



SOMMAIRE

CONTENT

Introduction	9
Les fondements de la négociation	10
Bref historique de la négociation : Kyoto, Copenhague... Paris	12
Les schémas possibles de l'accord "idéal"	14
Un "bonus-malus" carbone pour intégrer les pays en développement dans l'accord universel	15
Une coalition à trois pour lancer le marché transcontinental du carbone	19
L'utilité d'un "agenda des solutions"	21
Conclusion : le rôle clef de la tarification du carbone	22
<hr/>	
La négociation climatique : repères chronologiques	24
Notes	26
Bibliographie	27

Opinions & Débats Numéro Spécial Février 2015

Publication de l'Institut Louis Bachelier

Palais Brongniart ♦ 28 place de la Bourse 75002 Paris ♦ Tél. : 01 73 01 93 40 ♦ www.institutlouisbachelier.org
<http://www.labexlouisbachelier.org>

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION : Jean-Michel Beacco ♦ CHEF DE PROJETS : Cyril Armange

CONTACT : cyril.armange@institutlouisbachelier.org

CONCEPTION GRAPHIQUE : Vega Conseil 01 48 85 92 01 ♦ IMPRIMEUR : KAVA 44 rue Danton 94270 Le Kremlin-Bicêtre - 06 14 32 96 87

Introduction	29
The foundations of the negotiations	30
A brief history of the negotiations: Kyoto, Copenhagen...Paris	32
Possible forms of an “ideal” agreement	34
A carbon “bonus-malus” system for integrating developing countries into a global agreement	35
A coalition of three to launch the transcontinental carbon market	39
The value of a “solutions agenda”	41
Conclusion : the crucial role of carbon pricing	42
<hr/>	
Climate negotiations: key dates	44
Notes	46
References	47

Les articles publiés dans la série “Opinions & Débats” offrent aux spécialistes, aux universitaires et aux décideurs économiques un accès aux travaux de recherche les plus récents. Ils abordent les principales questions d’actualité économique et financière et fournissent des recommandations en termes de politiques publiques.

The Opinion and Debates series sheds scientific light on current topics in economics and finance. Bringing together several types of expertise (from mathematicians, statisticians, economists, lawyers, etc.) this publication makes recommendations in the formulation and implementation of government economic policies.





*Par Jean-Michel Beacco
Directeur général de l'Institut Louis Bachelier*

Pas de ton alarmiste dans l'article que nous présentons dans ce numéro d'Opinions et Débats, mais une claire analyse scientifique, qui souligne l'urgence d'un accord international sur le climat. Une chance que ne doivent pas laisser passer les Etats lors des prochaines négociations à Paris, en décembre 2015. En effet, sans changements majeurs, la température de la planète devrait augmenter de 3 à 5 °C d'ici la fin du siècle, bien loin de l'objectif de 2 °C fixé à Copenhague en 2009. Pour dévier de cette trajectoire, il est impératif que nos émissions de gaz à effet de serre diminuent de 40 % à 70 % sur la période 2010-2050. Un objectif pourtant impossible si l'on s'en tient aux dispositifs de réduction de ces gaz mis en place lors des précédentes conférences sur le climat.

Jusqu'à présent, les initiatives s'en sont tenues à un monde bipolaire, mettant dos à dos pays développés et émergents, loin des réalités en matière de production énergétique et de pollution. Elles font reposer sur les Etats le trading du carbone, dans un système "à la carte" où ces derniers peuvent encore trop facilement échapper à leurs engagements.

La solution à cet état de fait ne passe pas systématiquement par une contrainte plus forte. Les chercheurs à l'origine de cet article, tous deux spécialisés dans l'économie du climat, ciblent deux points sur lesquels il est capital de trouver un accord. Deux rouages essentiels pour convaincre les Etats de rejoindre la lutte contre le réchauffement : établir un juste prix d'échange du carbone et créer un système attractif de redistribution de la "rente environnementale" issue de ce marché.

Les auteurs formulent ici des recommandations et des solutions pour y parvenir, sans cesser de faire preuve de réalisme. Outre un système mondial de bonus-malus sur les émissions de carbone, ils préconisent une première coalition tripartite entre l'Union Européenne, les Etats-Unis et la Chine. Leur rôle : parvenir à fixer la valeur du carbone et s'engager dans la réduction des émissions polluantes. Un noyau de base solide, voué ensuite à accueillir d'autres Etats, en fonction de leur taille et de leur courbe d'expérience. Une étape qui doit s'accompagner du financement et de la mise en place d'actions concrètes et exemplaires de lutte contre les effets du réchauffement. Avec, comme objectif final, non seulement de parvenir à dégager une rente environnementale justement redistribuée entre les pays, mais surtout d'encourager ces derniers à modifier durablement leurs habitudes en termes de production et de consommation.

The article we present in this issue of *Opinions et Débats* is not alarmist in tone, but is rather a clear scientific analysis, underlining the urgency of an international climate agreement. A chance that the countries represented at the forthcoming negotiations in Paris in December 2015 must not miss. For without major adjustments, the global temperature is set to increase by 3 to 5°C by the end of the century, a trajectory that is already well in excess of the 2°C target set in Copenhagen in 2009. If we are to deviate from this trajectory, it is essential that greenhouse gas emissions fall by 40% to 70% over the period 2010-2050. Yet this is an impossible goal if we stick to the emissions reduction measures introduced at previous climate conferences.

Up until now, the initiatives have been formulated on the basis of a bipolar world, opposing the developed and emerging countries, a situation that is far from the reality of energy production and pollution. They rely on states engaging in carbon trading in an “à la carte” system, where they can too easily escape their commitments.

The solution to this state of affairs does not necessarily entail stronger constraints. The researchers writing this article, both of them specialists in climate economics, target two areas where it is crucial to reach an agreement. Two essential mechanisms to convince governments to join the fight against global warming: establishing a fair carbon trading price and creating an attractive system for redistributing the “environmental rent” accruing from this market.

The authors here put forward recommendations and solutions to achieve this goal, while remaining realistic. As well as a global “bonus-malus” system for carbon emissions, they advocate forming a tripartite coalition comprising the European Union, the United States and China. Their role would be to set the price of carbon and commit themselves to reducing emissions. This solid core would be able to incorporate other countries later, depending on their size and experience curve. That step would need to be accompanied by funding and the implementation of concrete actions and evidence of the fight against the effects of global warming. With the final objective not only of instituting an environmental rent fairly distributed among countries, but especially of encouraging them permanently to change their habits in terms of production and consumption.

BIOGRAPHIE

Pierre-André Juvet



Pierre-André Juvet is Professor of Economics at Paris Ouest Nanterre - La Défense University, holder of the Scientific Excellence award, and Vice-President of Université Paris Lumières.

He is currently director of the Economics of Sustainable Development, the Environment and Energy (EDDEE) Masters, an expert on the Accounts and Economics Commission of the Ministry of the Environment, director of the Sustainable Development, Environment and Public Economics axis of the EconomiX laboratory (UMR-CNRS 7235), Dean of the Economics, Management and Information Technology (SEGMI) UFR and Vice-President of Management Board of Paris Ouest Nanterre-la Défense University.

His research and publications focus on the economics of sustainable development, environment and energy.

Pierre-André Juvet est Professeur des universités en Sciences économiques à l'Université Paris Ouest Nanterre – La Défense, titulaire de la Prime d'Excellence Scientifique, Vice-Président de l'Université Paris Lumières.

Il est actuellement directeur du master Economie du Développement Durable, de l'Environnement et de l'Energie (EDDEE), expert à la commission des comptes et de l'économie de l'environnement du Ministère de l'écologie et Directeur Scientifique de la Chaire d'Economie du Climat.

Il a été directeur du département d'économie, directeur de l'axe Développement Durable Environnement et Economie Publique du laboratoire EconomiX (UMR-CNRS 7235), Doyen de l'UFR Sciences Economiques, Gestion, Mathématiques et Informatique (SEGMI) et Vice-Président du conseil d'administration l'Université Paris Ouest Nanterre – La Défense.

Ses recherches et publications portent sur l'économie du développement durable, de l'environnement et de l'énergie. Son dernier essai, *Le Capital Vert* (Odile Jacob, 2013), co-écrit avec Christian de Perthuis, paraîtra au printemps 2015 aux Etats-Unis.

Christian de Perthuis



Professor of Economics at Paris-Dauphine University, Christian de Perthuis began his career in the agricultural sector before holding management positions in two economic research institutes: Rexecode and Beeps.

In the 2000s he led the “Climate Mission” of the Caisse des Dépôts, then founded the Climate Economics Chair at Paris-Dauphine University.

He has conducted various missions for the government, the most recent being Chair of the Comité pour la Fiscalité Ecologique (Committee for Environmental Taxation), whose proposals have resulted in the introduction of a carbon tax in France.

Christian de Perthuis is the author of a dozen or so books, several of which have been translated into English and Chinese. The most recent, *Le Capital Vert* (Odile Jacob, 2013), co-authored with Pierre-André Juvet, will be published in the United States in 2015. In October 2014, Christian’s first novel, *Le complot climatique*, was published by L’Harmattan.

Professeur d’économie à l’université Paris-Dauphine, Christian de Perthuis a commencé sa carrière dans le secteur agricole avant d’occuper des fonctions de direction dans deux instituts de recherche économique : Rexecode et le Bipe.

Dans les années 2000 il a dirigé la “Mission climat” de la Caisse des Dépôts, puis a fondé la Chaire Economie du Climat à l’université Paris-Dauphine.

Il a conduit différentes missions pour les pouvoirs publics, la dernière en date étant la présidence du Comité pour la Fiscalité Ecologique dont les propositions ont abouti à l’introduction d’une taxe carbone dans la fiscalité française.

Christian de Perthuis est auteur d’une dizaine d’ouvrages, dont plusieurs ont été traduits en anglais et en chinois. Son dernier essai, *Le Capital Vert* (Odile Jacob, 2013), co-écrit avec Pierre-André Juvet, paraîtra au printemps 2015 aux Etats-Unis. En octobre 2014, Christian a publié son premier roman, *Le complot climatique*, chez L’Harmattan.



PRÉFACE

*Par Jean Jouzel
Climatologue et Vice-Président du GIEC*

Le premier rapport d'évaluation du GIEC sortait il y a vingt-cinq ans. Il constituait l'une des premières synthèses des travaux des climatologues sur les changements du climat. Il tirait la sonnette d'alarme : sans une action concertée pour freiner les émissions mondiales de gaz à effet de serre, le monde s'engageait dans des voies très risquées en matière climatique.

Depuis 1990, notre connaissance du système climatique et des perturbations engendrées par l'accumulation des gaz à effet de serre d'origine anthropique s'est affinée. La paléoclimatologie nous a aidés à tirer des leçons du passé. Le développement des modèles de simulation a précisé les conditions requises pour éviter le risque d'un réchauffement moyen supérieur à 2 °C.

Les conclusions du 5^e rapport du GIEC sont à cet égard très parlantes : depuis le début du siècle dernier, l'humanité a émis les deux tiers du budget carbone qu'il faudrait respecter pour limiter les risques d'un réchauffement de plus de 2 °C. Au rythme actuel, ce budget sera totalement épuisé en à peine 30 ans. Autrement dit : demain !

L'enjeu majeur de la conférence Paris Climat de décembre prochain est de construire un accord international dont l'ambition ne peut être qu'un infléchissement rapide de la trajectoire d'émission. Pour y parvenir, il faut dépasser les blocages et les affrontements stériles observés dans le passé, et trouver les bonnes incitations économiques donnant une visibilité sur le moyen et le long terme.

Les travaux réalisés à la chaire économie du climat s'inscrivent depuis le démarrage dans cette optique. C'est pourquoi j'ai beaucoup de plaisir à préfacier cette contribution de Christian de Perthuis et Pierre-André Jovet qui dressent un portrait sans complaisance de l'évolution de la négociation internationale et fournissent des pistes utiles pour la réussite du prochain sommet climatique de Paris.

Jean Jouzel préside le conseil d'orientation de la chaire économie du climat. Auteur de très nombreux articles scientifiques et de plusieurs ouvrages, il a récemment publié avec Anne Debroise, *Le défi climatique, Objectif : 2 °C !* aux éditions Dunod.

Les voies d'un accord climatique ambitieux en 2015

Christian de Perthuis & Pierre-André Jouvét

En matière environnementale, le cadre multilatéral a déjà permis de faire face à des menaces globales. Le protocole de Montréal, signé en 1987, a conduit la communauté internationale à pratiquement cesser les émissions de gaz CFC¹ dont l'accumulation dans l'atmosphère provoquait la destruction de la couche d'ozone. Le succès de cet accord à portée universelle a reposé sur l'existence de trois piliers : un engagement politique fort des gouvernements concernés, un système rigoureux et indépendant de suivi, des instruments économiques adaptés. Plus de vingt ans de négociation climatique n'ont jusqu'à présent pas permis d'engranger de résultats comparables. Ce qui a été possible pour l'ozone troposphérique serait-il hors d'atteinte pour les gaz à effet de serre ?

La mise en œuvre d'un accord international sur le climat se heurte au problème très classique du "passager clandestin" (Olson (1965)). Pour chaque acteur pris isolément, il n'y a pas de corrélation directe entre le niveau de l'effort qu'il accepte de produire pour réduire ses émissions et le bénéfice qu'il en tirera sous forme de moindres dommages. La perturbation climatique est en effet liée au stock global de gaz à effet de serre qui n'est que faiblement corrélé au flux annuel d'émission de chaque pays. De plus, les impacts les plus sévères sont éloignés dans le temps, ce qui incite chaque acteur à reporter l'intégralité des coûts du changement climatique sur les générations futures. Dans un tel contexte, chaque joueur a intérêt à attendre que ses voisins lancent l'action, la position idéale étant celle du "passager clandestin" qui ne ferait aucun effort quand tous les autres s'engageraient pour protéger le bien commun. Inversement, aucun acteur n'a intérêt à s'engager unilatéralement tant qu'il n'a pas la conviction que d'autres suivront dans le cadre d'une coalition plus large (Nordhaus (2013)).

Face à cette question du passager clandestin, l'Europe et les Etats-Unis ont jusqu'à présent eu des réactions opposées. Un peu angélique, la première a toujours considéré que l'engagement unilatéral des pays riches était de nature à provoquer un effet d'aspiration des autres pays qui rejoindraient spontanément une large coalition internationale. A l'opposé, le Sénat américain adopta dès 1997, à une majorité écrasante, une résolution s'opposant à la ratification de tout traité sur le climat qui lierait les Etats-Unis sans que des pays comme la Chine ou l'Inde ne soient engagés à des efforts équivalents² (105th Congress, 1997). Cette résolution rendait impossible la ratification par les Etats-Unis du protocole de Kyoto et contribua à l'enlisement des négociations climatiques. Or, l'absence de coordination effective conduit à des résultats inquiétants : durant la décennie 2000, les émissions mondiales de gaz à effet de serre se sont accélérées et augmentent d'autant notre exposition collective au risque climatique³ (IPCC, WGIII AR5, (2014), Boden et Andres (2014)). L'enjeu central des négociations internationales est de dépasser la vision de "stratégies substituables" déployée par les acteurs face au risque climatique, pour mettre en œuvre des "stratégies complémentaires" ⁴ (Sandler, T. (2004)).

Les fondements de la négociation

La question du climat s'est introduite dans la vie internationale en 1992, avec la signature de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC). Deux ans auparavant, le Groupement Intergouvernemental des Experts pour le Climat (GIEC) publiait son premier rapport d'évaluation pour fournir aux négociateurs une information fiable sur l'état des connaissances scientifiques en matière de changements climatiques⁵. Cette articulation du GIEC et de la CCNUCC est une composante importante de la négociation climatique. Confrontées aux pollutions locales, les populations exposées se mobilisent assez spontanément et exercent une pression sur la collectivité pour réduire les dommages qu'elles subissent. Dans le cas du changement climatique (comme de celui de la destruction de la couche d'ozone), le décideur politique n'a pas été alerté par l'opinion publique ou les militants écologistes mais par des scientifiques qui ont mis en lumière des chaînes de causalité complexes entre l'accumulation atmosphérique des gaz à effet de serre et la perturbation climatique.

Entrée en vigueur en 1994, la CCNUCC a été ratifiée par la grande majorité des pays, Etats-Unis inclus. Elle pose trois principes de base et un mode de gouvernance qui constituent le cadre de la négociation climatique internationale.

- Le premier principe de la CCNUCC est un principe de reconnaissance : en ratifiant le traité, chaque partie reconnaît l'existence des changements climatiques en cours et leur origine anthropique. Juridiquement, le climato-scepticisme est donc interdit aux chefs d'Etat ayant ratifié la Convention ! Mais pour que ce principe modifie la prise de décision et aide à former des coalitions, encore faut-il emporter leur adhésion. C'est la fonction principale dévolue au GIEC dont les 5 rapports d'évaluation parus entre 1990 et 2014 fournissent une information de grande qualité aux décideurs. Aux Etats-Unis, les éditions successives du *National Climate Assessment* jouent un rôle complémentaire au GIEC pour les volets nationaux⁶.

Ces progrès de l'information provenant de la communauté scientifique n'ont pas éradiqué le climato-scepticisme. La science ne peut pas convaincre face au climato-scepticisme militant qui nie l'existence même du changement climatique. On est ici dans le domaine de l'irrationnel ou de la mystification, de façon un peu comparable aux militants de la *Flat Earth Society*⁷ qui continuent à entretenir un débat sur la forme sphérique ou plate de la planète plusieurs siècles après le décès de Galilée. Une forme plus insidieuse de climato-scepticisme consiste à relativiser les risques du changement climatique pour repousser à plus tard le démarrage de l'action, au nom de l'incertitude. Or, l'incertitude est précisément au cœur des débats scientifiques. Il ne faut donc pas nier les incertitudes, mais les intégrer dans le processus de prise de décision en sous-pesant soigneusement les différents volets du risque climatique.

- La CCNUCC fixe en second lieu un objectif ultime qui est de "stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique". Le texte de 1992 se garde bien de préciser quel doit être ce niveau.

L'objectif de limiter à 2° C le réchauffement moyen relativement à l'ère préindustrielle a été adopté en décembre 2009 lors du sommet de Copenhague puis formellement

intégré aux accords climatiques internationaux l'année suivante lors de la conférence de Cancun. Cet objectif en termes de température reste peu contraignant tant qu'il n'est pas associé à une trajectoire précise d'émission et de concentration de gaz à effet de serre. Les travaux du GIEC permettent de tracer de telles trajectoires qui reposent sur une somme considérable d'hypothèses et d'aléas. Une idée simple à retenir est qu'en l'absence de rupture dans les trajectoires d'émission, la planète se dirige plutôt vers un réchauffement moyen de l'ordre de 3 à 5° C d'ici la fin du siècle qui se poursuivra au siècle suivant. Pour s'engager sur un chemin moins risqué, il conviendrait de réduire de 40 à 70 % les émissions mondiales de gaz à effet de serre entre 2010 et 2050. Accorder les principaux émetteurs sur de telles trajectoires constitue l'enjeu central de la négociation climatique.

- La CCNUCC rappelle enfin le principe de la "responsabilité commune mais différenciée" face au changement climatique. Ici encore, le principe de différenciation du degré de responsabilité suivant le niveau de développement des pays est incontestable. La CCNUCC en donne une interprétation binaire qui sera figée dans le marbre par le Protocole de Kyoto, principal texte d'application de la Convention, qui partitionne le monde entre les pays riches pleinement responsables des changements climatiques et les autres dispensés (pour combien de temps ?) de participer à la réduction des émissions et même de calculer de façon transparente leurs émissions auprès de la CCNUCC.

Cette représentation bipolaire du monde, déjà discutable en 1992, est en totale déphasage avec la réalité du monde contemporain où les pays émergents ont déplacé le centre de gravité de l'économie internationale en devenant le moteur principal de la hausse des émissions. Elle ne tient pas compte de la géopolitique de l'énergie, avec l'importance du bloc des pays producteurs et exportateurs d'hydrocarbures sans la participation desquels aucun accord climatique sérieux ne peut être construit. Ces données géopolitiques de base se retrouvent dans les chiffres : parmi les 10 premiers émetteurs de CO₂ d'origine énergétique totalisant environ 80 % des émissions mondiales⁸, quatre appartiennent aux pays émergents, quatre aux pays industrialisés et deux aux pays exportateurs d'hydrocarbures. Le tableau suivant donne les émissions des quatorze premiers émetteurs mondiaux de CO₂ énergétique. La prise en compte des émissions des émissions de CO₂ liées à la déforestation et des autres gaz à effet de serre remonterait sensiblement la place du Brésil et de l'Indonésie dans le classement.

Table 1 – Les émissions par pays

Principaux émetteurs	1990	2011	
	Emissions (gigatonnes de CO ₂)	Emissions (gigatonnes de CO ₂)	Emissions cumulées (%)
China	2.43	8.67	27.8
United States	4.86	5.31	44.8
EU-27	4.13	3.59	56.3
India	0.59	1.81	62.1
Russia	2.34	1.74	67.6
Japan	1.07	1.19	71.4
Korea	0.24	0.61	73.4
Iran	0.19	0.52	75.1
Canada	0.42	0.47	76.6
Mexico	0.29	0.45	78.0
South Africa	0.29	0.45	79.5
Saudi Arabia	0.14	0.44	80.9
Brazil	0.21	0.42	82.2
Indonesia	0.15	0.41	83.5

Source : Agence Internationale de l'Energie

La CCNUCC introduit une gouvernance internationale, qui repose sur divers organes techniques de mesure, de vérification et de gestion des instruments mis en place par les traités. Elle fait également de la négociation climatique un processus continu, avec un rendez-vous annuel de l'organe suprême du traité, la "Conférence des Parties" (COP) qui doit prendre ses décisions au consensus des 193 pays qui ont ratifié la convention. Un accord climatique ambitieux doit forger une coalition nouvelle entre les grands émetteurs en dépassant l'interprétation binaire du principe de responsabilité commune mais différenciée.

Bref historique de la négociation : Kyoto, Copenhague...Paris

Trois villes peuvent symboliser les étapes clefs de la négociation internationale pour aboutir à un accord international.

Kyoto (1997)

Trois ans après la ratification de la CCNUCC, la COP réunie en décembre à Kyoto débouche sur la signature du Protocole du même nom, principal texte d'application de la convention. Ce protocole introduit deux ruptures d'importance dans la vie internationale : il engage de façon "juridiquement contraignante" les pays développés à réduire de 5 % leurs émissions entre 1990 et 2008-2012 ; il couple cet engagement à un système de type *cap and trade* permettant à ces pays d'échanger des droits d'émission destiné à faire émerger un prix international du carbone. Une pièce complémentaire du dispositif est le "Mécanisme pour un Développement Propre" qui permet de valoriser des réductions d'émission obtenues dans les pays du Sud par ailleurs dispensés d'engagements dans l'architecture du protocole.

L'idée initiale des promoteurs du protocole était de le prolonger au-delà de 2012 en intégrant graduellement d'autres pays dans le dispositif. Constatant l'impossibilité d'une telle dynamique, ardemment défendue par l'Union européenne, un accord politique d'une autre nature était trouvé en 2009 à la conférence de Copenhague.

Copenhague (2009)

Pour la première fois les pays émergents et les Etats-Unis ont pris à Copenhague des engagements de réduction d'émission. Mais l'avancée majeure concernant l'extension de la couverture géographique s'est accompagnée d'un affaiblissement du dispositif de suivi : dans l'architecture de Copenhague, le secrétariat de la CCNUCC devient une simple chambre d'enregistrement, consignait des engagements volontaires déposés par des pays, sans homogénéisation des méthodes ni système de *monitoring*, de *reporting* et de *vérification* (MRV) qui garantisse leur matérialité. Un tel système "à la carte" n'a guère de chance de mettre les trajectoires d'émission en phase avec l'objectif des 2° C. Sous l'angle des instruments économique, l'accord de Copenhague recule également par rapport à l'architecture du protocole de Kyoto. Il se contente d'enregistrer des engagements de transferts financiers du Nord vers le Sud (30 milliards de dollars de 2010 à 2012 et 100 milliards par an à partir de 2020) qui n'ont guère de portée réelle tant que ne sont précisés ni l'origine, ni la destination, ni-même l'usage des fonds mobilisés.

Paris (2015)

Suivant une procédure coutumière aux négociateurs du climat, la conférence de Durban (2011) a fixé l'échéance de décembre 2015 pour trouver un nouvel accord climatique universel entrant en action en 2020. L'observateur est parfois saisi d'une certaine perplexité, face à la multiplicité des sujets devant y être abordés. L'enjeu central de la conférence de Paris peut commodément se résumer à partir des trois piliers de la politique climatique présentés par William Nordhaus dans *Climate Casino* (2013).

- Premier pilier : les stratégies d'adaptation préventives renforçant la résilience des acteurs face aux changements du climat. Ces actions conduites de façon décentralisées apportent des bénéfices locaux. La coordination internationale consiste ici à développer des approches coopératives pour renforcer la capacité d'adaptation des pays les plus vulnérables. On n'a pas besoin d'un traité international pour le faire. En revanche, le développement de telles approches, et leur financement par les pays riches, peuvent faciliter l'adhésion des pays en développement à un accord universel.
- Second pilier : le recours possible, en dernière extrémité, à des stratégies dites de "Géoingénierie" consistant à modifier artificiellement le système de régulation climatique au cas où la combinaison des stratégies d'adaptation et d'atténuation échouerait : par exemple, ensemercer la mer de sulfate de fer pour accroître sa capacité d'absorption de CO₂ atmosphérique ou truffer la haute atmosphère d'aérosols pour limiter le rayonnement solaire. Une telle approche soulève de multiples interrogations (voir The UK Royal Society (2009)) qu'il vaut mieux anticiper en fixant des règles internationales très contraignantes. On a besoin d'un traité pour cela. Mais d'un nouveau traité qui se situe hors du cadre de la CCNUCC tant il en déborde le champ.
- Le véritable enjeu de la conférence de Paris concerne le troisième volet dit d'atténuation du changement climatique qui consiste à agir sur les émissions de gaz à effet de serre. Un accord ambitieux à Paris serait un dispositif qui dépasse les limites du protocole unijambiste signé à Kyoto ou du système de libre-service introduit à Copenhague où chacun peut picorer ce qui l'arrange. A l'instar du protocole de Montréal pour la protection de la couche d'ozone, un tel accord doit reposer sur trois piliers : un engagement politique fort des gouvernements ; un dispositif rigoureux et indépendant de MRV, des instruments économiques puissants reposant sur la tarification du carbone.

Encadré 1

Un accord ambitieux à Paris doit dépasser les limites du protocole unijambiste signé à Kyoto ou du système de libre-service introduit à Copenhague où chacun peut picorer ce qui l'arrange. Il doit fixer un cadre, avec une visibilité de long terme et des processus d'ajustement dans le temps à intervalles réguliers, dans le cadre du suivi de l'accord. A l'instar du protocole de Montréal pour la protection de la couche d'ozone, un tel accord doit reposer sur trois piliers : un engagement politique fort des gouvernements ; un dispositif rigoureux et indépendant de mesure, vérification et *reporting*, des instruments économiques puissants. Dans le cas de la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre, l'instrument clef est l'introduction d'une tarification internationale du carbone.

Les schémas possibles de l'accord "idéal"

Tentons de tracer les contours de l'accord "idéal", dans lequel un prix du carbone s'applique à chaque tonne de gaz à effet de serre quel que soit l'endroit du globe où elle est émise. En 2013, les émissions mondiales de gaz à effet de serre sont estimées à environ 50 milliards de tonnes d'équivalent CO₂, soit 6,5 tonnes par habitant. Avec un prix de 25 dollars la tonne, on cumulerait une valeur totale à l'échelle du monde de l'ordre de 1 250 milliards de dollars. Cette valeur est une nouvelle rente : la rente environnementale associée à la rareté de l'atmosphère dans sa fonction de régulation du climat. Mais à 1 250 milliards, pour impressionnant qu'il soit, ce montant ne représenterait encore que la moitié de la rente pétrolière estimée la même année. Comment peut se distribuer cette valeur dans l'économie mondiale ?

Au plan international, les effets distributifs d'un prix unique du carbone constituent depuis vingt ans la réelle pierre d'achoppement de la négociation climatique. Comme l'ont souligné Graciela Chichilnisky et David Heal (1998), les écarts de richesses entre pays sont tels que la mise en place d'un prix uniforme du carbone (indifféremment sous forme de taxe ou de marché de permis) semble impossible : le prix du carbone adapté au Nord sera toujours bien trop élevé pour le Sud et réciproquement. Si on veut traiter cette question sans entrer dans la voie inefficace de prix du carbone différenciés par zones, il faut opérer des transferts de ressources massifs du Nord vers le Sud pour guider les décisions de l'ensemble des acteurs économiques dans de bonnes conditions.

Sur le papier, l'introduction d'un prix international du carbone peut être facilement couplée à de telles redistributions forfaitaires. Imaginons que la tarification du carbone soit introduite par une taxe uniforme dont le produit serait redistribué de façon égalitaire à chaque pays en fonction du nombre d'habitants. Au plan distributif, un tel mécanisme équivaut à un système mondial de plafonnement et d'échange basé sur une répartition égalitaire des droits à émettre par habitant. À émissions inchangées, une telle tarification du carbone génère au démarrage des transferts massifs de revenu depuis les pays industrialisés vers les pays en développement : un flux global de l'ordre de 250 milliards de dollars par an, soit deux fois la totalité de l'aide publique au développement ! Avec une contribution de 115 milliards, les États-Unis seraient le premier perdant tandis que l'Inde serait le premier bénéficiaire avec un gain de 135 milliards. Un tel dispositif serait plébiscité par les pays en développement les plus réticents à rejoindre un accord climatique comme l'Inde.

Ce sont en réalité les pays riches qui s'opposent à une telle voie dans laquelle la mise en place d'une tarification internationale et unique du carbone s'accompagnerait de redistributions massives. Ces pays préfèrent s'arc-bouter sur la formule dite du "droit du grand-père" dans laquelle on reconnaît les droits historiques à émettre qui sont plafonnés puis réduits dans le temps. Une telle formule, retenue dans le cadre du protocole de Kyoto, laisse par construction les pays en développement à la périphérie de l'accord, avec le lot de consolation du mécanisme pour un développement propre. Cette architecture rend très hypothétique l'élargissement du noyau initial de la coalition des pays riches basée sur la reconnaissance des droits historiques à émettre.

On peut imaginer de multiples combinaisons entre ces deux modalités d'attribution des droits, qui redistribueraient les gagnants et les perdants au grand jeu de la tarification du carbone. En fait, il existe une multitude de choix de distribution des droits (Muller (1998)). Chacun de ces choix implique des redistributions entre les pays et détermine les payeurs et les bénéficiaires (Jouvet et Rotillon (2012)). Sous l'angle économique, c'est là le nœud gordien de la négociation climatique qui se déroule dans le cadre des Nations Unies de façon continue depuis 1992.

Pour échapper à ces difficultés, il est tentant d'imaginer des systèmes alternatifs. Thomas Courchene et John Allen (2008) ont ainsi proposé d'introduire une tarification du carbone sous forme d'une taxe pesant sur le contenu en carbone des biens et services consommés, sur le modèle de la TVA. Un tel schéma se déployant à partir des stades aval de l'économie est séduisant car il neutralise les risques d'effets concurrentiels indésirables en cas d'introduction progressive et pèse en premier lieu sur les consommations des pays riches. Concrètement, sa mise en place impliquerait que les flux de carbone soient suivis dans l'économie à travers les comptabilités microéconomiques, ce qui est une perspective lointaine. Il en va de même de la proposition de De Perthuis (2010) d'introduire une tarification du carbone à partir d'un contrôle des émissions tout à fait à l'amont, en plafonnant les droits des producteurs d'énergie fossile en fonction des réserves des mines de charbon et des gisements de pétrole ou de gaz. Un tel dispositif permettrait d'intégrer les pays producteurs d'énergie fossile dans une coalition mais sa mise en place se heurte au casse-tête de l'évaluation des réserves disponibles dans le sous-sol. Dans les deux cas, ces pistes ne sont pas susceptibles de déboucher sur des mécanismes pouvant se déployer à grande échelle dans les délais requis par le calendrier de la négociation internationale. C'est pourquoi nous préconisons une double voie de tarification du carbone pour crédibiliser un futur accord climatique universel (de Perthuis *et alii* (2015)).

Un “bonus-malus” carbone pour intégrer les pays en développement dans l'accord universel

Malgré l'entrée en vigueur de la CCNUCC, il n'existe pas de système transparent et homogène de MRV des émissions de gaz à effet de serre s'appliquant à l'intégralité des pays. Les bases techniques d'un tel système, via les inventaires nationaux et les travaux du GIEC sur les facteurs d'émission, sont disponibles et couvrent déjà les émissions des pays de l'annexe I de la Convention (pays développés et en transition vers l'économie de marché). En revanche, les informations sur les émissions de la majorité des autres pays restent très lacunaires. Ce sont donc des obstacles politiques qu'il faut lever, avec l'aide d'incitations *ad hoc*, pour inclure l'ensemble des pays dans le dispositif, commun de MRV.

L'expérience du protocole de Kyoto a montré la difficulté, voire l'impossibilité, de faire émerger un prix international du carbone via un système de marché de permis entre Etats.

De fait, le métier des gouvernements n'est pas de faire du *trading*. Pour inciter les gouvernements à entrer dans un jeu coopératif, il faut viser un autre système de tarification du carbone qui soit simple et transparent. Un dispositif de type "bonus-malus", qui définisse simultanément le prix à payer pour les émissions dépassant un certain seuil et l'usage à faire des sommes collectées, semble adapté. Dans un tel système, tout pays dépassant le niveau moyen d'émissions par tête verserait une contribution sur chaque tonne émise au-dessus du seuil ; symétriquement, chaque pays émettant moins que ce niveau de référence recevrait une compensation calculée sur le nombre de tonnes qu'il a permis d'économiser par rapport à la moyenne mondiale. Par construction, ce dispositif s'équilibrerait d'année en année. Il bénéficierait au démarrage aux pays qui ont les plus faibles émissions par habitant qui se recoupent avec le groupe des pays les moins avancés. En régime de croisière, le "bonus-malus" inciterait l'ensemble des pays à réduire leurs émissions par habitant pour alléger leur malus ou accroître leur bonus suivant leur position initiale.

Comme dans les cas d'introduction d'une taxe carbone au plan national, se pose dès lors la question du taux à appliquer pour calculer les "bonus-malus". Les méthodes coûts-bénéfices ou coûts-efficacités utilisées par les économistes donnent des fourchettes assez larges de l'ordre de 50 à 140 dollars la tonne de CO₂eq en 2020. A l'exception de la Suède, le bas de la fourchette n'est atteint dans aucun des pays ayant mis en œuvre une tarification domestique du carbone. Ces niveaux n'ont guère de chance de faire l'objet d'un consensus dans l'enceinte des négociations. Il faut donc viser un taux plus modéré en négociant à partir de deux considérations :

- si on retient le seul objectif d'inclure les pays en développement dans le cadre commun de MRV, un taux de un à deux dollars la tonne, susceptible de lever de 3 à 6 milliards de dollars d'après les chiffres d'émission de 2011, permettrait de financer le déploiement d'un dispositif ambitieux de MRV dans les pays en développement ;
- pour que "la carotte" devienne réellement appétissante pour les pays pauvres, il conviendrait d'ajouter un second objectif au dispositif de "bonus-malus" : celui de crédibiliser la promesse de transferts financiers de 100 milliards de dollars faite à Copenhague qui constitue une pomme de discorde permanent entre pays riches et pays pauvres dans l'enceinte de la négociation. Un taux situé entre 7 et 8 dollars la tonne de CO₂eq permettrait de dégager des ressources suffisantes pour transférer 100 milliards par an vers les pays à faible niveau d'émission par habitant. Les modalités des transferts générés sont sensibles aux années de référence et au périmètre des émissions retenu.

Sur ces 100 milliards, un peu plus de 60 milliards proviendraient des pays occidentaux et du Japon ; un peu moins de 20 milliards auraient pour origines respectives les pays exportateurs d'hydrocarbures (Russie et Arabie-Saoudite notamment) et les pays asiatiques ayant décollé (Chine et Corée notamment). L'introduction du "bonus-malus" engendrerait donc des redistributions entre pays conforme au principe de responsabilité commune mais différencié tout en sortant de son interprétation binaire qui bloque depuis plus d'une décennie toute avancée sérieuse de la négociation climatique internationale.

Tableau 2 : Effets de redistribution d'un système bonus-malus (hors forêt et agriculture) sur la base d'un transfert de 100 milliard et donc de 7.5\$ par tonne de CO₂ (émissions 2011)

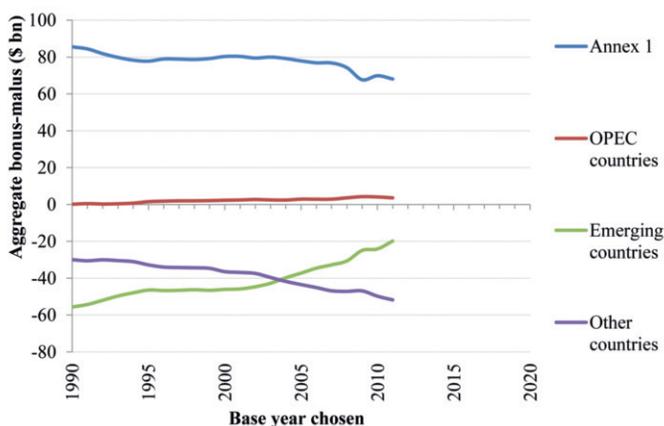
Contributeurs	Total des émissions (MtCO ₂ eq.)	Population (million)	Emissions per capita (tCO ₂ eq.)	Bonus-Malus (\$ million)
Etats-Unis	6,550	312	21.0	34,428
Chine	10,553	1,344	7.9	15,742
Russie	2,374	143	16.6	11,064
Union Européenne (UE 28)	4,541	503	9.0	10,325
Japon	1,307	128	10.2	3,776
Canada	716	34	20.9	3,752
Australie	563	22	25.2	3,172
Corée du Sud	688	50	13.8	2,810
Arabie Saoudite	533	28	19.2	2,687
Iran	716	75	9.5	1,809
Autres	4,495	399	11.3	14,889
<i>Total des contributeurs</i>	<i>33,036</i>	<i>3,038</i>	<i>10.9</i>	<i>104,454</i>
Monde	43,413	6,903	6.3	0

Bénéficiaires	Total des émissions (MtCO ₂ eq.)	Population (million)	Emissions per capita (tCO ₂ eq.)	Bonus-Malus (\$ million)
Inde	2,486	1,221	2.0	- 38,955
Bangladesh	129	153	0.8	- 6,244
Pakistan	308	176	1.8	- 5,997
Nigeria	325	164	2.0	- 5,311
Indonésie	835	244	3.4	- 5,241
Philippines	150	95	1.6	-3,362
Ethiopie	125	89	1.4	-3,282
Vietnam	274	88	3.1	-2,087
Rep. Dem. Congo	172	64	2.7	-1,727
Tanzanie	73	46	1.6	-1,639
Autres	5,501	1,524	3.6	-30,609

Source : Chaire d'Economie du Climat bases sur World Resources Institute data (2014)

Le principal obstacle à lever pour lancer le système est de convaincre les gouvernements des pays donateurs de s'acquitter d'une contribution dont le poids est en réalité très modeste sitôt qu'on la rapporte à la taille de leur économie. Les transferts sont également très sensibles à la date de référence considérée comme le montre le graphique ci-après.

Un deuxième instrument économique pourrait les y aider : la mise en place d'un marché transcontinental du carbone calé sur des trajectoires ambitieuses de réduction d'émission qui leur permettrait d'engranger des fonds via la mise aux enchères des permis d'émission.

Figure : Influence de la date de référence pour le bonus-malus (1990-2011)⁹

Source : Chaire d'Economie du Climat bases sur World Resources Institute data (2014)

Encadré 2

L'expérience du protocole de Kyoto a montré la difficulté, voire l'impossibilité, de faire émerger un prix international du carbone via un système de marché de permis entre Etats. Le dispositif de "bonus-malus" proposé est simple et transparent : tout pays dépassant le niveau moyen d'émission par tête verserait une contribution sur chaque tonne émise au-dessus du seuil ; symétriquement, chaque pays émettant moins que ce niveau de référence recevrait une compensation calculée sur le nombre de tonnes qu'il a permis d'économiser par rapport à la moyenne mondiale. L'intérêt de ce dispositif est triple :

- Au démarrage, il constitue une puissante incitation pour les pays les moins avancés à rejoindre le dispositif commun de mesure, vérification et reporting ;
- Si les gouvernements s'accordent sur un prix de l'ordre de 7 dollars la tonne de CO₂, on lève une masse financière annuelle de 100 milliards qui donne une crédibilité aux promesses de transferts financiers faites à Copenhague ;
- En régime de croisière, le dispositif incite l'ensemble des pays à réduire leurs émissions par habitant pour alléger leur malus ou accroître leur bonus suivant leur position initiale.

Par construction, ce dispositif s'équilibre d'année en année. Il bénéficie au démarrage aux pays les moins avancés. Puis, à mesure que le temps s'écoule, il récompense les pays qui réduisent plus rapidement leurs émissions que la moyenne mondiale.

Une coalition à trois pour lancer le marché transcontinental du carbone

Le “bonus-malus” incite les pays en développement à rejoindre l’accord universel par les redistributions qu’il engendre. En revanche, il n’introduit pas directement un signal prix du carbone dans le système économique, susceptible de modifier les modes de production et de consommation. Or la crédibilité de trajectoires réduisant massivement les émissions repose sur l’introduction de la valeur climat dans le système des prix. Pour passer de l’accord “idéal” à un accord “effectif” qui permette d’introduire un prix international du carbone dans l’économie, il convient de réduire drastiquement le nombre de joueurs au démarrage. Parmi les 193 pays engagés dans la CCNUCC, il faut former une coalition de grands émetteurs acceptant de coupler une réduction de leurs émissions avec un mécanisme de type *cap and trade* faisant émerger une valeur internationale du carbone. Les deux critères pour sélectionner les joueurs entrant dans la coalition initiale sont leur taille et leur courbe d’expérience en matière de tarification du carbone.

Le critère de la taille montre qu’avec 14 joueurs on couvre pratiquement 85 % des émissions mondiales de CO₂ d’origine énergétique et qu’avec les trois premiers, la Chine, les Etats-Unis et l’Union Européenne, on est déjà à 56 %. Un principe de réalité élémentaire conduit à privilégier la recherche de la solidité de la coalition sur celle de son extension à un plus grand nombre de joueurs. Un tel dilemme entre le nombre et la solidité est un classique en matière de recherche d’accords environnementaux (voir Brousseau et alii (2012)). Dans le cas d’un futur accord climatique, du fait de la concentration des émissions sur un petit nombre de pays, l’efficacité recommande de construire un noyau solide avec un nombre plutôt réduit de joueurs qui pourra ensuite s’élargir.

Le critère de courbe d’expérience conduit à sélectionner trois pays qui ont en commun de s’être engagés de façon unilatérale sur la voie de la tarification du carbone. L’Union Européenne a été la première à la mettre œuvre à grande échelle, mais peine à trouver un second souffle dans sa course en solitaire. Les Etats-Unis qui ont introduit un système de *cap and trade* pour réguler les émissions fédérales de SO₂ durant la décennie 1990 disposent de la plus longue courbe d’expérience de ce type d’instrument. En raison de l’hostilité du Sénat, un tel schéma n’a pas pu être développé à l’échelle nationale pour le CO₂, mais le gouvernement peut tirer les leçons des expériences des Etats en la matière. La Chine procède depuis 2012 à l’expérimentation de marchés régionaux du carbone à l’échelle de municipalités et de provinces regroupant quelque 250 millions d’habitants. Comme le révèlent les travaux de Wen Wang (2012), le design de ces marchés s’inspire souvent de l’expérience européenne. Sur la base de ces expérimentations, la prochaine étape de la politique chinoise consistera à mettre sur pied à partir de 2015 une régulation nationale de ses émissions de gaz à effet de serre assortie d’un élargissement de la tarification du carbone.

Même si des variations importantes existent entre les différents marchés (voir Quemin et Wang (2014)), le noyau dur d’un futur accord climatique pourrait consister à construire entre 2015 et 2020 un jeu d’objectifs communs de réduction d’émission entre les trois principaux émetteurs, avec une trajectoire de long terme et un marché transcontinental du carbone, développé à partir des prototypes existants au sein des trois ensembles. Ce prototype du marché international du carbone devrait couvrir dans

un premier temps les seules émissions de CO₂ énergétiques pour des raisons pratiques et construire une gouvernance qui tire toutes les leçons des difficultés jusqu'à présent rencontrées au sein de chacun de ces pays pour faire émerger la valeur carbone. Le nombre très limité de joueurs peut choquer de prime abord. Il dépasse pourtant le cadre du simple accord bilatéral entre Etats-Unis et Chine qui était la voie préconisée en 2003 par Stewart et Wiener à la suite de l'échec constaté du protocole de Kyoto (Stewart et Wiener (2003)). La réussite de cette coalition initiale se mesurera à sa capacité à construire un dispositif ouvert sur les autres émetteurs qui doivent être incités à le rejoindre pour le consolider.

Les pays qui ne rentrent pas dans cette coalition initiale, devront naturellement déposer des engagements à la CCNUCC, suivant les règles de MRV que l'introduction du bonus-malus aura permis de généraliser. Mais ces objectifs ne seront pas dans un premier temps mutualisés dans le système d'échange de droits d'émission. Ils le seront dans les étapes suivantes quand ils rejoindront la coalition initiale suivant un ordre dépendant des deux critères : taille et courbe d'expérience. Les candidats les plus intéressants sont l'Inde, la Russie, le Japon et la Corée si on privilégie le critère de taille. Mais le second critère de la courbe d'expérience en matière de tarification du carbone ne saurait être sous-estimé, un pays ne pouvant rejoindre la coalition que s'il a déjà mis en place en interne les infrastructures nécessaires à une telle tarification. De ce point de vue, un pays comme la Corée qui s'apprête à lancer en 2015 un système de marché du carbone couvrant les émissions de son industrie est bien plus avancé que d'autres grands émetteurs comme l'Inde ou la Russie. Comment inciter ces pays à rejoindre le groupe des trois pays pionniers ? D'une façon générale, l'incitation sera d'autant plus forte que l'accord climatique global aura simultanément tracé des voies positives en matière de coordination internationale des actions face aux risques climatiques.

Encadré 3

Pour introduire un prix du carbone qui indique le coût des dommages climatiques associés aux émissions de gaz à effet de serre, la voie la plus réaliste consiste à partir des systèmes en place en Europe, en Chine et aux Etats-Unis. Ces systèmes ont en commun de fonctionner dans une logique de "plafonnement et d'échange" (*cap & trade*), mais se déploient de façon non concertée. La conférence de Paris serait une avancée majeure si les grands émetteurs de CO₂ s'y engageaient à poser les jalons d'un marché transcontinental du carbone. Ceci implique de réunir cinq conditions :

- harmoniser les dispositifs existants de mesure et vérification, pour que l'intégrité environnementale du futur marché continental soit assurée ;
- s'accorder si les niveaux actuels et futurs des permis à distribuer en privilégiant la distribution par enchères ;
- s'entendre sur la répartition du produit des enchères ;
- établir une liaison directe entre les marchés, sous forme d'une reconnaissance réciproque des permis pour la conformité ;
- construire une gouvernance commune, indépendante des lobbies et des pressions du court terme, pour s'assurer que les réductions d'émission obtenues au moindre coût sont bien en ligne avec la trajectoire de réduction d'émission visée à long terme.

L'utilité d'un "agenda des solutions"

Dernier paramètre susceptible de déplacer les curseurs à la conférence climat de Paris-2015 : la construction d'un "agenda des solutions" qui souligne les co-bénéfices que peuvent tirer les acteurs d'une action précoce réduisant les émissions de gaz à effet de serre. Le plus important de ces co-bénéfices est la réduction des pollutions locales et des dommages sanitaires liés à l'usage du charbon. C'est manifestement l'un des ressorts importants de la stratégie climatique de la Chine qui est devenu l'acteur central de la négociation climatique. La construction d'un "agenda positif" est susceptible de révéler bien d'autres co-bénéfices incitant les gouvernements à rejoindre un accord universel.

Au gré des années, l'agenda des conférences climatiques s'est chargé de nouvelles thématiques alors même que la négociation faisait du surplace, voire régressait, en matière de coordination des actions pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Des thématiques nouvelles, comme l'adaptation au changement climatique, les transferts de technologie bas carbone, les nouveaux mécanismes financiers, sont introduites via des groupes de travail *ad hoc* sans véritablement apporter de perspectives nouvelles. La marche vers une coopération accrue en matière de réduction des émissions sera facilitée si on ramène ces thématiques générales à des questions précises en proposant aux acteurs concernés des programmes d'action concrets apportant des solutions. En sélectionnant une ou deux priorités au sein de chaque domaine, on gagnerait ainsi en efficacité et on passerait d'une vision de substitution stratégique à celle de la complémentarité. Donnons juste ici quelques exemples pour illustrer le propos.

Concernant les questions d'adaptation au changement climatique, le cinquième rapport du GIEC a révisé à la hausse ses projections de remontée du niveau de la mer en soulignant la vulnérabilité des zones de deltas, dont les plus peuplées sont situées en Asie et en Afrique. Un programme ciblé sur les stratégies de défense face à ce risque, avec des financements ciblés sur les zones à plus forte vulnérabilité et un partage d'expérience des pays les plus innovants dans la recherche de solutions, serait plus efficace que les dissertations générales sur les mérites respectifs de l'adaptation et de l'atténuation.

Un autre domaine où le 5^{ème} rapport du GIEC met l'accent est la vulnérabilité de la production alimentaire des pays en développement aux perturbations climatiques qui s'annoncent. Au plan technique, une voie d'adaptation importante pour les paysans est de disposer de matériels vivants (semences et animaux) capables de résister aux changements des conditions climatiques. En son temps, la "révolution verte" avait contribué à de grands progrès agricoles dans ces pays en lançant des programmes de recherche de sélection en direction des agricultures du Sud. N'est-ce pas le moment de lancer un nouveau programme de ce type, sous l'égide des Nations Unies, pour accroître les capacités de réponse des paysans du Sud aux dérèglements du climat ?

En matière de transferts de technologie, une grande partie de la discussion introduite au sein de la CCNUCC s'est focalisée sur la question des brevets et des droits de propriétés qui risqueraient de freiner les transferts de technologies bas carbone vers le Sud. Cette problématique, tout à fait pertinente pour la diffusion de médicaments anti-sida, ne l'est pas pour ce type de technologies dont les transferts peuvent être

très rapides comme le montre la délocalisation des industries produisant des panneaux photovoltaïques en Chine. En revanche, le déploiement des technologies de capture et de stockage de carbone (CCS) se heurte à de nombreuses barrières. Or, les scénarios du GIEC révèlent que les trajectoires d'émission qui permettent de limiter les risques d'un réchauffement à 2 °C passent par un déploiement à grande échelle de ces technologies. Plutôt que de discuter des brevets, ne vaut-il pas mieux construire un programme international de coopération technologique en matière de CCS, en tirant le maximum de leçon des pilotes qui pourraient être installés dans différentes régions du monde ?

Les innovations susceptibles de déclencher des nouveaux financements ? A mesure que s'éloignait la perspective d'une généralisation rapide d'une tarification du carbone, des propositions se sont multipliées pour mobiliser des financements additionnels, et remplir les tuyauteries permettant de mobiliser les 100 milliards de dollars promis à Copenhague. On peut certes compter sur les financiers pour rivaliser d'imagination en matière de montage de produits non conventionnels. Ainsi formulée, cette question du financement n'a guère de sens. Si un accord climatique débouche sur une réelle perspective en matière de tarification du carbone, on verra immédiatement apparaître de multiples financements nouveaux pour orienter l'économie vers le bas carbone. Les Etats-Unis ont opéré une complète révolution énergétique depuis une décennie en mettant en exploitation les hydrocarbures non conventionnels sans rencontrer la moindre difficulté pour mobiliser des centaines de milliards de dollars supplémentaires. Investir dans une chaîne de production, transport et distribution de gaz naturel australien à destination du Japon implique un investissement de l'ordre de 50 milliards de dollars que les grands opérateurs énergétiques n'ont aucune difficulté à trouver ! Si on change leur système de prix en tarifant correctement le prix du carbone, on réorientera ces investissements vers une transition énergétique compatible avec la protection du climat.

Conclusion : le rôle clef de la tarification du carbone

A l'instar de la conférence climatique de Copenhague en 2009, le rendez-vous Paris Climat de décembre 2015 va être très médiatisé. D'après l'horloge qui règle le temps des négociations onusienne, il constitue la date butoir pour poser les bases d'un accord universel, destiné à contenir les rejets de gaz à effet de serre dans des trajectoires limitant les risques d'un réchauffement climatique à 2 °C.

Un accord climatique ambitieux repose sur trois piliers : un engagement des gouvernements qui déborde le cadre des vieux pays industrialisés ; un système indépendant de MRV auquel accepte de se soumettre l'ensemble des pays rejoignant l'accord ; l'instauration d'une tarification internationale du carbone pour chasser les passagers clandestins et opérer les redistributions nécessaires au bénéfice des pays moins avancés.

Deux grandes voies permettent d'aboutir à une tarification internationale du carbone : celle des marchés de quotas d'émission, que le protocole de Kyoto a tenté d'appliquer sans succès à des pays ; celle de la taxation qui n'a pas été expérimentée dans des cadres multinationaux. Dans les deux cas, l'objectif est d'introduire une nouvelle valeur dans l'économie internationale : celle que la collectivité accorde effectivement à la protection du climat. Cette valeur doit faire entrer dans le système existant des prix le coût des dommages associé à l'émission de chaque tonne de CO₂ rejetée dans l'atmosphère. C'est pourquoi on l'appelle usuellement le prix du carbone.

Dans cette note, nous proposons une méthode d'introduction de cette nouvelle valeur qui comporte deux volets complémentaires mixant taxation et marchés de permis :

- l'institution d'un bonus-malus carbone international, de l'ordre de 7 dollars par tonne de CO₂ qui se calcule pour chaque pays à partir de l'écart entre son niveau moyen d'émission par habitant et la moyenne monde. Cette tarification fonctionnant entre les Etats aurait le double objectif d'inciter les pays à faible émission par tête à rejoindre le système commun de MRV et de faciliter le respect de la promesse d'opérer un transfert annuel de 100 milliards de dollars à destination des pays les moins avancés. Par ailleurs, il constitue une incitation pour chaque gouvernement à ramener ses émissions en dessous du seuil moyen ;
- la constitution d'un marché transcontinental du carbone, à partir des systèmes d'échange de quotas de CO₂ en cours de développement en Europe, en Chine et aux Etats-Unis. Interconnecter ces différents marchés exige de mettre en place une gouvernance commune, indépendante des lobbies et des pressions de court terme, pour s'assurer que les grands émetteurs s'engagent bien sur des trajectoires, compatible avec l'objectif de limitation du réchauffement climatique à 2° C.

L'instauration d'un tel cadre d'ensemble donnerait tout son sens aux multiples initiatives locales ou sectorielles s'inscrivant dans le cadre de "l'agenda des solutions". Ces initiatives sont précieuses. Elles mettent en avant de multiples co-bénéfices résultant des actions précoces contre le changement climatique, à commencer par la lutte contre les pollutions locales. Elles constituent un réservoir indispensable d'expérimentations et d'innovations. Elles sont une source de mobilisation et d'adhésion des citoyens sans lesquelles les gouvernements n'ont aucune chance de déployer des politiques climatiques ambitieuses. Mais il est important de ne pas mettre la charrue avant les bœufs. Un accord climatique international ne peut résulter du simple empilement de ces initiatives volontaires. Il implique que les gouvernements s'accordent sur un cadre international donnant de la visibilité de moyen et de long terme grâce à la tarification du carbone. Une fois ce cadre en place, on verra se démultiplier les capacités d'innovation et d'investissement assurant les transitions vers une société bas-carbone.

La négociation climatique : repères chronologiques

1873

Fondation à Vienne de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM).

1979

Première conférence mondiale sur le climat.

1988

Création du Groupe Intergouvernemental des Experts sur le Climat (GIEC) sous l'égide de l'ONU.

1992

Signature de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), entrée en vigueur en mars 1994 et ratifiée depuis par 195 parties.

1997

Signature du Protocole de Kyoto, lors de la 3^e conférence annuelle des parties à la CCNUCC (COP-3), engageant les pays de l'Annexe B à réduire de 5,3 % leurs émissions moyennes 2008-2012 relativement à 1990.

Février 2001

Retrait des États-Unis du Protocole de Kyoto.

Janvier 2005

Démarrage du système européen d'échange de quotas de CO₂.

Février 2005

Entrée en vigueur du Protocole de Kyoto à la suite de la ratification de la Russie.

Décembre 2008

Adoption du paquet énergie-climat par l'Union européenne qui s'engage sur le "trois fois vingt" à l'horizon 2020 : 20 % d'énergie renouvelable ; 20 % d'efficacité énergétique en plus ; 20 % de réduction des émissions de gaz à effet de serre relativement à 1990.

Décembre 2009

Conférence de Copenhague (COP-15) débouchant sur un accord politique dans lequel les pays émergents acceptent le principe d'engagements de réduction d'émission en échange d'une promesse de financement des pays riches (100 Mrds\$ par an à partir de 2020).

Décembre 2010

Conférence de Cancun (COP-16) durant laquelle les principaux éléments de l'accord de Copenhague sont intégrés dans la Convention Cadre sur les Changements Climatiques.

2011-2015

12^e plan quinquennal chinois qui prévoit des expérimentations de systèmes d'échange de permis de CO₂ dans 5 municipalités et 2 provinces, préparant un schéma national après 2015.

Décembre 2011

Conférence de Durban (COP-17) ouvrant un nouveau processus de négociation en vue d'un accord climatique universel démarrant en 2020, avec la date butoir de décembre 2015.

Septembre 2014

Sommet des chefs d'Etat sur le climat au siège des Nations-Unies.

Octobre 2014

Publication du 5^e rapport du GIEC

Décembre 2014

Conférence climatique de Lima (COP-20)

Décembre 2015

Conférence climatique de Paris (COP-21) en vue d'un accord climatique universel démarrant à partir de 2020.

NOTES

¹ Les chlorofluorocarbures ou CFC sont une sous-classe de gaz fluorés principalement utilisés jusqu'à leur interdiction dans l'industrie du froid, de la climatisation et des atomiseurs.

² Adoptée par le Sénat à 95 voix pour et zéro contre, la résolution portée par les sénateurs Byrd-Hagel (un Républicain et un Démocrate) a été adoptée par 95 voix pour et zéro contre le 25 juillet 1997, quelques mois avant la conférence climatique où fut signé le protocole de Kyoto. Cette résolution vise en réalité à bloquer l'adhésion des Etats-Unis à tout accord climatique, tant les conditions avancées par les sénateurs pour une ratification sont contraignantes. Voir : *105th Congress, 1st Session, Report N°105-54, GPO.*

³ Les chiffrages du cinquième rapport du GIEC concernant les six gaz à effet de serre couverts par les accords climatiques ne laissent aucun doute : leur rythme moyen d'accroissement annuel passe de 1,3 % entre 1970 et 2000 à 2,2 % entre 2000 et 2010. Voir : *IPCC, WGIII AR5, April 2014.* Les statistiques sur les émissions de CO₂ d'origine énergétique compilées par l'Agence Internationale de l'Energie ou le Oak Ridge National Laboratory de l'US Department of Energy aboutissent aux mêmes constats. Voir : *Global CO₂ Emissions from Fossil-Fuel Burning, Cement Manufacture, and Gas Flaring: 1751-2010*, Tom Boden & Bob Andres, CDIAC, Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy, July 2014.

⁴ La vision de stratégies substituables implique que chaque joueur pense qu'il peut bénéficier des stratégies des autres sans faire d'effort, une vision complémentaire implique au contraire que chaque joueur pense que sa stratégie sera d'autant plus efficace qu'elle va dans le même sens que celle des autres. Ce sont ces visions qui sont à la base du comportement du passager clandestin.

⁵ Le GIEC a été créé en 1987, sous l'égide de deux agences des Nations-Unies : l'Organisation mondiale de la Météorologie et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement. Il ne s'agit pas d'un centre de recherche supplémentaire, mais d'un réseau qui met en relation les scientifiques du monde entier. Le premier rapport d'évaluation paru en 1990 joua un rôle décisif dans la signature de la Convention de 1992 sur les changements climatiques. Les conclusions finales du 5^e rapport du GIEC ont été rendues publiques en octobre 2014, afin de servir de support à la COP-21 devant se tenir à Paris en décembre 2015. A côté de sa fonction d'évaluation, le GIEC joue un rôle important dans l'établissement des normes de calcul et de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre.

⁶ La troisième édition du *Global Climate Change Impacts in the United States* a été rendue publique en mai 2014. Le rapport placé sous l'autorité du *National Science and Technology Council* a été supervisé par plus de 300 scientifiques américains dont beaucoup participent également aux travaux du GIEC. Il est destiné au Congrès et au Président des Etats-Unis, avec de nombreuses illustrations et des résumés adaptés pour favoriser la compréhension des décideurs et élus qui ne sont pas climatologues.

⁷ Créée en 1956 par le britannique Samuel Shenton, la *Flat Earth Society* compte plusieurs milliers d'adhérents dans les années soixante. D'après ses promoteurs qui continuent d'entretenir un site Internet elle en compterait encore quelques centaines en 2014.

⁸ Nous considérons ici l'Union Européenne comme un pays unique puisque c'est l'Europe qui négocie d'une seule voix aux Nations-Unies.

⁹ **Annex 1:** Australia, Belarus, Canada, USA, EU-28, Iceland, Japan, Norway, New Zealand, Russia, Switzerland, Ukraine. **OPEC countries:** Algeria, Angola, Saudi Arabia, Ecuador, United Arab Emirates, Iraq, Iran, Kuwait, Libya, Nigeria, Qatar, Venezuela. **Emerging countries:** South Africa, Argentina, Brazil, China, South Korea, India, Mexico, Singapore, Turkey.

Bibliographie

105th Congress, 1st Session, Report N°105-54, GPO, Juillet 1997

Boden, T. et B. Andres, CDIAC, Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy, July 2014.

Brousseau, E. Dedeurwaerdere, T., PA. Juvet et M. Willinger, *Global Environmental Commons, Analytical and Political Challenges in Building Governance Mechanisms*, Oxford University Press, 2012.

Courchene T. et J. Allen, *Climate Change: the Case for a Carbon Tariff/Tax*, March Policy Options 59, 2008.

De Perthuis, Ch., PA. Juvet, R. Trotignon, B. Solier, B. Meurisse, S. Quemin, *Les instruments économiques et la conférence Paris-climat 2015 : le catalyseur de la tarification du carbone*, Chaire Economie du Climat, Policy Brief N°2014-05, Octobre 2015.

Global Climate Change Impacts in the United States, troisième édition, mai 2014.

IPCC, WGIII AR5, avril 2014

Juvet PA and G. Rotillon, Capital Allocation and International Equilibrium with Pollution Permits, *Modern Economy*, 3, 2012.

Muller, B., "Justice in Global Warming Negotiations. How to Obtain a Procedurally Fair Compromise," Oxford Institut for Energy Studies, EV26, 1998.

Nordhaus, W., 2013, *The Climate Casino, Risk, Uncertainty and Economics for a Warming World*, Yale University Press.

Olson M., 1965, *The Logic of Collective Action*, Cambridge, MA: Harvard University Press.

Sandler, T. (2004), *Global Collective Action*, West Nyack, NY, USA: Cambridge University Press.

Quemin, S. et W. Wang, "Overview of climate change policies and development of emissions trading in China". Climate Economics Chair, Information and Debates Series No. 30, March 2014

Stewart R.S. et J. B. Wiener, *Reconstructing Climate Policy : Beyond Kyoto*, The American Enterprises Institute, 2003.

(The) UK Royal Society, *Geoengineering th Climate : Science, Gouvernance and Uncertainty*, Septembre 2009.

Wen Wang, "Overview of climate change policies and prospects for carbon markets in China", *Cahiers de la chaire Économie du climat*, série Informations & Débats, juillet 2012, n°18.



PREFACE

*By Jean Jouzel
Climatologist and Vice-Chairman of the IPCC*

The first IPCC Assessment Report came out twenty-five years ago. It was one of the first syntheses of the work of climate scientists on climate change. It sounded the alarm: without concerted action to curb global emissions of greenhouse gases, the world would be taking a very risky path in terms of climate.

Since 1990, our knowledge of the climate system and of the disruption caused by the accumulation of anthropogenic greenhouse gas has been refined. Paleoclimatology has helped us learn from the past. The development of simulation models has specified the conditions required to avoid the risk of average warming above 2°C.

The conclusions of the 5th IPCC Assessment Report are in this regard very eloquent: since the beginning of the last century, humanity has emitted two-thirds of the carbon budget that would be required to limit the risk of warming to no more than 2°C. At current rates, this budget will be totally exhausted in just 30 years. In other words, tomorrow!

The major challenge of the Paris climate conference in December is to build an international agreement, the overriding ambition of which must be a rapid shift in the emissions trajectory. To achieve this, it is essential to overcome the obstacles and sterile confrontations seen in the past, and to find the right economic incentives, giving visibility over the medium and long term.

The work carried out by the Climate Economics Chair has from the outset been situated within this perspective. It therefore gives me great pleasure to write the preface to this contribution by Christian de Perthuis and Pierre-André Jouvét. They provide an uncompromising account of the evolution of international climate negotiations and offer valuable guidelines for the success of the next climate summit in Paris.

Jean Jouzel chairs the Steering Committee of the Climate Economics Chair. Author of numerous scientific articles and several books, he recently published *Le défi climatique, Objectif: 2°C!*, Dunod editions, co-authored with Anne Debroise.

Routes to an ambitious climate agreement in 2015

Christian de Perthuis & Pierre-André Jouvét

The multinational framework has already shown itself capable of dealing with global environmental threats. The Montreal Protocol, signed in 1987, led the international community to virtually stop emitting CFC gases¹, the build-up of which in the atmosphere was causing the destruction of the ozone layer. The success of this agreement with universal reach was based on three pillars: strong political commitment by the governments concerned, a rigorous and independent monitoring system, and appropriate economic instruments. More than twenty years of climate negotiations have so far failed to yield comparable results. Is what was possible for ozone in the troposphere unattainable for greenhouse gases?

The implementation of an international climate agreement comes up against the classic problem of “the free rider” (Olson (1965)). For each actor in isolation, there is no direct correlation between the level of effort he agrees to make to reduce emissions and the benefit he will derive in the form of reduced damage. Climate disruption is related to the overall stock of greenhouse gases and this is only weakly correlated with each country’s annual emission flows. In addition, the most severe impacts are distant in time, prompting each actor to pass on the full costs of climate change to future generations. In such a situation, each player’s interest to wait until his neighbours initiate action, the ideal position being that of the free rider, who makes no effort at all, while all other actors undertake to protect the common good. Conversely, no player has an incentive to commit himself unilaterally until he is convinced that others will follow as part of a broader coalition (Nordhaus (2013)).

Faced with this free-rider problem, Europe and the United States have so far responded in opposite ways. High-minded Europe has always considered that the unilateral commitment by high-income rich countries is likely to induce other countries to spontaneously join a broad international coalition. In contrast, in 1997 the US Senate adopted, by an overwhelming majority, a resolution opposing the ratification of any climate treaty that would bind the United States unless countries such as China and India committed themselves to equivalent efforts (105th Congress, 1997).² This resolution made it impossible for the US to ratify the Kyoto Protocol and contributed to the stalling climate negotiations. Yet the lack of effective coordination led to alarming results: during the 2000s, global greenhouse gas emissions accelerated and are further increasing our collective exposure to climate risk (IPCC WGIII AR5, (2014), Boden and Andres (2014)).³ The central issue in international negotiations is to go beyond the vision of “substitutable strategies” deployed by the actors in the face of climate risk and to implement “complementary strategies” (Sandler, T. (2004)).⁴

The foundations of the negotiations

The climate issue was introduced into international life in 1992 with the signing of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Two years previously, the Intergovernmental Group of Experts on Climate Change (IPCC) released its First Assessment report to provide negotiators with reliable information on the state of scientific knowledge with regard to climate change.⁵ This linkage between the IPCC and UNFCCC is an important component of climate negotiations. Faced with local pollution, exposed populations mobilize themselves spontaneously and exert pressure on local government to reduce the damage they suffer. In the case of climate change (like the destruction of the ozone layer), policy makers were not alerted by the public or environmental activists but by scientists, who drew attention to the complex causal chains between the atmospheric build-up of greenhouse gases and climate disruption.

Coming into force in 1994, the UNFCCC was ratified by the great majority of countries, including the United States. It lays down three basic principles and a mode of governance as the framework for international climate negotiations.

- The first UNFCCC principle concerns recognition: in ratifying the treaty, each party recognizes the existence of on-going climate change and human activities. Legally, climate scepticism is prohibited for heads of state who have ratified the Convention! But for this principle to change decision-making and help form coalitions, it is still necessary to ensure their adherence. This is the main function assigned to the IPCC, whose five Assessment Reports, published between 1990 and 2014, provide high quality information for decision-makers. In the United States, successive editions of the National Climate Assessment play a complementary role to the IPCC for domestic aspects. In the United States, successive editions of the National Climate Assessment play a complementary role to the IPCC for the national components⁶.

These advances in knowledge provided by the scientific community have not eradicated climate change scepticism. Science cannot convince militant climate sceptics, who deny the very existence of climate change. We are here in the realm of irrationalism and mystification, in a somewhat comparable way to the members of the Flat Earth Society,⁷ who pursue the debate as to whether the planet is spherical or flat several centuries after the death of Galileo. A more insidious form of climate change scepticism involves downplaying the risks of climate change, because of its uncertainty, so to postpone any action until a later date. Uncertainty, however, is precisely central to scientific debate. Uncertainties should therefore not be denied, but incorporated into the decision-making process while carefully weighing up the various components of climate risk.

- Secondly, the UNFCCC sets an ultimate goal, namely “to stabilize concentrations of greenhouse gases in the atmosphere at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system.” The 1992 text is careful not to specify what this level should be.

The objective of limiting average warming to 2°C compared to the preindustrial era was adopted in December 2009 at the Copenhagen summit and formally integrated into international climate agreements the following year at the Cancun conference.

This objective in terms of temperature remains relatively unconstraining, since it is not associated with a specific greenhouse gas emission and concentration trajectory. The work of the IPCC allows such trajectories to be traced, although based on a considerable number of assumptions and uncertainties. One simple idea to bear in mind is that unless emission trajectories alter, the planet will experience average warming of around 3 to 5°C by the end of the century and such warming will continue during following century. If we are to take a less perilous route, it will be necessary to reduce global greenhouse gas emissions by 40% to 70% between 2010 and 2050. Getting agreement by the major emitters on such trajectories is the central challenge of climate negotiations.

- Lastly, the UNFCCC asserts the principle of “common but differentiated responsibility” in response to climate change. Here again, the principle of differentiation of the degree of responsibility depending on countries’ level of development is incontrovertible. The UNFCCC provides a binary interpretation of this, set in stone by the Kyoto Protocol, the Convention’s main application text, that divides the world between high-income countries fully responsible for climate change and others exempted (for how long?) from participating in reducing emissions and even from transparently filing their emissions with the UNFCCC.

This bipolar view of the world, already questionable in 1992, is totally out of step with contemporary reality, where emerging economies have shifted the centre of gravity of the international economy by becoming the main driver of the increase in emissions. Nor does it take account of the geopolitics of energy, with the importance of the bloc of oil producers and exporters, without whose participation no serious climate agreement can be achieved. These basic geopolitical facts are confirmed by the figures: of the top ten emitters of CO₂ from energy production, totalling about 80% of global emissions, four are emerging countries, four are industrialized countries and two hydrocarbon exporting countries.⁸ The following table shows the top fourteen global emitters of energy CO₂. Taking into account the emissions of CO₂ from deforestation and other greenhouse gases would place Brazil and Indonesia significantly higher in the rankings.

Table 1 – Emissions by country

Main emitters	1990	2011	
	Emissions (gigatonnes of CO ₂)	Emissions (gigatonnes of CO ₂)	Cumulatives emissions (%)
China	2.43	8.67	27.8
United States	4.86	5.31	44.8
EU-27	4.13	3.59	56.3
India	0.59	1.81	62.1
Russia	2.34	1.74	67.6
Japan	1.07	1.19	71.4
Korea	0.24	0.61	73.4
Iran	0.19	0.52	75.1
Canada	0.42	0.47	76.6
Mexico	0.29	0.45	78.0
South Africa	0.29	0.45	79.5
Saudi Arabia	0.14	0.44	80.9
Brazil	0.21	0.42	82.2
Indonesia	0.15	0.41	83.5

Source: International Energy Agency

The UNFCCC introduces international governance, based on various technical bodies for the measurement, verification and management of the instruments set up by the treaties. It also makes climate negotiations an on-going process, with annual meetings of the supreme body of the treaty, the Conference of Parties (COP), which is required to take its decisions by consensus of the 193 countries that have ratified the Convention. An ambitious climate agreement needs to forge a new coalition between major emitters by going beyond the binary interpretation of the principle of common but differentiated responsibility.

A brief history of the negotiations: Kyoto, Copenhagen...Paris

Three cities symbolize the key stages of international climate negotiation with the objective of concluding an international agreement.

Kyoto (1997)

Three years after the ratification of the UNFCCC, the COP conference at Kyoto in December led to the signing of the Kyoto Protocol, the main application text of the Convention. The Protocol resulted in two important changes in international life: it committed, in a “legally binding” way, the industrialized countries to reduce their emissions by 5% between 1990 and 2008-12; and it linked this commitment to a cap-and-trade system enabling these countries to trade emission rights, with a view to giving rise to an international carbon price. A further feature of the system is the Clean Development Mechanism, which valorises emissions reductions achieved by the countries of the South, otherwise exempted from commitments in the protocol architecture.

The promoters of the protocol originally intended extending it beyond 2012, by gradually incorporating other countries into the system. On realizing the impossibility of such a process, strongly advocated by the European Union, another type of political agreement was found in 2009 at the Copenhagen conference.

Copenhagen (2009)

For the first time the emerging economies and the United States committed themselves at Copenhagen to reduce emissions. But this major breakthrough on the extension of the geographical coverage was accompanied by a weakening of the follow-up system: under the Copenhagen architecture, the UNFCCC secretariat becomes a mere rubber stamp, recording the voluntary commitments submitted by countries, without any homogenization of methods or a monitoring, reporting and verification (MRV) system to ensure their implementation. Such an “à la carte” system has hardly any chance of setting emission trajectories in line with the 2°C objective. In terms of economic instruments, the Copenhagen Accord is also a step back compared to the architecture of the Kyoto Protocol. It simply records the financial transfer commitments from North to South (\$30 billion a year from 2010 to 2012 and \$100 billion a year from 2020), which have little real impact, as neither the origin nor the destination are specified, nor even the use of funds raised.

Paris (2015)

In accordance with the customary procedure for climate negotiators, the Durban (2011) conference set the deadline of December 2015 to find a universal new climate agreement coming into operation in 2020. In view of the number of topics up for discussion, observers may be forgiven a degree of perplexity. The key issue of the Paris conference, however, can conveniently be summarized on the basis of the three pillars of climate policy presented by William Nordhaus in *The Climate Casino* (2013).

- The first pillar: preventive adaptation strategies strengthening the resilience of actors faced with climate change. These actions, implemented in a decentralized way, bring local benefits. International coordination here involves developing cooperative approaches to strengthen the adaptation capacity of the most vulnerable countries. There is no need for an international treaty to do this. On the other hand, the development of such approaches, and their funding by the high-income countries, can facilitate the adherence of developing countries to a universal agreement.
- The second pillar: recourse, as a last resort, to so-called “geo-engineering” strategies consisting of artificially changing the climate regulation system if the combination of adaptation and mitigation strategies fails: for example, seeding the sea with iron sulphate to increase its capacity to absorb atmospheric CO₂ or introducing aerosols into the upper atmosphere to reduce solar radiation. Such an approach raises numerous questions (see the UK Royal Society (2009)) that it is better to anticipate by imposing very stringent international rules. For this, a treaty is required – but a new treaty lying outside the framework of the UNFCCC, since it extends beyond its purview.
- The real issue for the Paris conference concerns the third pillar, climate change mitigation, which involves acting with regard to greenhouse gas emissions. An ambitious agreement in Paris would involve a system that goes further than the one-legged Kyoto Protocol or self-service system introduced in Copenhagen, where everyone can nibble at what suits them. Like the Montreal Protocol for the protection of the ozone layer, such an agreement must be based on three pillars: strong political commitment by governments; rigorous and independent MRV; and powerful economic instruments based on carbon pricing.

Box 1

An ambitious agreement in Paris would define a system that goes further than the one-legged Kyoto Protocol or the self-service system introduced in Copenhagen where everyone can nibble at what suits them. A framework needs to be established, with long-term visibility and adjustment processes over time at regular intervals, as part of the monitoring of the agreement. Like the Montreal Protocol for the protection of the ozone layer, such an agreement must be based on three pillars: a strong political commitment from governments; a rigorous and independent system of measurement, reporting and verification (MRV); and powerful economic instruments based on carbon pricing. For the fight against greenhouse gas emissions, the key instrument is the introduction of international carbon pricing.

Possible forms of an “ideal” agreement

Let us now try and outline the contours of the “ideal” agreement, in which a carbon price applies to every tonne of greenhouse gas regardless of where in the world it is emitted. In 2013, global emissions of greenhouse gases are estimated at about 50 billion tonnes of CO₂ equivalent, or 6.5 tonnes per capita. At a price of \$25 per tonne, this would generate some \$1250 worldwide. This figure represents a new rent: the environmental rent associated with the scarcity of the atmosphere in its climate regulation function. But at \$1250 billion, impressive though it is, this figure would still only represent half the amount of oil rent for the same year. How might this sum be distributed in the global economy?

At the international level, the distributional effects of a single carbon price have for twenty years been the real stumbling block in climate negotiations. As Graciela Chichilnisky and David Heal (1998) have emphasized, the differences in wealth between countries are such that the establishment of a uniform carbon price (whether in the form of a tax or an emissions trading scheme) seems impossible: a carbon price appropriate for the North will always be too high for the South and one appropriate for the South will be too low for the North. If this issue is to be addressed without proceeding along the inefficient path of carbon prices differentiated by zones, it will be necessary to make massive resource transfers from North to South in order to guide the decisions of all economic actors under the right conditions.

On paper, the introduction of an international carbon price can be easily combined with such lump sum redistribution. Imagine that carbon pricing is introduced by means of a flat tax, the proceeds of which would be distributed in an egalitarian way to each country on the basis of the number of inhabitants. In distributive terms, such a mechanism is equivalent to a global cap-and-trade system based on an equal distribution of emission rights per capita. With unchanged emissions, such carbon pricing generates massive income transfers from industrialized to developing countries: a global flow of about \$250 billion a year, twice total public development aid. With a contribution of \$115 billion, the United States would be the main loser, while India would be the main beneficiary, with an inflow of \$135 billion. Such a system would be overwhelmingly approved by those developing countries most reluctant to join a climate agreement, such as India.

In actual fact it is the high-income countries that oppose such a route, in which the introduction of a single international carbon price would be accompanied by massive redistribution. These countries prefer to rely on the so-called “grandfathering” formula, in which recognized historical emission rights are capped and then reduced over time. Such a formula, used in the framework of the Kyoto Protocol, by implication leaves the developing countries on the periphery of the agreement, with the Clean Development Mechanism as a consolation prize. This architecture makes it very tricky to extend the original core of the coalition of high-income countries based on the acknowledgement of historical emission rights.

Various combinations of these two methods for allocating rights can be conceived, which would redistribute winners and losers in the carbon pricing game. In fact there

are numerous options for the distribution of rights (Muller (1998)). Each of these options involves redistribution among countries and determines which countries pay and which benefit (Jouvet and Rotillon (2012)). From an economic standpoint, this is the Gordian knot of climate negotiations, that under the auspices of the United Nations have been conducted continuously since 1992.

To avoid these difficulties, it is tempting to envisage alternative systems. Thomas Courchene and John Allen (2008) have proposed introducing carbon pricing in the form of a tax imposed on the carbon content of goods and services consumed, along the lines of VAT. Such a system deployed on the economy downstream is attractive because it neutralizes the risks of the undesirable competitive effects arising with progressive introduction and falls mainly on the consumption of high-income countries. Concretely, its implementation would mean that carbon flows are tracked in the economy through microeconomic accounting, a distant prospect. The same applies to the proposal by De Perthuis (2010) to introduce carbon pricing through controlling emissions entirely upstream, by capping the rights of fossil energy producers according to the reserves of coal mines and oil or gas deposits. Such a system could incorporate fossil energy producing countries into a coalition, but its implementation comes up against the problem of estimating the reserves available underground. In both cases, these routes are not likely to result in mechanisms that can be deployed on a large scale within the time frame required by the scheduling of international negotiations. For this reason, we recommend dual track carbon pricing to give credibility to a future universal climate agreement (de Perthuis et al. (2015)).

A carbon “bonus-malus” system for integrating developing countries into a global agreement

Despite the entry into force of the UNFCCC, there is no clear and consistent MRV system for greenhouse gas emissions applying to all countries. The technical basis of such a system, through national inventories and the work of the IPCC on emission factors, is available and already covers the emissions of the Convention’s Annex I countries (developed countries and those in transition to a market economy). However, information on most other countries’ emissions remains very sketchy. These, then, are the political obstacles that must be overcome, with the help of ad hoc incentives, if all countries are to be included in a common MRV system.

The experience of the Kyoto Protocol has shown the difficulty, if not the impossibility, of making an international carbon price emerge by means of an allowances trading system between states. Indeed, it is not the role of governments to engage in trading. To encourage governments to act in concert, it is essential to work toward a different system of carbon pricing that is both straightforward and transparent. A “bonus-malus” mechanism, which simultaneously defines the price to pay for emissions above a certain threshold and the use that the money raised should be put to, seems

appropriate. In such a system, any country exceeding the average level of emissions per capita would pay a specified amount on every tonne emitted above the threshold. Symmetrically, countries that emit less than this benchmark level would receive compensation calculated on the number of tonnes saved compared to the world average. By construction, this mechanism would balance from year to year. It would initially benefit countries with the lowest per capita emissions, that in general coincide with the group of least developed countries. Once it is fully operational, the bonus-malus system would encourage all countries to reduce their per capita emissions, in order to reduce their malus or increase their bonus, depending on their initial position.

As with the introduction of a carbon tax at national level, there then arises the question of the rate used to calculate the bonus-malus. The cost-benefit or cost-effectiveness methods presented in the previous chapter give fairly wide ranges of about 50 to 140 dollars per tonne of CO₂ equivalent in 2020. With the exception of Sweden, the low end of the range has not been attained in any of the countries that have introduced a domestic carbon price. There is very little chance that a negotiated consensus on these levels can be achieved. It is therefore necessary to aim for a more modest level by negotiating on the basis of two considerations.

- If solely the objective of including developing countries in the common MRV framework is retained, a rate of one to two dollars per tonne, generative of \$3 to \$6 billion on 2011 emission figures, would fund the deployment of an ambitious MRV system in developing countries.
- To make the “carrot” really tempting for low-income countries, a second objective needs to be added to the bonus-malus system, namely making credible the pledge made in Copenhagen of \$100 billion of financial transfers, which remains a permanent point of contention between the high-income and low-income countries in the framework of the negotiations. A rate of \$7-8 per tonne of CO₂ equivalent would release sufficient resources to transfer \$100 billion a year to countries with low emissions per capita. The form of the transfers generated depend on the reference year and scale of emissions adopted.

Of that \$100 billion, a little over \$60 billion would come from Western countries and Japan, and just under \$20 billion would come from hydrocarbon-exporting countries (Russia and Saudi Arabia in particular) and Asian countries whose economies have taken off (China and Korea in particular). The introduction of a bonus-malus system would thus generate redistribution among countries in conformity with the principle of common but differentiated responsibility, while getting away from its binary interpretation which for more than a decade has prevented any serious progress in international climate negotiations.

Table 2 - Redistribution effects of a bonus-malus system (excluding forests and agriculture) on the basis of a \$100 billion transfer or \$7.5 per tonne of CO₂ (2011 emissions)

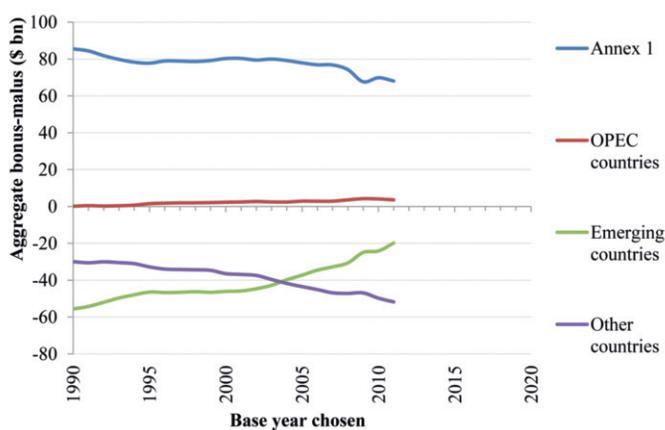
Contributors	Total emissions (MtCO ₂ eq.)	Population (million)	Emissions per capita (tCO ₂ eq.)	Bonus-Malus (\$ million)
United States	6,550	312	21.0	34,428
China	10,553	1,344	7.9	15,742
Russia	2,374	143	16.6	11,064
UE 28	4,541	503	9.0	10,325
Japan	1,307	128	10.2	3,776
Canada	716	34	20.9	3,752
Australia	563	22	25.2	3,172
South Korea	688	50	13.8	2,810
Saudi Arabia	533	28	19.2	2,687
Iran	716	75	9.5	1,809
Others	4,495	399	11.3	14,889
<i>Total of contributors</i>	33,036	3,038	10.9	104,454
World	43,413	6,903	6.3	0

Beneficiaries	Total emissions (MtCO ₂ eq.)	Population (million)	Emissions per capita (tCO ₂ eq.)	Bonus-Malus (\$ million)
India	2,486	1,221	2.0	- 38,955
Bangladesh	129	153	0.8	- 6,244
Pakistan	308	176	1.8	- 5,997
Nigeria	325	164	2.0	- 5,311
Indonesia	835	244	3.4	- 5,241
Philippines	150	95	1.6	-3,362
Ethiopia	125	89	1.4	-3,282
Vietnam	274	88	3.1	-2,087
Rep. Dem. Congo	172	64	2.7	-1,727
Tanzania	73	46	1.6	-1,639
Others	5,501	1,524	3.6	-30,609

Source: Climate Economics Chair based on World Resources Institute data (2014)

The main obstacle to be surmounted in getting the system under way is to convince the governments of donor countries to pay their contribution, a sum that in fact is very modest compared to the size of their economies. The transfers are also very sensitive to the base year chosen, as the graph below shows.

A second economic instrument could greatly help them: the establishment of a transcontinental carbon market supported by ambitious emissions reduction trajectories that would allow them to raise funds through the auctioning of emission allowances.

Figure : Effect of the base year for the bonus-malus system (1990-2011)⁹

Source: Climate Economics Chair based on World Resources Institute data (2014)

Box 2

The experience of the Kyoto Protocol has shown the difficulty, if not the impossibility, of making an international carbon price emerge through an emissions trading system between states. The proposed bonus-malus system is simple and transparent: countries exceeding the average level of emissions per capita would pay a contribution on each tonne emitted above the threshold; symmetrically, countries emitting less than this reference level would receive compensation calculated on the number of tonnes they save compared to the world average. The advantage of this system is threefold:

- At the outset, it is a powerful incentive for the least developed countries to join the common MRV system;
- If governments agree on a price of about \$7 per tonne of CO₂, an annual amount of some \$100 billion is raised, giving credibility to the pledges of financial transfers made in Copenhagen;
- When fully operational, the system encourages all countries to reduce their emissions per capita and so decrease their malus or increase their bonus depending on their initial position.

By construction, this system is in equilibrium year by year. At the outset it benefits the least developed countries. Then, as time passes, it rewards countries that reduce their emissions faster than the global average.

A coalition of three to launch the transcontinental carbon market

A bonus-malus system would encourage developing countries to join a universal agreement as a result of the redistribution it generates. On the other hand, it would not directly introduce into the economic system a carbon price signal capable of changing patterns of production and consumption. Yet the credibility of trajectories massively reducing emissions is based on introducing the value of the climate into the price system.

To move from an “ideal” agreement to an “effective” agreement that allows an international carbon price to be introduced into the economy, the number of players at the outset needs to be drastically reduced. From among the 193 countries involved in the UNFCCC, it is necessary to form a coalition of major emitters agreeing to combine their emissions reduction with a cap-and-trade mechanism that makes an international carbon price emerge. The two criteria for selecting the actors forming the initial coalition are size and their experience curve with regard to carbon pricing.

The size criterion shows that with just fourteen actors almost 85% of global emissions are covered and that with just the top three – China, the United States and the European Union – as much as 56%. A basic reality principle favours targeting the strength of the coalition rather than its extension to a larger number of players. Such a dilemma between numbers and strength is standard in the quest for environmental agreements (see Brousseau et al. (2012)). In the case of a future climate accord, because of the concentration of emissions among a small number of countries, it would be most effective to build a solid core with a relatively small number of players, which could later be expanded.

The experience curve criterion leads to the selection of three players, all of them unilaterally committed to the carbon pricing route. The European Union was the first to implement carbon pricing on a large scale, but is struggling to find a second wind in its solo race. The United States introduced a cap-and-trade scheme to regulate federal SO₂ emissions in the 1990s and thus has the longest experience curve for this type of instrument. Because of the hostility of the Senate, such a scheme could not be developed at the national level for CO₂, but the government is in a position to learn from the experience of individual U.S. states in this respect. Since 2012, China has been experimenting with regional carbon markets on the scale of municipalities and provinces, covering some 250 million people. As shown by the work of Wen Wang (2012), the design of these markets is often inspired by the European experience. Based on these experiments, the next stage of China’s policy will, as from 2015, be to establish national regulation of greenhouse gas emissions together with a widening of carbon pricing.

Even though there are major differences between the various markets (see Quemin and Wang (2014)), the kernel of a future climate agreement might involve constructing a set of common emissions reduction goals from 2015 to 2020 by the three main emitters, with a long-term trajectory and a transcontinental carbon market, developed from the existing prototypes in these three groupings. Such a prototype of the international carbon market should, for practical reasons, initially cover only energy

CO₂ emissions and construct a system of governance that takes on board all the lessons from the problems encountered to date by each of these main emitters for creating a carbon price. The very limited number of players may at first sight seem surprising. Yet it goes beyond a simple bilateral agreement between the United States and China, the route recommended in 2003 by Stewart and Wiener following the evident shortcomings of the Kyoto Protocol (Stewart and Wiener (2003)). The success of this initial coalition will be measured by its ability to build a system open to other emitters, which should be encouraged to join it and thus consolidate it.

Countries not belonging to the initial coalition should of course file their commitments with the UNFCCC, in accordance with MRV rules, which the introduction of a bonus-malus system would enable to be generalized. But these objectives will not be initially shared in the emission rights trading system, though they will be in the following stages when the countries concerned successively join the original coalition on the basis of the twin criteria of size and their experience curve. If the size criterion is predominant, the most likely candidates are India, Russia, Japan and Korea. But the experience curve criterion for carbon pricing should not be underestimated, since a country may not join the coalition unless it has already internally established the infrastructure needed for such pricing. From this standpoint, a country such as Korea, which is preparing to launch a carbon market system in 2015 covering its industrial emissions, is much more advanced than other large emitters such as India and Russia. How can such countries be encouraged to join the original three-member group? Generally speaking, the incentive will be all the stronger, since the global climate agreement will simultaneously have mapped out positive pathways for the international coordination of action to address climate risks.

Box 3

To introduce a carbon price that indicates the cost of climate damage associated with greenhouse gas emissions, the most realistic way is set out from the systems in place in Europe, China and the United States. These systems all operate within a logic of cap and trade, but are deployed in an uncoordinated manner. The Paris conference would represent a major advance if the large emitters of CO₂ were to commit themselves to laying the groundwork for a transcontinental carbon market. This would involve meeting five conditions:

- harmonising existing MRV systems, so that the environmental integrity of the future continental market is ensured;
- agreeing on whether the current and future emissions allowances levels should be distributed by auction;
- agreeing on how the revenue from auctions should be allocated;
- creating a direct link between the markets, in the form of mutual recognition of allowances for compliance;
- constructing a common system of governance, independent of lobbies and short-term pressures, to ensure that the emission reductions obtained at least cost are in line with the emissions reduction trajectory targeted in the long term.

The value of a “solutions agenda”

The final parameter capable of changing the game at the climate conference in Paris, 2015: the construction of a “solutions agenda” emphasizing the co-benefits that may accrue to those acting early to reduce greenhouse gas emissions. The most important of these co-benefits is the reduction of local pollution and the damage to health associated with the use of coal. This consideration is clearly one of main motivations underlying China’s climate strategy, a nation that has become the key player in climate negotiations. The construction of a positive agenda is likely to reveal various other co-benefits encouraging governments to reach a universal agreement.

Over the years, the agenda for climate conferences has tackled new issues, even though the negotiations may have been at a standstill or even backsliding in terms of coordinating actions to reduce greenhouse gas emissions. New topics, such as climate change adaptation, the transfer of low-carbon technology and innovative financial mechanisms, have been introduced through ad hoc working groups, but without really opening up new perspectives. The march toward increased cooperation in reducing emissions will be facilitated if these general categories are linked to specific issues by offering the actors concerned concrete action programs that generate solutions. By selecting one or two priorities in each area, there would be a gain in effectiveness and a shift from a strategic vision of substitution to one of complementarity. Let us provide a few examples to illustrate the point.

Regarding questions of adaptation to climate change, the IPCC Fifth Assessment Report upwardly revised its projections for the rise in sea levels and emphasized the vulnerability of delta areas, the most populous of which are located in Asia and Africa. A programme focused on defence strategies against this risk, with funding targeted to areas of highest vulnerability and the sharing of experience of the most innovative countries in finding solutions, would be more effective than general disquisitions on the respective merits of adaptation and mitigation.

Another topic emphasized in the IPCC Fifth Assessment Report is the vulnerability of food production in developing countries to anticipated climate disruption. Technically, an important way for farmers to adapt is to have living material (seeds and livestock) that can withstand changing climatic conditions. In its time, the “green revolution” contributed to major agricultural progress in these countries by initiating research programmes around gene selection aimed at agriculture in the global South. Is it not the moment to launch a new programme of this kind, under the auspices of the United Nations, to increase the response capacity of farmers in developing countries to climate disturbances?

With regard to technology transfers, much of the discussion introduced within the UNFCCC has focused on the question of patents and property rights, that would risk hampering the transfer of low-carbon technology to the South. Though very important for the distribution of drugs for treating AIDS, this issue is not relevant for low-carbon technologies, the transfer of which can be very rapid, as shown by the relocation to China of companies producing solar panels. On the other hand, the deployment of carbon capture and storage (CCS) technologies faces many barriers. Yet the IPCC scenarios show that emission trajectories limiting the risk of global warming to 2°C require the large-scale deployment of these technologies. Rather than discussing patents, would it not be better to organize an international program of technological

cooperation around CCS, drawing as much as possible on the lessons learned from pilot plants that could be installed in different parts of the world?

Are innovations likely to generate new funding? As the prospect of the rapid spread of carbon pricing recedes, proposals have multiplied for raising additional financing and finding ways to mobilize the \$100 billion pledged at Copenhagen. We can certainly count on financiers to compete in devising unconventional products. Thus formulated, this question of funding makes little sense. If a climate agreement leads to a genuine prospect of pricing carbon, we will immediately see a variety of new forms of financing emerge for guiding the economy towards low carbon. The United States has revolutionized its energy production system over the last decade by exploiting unconventional hydrocarbons without encountering the slightest difficulty raising hundred of billions of additional dollars. Developing an Australian natural gas production, transportation and distribution chain destined for Japan involved an investment of around \$50 billion that the major energy operators had no difficulty in finding. If their pricing system is changed by correctly setting the price of carbon, such investments will be redirected towards an energy transition compatible with the protection of the climate.

Conclusion: the crucial role of carbon pricing

Like the 2009 Copenhagen climate conference, the Paris climate summer of December 2015 will receive extensive media coverage. According to the timetable for UN negotiations, it represents the last chance to lay the foundations for a universal agreement with a view to keeping greenhouse gas emissions within trajectories limiting the risk of global warming to 2°C.

An ambitious climate agreement is based on three pillars: a commitment by governments that extends beyond the old industrialized countries; an independent monitoring, reporting and verification (MRV) system, to which all countries joining the agreement are subject; and the introduction of international carbon pricing to deter free-riders and ensure the necessary redistribution in favour of the least developed countries.

There are two main ways of achieving international carbon pricing: emissions allowances markets, which the Kyoto Protocol unsuccessfully attempted to apply to member countries; and taxation, which has not been tried out within a multinational framework. In both cases, the aim is to introduce a new value into the international economy, namely the value that we collectively attach to climate protection. This value must bring into the existing price system the cost of damage associated with the emission of each tonne of CO₂ released into the atmosphere. It is for this reason that it is usually known as the carbon price.

In this note we propose a method for introducing this new value, comprising two complementary components that combine taxation and allowances markets.

- The introduction of an international carbon bonus-malus system, of around \$7 per tonne of CO₂, calculated for each country on the basis of the difference between its average emissions per capita and the world average. This pricing system, operating internationally, would have the dual objective of encouraging countries with low emissions per capita to join the common MRV system and of facilitating compliance with the pledge to make an annual transfer of \$100 billion to the least developed countries. Furthermore, it is an incentive for governments to reduce their countries' emissions to below the average level.
- The creation of a transcontinental carbon market, based on the CO₂ emissions trading systems being developed in Europe, China and the United States. Interconnecting these markets requires setting up a common system of governance, independent of lobbies and short-term pressures, to ensure that major emitters fully commit themselves to trajectories consistent with the objective of limiting global warming to 2°C.

The introduction of such a comprehensive framework would make full sense of the many local and sectoral initiatives situated within the framework of the “solutions agenda”. These initiatives are valuable. They underline the many co-benefits resulting from early action against climate change, starting with the fight against local pollution. They are a vital source of experimentation and innovation. They help mobilize and win over citizens, without whose support governments have no chance of deploying ambitious climate policies. But it is important not to put the cart before the horse. An international climate agreement will not result simply from stacking up such voluntary initiatives. Rather governments must agree on an international framework that provides medium and long-term visibility through carbon pricing. Once this framework in place, we will see an upsurge in innovation and investment contributing to the transition to a low-carbon society.

Climate negotiations: key dates

1873

Foundation in Vienna of the World Meteorological Organization (WMO).

1979

First global climate conference.

1988

Creation of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) under the aegis of the UN.

1992

Signing of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), which came into force in March 1994 and has since been ratified by 195 parties.

1997

Signing of the Kyoto Protocol at the 3rd annual Conference of the Parties to the UNFCCC (COP-3), committing Annex B countries to reduce their average emissions by 5.3% from 2008 to 2012 compared to 1990.

February 2001

Withdrawal of the United States from the Kyoto Protocol.

January 2005

Launch of the European CO₂ cap-and-trade system.

February 2005

Coming into force of the Kyoto Protocol following ratification by Russia.

December 2008

Adoption of the climate and energy package by the European Union, committed to the “three times twenty” objective by 2020: 20% of renewable energy; 20% more energy efficiency; 20% reduction in greenhouse gas emissions compared to 1990.

December 2009

Copenhagen (COP-15), leading to a political agreement in which emerging countries accept the principle of emissions reduction commitments in exchange for a pledge of funding from high-income countries (\$100 bn a year from 2020).

December 2010

Cancun (COP-16), at which the main elements of the Copenhagen agreement are incorporated in the Framework Convention on Climate Change.

2011-2015

12th Chinese Five-Year Plan, providing for experimental CO₂ allowances trading systems in five municipalities and two provinces, in preparation for a national scheme after 2015.

December 2011

Durban (COP-17), opening a new negotiating process with a view to a universal climate agreement starting in 2020, with the target date of December 2015.

September 2014

Climate summit with Heads of State at the UN Headquarters.

October 2014

Publication of the IPCC Fifth Assessment Report.

December 2014

Lima climate conference (COP-20).

December 2015

Paris climate conference (COP-21), with a view to a universal climate agreement starting from 2020.

NOTES

¹ Chlorofluorocarbons or CFCs are a subclass of fluorinated gas mainly used, up until they were banned, in the refrigeration industry, air conditioning and atomizers.

² The resolution proposed by Senators Byrd and Hagel (a Republican and a Democrat) was passed unanimously by the Senate 95-0 on 25 July 1997, a few months before the climate conference where the Kyoto Protocol was signed. This resolution in fact sought to prevent the adherence of the United States to any climate agreement, so constraining were the conditions for ratification laid down by the Senators. See: *105th Congress, 1st Session, Report N°105-54, GPO*.

³ The figures presented in the IPCC Fifth Assessment Report regarding the six greenhouse gases covered by climate change agreements are unequivocal: their average annual growth rate rose from 1.3% between 1970 and 2000 to 2.2% between 2000 and 2010. See: *IPCC, WGIII AR5, April 2014*. Statistics on CO₂ emissions from energy sources compiled by the International Energy Agency and the Oak Ridge National Laboratory, United States Department of Energy, lead to the same conclusions. See: *Global CO₂ Emissions from Fossil-Fuel Burning, Cement Manufacture, and Gas Flaring: 1751-2010*, Tom Boden and Bob Andres, CDIAC, Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy, July 2014.

⁴ The substitutable strategies viewpoint implies that each player believes he can benefit from other players' strategies without making any effort, whereas a complementary viewpoint implies that each player believes that his strategy will become more effective if it coincides with that of other players. These two outlooks define different attitudes as to free-riding behaviour.

⁵ The IPCC was established in 1987 under the auspices of two UN agencies: the World Meteorological Organization and the United Nations Program for the Environment. The IPCC is not an additional research centre, but a network linking up scientists around the world. The First Assessment Report published in 1990 played a key role in the signing of the 1992 Convention on Climate Change. The final conclusions of the Fifth IPCC Report were made public in October 2014 and provide support for the COP 21, due to be held in Paris in December 2015. As well as its assessment function, the IPCC plays a role important in setting standards for the calculation and accounting of greenhouse gas emissions.

⁶ The third edition of *Global Climate Change Impacts in the United States* was published in May 2014. The report, placed under the authority of the National Science and Technology Council, was supervised by more than three hundred American scientists, many of whom also participate in the work of the IPCC. It is intended for Congress and the President of the United States, with numerous illustrations and summaries designed to facilitate understanding by non-climatologist policy makers and elected officials.

⁷ Founded in 1956 in the UK by Samuel Shenton, the Flat Earth Society had several thousand members in the 1960s. According to its promoters, who continue to maintain a website, it still numbers a few hundred in 2014.

⁸ We here count the European Union as a single country, since it negotiates with one voice at the United Nations. The following table shows the top fourteen global energy CO₂ emitters. Taking into account CO₂ emissions associated with deforestation and other greenhouse gas emissions would put Brazil and Indonesia much higher in the ranking.

⁹ **Annex 1:** Australia, Belarus, Canada, USA, EU-28, Iceland, Japan, Norway, New Zealand, Russia, Switzerland, Ukraine. **OPEC countries:** Algeria, Angola, Saudi Arabia, Ecuador, United Arab Emirates, Iraq, Iran, Kuwait, Libya, Nigeria, Qatar, Venezuela. **Emerging countries:** South Africa, Argentina, Brazil, China, South Korea, India, Mexico, Singapore, Turkey.

References

105th Congress, 1st Session, Report N°105-54, GPO, July 1997

Boden, T. and B. Andres, CDIAC, Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy, July 2014.

Brousseau, E. Dedeurwaerdere, T., PA. Juvet and M. Willinger, *Global Environmental Commons, Analytical and Political Challenges in Building Governance Mechanisms*, Oxford University Press, 2012.

Courchene T. and J. Allen, *Climate Change: the Case for a Carbon Tariff/Tax*, March Policy Options 59, 2008.

De Perthuis, Ch., PA. Juvet, R. Trotignon, B. Solier, B. Meurisse and S. Quemin, *Les instruments économiques et la conférence Paris-climat 2015: le catalyseur de la tarification du carbone*, Climate Economics Chair, Policy Brief N°2014-05, October 2015.

Global Climate Change Impacts in the United States, third edition, May 2014.

IPCC, WGIII AR5, April 2014

Juvet PA and G. Rotillon, Capital Allocation and International Equilibrium with Pollution Permits, *Modern Economy*, 3, 2012.

Muller, B., "Justice in Global Warning Negotiations. How to Obtain a Procedurally Fair Compromise," Oxford Institute for Energy Studies, EV26, 1998.

Nordhaus, W., 2013, *The Climate Casino, Risk, Uncertainty and Economics for a Warming World*, Yale University Press.

Olson M., 1965, *The Logic of Collective Action*, Cambridge, MA: Harvard University Press.

Sandler, T. (2004), *Global Collective Action*, West Nyack, NY, USA: Cambridge University Press.

Quemin, S. and W. Wang, "Overview of climate change policies and development of emissions trading in China". Climate Economics Chair, Information and Debates Series No. 30, March 2014

Stewart R.S. et J. B. Wiener, *Reconstructing Climate Policy: Beyond Kyoto*, The American Enterprises Institute, 2003.

(The) UK Royal Society, *Geo-engineering the Climate: Science, Governance and Uncertainty*, September 2009.

Wen Wang, "Overview of climate change policies and prospects for carbon markets in China", *Cahiers of the Climate Economics Chair*, Informations & Débats series, July 2012, n°18.