
Pr J C BERNIER
Paris le 1/12/2016

Un Etat des lieux de la transition énergétique

Le Théorème

* L'équation dogmatique :
* $T°c = a + b(CO_2)$
* Pour limiter le ΔT il faut baisser les émissions de CO_2

Sus au gaz carbonique



La probabilité des scenarios

Résultats des scénarios concernant la probabilité de limiter la hausse des températures

Scénario	Concentrations de GES en 2100 (en ppm éqCO_2)	Émissions cumulées de CO_2 ($GtCO_2$)		Changement des émissions en éqCO_2 par rapport à 2010 (%)		Changement de température par rapport à 1850-1900				
						Hausse de la température atteinte en 2100* (en °C)	Probabilité de ne pas dépasser la hausse de température indiquée au cours du XXIe siècle			
		2011-2050	2011-2100	2050	2100		1,5°C	2,0°C	3,0°C	4,0°C
RCP 2.6	450 (430-480)	550-1 300	630-1 180	Entre – 72 et – 41	Entre – 118 et – 78	1,5 - 1,7				
RCP 4.5	(580-650)	1 260-1 640	1 870-2 440	Entre – 38 et + 24	Entre – 134 et – 50	2,3 - 2,6				
	(650-720)	1 310-1 750	2 570-3 340	Entre – 11 et + 17	Entre – 54 et – 21	2,6 - 2,9				
RCP 6.0	(720-1 000)	1 570-1 940	3 620-4 990	Entre + 18 et + 54	Entre – 7 et + 72	3,1 - 3,7	**			
RCP 8.5	> 1 000	1 840-2 310	5 350-7 010	Entre + 52 et + 95	Entre + 74 et + 178	4,1 - 4,8		**		

* Fourchettes ne prenant pas en compte un certain nombre d'incertitudes

** Aucune simulation n'a donné de résultat respectant la limite de température.

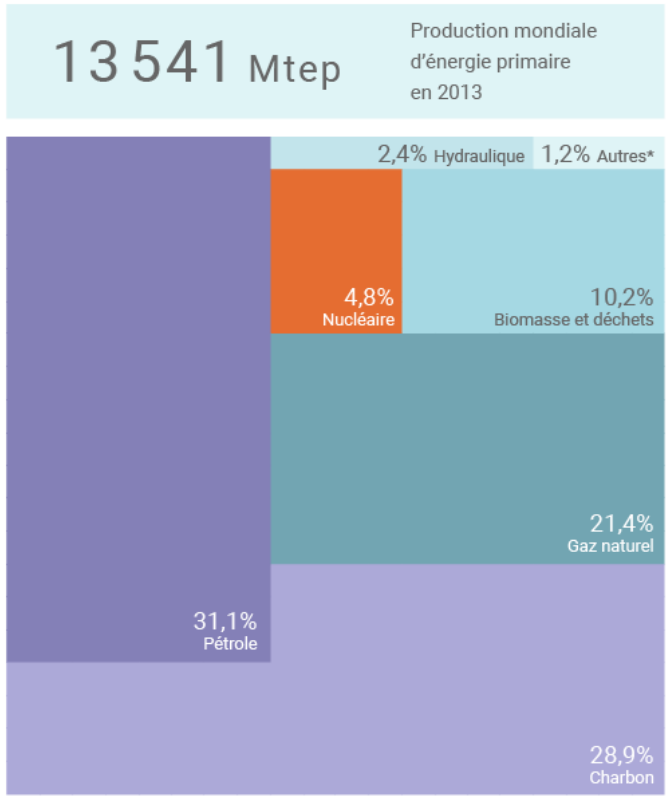
Probable — Plus probable qu'improbable

Improbable — Plus improbable que probable

Source : Giec, 3e groupe de travail, 2014

Les sources d'énergie primaire

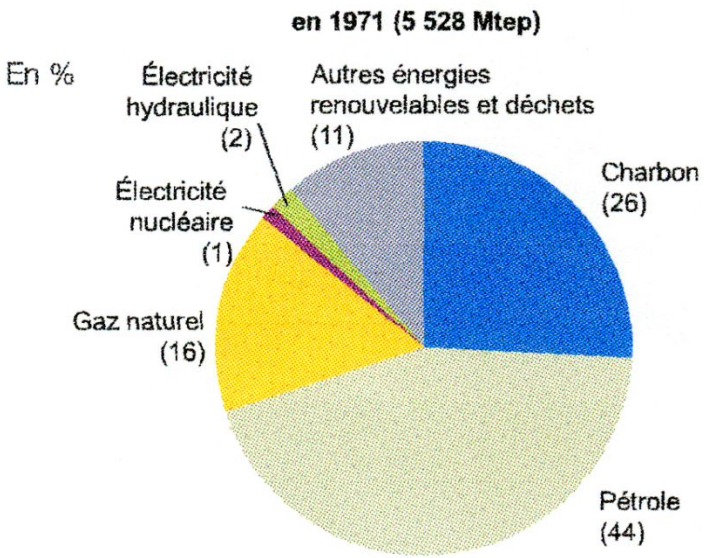
* émissions de CO_2 par TEP
* Lignite : 4,4 Tonnes
* Charbon : 4 Tonnes
* Fuel domestique : 3 Tonnes
* Fuel lourd :2,9 Tonnes
* Gaz : 2,350 Tonnes

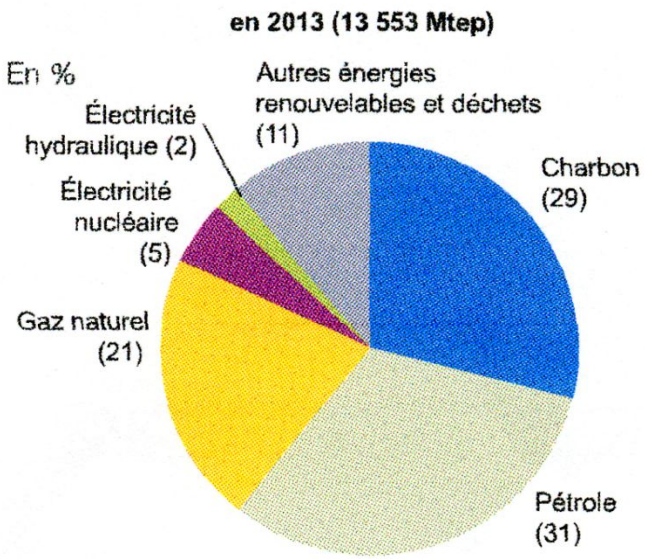


* Autres : géothermie, solaire, éolien, etc.

L'évolution du Mix électrique

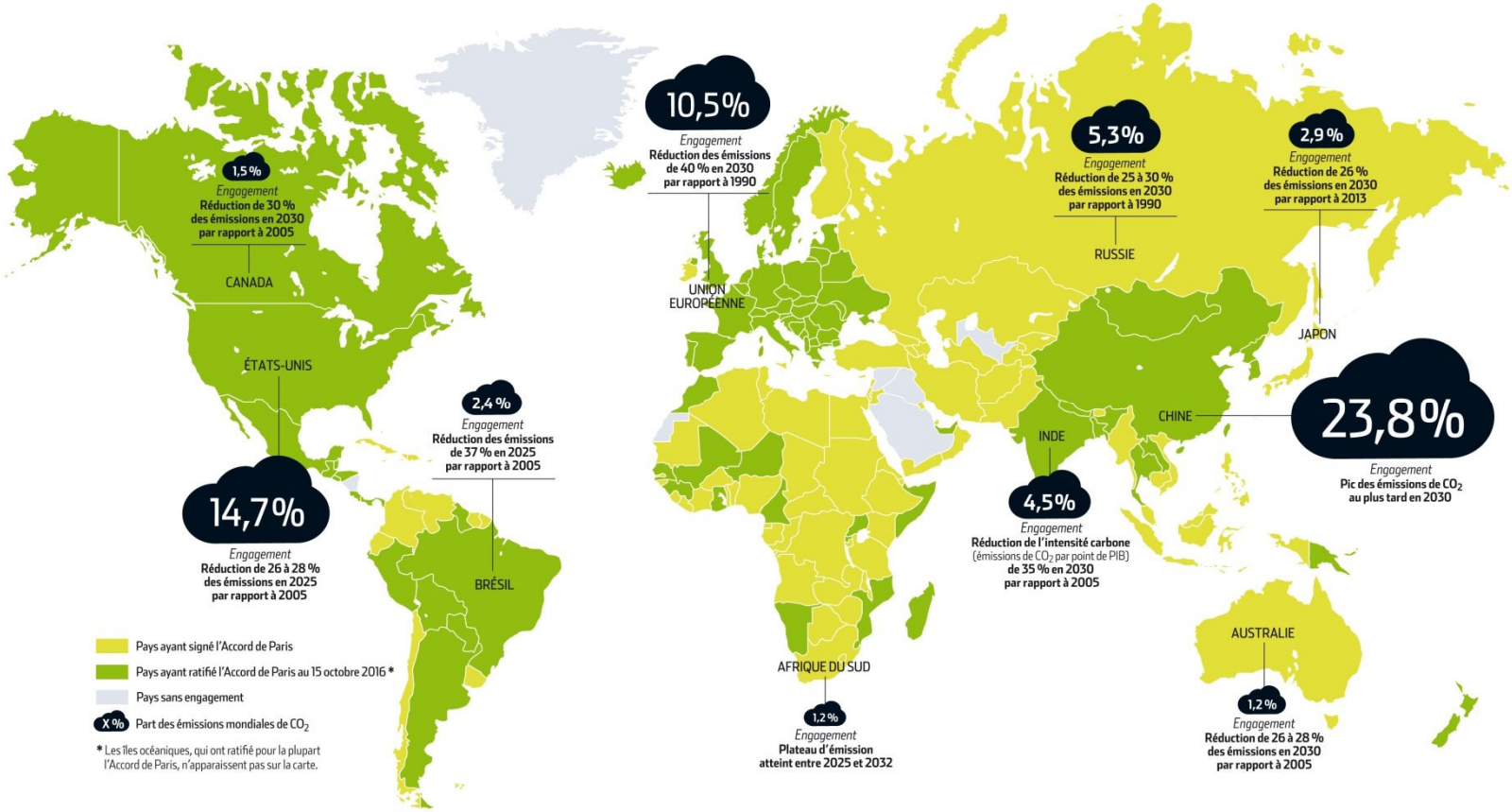
Mix énergétique primaire dans le monde





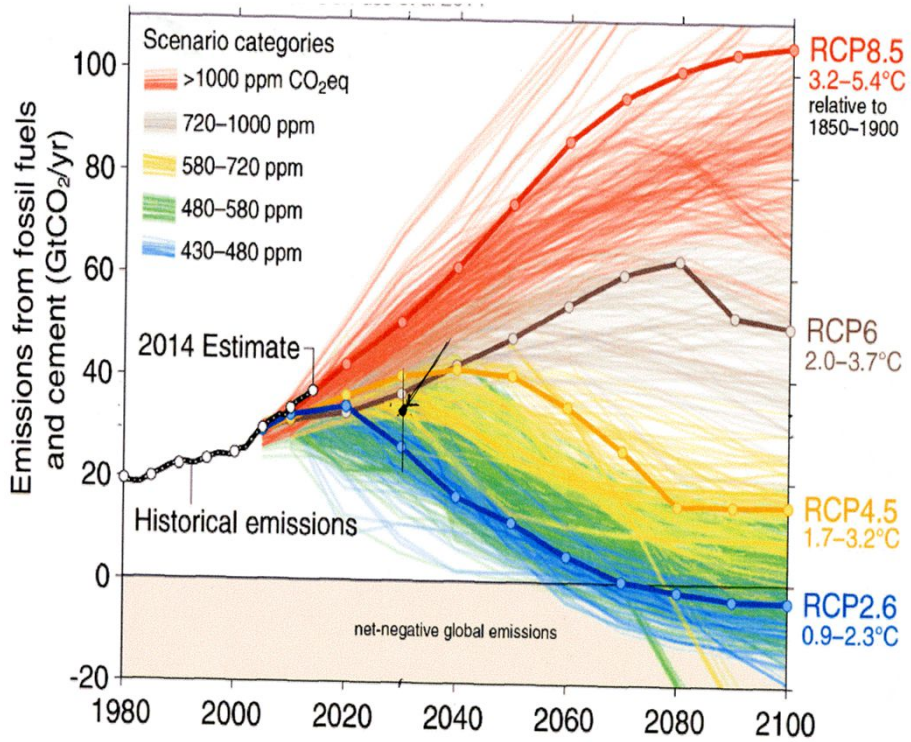
Source : Agence internationale de l'énergie, septembre 2015

Les promesses de l'accord de Paris



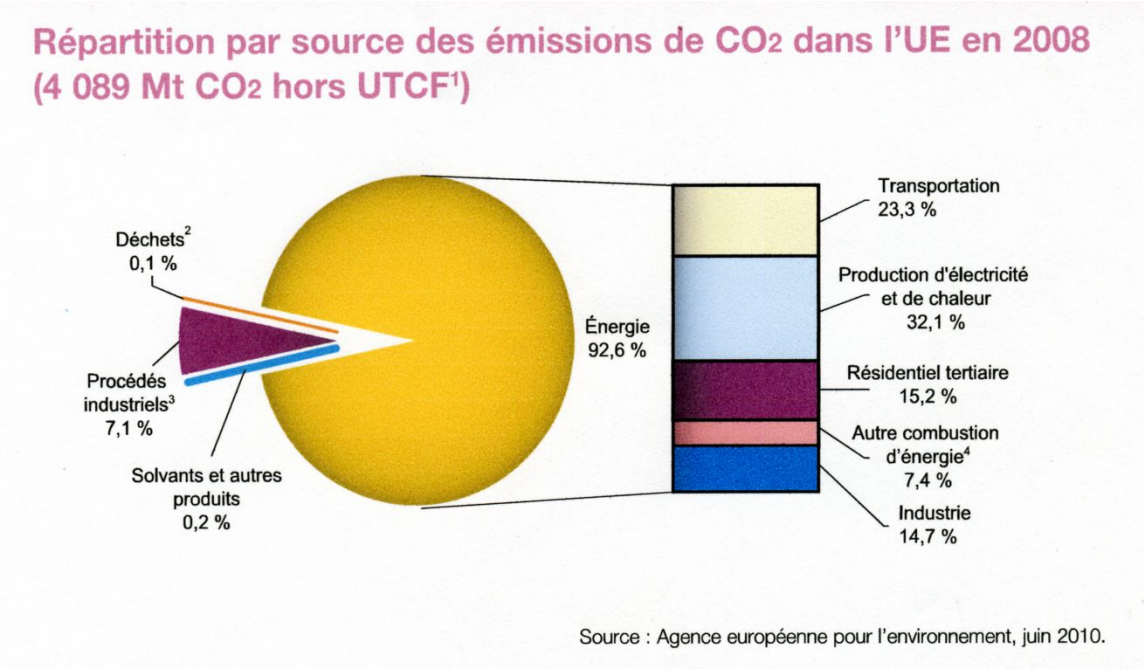
Le calcul des diminutions sur la base 2015 : 39,6 GT

PAYS	Promesses : -GT
Etats Unis	1.6
canada	0.2
Brésil	0.3
Europe	1.6
Russie	0.6
Indes	0.5
japon	0.4
Australie	0.3
Total (+divers)	**- 6.1 GT**



Répartition des émissions en Europe

* En Europe le
* Secteur le plus
* Émetteur est celui
* De la production
* D'électricité et de
* Chaleur puis celui
* Des transports



L’ énergie Electrique

Les alternatives de production électrique

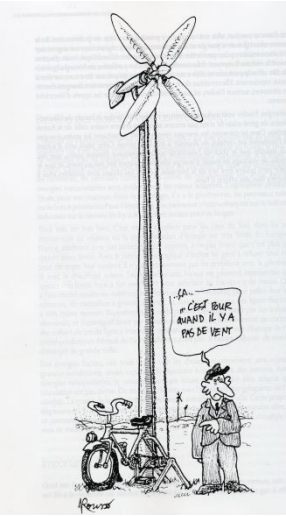
Des procédés vertueux et d'autres moins… En Kg CO2/Mw

* Hydraulique 4 K /MW
* Nucléaire 6 K /Mw
* Eolien 10-16 K /Mw
* Photovoltaïque 40 – 60 K/MW
* Géothermique 45 K/Mw
* Biomasse 75 K/Mw
* Gaz 420 K /Mw
* Fuel 890 K/Mw
* Charbon 970 K/Mw

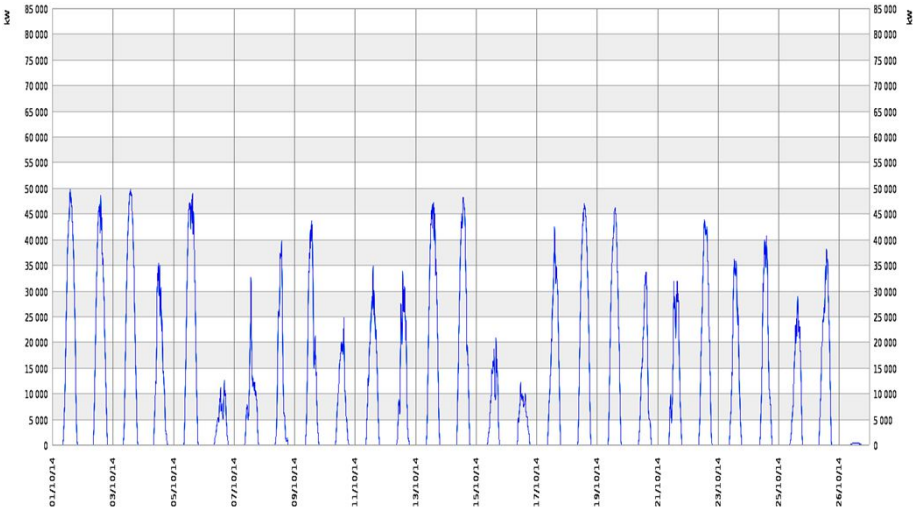
Des densités énergétiques très variables

Les énergies renouvelables

Eolien un taux de charge de 20%

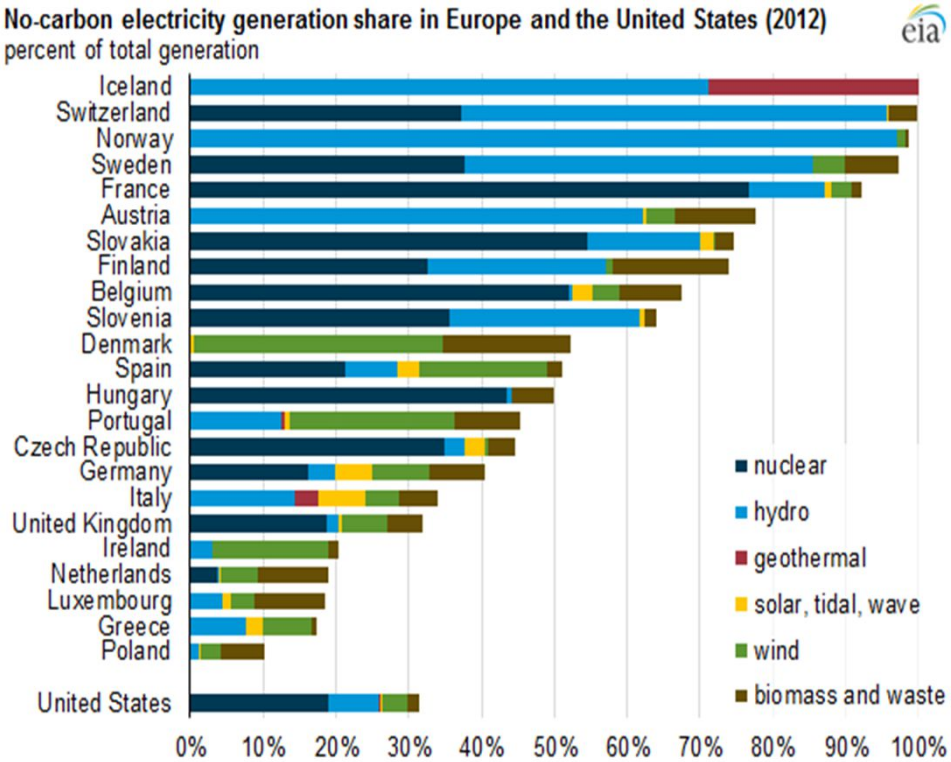


Photovoltaïque un taux de 14%



LE GROS PROBLEME DE L'ELECTRITE D'ORIGINE « RENOUVELABLE » EST LE COÛT DE L'INTERMITTENCE

Les défauts d'une production « renouvelable »



Les variations de production d'électricité rapides et parfois non prévisibles exigent des sources thermiques d'accompagnement

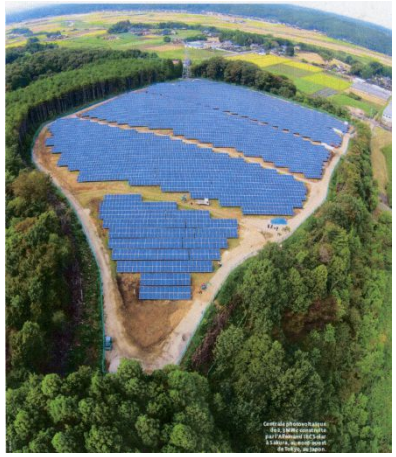
Lorsque les productions photovoltaïques ou éoliennes représentent une part importante de la production, pour pallier les variations dans le réseau il faut faire intervenir des sources d'accompagnement (gaz ou charbon)qui entrainent une empreinte carbonée forte
(ex Allemagne, Royaume Uni)

La faible densité énergétique des énergies renouvelables

* Eolien 2,5 – 5 w/m2

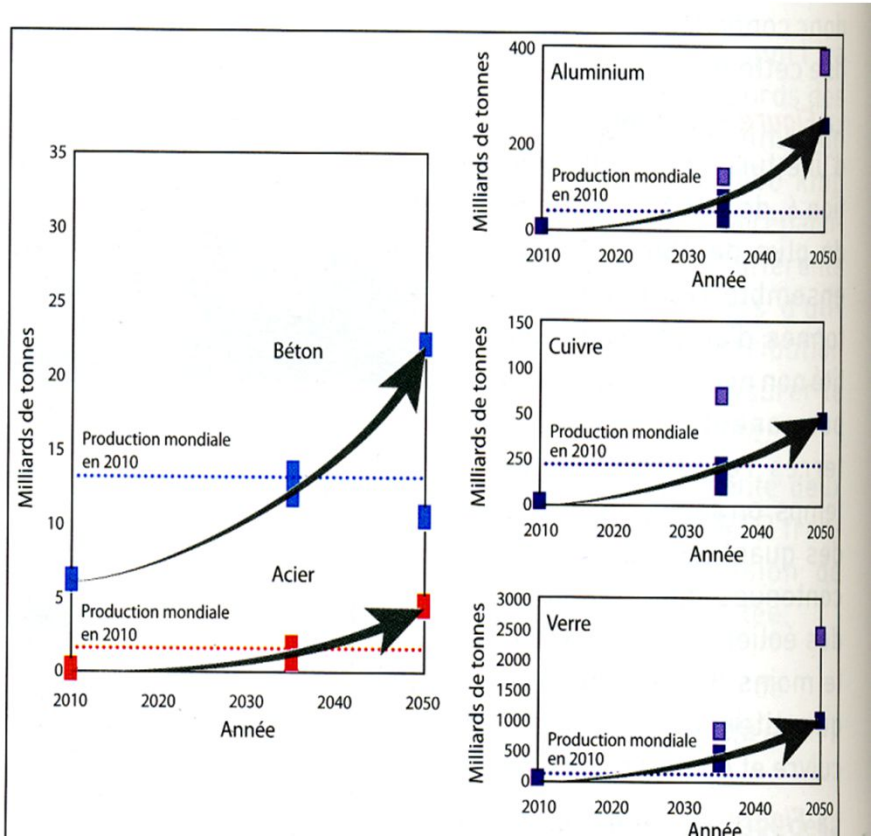
Pour remplacer 50% du nucléaire en France : 142km2 par Gw= 7000Km2 coût 99 Mrd

* Photovoltaïque 5-10 w/m2



Pour remplacer 50% du nucléaire en France : 32 km2 par Gw = 1120 Km2 et coût 131 Mrd

La folle extrapolation des EnR pour 2050



* Les extrapolations des énergies renouvelables ne prennent pas en compte les matériaux nécessaires pour leur réalisation. Les chiffres proposés conduisent à 2 à 8 fois la production mondiale.
* (Y Bréchet)

Les transports

Energie et transports

24% des émissions CO_2

* Augmentation 1990 -2010
* 1 Milliard de véhicules ?
* Moteur thermique CO_2, N_2O,
* Maximum de trajets - 10 Km
* Moyenne 12 000 Km/an
* Moyenne 160g CO_2/km soit:
* 2T Co_2 /An
* Pb : 1L gazole = 10 Kwh

Les Biocarburants

⌘EU 10% des carburants ?

⌘ **Agrocarburant**	**Efficacité**
⌘	**Energétique**
⌘	
⌘ **Ethanol de canne**	**5,8 - 5,0**
⌘ **Ethanol de betterave**	**1,30 – 1,25**
⌘ **Ethanol de blé**	**1,20 –1,05**
⌘ **Huile de colza**	**3,80 – 3,5**
⌘ **Huile de tournesol**	**3,0 – 2,7**
⌘ **EMVH**	**3,5 – 2,9**

Eeff = Energie obtenue/ Energie dépensée

Les Biocarburants oui mais….

- Faible Efficacité énergétique sauf canne à sucre et huiles végétales
- Cultures émission de N_2O
- Forte augmentation du prix des ressources alimentaires
- Transformations sauvages de forêts ; Brésil, Indonésie
- Pollution des eaux
- France: Subventions, TIPP

La voiture électrique ?

* **Rendements comparés**
* 1 L de gas oil = 10 Kwh
* Moteur thermique R=22%
* Moteur électrique R = 72%
* Diesel 6L/100km = Electrique 15 Kwh
* CO_2 Diesel 15,6Kg/100 Km
* CO_2 VE (France) 1,1 Kg/100km

* **Quel poids de batteries**
* Pb 40wh/Kg
* 1000Kg Pour 250 km
* Ni –MH 80wh/kg
* 500 Kg pour 250 Km
* Li – Ion 140 wh/kg
* 250 Kg pour 250 Km
* Futur ?

La voiture électrique Oui –mais..

Une autonomie encore limitée
Un coût encore élevée (Li-polymère)
Une sécurité des batteries Li encore à assurer
Des bornes de recharge à implanter
Une économie de CO_2 si le mix électrique est favorable
France: 75gr/Kwh = 11 gr / km
Allemagne: 600gr/Kwh = 90gr/km
Danemark ; 840 gr/ Kwh = 126 gr/km
Recharge éolien ou photovoltaïque
= 0 gr /km pour le particulier ?

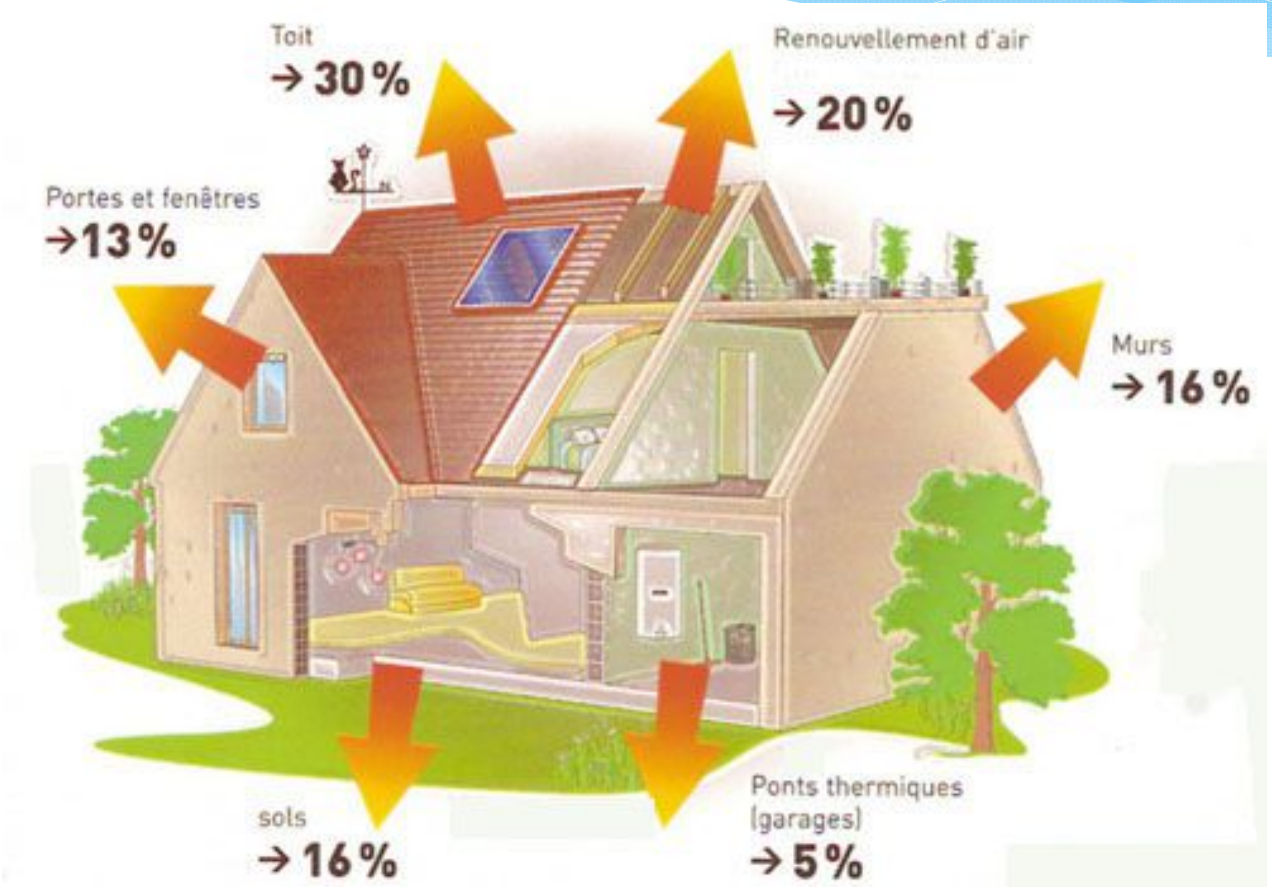
Et le véhicule à hydrogène ?

* Une merveille anti pollution
* $2\ H_2 + O_2 = 2\ H_2O$
* Une énergie décarbonée ?
* À 95% produit par « steam reforming » : $CH_4 + H_2O = CO + 3\ H_2$ et
  : $CO + H_2O = CO_2 + H_2$
* 1 Kg de H_2 émet 10 Kg de CO_2
* A 5% par électrolyse de l'eau
* NB La pile à Hydrogène nécessite des catalyseurs platinoïdes

Isolation dans l 'habitat

* En France 23% de la consommation énergétique
* L 'énergie la moins chère et la plus écologique est celle qu'on ne dépense pas

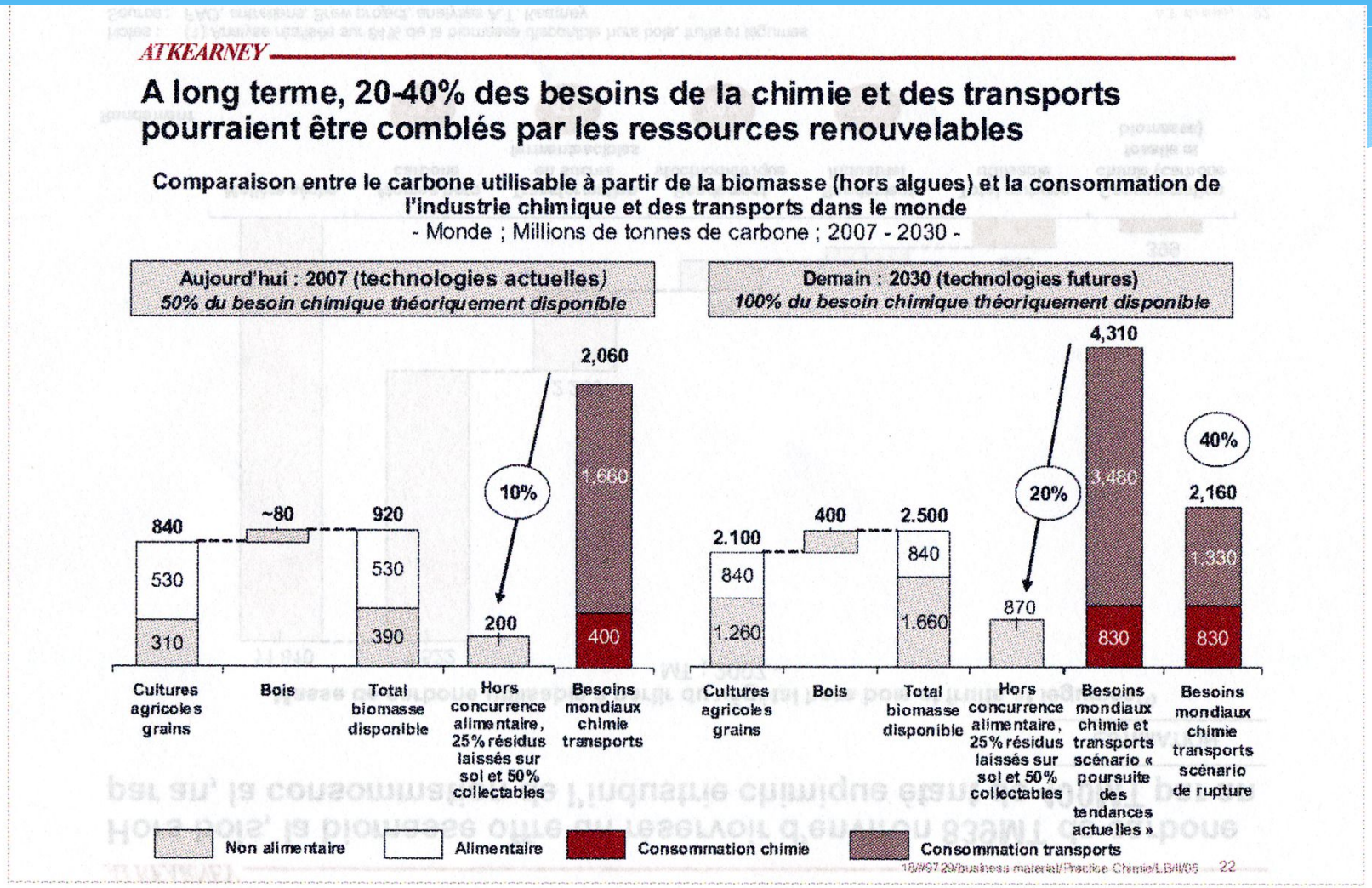
Les pertes de calories



La chimie « sustainable »

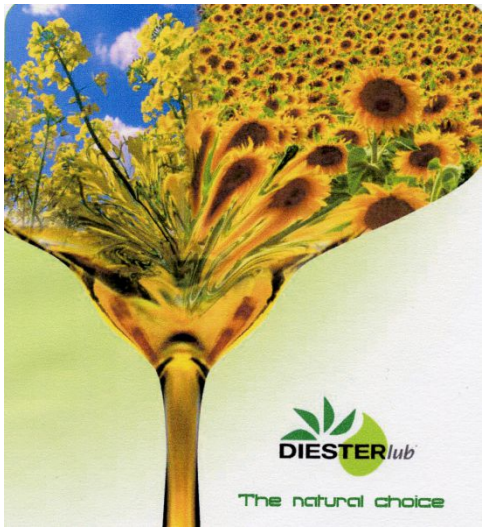
* Une chimie organique basée sur du carbone non issu des ressources fossiles : pétrole, gaz , naphta qui inévitablement un jour seront épuisées

La biomasse source de C



La chimie Biosourcée

* **Les lubrifiants et tensioactifs 1 à 30%**
* ***200 000 T de Rilsan***
* **Pour les « building blocks » 1%**
* ***400 000T (PDO,PLA …)*Pb Prix du sucre**
* **Gazéification de la biomasse**
* ***Des projets 10^5 T* Pb adaptation Process**
* NB Chimistes et Agroalimentaire Association

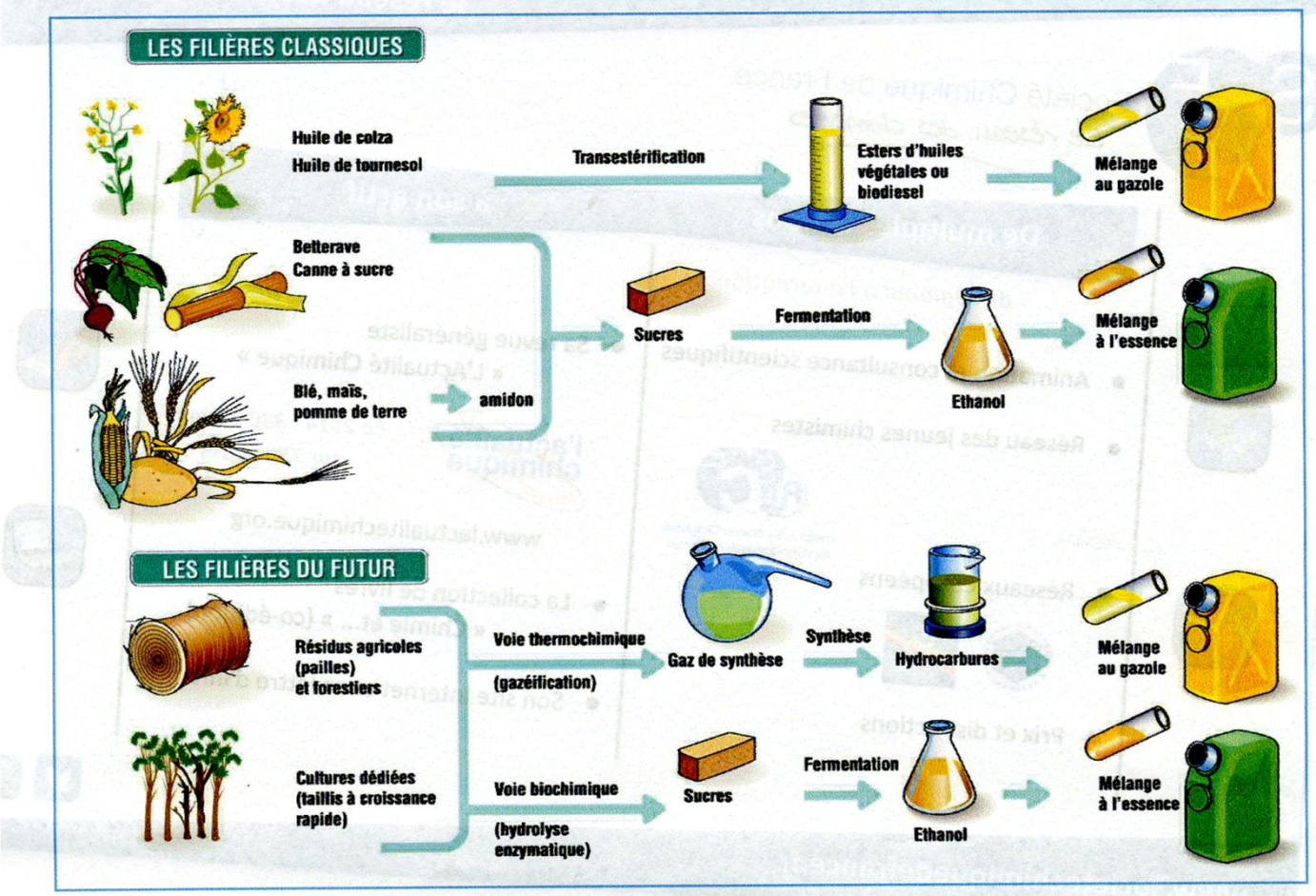


La Chimie Végétarienne hors ressources alimentaires

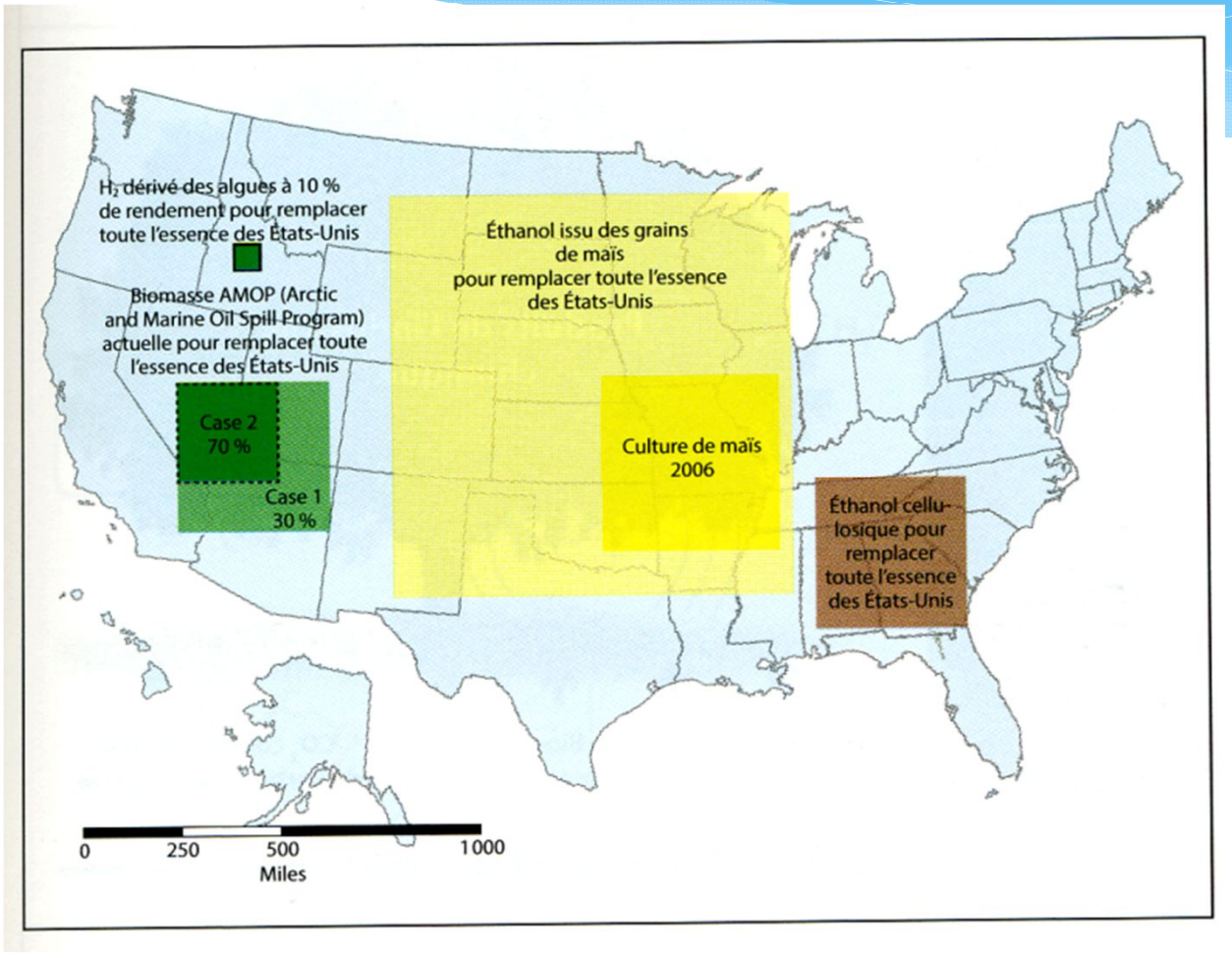
* L'Oléochimie (lubrifiants, tensioactifs, plastiques)
* La chimie des sucres (acide acétique, polylactique, adipique)
* La mécano – chimie (fibres, composites)
* La Thermochimie (biomasse 2° génération)

le plant de ricin

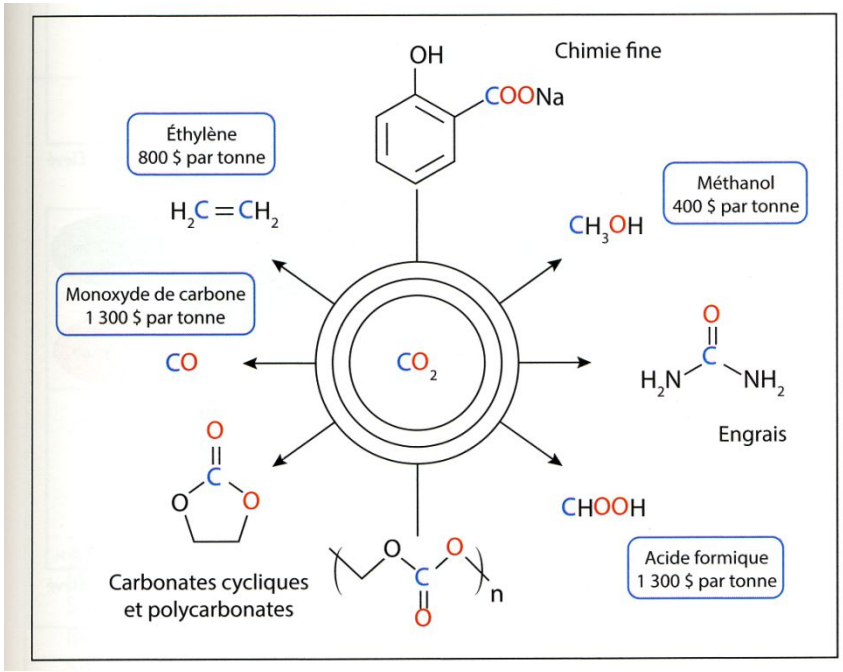
La chimie de la Biomasse



L'utopie de remplacement total des carburants



Faire de la chimie avec le CO2



* Actuellement la chimie dans ses procédés consomme environ 150 Mt de CO2 (moins de 0,5% des émissions)
* Des technologies émergentes pour des molécules à plus haute valeur ajoutée devraient permettre de doubler cette « immobilisation » à condition qu'un facteur 2 à 3 puisse être gagné sur le prix de production

La biochimie végétale 2.0

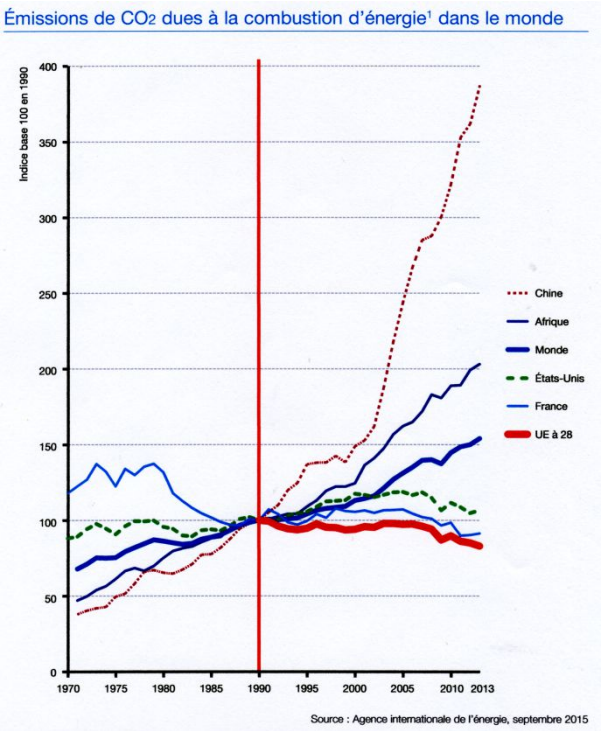
* Le bioéthanol cellulosique 2.0
* DuPont 115 Ml - 375000T vegetaux
* 5000 agriculteurs à 50 km
* Cocktail enzymatique
  Accelerase 1500
  Cellulose – Sucres – Ethanol
* Pb quelle efficacité énergétique ?
* Pb avec un pétrole à 50$
  gagner un facteur 2 à 4sur le prix

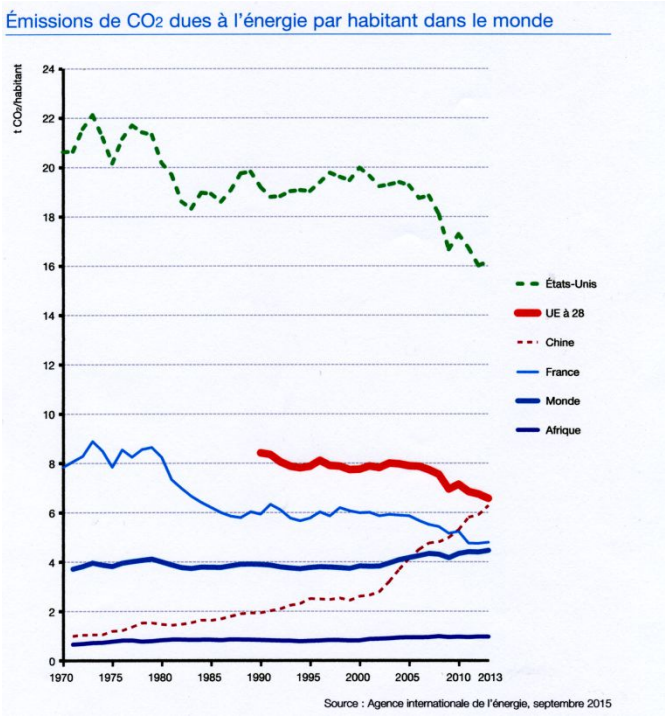
En guise de conclusion les chimères technologiques de la COP 21

* Pour l'énergie électrique renouvelable: difficile d'imaginer 50% sans recours aux autres productions et sans dérèglement total de la distribution
* Il reste encore un verrou technologique le stockage des grandes énergies et la quantité de matériaux nécessaire
* Pour les transports le passage à l'électrique, à l'hydrogène, aux biocarburants, nécessitera plus de quelques dizaines d'années
* La biochimie végétale permettra au mieux de remplacer 10% des besoins en carbone de la chimie

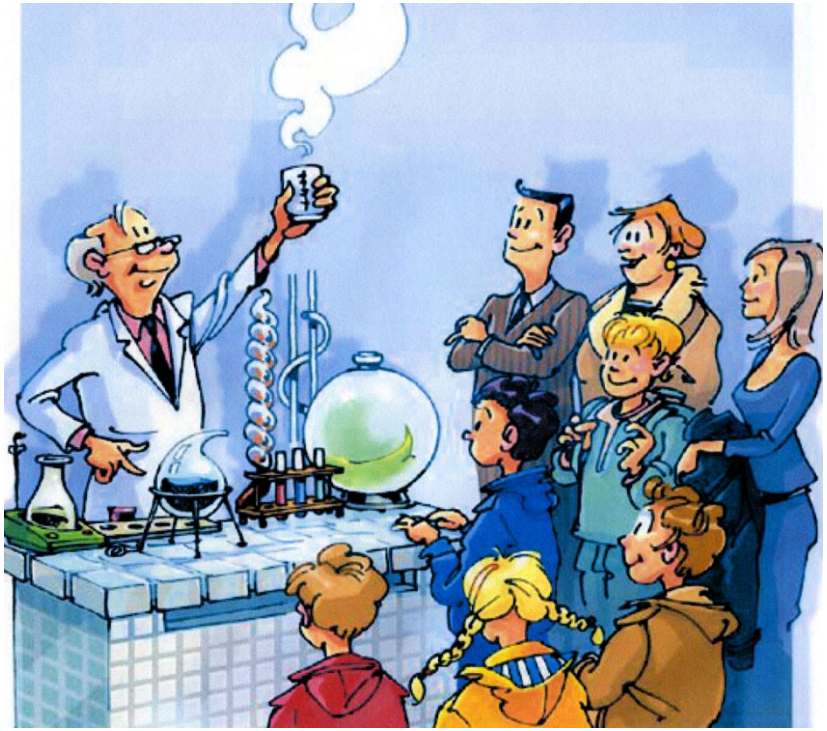
En guise de conclusions les chimères sociétales de la COP21

Comment imaginer que des populations ne désirent pas accéder à un niveau de vie comparable à celui des pays développés – où sont passés les 100 Md$?





Sans parler des chimères économiques ! !



MERCI de VOTRE ATTENTION