



Département de la Recherche,
des Technologies et
du Développement durable

Paris, le 20 Juillet 2007

PREPARATION DU GRENELLE DE L'ENVIRONNEMENT

Etat des lieux des valeurs de référence de la tonne carbone ¹

Introduction

La question de l'effet de serre est passée en quelques années d'une préoccupation partagée par quelques spécialistes à un enjeu mondial. D'une question scientifique d'étude des mécanismes de l'effet de serre, de son influence sur le changement climatique et des conséquences multiples de l'augmentation moyenne des températures sur la planète, on est également progressivement passé à une problématique plus économique d'évaluation des coûts : coûts des actions possibles mais également coûts de l'inaction, ce que coûtera à la collectivité de ne rien faire, etc. Ces questions économiques font l'objet de nombreuses controverses. Quels critères économiques doit-on retenir pour évaluer les efforts que la collectivité doit consentir aujourd'hui pour répondre aux enjeux de demain ? Jusqu'où est-il raisonnable d'aller ? Comment pondère-t-on des coûts immédiats d'une part, par rapport à des gains ou à des pertes lointaines d'autre part ? Une fois le niveau d'effort ainsi défini, comment les pouvoirs publics peuvent le prendre en compte dans chacune de leurs décisions concrètes et ce de manière cohérente dans les différents secteurs de l'économie qu'il s'agisse de transports, d'énergie, d'agriculture, etc. ?

Pour traiter ce type de problématique, la théorie économique dispose d'outils qu'on rassemble autour de ce qu'on appelle le calcul économique public et qui correspond à une réflexion bien plus large qu'une simple appréciation financière des enjeux. Le Centre d'analyse stratégique a rappelé dans plusieurs de ces récents travaux l'importance de ces outils en regrettant que la décision politique ne les intègre pas davantage.

¹ Texte rédigé par Luc Baumstark (LET) en s'inspirant des travaux menés dans le cadre de la Commission énergie

Sur la question de l'effet de serre, les calculs sont confrontés à un double problème. D'une part il s'agit de définir la valeur monétaire à associer au carbone, d'autre part il faut appréhender l'évolution de cette valeur dans le temps, ce qui conduit à réinterroger une autre variable : celle plus générale du taux d'actualisation, c'est à dire de la valeur relative que la collectivité donne au futur par rapport aux enjeux plus immédiats. Plus le taux d'actualisation est élevé, ce qui traduit une préférence de la collectivité pour le présent, plus elle minore les enjeux du futur.

En France, un référentiel particulier existe pour l'évaluation de ce taux, plus particulièrement dans le secteur des transports, secteur dans lequel les évaluations socio-économiques des grands investissements sont systématiquement pratiquées. Ce référentiel a été élaboré à la suite d'une série de travaux menés dans les années 90 et réactualisés au début des années 2000 : le rapport Boiteux a proposé en 2001 une première valeur normative de la tonne de carbone fixée à un niveau symbolique de 100 euros la tonne de carbone, valeur qui croît dans le temps, le rapport Lebègue a préconisé en 2005 un taux d'actualisation réel des investissements publics de 4%, décroissant au delà de 30 ans, en rappelant qu'il s'agissait d'un taux hors prime de risque, risque qui devait être évalué projet par projet et non globalement.

Ces rapports précisent que les référentiels ainsi obtenus doivent faire l'objet d'une veille constante et s'alimenter des controverses et des difficultés que les praticiens peuvent rencontrer dans les évaluations pour évoluer.

La présente note revient sur les enjeux de la fabrication de ces référentiels. Elle rappelle dans un premier temps les principes qui ont été retenus lors de la révision du taux d'actualisation. Elle propose ensuite un état des lieux des données récentes relatives à un référentiel carbone.

1. Un taux d'actualisation cohérent avec les enjeux environnementaux du long terme

1.1. La prise en compte du long terme

La révision du taux d'actualisation demandée au Centre d'analyse stratégique en 2005 avait été engagée suite à l'obsolescence des raisons qui avaient présidé en 1986 au choix d'un taux de 8 %. D'une part le taux de 8% apparaissait incohérent avec le niveau des taux d'intérêts réels de long terme. D'autre part, les considérations relatives aux contraintes budgétaires devaient être prises en compte dans un contexte nouveau. Enfin, et surtout, les milieux académiques et les sphères pro environnementales étaient agités par un débat théorique et politique sur le taux d'actualisation à retenir dans les calculs sur l'effet de serre qui engageait des évaluations sur des durées très longues. Au même moment, les administrations de certains pays comme le Royaume Uni retenaient des taux beaucoup plus faibles que celui de la France et la Commission européenne proposait de son côté dans un *guideline* sur les évaluations un taux de 5%.

Il n'est pas possible dans le cadre de cette note de revenir sur tous les éléments techniques qui ont motivé la révision du taux d'actualisation et l'ensemble des controverses qui sont associés à sa définition et son utilisation. (Le lecteur est invité à se référer au rapport Lebègue qui présente l'ensemble de la démarche retenue.)

On peut simplement rappeler que le taux d'actualisation qui est un taux de substitution entre le futur et le présent traduit la valeur du temps pour une collectivité : ce « prix du temps » permet d'apprécier le niveau de sacrifice que la collectivité est prête à consentir pour disposer d'un bien aujourd'hui plutôt que demain.

Ce taux se trouve au centre d'une controverse sur la manière dont on intègre dans le calcul économique les considérations relatives au développement durable : la prise en compte des effets de long terme, le traitement des biens environnementaux et particulièrement des ressources non renouvelables, enfin les questions relatives au risque. La pratique de l'actualisation peut en effet s'avérer contradictoire avec la prise en compte du long terme, puisqu'elle conduit mécaniquement à

minorer les impacts, positifs ou négatifs, d'un investissement, et ce d'autant plus que ces effets se trouvent éloignés dans le temps.

Si l'on considère par exemple une valeur d'un million d'euros dans 500 ans, celle-ci ne compte aujourd'hui avec un taux de 2 % que pour 50 euros, et est même quasi nulle avec un taux de 8 %. Ce débat a des conséquences éthiques évidentes notamment en ce qui concerne la nécessaire solidarité entre les générations.

Comment une telle pratique pourrait-elle être compatible avec les questions de l'environnement et particulièrement celle du changement climatique ?

Certains ont ainsi rejeté le calcul économique considérant qu'il ne pouvait pas traiter ces questions, d'autres ont cherché par exemple à moduler le taux d'actualisation en fonction des horizons à traiter.

Ce point de vue se focalise sur le seul taux d'actualisation en oubliant que le calcul économique actualise des valeurs économiques qui n'ont aucune raison de rester constantes dans le temps. Le taux d'actualisation à retenir n'est donc pas séparable d'un système de prix cohérent entre les biens produits et les biens non renouvelables. Contrairement à ce que l'on trouve généralement dans les argumentaires pro-environnementaux, une contrainte sur l'environnement peut être compatible avec l'utilisation d'un taux d'actualisation de référence élevé si, par ailleurs, l'évolution du prix des biens environnementaux est correctement prise en compte. Pour l'environnement, le véritable enjeu ne se situe donc pas tant dans une baisse du taux d'actualisation que dans la valorisation économique des « biens environnementaux ». Ainsi, abaisser le taux d'actualisation ou refuser l'actualisation n'apporte pas de réponse claire à ces préoccupations et pourrait conduire, faute de prise en considération de la valeur économique de l'environnement, à rendre attrayants de nombreux projets peu favorables à celui-ci.

Le prix relatif de l'environnement – ou plus exactement le consentement à payer pour maintenir la qualité de l'environnement – pourrait effectivement croître sur le long terme en termes réels si la qualité de cet environnement est de plus en plus menacée, et donc si le « bien environnemental » devient de plus en plus rare. Un taux d'actualisation « écologique » pourrait donc se comprendre comme l'ensemble formé par le taux d'actualisation et un système de prix relatifs des biens dans lequel le prix de l'environnement croît nettement par rapport aux autres².

1.2. La prise en compte des risques

De manière similaire, le groupe de travail sur le taux d'actualisation a attiré l'attention sur l'absence de procédures précises pour intégrer dans les évaluations la question des risques associés aux projets d'investissement. Le taux d'actualisation de 4% retenu dans le rapport Lebègue est un taux pur réel sans risque. En retenant un taux aussi bas, les experts ont clairement souhaité que les composantes de risques soient alors traitées pour elles mêmes dans les évaluations et les calculs de rentabilité socio-économiques. Le principe est clairement établi mais les méthodologies à développer pour intégrer ces notions dans les études restent encore largement à travailler. Ce principe invite à intégrer dans les calculs plus systématiquement des fourchettes sur les valeurs qui sont retenues, de développer des raisonnements en termes de scénarios, etc.

1.3. Un taux unique pour l'ensemble de la collectivité ...

Ce taux d'actualisation est un taux unique pour l'ensemble de la collectivité et sa définition doit s'inscrire dans le cadre d'un exercice de prospective sur la croissance économique. La prise en

² La question du taux d'actualisation n'est pas sans lien avec les discussions actuelles sur la valeur carbone. On peut souligner par exemple que Sir Nicholas Stern corrige dans son rapport le taux d'actualisation d'un coefficient supplémentaire pour prendre en compte la prise de conscience croissante dans le temps des enjeux de l'effet de serre par la collectivité. Cette hypothèse le conduit à retenir une valeur très faible du taux d'actualisation.

compte des objectifs de développement durable conduit à recommander un taux décroissant dans le temps en associant à cette décroissance une réflexion sur l'évolution du système de prix relatifs des différents biens : le rapport Lebègue le fait décroître progressivement de 4 à 2 % pour des périodes supérieures à 30 ans

Au total, la révision du taux d'actualisation, qui s'applique à l'ensemble de l'économie, n'apparaît pas souhaitable pour tenir compte de la seule problématique de l'effet de serre. Elle conduit par contre à réexaminer la valeur de la tonne carbone prise dans les études ainsi que les règles qui doivent présider à son évolution dans le temps.

2. De la nécessité d'un nouveau référentiel carbone partagé par l'ensemble des acteurs

La convergence des analyses scientifiques sur le réchauffement climatique et ses conséquences pour la planète – expertisés depuis des années par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) – ne permet plus de différer les efforts nécessaires pour réduire substantiellement nos émissions de gaz à effet de serre. Le choix des actions à engager, ainsi que les priorités du calendrier, s'avèrent cependant complexes à définir : les conséquences sociales et économiques seront importantes et ni la France (qui représente 2 % des émissions mondiales) ni l'Europe (15 %) ne sont de taille à traiter le problème indépendamment du reste du monde. Face à ce défi, et alors que les contraintes budgétaires imposent une rationalisation des dépenses, l'action publique doit pouvoir disposer d'instruments de mesure. La valeur de la tonne de carbone se trouve être l'un d'entre eux.

L'objet du présent paragraphe est double : rappeler l'utilité d'une telle valeur référence qui, à défaut de garantir le bien-fondé des différentes politiques publiques, pourrait contribuer à en assurer la cohérence ; présenter ensuite les différentes approches et les difficultés que pose la production d'un tel référentiel.

2.1. De l'intérêt d'une valeur économique de la tonne de carbone

Dans la littérature académique et les nombreux débats sur ce sujet, il existe une myriade de valeurs de la tonne de carbone (ou valeur de la tonne de CO₂)³ reposant sur des concepts théoriques, des méthodes de calcul et des hypothèses de cadrage différents. Ces valeurs dépendent également du taux d'actualisation⁴ retenu qui reflète notre vision du futur. La cohérence de l'action publique ne peut se satisfaire de la multiplicité des valeurs possibles de la tonne de carbone. Il devient dès lors nécessaire de passer à un référentiel partagé.

En effet, ce référentiel est déterminant dans les recommandations en matière d'**internalisation des effets externes**⁵. Il peut même devenir dans certains cas la référence pour fonder d'éventuelles

³ Ce point est souvent source de malentendus et de confusions. On passe de l'une à l'autre de ces valeurs sans difficulté en appliquant le coefficient 44/12. Ainsi la valeur tutélaire de 100 €/la tonne de carbone correspond bien à 27,3 €/la tonne de dioxyde de carbone

⁴ Le taux d'actualisation qu'on qualifie de taux d'impatience ou de préférence pour le présent, est un élément clef du calcul économique public qui permet de rendre comparables dans les calculs les avantages et les coûts d'un projet qui s'échelonnent dans le temps. Le taux d'actualisation publique en France a été révisé au Commissariat général du Plan en 2005 : Rapport D. Lebègue.

⁵ La théorie économique désigne par effets externes des interactions entre les agents économiques qui n'ont pas de traduction marchande. L'internalisation de ces effets est un processus qui vise, en donnant un prix à ce qui n'a pas de prix, à restaurer l'efficacité des marchés. Ce processus d'internalisation peut aussi bien passer par une fiscalité (principe pollueur payeur) ou par des marchés de permis, que par des réglementations.

taxations, pour prendre en compte les préoccupations de développement durable dans les analyses de rentabilité socio-économique des investissements publics. On peut penser par exemple que la prise en compte systématique d'une valeur du carbone accélérerait la réalisation de certains investissements dont la rentabilité socio-économique n'apparaît pas suffisante aujourd'hui, les gains relatifs à la lutte contre l'effet de serre étant sous-évalués.

En outre, une valeur de la tonne de carbone permet, dans le cadre d'évaluations socioéconomiques préalables, d'**éclairer les arbitrages** entre les différents efforts de réduction d'émission ainsi que leur répartition entre les différents secteurs économiques. Chaque processus de réduction des émissions (par amélioration des techniques, par capture du carbone ou par substitution d'une production d'énergie fortement émettrice de CO₂ par une autre qui l'est moins) conduit ainsi à une valeur de la tonne de carbone économisée qui peut être estimée et comparée à la valeur de référence pour déterminer l'intérêt de sa mise en œuvre.

Ce référent constitue enfin un instrument de mesure permettant d'introduire dans les débats et décisions un minimum de cohérence, tant au plan international que national. La théorie économique donne quelques principes normatifs assez simples qu'il est utile de rappeler. Il est en effet raisonnable :

- de pousser l'effort de réduction des émissions tant que l'avantage que la société en retire reste supérieur au coût qu'il faut supporter pour l'obtenir ;
- de faire en sorte de faire porter l'effort là où il est le moins coûteux à obtenir, c'est-à-dire tant que le coût de réduction des émissions est inférieur à la valeur de référence ;
- de valoriser clairement dans les calculs de rentabilité des projets d'investissements publics les gains sur l'effet de serre qu'on obtient ou qu'on obtiendra dans le futur au regard des coûts consentis par la collectivité.

2.2. Comment déterminer concrètement le prix du carbone ?

L'utilité d'un référentiel carbone une fois démontrée, la question se pose de savoir comment le définir.

La valeur du carbone associée aux coûts sociaux et économiques du changement climatique

Une première manière d'aborder ce référent consiste à partir de l'appréciation du **coût associé au risque du changement climatique**. Lorsqu'à Kyoto les États décident d'engager une action commune pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, c'est au regard de l'appréciation qu'ils ont des risques que l'inaction fait courir aux générations futures et que l'on peut chercher à mesurer plus précisément, même si ces calculs sont extrêmement difficiles et souvent partiels.

Dans ce cas, la valeur de la tonne de carbone, ou plus exactement la valeur de la non émission d'une tonne de CO₂, se mesure au regard de l'impact du changement climatique sur le système économique. On associe donc à une tonne émise de CO₂ aujourd'hui un **dommage futur** que l'on cherche à valoriser (N. Stern a popularisé les chiffrages de ces dommages réalisés en pourcentage de PIB par exemple). La revue de la littérature (par exemple celle de Tol (2004)⁶ montre la dispersion des valeurs obtenues dans de très nombreuses études : leur médiane est proche de 14 € t/C, la moyenne est de l'ordre de 93 € t/C. Les plus hautes dépassent 350 € t/C mais ne représentent que 5 % de l'échantillon. C'est dans cette fourchette haute que le rapport Stern trouve sa référence (314€ t/C). Ces divers travaux conduisent en moyenne à des valeurs plus faibles que celles auxquelles on aurait pu s'attendre compte tenu des effets prévus du changement climatique.

Pour l'expliquer, il faut rappeler que ce sont des valeurs planchers dans la mesure où ne sont envisagés dans ces modèles que les effets les mieux compris et les plus facilement mesurables. Par

⁶ De nombreuses synthèses existent sur le coût social du carbone : voir Pearce D.W. (2003) The social cost of carbon and its policy implications. *Oxford Review of Economic Policy* 19: 362-384, ou encore Watkiss P. (2005), DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs), "The Social Costs of Carbon (SCC) Review – Methodological Approaches for Using SCC Estimates in Policy Assessment", December, ou récemment encore le rapport Stern.

ailleurs, ces valeurs faibles s'expliquent souvent par le fait que les effets qu'on mesure adviendront dans un futur éloigné et qu'ils ont tendance à être minorés en raison du processus d'actualisation retenu⁷. Enfin, les calculs réalisés ont fait l'objet de critiques extrêmement vives : l'exercice de la mesure des dommages apparaît difficile voire impossible en raison d'obstacles méthodologiques et éthiques insurmontables (comment appréhender par exemple le coût d'une migration importante ou encore le coût de la disparition de zones urbaines, etc.). Ceci a conduit nombre d'économistes à renoncer à ce type d'approche. Néanmoins, les chiffres produits intéressent les négociateurs notamment pour aborder les questions d'équité, d'égalité devant les efforts à fournir, voire pour négocier d'éventuelles compensations. Ce type d'approche intéresse également de plus en plus les grands assureurs par exemple qui cherchent à déterminer le coût des dommages que subiront leurs assurés (catastrophes naturelles, pandémies, etc.). Le marché commence par ce biais à internaliser un certain nombre d'effets du changement climatique.

La valeur du carbone associée aux coûts de réduction des émissions de CO₂

Une autre manière d'appréhender la valeur économique de la tonne de CO₂ consiste non plus à considérer le dommage associé aux émissions mais le coût qu'il faut consentir pour les réduire. On parlera des **coûts de réduction ou d'abattement du CO₂**. Plus la contrainte sur les émissions fixée par la puissance publique est élevée, plus la valeur de la tonne de carbone associée à cet effort est élevée, car il faut alors mobiliser des potentiels importants de réduction. Au contraire, plus la contrainte est faible, plus la valeur de la tonne de carbone associée à l'effort est faible. En outre, plus on impose aux agents économiques des conditions restrictives pour effectuer ces efforts (cloisonnement des marchés sectoriels par exemple en imposant des réductions spécifiques à chaque secteur : le transport, l'habitat, l'énergie), plus la valeur de cet effort augmente. Dans ce type de calcul, la valeur de la tonne de carbone n'est pas déterminée en soi en relation avec l'effet qu'elle aura sur le changement climatique, elle dépend du scénario envisagé et de l'ensemble des caractéristiques de la contrainte : elle évoluera donc en fonction des objectifs de réduction fixés par les pouvoirs publics et des conditions dans lesquelles ceux-ci doivent être atteints.

Pour apprécier cette valeur, plusieurs méthodes peuvent être utilisées. On peut utiliser **des modèles économiques** qui synthétisent l'ensemble du système économique d'un pays et qui permettent de simuler les perturbations introduites par diverses contraintes et de calculer une valeur du carbone dès lors que l'on fixe le niveau des émissions de CO₂ à ne pas dépasser (on parle d'une valeur duale de la contrainte imposée au système). Celle-ci est alors fonction du modèle et de ses spécificités mais surtout des hypothèses générales retenues dans les simulations (hypothèses sur la croissance, sur l'émergence de nouvelles technologies, sur le prix des matières premières, etc.).

Plusieurs revues de la littérature ont été entreprises sur les valeurs obtenues par ces différents modèles. Si l'on prend ainsi la date de 2010 et les objectifs de Kyoto associés, on observe pour l'Europe une tendance centrale autour de 20 € [Capros 2000]. Les modèles montrent tous que dans le cas d'un marché mondial fluide des quotas d'émissions de CO₂ (qui consiste à décloisonner les marchés), ces valeurs diminuent fortement pour atteindre près de 5 euros. Dans le cas où, au contraire, l'Europe ne peut échanger ces contraintes avec celles d'autres pays, la valeur centrale approcherait alors les 40 €. Le durcissement de la contrainte (réduction plus ambitieuse pour maintenir l'augmentation de température à 2 degrés par exemple) conduirait à des valeurs plus élevées (95 €).

Des valeurs plus élevées ont été toutefois atteintes dans certaines simulations. Celles obtenues avec le modèle GEMINI-E3 [Bernard 2005] pour la France sur la base des engagements issus du protocole de Kyoto, à l'horizon 2012 donnent des valeurs de la tonne de carbone allant d'environ 200 € dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire sans utilisation d'aucun mécanisme de flexibilité (Marché européen d'émission, MDP⁸, MOC), à un peu plus de 70 € dans le cas d'une taxation multi-gaz et/ou d'une utilisation des mécanismes de flexibilité. Les simulations proposées par P. Criqui conduisent

(7) Sur ce point technique, particulièrement complexe, le lecteur est invité à se reporter au Rapport Lebègue.

(8) Les Mécanismes pour un Développement Propre (MDP) et la Mise en Oeuvre Conjointe (MOC), constituent des mécanismes de flexibilité prévus dans le protocole de Kyoto qui permettent aux États de respecter leurs engagements en matière de réduction de gaz à effets de serre (GES) en coopérant sur des projets de réduction de GES ou en finançant directement des réductions dans d'autres pays que le leur.

dans certains scénarios cohérents avec le « facteur 4 » à des montants beaucoup plus élevés, de l'ordre de 700 € la tonne de carbone à l'horizon 2050 si l'on veut réduire par quatre nos émissions à cette date.

Dans le cadre de cette approche, d'autres ordres de grandeur peuvent être avancés à partir **d'analyses plus simples, mais forcément partielles**, consistant à calculer la valeur économique de la tonne carbone pour chacun des procédés disponibles (réduction des émissions par amélioration des techniques ou par capture du carbone, substitution d'une production d'énergie fortement émettrice de CO₂ par une autre qui l'est moins). On trouve ainsi dans la littérature des chiffres associés aux différentes technologies qui peuvent aller de niveaux relativement faibles pour la filière bois par exemple à des niveaux beaucoup plus élevés comme pour certaines énergies renouvelables, notamment le solaire.

Pour déterminer alors un référent carbone la théorie économique suppose qu'on mobilise de manière rationnelle ces différents procédés – des moins coûteux vers les plus coûteux – et que la valeur de la tonne carbone à retenir correspond finalement au coût du dernier procédé utilisé pour satisfaire la contrainte fixée (niveau d'émissions autorisé). C'est bien cette valeur qui importe à la collectivité et qui pourrait constituer pour l'ensemble des acteurs **un signal efficace**, invitant à réaliser tous les efforts dont le coût est inférieur à cette norme.

En fait, ce raisonnement, s'il donne des indications et des ordres de grandeur intéressants, ne peut offrir qu'une première approche et ne permet pas, de manière aussi simple, de déterminer un référentiel global. De fait, les coûts marginaux de réduction de toutes ces techniques devraient s'égaliser tandis que d'autres devraient apparaître, le niveau de ce coût dépendant du nombre des technologies « participant à l'offre ». Par exemple, une valeur relativement élevée du carbone devrait permettre le développement d'énergies « sans carbone » de même que le captage et le stockage du CO₂.

On se trouve face à un dilemme : d'un côté ces dernières valeurs sont faciles à comprendre (« combien cela coûte de réduire les émissions avec telle ou telle technique ? ») mais l'indication qu'elles apportent reste partielle et d'un intérêt limité ; d'un autre côté, les modèles permettent d'entrer dans des mécanismes plus complexes, sans doute plus pertinents, mais qui sont plus difficiles à saisir et à contrôler . On en arrive ainsi à une dernière approche où ce sont les marchés qui révèlent les coûts.

La valeur du carbone associée aux prix révélés par les marchés des permis d'émissions

Une autre manière d'envisager ce référentiel est de considérer directement les signaux que renvoient **les marchés d'échanges de quotas d'émissions de CO₂** qui ont été mis en place en plusieurs endroits du monde. En théorie, les prix sur ces marchés pourraient révéler le prix associé à la contrainte des engagements de Kyoto et les degrés de liberté qui sont laissés aux acteurs. Ils révéleraient ainsi la disposition à payer des décideurs et *in fine* celle de la collectivité. Si les marchés fonctionnaient correctement, ils fourniraient des informations que la collectivité a du mal à produire par elle-même et qui résultent de la connaissance des savoir faire et des calculs de l'ensemble des agents économiques, des producteurs aux consommateurs : ils devraient conduire de plus à optimiser le coût pour la collectivité en orientant les efforts là où les réductions sont les moins coûteuses à obtenir.

Les analyses de ces marchés donnent de nombreuses informations utiles pour interpréter les signaux prix et apprécier leur qualité (l'impact des contrats, des mécanismes de flexibilité autorisés, l'impact du climat, du prix du pétrole, des risques, etc.) [Lecoq 2006]. Cependant, la faiblesse des prix constatés sur ces marchés a pu renforcer le scepticisme de certains quant à la capacité de ces mécanismes à fournir des signaux prix crédibles pour l'action publique.

De fait, si l'on considère le marché européen de permis des droits d'émission de CO₂⁹, les évolutions contrastées des prix trouvent de nombreuses explications : le marché reste très partiel : le transport

(9) Le marché de SEQEN (Système européen de quotas d'émissions négociables) a démarré le 1^{er} janvier 2005. Il couvre 52 % des émissions de CO₂ de l'UE-25 et repose sur l'échange des quotas d'émissions de CO₂ attribués dans le cadre des

et l'habitat ne sont pas intégrés, le nombre d'acteurs reste encore limité, certains, particulièrement puissants, peuvent influencer le marché, les plans d'allocation des permis par les États ont été trop généreux, les règles, les contrôles, les décisions sur l'organisation future de ces marchés sont restés dans le flou, etc.

L'expérience acquise pour le SO₂ montre toutefois que ces marchés peuvent fonctionner et que les signaux ont du sens. On pourrait imaginer dans l'absolu qu'ils s'améliorent dans le temps. La question demeure donc de savoir si, à terme, les signaux qui pourraient être envoyés par des marchés plus matures, interconnectés, avec des règles du jeu stables et contrôlées ne seraient pas suffisants pour définir un référentiel carbone utile pour la collectivité.

Cette question fait débat. Même si cette qualité des signaux sur ces marchés puis sur un seul marché mondial du carbone puissent s'améliorer, ce qu'un grand nombre conteste en raison notamment des difficultés de contrôle, un autre problème surgit : quel crédit pourrait-on leur accorder pour l'orientation à long terme des décisions structurantes des pouvoirs publics en termes d'investissement ?

Si l'on veut bâtir un programme de réduction des émissions de gaz carbonique (qui mettra plus de vingt ans à faire pleinement sentir ses effets), n'est-il pas préférable de se référer à des données structurelles plutôt qu'à des grandeurs fluctuantes et erratiques sur des marchés très imparfaits : absence de visibilité à moyen et long termes, évolution du prix du pétrole, myopie des agents économiques sur le long terme, etc.

Au total, il existe aujourd'hui un certain consensus pour refuser de prendre comme référence les valeurs observées ces dernières années sur ces marchés dont certains constituent davantage des expérimentations grandeur nature qu'un véritable marché du carbone. Les valeurs obtenues ne sont cependant pas sans intérêt dans le cadre d'un débat qui devrait conduire à converger vers un référentiel carbone partagé, mais elles ne peuvent en être pour l'instant l'élément pivot.

2.3. Vers un référentiel carbone défini de manière partagée ?

La valeur tutélaire actuelle du carbone

En 2001, un groupe de travail du Commissariat général au plan en charge de préciser les valeurs environnementales à intégrer dans les évaluations socio-économiques des infrastructures de transport, avait proposé de retenir une « valeur tutélaire » de la tonne de carbone à 100 €, soit 27 € la tonne de CO₂. Cette valeur, ainsi que la manière dont celle-ci doit évoluer dans le temps, toujours en vigueur dans la circulaire ministérielle qui encadre les évaluations des infrastructures de transport, avait été retenue après un long processus de discussions et débats autour de nombreux aspects (coûts de réduction des émissions, niveau d'engagement des pays dans la réduction des émissions, politiques mises en œuvre, mise en place d'instruments de flexibilité, diversités souvent importantes des valeurs produites dans les études, etc.). Cette valeur de référence, qui était associée à un prix des hydrocarbures, ne résultait donc pas d'un modèle particulier mais d'un compromis essayant d'intégrer un ensemble d'arguments et de propositions défendus par des acteurs aux intérêts contradictoires.

Plans nationaux d'allocation de quotas (PNAQ) par les gouvernements des États membres aux installations du secteur énergie et d'un certain nombre de secteurs industriels (sidérurgie, ciment, matériaux de construction, verre, papier). En tout 11 400 installations en Europe auxquelles 2,2 milliards de quotas d'émissions par an ont été alloués, presque totalement à titre gratuit.

Valeur de la tonne de carbone

	2000-2005	2005-2010	2010-2020	après 2020	Remarques
Prix du pétrole HT (\$/baril)		24 € + 1,4 % / an		+ 2 % / an	Test de sensibilité pour un taux de croissance de 5 % par an après 2020
Prix de la tonne de carbone (€/tC)	100 €/tC	100 €/tC	+ 3 % / an	+ 3 % / an	Révision périodique de ces valeurs

Source : Rapport Boiteux, 2001, Commissariat général du Plan

Après 2010, le taux de croissance proposé du prix du carbone, égal à 3 % par an, correspondait à un scénario dans lequel le monde recourrait, plus qu'aujourd'hui, aux mécanismes de flexibilité (participation effective d'un plus grand nombre de pays, extension du système de permis d'émissions négociables, mécanismes de développement propre) et continuerait à exploiter l'énergie nucléaire. En 2050, selon ce même rapport, ces valeurs seraient respectivement de l'ordre de 326 € et de 54 \$ le baril¹⁰.

Cette valeur tutélaire de la tonne de carbone n'est pas intangible ; elle reflète l'état d'une réflexion à un moment donné et doit aujourd'hui pouvoir évoluer, comme le prévoyaient les rédacteurs, pour prendre en compte les travaux récents du GIEC, l'objectif envisagé dans le cadre de la loi d'orientation sur l'énergie de juillet 2005 d'une réduction par un facteur quatre de nos émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050, la révision des anticipations du prix des hydrocarbures compte tenu de leur augmentation actuelle, etc. Se reposent ainsi les questions du choix de cette valeur et de sa méthode de détermination.

Vers une nouvelle valeur partagée du carbone

Face à la multiplication des valeurs possibles et compte tenu de la myopie des agents économiques, resurgit alors l'idée de définir les méthodes puis de fixer un référentiel carbone partagé en reprenant la démarche précédente. La démarche de réflexion, menée en 2001 sous l'impulsion de M. Boiteux, mériterait ainsi d'être reprise à la lumière des dernières informations provenant notamment des rapports du GIEC, du marché des hydrocarbures ainsi que des objectifs de réduction des émissions. Avant même d'envisager une valeur, cette démarche devra répondre à plusieurs questions :

- Sur quels principes doit-on fixer une telle valeur ?
- La valeur référence du carbone doit-elle être constante dans le temps ou croissante ? Son évolution doit-elle par ailleurs intégrer celle des prix du pétrole ? La valeur carbone pourrait dans un contexte de forte augmentation des prix du pétrole être très faible et au contraire très élevée dans un scénario où les prix du pétrole se maintiendraient au niveau historiquement faible qu'ils ont connu il y a quelques années.. Le référentiel carbone retenu doit donc être cohérent avec le scénario envisagé sur l'évolution des prix des hydrocarbures.
- Cette valeur doit-elle s'appliquer à la France ? à l'Europe ? Comment peut-elle prendre en compte l'attitude des autres pays industrialisés qui refuseraient de réduire leurs émissions de

¹⁰ L'évolution dans le temps de la valeur de la tonne carbone pose question : le rapport du groupe de travail du Commissariat général au plan soulignait la diversité des études sur le sujet : "certaines font apparaître une stabilisation des prix après 2010, d'autres une croissance sensible". Les derniers rapports du GIEC qui montrent la nécessité de se fixer des objectifs ambitieux en matière de réduction des émissions de gaz à effets de serre, de même que les décisions du Conseil européen du printemps 2007 (réduction de 20% au moins d'ici à 2020) conduisent à devoir limiter de plus en plus fortement dans le temps nos émissions et à effectuer pour ce faire des dépenses de plus en plus élevées dans le temps. Cette hausse sera naturellement plus faible si le marché de la tonne-carbone est le plus étendu possible sur le plan géographique et sectoriel mais aussi dans ses différents mécanismes de flexibilité. Le progrès technique devrait également permettre de la limiter. Néanmoins, l'ambition d'une division par quatre de nos émissions suppose une évolution telle que le progrès technique et la modification de nos comportements ne suffiront vraisemblablement pas à l'atteindre sans une contrainte très forte sur la valeur de la tonne-carbone".

GES ? Comment au contraire tenir compte d'un accord mondial qui permettrait à notre économie de lancer des actions vigoureuses de réduction sans risquer de perdre sa compétitivité ?

- Dernier point important, faut-il accepter, et pour quels motifs, des valeurs différentes par secteur d'activité ? En théorie, ce référentiel doit être unique, la valeur du CO₂ ne dépend pas du secteur qui l'a émis, sous peine d'introduire des distorsions importantes dans le système économique. Il est plus efficace de définir un quota unique et non un quota par sous secteurs, ce qui correspond à une contrainte unique sur l'ensemble du système économique et non à des contraintes différenciées (ou, ce qui revient au même, imposer à chaque secteur un même effort de réduction). Si l'on s'engage dans une telle perspective différenciée, celle-ci doit être argumentée. Elle peut se justifier en référence à des coûts et des vitesses d'ajustement différenciées dans chacun des secteurs, ou en raison d'effets redistributifs qu'il serait toutefois préférable de corriger par d'autres moyens. Elle peut se justifier, enfin et surtout, si ce référentiel carbone constitue la base d'**une taxation carbone sur le système productif** et qu'il est nécessaire de prendre en compte l'exposition relative des secteurs à **la concurrence internationale**. L'unicité de ce référentiel peut par contre être préservée si l'on s'engage sur une taxe à la consommation portant sur la teneur en carbone des produits et services, produits en France ou importés, perspective qui n'apparaît pas simple à mettre en œuvre.

Se posera alors la question de savoir comment passer d'un système de valeurs (monétarisation des conséquences du changement climatique, calcul des coûts de réduction des émissions, modélisations, signaux renvoyés par les marchés) à une base reconnue en intégrant dans la réflexion les engagements pris en matière de lutte contre l'effet de serre (objectif de -20 % ou -30 % des émissions en 2020). Les arbitrages sur ce référentiel dépendront aussi en partie de l'utilisation qu'on pense pouvoir en faire et devront prendre en compte les résultats des travaux menés par la Commission de l'énergie mise en place par le Centre d'analyse stratégique et s'engager aux côtés de nos partenaires européens. La qualité du processus de production de ce cadre référentiel, véritable bien collectif, représente un enjeu important pour le débat sur l'utilité et l'efficacité des arbitrages publics en matière de lutte contre l'effet de serre.

Il apparaît souhaitable d'engager dans les prochains mois une révision de ce référentiel carbone. C'est l'une des principales conclusions à laquelle avait abouti le groupe de réflexion sur la valeur économique de la tonne de carbone animé au Centre d'analyse stratégique par Roger Guesnerie dans le cadre des travaux de la Commission énergie. Les réflexions ci-dessus donnent les principales pistes de travail et les principaux éléments de cadrages de cette révision. La question se pose de savoir si la valeur actuelle de référence de la tonne carbone fixée à 100 €¹¹ [2000] (mais qui croît pour atteindre 326 € en 2050) doit être ou non relevée compte tenu des valeurs qui circulent aujourd'hui dans la littérature. Il est clair que ces valeurs dépendent des objectifs que se fixent les Etats, de la réalité de leurs émissions, des contraintes qu'ils imposent au système de réduction et que tout système de flexibilité qui permet de répartir les efforts là où ils sont le moins coûteux à entreprendre entre les différents secteurs, entre les différents pays, conduit à un référentiel carbone plus faible. La valeur de la tonne de carbone que la France peut définir comme référentiel doit donc être cohérente avec les objectifs qu'elle se fixe et la manière dont elle pense pouvoir les atteindre ainsi que de l'évolution anticipée (mais toujours incertaine !) du prix des hydrocarbures. Cette démarche doit être entreprise en étroite collaboration avec nos partenaires européens dans un cadre réunissant les principales administrations concernées et la communauté universitaire.

Les éléments évoqués dans cette note constituent des bases sur lesquelles il convient de proposer de refonder et discuter un nouveau référentiel. Elles conduisent à un paradoxe. D'un côté, une prise de conscience invite à prendre au sérieux le changement climatique et à agir pour réduire les émissions anthropiques qui sont en grande partie à l'origine de ce phénomène, ce qui amène à envisager des efforts et des contraintes plus importantes, y compris par des niveaux de taxation, ou de renforcement de normes importantes. D'un autre côté, même si elles souffrent de nombreuses imperfections, les études conduisent à des valeurs du carbone plutôt faibles (100 €/t carbone selon les travaux du groupe Boiteux, 80 €/t carbone selon un rapport remis à la Commission européenne cf. infra) qui semblent également corroborées par les signaux renvoyés par les marchés émergents

¹¹ Travaux du groupe Boiteux, 2000

du carbone dont les ordres de grandeurs semblent en décalage avec ce qu'on imagine être cohérent avec une division par 4 des émissions de CO₂.

Plusieurs questions en découlent :

- Quelles sont les raisons de ces écarts ?
- Faut-il résolument s'engager dans un référentiel carbone totalement déconnecté par rapport à ces signaux ?
- Et si oui, quelles seront les conséquences de ce choix ?

Une partie du décalage peut s'expliquer par les cloisonnements retenus qui conduisent à une augmentation artificielle de la valeur de la tonne carbone :

- le cloisonnement des espaces économiques qui consiste à envisager de réaliser l'effort en France sans possibilité de réaliser les efforts en dehors du territoire. Or, il est clair que la France se trouve dans une situation particulière en raison du parc électro-nucléaire qui conduit nécessairement à renforcer le coût marginal de réduction des émissions ;
- le cloisonnement des secteurs ensuite qui consiste à imposer à chacun d'entre eux de réaliser un même niveau d'effort même si les coûts de réduction sont plus élevés dans certains secteurs que dans d'autres. Les modèles, même très imparfaits à ce stade, montrent qu'il existe des capacités d'adaptation qui peuvent être très importantes et qu'il faut pouvoir mobiliser.

Réalisé à l'initiative de la Commission européenne, le rapport HEATCO¹² propose de revenir aux valeurs calculées en référence à l'objectif du gouvernement anglais de réduire de 60% (ce qui ne correspond qu'à un facteur 2,5 et non à un facteur 4 !) les émissions de CO₂ en 2050 en considérant qu'elles correspondent aux engagements de la Commission de limiter les émissions de CO₂ pour éviter que la température moyenne ne dépasse 2°C et aboutit ainsi à des valeurs carbone allant de 80 €/tC en 2010 jusqu'à 304 €/tC en 2050.

Elle écarte ainsi l'idée d'un référentiel trop élevé qui pourrait conduire à réaliser des efforts très coûteux et socialement discutable si ce référentiel servait à fonder une taxe carbone par exemple. Dans cette hypothèse, si un pays souhaite s'engager résolument dans la recherche d'une division par quatre de ses émissions de gaz à effet de serre, pour être leader dans la lutte contre le changement climatique qui s'organise au niveau mondial et qu'il soit prêt à consentir des efforts importants pour y parvenir, il apparaîtrait préférable de faire en sorte de réaliser les réductions là où elles sont les plus faibles et d'utiliser les ressources ainsi économisées dans des projets notamment à l'étranger et dans les pays en développement, ou encore, et de façon massive, dans la recherche.

Ceci conduirait à privilégier plutôt l'échelle européenne (voire même mondiale) que l'échelle purement nationale et à favoriser chaque fois que c'est possible les procédures qui permettent de disposer au niveau international d'instruments de flexibilité pour organiser la lutte contre le changement climatique. Ce qui implique, par exemple, de ne pas rejeter a priori l'utilisation accrue des marchés de permis en ouvrant ceux qui existent à d'autres secteurs ou en interconnectant les différents marchés. Toutes les simulations montrent que l'introduction des mécanismes de flexibilité a un effet considérable sur les coûts de réduction des émissions qui peuvent ainsi varier du simple au double. On peut par ce biais trouver de gains à coûts plus réduits que ceux qu'on pourrait obtenir par ailleurs.

Trois convictions fortes en ressortent à ce stade :

- il est important pour l'action publique de disposer d'une chronologie de valeurs carbone afin d'éclairer le politique sur le sens des décisions qu'il doit prendre sous peine d'être amenée, y

¹² Ce projet vise à proposer des lignes directrices harmonisées à l'échelle européenne pour l'évaluation des projets de transport et notamment ceux des Réseaux Trans-Européens. Baptisée HEATCO (Developing Harmonised European Approaches for Transport CO₂ Costing and Project Assessment).

compris avec les meilleures intentions du monde, à gaspiller des ressources qui auraient pu être mieux utilisées ailleurs et autrement ;

- compte tenu des incertitudes qui pèsent sur sa détermination, la valeur de la tonne carbone qui sera retenue comportera toujours une part d'arbitraire : il est donc souhaitable que sa détermination fasse l'objet d'une réflexion aussi large que possible ;
- face à un phénomène mondial, il faut éviter de construire un référentiel isolé qui risque d'engager des décisions dommageables pour la France. Ce référentiel devrait être établi en cohérence avec nos partenaires européens.

Pour conclure, cette note n'a pas la prétention d'épuiser le sujet. Il apparaît riche et mérite d'être repris de manière plus approfondie compte tenu des enjeux qui lui sont attachés dans le cadre d'une réflexion interministérielle, interdisciplinaire et européenne. Ce travail pourrait ensuite être élargi dans le même esprit à d'autres référentiels environnementaux sachant que certains effets (effets de coupure des infrastructures, impact sur les paysages, etc) sont en l'état des connaissances et des études disponibles (ou pas) beaucoup plus difficiles à traiter.