

# **Enjeux économiques de la surveillance des émissions de gaz à effet de serre**

**Rapport Final**

**Laboratoire d'Economie des Ressources Naturelles  
(LERNA)**

**Toulouse School of Economics  
(Ecole d'économie de Toulouse, TSE)**

**Coordination : Hippolyte d'Albis**

**Novembre 2009**



**LERNA**

Laboratoire d'Economie  
des Ressources Naturelles

LERNA  
UMR 1081 INRA - UT1  
Université Toulouse I Capitole  
21 Allée de Brienne, 31000 Toulouse  
<http://www.toulouse.inra.fr/lerna>

## **Avertissement**

Ce rapport est un travail collectif d'économistes membres du Laboratoire d'Economie des Ressources Naturelles (LERNA) et de Toulouse School of Economics (TSE). Il a bénéficié du soutien financier de Thalès Alenia Space. Il a été coordonné, édité et révisé par Hippolyte d'Albis grâce aux contributions de :

Stefan Ambec

Cécile Aubert

Gilles Lafforgue

François Salanié

Nicolas Treich

Les auteurs remercient Mouez Fodha, Christophe Nussli et Katheline Schubert pour leurs remarques sur les versions préliminaires de ce rapport.

**Les opinions et jugements exprimés sont ceux des auteurs et ne doivent pas être compris comme reflétant l'avis des institutions auxquelles ils appartiennent.**

**Mots clefs:** Gaz à effet de serre; carbone; surveillance; satellite; valeur de l'information; accords climatiques; régulation des émissions; marché des quotas; Toulouse School of Economics; Thalès.

## Introduction

L'objectif de cette étude est d'évaluer les bénéfices économiques de la mise en place d'un système de surveillance dynamique de la concentration du carbone et autres gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère. Le système envisagé est constitué d'un réseau de capteurs au sol et de satellites d'observation. Cette étude, qui a une vocation d'analyse économique, ne rentrera pas dans le détail technologique de la surveillance des GES. Elle prendra comme données les avantages suivants : le système considéré améliore l'information publique sur la dynamique des concentrations, réduit l'incertitude scientifique sur le cycle du carbone, et permet de mieux distinguer les émissions anthropiques des émissions naturelles. Une information coordonnée par une observation par satellites a pour avantages la fiabilité, car elle permet de confronter les diverses déclarations locales, et la couverture des régions peu accessibles. L'ampleur du projet, en termes de capteurs au sol et de satellites d'observation, déterminera la fréquence et la précision des observations. S'il est mis en place progressivement, il servira dans un premier temps essentiellement à mieux comprendre la dynamique des concentrations au niveau global. Dans un second temps, un contrôle des émissions des grandes régions pourra être réalisé. A terme, une surveillance des unités de production est envisageable.

Nous cherchons donc à évaluer la valeur économique de ces améliorations de l'information. Remarquons en premier lieu qu'un bénéfice immédiat d'un tel système de contrôle serait une meilleure compréhension du cycle du carbone, ce qui en soit a une valeur scientifique considérable, même si elle est difficile à évaluer monétairement. Mais ceci permettrait de mieux prévoir les évolutions du climat ainsi que les conséquences du changement climatique. De plus, l'information sur l'origine géographique des émissions et sur l'absorption naturelle des puits de carbone que représentent les forêts et les océans a une valeur très importante. C'est sur cette dernière que nous axerons notre analyse. Ainsi, seule une partie des bénéfices économiques potentiels du projet sera analysée. Ne seront pas évalués, par exemple, les externalités technologiques en termes de recherche spatiale, les effets de type « relance keynésienne » engendrés par un financement par endettement public, l'amélioration éventuelle dont bénéficieraient les systèmes nationaux de prévision climatique, etc. Ne seront pas non plus évoquées les considérations relatives au soutien des entreprises engagées dans la compétition technologique internationale.

Ces différentes améliorations de l'information ont de multiples conséquences économiques qui seront analysées dans ce qui suit. Les concepts de la littérature économique sur la valeur de l'information ont ainsi été mobilisés pour identifier les différents gains possibles et en proposer une analyse cohérente. Certains bénéfices ont fait l'objet d'études et d'évaluations économiques détaillées tandis que d'autres ont été quelque peu délaissés. Nous proposerons donc en conclusion des propositions de projets de recherche.

Voici un résumé de notre analyse. Une meilleure information sur la dynamique des GES, et du carbone en particulier, devrait premièrement faciliter la mise en place d'une réponse internationale concertée au défi que représente le changement climatique. Le consentement à payer pour éliminer toutes incertitudes des modèles éco-climatiques varie selon les études de 200 à 1.000 milliards de dollars. L'incertitude sur la réalité du réchauffement climatique étant une composante cruciale de ces modèles, la valeur de l'information sur la dynamique des GES représente probablement plusieurs dizaines de milliards (section I.1). Cette information permet, en outre, de dépasser le débat entre stratégies attentistes et stratégies de précaution et

de mettre en place une politique adaptée, qui n'est pas nécessairement plus contraignante en termes de réduction des émissions (section I.2).

Une meilleure information devrait également fortement influencer les négociations internationales sur le climat. La valeur associée à l'information est d'autant plus élevée que le nombre de pays ratifiant l'accord est important. Cependant, une meilleure information ne facilite pas nécessairement, en théorie, l'adhésion de tous mais elle incite les contractants à respecter leurs engagements. Le problème de l'adhésion de l'ensemble des pays pourrait néanmoins être dépassé en mettant en place un système de compensation efficace des pays les moins affectés par les conséquences du réchauffement. Un accord global permettrait d'éviter un surcoût de plus de 10 milliards de dollars (sections II.1 et II.2).

Le système de compensation pourrait s'appuyer sur les Mécanismes de Développement Propre du Protocole de Kyoto. Ces derniers ont été fortement critiqués du fait du difficile contrôle de leur impact sur l'environnement et de leurs effets pervers potentiels. Un meilleur contrôle des émissions locales rendrait ce système plus efficace en réduisant les problèmes et les coûts liés à la certification des réductions d'émissions. Ces derniers représentent, dans l'état actuel du système, plus de 800 millions de dollars (section II.3).

Deuxièmement, une meilleure information sur la dynamique des GES devrait améliorer les politiques nationales de lutte contre le réchauffement climatique. La régulation des activités polluantes serait plus simple à mettre en place car plus crédible. Elle serait plus efficace en reposant sur des systèmes de concurrence par comparaison (section III.1) et sur des taxes (section III.2) mieux adaptées à la modification des comportements. Les gains financiers sont potentiellement très importants. A titre d'exemple, une taxe carbone internationale générerait près de 150 milliards de dollars à l'horizon 2015.

Les marchés financiers du carbone bénéficieraient également beaucoup d'une information publique et fréquente sur les émissions. La qualité des titres serait améliorée et la liquidité des marchés augmenterait (section IV.1). Il serait également possible de mettre en place des enchères de quotas, plus efficaces que le système actuel d'allocation (section IV.2). Une contribution des marchés à l'amélioration de l'information disponible est également envisageable. Par exemple, une taxe de 0,005 % du montant des transactions réalisées pourrait rapporter quelque 150 millions de dollars à l'horizon 2020 (section IV.3).

Au total, les bénéfices économiques directs d'une amélioration de l'information sur la dynamique des GES sont potentiellement très importants. Ils dépassent nettement les différents coûts de mise en place du système considéré. Néanmoins, pour être optimal, le système devrait être confié à une agence internationale dédiée à la lutte contre le réchauffement climatique. Recommandée par Jean Tirole dans son récent rapport au Conseil d'Analyse Economique, cette agence serait chargée de la mise en place d'une politique climatique renouvelée, reposant sur un système mondial de quotas d'émissions échangeables. Cette nouvelle architecture internationale bénéficierait d'une information précise sur les émissions de GES et en garantirait la fiabilité.

## **I. Valeur de l'information scientifique et politique climatique**

Une mesure plus fiable et plus fréquente des concentrations de GES dans l'atmosphère, permettrait en premier lieu une amélioration de la connaissance scientifique sur le réchauffement climatique. Dans un éditorial de ses éditions du 23 juillet 2009, *Nature*, se faisait ainsi le porte-voix de la communauté scientifique et appelait à la mise en place d'un système international de surveillance des émissions et concentrations de dioxyde de carbone. Selon l'éditorialiste, une meilleure connaissance du cycle du carbone serait bénéfique pour la politique climatique, et ainsi, l'investissement dans un tel projet serait de « l'argent bien dépensé ».

Selon le rapport Stern, le changement climatique réduirait le bien-être mondial d'un montant équivalent à une réduction de consommation par tête de 5% à 20% (Stern, 2007, p.10). Cette estimation représente une incertitude considérable qui monopolise le débat public sur le changement climatique. Elle entraîne à la fois des positions sceptiques et des discours apocalyptiques. Cette ambiguïté est un frein aux actions publiques nationales et internationales. Sachant qu'une meilleure connaissance scientifique permettrait de réduire cette incertitude, il est important d'évaluer la valeur économique associée à cette réduction.

### **I.1 Une valeur de l'information positive**

Les économistes ont développé la notion de valeur de l'information pour mesurer le gain financier associé à une réduction de l'incertitude, cette réduction étant définie de la façon suivante : l'information est révélée plus tôt que prévue. Théoriquement, cette valeur peut être positive ou négative car l'information modifie les comportements des agents économiques. Dans le cas du réchauffement climatique, l'ensemble des études concluent à une valeur positive : il est rentable d'investir aujourd'hui pour savoir demain plutôt qu'après-demain. Les débats entre économistes ont porté sur l'ampleur de cette valeur de l'information. Nordhaus (1994) fut l'un des premiers à introduire une représentation probabiliste de l'incertitude dans son célèbre modèle mondial éco-climatique, DICE. Pour le module économique du modèle, les paramètres ayant un effet le plus significatif sur la politique climatique sont les taux de croissance de la population et de la productivité et le facteur d'escompte. Pour le module climatique, les paramètres importants sont ceux relatifs à la fonction de dommage climatique, le taux atmosphérique de rétention de carbone et le paramètre de sensibilité du climat, qui mesure le réchauffement associé à un doublement de la teneur en équivalent-carbone. Nordhaus estime que la valeur associée à l'obtention d'une information parfaite en 2000 plutôt qu'en 2020 est supérieure à 1.000 milliards de dollars de 1989, soit plus de 3,6% du PIB mondial. Dans ce cas extrême d'élimination de toute incertitude, le consentement à payer serait donc très important.

Cette première estimation de Nordhaus a suscité de très nombreux débats. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat évoque un ordre de grandeur de 100 milliards de dollars (IPCC, 1995, p. 68). Plus récemment, Hopes et Alberth (2006) ont estimé avec le modèle PAGE2002 qu'une réduction de moitié de l'intervalle d'incertitude de 1.5°-5° du paramètre de « sensibilité du climat » a une valeur de presque 500 milliards de dollars si cette réduction est accomplie aujourd'hui, et de l'ordre de 200 milliards si elle est accomplie en 2040. Des études ont montré néanmoins que la valeur de l'information est assez limitée dans les modèles éco-climatiques si les erreurs d'observations et de mesures de données ne pouvaient être réduites (O'Neil et Melkinov, 2008), et que plusieurs siècles pourraient être nécessaires pour évaluer avec précision les paramètres clefs du modèle de réchauffement climatique (Leach, 2007).

## **I.2 Mais un effet ambigu sur la politique climatique**

Si la connaissance scientifique sur la dynamique des GES a sans conteste une valeur économique positive, son effet sur les politiques de lutte contre le réchauffement climatique est néanmoins contrasté. Savoir aujourd'hui que l'on saura demain plutôt qu'après demain, engendre deux positions opposées. La première est attentiste. En situation d'incertitude, attendre peut être justifié puisque la perspective d'obtenir une information plus fiable permet de mieux adapter les politiques. Un tel comportement est d'autant plus justifié que l'information sera révélée plus tôt. Cette position, appréhendée dans la littérature économique par le concept de valeur d'option, caractérise bien la politique américaine des années 1990. La seconde position, au contraire, repose sur un principe de précaution. En s'abstenant d'agir maintenant, la situation climatique s'aggrave et peut engendrer des dommages irréversibles. Par conséquent, bénéficier d'une meilleure information plus tôt ne doit pas retarder la mise en place de politiques de lutte contre le réchauffement climatique.

De nombreuses études ont tenté de mesurer les ampleurs relatives de la valeur d'option et du principe de précaution. Il semble au total qu'aucun effet ne domine en général, la réponse étant liée au modèle éco-climatique considéré (Lange et Treich, 2008). Par exemple, dans le modèle DICE, la perspective de résolution de l'incertitude dans le futur ne justifie pas une réduction importante à court terme des émissions de GES. Elle justifie donc une attitude attentiste. Le modèle de Ha-Duong (1998), au contraire, mène à une conclusion différente car le changement climatique a un caractère irréversible. La perspective de résolution de l'incertitude conduit à augmenter les efforts de réduction d'émissions de GES. La problématique de la recherche contemporaine est plutôt d'identifier et d'évaluer les différentes irréversibilités environnementales et de les mettre en regard de l'irréversibilité du capital investi dans la lutte contre le changement climatique. Ainsi, Baker (2009) montre que la perspective d'acquisition d'informations peut aussi donner des incitations supplémentaires à investir dans des techniques de recherche et développement qui permettront de réduire le coût marginal d'abattement des émissions dans le futur. Par ailleurs, Baumstark et Gollier (2008) soulignent qu'outre les irréversibilités, l'aversion au risque et la prudence des agents économiques incitent à un effort initial important. La littérature économique a bien identifié les différents éléments en jeu. Il est néanmoins juste de dire qu'il n'y a pas de consensus sur leur importance relative.

## **II. Les accords internationaux sur le climat**

Une mesure plus fiable et plus fréquente des émissions de GES des différents pays, permettant notamment de décomposer les émissions anthropiques des émissions naturelles, influencerait nécessairement les négociations internationales sur le climat. La littérature économique peut être mobilisée pour comprendre son effet sur les volontés, pour un gouvernement donné, de conclure un accord et de respecter les engagements passés.

Les accords internationaux portant sur la réduction des GES constituent un cas d'école pour les économistes. La préservation de bonnes conditions climatiques a en effet, les caractéristiques d'un bien public global pour lequel, par définition, il n'y a pas d'exclusion d'un pays par l'usage. Symétriquement, le réchauffement climatique constitue une nuisance publique qui ne connaît pas de frontières. Les efforts nationaux de réduction des émissions de GES ne profitent pas uniquement aux pays en question et peuvent donc être analysés comme

des contributions privées à un bien public. Dans un tel cadre, la théorie prévoit des comportements sous-optimaux, qualifiés de passagers clandestins : chaque pays contribue peu, compte sur l'effort des autres et, au final, dispose de très peu de bien public. Dans la pratique, de tels comportements se traduisent par la difficulté d'obtenir un accord international ou, en cas d'accords précédemment ratifiés, par le non respect des engagements. Plusieurs décennies de négociations internationales sur le climat semblent confirmer la théorie.

Cependant, une participation limitée des pays à un accord sur le climat est potentiellement très coûteuse. Dans le cadre d'un accord limitant à 2 degrés la hausse de la température moyenne à l'horizon 2100, Nordhaus (2009) a calculé le coût, évalué en termes de réduction de la consommation, comme une fonction du nombre de participants à l'accord. Ainsi, si le traité n'est pas ratifié par tous mais, seulement, par les dix pays les plus polluants représentant les trois quarts de la population mondiale, le coût serait plus élevé de 60%. Si seuls les pays représentant la moitié de la population mondiale étaient impliqués, le coût serait plus élevé de 230%, atteignant alors 13 milliards de dollars. La question est de savoir si détenir une information plus fiable sur la dynamique des GES peut contribuer à réduire les comportements de passagers clandestins et donc diminuer le coût engendré par la mise en place d'un accord international imparfait. Deux types de comportements peuvent ainsi nuire aux accords sur le climat : celui lié à l'adhésion à un accord global et celui lié au respect d'un accord passé.

## **II.1 L'information n'implique pas la coopération**

Le lien entre la qualité de l'information et la coopération est un problème complexe. Une meilleure information n'accroît, en effet, que sous certaines conditions la volonté de coopérer. Dans le scénario hypothétique où il n'y aurait aucune incertitude et où tous les pays seraient similaires (en termes de coûts et bénéfices du changement climatique) des études récentes montrent qu'il n'est pas certain que tous les pays souhaiteraient participer à un programme de réduction des GES. Ainsi, Carraro et Siniscalco (1993) montrent que certains pays ont intérêt à ne pas adhérer afin de bénéficier des réductions des émissions des pays liés par un accord partiel sans en subir les coûts. Le protocole de Kyoto est une illustration d'un accord ne concernant qu'un sous-ensemble de pays. Ce résultat a été complété par Chandler et Tulkens (1997) qui montrent qu'un traité avec adhésion de tous les pays est possible si les participants anticipent qu'il n'y aura pas de traité en cas de désaccord.

La coopération n'est donc pas toujours obtenue dans un cadre théorique sans incertitude. Qu'en est-il d'une situation où les paramètres environnementaux sont incertains et où les pays sont hétérogènes ? Une meilleure information ne conduit pas non plus nécessairement à plus de coopération, la valeur de l'information pouvant être négative. L'intuition de ce résultat repose sur un mécanisme d'assurance. Si les pays ne savent pas s'ils vont subir les conséquences du réchauffement climatique, ils peuvent avoir intérêt à coopérer pour partager les risques. En réduisant ces opportunités de coopération, l'information peut ainsi réduire le bien être global et donc avoir une valeur négative. Ulph et Maddison (1997) ont étudié cette question dans un modèle éco-climatique simple à plusieurs pays. Ils ont montré que la valeur de l'information croît avec le paramètre de corrélation des dommages entre pays. Si ce paramètre est suffisamment faible, la valeur de l'information est négative. Plus récemment, Kolstad et Ulph (2008) ont montré que le nombre de pays qui ont intérêt à signer un accord de réduction des GES décroît aussi avec l'information. Toutes ces études insistent sur le fait que la réduction de l'incertitude peut réduire les velléités de coopérer des pays qui apprendraient qu'ils sont peu affectés par le réchauffement climatique et qui auparavant affichaient une

position de précaution. Une étude récente s'est néanmoins opposée à ce consensus. Boucher et Bramoullé (2009) suggèrent qu'une réduction de l'incertitude portant sur les conséquences du réchauffement climatique favoriserait l'adhésion à un accord international. Leur argument est qu'elle réduirait les efforts de précaution des signataires, ce qui rendrait l'accord international moins coûteux et, donc, plus attractif. Il n'existe pas actuellement d'étude qui ait mesuré l'importance relative des comportements d'assurance et de précaution. Il est donc difficile de trancher.

## **II.2 Mais l'information incite au respect des engagements**

Une meilleure information sur la dynamique des GES peut néanmoins avoir un rôle majeur dans la pérennité des accords internationaux sur le climat. Ces accords pâtissent de l'absence d'une autorité supranationale pour s'assurer du respect des engagements des pays signataires. Dans ce cadre, une information fiable, car non manipulable par les acteurs, est très importante, notamment si elle permet de distinguer les émissions anthropiques de celles des variations naturelles des écosystèmes. Cette information permet d'évaluer les efforts réels des pays. Il est évident, a contrario, que sans aucune information locale, les stratégies de passer clandestin peuvent apparaître, remettant en cause la stabilité de l'accord initial.

Cette pérennité des accords internationaux est analysée par les économistes à l'aide de modélisations de jeux répétés de coopération, les négociations sur le climat étant renouvelées dans le temps. L'exemple des cartels, étudiés par Green et Porter (1984), est ici instructif. Les auteurs montrent que dans le cas où l'un des participants connaît une contre performance et que les autres sont incapables d'en identifier la cause, c'est-à-dire soit le non respect de l'accord, soit une circonstance extérieure, la coopération s'arrête pour un temps d'autant plus long que l'information est peu disponible. Cette idée initiale a été reprise par de très nombreux auteurs. Dans un cadre plus général, Fudenberg, Levine et Maskin (1990) montrent que la probabilité que la coopération s'arrête, décroît avec la qualité de l'information. Concernant les émissions de GES, Barrett (1994) montre ainsi que la perspective d'un échec du traité peut encourager les participants à respecter leurs engagements. Dans toutes ces études, améliorer l'information disponible procure donc un gain en bien-être significatif car elle renforce la stabilité des accords.

Une meilleure information renforce les accords existants mais peut, en théorie, réduire la probabilité qu'un accord inclue tous les pays. Si l'information révèle qu'un groupe de pays sera faiblement affecté par le changement climatique, il est peu probable qu'il souhaite participer à un effort de réduction des GES. De même, les pays les plus pauvres peuvent avoir un consentement à payer pour la lutte contre le réchauffement climatique plus faible que les autres.

## **II.3 Aide au développement et accords climatiques**

Les études citées précédemment ne prennent pas en compte le fait qu'une meilleure information permet de mieux définir les règles de la coopération. Des mécanismes de compensation des pays qui sont, soit peu affectés par le changement climatique, soit en voie de développement, peuvent susciter une adhésion plus générale à la problématique du changement climatique. Ces compensations peuvent permettre de combiner l'aide au développement et la politique climatique dans une perspective de développement durable. Barrett (2001) insiste sur le fait que des compensations financières peuvent améliorer la coopération, et rendre plus probable la ratification d'un traité international. Elles peuvent également constituer le fondement d'une aide renouvelée au développement.

Les compensations financières évoquées par Barrett (2001) peuvent se traduire concrètement par des investissements dans des projets de réduction des émissions d'un pays en développement. C'est l'esprit du programme appelé Mécanisme de Développement Propre (MDP), traduction de Clean Development Mechanism. Défini dans l'article 12 du protocole de Kyoto, le MDP est un programme de transferts financiers entre pays développés et en développement pour le financement de projets qui réduisent les émissions de GES. Il permet aux pays de l'Annexe I qui se sont engagés à des réductions d'émissions de GES dans le cadre du protocole d'obtenir des crédits d'émissions certifiés les aidant à respecter leurs engagements grâce à des réductions d'émissions dans les pays en développement, qui ne sont pas liés par des engagements chiffrés. Le principe est d'investir dans un pays en développement et de se faire créditer la réduction des émissions réalisée par un organisme de certification des Nations Unies, l'UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). Dans la plupart des cas, un intermédiaire spécialisé fait le lien entre l'investisseur et le porteur du projet présent dans le pays en développement. A ce jour, plus de 1800 projets ont été enregistrés pour un montant d'investissement dépassant les 8 milliards de dollars. Néanmoins, bien qu'une cinquantaine de pays en développement participent au programme, l'essentiel des projets sont destinés à la Chine, à l'Inde et au Brésil. Or, il n'a pas été constaté d'inflexion, par rapport à un scénario de référence, des émissions de GES de la part de ces trois principaux bénéficiaires. De nombreux économistes sont aujourd'hui sceptiques quant à l'opportunité de tels programmes.

Une mesure fiable des émissions locales permettrait un développement significatif et efficace du programme MDP, une observation par satellite étant opportune pour assurer la cohérence globale des déclarations locales. En effet, un projet est certifié à condition, d'une part, qu'il suscite des avantages réels, mesurables et durables liés à l'atténuation du changement climatique, et d'autre part que les réductions d'émissions s'ajoutent à celles qui auraient lieu en l'absence du projet. Pour respecter les conditions de certification il faut donc pouvoir mesurer les émissions avant et après la mise en place du projet. Pour l'instant, les intermédiaires ont besoin, pour faire certifier leurs projets par l'UNFCCC, de faire appel à des bureaux de vérification indépendants. Ces derniers facturent leurs services en moyenne à 10% du montant du projet. Une information publique de qualité sur les émissions locales, en rendant ces vérifications moins utiles, engendrerait un bénéfice considérable. De plus, elle permettrait le développement de mécanismes similaires concernant la forêt et l'agriculture, tels le Mécanisme de Déforestation Evitée (Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation, REDD) des Nations Unies ou les projets AFOLU (Agriculture, Forestry and Other Land Uses).

### **III. Améliorer l'efficacité des politiques nationales**

Une meilleure information sur la dynamique des GES permettrait la mise en place d'outils plus efficaces, et également plus économes du point de vue des finances publiques, pour encourager la réduction des GES. Différents bénéfices sont envisageables mais il en est tout d'abord un, qui bien que difficile à évaluer, est potentiellement très important. Il s'agit de la crédibilité de l'information publique.

Les citoyens sont de plus en plus méfiants vis-à-vis des messages gouvernementaux concernant les risques sanitaires ou environnementaux. Les gouvernements sont en permanence soupçonnés de dramatiser ou, au contraire, de sous-estimer certains risques, ou

encore de valoriser à l'excès leur action pour des raisons électorales. Le cas du réchauffement climatique est particulièrement parlant : malgré l'existence d'un consensus de la part des scientifiques, de nombreux débats ont lieu dans la société civile, qui en mettant sur le même plan des avis opposés, rendent l'information moins crédible. Dans ce contexte, il est difficile de convaincre du bien fondé de mesures environnementales exigeant un sacrifice économique immédiat. Le débat sur la taxe carbone qui a pris place en septembre 2009 en est une bonne illustration. D'un point de vue théorique, Barigozzi et Villeneuve (2006) montrent qu'une taxation distorsive est moins efficace si les citoyens sont peu informés, mais néanmoins conscients que le gouvernement peut avoir intérêt à transmettre une information biaisée. De façon similaire, la tentation de faire reporter la responsabilité de mesures impopulaires sur les institutions supranationales et la défiance vis-à-vis des dites institutions ne permettent pas la mise en place de politiques ambitieuses. Un système de contrôle des GES intégrant une observation non manipulable par satellites peut fournir des éléments jugés globalement crédibles par les citoyens. L'adhésion aux politiques nationales de lutte contre le changement climatique ne pourrait alors que renforcer leur faisabilité et leur efficacité.

### **III.1 Mettre en place une réelle régulation des activités polluantes**

La France n'a actuellement pas de système de réglementation des émissions de carbone au niveau des entreprises. Le système européen des marchés de quotas représente une certaine forme de réglementation, qui sera discutée section IV. Cependant, dans l'hypothèse d'une mise en place d'un système national de régulation des entreprises, un accroissement de l'information disponible sur les émissions serait extrêmement bénéfique. Symétriquement, la mauvaise qualité de l'information sur les émissions a empêché jusqu'à présent la mise en place d'un système de régulation efficace. Le bénéfice viendrait de la diminution simultanée des distorsions imposées à l'économie et des rentes laissées aux entreprises. Ces bénéfices peuvent être estimés par des procédures spécifiques mais actuellement aucune étude n'est disponible pour le cas des émissions de GES.

La principale difficulté rencontrée par les régulateurs vient de leur manque d'information, tant sur les actions (aléa moral) que sur les caractéristiques (anti-sélection) des acteurs (Laffont et Tirole, 1993). L'aléa moral provient du fait qu'il est difficile de distinguer les émissions anthropiques des émissions naturelles. Si l'information est meilleure dans le sens qu'elle permet de mieux distinguer les deux types d'émission, le Théorème de la Statistique Suffisante (Holmström, 1979) s'applique et la réglementation est plus efficace, le système d'incitations devenant moins coûteux. Le risque que l'on doit faire supporter aux acteurs pour les inciter à réduire leurs émissions est alors plus faible. Le phénomène d'anti-sélection est lui aussi potentiellement très présent. C'est le cas, par exemple, si le régulateur souhaite que les entreprises adoptent des technologies moins polluantes sans en connaître le coût marginal associé. La réduction des rentes informationnelles permet de mettre en place des taxes plus élevées ou des subventions plus faibles pour atteindre l'objectif souhaité. La difficulté repose néanmoins sur le fait qu'un système de contrôle de la dynamique des GES, tout aussi performant qu'il puisse être, ne permet pas d'observer directement le coût des efforts de réduction des émissions. Il permet néanmoins d'utiliser la concurrence par comparaison, comme dans le cas des services de l'eau au Royaume-Uni.

La concurrence par comparaison (Schleifer, 1985, Crémer et McLean, 1988) consiste à essayer d'obtenir davantage d'informations sur les caractéristiques ou les actions d'une entreprise en utilisant des informations concernant d'autres entreprises. Sur le plan théorique, observer une mesure de performance pour toutes les entreprises d'un même secteur (industriel ou géographique) permet d'éliminer les éléments communs qui perturbent cette mesure et que

le régulateur ne connaît pas : conjoncture économique exacte, coût de certaines technologies plus ou moins polluantes, etc. Ainsi, en recoupant les données sur les émissions d'entreprises d'un même secteur industriel ou d'une même zone géographique, il est possible d'obtenir une meilleure information sur les coûts à investir dans des technologies moins polluantes. La concurrence par comparaison ne fonctionne bien que s'il existe une corrélation suffisante entre la structure des coûts des entreprises considérées. Dans le cas des réductions d'émission, il est probable que la corrélation soit forte. Les bénéfices associés à un système efficace de concurrence par comparaison peuvent être évalués à l'aide d'une expérience pionnière menée en Angleterre et au Pays de Galles. Les services de l'eau y sont réglementés par une agence, l'Ofwat, qui utilise les données disponibles sur toutes les entreprises du secteur pour autoriser ou non des hausses de prix aux usagers et juger de la nécessité d'effectuer des investissements supplémentaires. L'autorité de concurrence doit tenir compte du fait que les fusions font perdre à l'agence un élément de comparaison utile pour réglementer les entreprises du secteur. C'est pourquoi elle s'est opposée, à plusieurs reprises depuis 1996, à des fusions arguant du fait que les baisses de prix qu'elles pouvaient engendrer étaient faibles au regard de la perte liée à la disparition d'un élément de comparaison. Cet exemple est instructif car il montre que la valeur associée à plus d'information pour la réglementation est relativement importante.

### **III.2 Une taxation efficace des activités polluantes**

Les taxes « vertes » sont très présentes dans le débat public. Leurs effets négatifs supposés sur la compétitivité des entreprises nationales ou sur les inégalités apparaissent d'autant plus importants que leur impact sur l'environnement est incertain. Une meilleure information sur la dynamique des GES permettrait-elle de rendre la taxation des activités polluantes plus efficace ? En premier lieu, la littérature économique insiste sur les avantages d'une taxation des facteurs de production plutôt qu'une taxation des produits ou des consommations. Par manque d'information, c'est néanmoins la seconde option qui est le plus souvent privilégiée. Par exemple, la taxe carbone proposée par le gouvernement français est assise sur la consommation d'essence et non sur les émissions engendrées par l'extraction du pétrole. Deuxièmement, l'information est nécessaire pour fixer la taxe à un niveau approprié. Elle doit en effet être suffisamment importante pour modifier les comportements, c'est-à-dire inciter les agents à consommer une proportion plus importante de biens et services associés à de faibles émissions de polluants. Elle ne doit en revanche pas être trop importante afin de rester politiquement et économiquement acceptable. La définition d'un niveau approprié pour la taxe est d'autant plus délicate lorsqu'elle est redistribuée. Aux effets distorsifs de la taxation, s'ajoutent alors ceux de la redistribution.

L'absence d'information rend donc la régulation par la taxation difficile. Elle l'est d'autant plus dans une perspective dynamique. Comme le souligne Schubert (2009), l'enjeu crucial pour la taxe carbone est son évolution dans le temps. S'il n'y a pas d'incertitude globale, le problème de la taxation est un problème d'asymétrie d'information entre le régulateur et le régulé. La taxe carbone pour les particuliers s'apparente alors à une réglementation de type prix fixe : un prix est fixé pour la tonne de carbone et chaque ménage reçoit une subvention fixe. Ce type de réglementation est très efficace et doit être durable. En maintenant la taxe constante (ou à un taux de croissance préalablement défini), la politique fournit les bonnes incitations. En cas d'absence d'information, il est probable que la taxe soit changée plus ou moins fréquemment au cours du temps, pour prendre en compte l'arrivée de nouvelles informations. Comme ces adaptations sont anticipées par les acteurs, le schéma de taxation s'apparente alors à une réglementation de type *cost plus*. Gagnepain et Ivaldi (2002), en étudiant la régulation des transports urbains par les collectivités locales, montrent que cette dernière est davantage utilisée en absence d'information, et ce, bien qu'elle soit sous

optimale. Ces résultats suggèrent qu'en améliorant l'information des régulateurs, un système de mesure des émissions permettrait à ces régulateurs d'adopter plus souvent une régulation de type prix fixe, qui fournit de meilleures incitations aux réductions d'émissions.

Il est important de signaler que le produit financier d'une taxe carbone peut être très important. TSE-LERNA dispose d'un modèle d'équilibre général calculable calibré sur données réelles permettant de calculer ce produit. Divers scénarii sont possibles. Si, par exemple, la contribution énergie-climat annoncée par le gouvernement français, s'élevant à 17 euros la tonne en 2010 et augmentant par la suite de 6% par an en moyenne, était appliquée au niveau mondial, les recettes atteindraient avant 2015 les 100 milliards d'euros. Affecter ne serait-ce qu'un pour cent de ces recettes à une amélioration de la qualité de l'information sur la dynamique des GES serait donc largement suffisant pour financer un système de très bonne qualité.

## **IV. Le marché financier du carbone**

Un système de contrôle des émissions de GES, suffisamment précis et fréquemment réactualisé, devrait dynamiser les marchés de quotas d'émission de dioxyde de carbone. Ces derniers, et en particulier le marché Européen, ne concernent pour l'instant que les industries qui émettent le plus de carbone, soit environ la moitié des émissions européennes. Les volumes des transactions sont également relativement faibles. Ces marchés sont néanmoins appelés à se développer. Une meilleure information sur la dynamique des GES devrait permettre de renforcer la qualité des titres, d'augmenter la liquidité du marché et de mettre en place des procédures d'allocation des quotas plus efficaces. En retour, les marchés pourraient contribuer au financement du système de contrôle des émissions.

### **IV.1 Renforcer la qualité des titres et la liquidité du marché**

Le premier effet bénéfique que l'on peut attendre d'une meilleure information sur la dynamique des GES concerne la qualité des titres. Cette dernière dépend notamment de ses conditions d'émission. En principe, un nombre fixé de titres sont alloués ou mis aux enchères, et le marché fonctionne dans le cadre de ce quota. En pratique, les choses sont plus complexes. Chaque émetteur est soumis à des contrôles, qui lui imposent de présenter un nombre de titres égal à ses émissions observées. Ces contrôles sont du ressort de chaque gouvernement, et l'on peut penser qu'il en sera de même à l'avenir. Or, les autorités publiques sont plus ou moins puissantes face aux intérêts économiques des entreprises et leurs contrôles sont plus ou moins fiables. Toute imperfection permet à un émetteur de dépasser son quota de titres. En termes financiers, cela le conduit à émettre des titres de façon cachée. L'ensemble nuit à la qualité des titres, et à la confiance qu'un investisseur aura en ces titres. Une meilleure information sur les émissions de carbone ne permettra pas d'éviter toutes les fraudes individuelles, trop faibles pour être discernées et attribuées à un émetteur, mais elle permettra de comparer les émissions agrégées d'une région ou d'un pays à la somme des titres présentés. Tout écart conduira à suspecter le système de contrôle mis en place par un gouvernement. Ainsi, un système efficace de surveillance aura pour première vertu de discipliner les contrôleurs eux-mêmes (Kofman et Lawarree, 1993), et par là-même de renforcer la qualité des titres, et donc la liquidité du marché.

Le second bénéfice concerne la liquidité du marché. Une communication régulière, publique et fréquente d'informations permet de rapprocher les prix sur le marché de leur valeur

fondamentale. En outre, le temps disponible pour bénéficier d'une information privée se réduit. Selon Vives (1997), cela a deux conséquences. La première est positive. Plus d'information publique conduit l'information privée à être révélée plus rapidement sur le marché. Les opérateurs sont davantage disposés à échanger, car ils savent que les rentes d'information privée sont faibles. Il en résulte un accroissement de la liquidité du marché. La seconde conséquence est paradoxale. Sachant que l'information privée est moins bien rémunérée, peu d'agents sont prêts à la rechercher. Ainsi l'offre d'information privée décroît, et certains auteurs ont montré qu'elle est socialement insuffisante étant donnée l'information publique disponible. Au contraire, si l'information publique est plus précise que l'information privée, ou si elle est initialement très imprécise, ce deuxième effet est moins fort que le premier, et donc l'offre d'informations publiques est toujours socialement positive (Morris et Shin, 2002, et Hellwig, 2005).

Dans le cas des marchés de quotas, ce deuxième effet ne serait pas si important. L'essentiel de l'information privée provient des projets individuels de chaque émetteur et, comme on l'a vu, celui-ci les révèle plus rapidement au marché. Contrairement aux marchés d'actions, sur lesquels certaines informations sur la santé de l'entreprise sont essentielles et créent des effets de valeur commune, le marché de quotas est un marché simple : l'offre de quotas est fixée, et les aléas portent par exemple sur la croissance économique, un phénomène macro-économique sur lequel il est plus difficile de disposer d'informations privées.

Les effets analysés ci-dessus soulignent que les bénéfices du système envisagé portent sur la liquidité et l'efficacité des marchés. Evaluer la valeur sociale d'une amélioration de ces deux caractéristiques revient finalement à évaluer la valeur sociale des marchés financiers. Dans le cas des marchés de quotas, et en particulier de leur composante à terme, ils permettent d'évaluer la rentabilité d'un investissement qui réduirait les émissions futures. Il importe donc que les prix incorporent le maximum d'informations. En ce sens, l'offre d'informations publiques sur les émissions agrégées permet de mieux évaluer la valeur fondamentale d'un quota, et de limiter les fluctuations de court terme. Elle permet de mieux planifier les investissements. D'autre part, le deuxième rôle des marchés financiers est de permettre un partage du risque. Les marchés liés à l'énergie sont naturellement volatiles, pour de multiples raisons, notamment politiques. Améliorer la liquidité du marché garantit à un émetteur qu'il pourra acheter ou vendre de grands volumes de titres sans susciter de réactions défavorables. Plus de liquidité permet aussi d'ouvrir plus de marchés pour des titres dérivés, ce qui améliore les possibilités de couverture.

## **IV.2 L'allocation initiale des quotas**

Une meilleure information pourrait également avoir un effet significatif sur l'efficacité du marché et notamment lors de la mise en place d'un système d'enchères destiné à remplacer totalement celui des quotas attribués. Les allocations mises en place par le passé ont été très critiquées et, notamment, accusées de par leur abondance, d'avoir engendré l'effondrement des prix qui a été constaté. Il faut reconnaître, qu'avant la première distribution, les autorités de tutelle ne disposaient que d'estimations des émissions passées. Néanmoins, de nombreux travaux économiques montrent que, même si elle est disponible, l'information donnée par l'évolution des cours n'est pas forcément exploitable, notamment à cause du faible nombre de participants. Sachant que les allocations futures dépendront de leurs comportements actuels, les acteurs du marché peuvent avoir un comportement stratégique qui brouille l'information fournie par le marché. Ce mécanisme, qualifié dans la littérature économique d'effet de cliquet, rend le système d'allocation des quotas peu attractif.

Un système de mise aux enchères des quotas est notamment prévu pour la troisième phase du marché européen. Un système d'enchères est très rémunérateur lorsque le bien sur lequel porte l'enchère est une valeur privée, c'est-à-dire lorsque sa valeur est propre à chaque enchérisseur. Dans ce cas, l'enchère permet au vendeur d'allouer l'objet de l'enchère de façon efficace, à celui qui a la plus forte valorisation pour ce bien, et à un prix égal à la deuxième plus forte valorisation : la différence entre cette valorisation et celle du gagnant de l'enchère constitue une rente informationnelle laissée à ce gagnant. Dans le cas des marchés de quotas, la valeur privée est le coût marginal pour une entreprise d'acquisition d'une technologie permettant de réduire ses émissions. La difficulté de ce type d'enchères est que les quotas ont également une valeur dite commune, qui est leur prix sur le marché. De très nombreux travaux théoriques et appliqués ont étudié les effets négatifs de l'incertitude sur les enchères à valeur commune. L'incertitude concerne ici notamment l'évolution de la concentration des GES qui peut fortement influencer le prix du quota. Un premier effet est appelé la malédiction du vainqueur. L'entreprise qui remporte l'enchère a probablement surestimé la valeur du quota, puisqu'elle a fait une offre plus grande que celle de tous les autres enchérisseurs. Elle risque donc de faire des pertes. Le principe de rationalité fait que pour éviter ces pertes, chaque enchérisseur réduit son enchère, et, au total, l'enchère est peu rémunératrice. Un second effet repose sur les asymétries d'information entre enchérisseurs. Comme sur tout marché, certains acteurs ont plus de surface financière et sont mieux informés que leurs concurrents. Ces derniers anticipent qu'ils feront plus de pertes en moyenne dans l'enchère et préfèrent habituellement ne pas participer. On constate habituellement une faible participation dans les enchères à valeur commune incertaine. En diffusant à tous les participants une information reconnue par tous comme publique, le système de mesure des émissions peut réduire l'incertitude globale et les asymétries d'information entre enchérisseurs. Il ferait des enchères une procédure plus efficace de distribution des quotas.

### **IV.3 Une source de financement potentiellement très importante**

Une meilleure information sur la dynamique des GES bénéficierait ainsi aux marchés financiers du carbone. Il peut être légitime de penser que ces derniers pourraient contribuer au financement de ce bien public. Une taxe sur le montant des transactions réalisées sur les marchés est régulièrement évoquée dans le débat public. Elle fait l'objet de nombreux débats contradictoires mais, dans le cas du carbone, elle aurait peut être plus de sens, le marché finançant en partie l'information dont il a besoin. Etant donné le volume des transactions enregistrées dans le passé, une telle taxe aurait, si elle avait été mise en place, permis de collecter des sommes relativement faibles. Par exemple, sur les marchés au comptant et à terme de la bourse BlueNext, la valeur totale des transactions s'est élevée en 2008 à 60,4 milliards d'euros. Un prélèvement de 0,005% de ce montant, soit le taux récemment proposé par Bernard Kouchner pour l'ensemble de marchés financiers, n'aurait permis de dégager, à comportements constants, que quelque 3 millions d'euros. Un taux plus élevé donnerait, bien sûr, une recette plus élevée. Le développement probable des marchés du carbone laisse néanmoins penser que cette source de financement pourrait s'accroître considérablement. Ainsi, l'agence norvégienne Point Carbon estime que le volume mondial des transactions sur ces marchés devrait atteindre 3.100 milliards de dollars d'ici 2020. Dans ce cas, plus de 150 millions de dollars seraient collectés annuellement par une taxe à 0,005%.

## Conclusion

Une meilleure information sur la dynamique des GES aurait des bénéfices économiques très importants et faciliterait la mise en place d'une politique de lutte contre le réchauffement climatique. La valeur de cette information est sans conteste positive si l'ensemble des pays s'entendent et font de la lutte contre le réchauffement un objectif commun. En l'absence d'un accord global ou d'une autorité supranationale, un système permettant un contrôle fiable des émissions anthropiques des différents pays permettrait de développer un système de compensations efficace. Il serait également indispensable à un marché des quotas nationaux, si ce dernier était mis en place. Dans chaque pays, une meilleure information sur les émissions des différents acteurs économiques permettrait la mise en place d'une régulation adaptée. Une meilleure réglementation, une taxation juste et des marchés de carbone développés permettraient à chaque pays d'atteindre ses objectifs en termes de réduction d'émission.

Cette étude a identifié les bénéfices économiques d'une meilleure information sur la dynamique des GES. Elle suggère également plusieurs pistes de recherche qui devraient être explorées pour évaluer de façon précise et convaincante ces bénéfices. La valeur de l'information associée à l'incertitude propre à la dynamique des GES doit tout d'abord être calculée dans un modèle éco-climatique. Il s'agit d'actualiser les travaux de Nordhaus (1994) en intégrant les différentes irréversibilités dont l'existence ne fait aujourd'hui plus de doute. Il serait également intéressant de développer la recherche économique sur les marchés du carbone. Les problèmes de la valeur de l'information lorsque le marché n'est pas efficient et de la mise en place de systèmes d'enchères sont en effet importants.

## Bibliographie

- Baker, E. (2009), Optimal Policy under Uncertainty and Learning in Climate Change: A Stochastic Dominance Approach, Journal of Public Economic Theory, à paraître.
- Barigozzi, F. et Villeneuve, B. (2006), The Signaling Effect of Tax Policy, Journal of Public Economic Theory 8, 611-630.
- Barrett, S. (1994), Self-enforcing International Environmental Agreements, Oxford Economic Papers 46, 804-878.
- Barrett, S. (2001), International Cooperation for Sale, European Economic Review 45, 1835-1850.
- Baumstark, L. et Gollier, C., (2008), La Dynamique de la Valeur du Carbone dans un Cadre Incertain, dans : La Valeur Tutélaire du Carbone, t. 2, chap. 9, Exercices de modélisation et contributions, Centre d'Analyse Stratégique.
- Boucher, V. et Bramouillé, Y. (2009), Providing Global Public Goods under Uncertainty, Document de travail, Université Laval, Québec.
- Carraro, C. et Siniscalco, D. (1993), Strategies for the International Protection of the Environment, Journal of Public Economics 52, 309-328.
- Chander, P. et Tulkens, H. (1997), The Core of an Economy with Multilateral Environmental Externalities, International Journal of Game Theory 26, 379-401.
- Crémer, J. et McLean, R. P. (1988), Full Extraction of the Surplus in Bayesian and Dominant Strategy Auctions, Econometrica 56, 1247-1258.
- Fudenberg, D., Levine, D. et Maskin E. (1990), The Folk Theorem in Repeated Games with Imperfect Public Information, Document de travail, MIT.

- Gagnepain, P. et Ivaldi, M. (2002), Incentive Regulatory Policies: The Case of Public Transit Systems in France, The RAND Journal of Economics 33, 605-629.
- Green, E. et Porter, R. (1984), Noncooperative Collusion under Imperfect Price Information, Econometrica 52, 87-100.
- Ha-Duong, M. (1998), Quasi-option Value and Climate Policy Choices, Energy Economics 20, 599-620.
- Hellwig, C. (2003), Heterogeneous Information and the Welfare Effects of Public Information Disclosures, Document de travail, UCLA.
- Holmstrom, B. (1979), Moral Hazard and Observability, Bell Journal of Economics 10, 74-91.
- Hopes, C. et Alberth, S. (2006), How Much is Better Information about Climate-sensitivity Worth?, Document de travail, University of Cambridge.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group 3 (1995), Economic and Social Dimensions of Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kofman, F. et Lawarree, J. (1993), Collusion in Hierarchical Agency, Econometrica 61, 629-656.
- Kolstad, C. et Ulph, A. (2008), Learning and International Environmental Agreements, Climatic Change 89, 125-141.
- Laffont, J-J., et Tirole, J. (1993), A Theory of Incentives in Regulation and Procurement, Princeton University Press.
- Lange, A. et Treich, N. (2008), Uncertainty, Learning and Ambiguity in Economic Models on Climate Policy: Some Classical Results and New Directions, Climatic Change 89, 7-21.
- Leach, A. (2007), The Climate Change Learning Curve, Journal of Economic Dynamics and Control 31, 1728-1752.
- Morris, S., et Shin, H.S. (2002) The Social Value of Public Information, American Economic Review 92, 1521-1534.
- Nordhaus, W. (1994), Managing the Global Commons, The MIT Press, Cambridge.
- Nordhaus, W. D. (2009), The Impact of Treaty Nonparticipation on the Costs of Slowing Global Warming, Document de travail, Yale University.
- Schubert, K. (2009), Pour la Taxe Carbone : La Politique Climatique face à la Menace Climatique, Opus 18 du CEPREMAP, Editions Rue d'Ulm, Paris.
- Shleifer, A. (1985), A Theory of Yardstick Competition, The RAND Journal of Economics 16, 319-327.
- Stern, N. (2007), The Economics of Climate Change, Cambridge University Press.
- Ulph, A. et Maddison, D. (1997), Uncertainty, Learning and International Environmental Policy Coordination, Environmental and Resource Economics 9, 451-466.
- Tirole, J. (2009), Politique Climatique : Une Nouvelle Architecture Internationale, Rapport au Conseil d'Analyse Economique, La Documentation Française, Paris.
- Vives, X. (1997), Learning from Others: a Welfare Analysis, Games and Economic Behavior 20, 177-200.