



PARTOUT OÙ LA NATURE A BESOIN DE NOUS

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



FORMATION ENERGIE FNE LR

LES BASES DE L'ÉNERGIE

Ce qu'en dit la physique : les formes

Ce qu'en dit l'économie : les sources

journée transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



CE QU'EN DIT LA PHYSIQUE (1)

SOUS QUELLES FORMES APPARAÎT-ELLE ?

- énergie thermique (chaleur)
- énergie mécanique (tout ce qui bouge)
- énergie rayonnante (soleil, IR, UV...)
- électricité (éclair, orage..)

QUELLES FORMES « CACHÉES »

- énergie mécanique potentielle (lac de montagne)
- énergie chimique (pétrole, gaz, tout ce qui peut brûler)
- énergie liée à la masse ($E=mc^2$)

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016

CE QU'EN DIT LA PHYSIQUE (2)

LES UNITÉS

- énergie thermique : la calorie (cal)
- Énergie mécanique : le joule (J)
- Et leur équivalence : 1 calorie = 4,18 joules

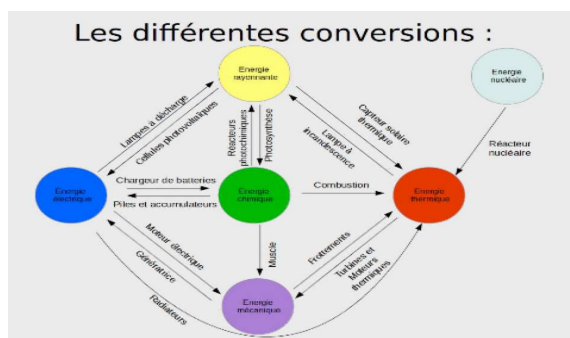
ATTENTION : TRÈS PETITES UNITÉS, DONC MULTIPLES

- Kilo = 10^3 (kcal et kJ) = mille
- Méga = 10^6 (Mcal et MJ) = un million
- Giga = 10^9 (Gcal et GJ) = un milliard
- Téra = 10^{12} (Tcal et TJ) = mille milliards

RATION ALIMENTAIRE QUOTIDIENNE : 2000 KCAL

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016

POUR ETRE CONCRET : LES TRANSFORMATIONS



journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016

CE QU'EN DIT LA PHYSIQUE (3)

LA PUISSANCE : QUELLE UNITÉ ?

- Puissance de votre compteur électrique ?
- Puissance d'un réacteur nucléaire ? D'une éolienne ?
- Puissance développée par une personne assise ?

- PUISSANCE = ÉNERGIE / TEMPS = WATT = JOULE/S

Enjeu essentiel de notre civilisation et de sa « rapidité »

- TRÈS LIÉE À L'ÉLECTRICITÉ QUI NE SE STOCKE PAS

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



CE QU'EN DIT LA PHYSIQUE (4)

NOUVELLE UNITÉ D'ÉNERGIE À PARTIR DE LA PUISSANCE

- Un radiateur électrique de 1kW fonctionne 3 heures : quelle énergie a-t-il fourni ?
- Watt-heure (Wh) : puissance X temps d'utilisation
=> et les multiples kWh, MWh, Gwh, TWh

Attention kWh et non kw/h (erreur classique)

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



FORMATION ENERGIE FNE LR

AVANT DE QUITTER LA PHYSIQUE

- Questions ?
- Remarques ?
- Commentaires ?

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



CE QU'EN DIT L'ÉCONOMIE (1)

Elle a besoin de sources d'énergie et les trouve sous 2 formes :

- énergies de stock (donc des énergies épuisables)
- énergies de flux (donc des énergies renouvelables)

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



CE QU'EN DIT L'ÉCONOMIE (2)

ÉNERGIES DE STOCK : LES ÉNERGIES DEPUIS DEUX SIÈCLES

- **Fossiles** : charbon, pétrole, gaz
Les fossiles fournissent de la chaleur ET des matières premières pour la chimie ET de l'électricité dans des centrales
Attention : rendement des centrales électriques (de 40 à 60% selon charbon ou gaz)
- **Uranium ou énergie nucléaire** (d'autres éléments)
Ne fournit QUE de la chaleur, obligatoirement transformée en électricité (rendement : 33%)

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



CE QU'EN DIT L'ÉCONOMIE (3)

ÉNERGIES DE FLUX : LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

(nouvelles et très anciennes)

- **Rayonnement solaire** : transformable en chaleur ou électricité (meilleur rendement en chaleur)
- **Vent** : électricité
- **Hydraulique** (y compris marine) : électricité
- **Géothermie** : chaleur (basse, moyenne, haute) ou électricité (très mauvais rendement)
- **Bois** : bois d'œuvre, matière première pour l'industrie (papier) et chaleur (transformable en électricité). ATTENTION : renouvelable lentement si bien gérée
- **Biomasse** dont biogaz, agrocarburant

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



CE QU'EN DIT L'ÉCONOMIE (4)

A créé sa propre unité :
LA TONNE ÉQUIVALENT PÉTROLE (TEP)

Pour raccord avec les autres unités :
1 Tep vaut 10 milliards de calories

A suivre

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



FORMATION ENERGIE FNE LR

COMPTER LES FLUX D'ÉNERGIE SUR UN TERRITOIRE

Sur la piste de l'énergie

Graphique ou tableau ?

Signification des choix

Évolution des grands agrégats français

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



SUR LA PISTE DE L'ÉNERGIE

ÉNERGIE PRIMAIRE : approvisionnement en énergie du pays

Transformation de l'énergie primaire

- Pertes du système énergétique
- Vecteurs
- Convention pour l'électricité

Énergie **FINALE** (consommation)

ÉNERGIE UTILE (notion émergente)

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



GRAPHIQUE OU TABLEAU (1)

REPRÉSENTATION DU BILAN ÉNERGÉTIQUE DE LA FRANCE

Sous forme graphique : **diagramme de Sankey**

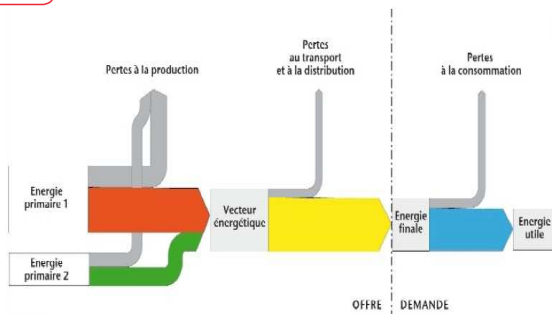
Principe du diagramme

- Celui de l'Etat
- Celui de Negawatt

• Sous forme de tableau : **présentation classique du bilan**

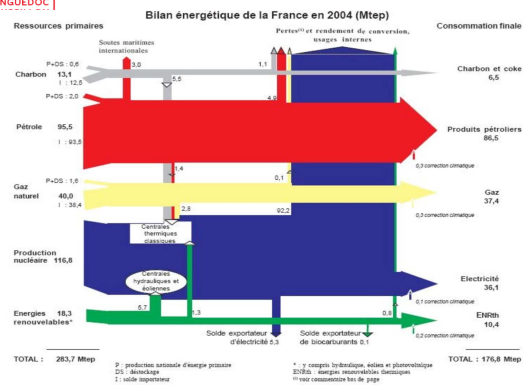
journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016

DIAGRAMME DE SANKEY : PRINCIPE (2)



journées transition énergétique 3-12-2015 &14-01-2016

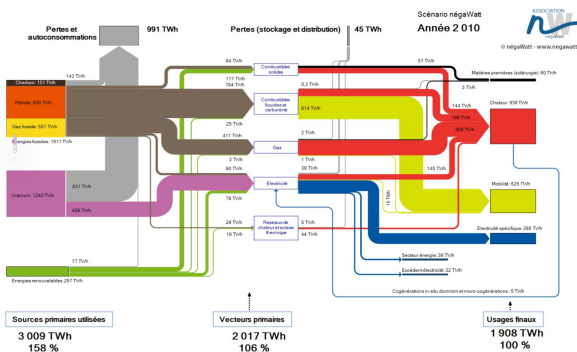
DIAGRAMME DE SANKEY : ETAT (3)



journées transition énergétique 3-12-2015 &14-01-2016

DIAGRAMME DE SANKEY NEGAWATT (4)

Représentation des flux d'énergies : des ressources primaires aux usages



journées transition énergétique 3-12-2015 &14-01-2016



LE BILAN SYNTHÉTIQUE CLASSIQUE (5)

Bilan de l'énergie 2011 en France métropolitaine*

Millions de tep	Charbon		Pétrole		Gaz		Électricité		ENR ¹ et déchets	Total ²
	Huilloie, lignite, PR ³	Coke, agglomérés	Brut	Raffiné	Naturel	Industriels	Production ⁴	Consommation		
Approvisionnement										
Total disponibilités		9,8	65,3	15,9	36,9	-	116,0	-	16,0	259,8
Production d'énergie primaire	0,1	-	0,9	1,0	0,5	-	121,0	-	15,6	138,9
Importations	9,0	0,9	64,4	40,4	41,4	-	0,8	-	0,5	157,4
Exportations	0,0	-0,1	-0,5	-22,8	-3,4	-	-5,7	-	-	-36,5
Stocks (+ : déstockage ; - : stockage)	0,0	0,0	0,5	-0,1	-1,7	-	-	-	-	-1,4
Soutes maritimes internationales	-	-	-	2,6	-	-	-	-	-	2,6
Emplis										
Consommation branche énergie (A)	6,2	-2,0	65,3	-60,4	6,3	0,4	-4,7	84,4	2,8	98,3
Raffinage	-	-	64,7	-60,4	0,6	-	-0,1	0,3	-	5,2
Production d'électricité thermique	3,2	-	-	0,8	4,2	0,5	-4,6	0,0	2,1	6,2
Usages internes	2,5	-2,0	-	0,2	0,5	-0,2	-	4,3	0,5	3,7
Pertes et ajustements	0,5	0,0	0,6	-0,8	0,0	0,0	-	79,7	0,2	81,3
Consommation finale énergétique (corrigée du climat) (B)	2,8	2,7	-	66,5	32,4	-0,4	-	37,1	14,3	155,6
Sidéurgie	1,4	2,4	-	0,0	0,5	-0,4	-	0,9	-	4,9
Industrie (hors sidéurgie)	1,1	0,3	-	5,2	9,6	-	-	9,5	2,2	27,9
Résidentiel-tertiaire	0,3	0,0	-	11,6	21,9	-	-	25,0	9,7	68,5
Agriculture	-	-	-	3,3	0,2	-	-	0,6	0,0	4,2
Transports ⁵	-	-	-	46,5	0,1	-	-	1,0	2,4	50,0
Consommation finale non énergétique (C)	-	0,1	-	11,1	1,4	-	-	-	-	12,6
Consommation totale d'énergie primaire (corrigée des variations climatiques) (A + B + C)	9,8	-	82,6	-	40,1	-	115,1	17,1	26,4	

Indice de rigueur climatique 2011 = 0,812.
Le climat « normal » correspond à la période de référence tropicale 1981-2010.
¹ ENR : produits de récupération.
² Dont : hydraulique, éolien et photovoltaïque : 5,6 Mtep ; nucléaire : 115,3 Mtep.
³ PR : produits de récupération.
⁴ Hors soutes maritimes internationales.
⁵ Méthodologie : voir page 35.

Source : SOeS, bilan de l'énergie

journées transition énergétique 3-12-2015 &14-01-2016



SIGNIFICATION DES CHOIX

LES INCOHÉRENCES DU BILAN CLASSIQUE

- Plus d'uranium, plus de nucléaire
- Un poste « électricité » alors qu'on y mélange de la chaleur nucléaire et de l'électricité renouvelable, ce qui valorise outrageusement le nucléaire
- La chaleur nucléaire considérée comme une énergie française alors que tout l'uranium est importé
- Résultat : nous sommes « indépendants » grâce aux fortes pertes du nucléaire

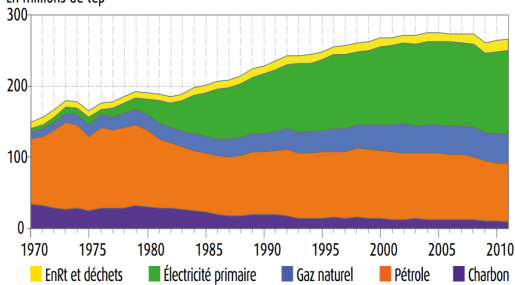
journées transition énergétique 3-12-2015 &14-01-2016



ÉVOLUTION DES GRANDS AGRÉGATS FRANÇAIS (1)

Consommation d'énergie primaire (corrigée des variations climatiques) par énergie

En millions de tep

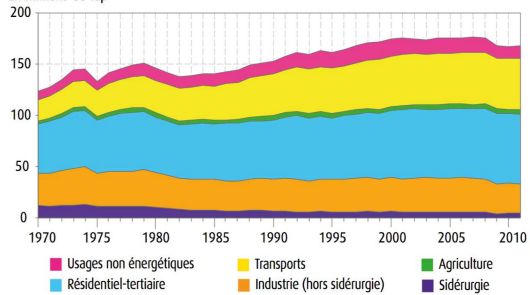


journées transition énergétique 3-12-2015 &14-01-2016



EVOLUTION DES GRANDS AGRÉGATS FRANÇAIS (2)

Consommation d'énergie finale par secteur
En millions de tep



journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



EVOLUTION DES GRANDS AGRÉGATS FRANÇAIS (3)

CONCLUSION ENTRE 1973 ET AUJOURD'HUI

la population s'est accrue de 25 % (52 à 65 millions)

la consommation d'énergie finale de 16%

la consommation d'énergie primaire de 48%

le PIB de 50%

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



FORMATION ENERGIE FNE LR

Questions ?

Remarques ?

Commentaires ?

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



FORMATION ENERGIE FNE LR

L'ÉNERGIE DANS LE MONDE ET EN EUROPE

L'énergie dans le monde

Les enjeux

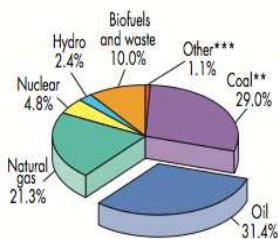
Flash sur l'Europe

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016

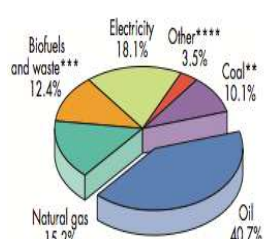


L'ÉNERGIE DANS LE MONDE EN 2012 (1)

ÉNERGIE PRIMAIRE
13.370 Mtep
2 tep/h



ÉNERGIE FINALE
8.979 Mtep
1,3 tep/h

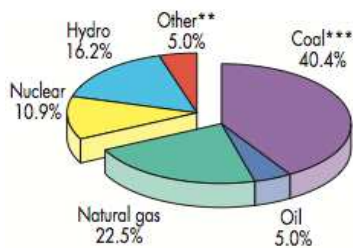


journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



L'ÉNERGIE DANS LE MONDE EN 2012 (2)

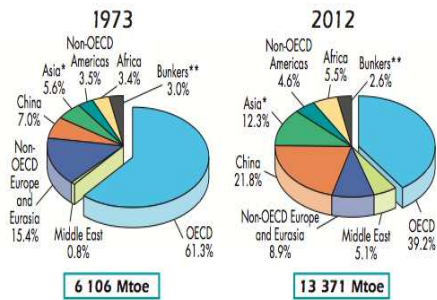
FLASH SUR LA PRODUCTION L'ÉLECTRICITÉ



journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016

L'ÉNERGIE DANS LE MONDE EN 2012 (3)

PAR GRANDES RÉGIONS (ÉNERGIE PRIMAIRE)



journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016

L'ÉNERGIE DANS LE MONDE EN 2012 (4)

POUR QUELQUES PAYS (ORDRE DE GRANDEUR)

- Chine : # 2 tep/h (proche moyenne mondiale)
- USA, canada : # 8 tep/h
- Europe, Japon : # 4 tep/h
- Afrique, Asie (hors chine) : entre 0,3 et 1 tep/h
- Qatar, Koweït : entre 10 et 18 tep/h

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016

LES ENJEUX

ENTRE LE « TROP DE RESSOURCES » ET LE « PAS ASSEZ »

- Trop pour le climat (du charbon pour plus d'un siècle)
- Pas assez pour le pétrole (peak oil?) ; pas encore de substitut pour les transports
- Arrivée des gaz/ huiles de schistes (géopolitique mondiale)
- Course de vitesse entre nucléaire et renouvelables électriques

UN MONDE TROP INÉGALITAIRE

- Inégalité des répartitions de ressources et risque de conflit
- Trop de population sans accès à l'énergie et à l'eau

SOBRIÉTÉ ET EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE INSUFFISANTE

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



FLASH SUR L'EUROPE (1)

LA DIVERSITÉ DES SITUATIONS

- De 400.000 à 80 millions d'habitants
- De Moins de 2 Tep/h (chypre, Roumanie, Portugal) à 7,7 Tep/h (Luxembourg) ; Allemagne et France : 3,8 tep/h

LE POIDS DU CHARBON (Allemagne , Pologne, mais aussi importation des USA)

LE POIDS DU NUCLÉAIRE (France, Slovaquie, hongrie, Belgique, Suède, Slovénie - plus de 37%)

LE DÉCOLLAGE DES ENR

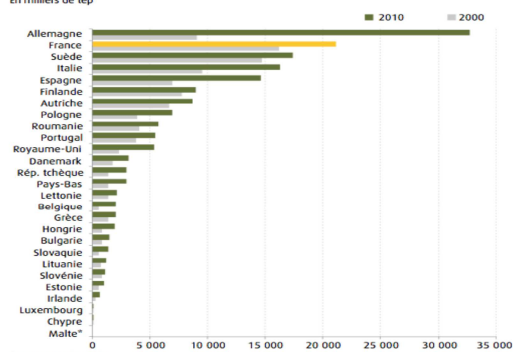
journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



FLASH SUR L'EUROPE (2)

LE DÉCOLLAGE DES ENR

Production primaire d'énergies renouvelables dans l'Union européenne, en 2000 et 2010
En milliers de tep



* Données non disponibles.
Champ : hors pompes à chaleur. Source : SDES pour la France (y compris DOM), Eurostat pour les autres pays



FLASH SUR L'EUROPE (3)

LES POLITIQUES MENÉES DEPUIS 2009

- les 3 fois 20 pour 2020 (GES, maîtrise conso, ENR)
- La catastrophe du marché carbone

LA POLITIQUE QUI SE DESSINE

- freinage de la transition énergétique
- GES : - 40%
- ENR : 27%
- Maîtrise des consommations : - 27%

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



FORMATION ENERGIE FNE LR

L'ÉNERGIE DANS LE MONDE ET EN EUROPE

Questions ?

Remarques ?

Commentaires ?

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



FORMATION ENERGIE FNE LR

LES GES DANS LE MONDE ET EN EUROPE

Rappel effet de serre

L'unité de GES : la tonne équivalent CO₂

Qui produit quoi ?

Et la responsabilité historique ?

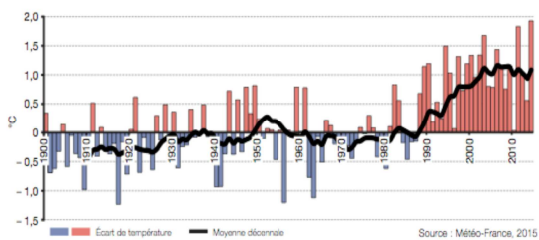
journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



RAPPEL EFFET DE SERRE (1)

- L'effet de serre est naturel (-18° à 15° - vapeur d'eau)
- Mais nous l'avons trop augmenté

Évolution des températures moyennes en France de 1900 à 2014
par rapport à la période de référence 1961-1990



journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



RAPPEL EFFET DE SERRE (2) les gaz en cause :

EXEMPLE SUR LE CO₂ (GAZ CARBONIQUE)

- En 2 siècles : 280 ppm >> 400ppm

EXEMPLE SUR LE CH₄ (MÉTHANE)

- En 2 siècles : 750 ppb >> 1700ppb

LES AUTRES GAZ À EFFET DE SERRE

- Le protoxyde d'azote (N₂O)
- Les gaz fluorés

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



L'UNITÉ POUR LES GES : TCO₂ÉQ TONNE ÉQUIVALENT CO₂ (1)

POUR CHAQUE GAZ ON ÉVALUE SON PRG (POUVOIR DE RÉCHAUFFEMENT GLOBAL)

- C'est la quantité de ce gaz qui aura le même pouvoir de réchauffement qu'une tonne de CO₂
- Évaluation moyenne faite sur un siècle
- Méthane : 21 (près de 80 sur un quart de siècle)
- Protoxyde d'azote : 250
- Les gaz fluorés : plus de 10.000

• Aujourd'hui l'ensemble des émissions mondiales représente annuellement 50 Gt CO₂ éq (environ 36 pour le seul CO₂), soit environ 7 tCO₂éq/hab

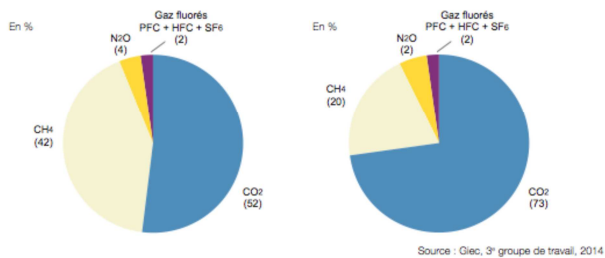
journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



L'UNITÉ POUR LES GES : TCO₂ÉQ TONNE ÉQUIVALENT CO₂ (2)

Répartition des émissions mondiale de GES¹ par gaz en 2010

Selon le potentiel de réchauffement global² à 20 ans Selon le potentiel de réchauffement global² à 100 ans

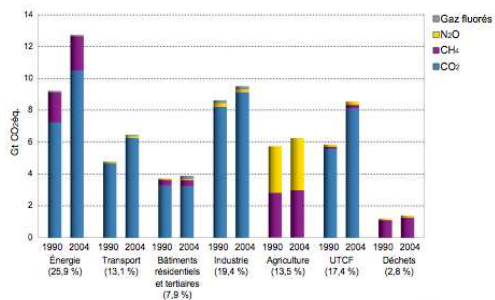


journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



L'UNITÉ POUR LES GES : TCO₂ÉQ TONNE ÉQUIVALENT CO₂ (3)

Évolution des émissions mondiales de GES par secteur entre 1990 et 2004



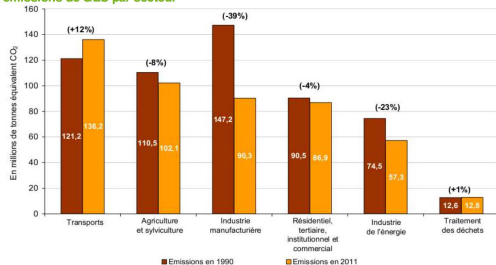
journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



L'UNITÉ POUR LES GES : TCO₂ÉQ TONNE ÉQUIVALENT CO₂ (3)

ET POUR LA FRANCE (attention production pas consommation)

Évolution des émissions de GES par secteur



Champ : Métropole et outre-mer périmètre Kyoto (Guadeloupe, Guyane, Martinique, Réunion, St-Barthélemy, St-Martin).
Note : Les pourcentages indiqués entre parenthèses correspondent à l'évolution des émissions entre 1990 et 2011.
Source : Cilepa, inventaire CNUCC, février 2013.

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



QUI PRODUIT QUOI ? (1)

CETTE QUESTION EN RECOUVRE AU MOINS 3

- Qui produit quoi au niveau des pays : les + émetteurs (impacte le climat)
- Qui produit quoi par tête d'habitant de chaque pays (en lien avec la justice environnementale)
- Sans oublier qui a produit quoi depuis deux siècles (responsabilité historique sur le climat)

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



QUI PRODUIT QUOI ? (2)

LES 10 PAYS LES PLUS ÉMETTEURS EN 2013

- Les **5 premiers** : Chine (29,2%) Etats-Unis (15%) Union européenne (10,6%) Inde (5,8%) Russie (5%)
- Les **5 suivants** : Japon (3,8%) Allemagne (2,4%) Corée du Sud (1,8%) Canada (1,6%) Indonésie (1,5%)
- L'Italie et la France en 17ème et 18ème position

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



QUI PRODUIT QUOI ? (3)

LES PAYS LES PLUS ÉMETTEURS PAR TÊTE D'HABITANT EN 2013 :

- **Au-delà de 20 tCO₂eq** : Qatar, Trinité-et-Tobago, Koweït, Émirats Arabes Unis, Brunéi, Antigua-et-Barbuda, Aruba, Bahreïn, Luxembourg, Montserrat, Malouines
- **Au-delà de 10 tCO₂eq** : Oman, Arabie Saoudite, États-Unis, Nouvelle Calédonie, Kazakhstan, Australie, Canada, Palaos, Îles Féroé, Estonie, Russie, Corée du Sud, Îles Caïmans, Norvège, Groenland
- Retenir : moyenne mondiale # 7 tCO₂eq/h
 - États-Unis : # 16
 - Chine : # 7
 - **Union européenne : # 8**

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



ET LA RESPONSABILITÉ HISTORIQUE ? (1)

DANS LES ACCORDS DE KYOTO (PAYS ANNEXE 1 ET NON-ANNEXE 1)

- Signaient la responsabilité historique des pays émetteurs depuis plus d'un siècle, qui seuls devaient faire des efforts

ET AUJOURD'HUI

- Impossible aujourd'hui de ne pas demander des **efforts à tout le monde** ou presque, mais pas les mêmes
- Le **fond vert** pour le climat (100 Md\$/an) indispensable

La COP21 ne peut avoir une chance de réussir que si ces deux conditions sont réunies

ET si on ne commet pas d'erreur....

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



ET LA RESPONSABILITÉ HISTORIQUE ? (2)

QUELLES ERREURS ?

- Croire que le **nucléaire** pourrait aider le climat alors que :
 - le nucléaire représente aujourd'hui **2% de la consommation mondiale** d'énergie, 10,8 % de la production d'électricité et 4% d'économie de GES
 - même un **doublément serait dérisoire** (passer de 438 réacteurs à 876)
 - il faudrait plus de 15 ans pour y arriver, que ce serait hors de prix et que c'est un rythme impossible

LE NUCLÉAIRE POUR LE CLIMAT : TROP DANGEREUX ! TROP TARD ! TROP CHER ! TROP PEU !

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016



FORMATION ENERGIE FNE LR

LES GES DANS LE MONDE ET EN EUROPE

Questions ?

Remarques ?

Commentaires ?

journées transition énergétique 3-12-2015 & 14-01-2016
