

En 1998, les journées de l'Association Française de Science Économique furent organisées à Toulouse par Michel Moreaux et Michel Mougeot. Certaines des contributions présentées à cette occasion furent ensuite publiées par *Économie et Prévision*, dans le cadre d'un numéro spécial sur l'Économie de l'Environnement et des Ressources Naturelles Économie de l'Environnement et des Ressources Naturelles, numéro.... Ce numéro paraît dans un cadre identique. Il est lui aussi consacré à l'Économie de l'Environnement et des Ressources Naturelles. Il rassemble une sélection des contributions présentées en juin 2008 lors des Journées Thématiques de l'AFSE, organisées par le LERNA à Toulouse.

Dix années séparent ces deux numéros, soit un important laps de temps pour une branche relativement récente de l'économie. Dans leur introduction au numéro de juin 2000, Michel Moreaux et Michel Mougeot soulignaient la maturation progressive de la discipline. Jusque dans les années soixante-dix, elle reposait sur une collection d'articles devenus aujourd'hui des classiques. Elle a ensuite systématisé ces approches et développé un corpus de méthodes qui empruntent à diverses branches de l'économie et notamment à la théorie de la croissance, l'économie publique et la théorie du consommateur.

Il n'est pas exagéré de dire que l'économie de l'environnement et des ressources naturelles est devenue une force motrice du progrès scientifique dans ces domaines. L'étude de la croissance à long terme met aujourd'hui l'accent sur le progrès technique, lequel est traité comme une variable influencée par les politiques économiques. Les économistes de l'environnement ont enrichi ce modèle en distinguant des progrès techniques dédiés : ce qui ouvre la possibilité de choisir un type de croissance, plus ou moins *verte*, et permet d'étudier plus précisément les transitions entre différentes sources d'énergie. On notera également la façon dont un sujet central – la production d'énergie dans une économie – est peu à peu devenu du ressort de l'économie de l'environnement. De façon similaire, il est difficile aujourd'hui de pratiquer l'économétrie spatiale ou l'analyse hédonique sans prendre en compte la production sans cesse croissante d'études évaluant par exemple des dommages environnementaux. Enfin, l'analyse coûts-bénéfices, humble branche de l'économie publique, est aujourd'hui en plein essor. Il s'agit d'y intégrer certaines spécificités des questions environnementales, comme la prise en compte d'horizons de très long terme, ou de l'incertitude scientifique.

Les changements intervenus en dix ans sont donc considérables. Leur origine est sans doute à rechercher dans le contexte politique. Le changement climatique est aujourd'hui reconnu comme une menace importante, par l'ONU comme par certains des grands États de la planète et l'on négocie à l'échelle du globe un traité qui succédera au protocole de Kyoto (lequel fut ouvert à la ratification en 1998). En France, des questions autrefois considérées comme techniques et du ressort de spécialistes font aujourd'hui l'objet de débats politiques importants : partage des ressources en eau, taxe carbone, préservation de la biodiversité, sont autant de sujets dont les sociétés se sont saisies. En bref, l'environnement est aujourd'hui placé au premier rang des préoccupations politiques.

Les demandes adressées aujourd'hui aux économistes de l'environnement sont donc multiples. Elles sont également précises et à visée opérationnelle : il s'agit de déterminer les meilleurs instruments de politique économique, d'évaluer des dommages, des politiques publiques. Pour cela les outils conceptuels existent, mais il faut les adapter à un monde toujours plus complexe que le modèle le mieux construit. Que devient un modèle de croissance à la Dasgupta-Heal-Solow lorsque l'on tient compte de multiples sources d'énergie, du caractère endogène de la recherche, ou de la séquestration du carbone ? Les politiques publiques doivent-elles être modifiées lorsque les entreprises se lancent dans des initiatives unilatérales de réduction de la pollution ? Que sait-on vraiment sur les réactions d'agents individuels face à des taxes, ou des schémas de régulation complexes ? Quelle architecture mettre au point pour des marchés d'émissions – marchés dont l'idée même n'émergea que dans les années soixante et qui portent aujourd'hui sur des montants considérables ?

Les articles sélectionnés pour ce numéro illustrent la variété de ces questions, ainsi que les différentes méthodologies employées. Ils ont été regroupés en trois groupes : changement climatique et énergie, rôle des entreprises et gestion des ressources naturelles.

Changement climatique et énergie

À l'heure où l'issue du sommet de Copenhague de décembre 2009 semble pour le moins incertaine, l'article de *Dominique Bureau* expose les grands enjeux et les modalités possibles d'un accord global sur le climat. Il plaide pour une amélioration, une extension et une consolidation du marché de permis d'émissions négociables, pour l'heure essentiellement

européen, qui permettra d'établir un prix unique mondial du carbone et de stimuler l'innovation technologique. Il rappelle le rôle essentiel d'institutions restant à créer pour gérer l'accord et en assurer la crédibilité.

Alors que les débats au sein des pays développés sur la lutte contre le changement climatique conduisent à préconiser le renchérissement des énergies fossiles, par la fiscalité carbone ou par un marché de permis d'émissions négociables, ils omettent souvent d'examiner les conséquences de ce renchérissement sur les pays producteurs de ces énergies et mettent l'accent sur l'efficacité en oubliant la redistribution. L'article de *Julien Daubanes et Ruxanda Berlinschi* propose une réflexion originale sur ce thème. Les auteurs observent qu'il existe deux types de transferts, considérables et en sens contraires, entre les pays développés et les pays en développement producteurs de pétrole : la fiscalité pétrolière et l'aide au développement. Les premiers reprendraient ainsi d'une main ce qu'ils donnent aux seconds de l'autre. Ils proposent une solution contractuelle à ce problème, dans laquelle les pays consommateurs diminueraient la fiscalité pétrolière conditionnellement à une redistribution du surplus de revenus du pétrole ainsi engendré aux ménages pauvres des pays producteurs.

L'article d'*André Grimaud et Luc Rouge* apporte également un éclairage original sur la politique climatique, en examinant les conséquences de l'existence d'une technologie de séquestration du carbone émis lors de la combustion des énergies fossiles. Une telle technologie, si elle se généralise à un coût acceptable, permet de déconnecter partiellement combustion des énergies fossiles et émissions de carbone. Les auteurs montrent, dans le cadre d'un modèle de croissance endogène, que la séquestration autorise à brûler davantage d'énergies polluantes et, de façon plutôt contre-intuitive, peut engendrer de plus fortes émissions de carbone à court-moyen terme.

Enfin, le dernier article de ce groupe peut s'interpréter comme l'étude d'une autre solution pour diminuer les émissions de carbone : substituer aux énergies fossiles l'énergie nucléaire, sachant que cette dernière engendre des déchets radioactifs dangereux et que l'on échange donc un risque contre un autre. *Alain Ayong Le Kama et Mouez Fodha* s'intéressent au stockage optimal des déchets nucléaires et montrent que l'incertitude sur la sécurité des sites d'enfouissement des déchets conduit la société à adopter un comportement de stockage prudent.

Le rôle des entreprises

Les entreprises s'affichent aujourd'hui comme des acteurs importants de la politique environnementale. Elles mettent en avant leur comportement socialement responsable, en soulignant les efforts accomplis pour réduire leurs émissions polluantes. Deux articles proposent des analyses de ces phénomènes.

Stefan Ambec et Paul Lanoie s'interrogent sur la rationalité de ces comportements. En toute orthodoxie, une entreprise qui s'impose des contraintes supplémentaires doit réduire sa profitabilité. Cependant, certains arguments, notamment liés à l'organisation interne de la firme, pourraient justifier que des contraintes supplémentaires aboutissent *in fine* à une augmentation des profits ; donnant ainsi des fondations théoriques à la fameuse *hypothèse de Porter*. L'article est un exposé très complet de ces arguments, lesquels sont systématiquement rapportés aux résultats des nombreuses études empiriques existantes.

Pierre Fleckinger et Matthieu Glachant adoptent un point de vue de politique publique. Il est souvent postulé que celle-ci repose sur la taxation, un processus cependant lourd et coûteux. Les gouvernements semblent en fait souvent lui substituer la négociation d'accords engageant les entreprises à des actions plus respectueuses de l'environnement, la taxation ne servant plus que de menace. Afin d'améliorer sa position dans la négociation future, une firme peut alors rationnellement choisir de réduire unilatéralement ses émissions ; ce que les auteurs identifient à un comportement socialement responsable. L'analyse permet donc de justifier l'apparition de ces comportements et de caractériser leurs effets sur le bien-être et la politique publique optimale.

La gestion des ressources naturelles

En pratique, la gestion des ressources naturelles soulève la question des réactions des agents à une régulation, dès que celle-ci est un peu plus complexe qu'un changement de prix. Le développement récent de l'économie expérimentale a permis d'étudier ces réactions dans des situations contrôlées, et deux des articles de ce groupe sont centrés sur ces méthodes. Le troisième article enrichit une analyse hédonique relativement classique par des considérations de voisinage, montrant ainsi l'intérêt de l'économétrie spatiale pour la gestion de l'environnement.

Stefan Ambec, Alexis Garapin, Laurent Muller et Carine Sebi s'intéressent au cas d'une ressource commune dont la gestion est menacée par une malédiction des communs. Divers instruments permettent théoriquement de résoudre ce problème : taxes, subventions, quotas transférables ou non. Chacun de ces instruments a cependant des conséquences différentes sur la redistribution de la richesse entre agents. Les expériences menées permettent d'évaluer à la fois l'efficacité et l'acceptabilité de chacun de ces instruments.

Marielle Brunette, Laure Cabantous, Stéphane Couture et Anne Stenger adoptent une approche similaire pour analyser diverses formes de fourniture d'assurance à des propriétaires forestiers. On sait que la forêt est soumise à d'importants risques naturels et que pourtant les propriétaires ne demandent que peu d'assurance contre ces risques – peut-être en raison de l'existence de systèmes d'interventions publiques contingentes à une catastrophe naturelle. En plaçant des propriétaires forestiers dans des situations hypothétiques caractérisées par divers systèmes publics/privés, les auteurs sont en mesure de mieux évaluer ces effets d'éviction. Le rôle des croyances des agents est évidemment essentiel et l'un des axes de cet article est la distinction entre aversion au risque et aversion à l'ambiguïté.

Le dernier article de ce numéro s'intéresse également aux croyances des agents sur la possibilité d'une catastrophe, en l'occurrence d'une catastrophe industrielle. Un moyen d'identifier ces croyances est de mettre en relation les prix immobiliers et la distance à une entreprise reconnue comme menant des activités risquées. *Muriel Travers, Emmanuel Bonnet, Morgane Chevé et Gildas Appéré* mènent donc une analyse hédonique sur ces données, en utilisant des outils d'économétrie spatiale qui permettent de caractériser l'effet d'un tel voisinage sur les prix immobiliers.

U*ne architecture de l'action internationale vis à vis du risque climatique s'est esquissée à Kyoto en 1997. Celle-ci combine des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre contraignants par pays, et la possibilité d'échanges de ces quotas.*

Pour les promoteurs les plus actifs d'un tel marché de quotas d'émissions, il s'agit d'établir ainsi un prix unique mondial du carbone, pour orienter efficacement les efforts de réduction d'émissions, en transposant à ce problème des instruments expérimentés avec succès pour des pollutions locales, comme cela fut le cas aux États-Unis pour le dioxyde de soufre. Le rôle de ce mécanisme de flexibilité

demeure cependant controversé. Beaucoup considèrent en fait que chaque pays devrait réaliser, autant que possible, lui même son objectif. Même si le recours à ce type de mécanisme s'est développé depuis, avec notamment, en Europe, la construction d'un marché de carbone pour les industries fortement émettrices et le secteur de l'énergie, il reste perçu par ceux-là comme une concession faite alors aux Etats-Unis. En tout état de cause, le dispositif mis en place à Kyoto demeure très imparfait compte tenu de son étendue limitée à la fois en termes géographiques et temporels. Ses perspectives d'évolution constituent ainsi un élément clé des négociations climatiques.

L'analyse économique des accords sur le climat conduit tout d'abord à souligner l'importance de ces mécanismes d'échanges associés au protocole de Kyoto, pour maîtriser les coûts d'abattelements. Cette maîtrise requiert en effet un nombre suffisant d'instruments, pour pouvoir séparer les incitations à la mobilisation des efforts, de la répartition de leur charge. Ces mécanismes doivent cependant être consolidés et perfectionnés pour donner aux marchés la visibilité de long terme qui est nécessaire pour stimuler le déploiement d'innovations technologiques.

La mise en place d'un tel instrument pour traiter d'une pollution globale soulève cependant des questions spécifiques. Un accord global s'interpréterait comme une solution Coasienne entre les différents pays de la Communauté internationale, ce qui conduit à rappeler l'acuité des problèmes d'information asymétrique et de participation à résoudre et à en préciser la nature. Ces éléments suggèrent de déplacer la réflexion, des discussions quantitatives sur les engagements pris, vers les institutions et la gouvernance à mettre en place pour gérer cette Convention, pour assurer, par exemple, que les engagements ne soient pas de fait renégociables.

Une architecture de l'action internationale vis à vis du risque climatique s'est esquissée à Kyoto en 1997. Celle-ci combine des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre contraignants par pays et la possibilité d'échanges de ces quotas (*cap and trade*). Pour les promoteurs les plus actifs d'un tel marché de quotas d'émissions, il s'agit d'établir ainsi un prix unique mondial du carbone, pour orienter efficacement les efforts de réduction d'émissions.

Le rôle de ce mécanisme de flexibilité, qui offre la possibilité à un pays de faire réaliser dans un autre les réductions qui lui sont imposées, demeure cependant controversé. Pour beaucoup, chaque pays devrait réaliser, autant que possible, lui même son objectif. Même si le recours à ce type de mécanisme s'est développé depuis cette date, avec notamment, en Europe, la construction d'un marché du carbone pour les industries fortement émettrices et le secteur de l'énergie, il reste perçu, par ceux-là, comme une concession faite alors aux États-Unis dans la négociation. En tout état de cause, le dispositif mis en place à Kyoto demeure très imparfait compte tenu de son étendue limitée, en termes géographiques

et temporels. Ses perspectives d'évolution constituent donc un élément crucial des négociations climatiques.

À cet égard, la conférence de Bali, en décembre 2007, avait lancé le processus de négociation en vue de conclure à Copenhague en 2009 un nouvel accord sur le climat, et établi un cadre de travail à cet effet. Si l'entrée en vigueur du protocole de Kyoto, en février 2005, avait en effet constitué un succès, l'établissement d'un nouvel accord était devenu nécessaire, à la fois pour éviter un vide juridique pour la période post-2012, et parce qu'il faut impérativement impliquer, compte tenu de leur niveaux d'émissions actuels et tendanciels, les américains et les grands pays émergents à l'effort de réduction des émissions de gaz à effet de serre, pour que celui-ci soit à la hauteur des enjeux, maintenant bien documentés par les rapports du Giec.

Les États-Unis et la Chine sont en effet les principaux émetteurs de CO₂, pour des parts qui atteignaient respectivement 22% et 18% des émissions en 2004. De plus, la croissance des émissions chinoises est très rapide, celles-ci ayant plus que doublé depuis 1990. La Chine est ainsi devenue le plus gros émetteur de CO₂ à la fin de cette décennie.

L'agenda de Bali établissait plus précisément quatre chantiers, sur l'atténuation du changement climatique, l'adaptation, la coopération technologique, et sur le financement des actions dans les pays en développement. Ce programme très étendu souligne la multiplicité, la complexité et l'imbrication des questions en débat.

Cette complexité reflète les controverses scientifiques sur l'appréhension des enjeux, et des conflits d'intérêts énormes entre les différents acteurs, au regard notamment de la répartition des coûts qui devraient être engagés pour stabiliser la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Elle traduit aussi des divergences d'appréciation entre experts économiques, face à un problème sans précédent, sur le choix des instruments à mettre en place, entre prix, quantités, et soutien à l'innovation, par exemple. Il en résulte de multiples débats, au sein desquels il est souvent difficile de démêler les arguments économiques de fond, des arguments d'économie politique, ou de défense d'intérêts particuliers. Cela est pourtant essentiel si l'on veut établir des dispositifs satisfaisants, car, *a contrario*, l'expérience du système de permis européens de CO₂ a montré à quel point il n'y a pas de miracle : tous les écarts à ce que l'économie prescrivait (visibilité à long terme, paiement des permis par les nouveaux entrants, non perte de permis en cas de fermeture des installations, pénalités crédibles, possibilités de reporter des permis entre périodes etc.) se sont traduits par des distorsions importantes dans le fonctionnement de ce marché.

La recherche en économie est fortement mobilisée pour éclairer ces questions. Dès la reconnaissance scientifique du problème posé par les émissions de gaz à effet de serre, à la fin des années quatre-vingt, des travaux pionniers avaient perçu les enjeux économiques associés aux politiques climatiques et établi la nécessité d'aborder celles-ci dans le cadre général de l'économie de l'environnement, avec comme élément clé l'instauration d'un signal-prix du carbone. La contribution séminale à cet égard a été celle de Nordhaus (1992, 1994), qui, le premier, a développé des modèles de croissance intégrés pour calculer les coûts marginaux des dommages associés aux émissions de gaz à effet de serre et par là la taxe carbone optimale qu'il conviendrait d'appliquer suivant les principes *pigouviens*. Les économistes de l'environnement ont ensuite joué un rôle déterminant dans le choix des instruments, en proposant de transposer au problème des émissions de CO₂ les instruments de marché qui avaient été expérimentés pour réguler les émissions de dioxyde de soufre des centrales électriques aux États-Unis. Cette proposition, reprise par l'administration américaine, a débouché sur le dispositif de *cap and trade* retenu à Kyoto.

La nécessité d'une action précoce a ensuite été plaidée vigoureusement par Stern (2007), sur la base de nouvelles analyses coûts-avantages, dont la contre-expertise a initié un essor sans précédent de travaux économiques. Ceux-ci mobilisent une palette très large de disciplines. Outre, l'économie de l'environnement, sont aussi concernées la théorie des jeux et l'économie du commerce international pour la réflexion sur les négociations, l'économie duristique, de l'incertain et de la finance pour concevoir les instruments d'une *finance carbone*, ou encore l'économie industrielle des secteurs concernés, par ailleurs très nombreux : pétrole, ciment, acier, production d'électricité, agriculture et forêts, transports et aménagement etc. Mais il en résulte un cloisonnement entre : d'un côté, des contributions qui donnent une vision détaillée des enjeux déclinés dans le cadre institutionnel de l'agenda des négociations (de Perthuis, 2009 ; ou Vieillefosse, 2009) ; et de l'autre, des ouvrages plus théoriques, tel celui coordonné par Guesnerie et Tulkens (2009), qui reprennent, en amont, la discussion sur les alternatives aux solutions retenues à Kyoto, ou approfondissent l'apport de chaque discipline à la résolution économique du problème climatique.

L'introduction que nous proposons ici se situe à un niveau intermédiaire. Elle vise à prendre du recul par rapport aux aspects les plus contingents des négociations, mais en restant cependant à un niveau élémentaire, pour demeurer accessible aux non spécialistes du domaine. Par ailleurs, le souci est plutôt de couvrir l'ensemble des questions économiques concernées, que d'en approfondir une en particulier. Surtout nous prenons comme fil directeur le dispositif de marché d'émissions introduit à Kyoto, dont on a en effet souligné le rôle central dans la Convention climat.

Le point de départ sera un modèle minimal de jeu d'abattelements, volontairement schématique. L'objet n'est pas en effet de proposer des développements nouveaux, mais au contraire d'identifier, à partir d'un modèle canonique, les points qui font l'objet de controverses, et leur nature. Ceci permettra de signaler, à l'attention des praticiens de ces négociations, l'importance de contributions provenant de la théorie des jeux, souvent formulées d'ailleurs dès le milieu des années quatre-vingt-dix. Évidemment, celles-ci resteront évoquées en termes généraux, l'objectif poursuivi ici étant seulement de fournir un guide pour comprendre les enjeux économiques sous-jacents. Après avoir rappelé l'analyse économique des mécanismes de flexibilité introduits à Kyoto, on examine les problèmes de *passager clandestin* associés au processus de négociation, puis les problèmes de gouvernance résultant de l'incertitude sur les coûts et les dommages concernés.

L'acquis de Kyoto

Formalisation d'un jeu d'abattelements

Pour guider la réflexion, nous considérons un jeu très simple, directement inspiré des manuels d'économie publique (cf. par exemple Henry, 1989). Il adapte, pour les présenter dans un cadre unique, les modèles utilisés notamment par Barrett (2006) et Pralong (2006). La Communauté internationale est composée de n pays (i) devant choisir leurs niveaux d'abattement (z_i) par rapport à la situation de référence. Notant Q le niveau d'abattement total ($Q = \sum_i z_i$), on suppose que le gain net pour le pays i , estimé en termes monétaires, est de la forme :

Le premier terme représente les bénéfices tirés de l'atténuation du changement climatique, que le pays considéré valorise avec le coefficient b_i . Celui-ci représente donc la valeur, en termes de dommages, de la tonne de carbone (ou de la *ppm* de concentration de gaz à effet de serre) évitée, pour ce pays. Le second représente les coûts d'abattement engagés par celui-ci, le coefficient $g_i \geq 0$ étant donc d'autant plus élevé que le pays dispose de gisements à faible coût de réduction de ses émissions.

Collectivement, les pays auraient intérêt à coopérer pour maximiser le surplus global $\sum_i \pi_i$. Les niveaux d'abattelements correspondants vaudraient :

Ils reflètent un bilan coûts – avantages global entre les bénéfices retirés par l'ensemble des pays d'un effort supplémentaire de chaque pays et les coûts à engager pour cela. Mais l'atténuation du climat, telle que formalisée ici, est un bien public (Bergstrom et alii, 1986) pour la Communauté internationale. Individuellement, chaque pays a intérêt à compter sur les efforts des autres et à ne s'engager lui-même qu'en fonction du retour direct qu'il peut en obtenir. En l'absence d'accord

international, la référence à considérer est donc celle de l'équilibre de Nash, où chaque pays ne considère que la valeur pour lui de la tonne de carbone, et non sa valeur collective, somme de ces valeurs pour tous les pays, ce que traduisait la condition (1) précédente. On a pour cet équilibre :

Les efforts consentis sont donc très insuffisants par rapport à ce que serait une solution coopérative, chaque pays ne prenant pas spontanément en compte les bénéfices pour les autres que procurent ses efforts.

Ce schéma très simple permet déjà de séparer deux aspects bien distincts de la réflexion sur les négociations climatiques :

- première étape, la caractérisation de l'objectif de stabilisation des émissions (Q^*) qui serait souhaitable *socialement*, et sa répartition entre pays, par rapport à l'objectif de l'atteindre au coût minimum,
- seconde étape, les conditions dans lesquelles la négociation d'une convention internationale va permettre de s'en rapprocher, ce qui signifie en particulier dépasser les problèmes de *passager clandestin* associés à la divergence entre l'optimum (1) et l'équilibre (2).

Le graphique 1 ci dessous, issu de la *Stern Review*, illustre ces deux étapes. Le choix à opérer entre les différents scénarios de stabilisation renvoie à la caractérisation de l'objectif à se fixer. Si l'on admet que chaque pays, pris isolément, n'a pas intérêt à s'écarter beaucoup du scénario tendanciel (*Business as Usual*), l'enjeu de la négociation internationale est ensuite de faire passer de ce scénario, au scénario souhaitable. L'importance de l'écart entre les deux types de courbes en souligne l'enjeu.

Graphique 1 -trajectoires d'émissions

Ces graphiques montrent par ailleurs la dimension intertemporelle des stratégies de prévention du risque climatique. Définir le rythme approprié d'engagement des efforts de réduction d'émissions et apprécier l'opportunité d'agir précocement pour bénéficier d'effets d'apprentissage, sont des questions clés à cet égard. Nous en dirons quelques mots à propos du rapport Stern. Cependant cette dimension ne sera pas beaucoup approfondie ici, notre objectif étant plutôt de nous focaliser sur le rôle des mécanismes de marchés de quotas d'émissions dans les négociations climatiques.

Encadré 1 : les marchés du carbone

(D'après « CO2 et énergie dans le monde », Mission climat-CDC et Meeddm ; et Vieillefosse, 2009).

Le protocole de Kyoto

Adopté en 1997, celui-ci impose aux trente huit pays les plus industrialisés des engagements chiffrés pour atteindre une réduction globale des émissions de gaz à effet de serre de 5 %, sur la période 2008/2012, par rapport au niveau de 1990. Cet objectif doit être apprécié compte tenu que ces émissions avaient fortement cru au cours de la décennie 90. L'inflexion visée est donc forte.

Ces engagements sont devenus juridiquement contraignants lorsque ce protocole a été ratifié par un ensemble de pays représentant 55 % des émissions de 1990, ce qui a permis sa ratification par la Russie. Les États-Unis, signataires du protocole, ne l'ont en revanche pas ratifié.

Le protocole de Kyoto crée par ailleurs un marché international de crédits carbone, sur lequel un pays dépassant son plafond peut acheter des quotas supplémentaires, et inversement. Il introduit aussi des mécanismes de projets (Mise en œuvre conjointe (MOC) et Mécanisme de développement propre, MDP) permettant d'effectuer une partie des réductions en dehors de son territoire.

Le dispositif européen

Pour tenir ses objectifs (- 8 % globalement), l'Europe s'est dotée d'un marché interne (*European Union Emissions Trading Scheme*, ETS), pour les installations des secteurs les plus émetteurs de gaz à effet de serre. La période 2005-2007 a constitué une phase test. La deuxième période 2008-2012 correspond donc à celle de la période d'engagement Kyoto. L'essentiel des quotas a été alloué gratuitement, dans le cadre des « plans nationaux d'allocation des quotas ». L'allocation pour la deuxième période représente une réduction de 7 % par rapport aux émissions de 2007. À la fin de la première période, la tonne de CO₂ se négociait à 22 euros, pour les livraisons postérieures au premier janvier 2008.

Le projet de directive organisant la phase III de ce marché a été adopté fin 2008, dans le cadre du paquet climat-énergie. À l'horizon 2020, la baisse des quotas alloués sera de 21 % par rapport à 2005, et de 37 % en cas d'accord international satisfaisant. Cette allocation se fera progressivement aux enchères.

Autres marchés

Des marchés carbone, de taille plus modeste, ont aussi été mis en place en Australie (Nouvelle-Galles du Sud, 2003), et en Norvège (2005). D'autres sont en développement, en Nouvelle Zélande, Suisse, Australie, Japon et Canada. Il existe par ailleurs deux marchés volontaires aux États-Unis : le *Chicago Climate Exchange* ; et la *Regional Greenhouse Gas Initiative*.

Quoiqu'en développement (cf. encadré 1), ces marchés sont encore appréciés diversement. Au sein des économistes, il demeure un débat vif sur la pertinence de ce choix instrumental, par rapport à la fiscalité ou au soutien à l'innovation. Au niveau des *décideurs*, on observe une palette encore plus vaste d'opinions, entre ceux qui en font un élément central, à renforcer, des politiques climatique, et

ceux pour qui ce n'en est qu'un élément mineur, qu'il convient de n'utiliser qu'avec parcimonie, l'essentiel à leurs yeux étant l'ambition des efforts réalisés dans chaque pays.

Après avoir fourni quelques points de repères sur l'état de l'art concernant la première étape (*le premier rang*), on se concentrera donc sur les problèmes économiques associés à la deuxième.

Quel objectif de réduction ?

Le cœur du rapport Stern (2007) et des commentaires qui l'ont suivi restaient en effet consacrés à la première étape, c'est à dire la caractérisation, en termes économiques, du niveau de stabilisation à viser, compte tenu de l'ensemble des coûts à engager (équivalent de $\sum z_i^2 / 2g_i$ ci-dessus), et des bénéfices des politiques d'atténuation (équivalent de $(?b_i) Q$). Celui-ci établissait ainsi un coût net de la *non action*.

Pour cela, il synthétisait la littérature récente sur les impacts du changement climatique. Ceci conduit à souligner le caractère non linéaire des dommages climatiques en fonction des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (contrairement à l'hypothèse retenue ci-dessus pour la simplicité technique de l'exposé), et l'incertitude demeurant dans leur évaluation. Bien évidemment, la dimension intertemporelle de ces dommages, et celle des coûts à engager pour les éviter, étaient prises en compte. Ces dommages étant fortement différés, son choix de taux d'actualisation, qui postulait un décideur très *benévole* vis-à-vis des générations futures, apparaissait comme un paramètre critique de l'analyse.

La méthodologie utilisée par Stern s'écartait par ailleurs des analyses coûts-avantages usuelles, pour mieux intégrer la vulnérabilité des pays les plus pauvres au risque climatique.

De manière plus précise, le rapport Stern considère un critère d'évaluation utilitariste, qui agrège les espérances d'utilité actualisées des différentes régions du monde. Le socle du taux d'actualisation associé correspond alors à une règle de Ramsey, où celui-ci est la somme de deux termes : le taux de préférence pure de la société pour le présent, (ou les générations présentes) ; et le produit du taux de croissance de l'économie par l'aversion relative pour le risque de la fonction d'utilité retenue. Celle-ci est caractéristique de la concavité de la fonction d'utilité, qui détermine les sacrifices que l'on peut légitimement demander aux générations actuelles compte tenu qu'ils bénéficient à des générations qui seront plus riches que les présentes. La prise en compte des incertitudes, non diversifiables, sur la croissance et les dommages, ou encore l'aversion aux inégalités, conduisent, au delà, à donner, par prudence, plus de poids aux scénarios défavorables, ou à la situation des populations vulnérables.

Le choix d'un taux de préférence pure pour le présent quasi nul était justifié par des considérations éthiques. L'essentiel de la controverse technique suscitée par ce rapport a ainsi porté sur les hypothèses concernant le second terme, qui déterminaient en effet un taux d'actualisation très bas, mais pouvant sous estimer en revanche le poids à accorder aux éléments liés au risque et à la vulnérabilité des régions les plus pauvres.

En établissant que le bilan coût avantages de la prévention des émissions de gaz à effet de serre était positif, le rapport Stern a contribué à la mobilisation des décideurs, publics et privés, sur ces enjeux. Pour autant, celui-ci a suscité une belle controverse entre économistes, notamment entre américains et européens (cf. encadré 2). Il en ressort finalement un consensus relatif sur la nécessité d'agir, notamment parce que ce rapport ne donnait en fait pas assez de poids à des scénarios défavorables (Weitzman, 2007), mais possibles, marqués par des risques de *migrations climatiques* importantes liées à la désertification, l'élévation du niveau des mers, et la raréfaction des ressources en eau.

Il est apparu aussi que les coûts à engager pour stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ne peuvent être aussi modestes que ne l'avait supposé Stern, que si des conditions très strictes assurent que les politiques mises en œuvre sont véritablement *coût-efficaces*.

La difficulté provient ici du caractère diffus des émissions de gaz à effet de serre, qui se traduit par une multiplicité extrême des acteurs à responsabiliser, et par une grande diversité des coûts d'abatte-ments possibles. Les émissions de gaz à effet de serre sont en effet très réparties, entre sept principaux secteurs : l'énergie (25,9%), le changement d'usage des sols et les forêts (17,4%), l'agriculture (13,5%), les transports (13,1%), l'industrie (19,4%) le bâtiment (7,9%), et les déchets (2,8%). Les controverses sur les coûts à la tonne de carbone évitée sont par ailleurs nombreuses, qu'il s'agisse des mérites de l'éolien ou du solaire, ou de celles sur les perspectives de l'hydrogène, ou encore des possibilités de combiner production décentralisée d'énergies renouvelables et voiture électrique...

Encadré 2 : méthodologie de l'analyse coûts/avantages de la prévention du risque climatique

Quoique ni Nordhaus, ni Stern ne l'appliquent explicitement (puisque le premier considère un modèle de croissance intégré, et que le second calcule directement des variations -non nécessairement marginales- d'un critère d'utilité collective), on peut, comme le fait Gollier (2007), utiliser les outils classiques de l'évaluation économique pour situer les débats méthodologiques suscités par le rapport Stern.

Dans ce cadre, la politique optimale de prévention à mettre en place maximiserait l'espérance d'un bénéfice net actualisé des coûts et avantages associés. Compte tenu que les avantages (notamment) sont incertains et corrélés avec les scénarios de croissance envisagés, il faut cependant en considérer

les équivalents certains, ou dit autrement, considérer les primes de risques associées. Celles-ci peuvent être négatives, lorsqu'il s'agit de politiques certes risquées mais permettant d'échapper à des scénarios très défavorables. En effet, l'avantage de concentrations plus faibles de gaz à effet de serre dans l'atmosphère sera particulièrement élevé dans les scénarios où l'impact du changement climatique sur l'économie est le plus grave. Dans ce cas, l'avantage à incorporer dans le calcul coûts-avantages est donc plus élevé que son évaluation *en moyenne*.

S'agissant du taux d'actualisation (rr) à prendre en compte, il doit refléter la préférence intrinsèque pour le présent ou les générations présentes (?) et la combinaison du taux de croissance anticipé (?) et de l'élasticité de l'utilité marginale du revenu (?), caractéristique de la concavité de la fonction d'utilité. Celle-ci détermine en effet l'arbitrage entre les sacrifices demandés aux générations présentes et les bénéfices pour des générations futures, éventuellement plus riches. Mais il faut aussi tenir compte de l'incertitude sur la croissance (?), qui incite, par prudence, à faire plus d'effort quand l'avenir est plus incertain. L'ampleur de cet effet, dépend de cette incertitude, et de ce même coefficient ?, caractéristique aussi de l'aversion pour le risque du décideur. À ce titre, il détermine l'ampleur des écarts entre l'espérance des coûts et des avantages et leurs équivalents certains évoqués ci-dessus. Sous des hypothèses usuelles où la croissance peut être modélisée comme une marche aléatoire *normale*, le taux d'actualisation à utiliser s'écrit alors :

Plus précisément, les modèles développés récemment pour caractériser les trajectoires vers une économie peu émissive en carbone montrent que les politiques de *décarbonisation de la croissance* nécessitent un essor technologique (AIE, 2008) : nucléaire ; capture-stockage du carbone ; et au delà nombreuses technologies nouvelles, telles que les bâtiments à très basse énergie, les véhicules électriques et hybrides, les procédés de fusion-réduction et de réduction directe dans la sidérurgie, l'abandon des procédés humides pour le ciment, le développement du recyclage de l'aluminium etc. Si la R et D et l'innovation seules ne permettent pas de stabiliser les émissions, elles sont cruciales pour limiter les coûts d'abattement et doivent être stimulées précocement pour bénéficier d'effets d'expérience et d'économies d'échelle sur les coûts (Carraro *et alii*, 2007). Un effort très renforcé de R et D et l'instauration de mécanismes de prix du carbone, pour la stimuler et inciter à mobiliser efficacement les gisements de réduction par ordre de mérite, sont donc nécessaires et complémentaires.

Le rôle des échanges de permis

À cet égard, l'innovation du protocole de Kyoto avait été d'établir un système de quotas d'émissions, négociables pour permettre de minimiser les coûts engagés pour atteindre l'objectif total fixé de réduction.

Dans le cadre du jeu d'abattements précédent, l'introduction d'un tel dispositif peut être formalisée en considérant que les pays (i), signataires de l'accord (s), ont pris des engagements d'abattement q_i , conduisant à un niveau global d'abattement

mais qu'ils peuvent ensuite les échanger. En revanche, les pays non signataires, que l'on notera (j), ne modifient pas leur comportement. On aboutit donc à un niveau d'abattement global de la forme

Notant p le prix du marché des certificats d'abattement, et (Q_{ns}) l'abattement total des non signataires (ns), le surplus d'un pays signataire s'écrit :

Si l'on suppose un comportement concurrentiel des pays, l'allocation initiale s'analyse comme un transfert qui n'affecte pas leurs décisions. Le niveau d'abattement finalement retenu par chaque pays signataire égalisera donc son coût marginal d'abattement (z_i / g_i) et le prix des permis (p).

D'où : $z_i = p g_i$). Par ailleurs, l'équilibre du marché de permis conduit alors à un prix vérifiant :



On aboutit ainsi à l'allocation suivante :

Cette répartition des abattements, qui reflète la structure de leurs coûts entre pays, assure la minimisation du coût total d'abattement engagé par les pays signataires, pour atteindre leur objectif global Q_s . Le coût total correspondant vaut :

Le gain d'efficacité par rapport à l'allocation initiale provient de l'égalisation des coûts marginaux d'abattements face à un prix commun. La réallocation des efforts correspondant est mutuellement bénéfique, le gain pour chaque pays valant :

L'intérêt du marché de permis est donc d'autant plus grand que les enjeux de maîtrise des coûts d'abattements sont importants, et que la structure des engagements pris (c'est-à-dire les q_i) est associée *ex ante* à des écarts de coûts marginaux (q_i / g_i) entre pays. Ceci sera le cas si la localisation

des gisements d'économies d'émissions à faible coût diffère de celle des exigences d'efforts que l'on peut demander équitablement aux différents pays, situation qui est fondamentalement celle des politiques climatiques, entre pays développés et pays émergents. L'échangeabilité des permis a alors comme vertu de distinguer deux dimensions : celle de l'efficacité de la répartition des abattements à objectif donné, c'est-à-dire la structure des z_i , d'une part, et celle de l'équité des efforts demandés aux différents pays d'autre part, qui est déterminée par la structure des q_i .

S'agissant de la différenciation des gisements d'abattement entre pays, une indication est fournie par l'observation des intensités d'émission de CO₂ (Observatoire de l'énergie, 2008), c'est à dire des émissions de CO₂ utilisées pour la création d'une unité de PIB. Par rapport au niveau de l'Union européenne et du Japon, on observe ainsi que les États Unis se situent à un niveau 56% supérieur, le Canada à 69%, la Chine à 85%, le moyen Orient à 158%, la Russie atteignant même 227%. Ces niveaux élevés sont associés à des politiques de prix internes non incitatives à la maîtrise de l'énergie – voire en subventionnant l'usage – ce qui suggère bien que des gisements importants de réduction d'émissions à faible coût existent dans ces pays.

L'enjeu qu'il y a à disposer de deux instruments, pour adresser -ou *déconnecter*, mais avec certaines limites (cf. Chichilinsky et Heal, 1995)-, les niveaux d'incitations, et la répartition de la charge des efforts, est par ailleurs souligné par le tableau suivant qui rappelle la structure des émissions, et celle des niveaux de richesse.

Tableau 1 - répartition des émissions de CO₂ dues à l'énergie
Observatoire de l'énergie

Si l'on admet que les politiques climatiques ne prendront leur essor que si sont en place les instruments nécessaires pour maîtriser les coûts d'abattement à engager, les mécanismes de flexibilité introduits dans le protocole de Kyoto (marché de permis, et mécanismes de projet) sont donc essentiels.

Leur efficacité repose sur la facilité à développer les échanges, à un prix commun. Elle est clairement d'autant plus grande, que le champ du dispositif est étendu. À ce titre, tout ce qui permettrait d'élargir ce champ, et établir tôt un cadre global, est très précieux. De plus, son extension est de très loin préférable au développement de systèmes partiels, fragmentés, que l'on chercherait ensuite à unifier, ou rendre compatibles. Outre les coûts de transaction associés à ce type d'approche, l'unification de différents marchés partiels se heurte en effet toujours à des problèmes d'acceptabilité importants, de même nature que ceux rencontrés, par exemple, à l'occasion de la libéralisation du marché de

l'électricité en Europe, liés au déplacement du surplus entre les deux cotés du marché au sein de chaque pays.

Permis *versus* taxes

Les marchés de permis se sont développés initialement pour traiter de pollutions locales. La mise place de cet instrument, comme pivot du protocole de Kyoto, a procédé de l'idée que l'on pouvait transposer aux émissions de gaz à effet de serre un instrument qui avait été expérimenté avec succès pour le SO₂ et les NO_X, dans le secteur électrique aux États-Unis (OCDE, 2001). Un tel marché fonctionne, pour le CO₂, en Europe depuis 2005, pour les industries fortement émettrices, en compétition sur le marché intérieur. Il couvre 10.000 installations industrielles, centrales électriques, raffineries et aciéries notamment, à l'origine de près de la moitié des émissions de CO₂ de l'Union européenne. Ce dispositif a permis d'établir un prix de marché du carbone, qui a induit des réductions d'émissions, et apparaît précurseur.

Le Japon vient d'ailleurs de se doter d'un système analogue et, en dépit de l'inaction au niveau fédéral sous l'administration Bush, différentes initiatives ont aussi établies les bases pour la mise en place d'un instrument équivalent aux États-Unis (Convery *et alii*, 2007).

Tout le savoir théorique et pratique dont on dispose sur ce type d'instrument est donc mobilisable, pour en préciser l'intérêt relatif et les conditions de mise en œuvre (Guesnerie, 2003). L'un des sujets qui demeure les plus controversés entre les économistes est celui du choix fait en faveur du marché de permis, plutôt que de la fiscalité incitative (cf. Pizer, 2002 ; ou Nordhaus, 2006).

Le débat sur un tel sujet est très technique, sachant que les différences entre les deux types d'instruments sont subtiles, ceux ci étant équivalents en information parfaite. Tous deux permettent en effet d'établir un prix commun des émissions polluantes, pour orienter les efforts d'abattement et mobiliser les gisements les plus efficaces. Dans le cas des marchés de permis, la dimension redistributive est par ailleurs associée à la répartition initiale des permis. Dans le cas de la fiscalité, elle l'est aux conditions de redistribution de la recette fiscale ainsi générée.

À la suite des travaux de Weitzman (1974), la discussion de ce choix s'est focalisée sur les performances relatives des deux types d'instruments en situation d'incertitude. Typiquement les permis sont préférables si l'on craint relativement le risque d'une situation où les dommages deviendraient catastrophiques, la fiscalité celui d'avoir à engager des coûts de dépollution excessifs, mettant en péril la croissance. Dans le cas du changement climatique, il est difficile de trancher

l'importance à accorder à ces deux risques, d'où l'idée qui vient ensuite, reprenant la ligne de réflexion initiée par Roberts, d'utiliser des mécanismes plus complexes combinant permis et fiscalité, par le biais d'un prix libérateur (*safety valve*), proposée notamment par Philibert (2003).

Cette discussion, entre prix et quantités, demeure cependant assez théorique dans le contexte international des négociations climatiques, compte tenu de la réticence des opinions publiques aux mesures fiscales et du fait qu'on ne dispose d'aucune expérience d'harmonisation fiscale sur une telle étendue. À cet égard, l'histoire de l'unification européenne, où ce domaine demeure du ressort de l'unanimité, montre à quel point les États ne se départissent pas aisément de leurs prérogatives fiscales. En d'autres termes, il semble bien qu'institutionnellement, la fiscalité incitative ne constitue pas une alternative véritable à l'approche retenue à Kyoto, même si, techniquement, ou en termes de coûts de gestion, la fiscalité pourrait avoir la préférence.

54

En revanche, le perfectionnement des mécanismes de Kyoto est un sujet crucial. Pour autant, il n'est pas sûr que cela mettra au premier plan de la négociation ces questions de *safety valve*. Un tel sujet est techniquement complexe, et aisément capturable par les groupes d'intérêt, en l'absence de cadre institutionnel préalable bien établi. Une analogie avec la politique monétaire, où la question du choix de l'instrument d'intervention entre prix et quantités se pose aussi de manière récurrente, suggère que ceci est plus un sujet relevant de la compétence des autorités en charge de la mise en œuvre, que de la définition de leur mission stratégique. Cette remarque conduit toutefois à signaler l'intérêt qu'il y aurait à mieux distinguer ces deux niveaux, et par là aussi celui d'organiser plus avant et institutionnaliser *l'agence* en charge de cette *mise en œuvre*.

Marchés de permis et ambition des efforts

S'agissant d'un équilibre, non coopératif, les efforts engagés demeurent cependant déterminés fondamentalement par une comparaison entre le risque climatique pour le pays considéré, et les coûts qu'il engagera pour cela, en interne ou en achetant des permis. Les bénéfices externes de ses efforts sur les autres pays ne sont donc pas internalisés, et l'on demeure donc dans la *tragédie des commons*. L'enjeu des négociations pour établir un accord global sur le climat est de créer les conditions d'une issue plus coopérative.

48

Les marchés de permis se sont développés initialement pour traiter de pollutions locales. La mise place de cet instrument, comme pivot du protocole de Kyoto, a procédé de l'idée que l'on pouvait transposer aux émissions de gaz à effet de serre un instrument qui avait été expérimenté avec succès pour le SO₂ et les NO_x, dans le secteur électrique aux États-Unis (OCDE, 2001). Un tel marché fonctionne, pour

le CO₂, en Europe depuis 2005, pour les industries fortement émettrices, en compétition sur le marché intérieur. Il couvre 10.000 installations industrielles, centrales électriques, raffineries et aciéries notamment, à l'origine de près de la moitié des émissions de CO₂ de l'Union européenne. Ce dispositif a permis d'établir un prix de marché du carbone, qui a induit des réductions d'émissions, et apparaît précurseur.

49

Le Japon vient d'ailleurs de se doter d'un système analogue et, en dépit de l'inaction au niveau fédéral sous l'administration Bush, différentes initiatives ont aussi établies les bases pour la mise en place d'un instrument équivalent aux États-Unis (Convery et alii, 2007).

50

Tout le savoir théorique et pratique dont on dispose sur ce type d'instrument est donc mobilisable, pour en préciser l'intérêt relatif et les conditions de mise en œuvre (Guesnerie, 2003). L'un des sujets qui demeure les plus controversés entre les économistes est celui du choix fait en faveur du marché de permis, plutôt que de la fiscalité incitative (cf. Pizer, 2002 ; ou Nordhaus, 2006).

51

Le débat sur un tel sujet est très technique, sachant que les différences entre les deux types d'instruments sont subtiles, ceux-ci étant équivalents en information parfaite. Tous deux permettent en effet d'établir un prix commun des émissions polluantes, pour orienter les efforts d'abattement et mobiliser les gisements les plus efficaces. Dans le cas des marchés de permis, la dimension redistributive est par ailleurs associée à la répartition initiale des permis. Dans le cas de la fiscalité, elle l'est aux conditions de redistribution de la recette fiscale ainsi générée.

52

À la suite des travaux de Weitzman (1974), la discussion de ce choix s'est focalisée sur les performances relatives des deux types d'instruments en situation d'incertitude. Typiquement les permis sont préférables si l'on craint relativement le risque d'une situation où les dommages deviendraient catastrophiques, la fiscalité celui d'avoir à engager des coûts de dépollution excessifs, mettant en péril la croissance. Dans le cas du changement climatique, il est difficile de trancher l'importance à accorder à ces deux risques, d'où l'idée qui vient ensuite, reprenant la ligne de réflexion initiée par Roberts, d'utiliser des mécanismes plus complexes combinant permis et fiscalité, par le biais d'un prix libérateur (safety valve), proposée notamment par Philibert (2003).

53

Cette discussion, entre prix et quantités, demeure cependant assez théorique dans le contexte international des négociations climatiques, compte tenu de la réticence des opinions publiques aux mesures fiscales et du fait qu'on ne dispose d'aucune expérience d'harmonisation fiscale sur une telle

étendue. À cet égard, l'histoire de l'unification européenne, où ce domaine demeure du ressort de l'unanimité, montre à quel point les États ne se départissent pas aisément de leurs prérogatives fiscales. En d'autres termes, il semble bien qu'institutionnellement, la fiscalité incitative ne constitue pas une alternative véritable à l'approche retenue à Kyoto, même si, techniquement, ou en termes de coûts de gestion, la fiscalité pourrait avoir la préférence.

54

En revanche, le perfectionnement des mécanismes de Kyoto est un sujet crucial. Pour autant, il n'est pas sûr que cela mettra au premier plan de la négociation ces questions de safety valve. Un tel sujet est techniquement complexe, et aisément capturable par les groupes d'intérêt, en l'absence de cadre institutionnel préalable bien établi. Une analogie avec la politique monétaire, où la question du choix de l'instrument d'intervention entre prix et quantités se pose aussi de manière récurrente, suggère que ceci est plus un sujet relevant de la compétence des autorités en charge de la mise en œuvre, que de la définition de leur mission stratégique. Cette remarque conduit toutefois à signaler l'intérêt qu'il y aurait à mieux distinguer ces deux niveaux, et par là aussi celui d'organiser plus avant et institutionnaliser l'agence en charge de cette mise en œuvre.

Marchés de permis et ambition des efforts

55

La transposition des raisonnements issus de l'analyse des pollutions locales est par ailleurs insuffisante quand il s'agit de passer aux deux autres étapes du problème, à savoir fixer l'ambition globale d'abattement (Q), et la répartition ex ante correspondante des quotas (q_i).

56

Au niveau d'un pays doté de pouvoirs publics disposant d'une capacité coercitive permettant d'opérer des transferts de revenus entre les agents le composant, les choses sont en effet assez simples : la première question est de nature allocative et réclame que le planificateur social évalue à la Stern le bilan coûts-avantages de l'objectif retenu ; la seconde est de nature redistributive, les deux dimensions étant très largement séparables.

57

S'agissant de la dimension redistributive, il est alors souligné que les choix sont de nature éthique, plutôt que relevant de l'économie. À cet égard, différentes règles ou propositions ont été examinées, allant des droits acquis aux droits uniformes par habitant, en passant par la référence aux responsabilités historiques, ou encore les approches visant plutôt à répartir équitablement les efforts.

58

Cependant, et c'est la limite à la transposition des raisonnements habituels issus de l'économie des pollutions locales au climat, il n'y a pas dans ce cas de planificateur mondial, ni de principe éthique pouvant être unanimement reconnu par tous les acteurs.

59

Dès lors, il faut envisager différemment le problème de fixation des engagements initiaux, comme un problème de coopération entre des acteurs poursuivant essentiellement leur intérêt propre, c'est-à-dire examiner comment un accord international va permettre aux pays de prendre des engagements ambitieux et les respecter.

60

Ceci ne discrédite pas ce qui précède concernant le rôle des marchés de permis. En tout état de cause, ceux-ci permettent d'atteindre un objectif donné à coût minimum et de distinguer les dimensions allocatives et redistributives. Il est essentiel en effet que les questions de financement ne distordent pas les choix d'abattement des émissions. Les transferts doivent donc être aussi forfaitaires que possible et privilégier, par exemple, le financement de l'adaptation. La négociation du paquet énergie climat en Europe a illustré, a contrario, ce besoin de panoplie élargie d'instruments, la négociation ayant buté justement sur les conditions de mobilisation équitable des gisements de réduction dans les Pays d'Europe centrale et orientale.

61

L'efficacité-coûts des marchés de permis peut, de plus, favoriser en elle-même des efforts plus ambitieux (Pratlong, 2006). Ceci peut être illustré en considérant, dans notre jeu d'abattements, un accord qui se limiterait à mettre en place le marché de permis, chaque pays fixant, de manière non coopérative son engagement (q_i), en anticipant qu'ensuite il pourra accéder au marché de permis.

62

Si l'on suppose (pour simplifier) que tous les pays participent à un tel accord, la fonction de gain considérée par chaque pays pour prendre son engagement q_i , unilatéral ici (mais en sachant que l'effort final z_i bénéficiera de la flexibilité offerte par le recours au marché), s'écrit alors :

63

La fonction de réaction du pays correspondant vérifie :

64

L'engagement global retenu à l'équilibre vaut donc :

65

Il est donc supérieur à l'engagement initial obtenu dans un contexte non coopératif, sans possibilité d'échanges, qui valait g_i , si la corrélation entre les b_i et les g_i est négative ; en d'autres termes, si les pays disposant de gisements d'abattements à faible coût sont ceux qui valorisent le moins par ailleurs les risques climatiques, ce qui semble raisonnable dans le contexte de l'atténuation climatique, aussi bien d'ailleurs au sein de l'Europe qu'au niveau mondial.

66

Incidentement, ceci conduit à souligner le danger de la notion de complémentarité, consistant à vouloir mettre des restrictions au recours à des achats de permis pour satisfaire les engagements pris, puisque cela conduira finalement à réduire les efforts, et à augmenter les coûts pour les atteindre. De même, les mécanismes de projets apparaissent utiles pour mobiliser des gisements de réduction à faible coût dans des pays, ou des secteurs, qui, sinon, ne s'engageraient pas dans des efforts significatifs vis-à-vis du risque climatique (sous réserve évidemment de vérifier la réalité des abattements réalisés et de tenir compte du potentiel d'abattements offerts par le recours à cette possibilité, lorsque sont fixés les engagements d'efforts initiaux).

67

S'agissant d'un équilibre, non coopératif, les efforts engagés demeurent cependant déterminés fondamentalement par une comparaison entre le risque climatique pour le pays considéré, et les coûts qu'il engagera pour cela, en interne ou en achetant des permis. Les bénéfices externes de ses efforts sur les autres pays ne sont donc pas internalisés, et l'on demeure donc dans la tragédie des communs. L'enjeu des négociations pour établir un accord global sur le climat est de créer les conditions d'une issue plus coopérative.

L'économie des négociations

L'acuité du problème de stabilité

68

Exprimée ainsi, l'économie des négociations sur le changement climatique doit s'analyser par rapport au théorème de Coase, c'est-à-dire par rapport à l'idée qu'un marchandage entre des parties rationnelles permet d'atteindre volontairement le niveau de production optimal d'un bien public. Celui-ci suppose cependant l'absence de coûts de transaction, et la possibilité de réaliser les transferts compensatoires appropriés dans le cadre du processus de marchandage. Dixit et Olson (2000) soulignent qu'une telle issue coopérative est difficile à réaliser, dès lors que la participation est volontaire, car le problème de passer clandestin à résoudre est très délicat.

69

Un moyen de le formaliser s'inspire de la littérature sur les cartels en économie industrielle qui analyse en effet comment, sur un marché, différentes firmes arrivent à s'entendre pour coopérer. Ceci conduit à considérer un jeu en trois étapes, dans lequel : d'abord, les pays décident ou pas de signer

l'accord ; puis les pays signataires décident ensemble leurs niveaux de réduction d'émissions ; et enfin, les pays non signataires décident indépendamment leurs niveaux d'abattements. Compte tenu de la distinction opérée entre allocations et efforts réalisés du fait de l'introduction du marché de permis, les étapes seraient ici :

70

- étape 1 : (s). Les pays décident ou non d'être partie à un accord,
- étape 2 : fixation des q_i . Les signataires (i) fixent collectivement leurs engagements initiaux, à l'instar de l'Union européenne qui avait négocié globalement son objectif de réduction (- 8 %), puis réparti celui-ci entre États-membres (- 21 % pour l'Allemagne, 0 % pour la France, + 15 % pour l'Espagne etc...)
- étape : 3 : fixation de leurs niveaux d'abattements par les signataires et les non signataires (j). Les pays choisissent leurs niveaux effectifs d'abattement, ceux des parties à l'accord émergeant du fonctionnement du marché de permis. Il n'y a pas lieu de distinguer ici deux étapes, sachant que les non signataires choisiront toujours les niveaux $z_j = g_j b_j$.

71

L'économie générale d'un tel jeu est, que, d'un côté les pays ont intérêt à participer à l'accord et coopérer, car à la deuxième étape, le niveau global d'abattement Q sera déterminé pour maximiser leur profit joint (ceci conduira donc à considérer une valorisation (? bi) et non, seulement celle individuelle (bi)). Le profit total considéré vaudra donc :

72

Mais, en sens inverse, chaque pays peut avoir intérêt à rester en dehors de l'accord, sachant qu'il bénéficiera encore de l'effort des autres, et notamment de celui accru des signataires.

73

Barrett (2006) a étudié ce jeu dans le cas symétrique, auquel cas on peut omettre les indices concernant b et g . La composition de l'accord est alors résumée par son nombre de signataires (k), chacun des signataires obtenant alors un k ième du profit total ? s . On aura alors :

74

Et pour les non-signataires $z_j = bg$. D'où :

75

Le jeu de 1ère période, qui détermine l'étendue de l'accord, met donc en cause la comparaison entre ce qu'un pays obtient s'il participe à un accord à k pays (? i, k) et ce qu'il obtiendrait en étant non signataire d'un accord, alors de rang inférieur (? j, $k ? 1$), sachant que :

76

On observe que cette grandeur, indépendante des paramètres b et g , n'est positive que jusqu'à $k = 3$! L'élément clef réside ici dans la pression extrêmement forte à se comporter en passager clandestin. L'enjeu de la négociation climat est donc bien d'arriver à alléger cette contrainte.

77

Ceci conduit à amender sensiblement la discussion habituelle sur les règles d'allocation des permis, qui ne peut donc être envisagée seulement en termes éthiques généraux. Il faut y intégrer les contraintes d'acceptabilité et de stabilité de l'accord, ce qui restreint beaucoup les marges de manœuvre. L'idée que l'on dispose, avec les allocations initiales de permis, d'un instrument permettant de réaliser des transferts considérables pour financer le développement se trouve aussi remise en cause. En revanche, mais pour la même raison, l'adhésion des pays émergents nécessite des règles garantissant que leur possibilité de développement économique, c'est à dire leur capacité à rattraper un niveau de vie élevé, ne sera pas obérée. Concrètement ceci suppose d'envisager des règles d'allocation indexées à la croissance, par exemple.

Quel type de coopération internationale ?

78

Le résultat pessimiste qui précède est obtenu dans le cadre d'un modèle particulier, en termes de structure des coûts et des dommages. Une première approche consiste alors à rechercher des conditions qui seraient plus favorables à cet égard.

79

Ceci n'est en fait pas si facile. Certes, le résultat sur le nombre précis de pays est spécifique. Néanmoins, il vaut, quelles que soient les valeurs de b et g . Surtout, on bute très généralement sur ces contraintes de stabilité. À titre d'exemple, on pourrait imaginer que le contexte dissymétrique qui prévaut pour la négociation climatique, entre des pays développés pouvant supporter les efforts de prévention des risques climatiques et des pays émergents disposant de gisements de réduction à faible coût, déterminerait une situation plus favorable. En fait ce n'est pas le cas, car, si évidemment, ceci renforce l'intérêt d'élargir l'accord aux grands émergents, ceci incite alors ipso facto certains pays développés à s'en tenir à l'écart, sachant qu'ils bénéficieront de l'effort accru réalisé par les signataires. On retrouve donc la difficulté à contourner les problèmes de passager clandestin.

80

Plus précisément, on constate que l'ampleur des bénéfices apportés par une approche coopérative et l'acuité des problèmes de stabilité vont souvent de pair. En d'autres termes, la contrainte de stabilité n'est peu contraignante, que lorsque l'accord coopératif n'améliore pas drastiquement la situation globale de tous les pays...

81

Dans cette perspective, Barrett (2006) a exploré différentes alternatives à l'approche Kyoto, prise au sens d'un accord construit sur des engagements sur les niveaux d'émissions. Il suggère ainsi que des accords sur les technologies, ou sur le financement de la R et D, pourraient être plus accessibles. Outre que l'interprétation de ses modèles en termes de technologies de rupture demeure très heuristique, il faut observer que les propositions concernant les technologies (ou celles d'accords sectoriels associés à des normes technologiques) soulèvent d'autres difficultés.

82

Tout d'abord, l'application uniformément rigide d'une même technologie, indépendamment du contexte de son utilisation, est en général inefficace. On retrouve là la critique des approches command and control en économie de l'environnement, dont les surcoûts sont malheureusement de mieux en mieux documentés, alors même que l'on a souligné que la question de la maîtrise des coûts d'abattement était cruciale dans le cas de l'atténuation du changement climatique. L'approche Kyoto, prise cette fois-ci au sens de l'établissement de mécanismes d'échanges, a l'immense mérite d'aborder directement cette question de l'efficacité-coût des politiques suivies. Elle permettrait aussi, d'ailleurs, de traiter certaines technologies dans le cadre des mécanismes de projets.

83

Un autre inconvénient des accords portant sur les normes technologiques est de supprimer les incitations à innover ou déployer des technologies qui iraient au delà de la norme. Enfin, ce type de régulation peut évidemment être capturée par l'un ou l'autre des acteurs, à des fins de stratégie industrielle ou commerciale.

84

Une autre approche s'intéresse aux modalités plus précises de la négociation, et notamment à celles d'entrée en vigueur de l'accord, car ces modalités affectent la participation à la première période du jeu esquissé ci-dessus. Si l'accord n'entre en effet en vigueur que si un nombre suffisant de pays l'ont ratifié, le comportement de passager clandestin est réduit car, en ne participant pas, le pays risque de faire que l'accord ne devienne pas effectif, auquel cas il ne bénéficiera pas de l'effort accru de ses signataires. Par ailleurs, aucun pays ne perd à signer pour une telle disposition. L'introduction de clauses de participation minimale peut ainsi permettre de résoudre les problèmes de stabilité dans la négociation des traités (Courtois et Haeringer, 2008). Techniquement, il s'agit, là encore, de rendre moins attractif le comportement de passager clandestin. La répétition de la situation, ou un élargissement du champ des négociations, peuvent jouer un rôle analogue.

85

Mais l'obtention d'un accord post Kyoto, avec un niveau de coopération à la hauteur des enjeux, apparaît ainsi difficile à atteindre dans le cadre étroit de la négociation climatique.

86

Ceci était souligné dans la partie *cadre d'analyse décisionnelle* du troisième rapport du groupe III du Giec (Carraro *et alii*, 2001) sur la base d'une revue très complète des travaux de théorie des jeux disponibles concernant la formation de coalitions, appliquées aux accords multilatéraux sur l'environnement (cf. encadré 3).

Encadré 3 : extraits du chapitre X du groupe III du 3ème rapport du Giec

(...)

- La présence d'asymétries entre pays et les incitations à se comporter en passager- clandestin rendent très improbable la possibilité d'un accord général, profitable pour tous ses signataires et stable,
- quand ce type d'accord est envisageable, il ne concerne qu'un membre restreint de pays,
- quand le nombre de signataires est élevé, la différence de comportement entre la coalition agissant de manière coopérative, et une démarche non coopérative est faible.

Ces résultats sont robustes aux spécifications concernant l'utilité des pays et à la règle de répartition des efforts retenus, dans le cas de pays asymétriques. Ceci suggère que l'objectif de réduction d'émissions dans un cadre global ne peut être atteint en dehors de stratégies plus complexes, où les politiques environnementales interagissent avec d'autres politiques (...). Ces instruments sont les *transferts économiques et technologiques* et la *connexion avec d'autres politiques* (...).

87

Ce rapport suggérait donc de placer la négociation R et D dans un champ élargi. Concrètement un tel cadre intégrerait, par exemple, financement, ou aspects commerciaux, l'acceptation de besoins d'allocations aux émergents pour ne pas brider leur rattrapage ayant (par exemple) comme contreparties pour les pays développés, la suppression des obstacles aux échanges de technologies vertes. Par ailleurs, des financements spécifiques seraient mis en place, pour lutter contre la déforestation, ou pour les pays (notamment charbonniers) dont la transition énergétique est la plus difficile.

88

S'agissant de ces possibilités de linkage, il est notable que les pays clefs d'un accord climatique, c'est-à-dire, outre les pays de l'annexe 1, les États-Unis, les grands pays émergents, (au premier rang desquels la Chine, l'Inde et le Brésil) et les pays pétroliers, se trouvent actuellement impliqués dans d'autres débats cruciaux, notamment ceux du financement de l'économie mondiale, et ceux de l'OMC. En matière du commerce, l'élément le plus marquant de l'histoire récente des échanges internationaux est en effet la montée en puissance de la Chine et de l'Inde. De plus on peut imaginer qu'après l'échec du cycle de Doha, les débats futurs à l'OMC seront moins focalisés sur l'agriculture, et accorderont plus de place aux thématiques concernant la protection des investissements et la propriété intellectuelle, par exemple. La récente crise pétrolière a aussi souligné les interactions entre les marchés des combustibles fossiles et l'équilibre macroéconomique.

89

Enfin, les principaux fonds souverains proviennent du moyen Orient, de la Chine et de la Russie. Plus généralement, le processus de mondialisation accroît de manière générale les interactions provenant des politiques domestiques et il en va de même pour le changement climatique. Le renforcement des lieux de dialogue sur les politiques économiques qui en résulte devrait donc être conçu avec une vision d'ensemble (Rajan, 2008).

90

De manière plus précise, cette idée de connexion part de l'observation du contraste qui existe entre, d'un côté les accords multilatéraux pour l'environnement qui butent sur ce problème de passer clandestin, et de l'autre d'autres accords, tels que l'OMC ou des accords de coopération scientifique, qui génèrent au contraire des effets de constitution de club favorables. Dès lors, on peut imaginer conditionner l'adhésion à ces derniers, ou l'accès à un régime commercial favorable, à l'acceptation de clauses environnementales pour forcer la coopération climatique. Ce type d'approche a été examiné, par exemple, par Carraro et Siniscalco (1995), ou encore par Barrett (1994). Ceux-ci montrent que cette connexion peut fonctionner, sous réserve que le couple (intérêt à rejoindre/pénalité à rester en dehors de la coalition) soit suffisamment incitatif.

Accords sectoriels et fuites de carbone

91

La question des liens entre les négociations sur le changement climatique et celles sur le commerce se pose par ailleurs plus directement pour certains secteurs, lorsque les politiques climatiques interagissent fortement avec des biens échangés, et importants, dans le commerce mondial.

92

C'est le cas tout d'abord des combustibles fossiles, dont les prix sont directement affectés par les politiques climatiques. De ce fait, toute politique climatique ambitieuse rencontre nécessairement l'opposition des pays producteurs de gaz et pétrole, qui verraient immédiatement leurs rentes diminuées ; mais éventuellement aussi celle des pays charbonniers, dont les rentes anticipées au delà du peak oil le seraient de même.

93

Ces pays sont ainsi enclins à accuser les politiques climatiques de visée commerciale, soupçon qui ne peut être levé que par une légitimation des valeurs carbone retenues par ces politiques. À cet égard, le problème est assez similaire à celui qu'a rencontré la politique des transports européenne à propos de l'internalisation des coûts externes des poids lourds, que les pays périphériques avaient tendance à qualifier d'obstacles au marché intérieur, ce qui conduit actuellement à essayer de préciser les valeurs admissibles au regard des dommages considérés.

94

L'autre sujet est celui des délocalisations induites par les politiques climatiques. Celles-ci sont en effet non justifiées économiquement et environnementalement, lorsqu'elles résultent des exigences différentes des politiques climatiques suivies par les différents pays (problème dit du leakage).

95

En d'autres termes, la question des modes de production, qui n'a pas normalement à entrer en ligne de compte dans l'analyse du commerce tant que ceux-ci ne mettent en jeu que des pollutions locales, se pose différemment pour un bien public global comme le climat.

96

En théorie, un moyen de limiter ce phénomène, c'est à dire de limiter les distorsions commerciales liées aux fuites de carbone induites par des valeurs de référence carbone non harmonisées, serait d'instaurer un système de prélèvements et restitutions, imposant notamment aux importations une taxe sur le contenu en carbone. De manière équivalente, on peut obtenir le même résultat par une obligation aux importateurs de fourniture de quotas d'émissions (Godard, 2008). Un instrument de second rang par rapport à cela consiste à distribuer aux producteurs nationaux des quotas en proportion de leur production, sur la base d'un coefficient neutralisant ex ante les effets compétitivité liés à des politiques climatiques plus ambitieuses (en revanche, la distribution forfaitaire de quotas d'émissions gratuits aux industries concernées, souvent mise en avant par les milieux industriels, ne règle pas cette question en général, mais leur apporterait évidemment un windfall profit).

97

La difficulté évidente est que les instruments correspondants (taxer les importations ; subventionner les producteurs nationaux sur les marchés où l'on est importateur net) sont justement ceux que mettrait en place un pays qui cherche à améliorer ses termes de l'échange, par des instruments commerciaux restrictifs.

98

Ceci conduit à souligner, qu'au delà du problème juridique, l'analyse, au cas par cas, de la légitimité de ce type de dispositif demeurera intrinsèquement difficile, pour s'assurer de leur neutralité commerciale : par rapport à la modélisation que nous avons considérée, il faut introduire en plus dans une telle analyse les interactions entre les politiques climatiques et les marchés des biens, et spécifier, dans un contexte de concurrence imparfaite, les instruments et enjeux de politique commerciale en cause.

99

La nature du problème à résoudre est cependant similaire à celui rencontré pour élaborer les règlements aides d'État au niveau européen. Son examen dans le cadre de l'OMC serait donc justifié par le fait que si, jusqu'à présent, l'ampleur des fuites de carbone est demeuré modeste, y compris pour les secteurs sensibles (ciment, acier, aluminium, engrais), il faut envisager le problème dans un contexte de politiques climatiques futures beaucoup plus ambitieuses. De plus, les problèmes de bien publics globaux sont appelés à se développer à l'OMC.

100

Concrètement, on peut s'interroger cependant sur la priorité à donner à ce point dans l'agenda des négociations climatiques, sachant que, par ce biais, on ne fait que chercher à consolider la situation issue de Kyoto, où seuls quelques pays avaient pris des engagements contraignants. Or on a souligné que le premier enjeu des négociations climatiques était d'intégrer plus de pays, pour se fixer des efforts plus ambitieux, y compris dans les secteurs cités, compte tenu de leur poids en termes d'émissions.

101

L'intérêt d'éventuels accords sectoriels devrait aussi être apprécié par rapport à leur contribution à ce dernier objectif. Ceci nécessite : que leur design ne soit détourné, ni pour faire échapper ces secteurs à des efforts, ni à des fins commerciales par certains acteurs ; et que le souci d'avoir un prix unique du carbone, s'appliquant à l'ensemble des secteurs, ne soit pas perdu de vue. À tout le moins, ceci requiert d'évaluer rigoureusement le bilan entre des distorsions sur les marchés mondiaux concernés et celles sur la structure des efforts d'abattements. Si l'on se réfère à l'histoire de l'unification européenne, qui a commencé par les marchés du charbon et de l'acier, une telle approche ne peut cependant être écartée, sachant que l'on a observé ci dessus que ces secteurs présentaient de véritables spécificités au regard des risques de fuites de carbone.

Incitations et économie politique de la négociation

102

La mise en œuvre d'un optimum international dans la prévention du risque climatique bute sur l'absence d'autorité supranationale capable d'imposer l'adhésion à un accord, et par là sur la difficulté à contourner les comportements de passager clandestin. Face à ces contraintes, les différentes solutions évoquées ci-dessus visent à créer des incitations favorisant la participation à un tel accord . Implicitement, ont été privilégiés pour cela les instruments qui semblent les plus crédibles institutionnellement, en excluant donc des mécanismes de transferts financiers directs. Quoique la mise en place de tels transferts financiers complexes pour atteindre cet objectif semble peu réaliste, la caractérisation théorique de ceux-ci peut cependant servir de guide pour concevoir les mécanismes d'allocation initiale des quotas appropriés.

103

C'est ce qu'apporte l'approche coopérative (Chander et Tulkens, 1995), qui examine les mécanismes de transferts financiers qu'il conviendrait de mettre en place pour soutenir l'optimum global. La formule de transferts (t_i) proposée combine : une compensation égale à l'écart, pour le pays considéré, de ce qu'il obtient par rapport à l'équilibre de Nash, et un transfert équivalent à une part appropriée (K_i) du surplus collectif généré.

104

Le type de transfert (variable) proposé est donc de la forme :

105

L'ensemble de ces transferts est donc (automatiquement) équilibré budgétairement. Par ailleurs, le bien être W_i du pays i vaut alors :

106

Chaque pays a donc intérêt à choisir le niveau d'abatement collectivement efficace, maximisant le surplus total. Chander et Tulkens ont ainsi précisé les formules de transferts permettant de soutenir une coopération internationale pour des problèmes de pollution globale. Un marchandage de Coase idéal aboutirait à cette allocation optimale, et ce type de transferts. Il convient cependant de revenir, dans cette perspective, sur deux hypothèses du modèle sur lequel nous nous sommes appuyés.

107

La première a consisté à supposer que les dirigeants de chaque pays maximisaient, dans la négociation et leurs politiques d'abattements internes, une fonction objectif, sensée représenter les préférences de leurs habitants, présents et futurs. L'une des difficultés fondamentales, mais qui se situe en amont de la négociation, renvoie évidemment à l'état de (non) réalisation de cette condition d'alignement des objectifs des négociateurs avec les préférences et de la société, au niveau de chaque pays. En termes d'économie politique, le problème est en effet particulièrement délicat, car les politiques climatiques combinent complexité technique, enjeux différés et potentiellement très lourds. Or les deux premières caractéristiques suggéreraient de donner un rôle important aux experts, alors que la troisième en fait un domaine relevant naturellement du politique. De même, il ne faut pas négliger les problèmes d'implémentation interne des politiques climatiques, y compris dans des pays en apparence centralisés, comme la Chine.

108

La seconde hypothèse critique est d'avoir supposé que, lorsque les pays coopéraient, la définition de leur niveau global d'abattement allait de soi, comme résultat d'un calcul coûts-avantages. Ceci ignore les problèmes d'information, et les asymétries existant à cet égard entre les acteurs, dans la connaissance des (bi) et des (g i).

109

En effet, un marchandage de Coase efficace suppose que les parties à la négociation soient parfaitement informées sur l'intérêt de chacune des autres. Lorsque l'information est imparfaite, les conclusions sont modifiées (Farrell, 1987). Chaque pays aura alors intérêt : à faire valoir des paramètres de valorisation des dommages, ou des structures de coûts, lui permettant d'obtenir des transferts financiers plus favorables ; en d'autres termes d'utiliser ses avantages informationnels pour tirer un plus grand profit des formules de transferts compensatoires esquissées ci-dessus.

110

Techniquement, le problème à résoudre est homologue à celui de production d'un bien public. Les problèmes d'information associés, et le type de mécanisme (Clarke – Groves – Vickrey) d'incitations à imaginer pour les résoudre, ont été étudiés en économie publique (Laffont, 2002). Pour un bien 0-1, ce type de mécanisme consiste à responsabiliser l'agent pivot pour que son choix intègre bien ses conséquences pour les autres parties. Mais un résultat central est que l'extraction de l'information pertinente va avoir un coût, en général.

La politique optimale à la *Stern* ou à la « Chander-Tulkens » ne sera donc pas accessible, pour cette raison. Ceci renvoie à des débats très concrets. Deux peuvent être cités pour illustrer l'enjeu :

- l'idée d'*engagements non contraignants*, c'est-à-dire de dispositifs qui intégreraient les pays émergents suivant des formules dans lesquelles les efforts réalisés au delà d'un certain seuil seraient rémunérés en quotas, mais sans besoin d'en acheter dans le cas inverse. Ce type formule, non linéaire, s'inscrit en effet plus dans cette perspective d'incitations, que par rapport à un problème d'incertitude pur sur la croissance, qui pourrait être réglé par l'indexation des engagements ,

- la question des engagements des pays en développement, posée depuis l'origine des négociations climatiques par les américains, sachant que ce sont les pays en développement ou du moyen Orient qui sont les plus exposés au risque climatique. Leurs b_i ne devraient donc pas être nuls. Dès lors, la compensation de tous leurs coûts d'abattement peut ne pas aller de soi, notamment lorsqu'ils ont atteint un certain niveau de rattrapage économique.

Gouvernance et institutions

Long terme et incertitude

113

Quoique ces deux dimensions aient été évoquées ci dessus à propos du rapport Stern, l'essentiel de l'analyse qui précède a été conduite dans un cadre statique. Pourtant, une caractéristique essentielle des politiques contre le changement climatique est de devoir s'inscrire dans la durée. Il ne s'agit donc pas de définir un objectif d'émissions unique, mais des trajectoires, auxquelles on peut, à chaque instant, associer une valeur du carbone.

114

La caractérisation de ces trajectoires optimales a fait l'objet en France du rapport Quinet (2008), sur la valeur tutélaire du carbone. En général, cette valeur croit au cours du temps, en fonction du taux d'actualisation. Dans ce rapport, il était proposé une valeur initiale de 32 euros la tonne de CO₂, croissant jusqu'à 100 euros en 2030.

115

Si l'on considère en effet que l'on est confronté à un plafond à ne pas dépasser sur la quantité cumulée d'émissions de CO₂, alors un transfert des efforts d'abattements entre deux périodes doit, à la marge de la trajectoire optimale, avoir un impact nul sur le coût actualisé des efforts d'atténuation. Il en résulte que ces efforts seront engagés progressivement, par ordre de mérite, le prix du carbone augmentant au rythme du taux d'actualisation.

116

Une approche alternative (Bureau, 2008) est la référence pigouvienne, selon laquelle le prix du carbone devrait être égal, à chaque instant, au coût marginal actualisé des dommages climatiques induits par une émission supplémentaire. Ces dommages étant non linéaires vis-à-vis des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, la valeur du carbone correspondante devrait aussi croître, jusqu'à la stabilisation de celles-ci.

117

Les stratégies correspondantes doivent par ailleurs prendre en compte l'incertitude : incertitude sur le risque climatique lui-même, ou sur l'ampleur de ses conséquences ; et incertitude sur le progrès technique, qui porte à la fois sur l'émergence des technologies sobres en carbone, sur leur rythme de déploiement possible et sur l'importance des économies d'échelle et d'apprentissage associées.

118

Ces différents éléments justifient une action plus précoce. Le rapport Quinet se réfère à cet égard à l'analyse de Gollier rappelée dans l'encadré 4.

Encadré 4 : valeur d'option d'une action précoce (d'après C. Gollier)

Supposons par exemple qu'on anticipe aujourd'hui que les objectifs ont autant de chances d'être révisés à l'horizon 2030 à un niveau très contraignant (par exemple facteur 6) ou au contraire à un niveau peu contraignant (par exemple facteur 2). Si on fait abstraction de cette incertitude en prenant un scénario moyen (facteur 3) tout en suivant le principe d'une croissance de la valeur carbone au taux d'actualisation, on obtient une stratégie myope qui n'est pas socialement désirable. Observons en particulier qu'elle implique un effort supplémentaire de réduction particulièrement violent en 2030 si le scénario facteur 6 se réalise. Cet effort initial supplémentaire aura été en revanche inutile si le scénariofacteur 2 se réalise, cet effet ne compensant que partiellement le premier. En augmentant l'effort entre aujourd'hui et 2030, on offre une assurance et une épargne de précaution, qui permet d'aborder le risque de révision des engagements en 2030 dans une situation plus favorable.

119

L'enjeu est là encore très concret, l'une des clefs d'un accord sur le climat étant probablement la prise de conscience, par tous les acteurs, et notamment les pays émergents, que reporter les efforts risque d'être extrêmement coûteux.

120

L'incertitude qui demeure sur la plupart des termes de bilan coût-avantages des politiques d'atténuation du risque climatique ne justifie donc pas de différer les efforts, au contraire. En revanche, il en résulte qu'un consensus est forcément difficile à obtenir sur un objectif conçu comme une cible rigide (de type facteur X ou stabilisation à Y ppm), même entre experts de bonne foi. Plus fondamentalement, on doit sans doute s'interroger sur la pertinence d'une telle approche rigide alors que, la définition des politiques contre le changement climatique se conçoit plus en termes de valeur d'option, face à des risques d'irréversibilité. C'est donc plutôt en ces termes que devrait être recherché un accord international. Par ailleurs, ses objectifs devraient alors être réévalués régulièrement, en fonction de l'amélioration de nos connaissances. L'acquisition de celle-ci devrait même faire partie intégrante des politiques menées. Le gouvernement australien a ainsi conçu une stratégie dans laquelle,

tous les cinq ans, sont redéfinis des engagements fermes à cinq ans et des engagements indicatifs à dix ans.

De la coordination des efforts à des nouvelles institutions multilatérales

121

La vision que l'on a en Europe de la négociation climatique reproduit très fortement celle de Kyoto. L'objectif serait d'obtenir, pour une nouvelle période, par un marchandage du type si vous faites plus d'efforts, moi aussi ... (cf la proposition de passer de -20% -30% dans ce cas pour le paquet climat-énergie), un ensemble d'engagements jugés satisfaisant pour chaque pays, en y incluant la Chine et les États-Unis.

L'idée sous-jacente est que l'ambition d'une stratégie se mesurerait essentiellement à l'aune des engagements pris pour sa première période. Mais la négociation de tels engagements est en pratique bien difficile. La première phase de l'ETS (Convery *et alii*, 2008), a montré la difficulté d'apprécier le caractère court ou long d'une allocation globale sur une période courte, très dépendant de la conjoncture macroéconomique. L'observation des distances actuelles aux objectifs Kyoto de certains pays, supérieure à 20 % pour l'Australie, le Canada, la Nouvelle Zélande (et évidemment les États-Unis), conduit de plus à imaginer que, dans ce type de processus, des renégociations sont inévitables lorsque les engagements pris ne sont pas crédibles.

L'expérience du marché européen a permis de constater aussi la volatilité des prix résultant d'une telle approche, et, surtout, a souligné que la limitation de l'horizon temporel de la première période n'était aucunement le gage d'actions précoces. La décision de ne pas autoriser la mise en réserve de quotas d'une phase à l'autre a en effet précipité la chute du prix sur ce marché. Alors qu'il convenait d'allonger l'horizon temporel des décisions des industriels, cette décision a limité en fait leurs incitations à engager dès la première phase des efforts de réduction importants.

Plus fondamentalement, on a vu que la négociation correspondante est très difficile à stabiliser, en l'absence d'institution ayant autorité pour produire et financer le bien public qu'est le climat. D'ailleurs, il est notable, qu'au niveau européen, on se soit engagé maintenant dans l'abandon des plans nationaux d'allocation des quotas, avec un basculement sur une approche fondée une allocation globale définie au niveau de l'Union européenne et l'orientation vers la mise aux enchères des quotas. Mais une telle approche laisse encore ouverte la question de la période suivante.

Dans ces conditions, la recherche d'un accord climatique pérenne pourrait rechercher, alternativement, à jeter les bases d'une approche plus institutionnelle, qui idéalement, devrait :

- fixer la mission d'une institution en charge de la mise en œuvre, en termes de stratégie de stabilisation des émissions,
- établir le principe du marché de permis sur un horizon très long,
- et définir des règles de répartition des allocations initiales, essentiellement sans doute au prorata des PIB (correspondant à un principe de type à *chacun selon ses besoins*), au delà d'une période de transition énergétique.

Une telle approche institutionnelle se justifierait par la nature du problème, combinant incertitude et impossibilité de signer des contrats complets entre toutes les parties concernées aux différents horizons, ce qui est la configuration typique des problèmes de gouvernance.

Une dimension importante d'une approche plus institutionnelle est par ailleurs la possibilité d'intégrer des dimensions assurantielles, que l'on peut illustrer dans le cadre de notre jeu d'abattements. Reprenons en effet celui ci dans le cas limite des pays identiques, et en situation certaine. En revanche, le rôle des mécanismes de marchés disparaissait dans ce cas. L'analyse devient cependant sensiblement différente, si l'on considère que les pays sont *ex ante* identiques, mais que leurs paramètres – par exemple celui concernant les gisements d'abattement (g_i), – sont aléatoires.

Si leur réalisation n'est connue en effet qu'après avoir pris les engagements d'abattement, l'existence de marchés de permis retrouve alors grande valeur, en permettant de réallouer les efforts, puisqu'on a vu (cf. première partie) que cette réallocation bénéficiait à tous.

Dans le cadre du modèle de négociation (cf. Deuxième partie), et si on considère que les signataires mutualisent les coûts, on observe (cf derniers termes des équations (5) et (6)) de plus, que le bilan du *free riding* est aussi modifié, si les pays sont averses au risque. En effet, le *passager clandestin* subira alors intégralement le risque sur ses coûts. En revanche les signataires pourront bénéficier du gain apporté par la possibilité de recourir aux échanges (pour relâcher la contrainte, ou valoriser leurs gisements selon les cas) et éventuellement des caractéristiques assurantielles de la règle de répartition des efforts entre signataires. Dès lors un accord *institutionnel* peut être plus accessible qu'une suite d'accords de coordination des politiques.

Dans cette perspective, Boucher et Bramoullé (2007) ont étudié comment la prise en compte de l'aversion pour le risque affecte les contraintes de stabilité dans la négociation des accords, dans le cas où l'incertitude porte sur les bénéfices marginaux des politiques d'abattements. L'incertitude considérée porte sur les b_i , dont ils soulignent par ailleurs qu'elle n'est pas mutualisable, ce qui justifie bien d'introduire une aversion pour le risque des pays. Ils examinent pour cela comment les niveaux

d'abattement dépendent de l'aversion au risque et l'intérêt qui en résulte à signer l'accord, pour bénéficier d'un effort global accru. Ceux-ci observent finalement que la prise en compte de cette incertitude, et de l'aversion au risque correspondant, peut accroître la participation à un accord global.

La crédibilité des engagements

Un autre élément en faveur d'une approche institutionnelle est lié aux problèmes de crédibilité et d'engagement que recèlent les scénarios dans lesquels la politique climatique n'est définie que pour une période relativement courte.

On a en effet souligné le rôle crucial de l'innovation pour atténuer le changement climatique. Les décisions correspondantes s'inscrivent dans une temporalité longue. Les choix d'investissements des acteurs privés dépendent donc du prix du carbone qu'ils peuvent anticiper à l'horizon de 10 à 20 ans, et non de la valeur des crédits de la *première période*. C'est donc la combinaison des marchés de permis et de leurs marchés à terme dérivés, qui est déterminante. Mais celle-ci dépend crucialement de la lisibilité et de la crédibilité des accords internationaux à long terme. Or celle-ci est structurellement faible si le marché de permis n'est pas explicitement mis en place sur un horizon long, avec des mécanismes spécifiques assurant cette crédibilité.

À cet égard, plutôt qu'un prix plafond, c'est la mise en place d'un prix plancher, éventuellement ajustable, ou de mécanismes équivalents, par lesquels les États s'engageraient à compenser dans le futur les détenteurs de permis (Laffont et Tirole, 1996 a et b), qui constitue l'élément de perfectionnement le plus urgent à approfondir.

Le problème d'engagement sous-jacent résulte du fait que les pouvoirs publics voudraient inciter très fortement à l'innovation, en essayant de faire anticiper un prix du carbone futur élevé. Mais si, *ex post* l'innovation a réussi et s'est déployée, il n'est plus nécessaire de mettre un prix de carbone aussi élevé. Dès lors, les innovateurs anticipent que les pouvoirs publics *inonderont* le marché de permis dans ce cas, ce qui leur retirera la rente qu'ils auraient pu escompter de ces innovations. Au bout du compte ceci les dissuade de s'engager dans le processus d'innovation.

Chercher à établir un prix élevé du carbone à court terme ne résout en rien ce problème, sauf à imaginer que l'on peut ainsi *prendre par surprise* les investisseurs. Au contraire, l'élément clef est d'établir un mécanisme crédible sur le prix à long terme du carbone, pour stimuler l'innovation.

Conclusion

L'analyse économique des accords sur le climat conduit tout d'abord à souligner l'importance des mécanismes d'échanges associés au protocole de Kyoto, pour maîtriser les coûts d'abattements. Ceux-ci doivent être consolidés et perfectionnés pour donner la visibilité de long terme qui est nécessaire aux marchés pour stimuler le déploiement d'innovations technologiques.

Le second point qui a été noté est qu'un accord global s'interpréterait comme une solution *Coasienne* entre les différents pays, ce qui a conduit à souligner et préciser la nature et l'acuité des problèmes d'information asymétrique et de participation à résoudre, qui contraignent fortement les marges sur les allocations de permis.

Ces éléments, combinés à l'incertitude et l'horizon à prendre en compte, conduisent à déplacer la réflexion, des discussions quantitatives sur les engagements pris, vers les institutions à mettre en place pour gérer cette Convention et assurer, par exemple, que les engagements ne soient pas de *fait négociables*. À cet égard, on est donc conduit à souligner, comme Esty (2008), que la gestion du risque climatique nécessite une approche institutionnelle, et une gouvernance garantissant des principes d'effectivité, d'équité et de légitimité. Notre analyse insiste cependant sur la nécessité de s'appuyer pour cela sur les références d'économie publique concernant la production et le financement des biens publics, car c'est bien de cela qu'il s'agit.

Il importe par ailleurs d'approfondir le dialogue avec l'OMC, sans limiter le sujet à la question des ajustements tarifaires aux frontières, et d'intégrer systématiquement le climat dans les réflexions sur la réforme du système multilatéral, pour assurer le financement des politiques correspondantes et éviter que celles-ci ne soient un facteur d'instabilité.