

Qu'est-ce que la Valeur du Carbone ? Cinq définitions.

Minh Ha-Duong, CIRED <haduong@centre-cired.fr>

29/01/10

Résumé

Combien vaut une tonne de CO₂ non émise dans l'atmosphère ? Tout dépend de ce qu'on entend par valeur ! Cette note recadre et illustre cinq définitions différentes fréquemment utilisées: 1. La réduction espérée du dommage du changement climatique, 2. Le coût de réduction des émissions de CO₂. 3. La valeur sociale à l'optimum, 4. La valeur négociée politiquement et 5. Le prix de marché.

Introduction

Quelle est donc la valeur du carbone qu'il serait légitime d'adopter ? elle doit être suffisante pour orienter les choix mais 'raisonnable', pas trop élevée car tout euro dépensé pour protéger le climat ne le sera pas ailleurs. On ne fournira pas de réponse dans cette courte note, constatant seulement que le Giec (Barker, Bashmakov et al., 2007) donne à ce sujet une fourchette assez large:

Les modélisations montrent que des prix du carbone atteignant 20-80 US\$/tCO₂-éq en 2030 rendent possible une stabilisation aux environs de 550 ppm CO₂-éq d'ici à 2100. Pour les mêmes niveaux de stabilisation, les changements technologiques induits peuvent abaisser ces plages de prix à 5-65 US\$/tCO₂-éq en 2030.

La largeur de cette fourchette, de 5 à 80, peut légitimement conduire au scepticisme, voire à une certaine ironie vis-à-vis de cette prétention des modélisations à montrer l'avenir dans un domaine plein de controverses. En fait, parce que les informations en ce domaine sont marquées par une grande confusion, nous avons pensé plus utile de clarifier ce qu'on entend par coût, prix ou valeur du carbone. Cinq interprétations sont possibles: 1. La réduction espérée du dommage du changement climatique, 2. Le coût de réduction des émissions de CO₂. 3. La valeur sociale à l'optimum, 4. La valeur négociée politiquement et 5. Le prix de marché.

1. Le dommage marginal du changement climatique

Si l'on se pose la question de la valeur du carbone, c'est parce que le CO₂ est le principal gaz à effet de serre, dont l'accumulation dans l'atmosphère modifie notre climat.

Chaque tonne de CO₂ qui n'est pas émise dans l'atmosphère, c'est un peu moins de changement climatique en plus.

Le niveau actuel de pollution est déjà préoccupant. Les conséquences prévisibles et inévitables du changement climatique incluent : extinctions massives d'espèces, déplacement accéléré des écosystèmes, augmentation des vagues de chaleur, élévation du niveau des mers, acidification des océans, etc... Mais l'évaluation monétaire des effets du changement climatique, et a fortiori l'évaluation des impacts potentiels évités, reste un problème non résolu à ce jour.

En effet, cela pose la question de valorisation des écosystèmes -combien vaut la Grande Barrière de Corail ?- et de la vie humaine -combien valent 15.000 décès prématurés évités ? et si ce sont des individus âgés ?- L'analyse soulève aussi des problèmes d'équité entre et dans les pays, et même entre générations. Comment

prendre en compte le très long terme : la fonte des glaces du Groënland va probablement faire monter le niveau de la mer de plusieurs mètres, mais sauf surprise nous ne serons sans doute plus là en personne pour en subir les conséquences. Mentionnons enfin que les économistes ne s'accordent toujours pas sur une définition formelle du principe de précaution, ce qui fait problème ici puisque la dynamique du système Terre est loin d'être calculable en l'état actuel des connaissances scientifiques et techniques.

C'est pourquoi les tentatives pour mettre une valeur économique sur les impacts évités, même les plus sérieuses et les mieux informées comme celle du Rapport Stern (2007), sont assez facilement critiquables. Fondamentalement, elles sont exposées à des controverses insolubles car elles nécessitent des paramètres au delà de la sphère économique (Halsnæs, Shukla et al. 2007).

Comme tout le monde, nous avons nos attitudes sur ce que devraient être les préférences collectives, mais les exposer et les défendre nécessiterait d'entrer ici dans une discussion quasi-philosophique passionnante et au delà de la portée de ce texte. Pour ces raisons, si chaque tonne de CO₂ qui n'est pas émise dans l'atmosphère contribue bien à éviter d'aggraver le changement climatique, on ne donnera pas ici aujourd'hui de valeur monétaire à cette contribution.

2. Le coût de réduction des émissions

Une part essentielle du travail des économistes consiste à mettre en face les coûts et les bénéfices de toutes choses. Ayant vu qu'il est difficile de quantifier les bénéfices des réductions d'émissions de CO₂, la plupart des idées qu'on a sur la valeur du carbone proviennent d'analyses portant sur les coûts de ces réductions, dits coûts d'abatement.

Les études sur les coûts d'abatement varient naturellement selon le périmètre du système étudié, et en particulier les dimensions suivantes :

- L'échelle : installation, établissement, firme, secteur, pays, groupe de pays, monde.
- Le périmètre des coûts et potentiels pris en compte : purements techniques, économiques (en tenant compte des aspects financiers), macroéconomiques (en tenant compte des effets en cascade dans l'économie, en particulier sur l'emploi), ou même sociaux (en tenant compte des bénéfices joints comme l'effet sur la pollution locale, voire la sécurité internationale...). A cet égard on distingue en particulier les modèles bottom-up, basés sur la représentation explicite des technologies, et les modèles top-down qui partent des équilibres économiques généraux.
- Parle t on de réductions de CO₂ seulement, ou bien de réductions de tous les gaz à effet de serre ? Dans ce dernier cas, il s'agit de réductions en tonnes de CO₂ -équivalent, on a pondéré les autres gaz comme le méthane ou le HFC-23 d'après leur pouvoir de réchauffement relatif à celui du CO₂.
- S'agit-il d'observations sur le passé ou de résultats des modèles pour le futur ? Dans le second cas, le scénario de référence et les hypothèses sur le fonctionnement de l'économie sont critiques. Elles concernant par exemple le degré d'efficacité des marchés, la portée du rôle de l'État, la formation du progrès technique.

Une fois tous ces paramètres posés, lorsqu'on parle de coûts il est nécessaire de bien distinguer trois notions: coût moyen, coût total et coût marginal. Si une entité (usine, pays...) a dépensé D euros pour réduire ses émissions de CO₂ de T tonnes, son coût total d'abatement est D euros et son coût moyen D/T euros par tonne. Son coût marginal, c'est ce qu'il faudrait qu'elle dépense pour réduire ses émissions de 1 tonne supplémentaire. La Figure 1 illustre ces notions et présente la forme d'une courbe de coût d'abatement typique. On voit que non seulement il y a trois notions théoriques de coûts, mais aussi que ces coûts varient selon le niveau de réduction réalisé ou envisagé.

La plupart des études font apparaître, au-delà d'un certain montant de réduction des émissions de gaz à effet de serre, que les coûts marginaux d'abatement croissent très rapidement, comme l'illustre le passage du point A au point B sur ce graphique. Cependant en réalité il ne s'agit pas de réduire les émissions de 30-40% instantanément, mais de faire un effort réparti dans le temps. Le déplacement de la courbe de coût dans le temps par l'effet du progrès technique est une question cruciale sur laquelle les études sont moins convergentes.

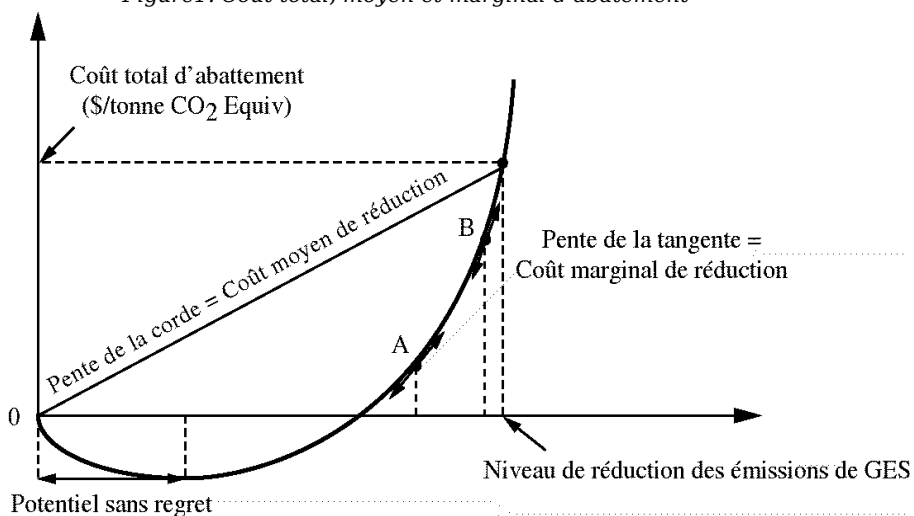
L'autre caractéristique intéressante de cette courbe est la plage de coûts initiaux négatifs. D'un point de vue technique, cela signifie qu'il y a un potentiel "sans regret" d'économies d'énergies qui seraient rentables à réaliser même sans contrainte sur le CO₂. D'un point de vue macroéconomique, on peut parler de "double dividende" pour ces coûts négatifs.

Un exemple typique des résultats fournis par une approche technique est l'étude de la direction générale de la Recherche de la Commission européenne (DG XII), réalisée à l'aide du modèle Primes à la fin des années 90. Le coût moyen d'abatement fournit par ce modèle, et qui a constitué une information fréquemment reprise à l'époque, varie entre 12 et 48 €/tC selon les scénarios, pour un coût marginal de l'ordre de 297 €/tC. Du point de vue économique, le coût marginal et le coût total des politiques sont des paramètres plus importants que le coût moyen. C'est le coût marginal qui dicte le niveau de taxation efficace ou celui du prix des permis d'émission, et ainsi les bouleversements de la structure des prix relatifs. Rappelant que 1 g C = 3.664 g CO₂, ces valeurs sont à diviser par 3.66 pour avoir des coûts à la tonne de CO₂. L'ordre de grandeur de 275 \$/tC correspond donc à un coût marginal de 75 \$/tCO₂ autour de 20 % de réduction.

Les résultats fournis par d'autres approches qui tiennent compte des effets en retour macroéconomiques montrent aussi une disparité importante des coûts d'abatement. Barker, Basshnikov et al. (2007, Figure 11.8) comparent par exemple les résultats des modèles en termes de coût marginal de réduction CO₂ pour une trajectoire d'émissions de CO₂ compatible avec un scénario de stabilisation à 550 ppmv de CO₂ dans l'atmosphère. Les résultats pour 2050 vont de 25 \$/tCO₂ environ à environ 90 \$/tCO₂ selon le modèle utilisé.

Une difficulté particulière pour comparer les coûts d'abatement provient des variations des parités monétaires, puisque par exemple le taux de change EUR/USD a varié entre un plancher à 1 € pour 0,8252 \$ en 2000 à un pic de 1,5973 \$ en 2008. En résumé, les coûts d'abatement sont l'aspect le plus étudié de la valeur du carbone. On ne devrait comparer les coûts que pour des systèmes de périmètre identique, à la même période, et pour un même niveau de réduction par

Figure1. Coût total, moyen et marginal d'abatement



rapport à un même scénario de base.

3. La valeur sociale du carbone : VSC

Une part essentielle du travail des économistes consiste à mettre en face les coûts et les bénéfices de toutes choses (bis), pour les équilibrer. La Figure 2 représente l'intersection entre une courbe de coût marginal d'abatement discuté à la section 2 et une courbe de bénéfice marginal discuté à la section 1.

En théorie, on a intérêt à réduire les émissions de CO₂ jusqu'au point où le bénéfice marginal de la réduction est égal à son coût marginal. La valeur sociale du CO₂ (VSC) peut se définir comme le point d'intersection des deux courbes. C'est un guide simple pour les décisions d'investissement : il convient d'effectuer toutes les réductions d'émissions moins coûteuses que la VSC, mais pas au delà.

Les deux courbes sur la figure 2 sont floutées car la VSC théorique est difficile à préciser empiriquement. Comme on l'a vu ci dessus, la détermination des coûts (cf 2.) et encore plus celle des bénéfices (cf 1.) sont soumises à des incertitudes scientifiques profondes (exemple : les changements climatiques abrupts), à des controverses (exemple : les doubles dividendes) et à des choix de valeurs (exemple : actualisation, aversion au risque, équité).

Même si on ne peut pas la mesurer comme on mesure par exemple le niveau de la mer, affirmer qu'il existe une valeur sociale du carbone strictement positive est déjà un pas important. C'est convenir par là que le changement climatique est un problème réel, et qu'il faut réduire les émissions de gaz à effet de serre. Dire qu'il existe une VSC, c'est aussi demander une efficacité dans la réduction d'émissions : on ne voudrait pas qu'un secteur de l'économie mette en oeuvre des mesures à 120€/tCO₂ alors qu'ailleurs il reste un gisement de réductions à 20 €/tCO₂.

La théorie ne s'arrête pas à cet équilibre statique. La valeur du carbone joue dans une large mesure un rôle de signal pour orienter les choix et le progrès technique à long terme. À ce titre ce n'est pas seulement sa valeur aujourd'hui qui importe, mais aussi les anticipations des investisseurs sur son évolution future. On doit là encore que rester modeste dans les prédictions, ayant peu de points de mesure concernant l'influence des anticipations sur les dynamiques de l'innovation et le progrès technique à long terme.

En admettant qu'on ne connaît pas grand chose sur la courbe de bénéfice, mis à part qu'elle est positive, on peut néanmoins proposer des encadrement de la VSC en se basant sur les ordres de grandeurs de la courbe de coût suivants. Si on compte 400 kg de CO₂ par baril de pétrole à 100 \$, la tonne de CO₂ est autour de 250 \$. À la consommation, 1 litre d'essence coûte environ 1.40 € en Europe (taxes incluses) et produit environ 2.3 kg de CO₂ si l'on suppose que c'est de l'octane pur. Émettre une tonne de CO₂ revient donc à environ 609 € .

Avec ces données, on conçoit qu'en dessous de 1 € par tonne de CO₂, on peut très difficilement attendre d'effets visibles en terme d'économies d'énergie : le montant de l'incitation serait négligeable devant les variations de prix des marchés de l'énergie. Au dessus de 1 000 € au contraire, ça ferait un choc sérieux jamais vu sur le marché de l'énergie. Le seuil de 200 €/tCO₂ peut être vu comme la limite de l'inconnu en matière technique : au delà, le potentiel de technologies qui pourraient devenir rentables est si vaste qu'on ne peut pas raisonnablement faire de prédictions sur l'état des marchés.

En résumé, la valeur sociale du carbone aujourd'hui est comprise selon nous entre 1 et 1000 euros par tonne de CO₂, et plus probablement entre 5 et 200 €/tCO₂. Il n'est pas possible pour les scientifiques d'être plus précis.

4. La valeur négociée politiquement : le prix tutélaire

Compte tenu des incertitudes scientifiques et technologiques, et de l'activation de

Figure 2: Définition de la Valeur Sociale du Carbone

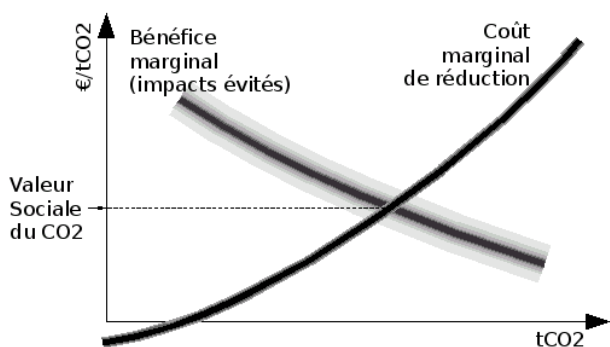


Figure 3: Négociations des Nations Unies sur le climat, déc. 2007. Les délégués applaudissent l'adoption de la feuille de route de Bali. (source: UNFCCC)

questions de valeurs sociales au delà de l'économie marchande, la détermination d'une valeur du CO₂ évité arrive alors nécessairement comme une décision politique. Les tractations sur le sujet ont lieu à plusieurs niveaux : dans le cadre Nations Unies et à la Commission Européenne autant qu'à Paris.

Jusqu'à présent les négociations des Nations Unies sur le climat (voir Figure 3) ont davantage porté sur la détermination de quotas d'émissions de CO₂ plutôt que sur la recherche d'une taxation harmonisée du carbone, qui aurait convenu d'une valeur au CO₂ internationale. Mais cette approche par quotas nationaux a montré des limites, le Protocole de Kyoto ne sera pas respecté. On ne peut pas exclure que pour après 2012, le vent tourne et les instruments en prix reviennent sur le devant des négociations. Les négociateurs ont toute légitimité pour changer d'avis.

L'opposition quotas / taxes relève d'une distinction bien connue en économie de l'environnement : la distinction entre les instruments en quantité et les instruments en prix pour limiter les émissions d'un polluant. Dans l'optique "quantité", on fixe des plafonds à ne pas dépasser sous peine d'amende. Dans l'optique "prix", on taxe les émissions de la substance nuisible et comme les agents préfèrent payer moins d'impôts cela les mène à réduire leur niveau de pollution.

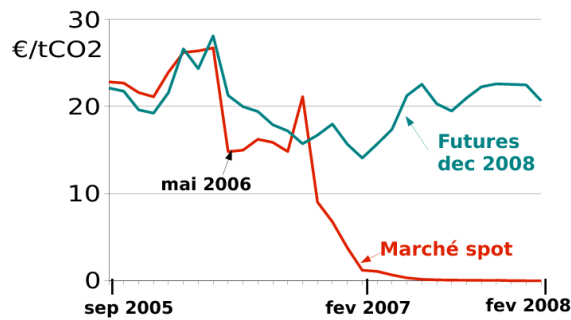
En pratique, cette opposition n'est pas si radicale qu'elle pourrait le sembler a priori. Dans une régulation en quantité avec un marché de quotas échangeables, il est possible d'encadrer les cours. Par exemple le régulateur a la liberté de diminuer le nombre de quotas alloués si les prix lui semblent trop bas. Ou l'inverse, comme une banque centrale.

Il a été proposé, par exemple, de plafonner le prix de marché des autorisations d'émission de CO₂ en disant que le gouvernement rendra disponible une quantité illimitée de permis à un prix fixé (élevé). Alternativement, si le régulateur fixe une amende proportionnelle pour les dépassements de quota, le montant de l'amende est aussi un plafond au prix de marché. Le système européen de permis d'émission du CO₂ ne dispose pas d'une telle "soupape de sûreté" : l'amende (40 euros par tonne initialement, passant à 100 euros par tonne après 2008) ne dispense pas de se mettre en règle en achetant des permis d'émissions.

L'imposition de taxes sur le contenu en carbone des produits et services dans une économie reste une politique difficile. Des discussions existent dans plusieurs pays, et les modalités pratiques (assiette, taux...) de ces taxes envisagées prennent en considération un ensemble de déterminants politiques qui dépassent les pures considérations économiques ci dessus. On peut s'étonner par exemple que dans de nombreux scénarios de déploiement, les secteurs industriels les plus intensifs en carbone sont aussi ceux qui sont le plus à l'abri de ces régulations. Mais politiquement, on pourrait comprendre qu'il serait être plus habile de commencer à imposer le changement là où ça fait le moins mal...

En France par exemple, le Conseil d'Analyse Stratégique propose un référentiel pour permettre de prendre en compte l'externalité CO₂ dans le calcul économique

Évolution du prix du CO₂ sur le marché européen des permis d'émissions



Source des données: Tendances Carbone, une publication de la Mission Climat de la CDC

Figure 4: Cours observés sur l'ETS:

public. Pour comparer les investissements de l'État dans le rail et la route, par exemple, il a été préconisé en 2001 par le Commissariat Général du Plan de compter la tonne de CO₂ à 27 €, à majorer de 3% par an à partir de 2005. Cette valeur a été réactualisée en 2008 à 32 €/tCO₂, croissant à 100 € en 2030, puis jusqu'à 250 €/tCO₂ en 2050 dans une fourchette de 150 à 350 €/tCO₂ (Centre d'Analyse Stratégique, 2008).

5. Les prix des marchés de CO₂

On distingue ici trois marchés des réductions de CO₂ : le système d'échange européen (European Trading System ou ETS), le Mécanisme de Développement Propre / d'Action Conjointe, et le marché de détail.

En Europe, le relarguage du CO₂ dans l'atmosphère est réglementé pour les grandes installations industrielles (puissance thermique > 20MW). Il faut disposer d'un permis d'émission (à usage unique) pour chaque tonne de CO₂ émise dans l'atmosphère. Les permis d'émission sont appelés EUA, pour European Union Allowance. En 2005 les États-Membres ont distribué une provision d'EUA à leurs industriels, prévue pour 3 ans d'activités environ. Les entreprises qui ont émis plus de CO₂ que prévu ont dû racheter des EUA à celles qui ont émis moins.

La Figure 4 montre que le prix des EUA sur le marché spot européen a oscillé entre 15 € et 30 € sur la période 2005-2007, qui constituait la phase "pilote" de mise en place du système. Le prix des permis donnés en 2005 tend vers zéro en 2008, car ces permis ne sont pas valables pour des émissions au delà de 2007. Une seconde allocation de permis d'émissions a lieu en 2008. Le marché 'Futures', qui anticipe leur prix en décembre 2008, est resté autour de 20 € la tonne de CO₂. Ce marché a connu un pic juste sous 30 €/t fin juin 2008, avant de redescendre et rebondir sur 22 €/t en août.

Les prix aux USA sont relativement inférieurs. Par exemple, dix états de la région Nord-Est ont mis en place une action de régulation des émissions concernant les centrales électrique de 25MW ou plus (RGGI - The Regional Greenhouse Gas Initiative). Les permis d'émission ont été vendus aux enchères. Le prix de clôture des premières enchères, en Septembre 2008, a été 3.07\$ pour 1 tonne de CO₂.

Le Mécanisme de Développement Propre fournit un autre source de prix du CO₂. Celle ci est basée sur des projets de réduction d'émissions réalisés dans un pays en développement. Par exemple, la Scottish and Southern Energy plc a acheté deux millions de Certificats de Réduction d'Emissions à la China Guodian Corporation sur une période de 5 ans débutant en 2008. En contrepartie cette dernière s'est engagée à installer 4 parcs d'éoliennes de 50MW, l'électricité ainsi produite évitant d'utiliser des centrales au charbon. Le mécanisme a aussi servi à réduire les émissions d'un autre puissant gaz à effet de serre, le HFC-23.

Table 1: Valeurs du carbone

Définition	Valeur d'une tonne de CO ₂
Domage climatique évité	Valeur floue et incertaine. Sa mesure soulève des questions philosophiques encore mal résolues en économie.
Coût de réduction	Valeurs selon le périmètre du système étudié. Coûts négatifs dans certains cas : les économies d'énergie peuvent être rentables. Le coût marginal croît ensuite avec le niveau d'abatement. Pour 20% de réduction d'émissions, de nombreux modèles trouvent des coûts de l'ordre de moins de 100 €/tCO ₂ en Europe. Le GIEC rapporte qu'une valeur de 20 à 50 \$/tCO ₂ atteinte mondialement en 2020-2030 permettrait d'aller vers 550 ppmv.
Valeur sociale du CO ₂	Notion théorique. Calculable avec des modèles qui intègrent au mieux des incertitudes profondes. Entre 1 et 1000€, plus probablement entre 5 et 200€.
Valeur tutélaire	Pour la France, 32 €/tCO ₂ en 2008, croissant vers 100 €/tCO ₂ en 2030.
Prix de marché	Entre 20 et 30€ pour les permis d'émissions européen (EUA). Décote substantielle de 30 à 50% sous ce prix pour les certificats de réduction (CER) dans les pays tiers. Aux USA, prix significativement moindres.

Ce type de réduction d'émissions (appelées par le sigle CER, pour Certified Emission Reduction of Carbon) s'évaluent au gré à gré, par projet. Les projets se comptent par centaines. En règle générale la tendance est de valoriser les CER avec une décote de 30 à 50% par rapport au prix des EUA, en fonction de la qualité du projet.

En ce qui concerne le marché de détail, de nombreux sites de vente de compensations de CO₂ sont apparus en ligne en 2007. Au printemps 2008, un particulier payait environ 15 euros la tonne de CO₂ chez un revendeur sérieux, et les compagnies aériennes commençaient à intégrer l'option dans leur offre. Les tarifs varient largement d'un opérateur à l'autre, ils sont basés sur des CER de qualité différentes.

Conclusion

En conclusion, le concept de valeur du carbone peut revêtir cinq définitions différentes, et sa grandeur varie beaucoup selon le périmètre du système étudié. La Table 1 récapitule les cinq définitions différentes de la valeur du carbone discutées dans cette note. On notera que si les ordres de grandeurs sont du même ordre, les chiffres sont de nature différente, et l'incertitude qui les entoure diffère aussi.

Les coûts sont négatifs dans certains cas : les économies d'énergie peuvent être rentables. Le coût marginal croît ensuite avec le niveau d'abatement. Pour 20% de réduction d'émissions, de nombreux modèles trouvent des coûts de l'ordre de moins de 100€/tCO₂ en Europe. Le GIEC rapporte qu'une valeur de 5 à 80 \$/tCO₂eq en 2030 permet d'aller vers un plafond de concentration atmosphérique de CO₂ autour de 550 ppmv. Mais ce plafond peut sembler risqué pour le climat, et la valeur tutélaire en France, 100 €/tCO₂ en 2030 est au dessus de cette fourchette.

Pour en savoir plus

T. Barker, I. Bashmakov et al. *Chapter 11: Mitigation from a cross-sectoral perspective.* in Metz et al. (2007).
 Centre d'Analyse Stratégique, La valeur tutélaire du carbone, Note de veille n° 101, juin 2008, <http://www.strategie.gouv.fr/IMG/pdf/NoteVeille101.pdf>.
 K. Halsnæs, P. Shukla, et al. *Chapter 2: Framing issues.* in Metz et al. (2007)
 B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer (eds), *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Cambridge University Press. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg3.htm>
 Nicholas Stern (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review.* Cambridge University Press. ISBN-13: 9780521700801.