

Café In

Jeudi 26 janvier 2012

# Combien coûte une tonne de CO<sub>2</sub> ?

Mireille Bossy, Nadia Maïzi, Odile Pourtallier



# Carbone et carbone équivalence(\*)

## Émissions mondiales de gaz à effet de serre anthropiques

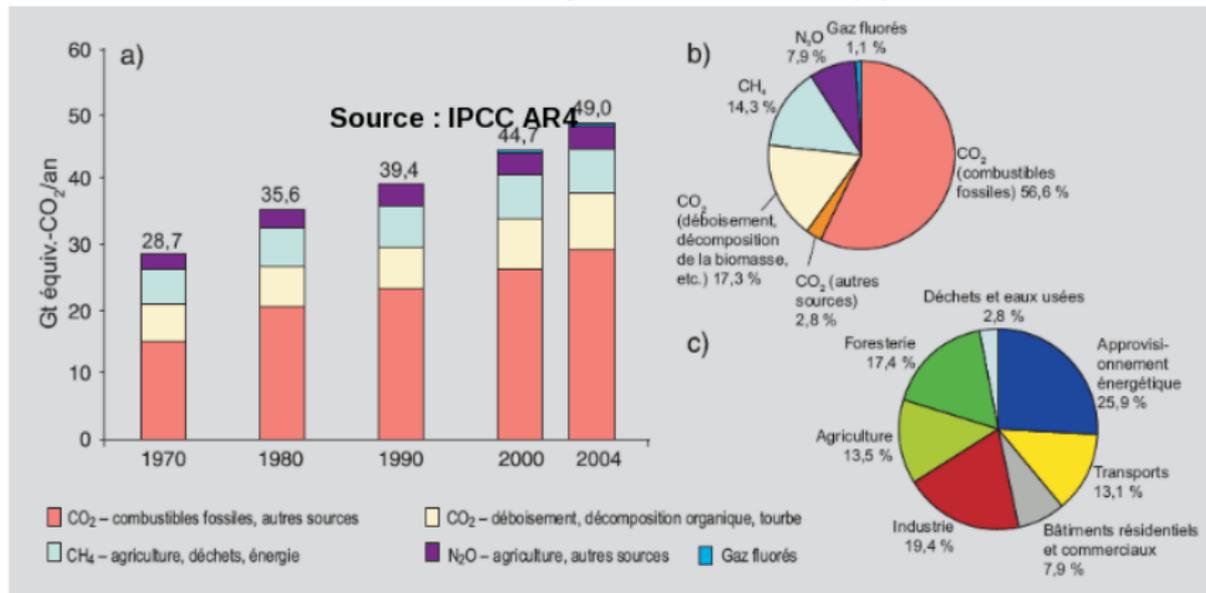


Figure RID.3. a) Émissions annuelles de GES anthropiques dans le monde, 1970-2004<sup>5</sup>. b) Parts respectives des différents GES anthropiques dans les émissions totales de 2004, en équivalent-CO<sub>2</sub>. c) Contribution des différents secteurs aux émissions totales de GES anthropiques en 2004, en équivalent-CO<sub>2</sub>. (La foresterie inclut le déboisement). {Figure 2.1}

(\* Wikipedia)

# Conversion via le potentiel de réchauffement<sup>(\*)</sup>

**Concentrations atmosphériques en volume, durée de séjour et potentiel de réchauffement des principaux gaz à effet de serre** <sup>[réf. incomplète]<sup>12</sup></sup>

gaz à effet de serre	formule	concentration préindustrielle	concentration actuelle	durée de séjour (ans)	PRG à 100 ans
vapeur d'eau	H <sub>2</sub> O	3‰	3‰	~0,02 (1-2 semaines)	8
dioxyde de carbone	CO <sub>2</sub>	278 ppm	387 ppm <sup>13</sup>	15 <sup>14</sup> - 200	1
méthane	CH <sub>4</sub>	0,7 ppm	1,7 ppm	4 <sup>15</sup>	23
protoxyde d'azote	N <sub>2</sub> O	0,275 ppm	0,311 ppm	120	310
dichlorodifluorométhane (CFC-12)	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	0	0,503 ppb	130 <sup>16</sup>	6 200 - 7 100
chlorodifluorométhane (HCFC-22)	CHClF <sub>2</sub>	0	0,105 ppb	12	1 300 - 1 400
tétrafluorométhane <sup>17</sup>	CF <sub>4</sub>	0	0,070 ppb	50 000	6 500
hexafluorure de soufre	SF <sub>6</sub>	0	0,032 ppb	3 200	22 800 <sup>18</sup>

(\* : Wikipedia)

# Valeur du carbone: le coût social

**Évaluer le dommage additionnel à une date future induit par une tonne de CO2 supplémentaire à une date de référence  $t_0$**   
à partir

- ▶ d'un profil d'émission de référence à  $t_0$
- ▶ d'une fonction de dommage

## Enjeux méthodologiques:

taux d'actualisation, valorisation de pertes de biodiversité, agrégation entre pays, évènements extrêmes, catastrophes, ...

## Valeur du carbone: le coût de réduction

Évaluer le coût des mesures à prendre pour durcir d'une tonne supplémentaire un objectif de réduction donné à une date  $T$  (type Kyoto, paquet climat,F4).

Catégories IPCC	Réduction VS 2000	CO2-eq (ppm)	CO2 (ppm)
I	-85% to -50%	445-490	350-400
II	-60% to -30%	490-535	400-440
III	-30% to +5%	535-590	440-485
IV	+10% to +60%	590-710	485-570
V	+25% to +85%	710-855	570-660
VI	+90% to +140%	855-1130	660-790

# Les valeurs typiques du carbone en 2011

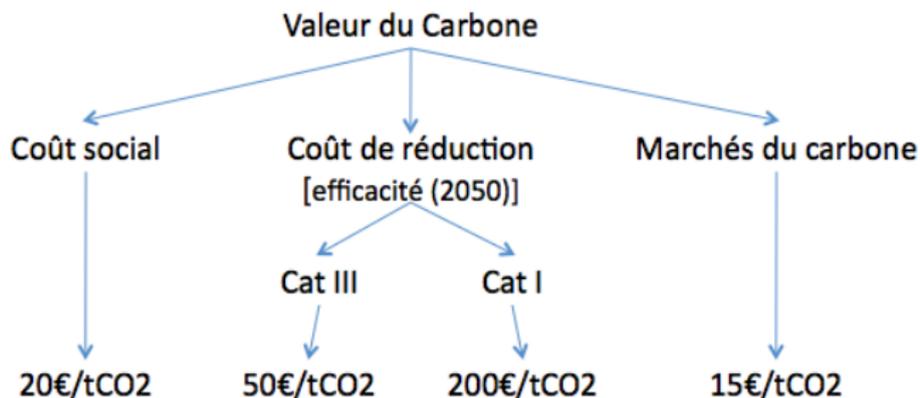


Figure 1: Valeurs typiques du Carbone, Edi Assoumou (2011).

# Statistiques sur les valeurs publiées du coût social

Dépendance vis à vis des hypothèses :

€/ tCO <sub>2</sub>	Moyenne	Ecart-Type
R. Tol 2005: 103 estimations	20	43
R. Tol 2007: 211 estimations	19	52

## Valeur du carbone: variabilité du coût de réduction

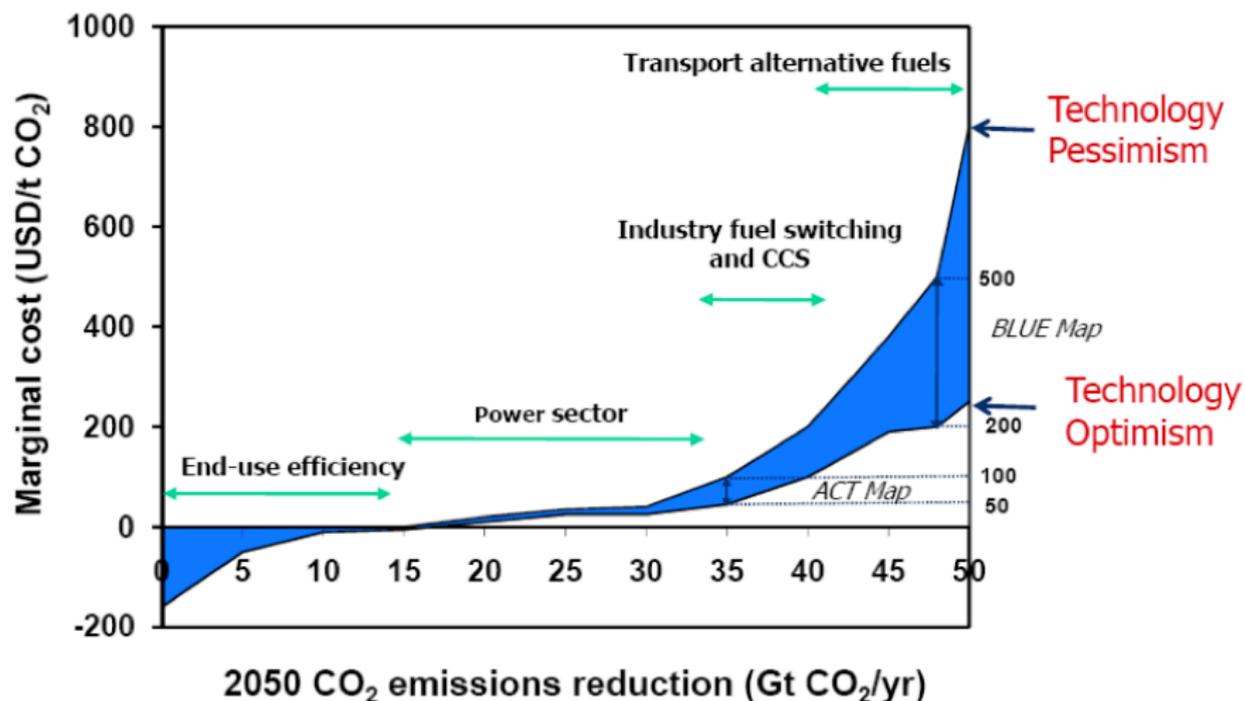


Figure 2: Coûts marginaux de réduction: Source AIE ETP 2008

# Le protocole de Kyoto

- ▶ Adopté en 1997 (mise en œuvre 2005, ratifié par 191 États).
- ▶ Impose à 37 pays parmi les plus industrialisés un objectif de réduction d'au moins 5% des émissions de gaz à effet de serre (GES) par rapport à 1990.
- ▶ Objectif à atteindre sur la période 2008-2012.
- ▶ Un grand absent : les États-Unis.

# Le système des quotas

- ▶ Chaque pays reçoit une quantité de quotas pour une période (1ere période : 2008-2012).
- ▶ A la fin de la période il doit détenir autant de quotas que de tonnes de GES émis.
- ▶ Mécanismes de flexibilité des échanges commerciaux de quotas, Mise en Oeuvre Conjointe et Mécanisme pour un Développement Propre (MOC & MDP).

# Les engagements européens

- ▶ 8% de réduction en 2008-2012 (par rapport à 1990).
  - ▶ Des différences nationales selon le développement du pays : de - 21% pour le Danemark à +27% pour le Portugal !
  - ▶ 20% de réduction en 2020 (par rapport à 1990) sans accord international.
  - ▶ 30% si accord international satisfaisant.
- 
- ▶ **Facteur 4** en France : vise à diviser par quatre d'ici 2050 ses émissions.  
«Stratégie nationale de développement durable 2003», «Plan climat 2004», «Loi de programme, orientations politique énergétique 2005», «Grenelle de l'environnement 2007 », mais reste à -8% pour Kyoto.

# L'EU ETS

- ▶ EU ETS = European Union Emission Trading Scheme.  
Système d'échange de quotas entre les industriels soumis à un plafond d'émission
  - ▶ cogénération, installations de combustion, raffineries de pétrole, usines sidérurgiques, ciment, verre, chaux, briques, céramique, pâte à papier et papier,...
- ▶ Phase 1 dite *pilote* de 2005 à 2007.
- ▶ Phase 2 dite *Kyoto* de 2008 à 2012.
  - ▶ près de la moitié des émissions de CO<sub>2</sub> en Europe est couvertes par l'EU ETS.
- ▶ Phase 3 dite *de renforcement* de 2013 à 2020.

# Le fonctionnement du marché

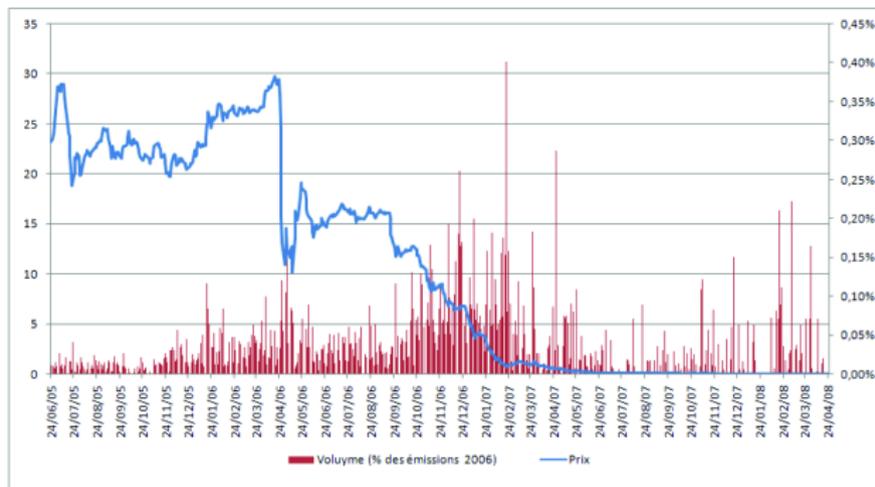
Un marché d'échange de permis d'émission :

- ▶ Chaque phase est divisée en périodes annuelles.
- ▶ Chaque État élabore tous les ans un Plan National d'Allocation de Quotas (PNAQ) : alloue une quantité annuelle limite d'émission de CO<sub>2</sub> à chaque installation concernée.
  - ▶ En phase 2 : allocation gratuite de 90% des quotas.
  - ▶ En phase 3 : 100% des allocations mises aux enchères pour le secteur de l'électricité.
- ▶ A la fin de chaque période, chaque installation doit restituer des quotas en quantité égale à ses émissions réelles, sous peine de payer une taxe (100€ par tonne de CO<sub>2</sub>eq).
- ▶ Possibilité d'achat ou de vente des quotas sur un marché organisé (ECX, BlueNext, EEX) ou de gré à gré (contrat bilatéraux).

# L'EU ETS pendant la phase I (2005 à 2007)

Que s'est-il passé ?

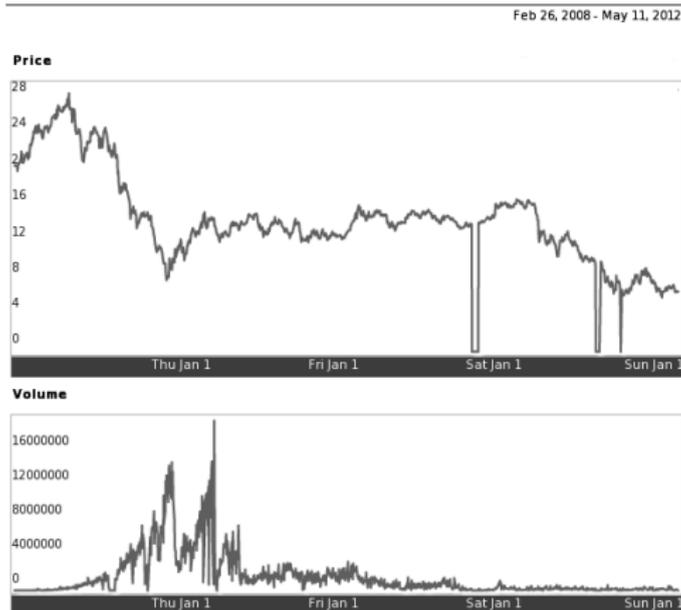
- ▶ Les installations font leur comptes en avril.
- ▶ Sur-allocation de quotas : tout le monde (pratiquement) était vendeur !
- ▶ Les quotas n'étaient pas stockables pour la deuxième période.



(source: BlueNext)

## Pendant la phase II (2008– septembre 2012)

- ▶ Phase Kyoto (2008-2012)
- ▶ 50% des émissions en Europe couvertes



(source: BlueNext)

Une troisième phase (*de renforcement*) : 2013-2020

- ▶ vise un objectif de réduction globale de 20% des émissions de l'EU relativement au niveau de 1990
- ▶ système d'enchère au lieu d'allocation gratuite

# Spécificité du marché

- ▶ Peu de liquidité, probablement du fait du peu d'expertise d'une partie des participants
  
- ▶ Effet de périodicité du au calendrier de conformité
- ▶ Marché très sensible aux changements des règles qui sont encore nombreux.
- ▶ Actuellement : tendance nette à la baisse, sans doute due à une anticipation de baisse de l'activité industrielle (c'est la crise...) + fin de phase.

# Les objectifs de la modélisation

Les marchés de carbone font maintenant parties ??/ des instruments d'accompagnement des politiques de réduction d'émissions de CO<sub>2</sub> pour répondre aux enjeux du changement climatique.

- ▶ Jusqu'à quel point un marché de carbone est une mesure efficace pour réellement réduire les émissions de CO<sub>2</sub> ?
- ▶ Peut-on comparer ce dispositif à celui d'une taxe carbone ?
- ▶ Comment établir un bon/meilleur design de marché dans un objectif de réduction ?

## Nod objectifs

- ▶ Proposer des outils mathématiques et numériques pour apporter des éléments de réponses à ces questions.
  - ▶ Utiliser les outils des mathématiques financières, comme la notion de prix d'indifférence pour analyser based on an indifference price from the producers view point.
  - ▶ Study case : The European Union Emission Trading Scheme (EU ETS).

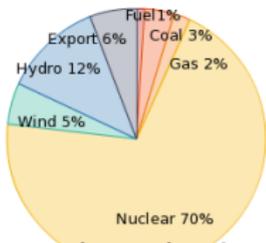
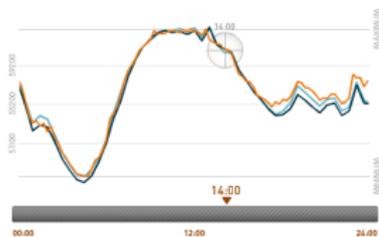
(this work is funded by ADEME, the French Environmental Agency.)

# On se restreint au secteur de la production d'électricité

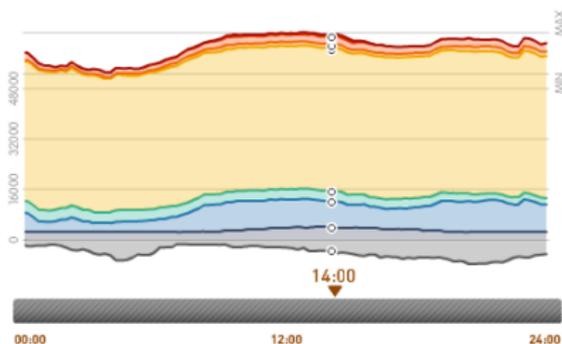
Ce secteur représente 70% du plan d'allocation en phase 1.

flexibilité des émissions : *fuel switching*

demande inélastique : c'est le prix sur le marché spot de l'électricité qui capture la part stochastique de la demande



Global demand, production (mix), and emission on 2012-26-04, (from RTE France)



14:00

## Le reste du support de la discussion se trouve

- ▶ sur le site *écoMix* de la RTE :  
éCO2mix : consommation, production et contenu CO2 de l'électricité française  
`http://www.rte-france.com/fr/developpement-durable/  
maitriser-sa-consommation-electrique/  
eco2mix-consommation-production  
-et-contenu-co2-de-l-electricite-francaise`  
(ou taper ecomix rte dans google)
- ▶ sur le site du marché financier de l'électricité EPEX  
`http://www.epexspot.com/fr/epex\_spot\_se`
- ▶ sur le site de Bluenext, place boursière pour l'échange des permis de CO<sub>2</sub>  
`http://www.bluenext.eu/`